

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО СЕЛЬСКОМУ ХОЗЯЙСТВУ
КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.Ф. Беспалов, Н. М. Романченко

**ПРАКТИКУМ ПО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЮ
И ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Рекомендовано Сибирским региональным учебно-методическим центром высшего профессионального образования для межвузовского использования в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлениям 110800.62 «Агроинженерия», 151000.62 «Технологические машины и оборудование»

Красноярск 2014

ББК 30.3

Б

Рецензенты:

Зав. кафедрой «Технология конструкционных материалов и машиностроение» СибГТУ, доктор техн. наук, профессор Руденко А.П.

Доцент Красноярского института железнодорожного транспорта (Ир ГУПС), канд. техн. наук Климов А.А.

Б Беспалов В.Ф. Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов / В.Ф. Беспалов, Н.М. Романченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 331 с.

Учебное пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения направлений 110800.62 «Агроинженерия», 151000.62 «Технологические машины и оборудование» (институтов управления инженерными системами, энергетики и управления энергетическими ресурсами АПК, пищевых производств), соответствует требованиям ФГОС ВПО 3-го поколения для подготовки бакалавров, содержит основные теоретические положения, методические указания к выполнению лабораторных работ и самостоятельной работы студентов по дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов». Для проверки полученных знаний предложены контрольные тесты.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий практикум предназначен для выполнения лабораторных и расчетных работ по дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» студентами очной и заочной форм обучения направлений 110800.62 «Агроинженерия», 151000.62 «Технологические машины и оборудование» (институты управления инженерными системами, энергетики и управления энергетическими ресурсами АПК, пищевых производств). Дисциплина «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» включена в ООП, в цикл общепрофессиональных дисциплин базовой части ФГОС ВПО 3-го поколения для подготовки бакалавров.

Лабораторные работы предусматривают закрепление теоретических знаний, полученных на лекциях и при чтении специальной литературы, знакомство с оборудованием и материалами, приобретение практических навыков при проведении макроскопического, микроскопического, термического анализа, термической обработки и определении механических свойств металлов и сплавов.

При изучении раздела «Горячая обработка металлов» предусмотрено знакомство с оборудованием и материалами, применяемыми в металлургии, литейном, сварочном производствах, обработке металлов давлением, а также приобретение студентами навыков обработки и оформления полученных данных.

Для выполнения индивидуальных расчетных заданий в практикуме приведены методические указания по разработке технологического процесса термической обработки детали и по проектированию технологического процесса ручной дуговой сварки.

Необходимость издания данного учебного пособия объясняется тем, что известные учебники и практикумы для студентов сельскохозяйственных вузов (например, Кондратьев Е. Т. «Технология конструкционных материалов и материаловедение», Некрасов С. С. «Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению») были изданы более 20 лет назад и не переиздавались.

Материалы в изданиях, рекомендованных студентам технических вузов, не могут быть детально изучены студентами аграрного университета при том объеме лекционных и лабораторных часов, который предусмотрен учебным планом.

В предлагаемом пособии сконцентрирован обширный материал различных источников, систематизирован и акцентирован для сту-

дентов, обучающихся по направлениям подготовки 110800.62 «Агроинженерия», 151000.62 «Технологические машины и оборудование»

Учебная информация, подлежащая усвоению, представляет логический материал по каждой лабораторной работе.

Ответы на контрольные вопросы студенты дают письменно в конце отчетов по лабораторным работам.

Для проверки полученных знаний предложены образцы тестовых заданий для промежуточного контроля по всем вышеназванным разделам дисциплины.

РАЗДЕЛ I. МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ МЕТОДОМ БРИНЕЛЛЯ

Цель работы:

Ознакомиться с устройством прибора Бринелля, изучить методику определения твердости металлов, определить твердость данных образцов.

Приборы, материалы, инструмент:

1. Автоматический рычажный прибор Бринелля.
2. Отсчетный микроскоп для измерения диаметра отпечатка.
3. Образцы для измерения твердости.

Теоретические сведения

Твердостью называют свойство металла оказывать сопротивление проникновению в него другого более твердого тела (индентора), не испытывающего при этом пластической деформации.

Способы испытания на твердость подразделяются на статические и динамические.

К *статическим* способам испытания относятся следующие:

1. По величине поверхности отпечатка от вдавливания стального шарика при испытаниях на прессах типа Бринелля (метод Бринелля).
2. По глубине отпечатка при вдавливании алмазного конуса или стального шарика при испытаниях на приборе типа Роквелла (метод Роквелла).
3. По величине поверхности отпечатка от вдавливания алмазной пирамиды при испытаниях на приборе типа Виккерса (метод Виккерса).
4. По результатам испытаний на микротвердость (малых объемов металла или структурных составляющих). По величине поверхности отпечатка от вдавливания алмазной пирамиды на приборе типа ПМТ.

При *динамических* испытаниях твердость образца определяется по высоте отскока свободно падающего бойка. Различают методы испытания по Шору, Шварцу, Бауману и др.

В инженерной практике наибольшее распространение получили статические методы испытаний.

Твердость является важным физико-механическим свойством материала. Из всех видов механических испытаний испытание на твердость проводят чаще всего. Это объясняется тем, что:

1. При испытании изделие не разрушается и пригодно для эксплуатации.

2. Испытания проводятся просто и быстро.

3. По величине твердости (НВ) можно с некоторым приближением судить и о прочности металлов на растяжение (σ_s), так как существует примерное соотношение:

для ковальной стали и катанной стали: $\sigma_s = 0,36 \text{ НВ}$;

для серых чугунов: $\sigma_s = \frac{\text{НВ} - 40}{6}$;

для стального литья: $\sigma_s = 0,3 \dots 0,4 \text{ НВ}$;

для алюминиевых сплавов: $\sigma_s = 0,38 \text{ НВ}$.

Износостойкость – одно из важнейших эксплуатационных свойств металлов и сплавов находится, как правило, в прямо пропорциональной зависимости от твердости. Чем выше твердость конструкционного материала, тем выше его износостойкость.

Схема испытания по Бринеллю

Методика определения на твердость по Бринеллю состоит в том, что, пользуясь прессом (прессом Бринелля), в испытуемый металл (рис.1) под определенной нагрузкой (Р) вдавливается стальной закаленный шарик диаметром (D) и по величине полученного отпечатка (d) судят о твердости.

Число твердости по Бринеллю определяется отношением нагрузки, действующей на шарик, к поверхности полученного отпечатка, то есть:

$$\text{НВ} = \frac{P}{F}, \quad (1)$$

где НВ – число твердости по Бринеллю;

Р – нагрузка, кН (кгс);

F – площадь отпечатка (шарового сегмента), мм².

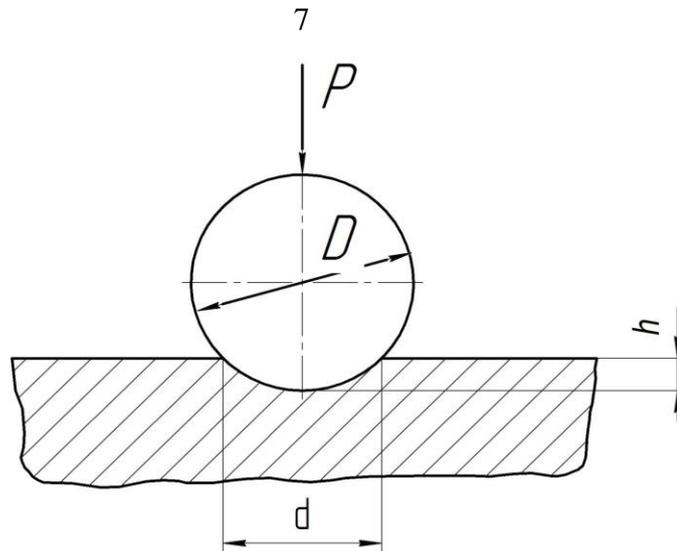


Рис. 1. Схема измерения твердости по Бринеллю

В окончательном виде формула определения твердости по Бринеллю выглядит:

$$HB = \frac{P}{\pi \frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2)$$

где d – диаметр отпечатка (мм);

D – диаметр шарика (мм).

Число твердости по Бринеллю обозначается HB, указание размерности величины кг/мм^2 опускается.

На практике для того, чтобы не прибегать каждый раз к длительным расчетам твердости по формуле (2), пользуются специальной таблицей, которая дает перевод диаметра отпечатка в число твердости HB (табл. 2).

Для перевода числа твердости в систему СИ пользуются коэффициентом $K = 9,81 \cdot 10^6$, на который умножают табличное значение твердости: $HB_{\text{СИ}} = HB \cdot K$, [Па] = $HB \cdot K \cdot 10^{-6}$, [МПа] (мегапаскалей).

Выбор диаметра шарика

Для испытания применяются шарики диаметром 2,5; 5; 10 мм – в зависимости от толщины испытуемого материала и его ориентировочной твердости. Нагрузка P выбирается в зависимости от качества испытуемого материала по формуле:

$$P = K \cdot D^2 \quad (3)$$

где K – постоянная для данного материала величина, равная 30, 10 или 2,5.

В таблице 1 приведены данные по выбору диаметра шарика и нагрузки в зависимости от качества материала и толщины образцов.

Таблица 1

*Выбор диаметра шарика
в зависимости от твердости и толщины образца*

| Материалы | Интервал твердости в числах Бринелля | Минимальная толщина испытуемого образца, мм | Соотношение между нагрузкой Р и диаметром шарика D | Диаметр шарика D, мм | Нагрузка, Р, кгс | Выдержка под нагрузкой, τ, с |
|-----------------|--------------------------------------|---|--|----------------------|------------------|------------------------------|
| Черные металлы | 140...450 | От 6 до 3 От 4 до 2 Менее 2 | $P = 30D^2$ | 10,0 | 3000 | 10 |
| | | | | 5,0 | 750 | |
| | | | | 2,5 | 187,5 | |
| То же | < 140 | Более 6 От 6 до 3 Менее 3 | $P = 10D^2$ | 10,0 | 1000 | 10 |
| | | | | 5,0 | 250 | |
| | | | | 2,5 | 62,5 | |
| Цветные металлы | > 130 | От 6 до 3 От 3 до 2 Менее 2 | $P = 30D^2$ | 10,0 | 3000 | 30 |
| | | | | 5,0 | 750 | |
| | | | | 2,5 | 187,5 | |
| То же | 35...130 | От 9 до 6 От 6 до 3 Менее 3 | $P = 10D^2$ | 10,0 | 1000 | 30 |
| | | | | 5,0 | 250 | |
| | | | | 2,5 | 62,5 | |
| То же | 8...35 | От 9 до 6 От 6 до 3 Менее 3 | $P = 2,5D^2$ | 10,0 | 250 | 60 |
| | | | | 5,0 | 62,5 | |
| | | | | 2,5 | 15,6 | |

Подготовка образца для испытаний

Перед испытанием поверхность образца, в которую будет вдавливаться шарик, шлифуют шкуркой или напильником, чтобы она была ровной, гладкой и не было окалины или других дефектов, чтобы был получен правильный отпечаток с отчетливо видными краями. Центр отпечатка должен находиться от края образца на расстоянии не менее диаметра шарика, а от центра соседнего отпечатка на расстоянии не менее двух диаметров шарика.

Порядок проведения испытания

Нагрузку P , диаметр шарика D и продолжительность выдержки шарика под нагрузкой выбирают по таблице 1.

На рисунке 2 приведена схема рычажного прибора Бринелля (тип ТШ). Прибор имеет станину 1. Испытуемый образец устанавливают на предметный столик 4. Вращая маховик 3, винтом 2 поднимают образец до соприкосновения его с шариком 5 и далее до полного сжатия пружины 7, надетой на шпindelь 6. Пружина создает предварительную нагрузку на шарик, равную 1 кН (100 кгс), что обеспечивает устойчивое положение образца во время нагружения.

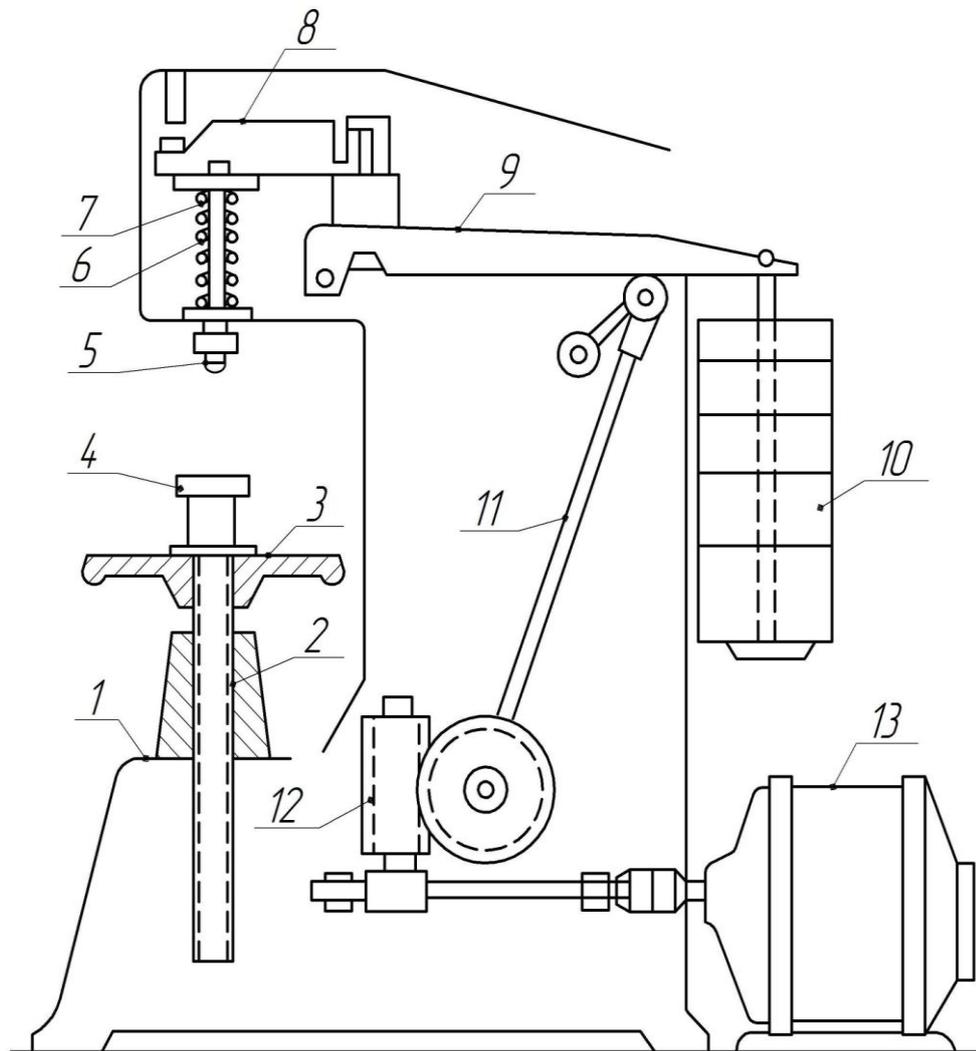


Рис. 2. Схема прибора Бринелля:

- 1 – станина; 2 – винт; 3 – маховик; 4 – предметный столик;
 5 – шарик; 6 – шпindelь; 7 – пружина; 8, 9 – рычажная система;
 10 – грузы; 11 – шатун; 12 – червячная передача (редуктор);
 13 – электродвигатель

После этого включают электродвигатель 13 и через червячную передачу редуктора 12, шатун 11 и систему рычагов 8, 9 с грузами 10 создают заданную полную нагрузку на шарик. На испытуемом образце получается отпечаток. После разгрузки прибора образец снимают и определяют диаметр отпечатка специальным микроскопом. За расчетный диаметр отпечатка принимают среднее арифметическое значение измерений в двух взаимно перпендикулярных направлениях. По диаметру отпечатка в таблице 2 при шарике диаметром 10 мм и нагрузке 30 кН (3000 кгс) находят соответствующее число твердости НВ и записывают, например, НВ 302.

К недостаткам метода Бринелля необходимо отнести невозможность испытания металлов, имеющих твердость более НВ 450 или толщину образца менее 2 мм. При испытании металлов с твердостью более 450 возможна деформация шарика и результаты будут неточными.

*Методика измерения отпечатка
и определения твердости*

Полученный отпечаток измеряют отсчетным микроскопом. Отсчетный микроскоп необходимо плотно установить нижней опорной частью на испытуемую поверхность и повернуть вырезом (окном) в нижней части к свету. Поворачивая окуляр, надо добиться, чтобы края отпечатка были резко очерчены. Затем, передвигая микроскоп, надо один край отпечатка совместить с началом шкалы (рис. 3). Отсчитать деление шкалы, с которым совпадает противоположный край отпечатка. Данный отсчет и будет соответствовать диаметру отпечатка. Затем микроскоп надо повернуть на 90° и замерить диаметр отпечатка второй раз.

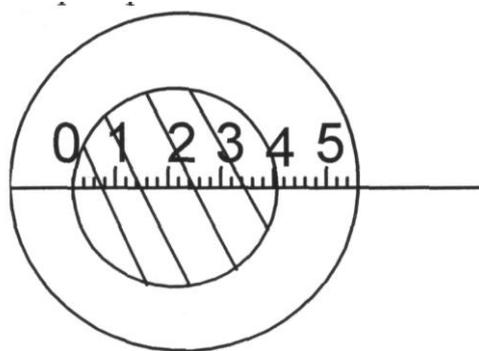


Рис. 3. Схема замера диаметра отпечатка

Таблица 2

Значение твердости НВ в зависимости от диаметра отпечатка

| Диаметр отпечатка, мм | Число твердости по Бриггеллю, при нагрузке Р, равной | | | Диаметр отпечатка, мм | Число твердости по Бриггеллю, при нагрузке Р, равной | | |
|-----------------------|--|------------------|--------------------|-----------------------|--|------------------|--------------------|
| | 30D ² | 10D ² | 2,5 D ² | | 30D ² | 10D ² | 2,5 D ² |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 2,89 | 448 | - | - | 3,64 | 278 | 92,8 | 23,2 |
| 2,90 | 444 | - | - | 3,66 | 275 | 91,8 | 22,9 |
| 2,92 | 438 | - | - | 3,68 | 272 | 90,7 | 22,7 |
| 2,94 | 432 | - | - | 3,70 | 269 | 89,7 | 22,4 |
| 2,96 | 426 | - | - | 3,72 | 266 | 88,7 | 22,2 |
| 2,98 | 420 | - | 35,0 | 3,74 | 263 | 87,7 | 21,9 |
| 3,00 | 415 | - | 34,6 | 3,76 | 260 | 86,8 | 21,7 |
| 3,02 | 409 | - | 34,1 | 3,78 | 257 | 85,8 | 21,5 |
| 3,04 | 404 | - | 33,7 | 3,80 | 255 | 84,9 | 21,2 |
| 3,06 | 398 | - | 33,2 | 3,82 | 252 | 84,0 | 21,0 |
| 3,08 | 393 | - | 32,7 | 3,84 | 249 | 83,0 | 20,8 |
| 3,10 | 388 | 129 | 32,3 | 3,86 | 246 | 82,1 | 20,5 |
| 3,12 | 383 | 128 | 31,9 | 3,88 | 244 | 81,3 | 20,3 |
| 3,14 | 378 | 126 | 31,5 | 3,93 | 241 | 80,4 | 20,1 |
| 3,16 | 373 | 124 | 31,1 | 3,92 | 239 | 79,6 | 19,9 |
| 3,18 | 368 | 123 | 30,7 | 3,94 | 236 | 78,7 | 19,7 |
| 3,20 | 363 | 121 | 30,3 | 3,96 | 234 | 77,9 | 19,5 |
| 3,22 | 359 | 120 | 29,9 | 3,98 | 231 | 77,1 | 19,3 |
| 3,24 | 354 | 118 | 29,5 | 4,00 | 229 | 76,3 | 19,1 |
| 3,26 | 350 | 117 | 29,2 | 4,02 | 226 | 75,5 | 18,9 |
| 3,28 | 345 | 115 | 28,8 | 4,04 | 224 | 74,7 | 18,7 |
| 3,30 | 341 | 114 | 28,4 | 4,06 | 222 | 73,9 | 18,5 |
| 3,32 | 337 | 112 | 28,1 | 4,08 | 219 | 73,2 | 18,3 |
| 3,34 | 333 | 11 | 27,7 | 4,10 | 217 | 72,4 | 18,1 |
| 3,36 | 329 | 110 | 27,4 | 4,12 | 215 | 71,7 | 17,9 |
| 3,38 | 325 | 108 | 27,1 | 4,14 | 213 | 71,0 | 17,7 |
| 3,40 | 321 | 107 | 26,7 | 4,16 | 211 | 70,2 | 17,5 |
| 3,42 | 317 | 106 | 26,4 | 4,18 | 209 | 69,5 | 17,4 |
| 3,44 | 313 | 104 | 26,1 | 4,20 | 207 | 68,8 | 17,2 |
| 3,46 | 309 | 103 | 25,8 | 4,22 | 204 | 68,2 | 17,0 |
| 3,50 | 302 | 101 | 25,2 | 4,24 | 202 | 67,5 | 16,9 |
| 3,52 | 298 | 99,5 | 24,9 | 4,26 | 200 | 66,8 | 16,7 |
| 3,54 | 295 | 98,3 | 24,6 | 4,28 | 198 | 66,2 | 16,5 |
| 3,56 | 292 | 97,2 | 24,3 | 4,30 | 197 | 65,5 | 16,4 |
| 3,58 | 288 | 96,1 | 24,0 | 4,32 | 195 | 64,9 | 16,2 |
| 3,60 | 285 | 95,0 | 23,7 | 4,34 | 193 | 64,2 | 16,1 |
| 3,62 | 282 | 93,9 | 23,5 | 4,36 | 191 | 63,6 | 15,9 |

Продолжение таблицы 2

| | | | | | | | |
|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| 4,38 | 189 | 63,0 | 15,8 | | | | |
| 4,42 | 185 | 61,8 | 15,5 | 5,22 | 130 | 43,3 | 10,8 |
| 4,44 | 184 | 61,2 | 15,3 | 5,24 | 129 | 42,9 | 10,7 |
| 4,46 | 182 | 60,6 | 15,2 | 5,26 | 128 | 42,6 | 10,6 |
| 4,48 | 180 | 60,1 | 15,0 | 5,28 | 127 | 42,2 | 10,6 |
| 4,50 | 179 | 59,5 | 14,9 | 5,30 | 126 | 41,9 | 10,5 |
| 4,52 | 177 | 59,0 | 14,7 | 5,32 | 125 | 41,5 | 10,4 |
| 4,54 | 175 | 58,4 | 14,6 | 5,34 | 124 | 41,2 | 10,3 |
| 4,56 | 174 | 57,9 | 14,5 | 5,36 | 123 | 40,9 | 10,2 |
| 4,58 | 172 | 57,3 | 14,3 | 5,38 | 122 | 40,5 | 10,1 |
| 4,60 | 170 | 56,8 | 14,2 | 5,40 | 121 | 40,2 | 10,1 |
| 4,62 | 169 | 56,3 | 14,1 | 5,42 | 120 | 39,9 | 9,97 |
| 4,64 | 167 | 55,8 | 13,9 | 5,44 | 119 | 39,6 | 9,90 |
| 4,66 | 166 | 55,3 | 13,8 | 5,46 | 118 | 39,2 | 9,82 |
| 4,68 | 164 | 54,8 | 13,7 | 5,48 | 117 | 38,9 | 9,73 |
| 4,70 | 163 | 54,3 | 13,6 | 5,50 | 116 | 38,6 | 9,66 |
| 4,72 | 161 | 53,8 | 13,4 | 5,52 | 115 | 38,3 | 9,58 |
| 4,74 | 160 | 53,3 | 13,3 | 5,54 | 114 | 38,0 | 9,50 |
| 4,76 | 158 | 52,8 | 13,2 | 5,56 | 113 | 37,7 | 9,43 |
| 4,78 | 157 | 52,3 | 13,1 | 5,58 | 112 | 37,4 | 9,35 |
| 4,80 | 156 | 51,9 | 13,0 | 5,60 | 111 | 37,1 | 9,27 |
| 4,82 | 154 | 51,4 | 12,9 | 5,62 | 110 | 36,8 | 9,20 |
| 4,84 | 153 | 51,0 | 12,8 | 5,64 | 110 | 36,5 | 9,14 |
| 4,86 | 152 | 50,5 | 12,6 | 5,66 | 109 | 36,3 | 9,07 |
| 4,88 | 150 | 50,1 | 12,5 | 5,68 | 108 | 36,0 | 9,00 |
| 4,90 | 149 | 49,6 | 12,4 | 5,70 | 107 | 35,7 | 8,93 |
| 4,92 | 148 | 49,2 | 12,3 | 5,72 | 106 | 35,4 | 8,86 |
| 4,94 | 146 | 48,8 | 12,2 | 5,74 | 105 | 35,1 | 8,79 |
| 4,96 | 145 | 48,4 | 12,1 | 5,76 | 105 | 34,9 | 8,73 |
| 4,98 | 144 | 47,9 | 12,0 | 5,78 | 104 | 34,6 | 8,66 |
| 5,00 | 143 | 47,5 | 11,9 | 5,80 | 103 | 34,3 | 8,59 |
| 5,02 | 141 | 47,1 | 11,8 | 5,82 | 102 | 34,1 | 8,53 |
| 5,04 | 140 | 46,7 | 11,7 | 5,84 | 101 | 33,8 | 8,46 |
| 5,06 | 139 | 46,3 | 11,6 | 5,86 | 101 | 33,6 | 8,40 |
| 5,08 | 138 | 45,9 | 11,5 | 5,88 | 99,9 | 33,3 | 8,33 |
| 5,10 | 137 | 45,5 | 11,4 | 5,90 | 99,2 | 33,1 | 8,26 |
| 5,12 | 135 | 45,1 | 11,3 | 5,92 | 98,4 | 32,8 | 8,20 |
| 5,14 | 134 | 44,8 | 11,2 | 5,94 | 97,7 | 32,6 | 8,14 |
| 5,16 | 133 | 44,4 | 11,1 | 5,96 | 96,9 | 32,3 | 8,08 |
| 5,18 | 133 | 44,0 | 11,0 | 5,98 | 96,2 | 32,1 | 8,02 |
| 5,20 | 131 | 43,7 | 10,9 | 6,00 | 95,5 | 31,8 | 7,96 |

Содержание отчета

В отчет должны быть включены ответы на контрольные вопросы, схемы измерения твердости металлов по Бринеллю, прибора Бринелля и схема замера диаметра отпечатка.

Результаты измерения твердости занести в таблицу 3.

Таблица 3

Протокол испытаний

| № п/п | Наименование материала или детали | Условия испытаний | Твердость по Бринеллю | | | | | | |
|----------|---|---------------------------|-----------------------|----|---------------|----|--------------|----|------------|
| | | | 1-ый замер | | 2-ой замер | | 3-й замер | | НВ среднее |
| | | | d | НВ | d | НВ | d | НВ | |
| | | D = мм P = кг τ = с | | | | | | | |
| | | D = мм P = кг τ = с | | | | | | | |
| | | D = мм P = кг τ = с | | | | | | | |

Контрольные вопросы:

1. Что такое твердость?
2. Существующие методы замера твердости?
3. Какова примерная зависимость основных механических свойств от твердости?
4. На каком принципе осуществляются замеры твердости?
5. Как подбирается диаметр шарика для испытания на твердость по Бринеллю?
6. Из каких соображений выбирается нагрузка при испытании на твердость по Бринеллю?
7. Размерность твердости, замеренной по Бринеллю?
8. Обозначение твердости, замеренной по Бринеллю?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТВЕРДОСТИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ МЕТОДОМ РОКВЕЛЛА

Цель работы:

Изучить устройство твердомера типа Роквелла, освоить методику определения твердости по способу Роквелла, определить твердость данных образцов.

Приборы, материалы, инструменты:

1. Твердомер типа «ТК».
2. Образцы для замера твердости.
3. Сменные наконечники.

Теоретические сведения

Принципиальное отличие данного метода от метода Бринелля заключается в том, что твердость определяют по глубине отпечатка, получаемого при вдавливании алмазного конуса или стального шарика, а не по площади отпечатка.

Метод Роквелла основан на том, что в испытуемый образец вдавливается алмазный конус с углом при вершине 120° или реже закаленный стальной шарик диаметром 1,588 мм (1/16"). Алмазный конус используют для твердых материалов, а шарик – для мягких.

При испытаниях по Роквеллу нагрузку можно изменять в широких пределах, без изменения значений твердости, так как при вдавливании конуса сохраняется закон подобия, а условия деформации под вершиной конуса с увеличением давления не изменяются. Шарик или алмазный конус (рис. 4) вдавливают в испытуемый образец под действием двух последовательно прилагаемых нагрузок – предварительной P_0 , равной 0,1 кН (10 кгс), и основной P_1 .

При вдавливании алмаза к нему прилагается общая нагрузка P , равная 0,6 кН (60 кгс), или 1,5 кН (150 кгс), а при вдавливании шарика – 1 кН (100 кгс). Соответственно эти нагрузкам на индикаторе прибора нанесены шкалы – черные А и С и красная В. Шкалой А пользуются при измерении твердости изделий с очень твердым поверхностным слоем, полученным посредством химико-термической обработки (цементацией, азотированием и др.), а также твердых сплавов с твердостью до HRA 85. Шкалу С используют при измере-

нии твердости закаленных сталей, обладающих твердостью до HRC 67. Шкалой В пользуются при измерении твердости незакаленных сталей, цветных металлов и сплавов, имеющих твердость до HRB 100.

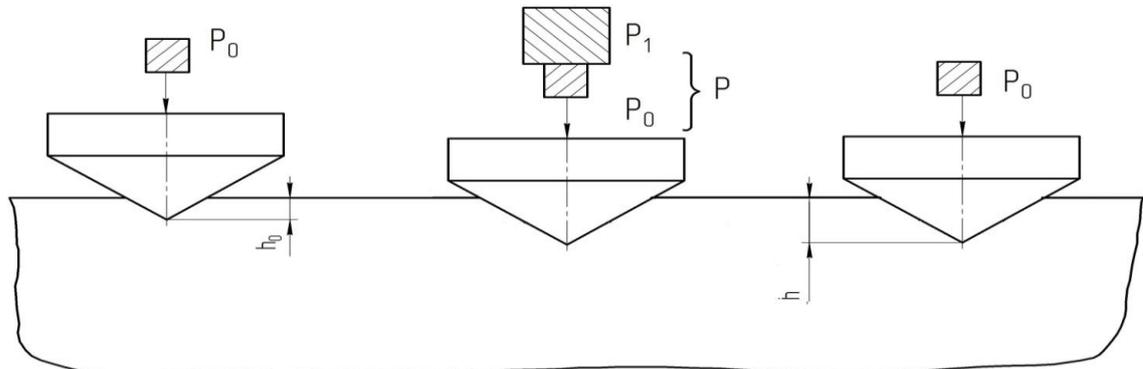


Рис. 4. Схема измерения твердости по Роквеллу

Числа твердости по Роквеллу HR измеряют в условных единицах и определяют по формулам:

при вдавливании алмазного конуса:

$$\text{HRC} = 100 - \frac{h - h_0}{0,002}, \quad (4)$$

при вдавливании шарика:

$$\text{HRB} = 130 - \frac{h - h_0}{0,002}, \quad (5)$$

где 100 – число черных делений шкалы С циферблата индикатора прибора;

130 – число красных делений шкалы В;

h – глубина внедрения алмаза (шарика) под действием общей нагрузки P , измеренная после снятия основной нагрузки P_1 с оставлением предварительной нагрузки P_0 ; мм;

h_0 – глубина внедрения алмаза (шарика) под действием предварительной нагрузки P_0 , мм;

0,002 – глубина внедрения алмаза (шарика), соответствующая перемещению стрелки индикатора на одно деление, мм.

Чтобы установить на приборе у мягкого металла малую твердость, а у твердого металла – высокую твердость, полученное число делений ($\frac{h - h_0}{0,002}$) вычитается из общего числа деления 100 для шкалы С или из 130 для шкалы В.

Устройство прибора и порядок проведения испытаний

На рис. 5 приведена схема прибора ТК – 2 (типа Роквелла).

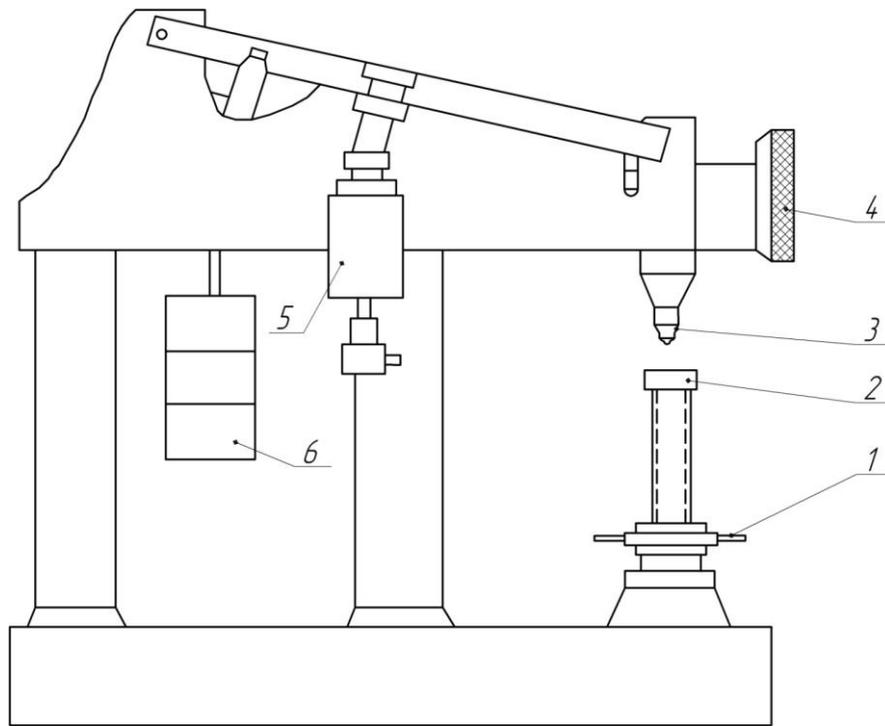


Рис. 5. Схема прибора Роквелла:

1 – штурвал; 2 – предметный столик; 3 – алмазный конус;
4 – циферблат индикатора; 5 – демпфер; 6 – грузы

На предметный столик 2 устанавливают хорошо зачищенный испытуемый образец. Затем вращением штурвала 1 по часовой стрелке поднимают образец до соприкосновения с алмазом или шариком 3.

При дальнейшем вращении штурвала начинают перемещаться малая и большая стрелки циферблата индикатора 4, и создается предварительная нагрузка, равная 0,1 кН (10 кгс), препятствующая смещению образца во время испытания. Предварительное нагружение, кроме того, исключает влияние упругой деформации и различной степени шероховатости поверхности образца на результаты измерений.

Когда малая стрелка совместится с красной точкой, нанесенной на циферблат, вращение штурвала следует прекратить. После этого циферблат индикатора поворачивают так, чтобы нулевое деление черной шкалы С стало против конца большой стрелки и соответственно против 30 деления красной шкалы В. Красная шкала В смещена относительно нулевого деления черной шкалы С на 30 делений,

так как при испытании шариком большая стрелка может поворачиваться более чем на 100 делений. Нажатием педали при включенном электрическом приводе посредством грузов 6 создают основную нагрузку P_1 на алмаз (шарик). Благодаря масляному демпферу 5, грузы плавно опускаются, алмаз (шарик) вдавливаются в металл, а большая стрелка циферблата поворачивается влево, в сторону уменьшения числовых значений твердости, то есть происходит то вычитание, о котором было сказано выше. После остановки большей стрелки через 1-3 секунды автоматически снимается основная нагрузка. При этом большая стрелка поворачивается в обратном направлении и останавливается против деления, показывающего значение твердости испытуемого металла.

За число твердости принимается среднее арифметическое значение, полученное при трех испытаниях.

Число твердости по Роквеллу можно перевести в число твердости по Бринеллю (табл. 4).

Метод Роквелла отличается простотой и высокой производительностью, обеспечивает сохранение качественной поверхности после испытаний, позволяет испытывать металлы и сплавы как низкой, так и высокой твердости, при толщине изделия (слоя) до 0,8 мм. Этот метод не рекомендуется применять для сплавов с неоднородной структурой (чугуны серые, ковкие и высокопрочные).

Измерения алмазным конусом с нагрузкой 60 кгс (HRA) применяют для очень твердых материалов (более HRC 70), например, твердых сплавов, когда вдавливание алмазного конуса с большой нагрузкой может вызвать выкрашивание алмаза, а также для измерения твердых поверхностных слоев (0,3...0,5 мм) или тонких пластинок.

Стальным шариком с нагрузкой 100 кгс (HRB) твердость определяют для мягкой (отожженной) стали или цветных сплавов в деталях или образцах толщиной 0,8...2,0 мм, то есть в условиях, когда измерение по Бринеллю, выполняемое шариком большого диаметра, может вызвать смятие образца.

Измерения алмазным конусом с нагрузкой 150 кгс (HRC) проводят:

- для закаленной или низкоотпущенной стали с твердостью более 450 HB, то есть в условиях, когда вдавливание стального шарика (по Бринеллю или Роквеллу по шкале В) в твердый материал может вызвать деформацию шарика и искажение результатов;

- для материалов средней твердости (более 230 НВ) как более быстрым способом определения, оставляющим, кроме того, меньший след на измеряемой поверхности, чем при испытании по Бринеллю;
- для определения твердости тонких поверхностных слоев, но толщиной не менее 0,5 мм (например, цементованного слоя).

Таблица 4

Соотношение чисел твердости по Бринеллю и Роквеллу

| Твердость | | | Твердость | | | | Твердость | | |
|-------------|---------------------------|-----|-------------|-----|---------------------------|-----|-------------|---------------------------|-----|
| по Роквеллу | по Бринеллю | | по Роквеллу | | по Бринеллю | | по Роквеллу | по Бринеллю | |
| Шкала С | Д = 10 мм Р = 3000 кгс | | С | В | Д = 10 мм Р = 3000 кгс | | Шкала В | Д = 10 мм Р = 3000 кгс | |
| HRC | Диаметр отпечатка, мм | НВ | HRC | HRB | Диаметр отпечатка, мм | НВ | HRB | Диаметр отпечатка, мм | НВ |
| | d | | | | d | | | d | |
| 72 | 2,20 | 780 | 33 | - | 3,40 | 321 | 86 | 4,60 | 170 |
| 70 | 2,25 | 745 | 32 | - | 3,45 | 311 | 85 | 4,65 | 167 |
| 68 | 2,30 | 712 | 31 | - | 3,50 | 302 | 84 | 4,70 | 163 |
| 66 | 2,35 | 682 | 30 | - | 3,55 | 293 | 83 | 4,75 | 159 |
| 64 | 2,40 | 653 | 29 | - | 3,60 | 285 | 82 | 4,80 | 156 |
| 62 | 2,45 | 627 | 28 | - | 3,65 | 277 | 81 | 4,85 | 152 |
| 60 | 2,50 | 601 | 27 | - | 3,70 | 269 | 80 | 4,90 | 149 |
| 58 | 2,55 | 578 | 26 | - | 3,75 | 262 | 78 | 4,95 | 146 |
| 56 | 2,60 | 555 | 25 | - | 3,80 | 255 | 77 | 5,0 | 143 |
| 55 | 2,65 | 534 | 24 | - | 3,85 | 248 | 76 | 5,05 | 140 |
| 52 | 2,70 | 514 | 23 | 102 | 3,90 | 241 | 75 | 5,10 | 137 |
| 50 | 2,75 | 495 | 21 | 101 | 3,95 | 235 | 73 | 5,15 | 134 |
| 49 | 2,80 | 477 | 20 | 100 | 4,00 | 229 | 72 | 5,20 | 131 |
| 48 | 2,85 | 461 | 19 | 99 | 4,05 | 223 | 71 | 5,25 | 128 |
| 46 | 2,90 | 444 | 17 | 98 | 4,10 | 217 | 70 | 5,30 | 126 |
| 45 | 2,95 | 429 | 15 | 97 | 4,15 | 212 | 69 | 5,35 | 123 |
| 43 | 3,00 | 415 | 14 | 95 | 4,20 | 207 | 68 | 5,40 | 121 |
| 42 | 3,05 | 401 | 13 | 94 | 4,25 | 201 | 67 | 5,45 | 118 |
| 41 | 3,10 | 388 | 12 | 93 | 4,30 | 197 | 65 | 5,50 | 116 |
| 40 | 3,15 | 375 | 11 | 92 | 4,35 | 192 | 64 | 5,55 | 114 |
| 39 | 3,20 | 363 | 9 | 91 | 4,40 | 187 | 63 | 5,60 | 111 |
| 38 | 3,25 | 352 | 8 | 90 | 4,45 | 183 | 61 | 5,65 | 109 |
| 36 | 3,30 | 341 | 7 | 88 | 4,50 | 179 | 59 | 5,70 | 107 |
| 35 | 3,35 | 331 | 6 | 87 | 4,55 | 174 | 58 | 5,75 | 105 |

Контрольные вопросы:

1. В чем заключается принципиальное отличие способов замера твердости по Бринеллю и Роквеллу?
2. Чем объясняется более широкое применение способа Роквелла, чем Бринелля?
3. Размерность твердости, замеренной по Роквеллу?
4. Обозначение твердости по Роквеллу?
5. В каких случаях применяется твердосплавный конус или алмаз, а в каких шарик?

Содержание отчета

В отчет должны быть включены ответы на контрольные вопросы, схема прибора Роквелла. Результаты измерения твердости занести в таблицу 5.

*Таблица 5**Протокол испытаний*

| № п/п | Наименование материала или детали | Условия испытания | Твердость по Роквеллу HR | | | | Соответствие твердости по Бринеллю, НВ |
|----------|---|---|--------------------------|---------------|---------------|---------------------|--|
| | | | 1-ый замер | 2-ой замер | 3-ий замер | Среднее значение | |
| | | R = кг, шарик или алмаз, шкала – | | | | | |
| | | R = кг, шарик или алмаз, шкала – | | | | | |

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

МАКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы:

Изучить методику проведения макроанализа, научиться самостоятельно проводить макроанализ металлов и сплавов, для чего использовать коллекцию изломов деталей сельскохозяйственных машин и дать их описание, ознакомиться с коллекцией макрошлифов и дать их описание.

Приборы, материалы и инструменты:

Набор изломов деталей сельскохозяйственных машин, набор макрошлифов, бинокулярная лупа.

Теоретические сведения

При макроскопическом анализе производится исследование макроструктуры. Макроструктурой называется строение металла, видимое без увеличения или при небольшом увеличении (10 – 30 раз) с помощью лупы.

Макростроение можно изучить непосредственно на поверхности металла (например, отливок, поковок), в изломе детали (заготовки) или на специальном образце после его шлифования и травления – макрошлифе.

При проведении макроанализа определяют:

- тип излома – кристаллический, волокнистый, смешанный;
- вид разрушения;
- нарушение сплошности металла – усадочную рыхлость, пористость, межкристаллические трещины, дефекты сварки (непровары, газовые пузыри и др.);
- дендритное строение материалов;
- химическую неоднородность металла (ликвацию), наличие в нем грубых включений и вредных примесей;
- волокнистую структуру деформированного металла;
- структурную и химическую неоднородность металла, созданную термической, термомеханической или химико-термической обработкой.

Макроанализ изломов

Образцы изломов деталей (заготовок) получают специально в лабораторных условиях или собирают в процессе исследования надежности машин в эксплуатационных условиях.

Анализ излома позволяет установить многие особенности строения металлов, а в ряде случаев и причины хрупкого или вязкого разрушения.

Анализ строения излома более полно характеризует поведение металла при разрушении. По этому признаку различают изломы:

1. Кристаллический (блестящий) – наблюдается при хрупком разрушении материалов пониженной вязкости, происходящем без заметной пластической деформации.

2. Матовый или волокнистый – наблюдается при вязком разрушении, которому предшествовала значительная пластическая деформация.

3. Смешанный – кристаллический в одних участках и волокнистый в других, наблюдается при усталостном разрушении материала.

Смешанный излом характерен также для не полностью прокалившейся стали – в закаленной поверхностной зоне наблюдается волокнистый излом (фарфоровидный), а в середине – кристаллический.

На кристаллическом изломе можно наблюдать зерно, которое дает представление о внутреннем строении металла и его свойствах. Чем меньше зерно в изломе, тем выше механические свойства металла.

Волокнистый излом наблюдается при разрушении, связанном со значительной пластической деформацией, которая искажает действительную форму зерен, и кристаллическая структура не обнаруживается.

По отражению света излом может быть светлым (характерен для стали и белых чугунов, то есть чугунов, в которых весь углерод связан в виде цементита), и темным – у чугунов, содержащих углерод в виде графита (серых, ковких и высокопрочных).

Макроанализ шлифов

Макрошлифом называется поверхность детали (образца), подготовленная для исследования макроструктуры.

Метод макроанализа макрошлифов дает возможность исследовать структуру, образующуюся в процессе кристаллизации или последующей обработки давлением. Этим способом можно выявить волокнистость, ликвацию серы и фосфора, различного вида дефекты: усадочную раковину, газовые пузыри, поры, трещины и другие.

Макрошлиф готовят шлифованием вырезанной поверхности детали (образца). Подготовленную поверхность травят соответствующим реактивом для выявления структуры.

Существует несколько способов макроанализа, проводимых на макрошлифах, различающихся конкретными задачами при исследовании конкретных деталей. Для выявления дендритного строения, химической и структурной неоднородности, а также волокнистой структуры стали используют реактивы глубокого и поверхностного травления. Реактивы поверхностного травления хорошо выявляют сравнительно крупную пористость (например, в сварочных заготовках) и другие дефекты, выходящие на поверхность.

Для выявления таких дефектов, как флокены, трещины, поры (не выходящие непосредственно на поверхность шлифа), используют более агрессивные реактивы грубого травления.

Например, волокнистость металла, возникшая при обработке давлением, выявляется глубоким травлением макрошлифа в сильных кислотах, нагретых до 70 – 100 °С. При этом примеси, скопившиеся на границах зерен, растворяются быстрее основного металла, в результате чего образуется рельефная поверхность в виде тонких волокон. Волокнистость, повторяющая конфигурацию сечения детали, свидетельствует о правильной технологии горячей обработки давлением.

При несоответствии расположения волокон контуру детали в местах от перехода от одной конфигурации к другой создаются напряжения, сокращающие эксплуатационный срок службы детали.

Как указывалось выше, существует много рецептов приготовления реактивов и несколько способов проведения макроанализа. Например, для выявления ликвации серы применяют метод Баумана с использованием фотографической бромосеребряной бумаги, для определения ликвации углерода и фосфора используют реактивы Гейна и др.

Макроанализ не позволяет определить всех особенностей строения металла, поэтому он зачастую является не окончательным, а лишь предварительным видом исследования. По данным микроана-

лиза можно выбрать те участки изучаемой детали, которые надо подвергнуть дальнейшему, более подробному микроскопическому исследованию.

Порядок выполнения работы

Изучить методику проведения макроанализа, ознакомиться с коллекцией изломов, макрошлифов и дать описание по схеме:

1. Тип излома.
2. Характеристика излома по отражению света (светлый или темный).
3. Мелкозернистая или крупнозернистая структура.
4. Монокристалл или поликристалл.
5. Наличие дефектов структуры, наблюдаемых на изломе.
6. Причины излома.
7. Характерная особенность структуры (зоны химико-термической обработки, строение сварных соединений, волокнистость строения).
8. Схема строения макроструктуры.

Контрольные вопросы:

1. Что такое макроанализ?
2. Какие типы изломов существуют?
3. Какую информацию дает анализ излома?
4. Какая зависимость существует между величиной зерна металла и его механическими свойствами?
5. Что может служить причиной излома?
6. Чем объясняется волокнистость структуры у кованных и штампованных деталей?
7. Что такое поликристалл?
8. Какую информацию дает анализ макрошлифов?
9. Что такое флокены?

Содержание отчета

В отчет должны быть включены ответы на контрольные вопросы. После исследования макроструктуры образцов и разрушенных деталей сельскохозяйственных машин заполнить таблицу 6.

Протокол испытаний

| № п/п | Наименование образца или детали | Тип излома | Зернистость структуры | Наименование металла или сплава | Наличие дефектов структуры | Вид разрушения |
|-------|---------------------------------|------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|----------------|
| | | | | | | |

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

МИКРОСКОПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы:

Освоить технологию приготовления микрошлифов, ознакомиться с устройством металлографического микроскопа, рассмотреть на микроскопе микрошлиф до и после травления, дать схематическое изображение и описание микроструктуры, уяснить практическое значение данного метода исследования материалов.

Приборы, материалы, инструменты:

Металлографический микроскоп МИМ-7; коллекция микрошлифов; альбом микроструктур; плакаты; схемы.

Теоретические сведения

Между структурой и свойствами металлов и сплавов существует прямая зависимость. Поэтому в практике металловедения микроанализ является одним из основных методов, позволяющих наиболее полно изучить строение металлов и сплавов, получить исчерпывающие сведения об их свойствах.

Микроскопический анализ заключается в исследовании структуры металлов. Наблюдаемая под микроскопом структура называется микроструктурой.

Микроскопический анализ проводят на оптическом микроскопе при увеличении от 50 до 1500 раз или на электронном микроскопе при увеличении порядка 5000 – 20000 раз.

При помощи микроанализа определяют:

- 1) форму и размер кристаллических зерен, из которых состоит металл или сплав;
- 2) изменение внутреннего строения сплава, происходящее под влиянием различных режимов термической и химико-термической обработки, а также после внешнего механического воздействия на сплав;
- 3) микропороки металла – микротрещины, раковины и т. п.;
- 4) неметаллические включения – сульфиды, оксиды и др.;
- 5) химический состав некоторых структурных составляющих по их характерной форме и характерному окрашиванию специальными

реактивами, и в некоторых случаях приблизительно определяют химический состав изучаемого сплава.

Для микроскопического анализа из исследуемого материала вырезают образец и путем ряда операций (шлифования, полирования, травления) доводят до такого состояния, когда при рассмотрении его в металлографический микроскоп выявляются неметаллические включения, мелкие поры, графит в чугуне (после шлифования и полирования) или микроструктура (после шлифования, полирования и травления).

Подготовленная для исследования под микроскопом поверхность образца называется микрошлифом.

Таким образом, микроскопический анализ состоит:

- 1) из приготовления микрошлифов;
- 2) из исследования микрошлифов с помощью металлографического микроскопа.

Изготовление микрошлифов

Изготовление микрошлифа включает следующие операции: отрезку образца, его торцовку, шлифование, полирование и травление.

Отрезка образца нужных размеров проводится резцом или ножовкой (при твердости металла $HВ < 300$) или дисковым шлифовальным кругом (при твердости металла $HВ > 300$) с охлаждением водой или эмульсией, чтобы образец не нагревался свыше $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ и его структура не изменялась.

Торцовка шлифа осуществляется с целью придания прямолинейности одной из его поверхностей и проводится опиловкой напильником или шлифовальным кругом.

Шлифование необходимо для удаления рисок, оставшихся от торцовки. Это достигается обработкой поверхности шлифа шлифовальной бумагой различной зернистости (разных номеров). Шлифовальная бумага отечественного производства имеет следующую нумерацию: 12, 10, 8, 6, 5, 4, 3 (номер обозначает примерную величину зерна в сотых долях миллиметра). Для предварительного чернового шлифования бумагу берут первых четырех номеров. Заканчивают шлифование бумагой номерами 5–3 с мелкими абразивными зёрнами. Шлифование проводят вручную или на специальном шлифовальном станке. Вручную образец шлифуют так. Наждачную бумагу кладут на толстое стекло, затем образец (шлиф) прижимают к бумаге и, удерживая его, проводят по ней.

живая его тремя пальцами, перемещают по ней в одном направлении, но обязательно перпендикулярно рискам от предыдущей обработки. Этому правилу необходимо придерживаться и при переходе с одного номера шлифовальной бумаги на другой, для удобства наблюдений за выведением рисок и ускорения процесса шлифования.

Полирование проводят на быстровращающемся диске с сукном, которое смачивается водой с взвешенными в ней частицами какого-либо абразива (окись хрома или алюминия). Частицы окиси металла тверды, поэтому во время полирования они производят резание металла образца. Так как эти частицы дисперсны, они способны снимать мельчайшие неровности, делая поверхность шлифа зеркального вида, без рисок даже при рассмотрении под микроскопом. Готовый полированный шлиф последовательно тщательно промывают водой, спиртом и сушат, прикладывая (промокая) фильтровальную бумагу.

Изучение полированной поверхности шлифа под микроскопом преследует цель определить качество его изготовления (отсутствие следов обработки) и установить характер расположения и размеры микроскопических трещин, неметаллических включений – графита, сульфидов, оксидов в металлической основе.

Выявление структуры металлической основы шлифа после полирования осуществляется травлением его реактивом. Для стали и чугуна чаще всего применяют 2...5 % раствор азотной кислоты (HNO_3) в этиловом спирте. Полированную поверхность шлифа погружают в реактив на 3...15 секунд или протирают ватой, смоченной в реактиве, до появления ровного матового оттенка без наличия каких-либо пятен. Затем шлиф промывают спиртом или водой и просушивают фильтровальной бумагой.

Известно, что любой металл или сплав является поликристаллическим телом, то есть состоит из большого числа различно ориентированных в пространстве кристаллитов или зерен. На границах зерен (даже чистейших металлов) обычно располагают различные примеси. Эти примеси и структурные составляющие двухфазного строения (механические смеси) под действием реактива образуют микроскопические гальванические пары, что способствует более быстрому их растворению. Однофазные структуры (чистые металлы, твердые растворы, химические соединения) травятся медленнее. В результате неодинаковой степени травимости структурных составляющих на поверхности шлифа создается микрорельеф.

Изучение протравленной поверхности шлифа под оптическим микроскопом позволяет увидеть микроструктуру металлической основы. Она обычно состоит из светлых и темных участков. Это объясняется неодинаковой степенью отражения света от структурных составляющих.

*Устройство металлографического микроскопа МИМ-7
и порядок пользования им*

Микроскопы, рассматривающие предметы в отраженном свете, называются металлографическими.

Основной частью металлографического микроскопа (рис. 6) является его оптическая система, состоящая из источника света, объектива, окуляра и т.д. Микроскоп может работать в нескольких режимах (в светлом поле, темном поле, поляризованном свете).

Микроскоп МИМ-7, оптическая схема которого приведена на рис.6, состоит из двух взаимосвязанных увеличивающих систем объектива 10 и окуляра 13. Свет от осветительной лампы 1 проходит через коллектор 2 и падает на зеркало 3. Отразившись от зеркала, свет проходит через светофильтр 4, апертурную диафрагму 5, линзу 6, фотозатвор 19, полевую диафрагму 18, пентапризму 7, линзу 8 и падает на зеркало 9, установленное под углом 45° к оси тубуса. Свет от зеркала 9, пройдя оптическую систему объектива 10, падает на поверхность микрошлифа 11, отраженные лучи от которого вновь проходят через объектив 10, зеркало 9, линзу 12 и падают на зеркало 14. От этого зеркала отраженные лучи попадают в систему окуляра 13.

Для фотографирования визуальный тубус с оптической системой 13 и зеркалом 14 следует выдвинуть на себя до отказа. Лучи при этом проходят через фотоокуляр 15 и, отразившись от зеркала 16, падают на фотопластинку, где и образуют изображение.

Для работы в темном поле вместо линзы 8 устанавливается линза 20, в центре которой имеется черный кружок. Краевые лучи падают на кольцевое зеркало 21 (зеркало 9 закрывается заслонкой 23), отразившись от которого они концентрируются параболическим зеркалом 22 объектива. От зеркала 22 лучи поступают на микрошлиф, но отражаются только от отдельных фаз.

Для наблюдения в поляризованном свете на оправу линзы 6 помещают поляризатор 24, а на оправу линзы 12 – анализатор 25.

Общее увеличение микроскопа определяется как произведение увеличения окуляра 13 на увеличение объектива 10.

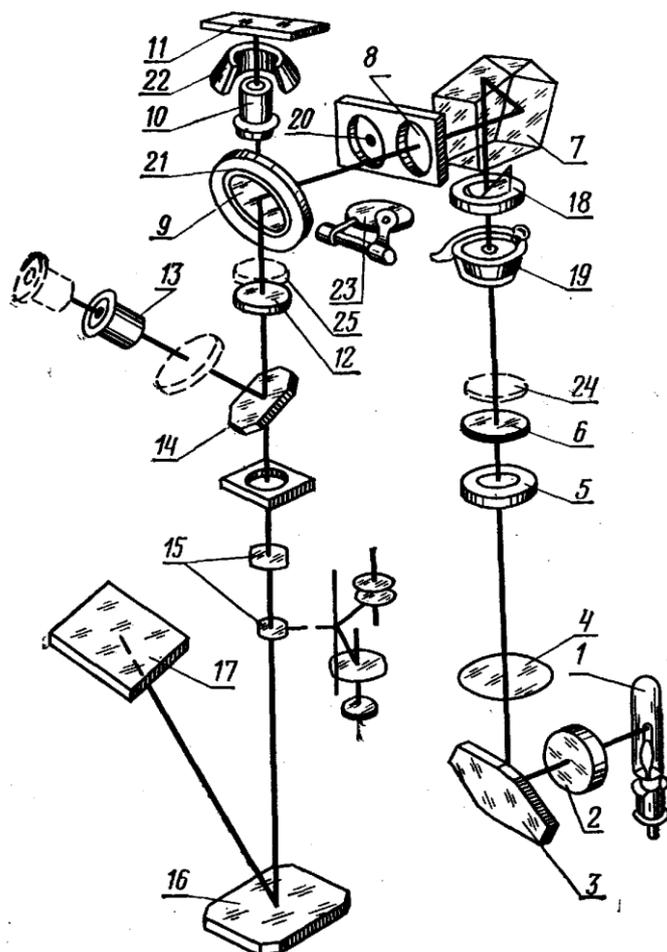


Рис. 6. Оптическая схема микроскопа МИМ-7:

1 – лампа; 2 – коллектор; 3 – зеркало; 4 – светофильтр; 5 – апертурная диафрагма; 6 – линза; 7 – пентапризм; 8 – линза; 9 – зеркало; 10 – объектив; 11 – микрошлиф; 12 – ахроматическая линза; 13 – окуляр; 14 – зеркало; 15 – фотоокуляр; 16 – зеркало; 17 – фотопластинка; 18 – полевая диафрагма; 19 – затвор; 20 – линза для работы в темном поле; 21 – кольцевое зеркало; 22 – параболическое зеркало; 23 – заслонка (включается при работе в темном поле); 24 – поляризатор; 25 – анализатор

Объектив дает полезное увеличение объекта, то есть такое, которое добавляет новые детали в рассматриваемом объекте. Окуляр лишь увеличивает изображение, даваемое объективом, для удобства его рассмотрения, не внося в изображение новых деталей.

Общее руководство к обращению с микроскопом

Микроскоп является точным прибором, требующим самого аккуратного и осторожного обращения с ним. Прежде чем приступить к работе с микроскопом, нужно сначала ознакомиться с его устройством, то есть, с его схемой, с отдельными основными частями, их взаимным расположением и назначением.

1. Работая с микроскопом, нельзя допускать быстрых и резких движений (рывков) при наводке объектива на фокус, при установке и перемене оптики (объективов и окуляров). Если вращение макро- и микровинтов почему-либо затруднено, то нельзя применять силу и стремиться во что бы то ни стало повернуть винт, так как это может повлечь за собой смятие резьбы, то есть порчу микроскопа.

2. При наводке на фокус во избежание ударов фронтальной линзой объектива о поверхность микрошлифа следует сначала при помощи микровинта приблизить объектив как можно ближе к поверхности микрошлифа (смотря при этом на объектив и шлиф), а затем медленным подниманием объектива вверх с помощью того же микровинта произвести наводку на фокус.

3. Нельзя на предметный столик микроскопа ставить шлиф, не просушенный после травления, так как травящий реактив (раствор кислоты и т. п.), стекая со шлифа на объектив, а также предметный столик может повредить микроскоп.

4. Плоскость рассматриваемого шлифа должна быть установлена перпендикулярно оси микроскопа, иначе изображение исследуемой структуры не будет равномерно четким, а будет искаженным.

5. Ни в коем случае нельзя водить шлифом по столику и трогать его поверхность пальцами.

6. Без руководителя нельзя трогать ответственные части микроскопа, кроме макро- и микроскопических винтов и винтов предметного столика, так как микроскоп отрегулирован, и смещение частей приводит к трудно выполняемой работе по новой регулировке.

Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретические сведения и последовательность приготовления микрошлифов.

2. Ознакомиться с оптической схемой микроскопа МИМ-7.

3. Изучить микроструктуру шлифа под микроскопом до и после травления.
4. Зарисовать схему увеличенной микроструктуры, указав строение материала (металлическую основу, неметаллические включения, границы и размер зерен).
5. Определить общее увеличение микроскопа.

Содержание отчета

В отчет включить ответы на контрольные вопросы, оптическую схему микроскопа, рисунки схем микроструктур исследуемых образцов (по заданию преподавателя).

Контрольные вопросы:

1. Что такое микроанализ металлов?
2. Какую информацию можно получить при проведении микроанализа металлов и сплавов?
3. Какие основные требования предъявляются к операциям «вырезание», «торцовка» при приготовлении микрошлифов?
4. Для чего проводится травление микрошлифов?
5. Каков порядок изготовления микрошлифа?
6. Назначение объектива и окуляра в микроскопе?
7. Какое максимальное увеличение можно получить на микроскопе?
8. Как настроить микроскоп на работу в темном поле?
9. Как определить общее увеличение микроскопа?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ СПЛАВОВ Pb–Sb ПО КРИВЫМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Цель работы:

1. Освоить методику построения кривых охлаждения металлов и сплавов и определения на них критических точек.
2. Пользуясь методом термического анализа, построить диаграмму состояния сплавов свинец–сурьма.
3. Научиться разбираться во всех структурных изменениях по диаграмме состояния, пользуясь правилом фаз и правилом отрезков.

Приборы, материалы, инструменты:

Электропечь, тигли, термопары, милливольтметры, навески чистых металлов, навески сплавов различных концентраций, микрошлифы металлов и сплавов.

Теоретические сведения

Диаграмма состояния является графическим изображением изменения фазового и структурного состояния сплавов данной системы в зависимости от температуры и состава сплавов.

К основным понятиям в теории сплавов относятся *система, компонент, фаза*.

Система – это группа веществ, являющихся объектом наблюдения и изучения. В металловедении системами являются металлы и сплавы.

Компонентами называются вещества, образующие систему. В металлических сплавах компонентами могут быть элементы и химические соединения.

Фазой называется однородная часть системы, отделенная от других частей системы поверхностью раздела, при переходе через которую химический состав или структура изменяется скачкообразно. Фазами могут быть химические соединения, жидкости и твердые растворы.

Обычно для построения диаграммы состояния пользуются результатами *термического анализа*, то есть, строят кривые охлаждения и по остановкам и перегибам на кривых охлаждения, вызванных тепловым эффектом превращения, определяют температуру превраще-

ния. Температуры, при которых происходят фазовые превращения, а также соответствующие им точки на кривой охлаждения металла или сплава, называются критическими.

Построение кривых охлаждения

Определение температур кристаллизации металлов и сплавов обычно проводят с помощью термоэлектрического пирометра, состоящего из термопары и милливольтметра (гальванометра). На рис. 7 показана схема для определения критических точек на кривых охлаждения металлов и сплавов.

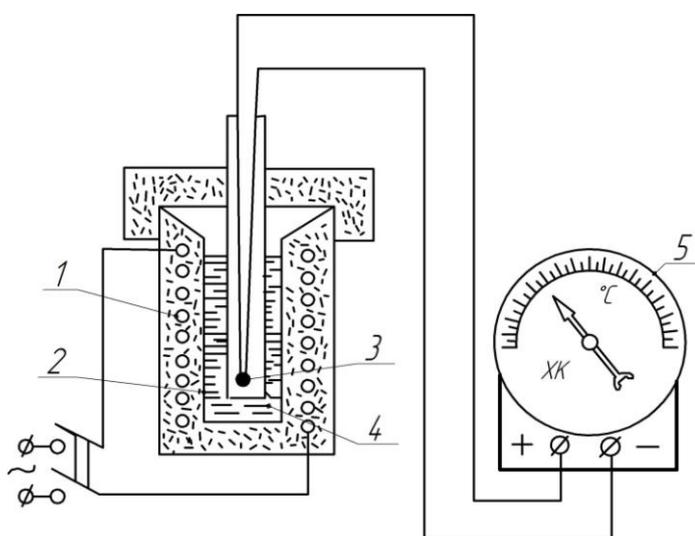


Рис. 7. Схема установки для определения критических точек металлов и сплавов:

1 – электропечь; 2 – тигель; 3 – термопара; 4 – расплавленный металл или сплав; 5 – милливольтметр (гальванометр)

В данной работе изучается построение диаграммы состояния сплавов свинец–сурьма, которые в жидком состоянии образуют раствор с неограниченной растворимостью, а в твердом состоянии – мелкодисперсную физико-химическую смесь этих элементов (эвтектику).

Эвтектикой называется физико-химическая смесь двух (или более) видов кристаллов, одновременно кристаллизующихся из жидкости.

Для построения диаграммы состояния используют чистые металлы свинец и сурьму, и ряд их сплавов, например, доэвтектический

(6 % Sb и 94 % Pb); эвтектический (13 % Sb и 87 % Pb) и заэвтектический (55 % Sb и 45 % Pb). Затем для каждого сплава и чистых металлов строят кривые охлаждения, определяют на них положение критических точек и соответствующие им температуры.

На рис. 8 показаны кривые охлаждения чистых металлов свинца и сурьмы (I и Y), сплавов доэвтектического (II), эвтектического (III), заэвтектического (IV). Кривые охлаждения построены в координатах температура – время.

Рассмотрим кривую охлаждения сплава доэвтектической концентрации 6 % Sb, 94 % Pb (II). При температуре точки 1 начинается кристаллизация жидкого сплава, из него выделяются кристаллы Pb. На площадке 2 – 2' (246 °C) из оставшейся жидкости одновременно выделяются кристаллы свинца и кристаллы сурьмы, протекает эвтектическая реакция. В результате выделения скрытой теплоты кристаллизации (теплового эффекта превращения) эвтектическая реакция всегда происходит при постоянной температуре. В точке 2' кристаллизация заканчивается. Точка 1, отвечающая началу кристаллизации, называется точкой *ликвидус*, точка 2', отвечающая концу кристаллизации – точкой *солидус*.

Аналогичную кривую охлаждения имеют заэвтектические сплавы (содержащие более 13 % Sb). Кристаллизация сплава IV начинается в точке 1 с выделением избыточных кристаллов сурьмы и заканчивается эвтектической реакцией при температуре 246 °C (участок 2 – 2').

На рис. 9 показаны схемы структуры доэвтектического, эвтектического и заэвтектического сплавов при комнатной температуре.

Диаграмма состояния (рис. 8) строится в координатах концентрация – температура, то есть, по оси абсцисс откладывается процентное содержание сурьмы в исследуемых сплавах – 6, 13 и 55 %, а на ординаты, соответствующие этим сплавам, с их кривых охлаждения сносят температуры критических точек. Полученные точки соединяют. Линия ACB соответствует началу затвердения сплава и называется *линией ликвидус*. Линия DCE соответствует концу затвердения сплава и называется *линией солидус*. Левее точки C сплавы называются доэвтектическими, правее точки C – заэвтектическими.

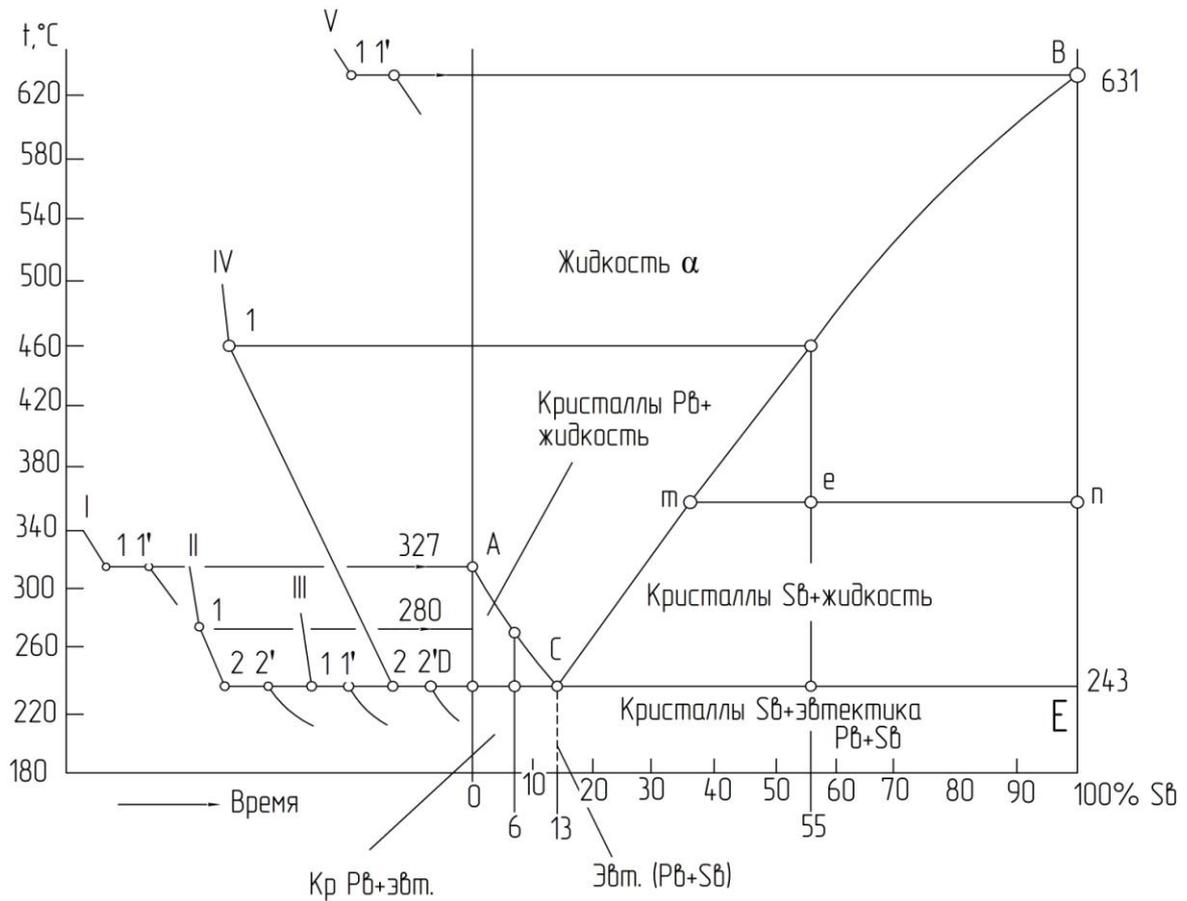


Рис. 8. Построение диаграммы состояния свинец–сурьма

Правило фаз

Для анализа кривых охлаждения применяют правило фаз (правило Гиббса), которое выражается формулой:

$$C = K - \Phi + 1, \quad (6)$$

где C – число степеней свободы, то есть число внешних и внутренних факторов (температура и концентрация), которое можно изменять без изменения числа фаз в сплаве;

K – число компонентов, в сплавах свинец–сурьма $K = 2$ (свинец и сурьма);

Φ – число фаз.

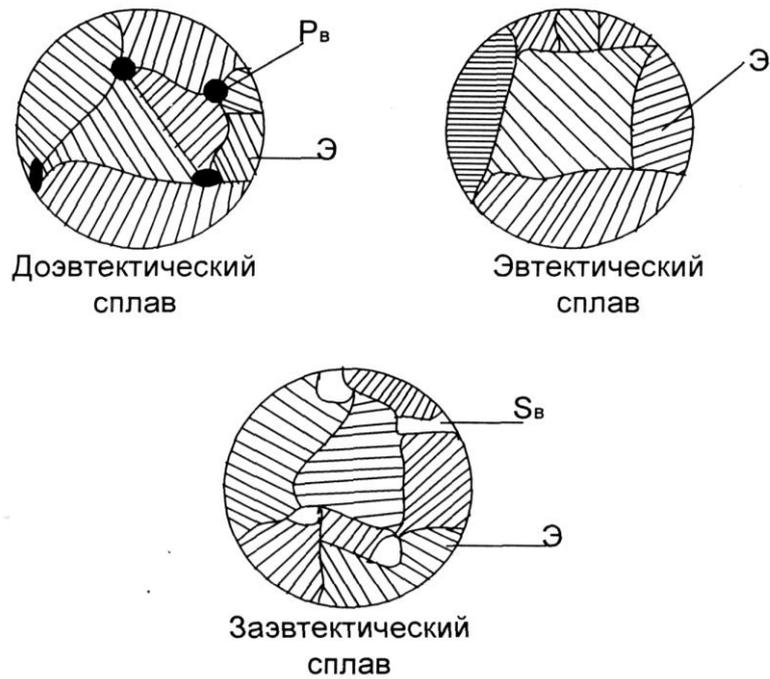


Рис. 9. Схемы зарисовки структуры сплавов

Рассмотрим процесс кристаллизации доэвтектического сплава II на примере его кривой охлаждения (рис. 8). Выше точки 1 сплав находится в жидком состоянии (L) и имеется одна фаза, и тогда $C = 2 - 1 + 1 = 2$. При двух степенях свободы в этой области могут изменяться концентрация и температура, а сплав остается однородным и жидким. Кривая охлаждения круто опускается вниз.

В точке 1 на линии ликвидус начинается процесс кристаллизации – выделение кристаллов свинца из жидкого сплава, которое продолжается до точки 2, и кривая охлаждения снижается полого. Между точками 1 и 2 существует две фазы – жидкая и твердая и $C = 2 - 2 + 1 = 1$. При одной степени свободы независимой переменной является только температура.

Концентрация жидкой части сплава из-за выделения из нее свинца с понижением температуры меняется по линии AC и в точке 2 на линии ДСЕ достигает эвтектического содержания, соответствующего определенной концентрации (точка C). Вследствие этого между точками 2 – 2' (линия ДСЕ)) оставшийся жидкий сплав кристаллизуется в эвтектику (путем диффузионного разделения жидкости), состоящую из свинца и сурьмы, и имеются три фазы (кристаллы свинца, кристаллы сурьмы и жидкий сплав). Число степеней свободы $C = 2 - 3 + 1 = 0$. При этом выделяется так много тепла, что температура остается постоянной.

Ниже точки 2' сплав полностью находится в твердом состоянии, и его структура состоит из кристаллов свинца и эвтектики, которая представляет собой физико-химическую смесь свинца и сурьмы в виде переплетенного тонкоразветвленного бикристалла. Таким образом, сплав в этой области состоит из двух фаз – кристаллов свинца и сурьмы и число степеней свободы $C = 2 - 2 + 1 = 1$. Кривая охлаждения, как и между точками 1 и 2, опускается вниз полого.

Подобно II сплаву будет протекать кристаллизации и сплава IV, только избыточными кристаллами будут кристаллы сурьмы.

Правило отрезков

В процессе кристаллизации сплавов изменяются как концентрация фаз, так и количество каждой фазы. Количество твердой фазы при этом увеличивается, а жидкой уменьшается. В любой точке диаграммы состояния, когда в сплаве одновременно существует две фазы, можно определить количество обеих фаз и их концентрацию. Это осуществляется при помощи двух простых правил.

Правило определения состава фаз (правило концентраций) формулируется следующим образом. Чтобы определить концентрацию компонентов в фазах, через данную точку, характеризующую состояние сплава, проводят горизонтальную линию (коноду) до пересечения с линиями, ограничивающими данную область диаграммы. Проекция точек пересечения на ось концентрации показывают составы фаз.

Следовательно, для сплава IV при температуре t_1 (которая соответствует точке e) составы обеих фаз определяются проекциями точек m и n , так как эти точки находятся на пересечении коноды (горизонтальной линии, соединяющей составы фаз), проходящей через точку e , с линиями диаграммы.

Проекция точки n определяет состав твердой фазы (100 % Sb), а проекция точки m определяет состав жидкости (m % Sb).

Количество этих фаз также можно определить, пользуясь *правилом количественного соотношения фаз (правилом коноды)*, которое формулируется так.

Для того, чтобы определить количественное соотношение фаз, через заданную точку проводят горизонтальную линию до пересечения с линиями, ограничивающими данную область диаграммы. Отрезки этой линии (коноды) между заданной точкой и точками, опре-

деляющими составы фаз, обратно пропорциональны количествам этих фаз.

Так, для сплава IV в точке e при температуре t_1 , отрезок mn определяет все количество сплавов, отрезок en – количество жидкости, а отрезок te – количество кристаллов сурьмы.

Порядок выполнения работы

1. Взять тигли с чистым свинцом, сурьмой и тремя сплавами: доэвтектическим (6 % Sb), эвтектическим (13 % Sb) и заэвтектическим (55 % Sb), нагреть на 20...30 °С выше температуры плавления металла (сплава). Температуру нагрева замерить термоэлектрическим пирометром.

2. Выключить ток и охладить тигли с расплавленными металлами и сплавами, фиксируя показания гальванометра через 10...15 секунд. После затвердевания металла (сплава) и получения температурной площадки на кривой охлаждения (линия постоянной температуры) снять еще 3 – 5 показаний гальванометра (через 10...15 с каждое).

3. По результатам опытов построить на миллиметровой бумаге кривые охлаждения и для каждой кривой указать процентный состав сплава.

4. По кривым охлаждения построить диаграмму состояния сплавов свинец–сурьма. Критические точки кривых охлаждения, перенесенные для соответствующих концентраций на диаграмму состояния, обвести кружками. В случае рассева опытных точек допустимо проведение средних линий.

Содержание отчета

Отчет должен содержать построенные по экспериментальным данным кривые охлаждения заэвтектического, эвтектического и доэвтектического сплавов.

Используя справочные данные по температуре кристаллизации чистых металлов (свинец и сурьма) и полученные экспериментальные данные, необходимо построить диаграмму состояния сплава системы Pb–Sb.

На примере конкретного сплава (по заданию преподавателя) показать применение правила фаз и правила коноды.

В отчете поместить ответы на контрольные вопросы, схему экспериментальной установки для термического анализа сплавов, зарисовать структуру вышеуказанных сплавов.

Экспериментальные данные занести в таблицу 7.

Таблица 7

Данные проведения термического анализа

| доэвтектического сплава | | | | эвтектического сплава | | | | заэвтектического сплава | | | |
|-------------------------|----------|-------------------------------|-----------------|-----------------------|----------|-------------------------------|-----------------|-------------------------|----------|------------------------------|-----------------|
| № п/п | Время, с | Показания милливольтметра, мВ | Температура, °С | № п/п | Время, с | Показания милливольтметра, мВ | Температура, °С | № п/п | Время, с | Показания милливольтметра мВ | Температура, °С |
| I | | | | I | | | | I | | | |
| 2 | | | | 2 | | | | 2 | | | |
| 3 | | | | 3 | | | | 3 | | | |
| 4 | | | | 4 | | | | 4 | | | |
| ... | | | | ... | | | | ... | | | |

Контрольные вопросы

1. Что называется компонентом?
2. Что называется фазой?
3. Что такое эвтектика?
4. Что такое ликвидус?
5. Что такое солидус?
6. Сущность термического метода анализа сплавов?
7. Как формулируется правило фаз?
8. Как определяется состав фаз?
9. Как формулируется правило коноды?
10. Назовите структурный и фазовый состав до- и заэвтектических сплавов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

АНАЛИЗ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

Цель работы:

Детально изучить диаграмму состояния сплавов системы «Железо–углерод».

Задание:

1. Изучить литературу по железоуглеродистым сплавам.
2. Вычертить диаграмму состояния сплавов системы «Железо-углерод» с указанием структурных составляющих каждой области диаграммы. Назвать все характерные точки и линии диаграммы.
3. Дать определение всем фазам и структурным составляющим железоуглеродистых сплавов с указанием возможного содержания в них углерода. Указать механические свойства (прочность, твердость, пластичность) структурных составляющих.
4. Для сплава заданной концентрации построить кривую охлаждения с применением правила фаз. Описать ход процесса кристаллизации и изменения фазового состава на каждом участке кривой охлаждения.
5. Для сплава в заданной точке диаграммы определить с помощью правила коноды концентрацию и количественное соотношение фаз или структурных составляющих.
6. Пользуясь альбомом микроструктур, нарисовать три схемы микроструктур сплавов по заданию преподавателя.

Общие указания

Диаграмма системы «железо–углерод» дает представление о ходе фазовых превращений в процессе кристаллизации сплавов и об их строении и структуре после завершения процесса кристаллизации.

Верхняя часть диаграммы от линии ликвидуса АВСД до линии солидуса АНЕСФ отражает ход первичной кристаллизации сплавов.

Ниже линии солидуса происходит вторичная кристаллизация сплавов. Она вызвана изменением полиморфного состояния железа и изменением растворимости углерода в γ -железе.

Для лучшего усвоения хода всех этих превращений следует изучать диаграмму по отдельным участкам. Прежде всего, нужно изу-

чить ход процесса кристаллизации в верхнем левом углу, где имеет место перитектическое превращение. Затем уяснить суть процессов первичной кристаллизации при содержании углерода в сплавах до 2,14 % и выше. Также следует изучить ход вторичной кристаллизации. Нужно четко уяснить, какие фазы и структурные составляющие образуются в результате кристаллизация сплавов, и в чем существенное различие между фазой и структурной составляющей. Надо уметь давать определение всем структурным составляющим, знать, при каких условиях они образуются и какими свойствами обладают.

Теоретические сведения

Диаграмма «Железо–углерод» (рис. 10) служит основой для уяснения процессов, происходящих при нагревании и охлаждении железоуглеродистых сплавов (сталей и чугунов). В железоуглеродистых сплавах при нагревании и охлаждении получают следующие фазы и структурные составляющие: *феррит, аустенит, цементит, перлит и ледебурит*. В табл. 8 приведены характеристики фаз и структурных составляющих железоуглеродистых сплавов.

При анализе диаграммы рассматриваются линии и точки диаграммы (табл. 9 и 10), применяются правила фаз и отрезков.

Выше линии ABCD все сплавы находятся в жидком состоянии, и число степеней свободы, определяемое по правилу фаз, $s = k - f + 1 = 2 - 1 + 1 = 2$, что значит, что сплавы можно нагревать и охлаждать, менять их концентрацию, и они остаются жидкими в состоянии равновесия. Между линиями ABCD и ANJESF сплавы двухфазны, состоят из твердой фазы и жидкости, и при этом число степеней свободы $s = 2 - 2 + 1 = 1$. Из этого следует, что для сохранения равновесия системы можно менять лишь один фактор равновесия: либо температуру, либо концентрацию. Две фазы и одна степень свободы имеются также во всех других областях диаграммы, кроме аустенитной (NJESG) и двух ферритных (AHN) и (GPQ), где система однофазна и располагает двумя степенями свободы $s = 2 - 1 + 1 = 2$. На горизонтальных линиях HJB, ECF и PSK система трехфазна и число степеней свободы $s = 2 - 3 + 1 = 0$.

На линии HJB протекает перитектическое превращение $L + \Phi \rightarrow A$, в результате которого образуется аустенит.

На линии ECF при охлаждении образуется ледебурит, на линии PSK – перлит.

Нулевая степень свободы на этих линиях обуславливает строго постоянные температуры при образовании ледебурита ($1147\text{ }^{\circ}\text{C}$) и перлита ($727\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Правилом коноды пользуются для определения количественного соотношения жидкой и твердой фаз или двух различных твердых фаз.

Содержание отчёта

Отчет должен содержать: ответы на контрольные вопросы, диаграмму состояния сплавов железо–углерод; описание фаз, структур железоуглеродистых сплавов и их свойств; две кривые охлаждения для стали и чугуна (содержание углерода задает преподаватель); описание на основе этих кривых фазовых превращений, происходящих в сплавах при нагревании и охлаждении, с применением правила фаз и коноды.

Контрольные вопросы

1. Какие аллотропические формы железа бывают?
2. Как подразделяются группы сплавов по содержанию в них углерода?
3. Что называется сталью?
4. Как делятся стали по содержанию в них углерода?
5. Каковы составляющие структур доэвтектоидной, эвтектоидной и заэвтектоидной сталей, и как они выглядят под микроскопом?
6. Что называется чугуном?
7. Чем отличается серый чугун от белого?
8. Какие формы графитных включений бывают в различных чугунах, и как они выглядят под микроскопом?
9. Из каких составляющих состоит металлическая основа серых чугунов?

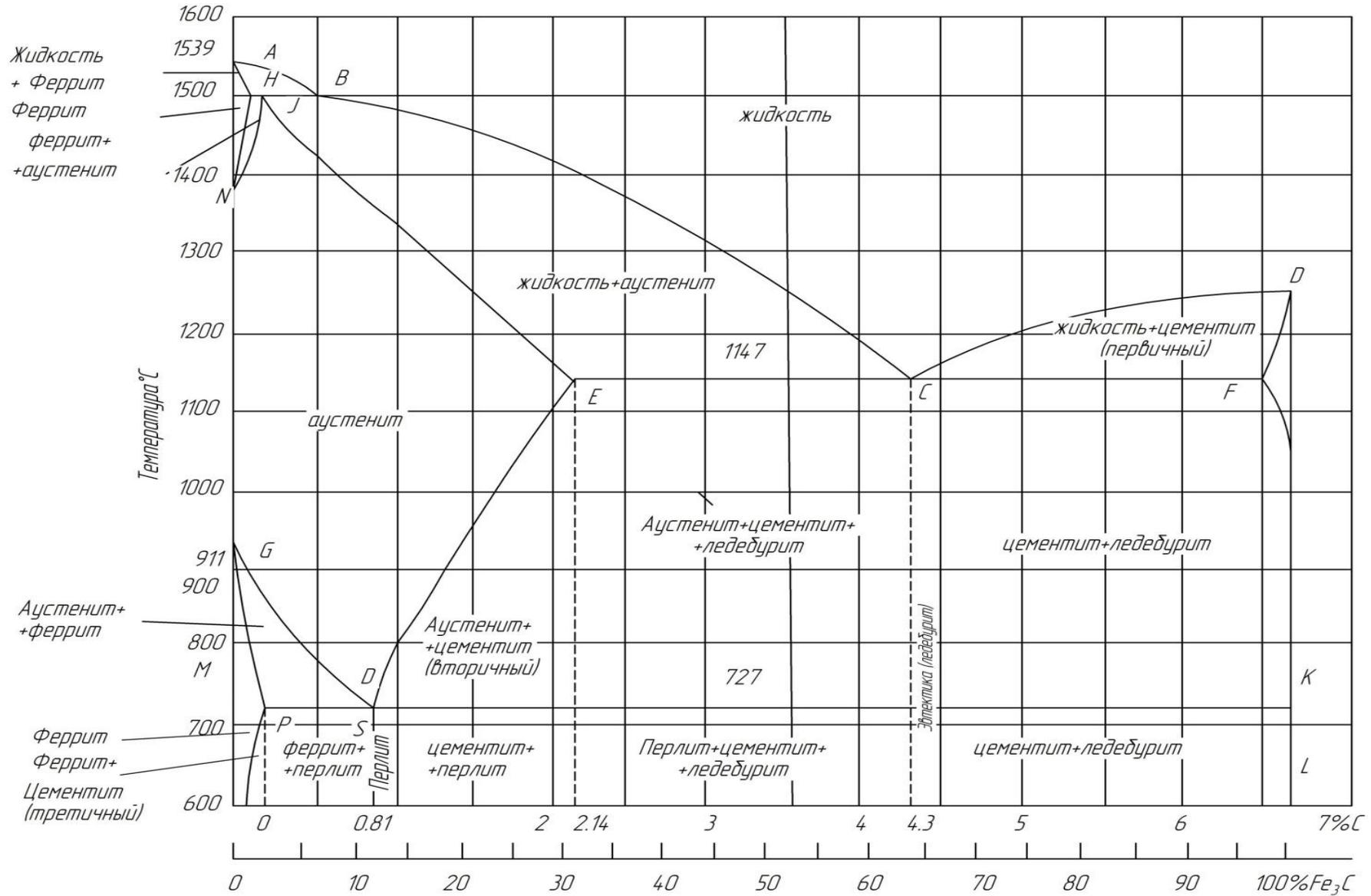


Рис.10. Диаграмма состояния сплавов системы железо–углерод

Таблица 8

Характеристики фаз и структурных составляющих железоуглеродистых сплавов (сталей и чугунов)

| Название структуры | Тип структуры | Содержание углерода, % | Число фаз | Механические свойства | | | Характеристики структуры |
|--------------------|--|--|-----------|----------------------------------|--------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | | | σ_s , кгс/мм ² | δ , % | НВ, кгс / мм ² | |
| Феррит | Твердый раствор углерода в α -железе | От 0,006 (при 0 °С) до 0,02 (при 727 °С) | 1 | 30 | 40 | 80...100 | Пластичная, но не прочная |
| Аустенит | Твердый раствор углерода в γ -железе | 2,14 (при 1147 °С) | 1 | 60 | 60 | 180...200 | Очень пластичная |
| Цементит | Химическое соединение железа с углеродом (Fe ₃ C) | 6,67 | 1 | 200 | 0 | 800 | Очень твердая и хрупкая |
| Перлит | Физико-химическая смесь феррита и цементита | 0,80 | 2 | 60 | 20 | 200 | Средние прочность и пластичность |
| Ледебурит | Физико-химическая смесь аустенита и цементита | 4,30 | 2 | 100 | 1...2 | 450...500 | Твердая и хрупкая |

Фазовые превращения на линиях по диаграмме железо–углерод

| Обозначение линий | Фазовые превращения на линиях (при охлаждении) | Перечень фаз | Количество фаз | Число степеней свободы |
|-------------------|--|--------------------------------|----------------|------------------------|
| AB | Начало первичной кристаллизации феррита из жидкости | Жидкость + феррит | 2 | 1 |
| АНJB | Конец первичной кристаллизации феррита из жидкости | Жидкость + феррит | 2 | 1 |
| HJB | Перитектическое превращение $\Phi + L \rightarrow A$ | Жидкость + феррит + аустенит | 3 | 0 |
| BC | Начало первичной кристаллизации аустенита из жидкости | Жидкость + аустенит | 2 | 1 |
| JE | Конец первичной кристаллизации аустенита из жидкости | Жидкость + аустенит | 2 | 1 |
| CD | Начало первичной кристаллизации цементита (первичного) из жидкости | Жидкость + цементит | 2 | 1 |
| ECF | Образование ледебурита из жидкости, линия эвтектических превращений | Жидкость + аустенит + цементит | 3 | 0 |
| GS | Начало выделение феррита из аустенита | Аустенит + феррит | 2 | 1 |
| PS | Конец выделения феррита из аустенита и образование перлита из аустенита | Аустенит + феррит + цементит | 3 | 0 |
| PSK | Образование перлита из аустенита | Аустенит + феррит + цементит | 3 | 0 |
| SE | Начало выделения цементита (вторичного) | Аустенит + цементит | 2 | 1 |
| SK | Конец выделения цементита (вторичного) из аустенита и образование перлита из аустенита | Аустенит + феррит + цементит | 3 | 0 |
| PQ | Начало выделения цементита третичного из феррита | Феррит + цементит | 2 | 1 |

Фазовые превращения в точках по диаграмме железо–углерод

| Точки | Фазовые превращения в точках | Со-дер-жа-ние угле-рода, % | Соот-ветст-вующая точкам темпе-ратура, °С | Перечень фаз | Коли-чество фаз | Чис-ло степе-ней сво-боды |
|-------|---|----------------------------|---|-------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| A | Температура плавления и затвердевания чистого железа | 0 | 1539 | Жидкость + кристаллы железа | 2 | 0 |
| B | Температура перитектической реакции | 0,5 | 1499 | Жидкость + феррит + аустенит | 3 | 0 |
| C | Плавление и образование ледебурита | 4,30 | 1147 | Жидкость + аустенит + цементит | 3 | 0 |
| D | Температура плавления и затвердевания цементита | 6,67 | 1250 | Жидкость + цементит (первичный) | 2 | 0 |
| H | Максимальное растворение углерода в высокотемпературном α -железе | 0,10 | 1499 | Жидкость + феррит + аустенит | 3 | 0 |
| J | Перитектическая точка | 0,16 | 1499 | Жидкость + феррит + аустенит | 3 | 0 |
| N | Превращение α -железа в γ -железо или γ -железа в α -железо | 0 | 1392 | α -железо и γ -железо | 2 | 0 |
| E | Максимальное растворение углерода в аустените | 2,14 | 1147 | Жидкость + аустенит + цементит | 3 | 0 |
| S | Эвтектоидная точка (образование перлита из аустенита или аустенита из перлита) | 0,80 | 727 | Аустенит + феррит + цементит | 3 | 0 |

| | | | | | | |
|---|---|-------|------|--|---|---|
| G | Превращение γ -железа в α -железо или α -железа в γ -железо | 0 | 911 | γ -железо и α -железо | 2 | 0 |
| P | Максимальное растворение углерода в α -железе | 0,02 | 727 | Аустенит + феррит + цементит (вторичный) | 3 | 0 |
| Q | Минимальное растворение углерода в α -железе | 0,006 | 0 | Феррит +цементит (третичный) | 2 | 1 |
| K | Нет фазовых превращений | 6,67 | 727 | Цементит первичный | 1 | - |
| F | Нет фазовых превращений | 6,67 | 1147 | Цементит первичный | 1 | - |
| M | Магнитное превращение | 0 | 768 | Чистое железо | 1 | - |

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В РАВНОВЕСНОМ СОСТОЯНИИ

Цель работы:

Получить навыки в проведении микроанализа структур углеродистых сталей, определении по ним типа сплава, содержания углерода, примерной марки стали и в практическом применении установленного сплава.

Приборы и материалы:

1. Микроскоп металлографический МИМ-7.
2. Набор микрошлифов.
3. Альбом микроструктур.

Теоретические сведения

Микроструктура углеродистых сталей в равновесном состоянии, полученная в результате оптимального нагрева и медленного охлаждения, может быть определена по диаграмме состояния сплавов системы железо-углерод (рис. 10). Сплавы железа с углеродом, содержащие углерода до 0,02 %, называют *технически чистым железом*. Его структура состоит из светлых зерен феррита с хорошо видимыми темными границами (рис. 11).

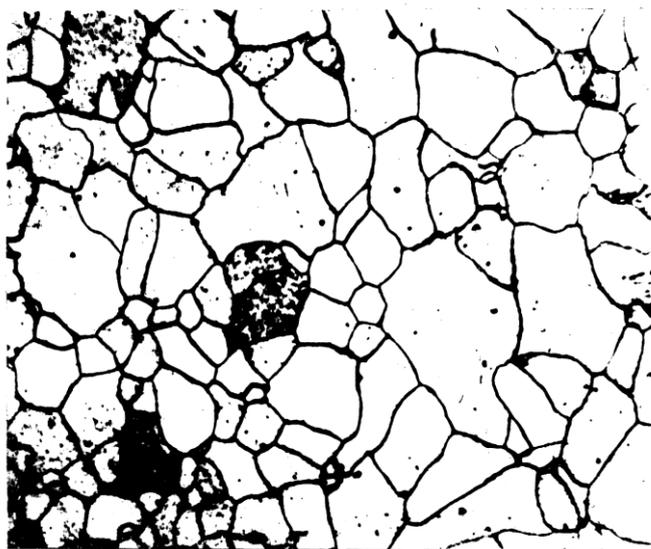


Рис. 11. Микроструктура технического железа (феррит), $\times 500$

Железоуглеродистые сплавы, содержащие углерода от 0,02 до 2,14 %, называются *сталями*. По структуре в равновесном состоянии стали делятся на доэвтектоидные, эвтектоидные и заэвтектоидные.



Рис. 12. Микроструктура доэвтектоидной стали (0,2 % C), $\times 200$

Доэвтектоидные стали содержат от 0,02 до 0,8 % углерода. Структура этих сталей состоит из светлых зерен феррита и темных зерен перлита (рис. 12). С увеличением содержания углерода уменьшается количество феррита, возрастает количество перлита.



Рис. 13. Микроструктура эвтектоидной стали (перлит пластинчатый), $\times 2000$

Эвтектоидная сталь содержит 0,8 % углерода и состоит только из перлита (физико-химической смеси феррита и цементита), имеющего пластинчатое строение (рис. 13).

Заэвтектоидные стали содержат от 0,8 до 2,14 % углерода, их структура состоит из перлита и вторичного цементита (рис. 14). При медленном охлаждении вторичный цементит располагается по границам зерен перлита в виде сетки или ручейков белого цвета. Чтобы отличить цементит от феррита, применяют специальный реактив – пикрат натрия, который окрашивает цементит в темный цвет и совершенно не действует на феррит. Выделение вторичного цементита по границам зерен перлита нежелательно, так как такая структура обладает повышенной хрупкостью и плохо обрабатывается резанием. Чем больше содержание углерода, тем более широкой получается цементитная сетка и меньше образуется перлита.



Рис. 14. Микроструктура заэвтектоидной стали (1,2 % С), $\times 200$

Таким образом, с увеличением содержания углерода в углеродистых сталях, находящихся в равновесном состоянии, меняются их структура и фазовый состав: уменьшается количество феррита (НВ 80...100), увеличивается количество цементита (НВ 800). В соответствии с этим в сталях возрастают твердость НВ, предел прочности σ_v , уменьшаются пластичность δ и ударная вязкость KCU.

При содержании углерода свыше 1 % предел прочности снижается, что объясняется образованием в структуре стали по границам зерен сплошной цементитной сетки.

По структуре стали, находящейся в равновесном состоянии, можно приближенно определить содержание углерода, а затем установить марку стали. Для этого на микроструктуре, рассматриваемой под микроскопом, ориентировочно определяют площади, занимаемые перлитом, ферритом, цементитом. Принимают содержание углерода в феррите равным нулю, в 100 % перлита – 0,8 % , а в 100 % цементита – 6,67 % С.

Например, пусть в доэвтектоидной стали перлит занимает 25 % всей площади, феррит – 75 %. Тогда содержание углерода в стали можно определить из пропорции:

$$\begin{array}{l} 100 \% \text{ перлита} - 0,8 \% \text{ С,} \\ 25 \% \text{ перлита} - x \% \text{ С} \end{array}$$

откуда $x = \frac{25 \cdot 0,8}{100} = 0,2 \% \text{ С}$

Такое содержание углерода имеет конструкционная сталь марки 20.

По структуре заэвтектоидной стали не рекомендуется определять содержание углерода, так как с увеличением его содержания мало изменяется площадь, занимаемая цементитом, и можно сделать грубую ошибку в расчете.

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть и изучить микрошлифы под микроскопом, определить структурные составляющие, указать класс стали (доэвтектоидная, эвтектоидная, заэвтектоидная).
2. По структуре подсчитать содержание углерода.
3. Зарисовать схемы микроструктур из альбома.

Содержание отчёта

В отчет необходимо включить диаграмму состояния «Железо–углерод» и указать, как влияет увеличение содержание углерода на структуру и механические свойства стали; описать строение и свойства структурных составляющих; напротив зарисованных схем микроструктур указать структурные составляющие, класс стали, содер-

жание углерода, марку стали, механические свойства (HB, σ_s , δ , KSU – используя справочный материал), применение.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЧУГУНОВ

Цель работы:

Получить навыки определения по микроструктуре сплава вида чугуна (белый, серый, ковкий, высокопрочный), оценить приближенно его механические свойства и установить область применения.

Приборы и материалы:

1. Микроскоп металлографический МИМ-7.
2. Набор микрошлифов.
3. Альбом микроструктур.

Теоретические сведения

По химическому составу чугуны отличаются от сталей более высоким содержанием углерода (более 2,14 %) и постоянных примесей (S, P, Si, Mn). Чугун обладает более низкими механическими свойствами, чем сталь. Однако его хорошие технологические свойства (литейные, обрабатываемость режущим инструментом, износостойкость, антифрикционные свойства и т.д.) делают чугун пригодным для изготовления различных деталей сельскохозяйственных машин.

В зависимости от состояния углерода чугуны подразделяются на две группы: чугуны, в которых весь углерод находится в связанном состоянии в виде цементита (Fe_3C), и чугуны, в которых весь углерод или большая часть его находится в виде графита.

К первой группе относятся *белые чугуны*. Их структура зависит от содержания углерода и соответствует диаграмме равновесного состояния сплавов системы железо-углерод (рис. 10). По структуре белые чугуны делятся на следующие.

Доэвтектические (2,14...4,3 % C). Структура включает три составляющие: перлит, ледебурит, вторичный цементит (рис. 15).



Рис. 15. Микроструктура доэвтектического чугуна, $\times 200$

Перлит наблюдается под микроскопом в виде темных зерен, цементит – светлых полос, ледебурит – в виде участков с темными точками. Каждый такой участок представляет собой смесь мелких округлых или вытянутых зерен перлита, равномерно расположенных в белой цементитной основе.

Эвтектический чугун (4,3 % С) состоит из ледебурита, представляющего собой равномерную физико-химическую смесь перлита с цементитом (рис. 16).

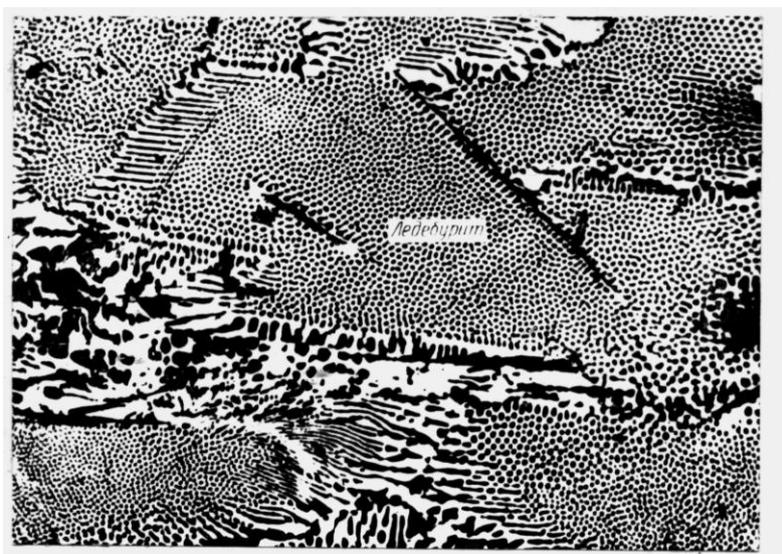


Рис. 16. Микроструктура эвтектического чугуна, $\times 500$

Заэвтектический чугун (4,3...6,67 % С) характеризуется двумя структурными составляющими: первичным цементитом (вытянутая форма) и ледебуритом (рис. 17).

Характерная особенность структуры белого чугуна – наличие в ней весьма твердых и малопластичных составляющих: цементита и ледебурита. Получению такой структуры в белых чугунах способствуют повышенное содержание в них марганца, пониженное – кремния и сравнительно быстрое охлаждение. Белые чугуны – очень хрупки и тверды, плохо поддаются обработке режущим инструментом. Поэтому такие чугуны в машиностроении используются редко (дробильные шары шаровых мельниц, звездочки для очистки литья). Они обычно идут на переделку в сталь и для получения ковкого чугуна.



Рис. 17. Микроструктура заэвтектического чугуна, $\times 200$

Ко второй группе чугунов относятся *серые, высокопрочные и кокие чугуны*. Структура их представляет собой металлическую основу, пронизанную графитовыми включениями.

От структуры металлической основы, которая выявляется после травления шлифа (феррито-перлитная, перлитная и ферритная), зави-

сят такие свойства, как предел прочности при сжатии, твердость, износостойкость.

Такие свойства чугуна, как пластичность, сопротивление растяжению и износостойкость, зависят главным образом от формы, размеров, количества и характера расположения графитовых включений. Прочность графита по сравнению с металлической основой ничтожна, его присутствие равносильно надрезу – пустоте. Поэтому чем равномернее расположены графитовые включения в металлической основе, чем они мельче и их форма ближе к округлой, тем меньше будет разобрана металлическая основа чугуна, и прочностные свойства будут выше. В соответствии с отмеченным качеством чугунов оценивается не только структурой металлической основы, но и формой, размером и характером распределения в ней графитовых включений.

В чугунах встречаются три формы графитовых включений: пластинчатая (рис. 18), шаровидная (рис. 19), хлопьевидная (рис. 20).

Пластинчатая форма графита свойственна *серым чугунам*. Такую форму можно рассматривать как трещины (надрезы), создающие концентрацию напряжений в перлитной, феррито-перлитной металлических основах. Получению серых чугунов способствует медленное охлаждение отливок и наличие в них повышенного содержания кремния и пониженного – марганца. Пластинчатая форма графита резко снижает прочностные свойства чугуна.

Повышение механических свойств серых чугунов достигается модифицированием, то есть воздействием на процесс графитизации путем введения в жидкий расплав особых добавок (модификаторов). Модификаторами являются ферросилиций, силикокальций, алюминий. Будучи введенными в жидкий чугун перед его разливкой, модификаторы раскисляют его и образуют в нем тугоплавкие окислы типа SiO_2 , CaO , которые, находясь во взвешенном состоянии, служат дополнительными центрами графитизации и способствуют размельчению графита.

Из серых чугунов изготавливают блоки цилиндров, картеры, маховики и др. В автотракторостроении и сельскохозяйственном машиностроении часто применяют следующие марки серых чугунов: СЧ18, СЧ20, СЧ25 (немодифицированные) и СЧ30 и СЧ35 (модифицированные).



Рис. 18. Микроструктура серого перлитного чугуна, $\times 1000$

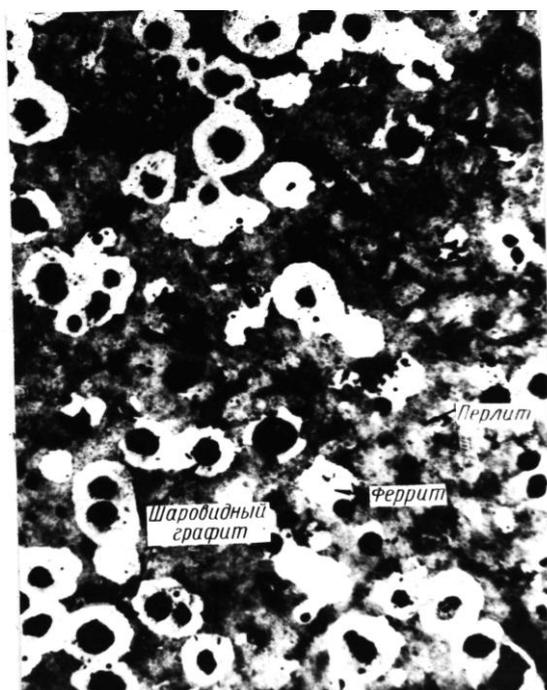


Рис. 19. Микроструктура феррито-перлитного высокопрочного чугуна после модификации лигатурой магния с ферросилицием, $\times 200$

Шаровидная форма графита свойственна *высокопрочному чугу-ну*.

Его получают двойным модифицированием серого чугуна: добавкой в жидкий чугун незадолго перед заливкой двух модификаторов – ферросилиция для создания большего количества центров графитизации и магния или церия для получения шаровидной формы графита (рис. 20).

Структура высокопрочного чугуна состоит из ферритной или перлитно-ферритной металлической основы, в которой располагаются графитовые включения в форме шаров. Такая форма графита не нарушает сплошности металлической основы, и это способствует повышению прочности и пластичности. Высокопрочный чугун – хороший заменитель литой стали (применяется для изготовления коленчатых и распределительных валов, гильз цилиндров, автомобильных двигателей). В сельскохозяйственном машиностроении часто применяют высокопрочные чугуны марок ВЧ60, ВЧ45.

Хлопьевидная форма графита присуща *ковкому чугуну*, который получают специальным графитизирующим отжигом (томлением) белых доэвтектических чугунов, содержащих от 2,2 до 3,2 % С (рис.20). Такая форма графита способствует повышению пластических свойств – чугун лучше переносит удары, обладает достаточной вязкостью.

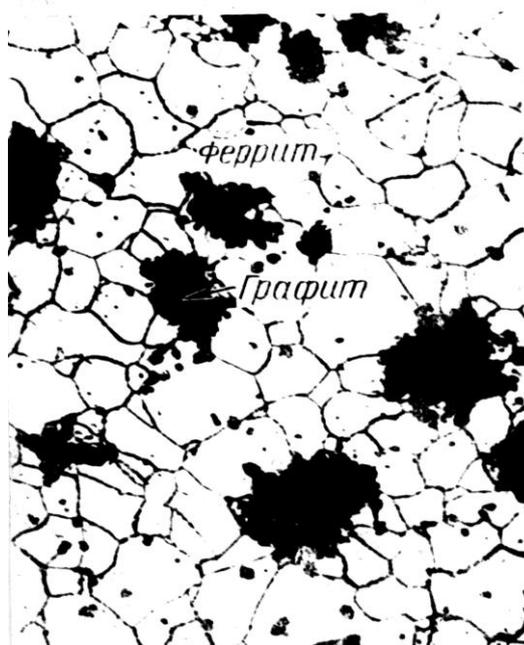


Рис. 20. Микроструктура ферритного ковкого чугуна, $\times 250$

В зависимости от вида отжига белого чугуна, металлическая основа может иметь структуры: при одностадийном отжиге – ферритную, при двухстадийном – феррито-перлитную или перлитную.

Очень часто применяют ферритный ковкий чугун, так как он характеризуется повышенной пластичностью.

В автотранспортном и сельскохозяйственном машиностроении применяют ковкие чугуны марок КЧ37-12, КЧ35-10, КЧ50-4. Из них изготавливают картеры редукторов, рулевых механизмов, ступицы колес, педали и др.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо иметь коллекцию микрошлифов, состоящую из нетравленных шлифов серого чугуна (немодифицированного и модифицированного), протравленных шлифов белого, серого, высокопрочного и ковкого чугунов).

1. Изучить под микроскопом микрошлифы и определить структурные составляющие.
2. По структурным составляющим определить наименование чугуна (белый, серый, ковкий, высокопрочный).
3. Определить увеличение микроскопа.
4. Зарисовать схемы микроструктур.

Содержание отчёта

В отчет необходимо включить участок диаграммы состояния сплавов системы железо–углерод для чугунов, проанализировать изменение структуры с увеличением содержания углерода. Описать виды чугунов, их структуру, свойства и применение. Рядом с зарисованными схемами микроструктур указать структурные составляющие, наименование чугуна, условия и метод получения, механические свойства (HB , σ_s , δ , KSU – используя справочный материал). Объяснить влияние формы графита на механические свойства чугунов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ

Цель работы:

Практически ознакомиться с оборудованием и методикой термической обработки углеродистых сталей, изучить изменение структуры и свойств углеродистой стали в результате термической обработки.

Оборудование, инструменты и материалы:

1. Шахтная электрическая печь.
2. Металлографический микроскоп МИМ-7.
3. Прибор для замера твердости.
4. Клещи.
5. Закалочная среда.
6. Образцы углеродистой стали.
7. Альбом с фотографиями микроструктур.
8. Стенды и плакаты.

Краткие теоретические сведения

Термической обработкой стали называется технологический процесс, состоящий из нагрева стали до определенной температуры, выдержки при этой температуре и последующего охлаждения с заданной скоростью. При термической обработке получают необходимые свойства стали, изменяя ее структуру без изменения химического состава.

Отжиг стали

Отжигом стали называют термическую обработку, при которой доэвтектоидную сталь нагревают выше критической точки A_{c3} , а заэвтектоидную – выше A_{c1} на $30...50$ °С (рис. 21) и после выдержки медленно охлаждают в печи. При этом получают наиболее равновесные структуры: феррит с перлитом, перлит и перлит с цементитом. Основное назначение отжига – перекристаллизация зерна стали, снижение твердости и снятие внутренних напряжений.

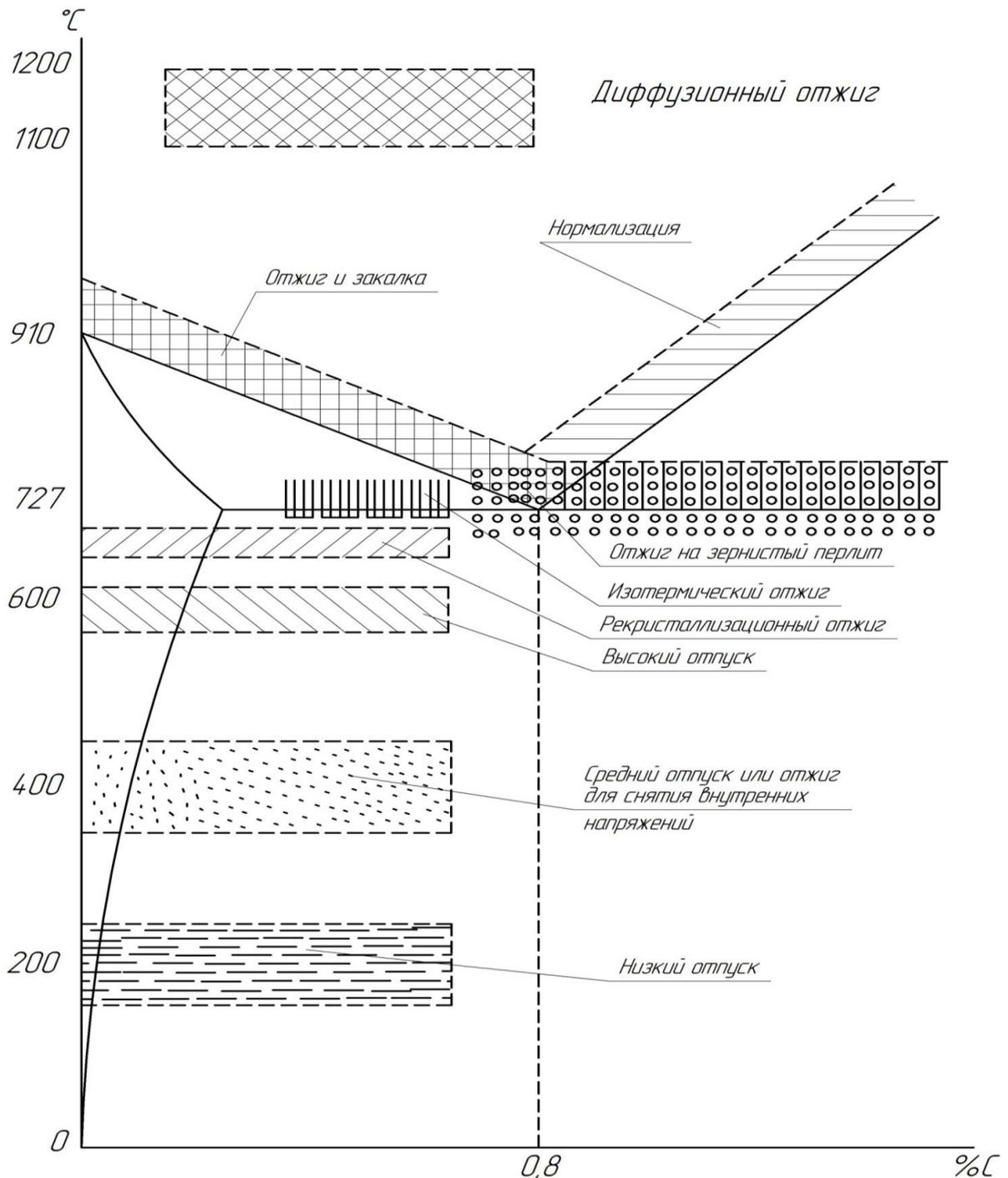


Рис. 21. Температурные интервалы термической обработки стали

Нормализация стали

Нормализацией стали называют нагрев доэвтектоидных сталей выше критической точки A_{c3} , эвтектоидных и заэвтектоидных сталей – выше критической точки A_{c1} на 30...50 °С с непродолжительной выдержкой и последующим охлаждением на воздухе. После норма-

лизации углеродистые стали имеют ту же структуру, что и при отжиге, но перлитные смеси получаются более дисперсными, так как распад аустенита происходит при больших степенях переохлаждения. Цель нормализации – перекристаллизация зерна стали, снятие внутренних напряжений, подготовка стали к дальнейшей пластической деформации, механической или термической обработке. Нормализация – дешевый и простой вид термической обработки углеродистых сталей, содержащих менее 0,5...0,6 % С, при подготовке их к обработке резанием и может заменить отжиг. В заэвтектоидных сталях нормализация с температурой выше $A_{сm}$ предназначена для устранения цементитной сетки.

Закалка стали

Закалкой стали называется термическая обработка, состоящая из нагрева доэвтектоидных сталей выше критической точки $A_{с3}$, эвтектоидных и заэвтектоидных сталей выше $A_{с1}$ на 30...50 °С, выдержки при данной температуре и последующего охлаждения со скоростью, больше критической, то есть минимальной скорости охлаждения, обеспечивающей превращение переохлажденного аустенита в мартенсит. При скорости охлаждения больше критической углерод не успевает выделиться из кристаллической решетки (в соответствии с ее перестройкой из γ -железа в α -железо), в результате чего образуется однофазный пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе, игольчатая структура, которая получила название мартенсита (рис. 22).

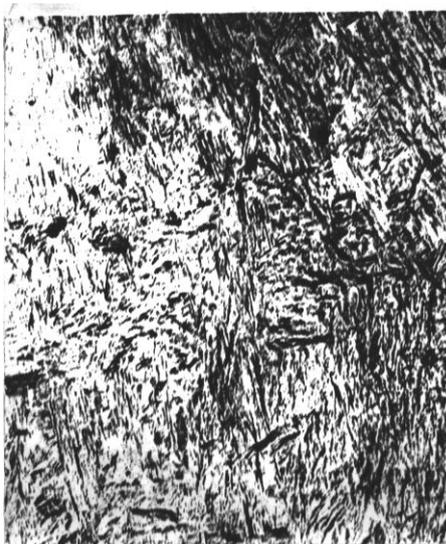


Рис. 22. Микроструктура закаленной стали (мартенсит), $\times 500$

При этом наблюдаются значительные искажения пространственной решетки, создается высокая плотность дислокаций, в стали накапливается значительная внутренняя потенциальная энергия. Сталь приобретает высокую твердость, но ее пластичность при этом снижается.

Выбор режимов термической обработки стали

Выбор режимов сводится к определению температуры нагрева стали, времени нагрева в печи, к выбору охлаждающей среды (скорости охлаждения).

Температура нагрева стали под *отжиг, нормализацию и полную закалку* ($T_{т.о}$) определяется:

для доэвтектоидных сталей из выражения:

$$T_{т.о} = A_{с3} + (30...50), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7)$$

для эвтектоидной и заэвтектоидных сталей, а также при *неполной закалке* из выражения:

$$T_{т.о} = A_{с1} + (30...50) \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (8)$$

Значения $A_{с3}$, $A_{с1}$ и $A_{сm}$ определяются по диаграмме состояния Fe–C в зависимости от содержания углерода в сталях.

Время нагрева стали при отжиге, нормализации и закалке складывается из времени прогрева образцов до заданной температуры и времени выдержки при этой температуре.

Время на прогрев 1 мм толщины образца приводится в табл. 11.

Время выдержки после достижения установленной температуры берется равным 1–2 мин.

Время нагрева при термообработке (τ_n) определяется из выражения:

$$\tau_n = \tau_{\text{прогр.}} + \tau_{\text{выд.}} = \tau_{\text{уд.}} \cdot d + \tau_{\text{выд.}}, \quad (9)$$

где $\tau_{\text{уд}}$ – удельное время, приходящееся на единицу размера образца;

d – диаметр образца (мм);

$\tau_{\text{выд}}$ – время выдержки в печи; $\tau_{\text{выд}} = 1\text{--}2$ мин.

Таблица 11

*Ориентировочная продолжительность
нагрева изделий в электропечи*

| Температура нагрева в °С | Форма изделия в сечении | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|
| | круг | квадрат | пластина |
| | продолжительность нагрева в минутах | | |
| | на 1 мм диаметра | на 1 мм толщины | на 1 мм толщины |
| 600 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
| 700 | 1,5 | 2,2 | 3,0 |
| 800 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |
| 900 | 0,8 | 1,2 | 1,6 |
| 1000 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |

Выбор скорости охлаждения

Скорость охлаждения стали определяется, в основном, получением требуемой структуры. При отжиге сталь охлаждается медленно вместе с печью. При нормализации сталь охлаждается на спокойном воздухе. При закалке скорость охлаждения должна быть больше, и поэтому прибегают к использованию жидкостей. Охлаждающая способность основных закалочных сред приведена в таблице 12.

Таблица 12

Характеристика закалочных сред

| Охлаждающие среды | Скорость охлаждения, °С в с в интервале | |
|-------------------------------------|--|----------------------------|
| | от $T_{\text{зак}}$ до $M_{\text{н}}$ | от $M_{\text{н}}$ до 20 °С |
| Вода при $t = 20$ °С | 600 | 200 |
| Вода при $t = 28$ °С | 500 | 200 |
| 10 % раствор NaCl при $t = 18$ °С | 1100 | 300 |
| Минеральное масло | 120 | 30 |
| Расплавленные соли при $t = 300$ °С | 150 | — |
| Спокойный воздух | 3 | 1 |

Пример расчета скорости охлаждения образца стали марки 45:

Решение: для стали 45 по диаграмме Fe–C определяем температуру нагрева для заковки $A_{с3}$, которая составляет 830...860 °С. Температуру в точках M_H и M_K определяем по графику зависимости положения этих точек от концентрации углерода в стали (рис. 23):

$M_H = 320$ °С; $M_K = 90$ °С.

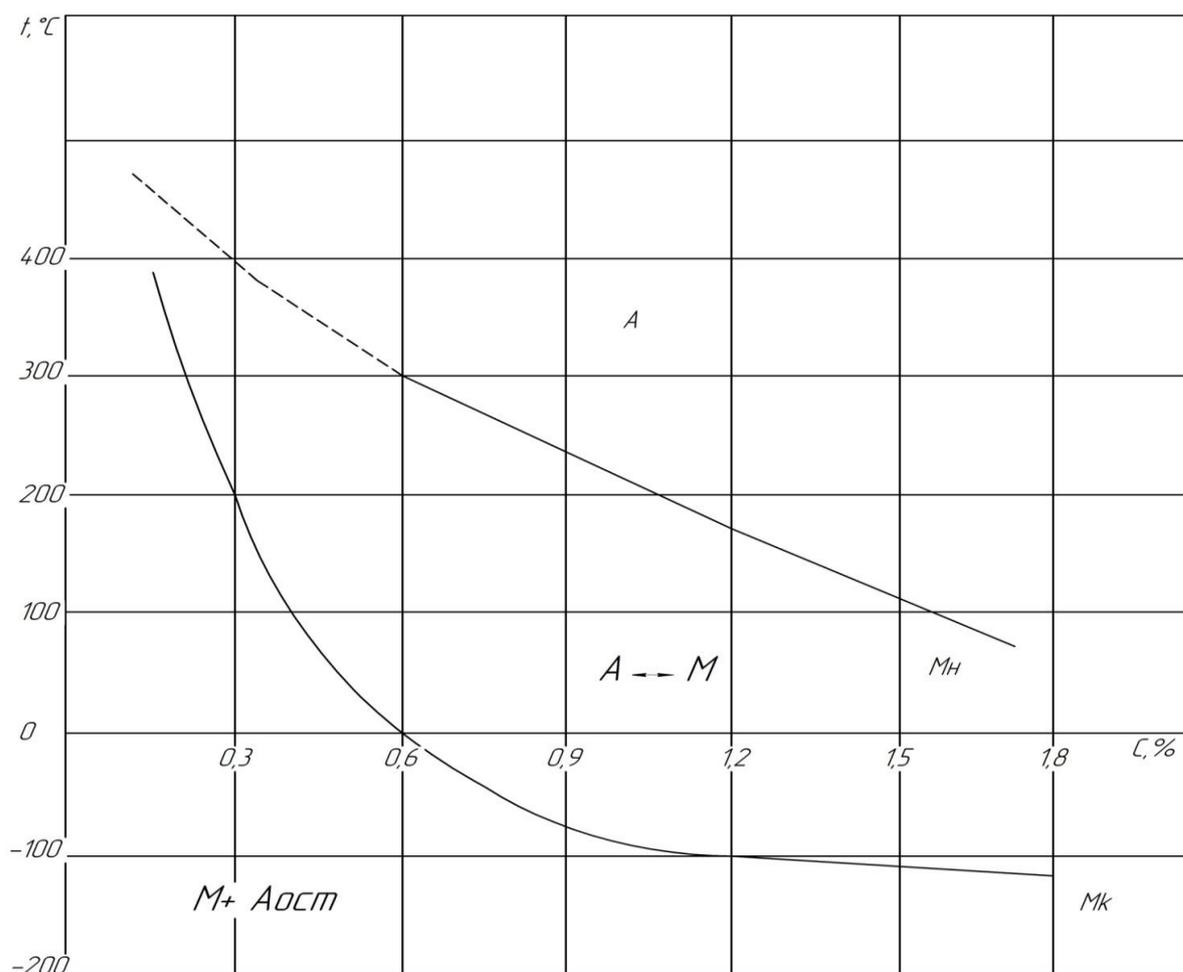


Рис. 23. Влияние содержания углерода на температуру начала (M_H) и конца (M_K) мартенситного превращения

Выделяем два температурных диапазона:

1 – от $T_{зак}$ до M_H (от 850 °С до 320 °С);

2 – от M_H до $t_{комн.}$ (от 320 °С до 20 °С).

В качестве охлаждающей среды выбираем воду при $t = 20$ °С.

Для данной охлаждающей среды время охлаждения в первом температурном диапазоне равно:

$$\frac{850 - 320}{600} = \frac{530}{600} = 0,9 \text{ с,}$$

где $600 \text{ }^\circ\text{C} / \text{с}$ – скорость охлаждения (табл.12).

Время охлаждения во втором температурном диапазоне равно:

$$\frac{320 - 20}{200} = \frac{300}{200} = 1,5 \text{ с,}$$

Если при нанесении на С–образную диаграмму кривой охлаждения, последняя пересечет С–образную кривую начала распада аустенита, то расчет производят заново для более интенсивной охлаждающей среды.

Режим термообработки отображается графиком в координатах «температура–время» (рис. 24).

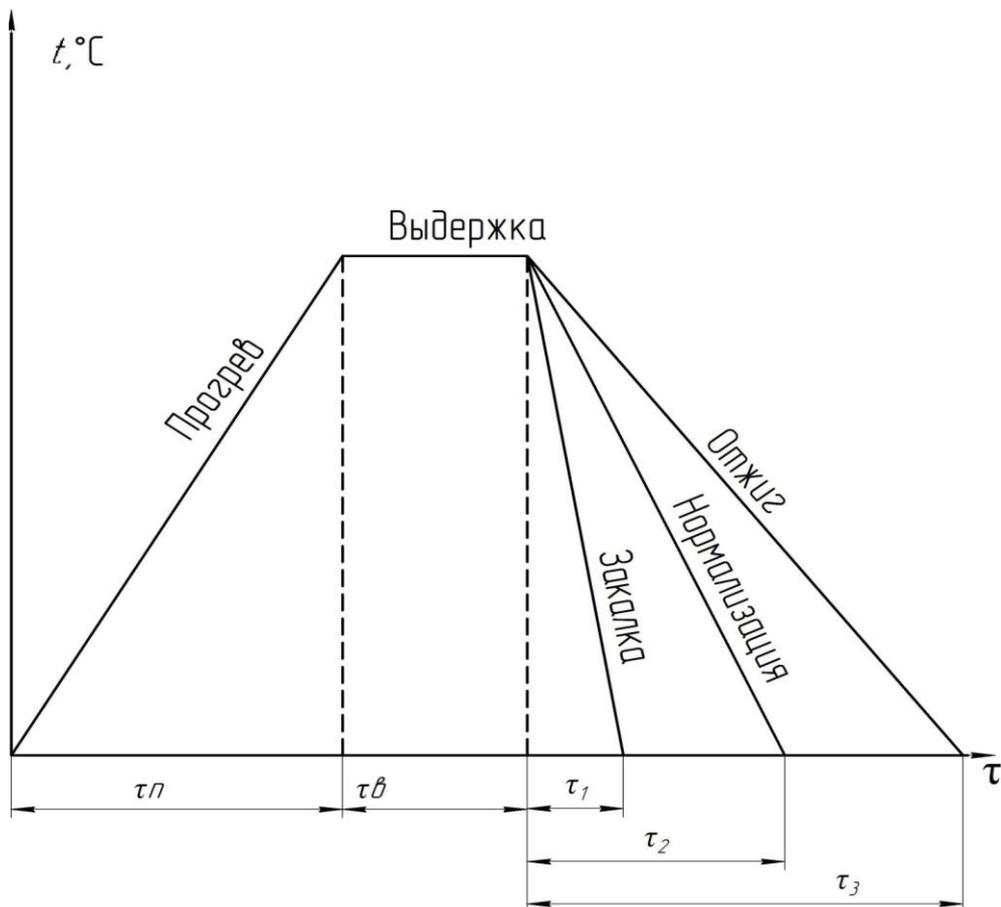


Рис. 24. График различных видов термической обработки:

- $\tau_{п}$ – время прогрева; $\tau_{в}$ – время выдержки;
- τ_1 – время охлаждения при закалке;
- τ_2 – время охлаждения при нормализации;
- τ_3 – время охлаждения при отжиге

Порядок выполнения работы

1. Получить у преподавателя образцы стали, напильником и наждачной бумагой зачистить их поверхности и штангенциркулем измерить размеры образцов, записав их в протокол (табл.13).

2. Измерить твердость полученных и подготовленных образцов до термической обработки на одном из приборов Бринелля или Роквелла, и данные занести в протокол.

3. Определить по справочникам или по диаграмме Fe–C параметры режима термической обработки образцов.

4. Загрузить образцы в печь и после заданной выдержки последовательно поместить в охлаждающую среду.

5. После полного охлаждения измерить твердость образцов на одном из приборов. Полученные результаты сравнить с данными, предшествующими термообработке.

Содержание отчёта

В отчет необходимо включить: описание видов термообработки и их практическое применение; участок диаграммы состояния «Железо–углерод» для сталей и указать на ней область оптимальных температур нагрева для термической обработки; протокол результатов испытаний; построить график термической обработки в координатах температура–время; сделать вывод, указав влияние скорости охлаждения и температуры закалки на твердость стали; начертить структуры образцов стали до и после закалки.

Контрольные вопросы:

1. Что называется термической обработкой?
2. Какие операции термической обработки применяются?
3. Что такое отжиг, нормализация и закалка?
4. Чем отличаются полная и неполная закалка?
5. Что называется критической скоростью закалки?
6. Как осуществляется изотермическая закалка, и когда она применяется?
7. Какие среды при закалке наиболее часто применяются? Назовите их характеристики.

8. Как влияет скорость охлаждения при закалке на структуру и свойства стали?
9. Что называется бейнитом и его свойства.
10. Что называется мартенситом и его свойства.
11. Какие дефекты возникают в стали при закалке, и как их устраняют?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ОТПУСК ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ

Цель работы:

Изучить технологию отпуска и его влияние на структуру и свойства стали.

Оборудование, инструменты, материалы:

1. Шахтная электрическая печь.
2. Твердомер типа «ТК».
3. Микроскоп марки МИМ–7.
4. Набор образцов стали.
5. Клещи.
6. Альбом микроструктур.
7. Стенды, плакаты.

Общие указания

При подготовке к лабораторной работе необходимо хорошо уяснить назначение отпуска в технологическом процессе термообработки стальных изделий.

Поскольку эта операция является завершающей, а разновидностей отпуска существует три (низкий, средний, высокий) с широким интервалом температур от 150 °С до 650 °С, то студенты должны хорошо уяснить виды отпуска и уметь правильно ориентироваться в назначении каждого вида отпуска и в степени их влияния на структуру и свойства стали.

Теоретические сведения

Для закаленной стали характерны высокая твердость, низкие ударная вязкость, пластичность и предел упругости, высокие внутренние напряжения. Такая сталь малопригодна для использования. Для улучшения ее свойств в практике прибегают к дополнительной операции термообработки – отпуску, заключающемуся в нагреве закаленной стали до температуры ниже A_{c1} с последующим охлаждением стали на спокойном воздухе (рис. 21).

При отпуске изменяются структура закаленной стали и ее свойства: повышается ударная вязкость, предел упругости, пластичность, снижаются внутренние напряжения и твердость.

В зависимости от температуры нагрева различают следующие виды отпуска: низкий, средний и высокий.

Низкий отпуск – закаленные изделия нагревают и выдерживают в течение заданного времени в интервале температур 150...200 °С. Структура закаленной стали до отпуска состоит из тетрагонального мартенсита и остаточного аустенита, причем остаточный аустенит характерен для высокоуглеродистых сталей. В процессе низкого отпуска атомы углерода диффундируют из решетки тетрагонального мартенсита и образуют высокодисперсный карбид железа. Концентрация углерода в решетке мартенсита постепенно снижается, что приводит к снижению тетрагональности мартенсита. При этом образуется *мартенсит отпуска*, представляющий собой совокупность пересыщенного твердого раствора углерода в α -железе и высокодисперсного, не отделившегося от него карбида железа. Остаточный аустенит, если он есть, обнаруживается на шлифе в виде светлых полей между темными иглами мартенсита. Такая структура обеспечивает почти ту же твердость и износостойкость, как и после закалки, но при этом снижаются остаточные напряжения, повышаются ударная вязкость и пластичность.

Низкому отпуску подвергают режущий и измерительный инструмент, а также детали машин, подвергнутые поверхностной закалке, или закаленные после цементации или цианирования.

Средний отпуск – закаленные изделия нагревают и выдерживают в течение определенного времени при температурах 350...500 °С. В указанном интервале температур завершается диффузионное превращение остаточного аустенита в отпущенный мартенсит, карбиды полностью обособляются от решетки мартенсита, укрупняется карбидно-ферритная смесь, и наблюдается дальнейшее снижение твердости. Завершается диффузия углерода из мартенсита, и уменьшаются остаточные напряжения. Структура среднеотпущенной стали состоит из *троостита отпуска*, представляющего собой мелкодисперсную смесь феррита с цементитом (рис. 25).

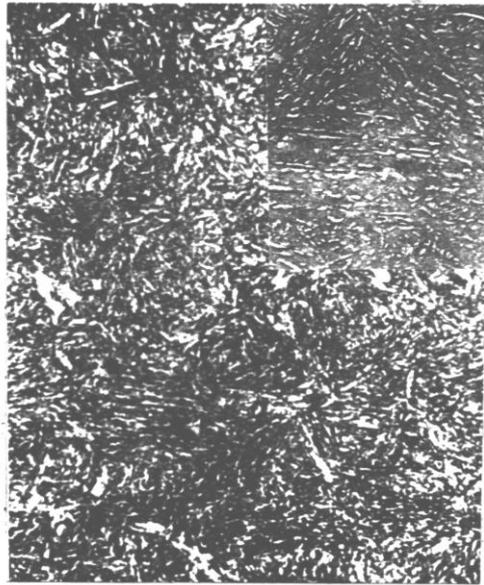


Рис. 25. Микроструктура троостита отпуска, $\times 1000$

В результате среднего отпуска сталь приобретает повышенную прочность и упругость при твердости HB450...500. Среднему отпуску подвергают закаленные изделия, которые должны иметь максимальные упругие свойства при относительно высокой твердости: пружины, рессоры, ударный инструмент – зубила, штампы и т.д.

Высокий отпуск – закаленные изделия нагревают в течение заданного времени в интервале температур 500...650 °С.

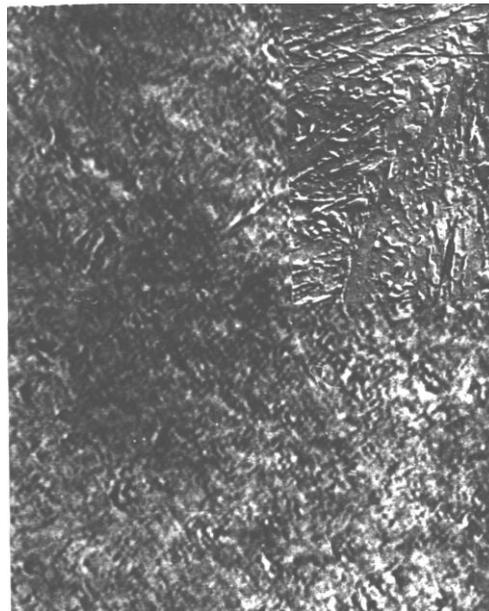


Рис. 26. Микроструктура сорбита отпуска, $\times 1000$

Процесс сопровождается укрупнением и округлением цементитных частиц в ферритной основе. С укрупнением цементита понижается твердость до HB250...300, внутренние напряжения, а пластичность и ударная вязкость значительно возрастают. В результате высокого отпуска получается структура, называемая *сорбитом отпуска* (рис. 26).

Высокому отпуску подвергают детали, испытывающие ударные и знакопеременные нагрузки: шатуны двигателей, полуоси, оси автомобилей и тракторов, болты, пальцы, валы и многие другие детали.

Закалку и последующий высокий отпуск называют *улучшением стали*.

Выбор вида, а следовательно, и температуры отпуска осуществляют, исходя из конкретных условий работы изделия: повышенный износ, статическая или динамическая нагруженность, наличие ударных перегрузок и т.д.

Процедура нагрева образцов стали при отпуске более продолжительная, так как температура при отпуске значительно ниже закалочной, а все механизмы превращений носят диффузионный характер.

Время нагрева (τ_n) образцов определяется из выражения:

$$\tau_n = \tau_{\text{прогр}} + \tau_{\text{выд}} = \tau_{\text{вд}} \cdot d + \tau_{\text{выд}}, \quad (10)$$

где $\tau_{\text{вд}}$ – время, требующееся на прогрев 1 мм размера образца, мин;

d – размер образца (диаметр, толщина), мм;

$\tau_{\text{выд}}$ – время выдержки образца в печи (обычно принимается равным 2–3 ч).

Время на прогрев 1 мм толщины образца приводится в табл. 14.

Охлаждение при отпуске осуществляется на спокойном воздухе. Извлеченные из печи образцы помещаются на металлическую подставку и охлаждаются до комнатной температуры. Время охлаждения фиксируется по часам и заносится в отчет, а затем используется для построения графика отпуска.

Режим отпуска отображается на графике в координатах температура–время (рис. 27).

Таблица 14

Ориентировочная продолжительность нагрева изделий
в электропечи

| Температура нагрева в °С | Форма изделия в сечении | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| | круг | квадрат | пластина |
| | продолжительность нагрева в минутах | | |
| | на 1 мм диаметра | на 1 мм толщины | на 1 мм толщины |
| 600 | 2,0 | 3,0 | 4,0 |
| 400 | 3,0 | 4,0 | 5,0 |
| 200 | 4,0 | 5,0 | 6,0 |

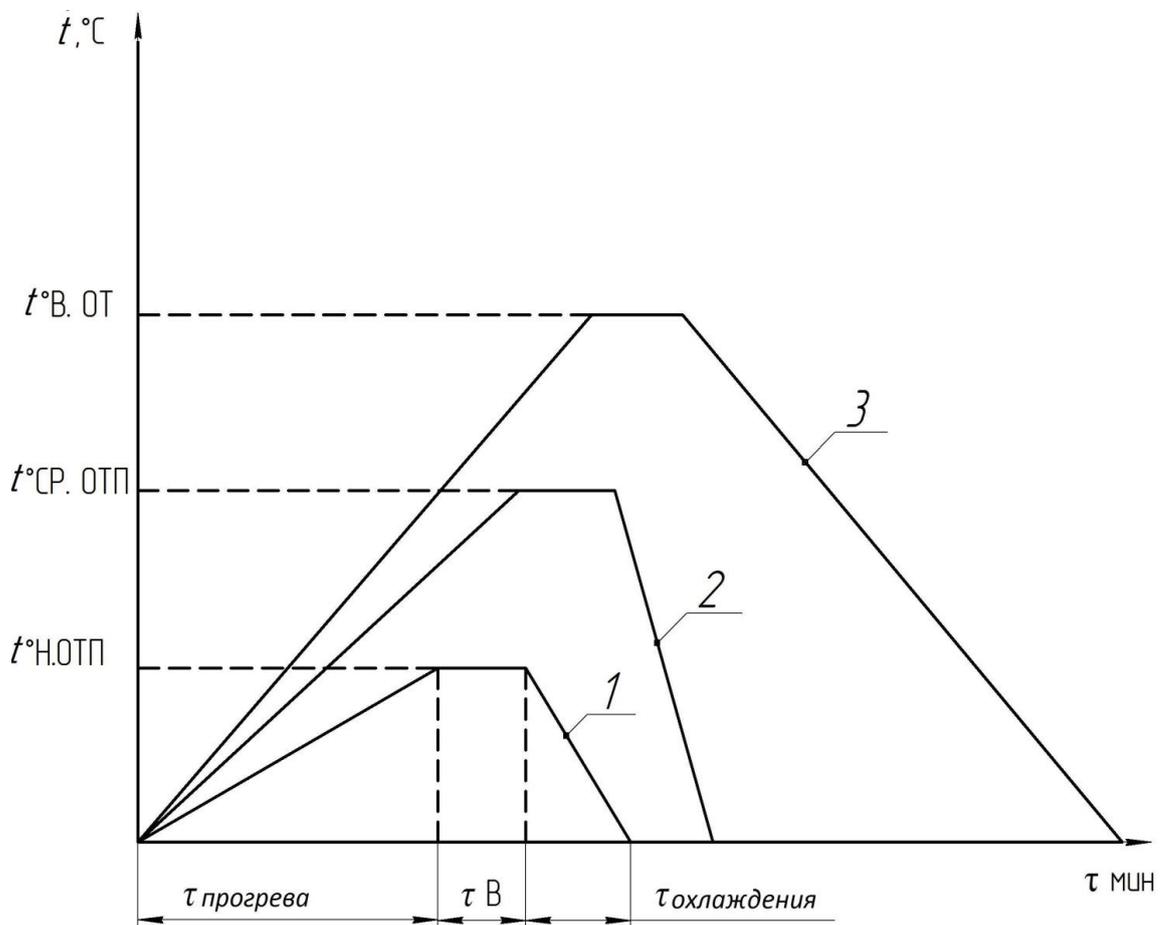


Рис. 27. График отпуска стали:

- 1 — низкий отпуск;
- 2 — средний отпуск;
- 3 — высокий отпуск

При отпуске изменяются структура закаленной стали и ее свойства: повышается ударная вязкость, предел упругости, пластичность,

снижаются внутренние напряжения и твердость. Отпущенная сталь по сравнению с неотпущенной менее напряжена и менее хрупка.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать режимы отпуска для закаленных ранее образцов.
2. Образцы поместить в печь и нагреть, фиксируя время нагрева при отпуске.
3. По окончании нагрева извлечь образцы и остудить на спокойном воздухе до комнатной температуры.
4. После охлаждения измерить твердость образцов.

Содержание отчета

В отчете дается определение отпуска, указываются основные виды отпуска, их влияние на структуру и механические свойства закаленной и затем отпущенной стали. Следует указать назначение основных видов отпуска (в процессе домашней подготовки к выполнению лабораторной работы).

Приводится характеристика образцов стали перед отпуском – марка стали, твердость после закалки, структура. Даются условия отпуска каждого образца, их твердость после отпуска и указывается структура стали. Строятся график твердости отпускаемой стали в зависимости от температуры отпуска и график отпуска. В выводах по работе устанавливается влияние температуры отпуска на структуру и механические свойства стали.

Контрольные вопросы

1. Что называется отпуском стали?
2. Для чего предназначен отпуск?
3. В чем отличие структур закаленных и отпущенных сталей?
4. Как выбирают температуру под отпуск стали?
5. Что такое мартенсит отпуска?
6. Какие детали и изделия подвергают низкому отпуску?
7. Какие детали и изделия подвергают среднему отпуску?
8. Какие детали и изделия подвергают высокому отпуску?
9. Что называется сорбитом и его свойства.
10. Что называется трооститом и его свойства.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОКАЛИВАЕМОСТИ СТАЛЕЙ МЕТОДОМ ТОРЦОВОЙ ЗАКАЛКИ

Цели работы:

Изучить методику определения прокаливаемости сталей и определить прокаливаемость углеродистой и легированной сталей.

Оборудование, инструменты, материалы:

1. Установка для определения прокаливаемости.
2. Твердомер типа ТК–2.
3. Образцы сталей.

Теоретические сведения

Под прокаливаемостью стали понимается глубина (в мм) проникновения в нее закаленной зоны с мартенситной или троостомартенситной структурой. Прокаливаемость стали зависит от содержания углерода и легирующих элементов, интенсивности охлаждения, температуры нагрева под закалку, величины зерна в стали, количества и распределения неметаллических включений.

Все факторы, которые увеличивают устойчивость переохлажденного аустенита, а следовательно, уменьшают критическую скорость закалки $v_{кр}$, способствуют увеличению прокаливаемости стали. Чем меньше критическая скорость закалки, тем больше прокаливаемость стали (рис. 28).

Основными факторами, влияющими на прокаливаемость стали, являются содержание в ней углерода и особенно легирующих элементов. Увеличение содержания углерода до 0,8 % увеличивает прокаливаемость стали. Более высокое содержание углерода снижает прокаливаемость стали. Большинство легирующих элементов (Mo, Mn, Cr, Ni, Cu, Si) увеличивают прокаливаемость стали. Если сердцевина детали охлаждается со скоростью больше критической, то деталь закаливается только с поверхности. В поверхностных слоях, где скорость охлаждения была выше критической, произойдет превращение аустенита в мартенсит, а в сердцевине детали аустенит распадется на ферритно–цементитную смесь, имеющую пластинчатое строение (троостит, сорбит, перлит). Таким образом, при несквозной закалке деталь имеет твердые поверхностные слои и более мягкую

сердцевину. Стали, обладающие повышенной прокаливаемостью, можно закаливать при меньших скоростях охлаждения в масле и даже на воздухе, что способствует уменьшению структурных и термических напряжений.

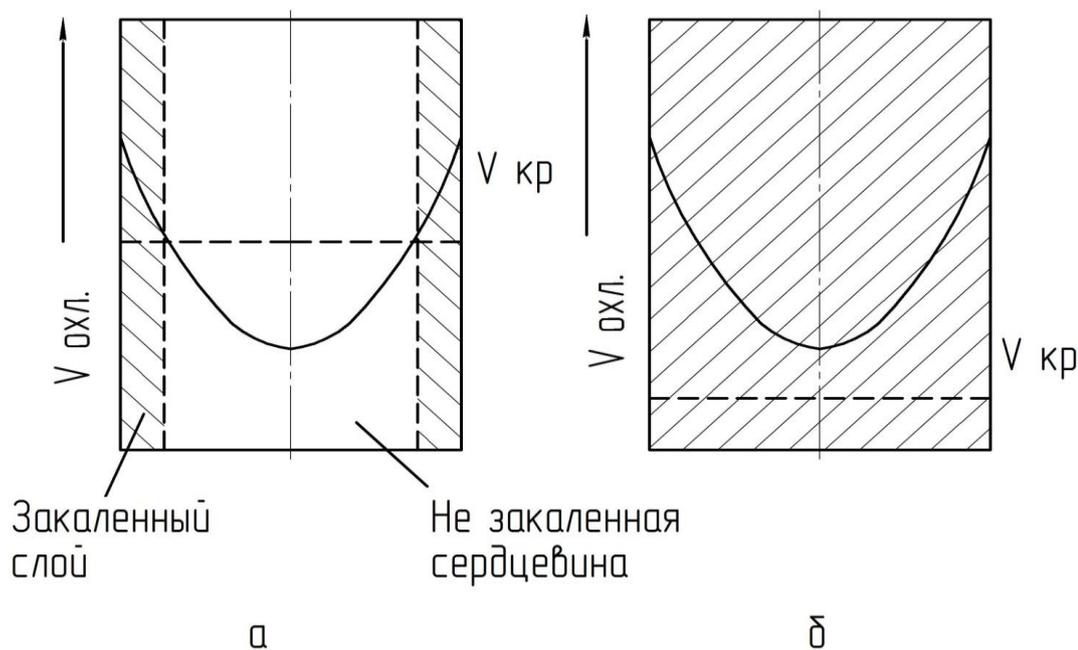


Рис. 28. Схема зависимости прокаливаемости стали от критической скорости закалки (закаленный слой заштрихован):

- а – несквозная прокаливаемость;
- б – сквозная прокаливаемость

Количественной характеристикой прокаливаемости стали служит критический (реальный) диаметр образца (детали), при котором сталь в данном охладителе (вода, масло, воздух) прокаливается насквозь, то есть в центре образца твердость соответствует твердости полумартенситной зоны, состоящей из 50 % мартенсита и 50 % троостита. Твердость полумартенситной зоны зависит от содержания в стали углерода (табл. 15). Таким образом критический диаметр характеризует прокаливаемость стали только для данного способа охлаждения.

Чтобы прокаливаемость стали не ставить в зависимость от способа охлаждения, вводится теоретическое понятие об идеальном критическом диаметре. Идеальный критический диаметр – это диаметр образца, у которого в центре при закалке в идеально охлаждающей жидкости получается твердость полумартенситной зоны.

Для практической деятельности наибольший интерес представляет реальный критический диаметр. Наиболее часто его значение находят методом торцевой закалки. Для определения критического диаметра методом торцевой закалки из стали изготавливают стандартные образцы диаметром 25 мм и длиной 100 мм. Исследования проводят на специальной установке (рис. 29).

Таблица 15

*Зависимость твердости полумартенситной зоны
от содержания углерода*

| Содержание углерода, % | Твердость HRC полумартенситной зоны | |
|---------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| | углеродистая сталь | легированная сталь |
| 0,23...0,27 | 30 | 35 |
| 0,28...0,32 | 35 | 40 |
| 0,33...0,42 | 40 | 45 |
| 0,43...0,52 | 45 | 50 |
| 0,53...0,62 | 50 | 55 |
| 0,8 | 53 | - |
| 0,9 | 55 | - |

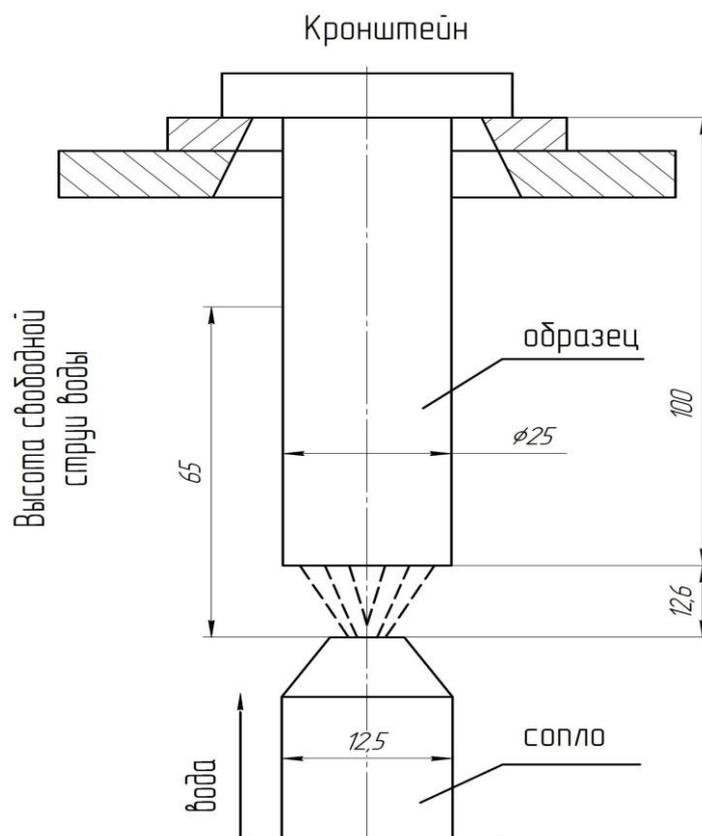


Рис. 29. Схема установки для определения прокаливаемости стали

Порядок выполнения работы

Необходимо определить методом торцевой закалки для сталей марок 40 и 40Х критические (реальные) диаметры при охлаждении их в воде.

1. Нагреть образцы до температуры закалки 840...860 °С.

2. Быстро перенести нагретый образец в установку, закрепить его в кронштейне и охладить торцовую поверхность образца струей воды, имеющей температуру 18...20. °С При этом по мере удаления от торца скорость охлаждения по длине образца уменьшается.

3. После полного охлаждения образец снять с установки, сошлифовать по его длине с двух противоположных сторон полоски (лыски) шириной 2 мм, начиная от торца. Через каждые 1,5...2 мм измерить твердость на приборе Роквелла по шкале HRC.

4. По данным замера твердости у образцов из сталей марок 40 и 40Х построить для них графики изменения твердости в зависимости от расстояния от торца (рис. 30).

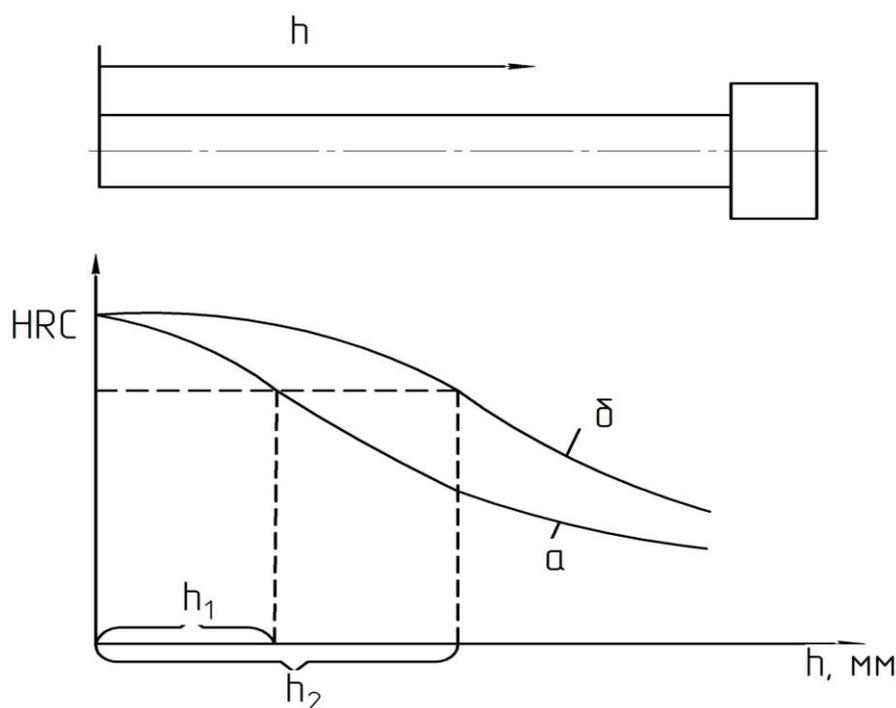


Рис. 30. График изменения твердости образцов в зависимости от расстояния от их торцов для сталей с одинаковым содержанием углерода (h_1 и h_2 – расстояние от закаливаемого торца до полумартенситной зоны в мм):

а – углеродистая сталь; б – легированная сталь

5. По таблице 15 для исследуемых сталей определить твердость их полумартенситной зоны.

6. Зная твердости полумартенситных зон сталей марок 40 и 40Х, определить глубину их прокаливаемости h_1 и h_2 в мм. Для этого необходимо через значения твердости, соответствующие этим зонам, провести горизонтальные линии до кривых твердости углеродистой и легированной стали, и точки пересечения спроектировать на ось абсцисс.

7. По найденным значениям h_1 и h_2 по номограмме прокаливаемости, применяя схему пользования номограммой (рис. 31), для исследуемых марок сталей определить критические (реальные) диаметры в зависимости от среды охлаждения.

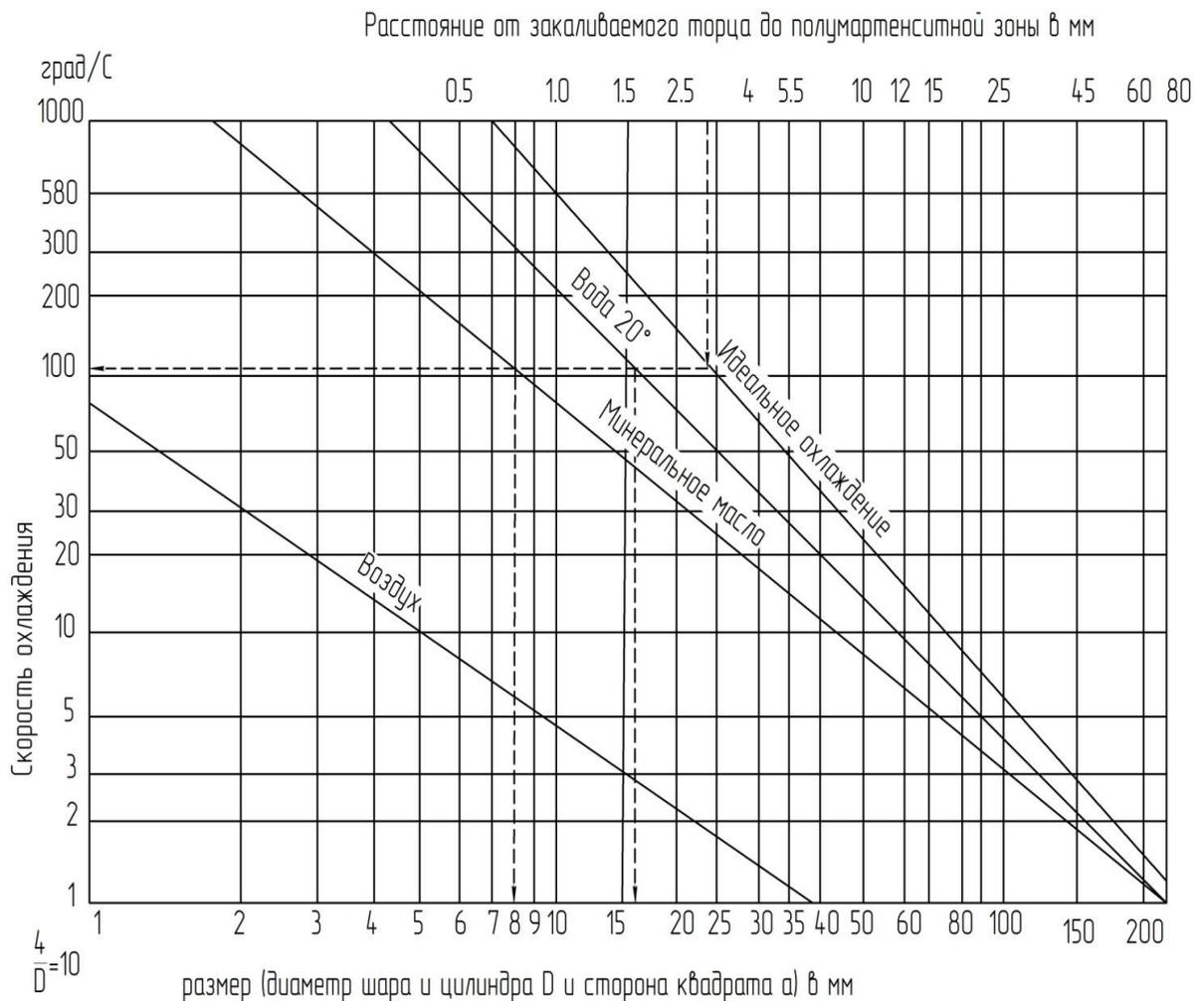


Рис. 31. Номограмма для определения прокаливаемости стали

Содержание отчета

В отчет необходимо включить: схему охлаждения образца для торцевой закалки и краткое описание методики определения прокаливаемости; протокол испытания, куда внести изменения твердости исследуемых сталей в зависимости от расстояния до торца, прокаливаемости h_1 и h_2 и критических диаметров. В выводах указать, какие из исследованных сталей (40 и 40X) и почему имеют большую прокаливаемость.

Контрольные вопросы

1. Что такое прокаливаемость?
2. От чего зависит прокаливаемость стали?
3. Как влияет величина критической скорости закалки на прокаливаемость?
4. Чем количественно оценивается прокаливаемость стали?
5. Как изменяется критический диаметр стали в зависимости от среды охлаждения?
6. Какое практическое значение имеет прокаливаемость стали?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Цель работы:

Изучить микроструктуру легированных сталей различных структурных классов; установить связь между их структурой, термообработкой и свойствами.

Оборудование, инструменты, материалы:

1. Оптический микроскоп МИМ-7.
2. Набор микрошлифов легированных сталей.
3. Альбом микроструктур.

Теоретические сведения

Многие детали машин работают в условиях высоких скоростей, больших давлений, повышенных температур, агрессивных сред (кислот, щелочей, разъедающих газов и т.п.). Такие условия работы требуют применения материалов высокой прочности и пластичности, износостойкости, жаропрочности, коррозионностойкости. Этими свойствами обладают легированные стали, содержащие помимо постоянных примесей, один или несколько так называемых легирующих элементов: никель, хром, вольфрам, молибден, ванадий, титан и др.

По содержанию легирующих элементов легированные стали делятся на низко-, средне и высоколегированные с соответствующим содержанием легирующих элементов до 3 %, от 3 до 10 % и более 10 %.

По назначению легированные стали бывают конструкционными, инструментальными и с особыми свойствами.

По структуре в нормализованном состоянии легированные стали подразделяются на классы: перлитный, ферритный, аустенитный, мартенситный и карбидный.

Ниже приведены краткие сведения об изучаемых марках легированных сталей.

Стали конструкционные (перлитного класса).

Сталь улучшаемая марки 30ХГСА (0,28...0,34 % С; 0,8...1,1 % Cr; 0,8...1,1 % Mn и 0,9...1,2 % Si, высококачественная) подвергается

закалке при температуре от 830...850 °С в масле и высокому отпуску при 600 °С на сорбит (рис. 32) с получением высоких значений прочности и вязкости. Применяется для изготовления осей, полуосей, валков, рычагов, деталей рулевого управления, болтов и др.

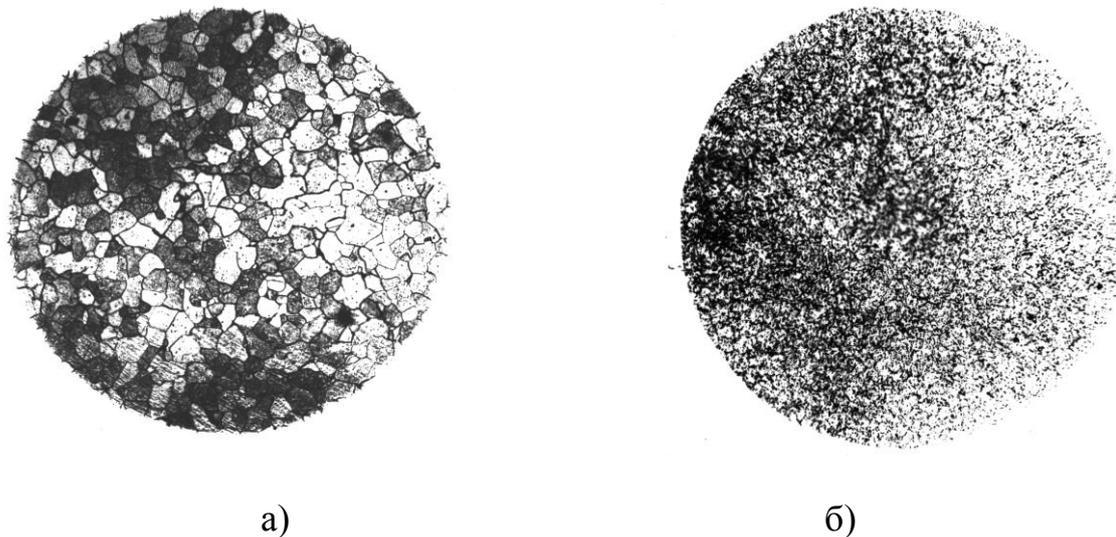


Рис. 32. Микроструктура стали марки 30ХГСА:

а – феррит + перлит (после отжига), $\times 500$;

б – сорбит отпуска (после закалки и высокого отпуска), $\times 500$

Сталь рессорно-пружинная марки 60С2 (0,57...0,65 % С; 0,6...0,9 % Mn и 1,5...2 % Si) работает в условиях знакопеременных нагрузок.

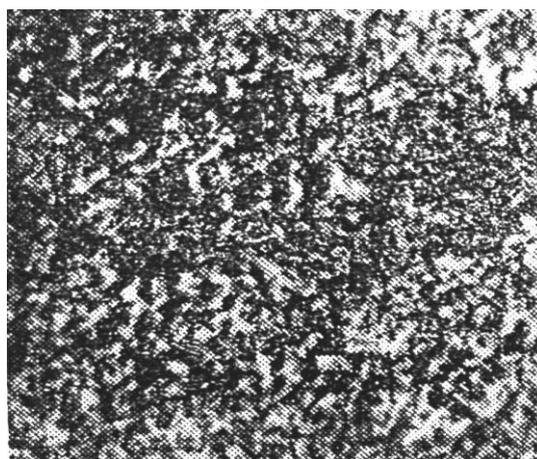


Рис. 33. Микроструктура стали марки 60С2 после закалки и отпуска, $\times 500$

Для обеспечения требуемых свойств (сохранения в течение длительного времени высоких упругих значений) ее подвергают закалке при температуре от 820...840 °С в масле и отпуску при температуре от 350...400 °С на троостит (рис. 33).

Сталь шарикоподшипниковая марки ШХ15 (0,95...1,05 % С; 1,3...1,65 % Cr и 1,5...2 % Si) работает в условиях поверхностного износа и высоких контактных напряжений (усталостных). Для обеспечения требуемых свойств она закаливается от температуры 830...850 °С в масле, отпускается при 140...160 °С на мартенсит. На рис. 34 показана структура закаленной стали с мелкоигльчатым мартенситом и равномерно распределенными карбидами хрома.

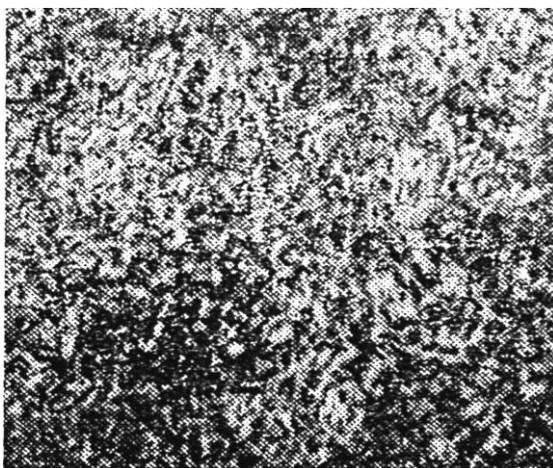


Рис. 34. Микроструктура стали марки ШХ15 после закалки, $\times 500$

Сталь инструментальная (карбидного класса). *Сталь быстро-режущая* марки Р18 (0,7...0,8 % С; 3,8...4,4 % Cr; 17,5...19 % W и 1...1,4 % V) работает в условиях разогрева режущей кромки до 600 °С. Микроструктура такой стали в литом состоянии состоит из темного сорбитообразного перлита, светлых карбидов и «скелетного» вида ледебуритной эвтектики (рис. 35).

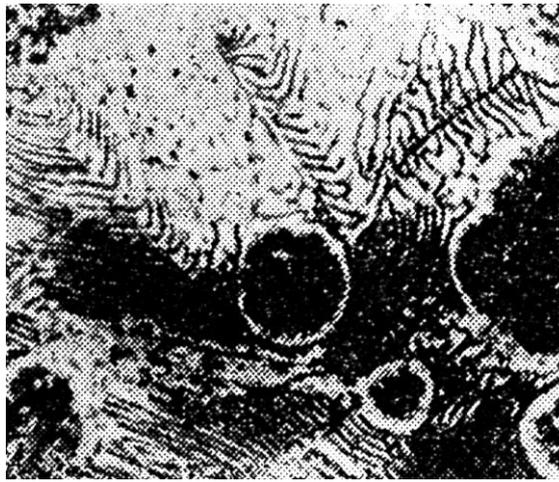


Рис. 35. Микроструктура литой быстрорежущей стали марки P18, $\times 500$

Последующая ковка или прокатка разрушает эвтектику. Термообработка такой стали состоит из отжига, закали и трехкратного отпуска (рис. 36).

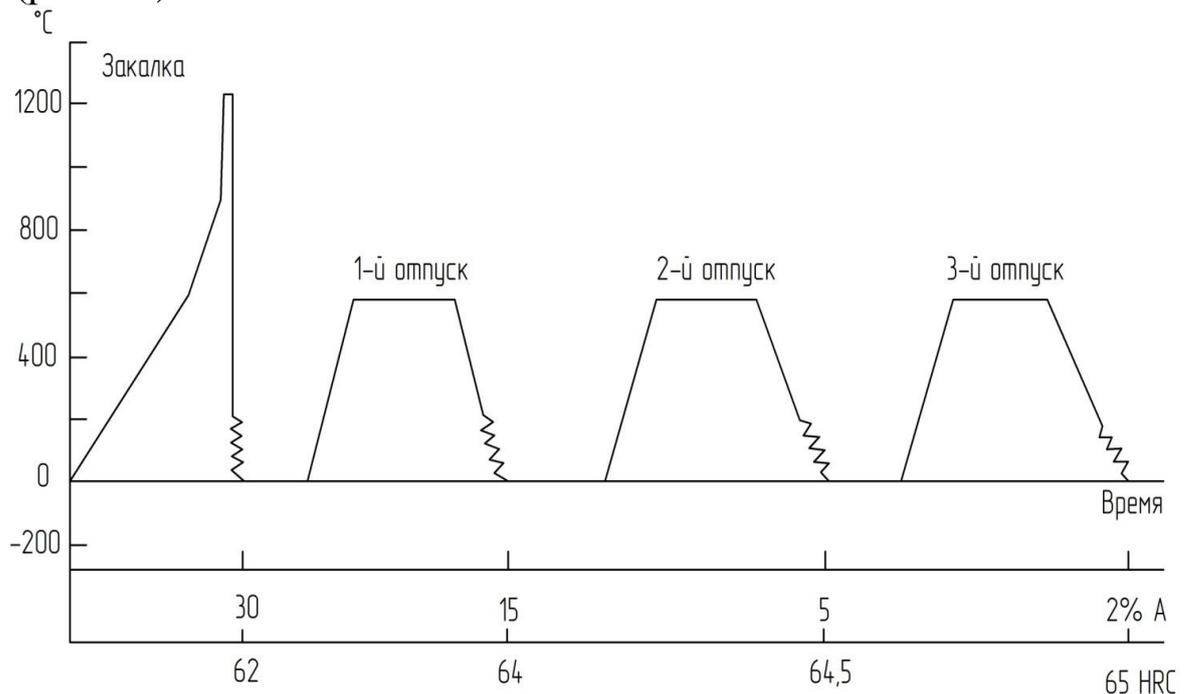


Рис. 36. Схема закали и отпуска быстрорежущей стали марки P18

После отжига структура состоит из темного цвета сорбитообразного перлита, светлых крупных, первичных карбидов, выделившихся из жидкости при кристаллизации, мелких светлых вторичных карбидов, выделившихся из аустенита (рис. 37). Из-за низкой тепло-

проводности нагрев быстрорежущей стали Р18 до 850 °С проводят медленно, а затем до 1280 °С быстро, во избежание окисления и обезуглероживания.

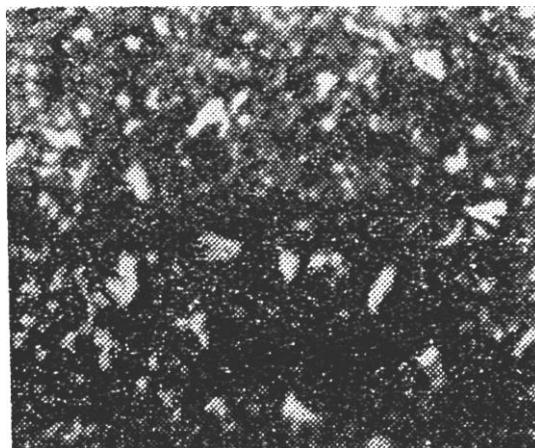


Рис. 37. Микроструктура ковальной и отожженной быстрорежущей стали марки Р18, $\times 500$

После закалки стали в масле получается структура (рис. 38, а), состоящая из мартенсита (50 %), остаточного аустенита (30 %) и карбидов (20 %). Но под микроскопом мартенсит не виден. После закалки сталь имеет твердость HRC 60...62.

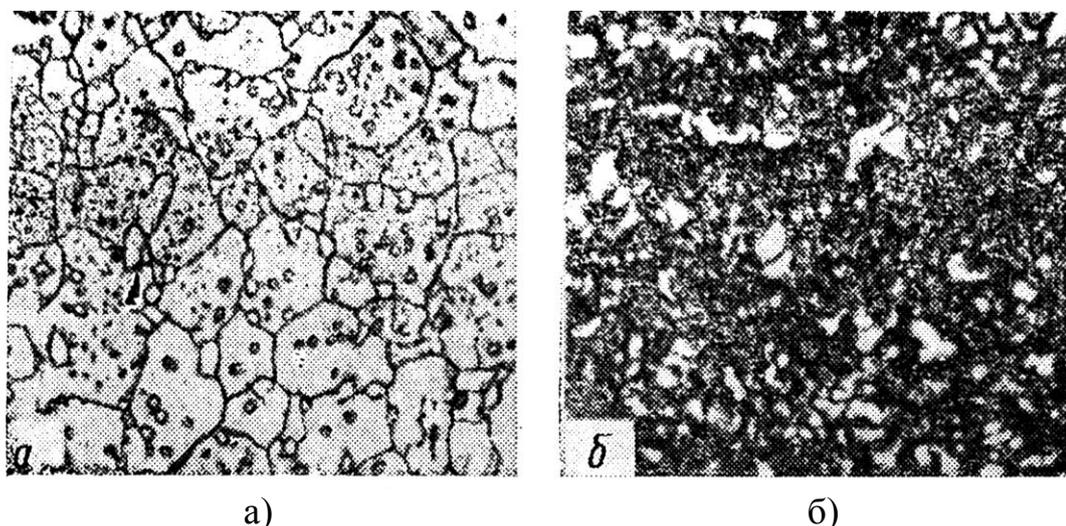


Рис. 38. Микроструктура быстрорежущей стали марки Р18:
а) – после закалки, $\times 500$;
б) – после закалки и отпуска, $\times 500$

Для устранения остаточного аустенита, имеющего пониженную теплопроводность и твердость, и ухудшающего тем самым режущую способность инструмента, закаленную сталь подвергают трехкратно-

му отпуску при 560 °С с часовой выдержкой. После отпуска структура стали состоит из игольчатого мартенсита и светлых карбидов (рис. 38, б). Количество остаточного аустенита уменьшается до 2 %, а твердость повышается до HRC 65.

Стали с особыми свойствами. *Нержавеющая сталь мартенситного класса* марки 30X13 (0,26...0,35 % С; 12.. 14 % Cr) работает в слабоагрессивных средах (водных растворах солей, азотной и некоторых органических кислотах). Нагревается при закалке до 1050...1100 °С в масле и отпускается (в зависимости от эксплуатационных условий работы детали) при 200 °С на мартенсит (рис. 39, а) или при 700 °С на сорбит (рис. 39, б). В низкоотпущенном состоянии сталь применяется для изготовления игл карбюраторов, пружин и др., а в высокоотпущенном – валов, зубчатых колес, болтов и др.

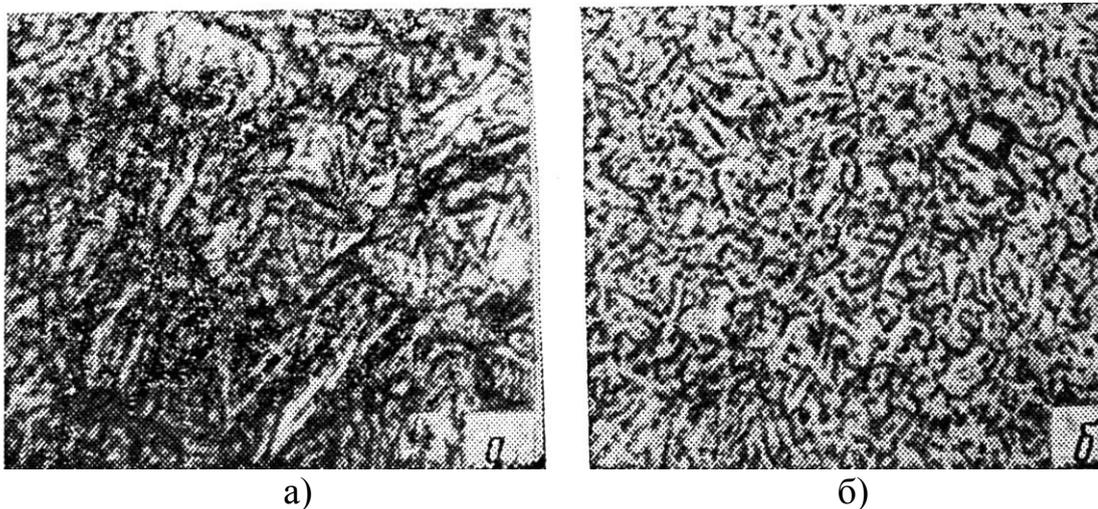


Рис. 39. Микроструктура стали марки 30X13:
а – после закалки и отпуска при 200 °С, × 500;
б – после закалки и отпуска при 700 °С, × 500

Нержавеющая сталь аустенитного класса марки 12X18Н9Т (0,12 % С; 17...19 % Cr; 8...10 % Ni и до 1 % Ti) работает в средах повышенной агрессивности (муравьиная, уксусная, щавелевая и другие кислоты). Для предотвращения выпадения из твердого раствора стали карбидов хрома, сохранения в ней однофазной структуры и высокоантикоррозионных свойств эта сталь закаливается в воде от 1050...1100 °С. После закалки сталь имеет структуру аустенита с линиями сдвига (рис. 40). Эту сталь применяют для трубопроводов, обшивок, различных емкостей и др.

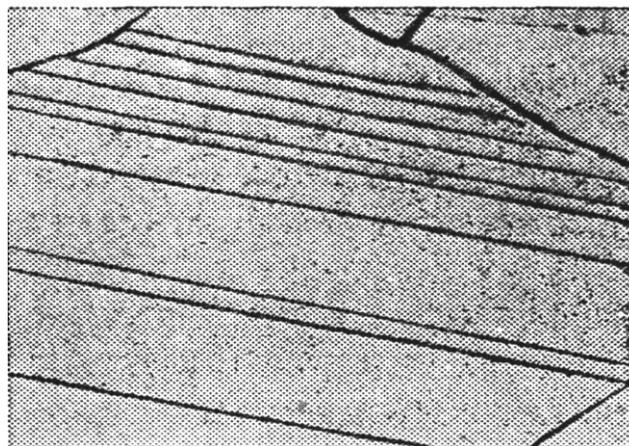


Рис. 40. Микроструктура стали марки 12X18H9 после закалки от 1100 °С, $\times 500$

Жаропрочная и жаростойкая сталь аустенитного класса марки 45X14H14B2M (0,45 % С; 14 % Cr; 14 % Ni; 2,0...2,5 % W; 0,2...0,4 % Mo) работает в условиях высоких температур (до 1000 °С), сохраняет длительное время жаропрочность и жаростойкость без образования заметных остаточных деформаций. После закалки в воде от 1050...1100 °С сталь имеет структуру аустенита (рис.41, а).



а)



б)

Рис. 41. Микроструктура стали марки 45X14H14B2M:
а – после закалки в воде от 1050...1100 °С, $\times 500$;
б – после старения при 750 °С, $\times 500$

После закалки и старения при 750 °С структура стали состоит из аустенита и карбидов (рис. 41, б). Сталь применяется для изготовления клапанов мощных двигателей, трубопроводов и др.

Порядок выполнения работы

1. Изучить микроструктуры легированных сталей различных структурных классов.
2. Зарисовать их схемы, указав увеличение микроскопа.
3. Для каждой марки стали указать структурные составляющие, химический состав, термообработку, механические свойства и применение.

Содержание отчёта

В отчет необходимо включить классификацию легированных сталей по назначению, содержанию легирующих элементов, по структуре в нормализованном состоянии; схемы микроструктур, их описание; применение и свойства изучаемых сталей.

Контрольные вопросы

1. Что такое легированные стали?
2. Как влияют легирующие элементы на свойства стали?
3. Как классифицируются легированные стали по содержанию легирующих элементов, по назначению, по структуре после нормализации?
4. Что такое улучшение стали?
5. Какой элемент, в первую очередь, обеспечивает коррозионную стойкость стали?
6. Как проводится термическая обработка быстрорежущих сталей?
7. Какой термической обработкой упрочняются аустенитные жаропрочные стали?
8. Какими эксплуатационными свойствами должны обладать рессорно-пружинные и шарикоподшипниковые стали?
9. Как маркируются конструкционные легированные стали?
10. Как маркируются шарикоподшипниковые стали?
11. Как маркируются быстрорежущие стали?
12. Что такое жаростойкость?
13. Что такое жаропрочность?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13

ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Цель работы:

Изучить микроструктуры цветных металлов и сплавов, установить связь между структурой, свойствами и применением.

Оборудование, инструменты, материалы:

1. Оптический микроскоп МИМ-7.
2. Набор микрошлифов цветных металлов и сплавов.
3. Альбом микроструктур.

Теоретические сведения

Цветные металлы и сплавы имеют широкое применение в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства.

Чистые цветные металлы обладают рядом специфических свойств. Так, медь отличается высокой электропроводностью, алюминий и магний – малой плотностью, свинец – пластичностью, олово, свинец, цинк – низкой температурой плавления. Чистые металлы, за исключением меди, алюминия, кремния, германия и некоторых других, применяются редко вследствие того, что они обладают невысокими механическими свойствами. Поэтому цветные металлы широко применяются в промышленности в виде основы или составляющих элементов сплавов. Сплавление одних цветных металлов с другими с образованием сплавов в ряде случаев значительно улучшает их ценные свойства.

Ниже приводится краткая характеристика ряда наиболее распространенных цветных металлов и сплавов, которые часто применяются в авто-, тракторо-, сельхозмашиностроении и ремонтном производстве.

Медь марки М1 содержит до 0,1 % примесей, обладает высокой электропроводностью и применяется для проводников электрического тока. На рисунке 42 показана микроструктура деформированной меди после отжига. Видны крупные светлые зерна меди с темными границами и следы пластической деформации (прокатка) в виде линий сдвига и двойников.



Рис. 42. Микроструктура деформированной и отожженной меди, $\times 200$

Латунь марки Л68 (68 % Cu, остальное – цинк) обладает высокой пластичностью, коррозионной стойкостью и используется чаще для изготовления изделий прокаткой и штамповкой (проволока, листы, трубы, поплавки карбюраторов двигателей, бачки радиаторов и др.). На рисунке 43 приведена микроструктура деформированной однофазной α -латуни марки Л68 после отжига. На ней видны темные линии сдвига и двойников. Зерна пластичной α -фазы (твердого раствора цинка в меди) вследствие анизотропии травятся на разную глубину и поэтому имеют неодинаковую окраску.



Рис. 43. Микроструктура латуни марки Л68 после деформирования и отжига, $\times 250$

Латунь марки ЛС59-1 (59 % Cu; 1 % Pb, остальное – цинк) обладает хорошей обрабатываемостью резанием, применяется в виде цветного литья, а также изделий, изготовляемых прокаткой или прессованием (листы, прутки, трубы, втулки, гайки, жиклеры, тройники, пробки и др.). Микроструктура литой латуни (рис. 44) состоит из светлых зерен пластичной α -фазы и темных зерен твердой и хрупкой β -фазы.

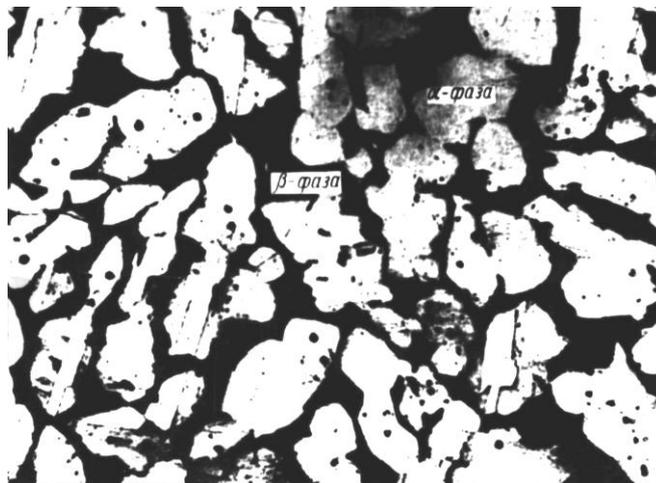


Рис. 44. Микроструктура литой латуни марки ЛС59-1, $\times 200$

Бронза марки БрО10 (10 % Sn, остальное – медь) обладает хорошими литейными свойствами и поэтому применяется для цветного сложного фасонного литья арматуры и др. Микроструктура оловянистой бронзы (рис. 45) состоит из неоднородного твердого α -раствора (твердого раствора олова в меди) и эвтектоида $\alpha + \text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$.

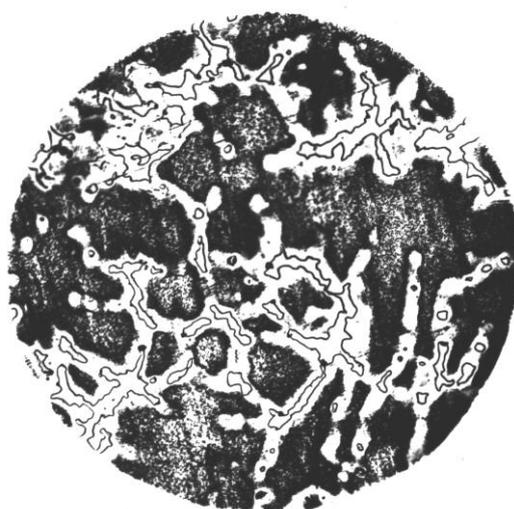


Рис. 45. Микроструктура литой оловянистой бронзы марки БрО10, $\times 100$

Темные участки неоднородного α -раствора богаты медью, светлые – оловом, в эвтектоиде на светлом голубом фоне соединения $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$ видны темные точечные включения α -фазы. Из бронзы БрО10 изготавливают подшипники скольжения и детали арматуры.

Силумин марки АК12 (10...13 % Si, остальное – алюминий) обладает коррозионной стойкостью и хорошими литейными свойствами, применяется для литья (крышки, кожухи, корпуса водяных насосов, барабаны и др.). При отсутствии модифицирования заэвтектический сплав, содержащий 12 % Si, имеет структуру, состоящую из эвтектики ($\alpha + \text{Si}$) грубого строения и темных крупных игл кремния (рис. 46), снижающих пластические свойства сплава. Фаза α представляет собой твердый раствор кремния в алюминии.



Рис. 46. Микроструктура литейного алюминиевого сплава марки АЛ2 до модифицирования, $\times 200$

Модифицирование сплава натрием резко меняет характер кристаллизации силумина. На рисунке 47 приведена диаграмма состояния сплавов алюминий–кремний. Пунктиром показано смещение линий на этой диаграмме после модифицирования. В этом случае заэвтектический сплав (12 % Si) становится доэвтектическим (эвтектическая точка сдвигается вправо до 14 % Si, а эвтектическая линия, соответствующая 574 °С смещается вниз до 563 °С).

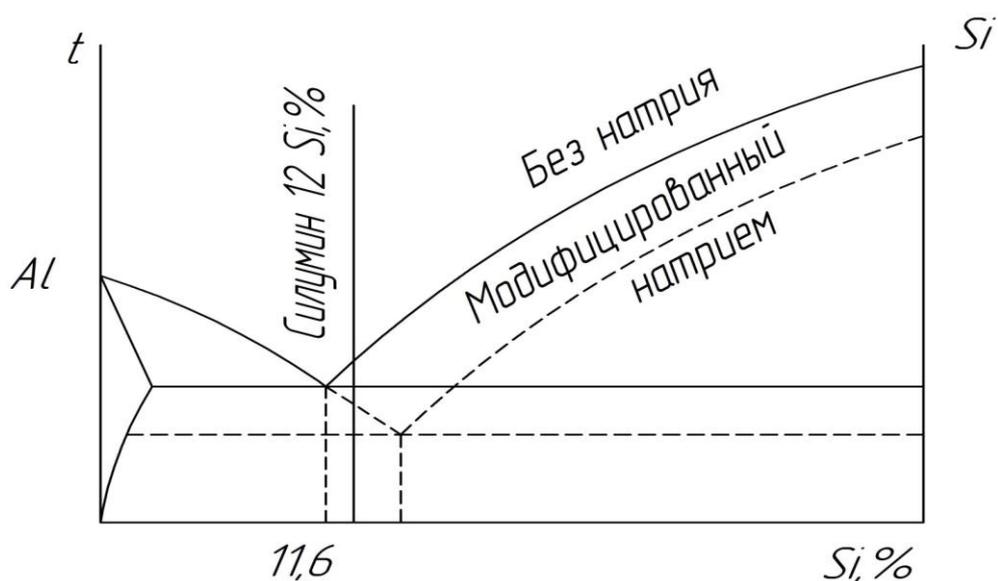


Рис. 47. Диаграмма сплавов алюминий–кремний

Поэтому в структуре после модифицирования обнаруживаются светлые зерна пластичной α -фазы и темная мелкокристаллическая эвтектика. Модифицирование значительно улучшает пластичность и прочность силумина.

Дуралюмин марки Д16 (3,8...4,8 % Cu; 0,6 % Mg; 0,6 % Mn; менее 0,7 % Si; остальное – алюминий) обладает достаточной прочностью и пластичностью, посредством прокатки или штамповки из него изготавливают листы, прутки, трубы и др.

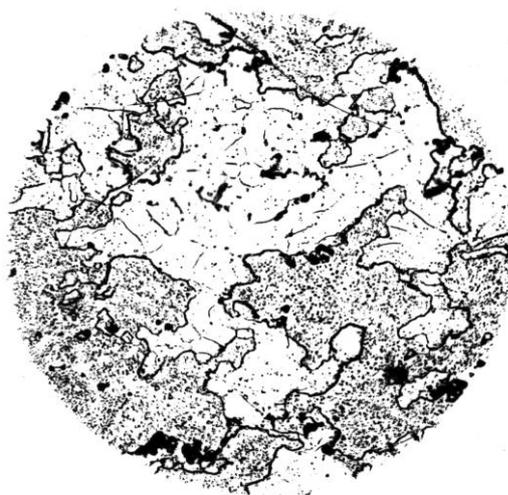


Рис. 48. Микроструктура деформированного алюминиевого сплава марки Д16 после закалки в воде и естественного старения, $\times 200$

Для получения требуемых свойств дуралюмин закаливают в воде от 510 °С и затем подвергают старению при 18...20 °С в течение нескольких суток. После старения структура дуралюмина Д16 состоит из светлых зерен перенасыщенного твердого раствора (рис. 48), представляющего собой твердый раствор меди в алюминии. Упрочняющие сплав продукты, образуемые при старении, под микроскопом не видны.

Подшипниковый сплав баббит марки Б83 (83 % Sn; 11 % Sb; 6 % Cu) обладает высокими антифрикционными свойствами, применяется для заливки подшипников скольжения машин ответственного назначения (турбины, компрессоры, дизели и др.). Структура сплава состоит из темной пластичной основы α -фазы (твердого раствора сурьмы в меди и олове), светлых твердых частиц крупных кубических кристаллов SnSb и мелких игл или звезд кристаллов Cu_3Sn .

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть под микроскопом и зарисовать схемы микроструктур изучаемых цветных металлов и сплавов.
2. Записать марку, химический состав, термообработку, названия зарисованных микроструктурных составляющих, количество фаз, увеличение микроскопа, свойства и применение изучаемых сплавов.

Содержание отчета

В отчет необходимо включить схемы и описания изучаемых микроструктур цветных металлов и сплавов; диаграмму состояния сплавов алюминий–кремний; пояснить сущность модифицирования силуминов и старения дуралюминов.

Контрольные вопросы

1. Как называют основные группы сплавов меди?
2. Какими свойствами обладают латуни и бронзы?
3. Как влияют особенности структуры бронзы на ее применение?
4. Какими свойствами обладают силумины и дуралюмины?

5. Каковы области применения медных и алюминиевых сплавов?
6. Какова цель модифицирования силуминов?
7. Для чего проводится старение дуралюминов?
8. Какова взаимосвязь структуры и свойств баббитов?

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

Индивидуальное расчетное задание «Разработка технологического процесса термической обработки детали» выполняется с целью более глубокого усвоения теоретического курса «Материаловедение». В ходе выполнения задания студенты должны научиться пользоваться специальной справочной литературой, практически освоить методику разработки технологического процесса термической обработки деталей автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин. Результатом проделанной работы является заполнение технологической карты термической обработки детали.

Порядок выполнения задания

ЗАДАНИЕ

Разработать технологический процесс термической обработки детали

Марка стали

Операции термической обработки

Твердость после термической обработки

1. Расшифровать марку заданной стали (табл. 17), описать ее микроструктуру, механические свойства в состоянии поставки, указать группу стали по назначению.

2. Описать характер влияния постоянных примесей (углерода, марганца, кремния, серы, фосфора, кислорода, азота и водорода) на свойства стали. При наличии легирующих элементов описать их влияние на положение критических точек A_{c1} , A_{c3} , A_{cm} , рост зерна аустенита, закаливаемость и прокаливаемость, на положении точек M_H и M_K , на количество остаточного аустенита и на отпуск.

3. Назначить режим операций термообработки деталей.

4. Описать микроструктуру и механические свойства материала детали после обработки.

5. Построить график термической обработки детали в координатах «температура–время».

Данные расчета свести в технологическую карту по прилагаемому образцу.

Методика выполнения задания

Разработку технологии термообработки заданной детали следует начинать с оценки особенностей свойств исходной стали, способа изготовления заготовки и условий работы детали. Ответы должны быть конкретными и выполнены строго в соответствии с порядком выполнения задания.

При выполнении 1-го пункта задания в расшифровке марки заданной стали указать содержание ее основных элементов, назвать и зарисовать микроструктуру исходной стали (в состоянии поставки), указать механические свойства (твердость, предел прочности при растяжении, пластичность и ударную вязкость), отметить их особенности в связи с предполагаемым назначением.

При выполнении 2-го пункта задания дать анализ влияния постоянных примесей и легирующих добавок на свойства стали, на технологию ее термообработки и полученные результаты.

Температуру критических точек A_{c1} , A_{c3} , A_{cm} для заданной углеродистой стали определяют по диаграмме состояния железо–углерод или справочным данным, а для легированной стали – только по справочным данным.

При оценке влияния состава стали на рост зерна аустенита отметить склонность ее к перегреву и дать рекомендации по режиму нагрева заданной стали (медленно или быстро).

Особое внимание следует обратить на анализ закаливаемости и прокаливаемости предлагаемой стали, так как от них зависят ее конечные свойства (твердость, глубина закалки и др.). В зависимости от закаливаемости стали по справочным данным или по диаграмме изотермического превращения аустенита выбрать соответствующую охлаждающую закалочную среду. При этом следует отметить склонность рассматриваемой стали к образованию в ней после закалки повышенных внутренних напряжений и трещин.

По справочным данным или диаграмме превращения переохлажденного аустенита при охлаждении определить положение точек начала и конца мартенситного превращения M_n и M_k , а затем оценить

возможность получения в стали после закалки остаточного аустенита и его влияние на конечные свойства. При наличии остаточного аустенита указать способ его устранения.

При оценке влияния состава закаленной стали на превращения при отпуске определить степень этого влияния и вид отпуска. Если в заданной стали несколько легирующих элементов, оказывающих взаимно противоположное влияние на превращения, то оценку следует дать приближенно по средним величинам их влияния.

Ответы на 3-й и 4-й пункты задания даются на основании анализа, проведенного в 1-м и 2-м пунктах.

В 3-м пункте задания назначается режим каждой операции и термообработки. С использованием данных, приведенных во втором пункте, а также справочных источников указывается температура нагрева и структура, получающаяся при этом. Температуру нагрева детали для химико-термической обработки выбирают по справочным данным в зависимости от ее вида.

Нужно указать, какая охлаждающая среда должна быть использована после предварительной термообработки (отжига, нормализации, цианирования), после отпуска, определить время охлаждения.

Описать микроструктуру стали после окончательной термообработки, зарисовать ее и указать особенности механических свойств стали (твердость, прочность, пластичность и ударная вязкость).

Все результаты расчетов необходимо свести в технологическую карту по прилагаемому образцу (таблица 16). Закончить задание необходимо построением графика термической обработки, включая и предварительную термообработку.

В конце выполненного задания студент должен привести список использованной литературы.

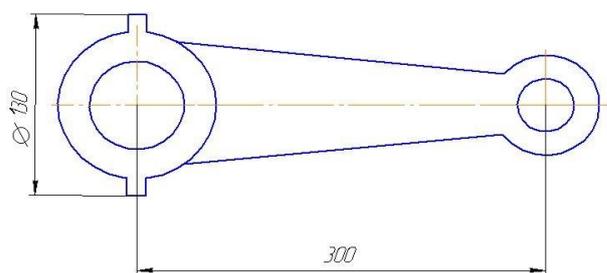
Примерный перечень вариантов индивидуального задания приведен в табл. 17.

Некоторые сведения о составе, свойствах, режимах термической обработки представлены в таблицах 18 – 31.

Технологическая карта термической обработки детали

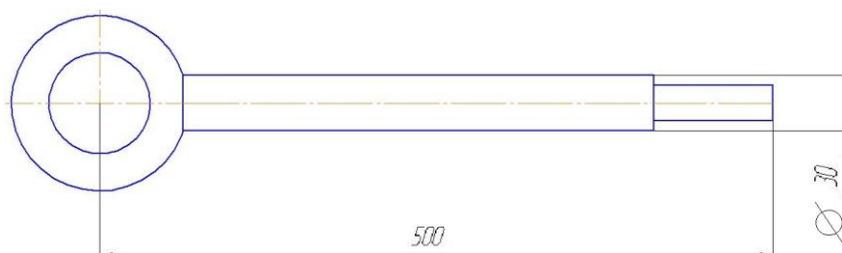
| | | | | | | |
|-------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|--|
| Эскиз детали | | КрасГАУ | Кафедра «Технология машиностроения» | | | |
| | | Наименование детали: | | | | |
| | | Материал: | | | | |
| | | Габариты детали: | | | | |
| | | Технические условия: | | | | |
| | | Режим нагрева и охлаждения | | | | |
| | | Нагревательная печь | Время на- грева и вы- держки | Охлаждающая среда | Твердость HRC или HB | |
| № операции | Наименование операции | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| Составил студент: | Группа | Дата | | Работу принял: | Дата | |
| | | | | | | |

Перечень вариантов индивидуального задания



Шатун

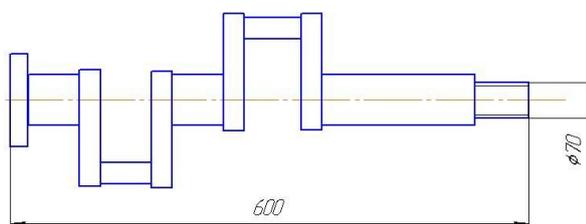
| № п/п | Марка стали | Термическая обработка | Твердость после окончательной термообработки |
|-------|-------------|---------------------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 45 | Нормализация, закалка, отпуск | 217-289НВ |
| 2 | 40Х | Закалка, отпуск | 217-289НВ |
| 3 | 45Х | Нормализация, закалка, отпуск | 217-289НВ |
| 4 | 45 | Закалка, отпуск | 217-289НВ |
| 5 | 33ХС | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-185НВ |
| 6 | 35 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-185НВ |
| 7 | 40 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 285-229НВ |
| 8 | 18ХНВА | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 285-229НВ |



Шток

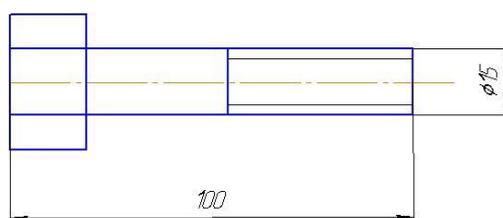
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-------|---------------------------------------|-----------|
| 9 | 40 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 285-229НВ |
| 10 | 35ХГС | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 285-229НВ |
| 11 | 35СГ | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 285-229НВ |
| 12 | 40Х | Закалка, отпуск | 229-185НВ |

| | | | |
|----|--------|---------------------------------------|-----------|
| 13 | 45 | Закалка, отпуск | 217-289HB |
| 14 | 45 | Закалка, отпуск | 207-255HB |
| 15 | 25 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-185HB |
| 16 | 35 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 185-229HB |
| 17 | 18ХНВА | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 285-229HB |
| 18 | 27СГ | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 285-229HB |



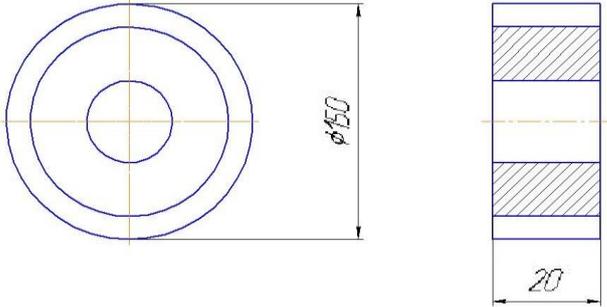
Коленчатый вал

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--------|---------------------------------------|-----------|
| 19 | 35 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285HB |
| 20 | 40 | Нормализация, закалка, отпуск | HRC 50 |
| 21 | 45 | Нормализация, закалка, отпуск | HRC 50 |
| 22 | 18ХНВА | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285HB |
| 23 | 40Х | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285HB |
| 24 | 45Г2 | Нормализация, закалка, отпуск | HRC 50 |
| 25 | 40ХМ | Нормализация, закалка, отпуск | HRC 50 |
| 26 | 25 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285HB |
| 27 | 40ХМ | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285HB |
| 28 | 45 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285HB |

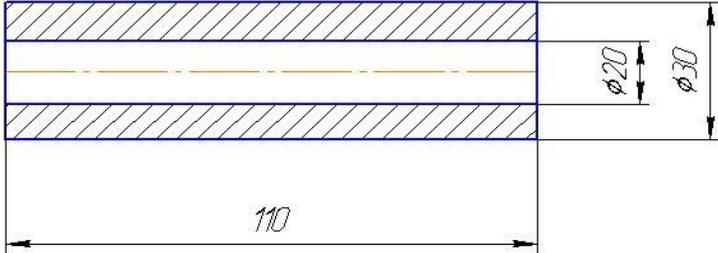


Шатунный болт

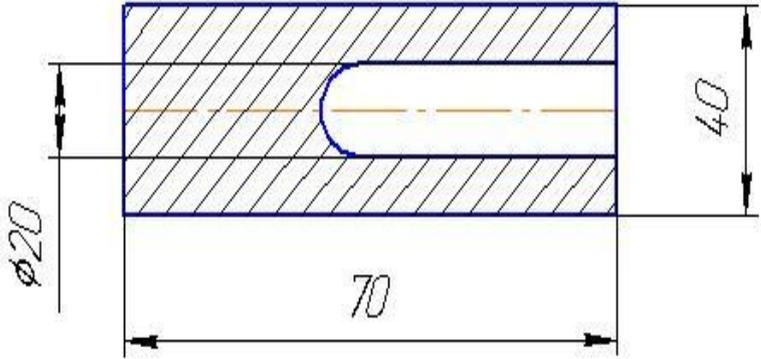
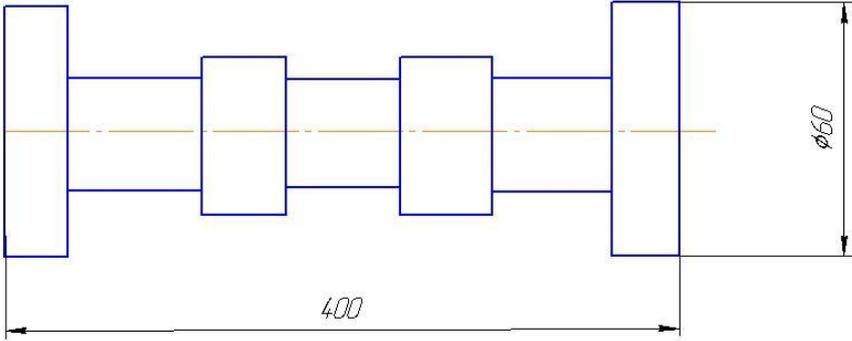
| | | | |
|----|-------|---------------------------------------|-----------|
| 29 | 25 | Нормализация, закалка, отпуск | 229-185HB |
| 30 | 30ХН3 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 285-229HB |
| 31 | 37ХН3 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 285-229HB |
| 32 | 40 | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-185HB |
| 33 | 40Х | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-185HB |
| 34 | 33ХС | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285HB |
| 35 | 35ХГС | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285HB |
| 36 | 27СГ | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285HB |
| 37 | 35СГ | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285HB |

| | | | |
|--|--------|---------------------------------------|-----------|
| 38 | 18ХНВА | Нормализация, закалка, высокий отпуск | 229-285НВ |
|  | | | |
| Шестерня | | | |

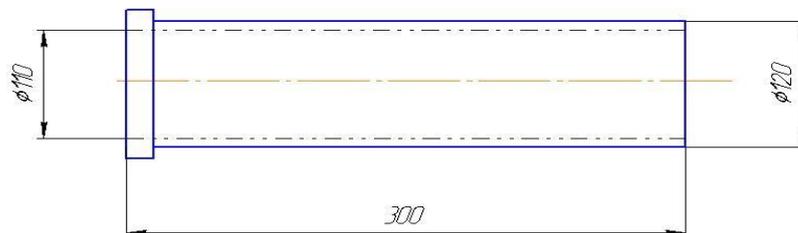
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|------|---------------------------------------|-----------|
| 39 | 40 | Закалка, высокий отпуск | 285-229НВ |
| 40 | 40 | Поверхностная закалка, отпуск | HRC 50 |
| 41 | 45 | Закалка, высокий отпуск | 285-229НВ |
| 42 | 45 | Поверхностная закалка, отпуск | HRC 50 |
| 43 | 50 | Закалка, высокий отпуск | 285-229НВ |
| 44 | 50 | Поверхностная закалка, высокий отпуск | HRC 50 |
| 45 | 45Г2 | Закалка, высокий отпуск | 229-185НВ |
| 46 | 45Г2 | Поверхностная закалка, отпуск | HRC 50 |
| 47 | 30 | Закалка, высокий отпуск | 229-185НВ |
| 48 | 30ХС | Закалка, высокий отпуск | 285-229НВ |
| 49 | 35 | Закалка, высокий отпуск | 229-185НВ |

| | | | |
|--|--|--|--|
|  | | | |
| Поршневой палец | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-------|---|--------|
| 50 | 15Х | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 53 |
| 51 | 20Х | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 53 |
| 52 | 12ХН2 | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 56 |
| 53 | 12ХН3 | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 56 |

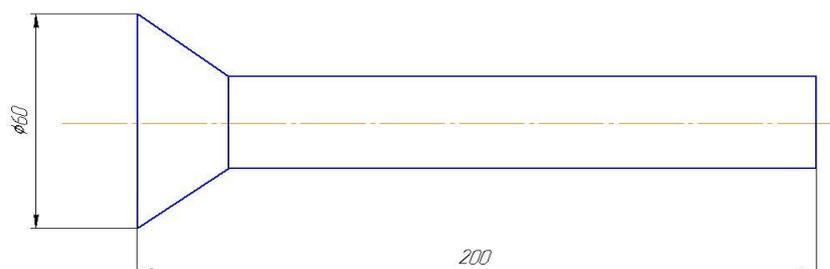
| | | | |
|---|--------|---|--------|
| 54 | 18ХНВА | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 56 |
|  <p>Толкатель</p> | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 55 | 15X | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 53 |
| 56 | 20X | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 53 |
| 57 | 12ХН2 | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 56 |
| 58 | 12ХН3 | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 56 |
| 59 | 18ХНВА | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 56 |
|  <p>Распределительный вал</p> | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 60 | 15X | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 53 |
| 61 | 20X | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 53 |
| 62 | 12ХН2 | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 56 |

| | | | |
|----|--------|---|--------|
| 63 | 12ХН3 | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 56 |
| 64 | 18ХНВА | Цементация, нормализация, низкий отпуск | HRC 56 |



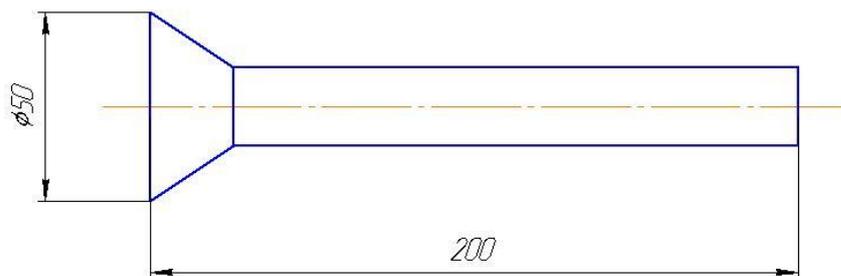
Цилиндр

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--------|---|--|
| 65 | 35НЮА | Предварительное улучшение, нитрирование | Пов. слой 750-1000НВ Сердцевина 285-289НВ |
| 66 | 35ХМЮА | Предварительное улучшение, нитрирование | Поверхность 750-1000НВ Сердцевина 285-289НВ |
| 67 | 40ХЮА | Предварительное улучшение, нитрирование | Поверхность 750-1000НВ Сердцевина 285-289НВ |



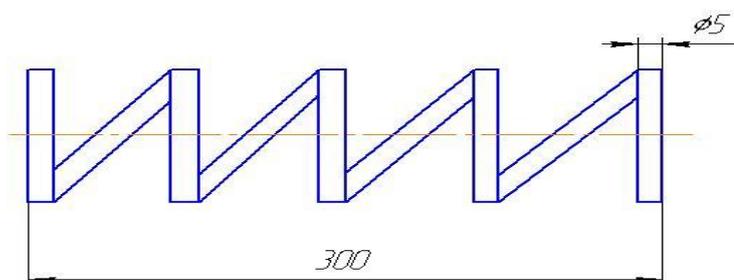
Выпускной клапан

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--------|-------------------------|-----------|
| 68 | X9C2 | Закалка, высокий отпуск | 280НВ |
| 69 | 2X18Н9 | Закалка, высокий отпуск | 160-200НВ |



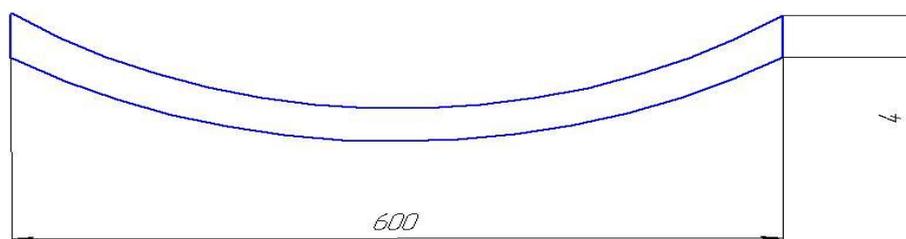
Впускной клапан

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-------|-------------------------|-----------|
| 70 | 30 | Закалка, высокий отпуск | 285-229HB |
| 71 | 40 | Закалка, высокий отпуск | 285-229HB |
| 72 | 30ХНВ | Закалка, высокий отпуск | 285-229HB |
| 73 | 30ХВ | Закалка, высокий отпуск | 285-229HB |
| 74 | 33ХС | Закалка, высокий отпуск | 285-229HB |



Пружины проволоочные

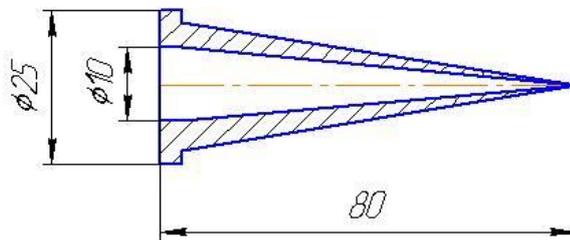
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|------|-----------------|----------|
| 75 | 60Г | Закалка, отпуск | HRC > 40 |
| 76 | 60С2 | Закалка, отпуск | HRC > 40 |
| 77 | 65Г | Закалка, отпуск | HRC > 40 |



Рессора

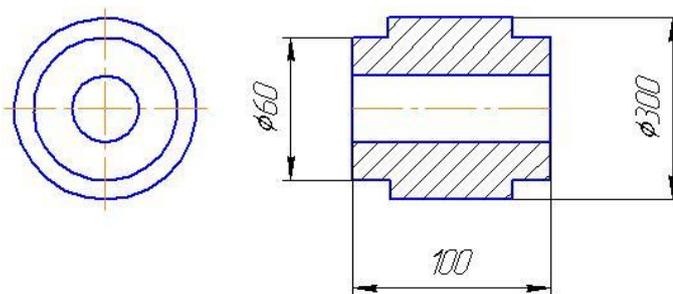
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|------|--------------------------------|----------|
| 78 | 50С2 | Изотермическая закалка, отпуск | HRC > 40 |
| 79 | 55С2 | Изотермическая закалка, отпуск | HRC > 40 |
| 80 | 55ГС | Закалка, отпуск | HRC > 40 |

| | | | |
|----|------|-----------------|----------|
| 81 | 60СГ | Закалка, отпуск | HRC > 40 |
| 82 | 55СГ | Закалка, отпуск | HRC > 40 |
| 83 | 55ХГ | Закалка, отпуск | HRC > 40 |



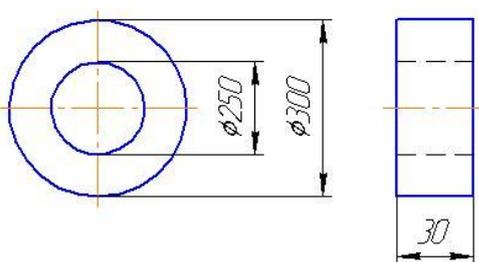
Корпус форсунки

| | | | |
|----|----|-----------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 84 | 50 | Закалка, отпуск | 174-229HB |
| 85 | 60 | Закалка, отпуск | 180-230HB |



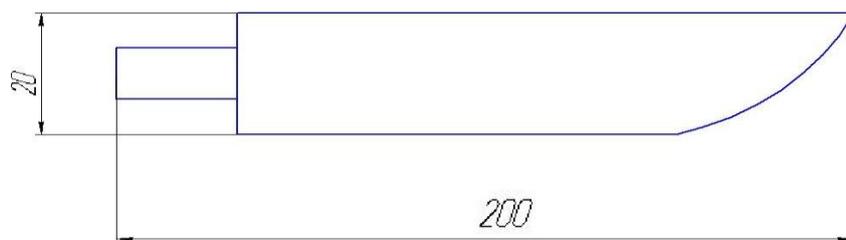
Колесо

| | | | |
|----|----|-----------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 86 | 40 | Закалка, отпуск | HRC > 40 |
| 87 | 45 | Закалка, отпуск | HRC > 45 |



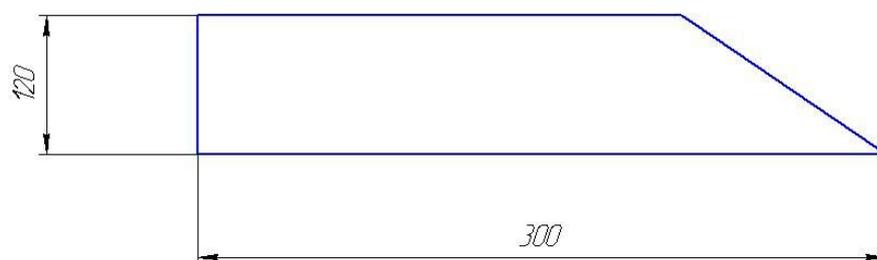
Венец маховика

| | | | |
|----|----|-------------------------------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 88 | 50 | Нормализация, закалка, отпуск | 174-229HB |
| 89 | 55 | Нормализация, закалка, отпуск | 174-230HB |



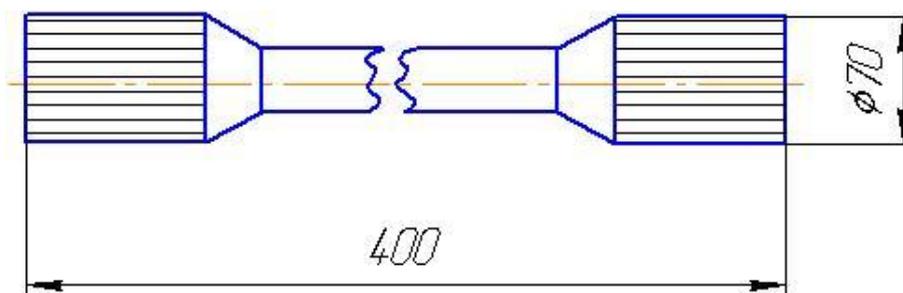
Зуб бороны

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-----|-----------------|----------|
| 90 | 60Г | Закалка, отпуск | 40-46HRC |
| 91 | 65Г | Закалка, отпуск | 28-33HRC |
| 92 | 70Г | Закалка, отпуск | 42-48HRC |



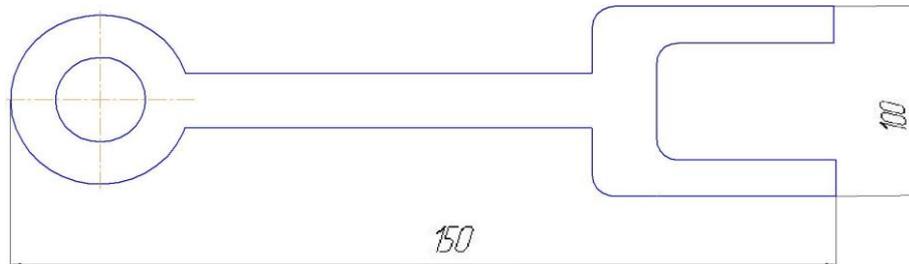
Лемех

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-----|-----------------|----------|
| 93 | 60Г | Закалка, отпуск | 40-46HRC |
| 94 | 65Г | Закалка, отпуск | 28-33HRC |
| 95 | 70Г | Закалка, отпуск | 42-48HRC |



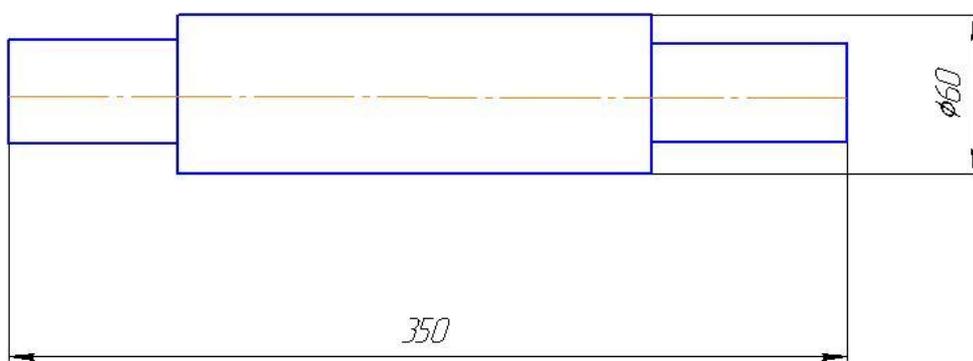
Полуось заднего моста трактора

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|-------|-----------------|-----------|
| 96 | 38ХА | Закалка, отпуск | 200-210НВ |
| 97 | 40Х | Закалка, отпуск | 188-220НВ |
| 98 | 40ХРА | Закалка, отпуск | 215-280НВ |



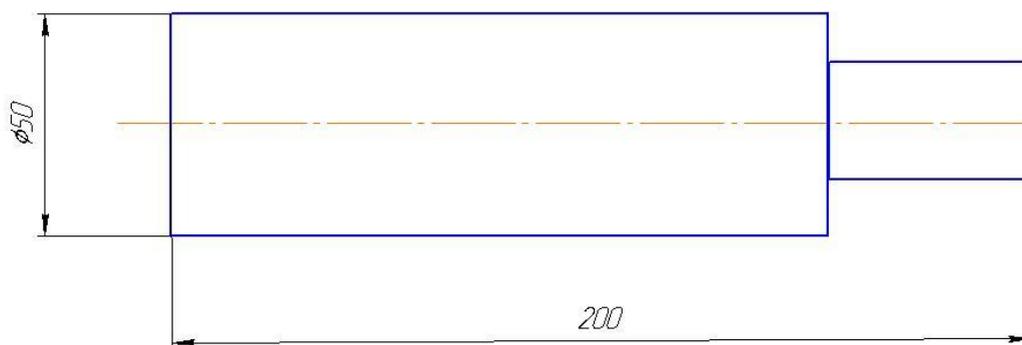
Вилка переключения передач

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|------|-------------------------------|-----------|
| 99 | 35Г2 | Нормализация, закалка, отпуск | 220-270НВ |
| 100 | 40Г2 | Нормализация, закалка, отпуск | 229-269НВ |



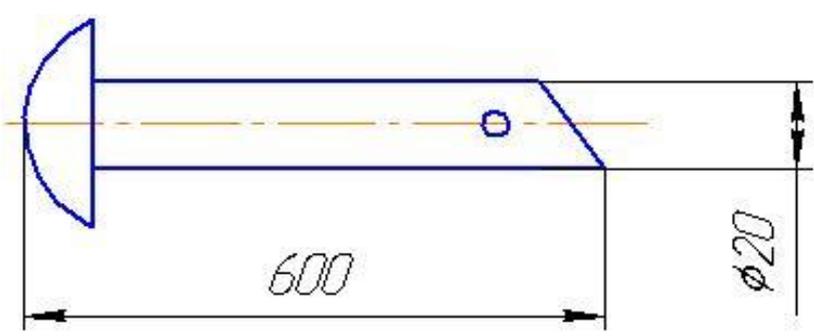
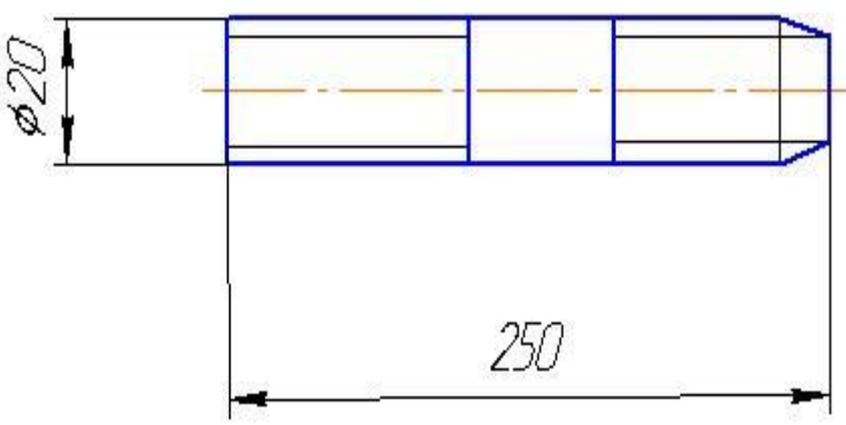
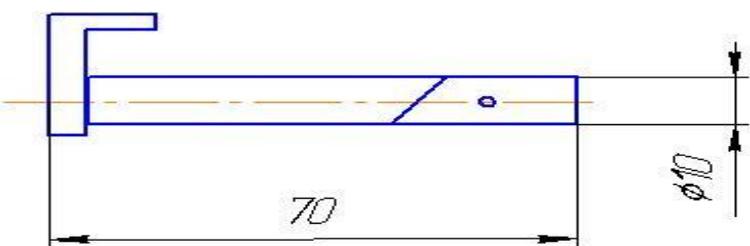
Вал КПП трактора

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|------|-------------------------------|-----------|
| 101 | 45Г2 | Нормализация, закалка, отпуск | 269-321НВ |
| 102 | 50Г2 | Нормализация, закалка, отпуск | 241НВ |
| 103 | 40ХГ | Закалка, отпуск | 250НВ |
| 104 | 40ХС | Закалка, отпуск | 255НВ |

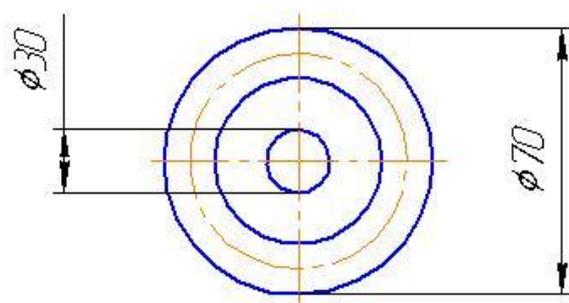


Вал муфты сцепления

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|------|-------------------------------|-----------|
| 105 | 33ХС | Нормализация, закалка, отпуск | 220-260НВ |
| 106 | 38ХС | Закалка, отпуск | 190-200НВ |

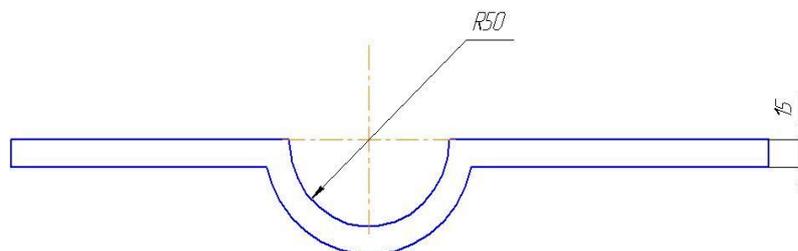
| | | | |
|---|--------|-------------------------------|-----------|
| 107 | 40ХС | Закалка, отпуск | 240-250НВ |
|  <p>Палец гусеницы</p> | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 108 | 27СГ | Закалка, отпуск | 160-220НВ |
| 109 | 35СГ | Нормализация, закалка, отпуск | 180-200НВ |
| 110 | 36ГС32 | Закалка, отпуск | 220-260НВ |
|  <p>Шпилька</p> | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 111 | 30ХМ | Закалка, отпуск | 180-220НВ |
| 112 | 30ХМА | Закалка, отпуск | 180-220НВ |
| 113 | 35ХМ | Закалка, отпуск | 180-220НВ |
| 114 | 34ХМА | Закалка, отпуск | 180-220НВ |
|  <p>Плунжер топливного насоса</p> | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|-------|-----------------------------|---|
| 115 | 15ХФ | Цементация, закалка, отпуск | Поверхность HRC 56-62 Сердцевина 285-289НВ |
| 116 | 20ХФ | Цементация, закалка, отпуск | Поверхность HRC 56-62 Сердцевина 285-289НВ |
| 117 | 20ХЗФ | Цементация, закалка, отпуск | Поверхность HRC 56-62 Сердцевина 285-289НВ |



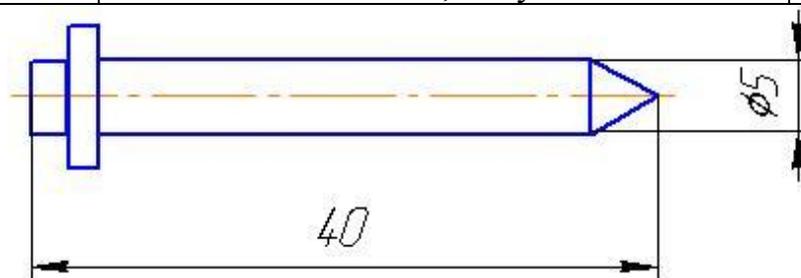
Сателлит

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|-----------|-------------------------------|-----------|
| 118 | 38ХГС | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |
| 119 | 18ХГМ | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |
| 120 | 14ХГ2НР | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |
| 121 | 14ХГ2 | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |
| 122 | 15ХГНТ | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |
| 123 | 15ХГНТА | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |
| 124 | 15Х2ГН2Т | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |
| 125 | 15ХНГ2ВА | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |
| 126 | 15Х2Г2СВА | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |
| 127 | 25ХГСНТ | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |
| 128 | 25Х2ГНТА | Нормализация, закалка, отпуск | 200-230НВ |



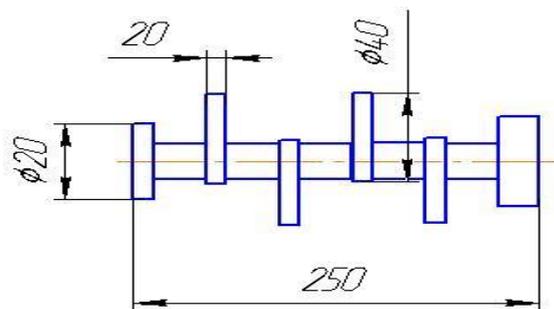
Крышка шатуна

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|----------|-----------------|-----------|
| 129 | 20ХНМ | Закалка, отпуск | 187-220НВ |
| 130 | 18Х2Н4В | Закалка, отпуск | 187-220НВ |
| 131 | 25Х2Н4ВА | Закалка, отпуск | 180-220НВ |
| 132 | 20ХН4ФА | Закалка, отпуск | 180-220НВ |
| 133 | 34ХН1М | Закалка, отпуск | 180-220НВ |
| 134 | 34ХН3М | Закалка, отпуск | 200-240НВ |
| 135 | 40ХНВА | Закалка, отпуск | 200-240НВ |
| 136 | 38ХНВА | Закалка, отпуск | 200-240НВ |
| 137 | 38Х2НВА | Закалка, отпуск | 200-240НВ |
| 138 | 38ХН3ВА | Закалка, отпуск | 200-260НВ |



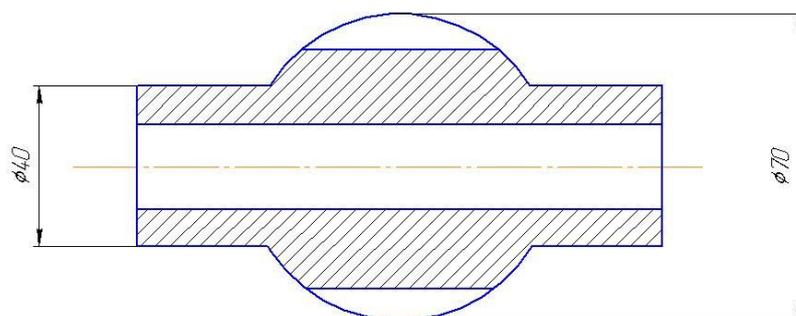
Игла форсунки

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|---------|-----------------------------|--|
| 139 | 38ХЮ | Цементация, закалка, отпуск | Поверхность HRC 56-6 Сердцевина 240НВ |
| 140 | 38ХМЮА | Цементация, закалка, отпуск | Поверхность HRC 56-6 Сердцевина 240НВ |
| 141 | 38ХВФЮ | Цементация, закалка, отпуск | Поверхность HRC 56-6 Сердцевина 240НВ |
| 142 | 38ХВФЮА | Цементация, закалка, отпуск | Поверхность HRC 56-6 Сердцевина 240НВ |



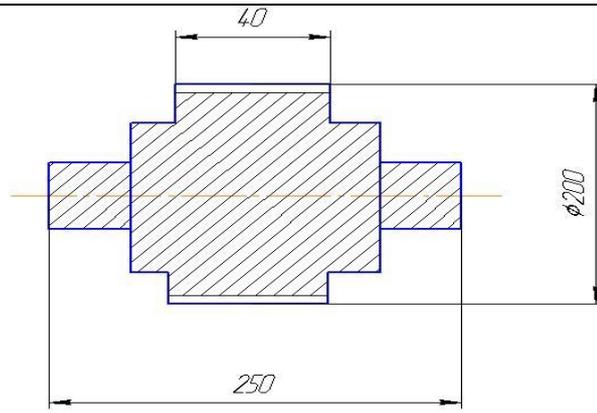
Валик топливного насоса

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|--------|-----------------|-----------|
| 143 | 30ХМ | Закалка, отпуск | 190-230НВ |
| 144 | 30ХМА | Закалка, отпуск | 190-230НВ |
| 145 | 35ХМ | Закалка, отпуск | 190-230НВ |
| 146 | 34ХМ1А | Закалка, отпуск | 190-230НВ |



Звездочка

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|--------|-----------------|-----------|
| 147 | 35ХГ2 | Закалка, отпуск | 200-240НВ |
| 148 | 40ХГ | Закалка, отпуск | 200-240НВ |
| 149 | 40ХГР | Закалка, отпуск | 200-240НВ |
| 150 | 40ХГТР | Закалка, отпуск | 200-240НВ |



Вал-шестерня

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----|--------|-----------------|-----------|
| 151 | 40ХН | Закалка, отпуск | 286-310НВ |
| 152 | 45ХН | Закалка, отпуск | 286-310НВ |
| 153 | 30ХН3А | Закалка, отпуск | 286-310НВ |
| 154 | 30ХНР | Закалка, отпуск | 286-310НВ |
| 155 | 40ХНР | Закалка, отпуск | 286-310НВ |

*Химический состав и механические свойства (не менее)
углеродистой качественной конструкционной стали*

| Сталь | C, % | σ_s | $\sigma_{0,2}$ | δ | ψ |
|-------|-------------|------------|----------------|----------|--------|
| | | МПа | | % | |
| 08 | 0,05...0,12 | 330 | 200 | 33 | 60 |
| 10кп | 0,07...0,14 | 320 | 190 | 33 | 55 |
| 10 | 0,07...0,14 | 340 | 210 | 31 | 55 |
| 15 | 0,12...0,19 | 380 | 230 | 27 | 55 |
| 20 | 0,17...0,24 | 420 | 250 | 25 | 55 |
| 25 | 0,22...0,30 | 460 | 280 | 23 | 50 |
| 30 | 0,27...0,35 | 500 | 300 | 21 | 50 |
| 35 | 0,32...0,40 | 540 | 320 | 20 | 45 |
| 40 | 0,37...0,45 | 580 | 340 | 19 | 45 |
| 45 | 0,42...0,50 | 610 | 360 | 16 | 40 |
| 50 | 0,47...0,55 | 640 | 380 | 14 | 40 |
| 55 | 0,52...0,60 | 650 | 390 | 13 | 35 |
| 60 | 0,57...0,65 | 690 | 410 | 12 | 35 |
| 65 | 0,62...0,70 | 710 | 420 | 10 | 30 |
| 70 | 0,67...0,75 | 730 | 430 | 9 | 30 |

Примечания:

1. Содержание марганца в сталях 08, 10, 15, 20 составляет 0,35...0,65 %, а в остальных 0,5...0,8 %. Содержание других элементов: 0,17...0,37 % Si (в кипящей стали \approx 0,7 %), \leq 0,04 % S (0,035 % в сталях 08 и 10) и \leq 0,04 % P.

2. Нормы механических свойств относятся к изделиям диаметром или толщиной до 80 мм после нормализации.

*Химический состав, термическая обработка (ТО) и механические свойства
некоторых цементуемых сталей*

| Сталь | Содержание элементов % | | | | | Режим ТО | | σ_s | $\sigma_{0,2}$ | δ | ψ |
|-------------------------------|------------------------|-----------|-----------------|-----------------|-------------------|---|--------------------------------------|------------|----------------|----------|--------|
| | С | Mn | Cr | Ni | другие | $t_{зак}, ^\circ\text{C}$, среда | $t_{отп}, ^\circ\text{C}$, среда | МПа | | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| <i>Хромистая сталь</i> | | | | | | | | | | | |
| 20Х | 0,17...0,23 | 0,5...0,8 | 0,7...0,9 | – | – | 1. 880, в. м. 2. 770...820, в. м. | 180, воз., м. | 800 | 650 | 11 | 40 |
| <i>Хромомарганцевые стали</i> | | | | | | | | | | | |
| 18ХГТ | 0,17...0,23 | 0,8...1,1 | 1,0...1,3 | – | 0,03...0,09 Ti | 1. 880...950, воз. 2. 870, м | 200, воз., м. | 1000 | 900 | 9 | 50 |
| 20ХГР | 0,18...0,24 | 0,7...1,0 | 0,75... 1,05 | – | – | 880, м. | 200, воз., м. | 1000 | 800 | 9 | 50 |
| 25ХГМ | 0,23...0,29 | 0,9...1,2 | 0,9...1,2 | – | 0,2...0,3 Mo | 860, м. | 200, воз. | 1200 | 1100 | 10 | 45 |
| 30ХГТ | 0,24...0,32 | 0,8...1,1 | 1,0...1,3 | – | 0,03...0,09 Ti | 1. 880...950, воз. 2. 850, м. | 200, м. | 1500 | 1300 | 9 | 40 |
| <i>Хромоникелевые стали</i> | | | | | | | | | | | |
| 12ХН3А | 0,9...0,16 | 0,3...0,6 | 0,6...0,9 | 2,75... 3,15 | – | 1. 860, м. 2. 790, м. | 180, воз., м. | 950 | 700 | 11 | 55 |

Продолжение таблицы 19

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------------------------------------|---------------------------------|-------------|-----------------|-----------------|--------------------|-----------------------------------|------------------|--------------|-------------|----------|------------|
| 12X2H4A 20X2H4A | 0,1...0,15 (0,16... 0,22) | 0,3...0,6 | 1,25... 1,65 | 3,25... 3,65 | – | 1. 860, м. 2. 760...800, м. | 180, воз., м. | 1150 1300 | 950 1100 | 50 45 | 0,9 0,8 |
| <i>Хромомарганцевоникелевые стали</i> | | | | | | | | | | | |
| 15XГН2ТА | 0,13...0,18 | 0,7...1,0 | 0,7...1,0 | 1,4... 1,8 | 0,03... 0,09 Ti | 1, 960, воз. 2. 840, м. | 180, воз., м. | 950 | 750 | 11 | 55 |
| <i>Хромоникельмолибденовые стали</i> | | | | | | | | | | | |
| 18X2H4МА | 0,14...0,2 | 0,25...0,55 | 1,35... 1,65 | 4,0... 4,4 | 0,3... 0,4 Mo | 1. 950, воз. 2. 860, воз. | 200, воз., м. | 1150 | 850 | 12 | 50 |
| 18X2H4ВА | 0,14...0,2 | 0,25...0,55 | 1,35... 1,65 | 4,0... 4,4 | 0,8... 1,2 W | 1. 950, воз. 2. 860, воз. | 200, воз., м. | 1050 | 800 | 12 | 50 |

Примечание: 1 – первая закалка; 2 – вторая закалка; в. – вода; м. – масло; воз. – воздух.

*Химический состав, термическая обработка (ТО) и механические свойства
некоторых улучшаемых сталей*

| Сталь | Содержание элементов, % | | | | | Режим ТО | | σ_s | $\sigma_{0,2}$ | δ | ψ |
|---|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|----------------|----------|--------|
| | С | Mn | Cr | Ni | другие | $t_{зак}, ^\circ\text{C},$ среда | $t_{отп}, ^\circ\text{C},$ среда | МПа | | % | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| <i>Стали, прокаливающиеся в сечениях до 25...35 мм</i> | | | | | | | | | | | |
| 30X | 0,24...0,32 | 0,5...0,8 | 0,8...1,1 | – | – | 860, м. | 500, в., м. | 900 | 700 | 12 | 45 |
| 40X | 0,36...0,44 | 0,5...0,8 | 0,8...1,1 | – | – | 860, м. | 500, в., м. | 1000 | 800 | 10 | 45 |
| 40XФА | 0,37...0,44 | 0,5...0,8 | 0,8...1,1 | – | 0,1...0,18 V | 880, м. | 650, в., м. | 900 | 750 | 10 | 50 |
| <i>Стали, прокаливающиеся в сечениях до 50...75 мм</i> | | | | | | | | | | | |
| 40XГТР | 0,38...0,45 | 0,7...1,0 | 0,8...1,1 | – | 0,03...0,9 Ti | 840, м. | 550, в., м. | 1000 | 800 | 11 | 45 |
| 30XГС | 0,28...0,35 | 0,8...1,1 | 0,8 1,1 | – | 0,9...1,2 Si | 880, м. | 540, в., м. | 1100 | 850 | 10 | 45 |
| 40XH | 0,36...0,44 | 0,5...0,8 | 0,5...0,8 | 1,0...1,4 | – | 820, м. | 550, в., м. | 1000 | 800 | 11 | 45 |
| <i>Стали, прокаливающиеся в сечениях до 75...100 мм</i> | | | | | | | | | | | |
| 30XH3A | 0,27...0,33 | 0,3...0,6 | 0,6...0,8 | 2,8...3,1 | – | 720, м. | 530, в., м. | 1000 | 800 | 10 | 50 |
| 40XH2MA | 0,37...0,44 | 0,5...0,8 | 0,6...0,9 | 1,3...1,7 | 0,2...0,3 Mo | 850, м. | 620, воз. | 1100 | 950 | 12 | 50 |
| <i>Стали, прокаливающиеся в сечениях более 100 мм</i> | | | | | | | | | | | |
| 36X2H2MФА | 0,33...0,4 | 0,25...0,5 | 1,3...1,7 | 1,3...1,7 | 0,2...0,3 Mo 0,1...0,2 V | 850, м. | 600, воз. | 1200 | 1100 | 12 | 50 |
| 38XH3MФА | 0,33...0,4 | 0,25...0,5 | 1,2...1,5 | 3,0...3,5 | 0,4...0,5 Mo 0,1...0,2 V | 850, м. | 600, воз. | 1200 | 1100 | 12 | 50 |

Примечание: в. – вода, м. – масло, воз. – воздух.

Состав пружинных сталей, %

| Сталь | С | Mn | Si | Cr | V |
|--------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 65Г | 0,62...0,70 | 0,80...1,20 | 0,17...0,37 | – | – |
| 50С2 | 0,47...0,55 | 0,60...0,90 | 1,50...2,00 | – | – |
| 55С2 | 0,52...0,60 | 0,60...0,90 | 1,50...2,00 | – | – |
| 60С2 | 0,57...0,65 | 0,60...0,90 | 1,50...2,00 | – | – |
| 70С3А | 0,66...0,74 | 0,60...0,90 | 2,40...2,80 | – | – |
| 55СГ | 0,50...0,60 | 0,80...1,00 | 1,30...1,80 | – | – |
| 60СГ | 0,55...0,65 | 0,80...1,00 | 1,30...1,80 | – | – |
| 50ХФА | 0,46...0,54 | 0,50...0,80 | 0,17...0,37 | 0,80...1,10 | 0,10...0,20 |
| 50ХГФА | 0,48...0,55 | 0,80...1,00 | 0,17...0,37 | 0,95...1,20 | 0,15...0,25 |
| 60С2ХА | 0,56...0,64 | 0,40...0,70 | 1,40...1,80 | 0,70...1,00 | – |

Примечание: не указано ограничение содержания вредных и случайных примесей, которое не должно превосходить следующих значений: S < 0,03...0,04 %; P < 0,03...0,04 %; Ni < 0,3...0,4 %; Cr < 0,3 %.

Режимы термической обработки и механические свойства пружинных сталей

| Сталь | Температура, °С | | Механические свойства стали (не менее) | | | |
|---------|-----------------|---------|--|----------------|----------|--------|
| | закалки | отпуска | σ_s | $\sigma_{0,2}$ | δ | ψ |
| | | | МПа | | % | |
| 65 | 840 | 480 | 800 | 1100 | 10 | 35 |
| 85 | 820 | 480 | 1000 | 1150 | 8 | 30 |
| 50С2 | 870 | 460 | 1100 | 1200 | 6 | 30 |
| 55С2А | 870 | 460 | 1400 | 1600 | 6 | 20 |
| 70С3А | 860 | 460 | 1600 | 1800 | 6 | 25 |
| 60С2ХФА | 850 | 410 | 1700 | 1900 | 5 | 20 |
| 60С2ВА | 850 | 420 | 1700 | 1900 | 5 | 20 |
| 60С2Н2А | 880 | 420 | 1600 | 1750 | 6 | 20 |

Состав коррозионностойких сталей, %

| Сталь | С | Mn | Cr | Ni | Ti (Nb) | Mo | Другие |
|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|---------|-----------|---------------|
| 1 | 23 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 08X13 | < 0,08 | 0,60...0,80 | 12...14 | – | – | – | – |
| 12X13 | 0,09...0,15 | 0,60...0,80 | 12...14 | – | – | – | – |
| 20X13 | 0,16...0,25 | 0,60...0,80 | 12...14 | – | – | – | – |
| 30X13 | 0,26...0,35 | 0,60...0,80 | 12...14 | – | – | – | – |
| 40X13 | 0,36...0,45 | 0,60...0,80 | 12...14 | – | – | – | – |
| 12X17 | ≤ 0,12 | 0,60...0,80 | 16...18 | – | – | – | – |
| 08X17Т | ≤ 0,08 | 0,60...0,80 | 16...18 | – | < 0,90 | – | – |
| 15X25Т | ≤ 0,15 | 0,60...0,80 | 24...27 | – | < 0,90 | – | – |
| 15X28Т | ≤ 0,15 | 0,60...0,80 | 27...30 | – | < 0,90 | – | – |
| 12X18Н8 | 0,12 | 1,00...2,00 | 17...19 | 8...10 | – | – | – |
| 17X18Н9 | 0,13...0,21 | 1,00...2,00 | 17...19 | 8...10 | – | – | – |
| 12X18Н9Т | 0,12 | 1,00...2,00 | 17...19 | 8...9,5 | < 0,8 | – | – |
| 04X18Н10 | 0,04 | 1,00...2,00 | 17...19 | 9...11 | – | – | – |
| 08X18Н10 | 0,08 | 1,00...2,00 | 17...19 | 9...11 | – | – | – |
| 12X18Н10Т | 0,12 | 1,00...2,00 | 17...19 | 9...11 | < 0,8 | – | – |
| 10X14Г14НТ | 0,10 | 13...15 | 13...15 | 2,8...4,5 | < 0,6 | – | – |
| 12X17Г9АН4 | 0,12 | 8...10,5 | 16...18 | 3,5...4,5 | – | – | 0,15...0,25 N |
| 15X17АГ14 | 0,15 | 13,5...15,5 | 16...18 | 0,6 | – | – | 0,25...0,37 N |
| 08X15Н8Ю | 0,08 | 0,8 | 14...16 | 8,0...10,0 | – | – | 0,7...1,3 Al |
| 09X17Н7Ю | 0,09 | 0,8 | 16...17,5 | 7,0...8,0 | – | – | 0,5...0,8 Al |
| 10X17Н13М2Т | 0,10 | 1,0...2,0 | 16...18 | 12...14 | < 0,8 | 2,0...3,0 | – |

Примечание: во всех сталях S < 0,025 % и P < 0,030 %.

Режимы термической обработки и механические свойства хромистых коррозионностойких сталей

| Сталь | Термическая обработка(температура, °С) | | | HRC | σ_{ϵ} | $\sigma_{0,2}$ | δ | ψ |
|--|--|---------------|---------------|-----|---------------------|----------------|----------|--------|
| | закалка | отпуск | отжиг | | МПа | | % | |
| <i>Стали мартенситного класса</i> | | | | | | | | |
| 40X13 | 1000...1050, м. | 200...300, в. | – | 50 | – | – | – | 50 |
| 30X13 | 950...1020, м. | 200...300, в. | – | 40 | – | – | – | 48 |
| 20X13 | 1000...1050, в. | 600...770, м. | – | – | 660 | 450 | 16 | 55 |
| <i>Стали мартенситно-ферритного класса</i> | | | | | | | | |
| 12X13 | 1000...1050, м. | 700...790, м. | 850...900, п. | – | 600 | 420 | 20 | 60 |
| <i>Стали ферритного класса</i> | | | | | | | | |
| 08X13 | 1000...1050, м. | 700...800, м. | – | – | 600 | 420 | 20 | 60 |
| 12X17 | 1000...1050, м. | 700...800, м. | 760...780, в. | – | 400 | 250 | 20 | 50 |
| 08X17T | 1000...1050, м. | 700...800, м. | 760...780, в. | – | 500 | 300 | 20 | 45 |
| 15X25T | 1000...1050, м. | 700...800, м. | 680...770, в. | – | 450 | 300 | 20 | 45 |
| 15X28T | 1000...1050, м. | 700...800, м. | 680...770, в. | – | 450 | 300 | 20 | 45 |

Примечание: м. – масло, в. – воздух, п. – печь.

Таблица 25

Механические свойства коррозионностойких аустенитных сталей в закаленном состоянии

| Сталь | σ_b , МПа | $\sigma_{0,2}$, МПа | δ , % | ψ , % | Сталь | σ_b , МПа | $\sigma_{0,2}$, МПа | δ , % | ψ , % |
|----------|---------------------|-------------------------|-----------------|---------------|-------------|---------------------|-------------------------|-----------------|---------------|
| 04X18H10 | 440 | 180 | 40 | 60 | 10X14Г14Н3Т | 590 | 245 | 35 | 50 |
| 08X18H10 | 470 | 195 | 40 | 55 | 12X17Г9АН4 | 640 | 300 | 35 | 50 |
| 12X18H10 | 490 | 195 | 40 | 55 | 15X17АГ14 | 785 | 400 | 30 | 45 |
| 17X18H9 | 570 | 210 | 40 | 50 | | | | | |

Таблица 26

*Режимы термической обработки и механические свойства
коррозионностойких сталей аустенито-мартенситного класса*

| Сталь | Режим термической обработки, температура, °С | | | σ_b , МПа | $\sigma_{0,2}$, МПа | δ , % | ψ , % |
|----------|---|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|---------------|
| | закалка | обработка холодом | отпуск - старение | | | | |
| 08X15H8Ю | 975 | -70 | | 880 | 245 | 30 | 65 |
| 08X15H8Ю | 975 | -70 | 500 | 1080 | 880 | 25 | 60 |
| 08X15H8Ю | 975 | - | - | 1270 | 1080 | 20 | 50 |
| 09X17H7Ю | 1050 | - | 750 + 550 | 900 | 700 | 10 | 40 |

Таблица 27

Состав инструментальных сталей пониженной прокаливаемости, %

| Сталь | С | Mn | Cr | Сталь | С | Mn | Cr |
|-------|-------------|-------------|--------|-------|-------------|-------------|-------------|
| У7 | 0,65...0,74 | 0,20...0,40 | < 0,15 | У13 | 1,25...1,35 | 0,15...0,35 | < 0,15 |
| У8 | 0,75...0,84 | 0,15...0,40 | < 0,15 | Х05 | 1,25...1,40 | 0,20...0,40 | 0,40...0,60 |
| У9 | 0,85...0,94 | 0,15...0,35 | < 0,15 | Х06 | 1,05...1,14 | 0,40...0,70 | 0,40...0,60 |
| У10 | 0,95...1,04 | 0,15...0,35 | < 0,15 | 65ХФ | 0,60...0,70 | 0,30...0,60 | 0,45...0,70 |
| У11 | 1,05...1,14 | 0,15...0,35 | < 0,15 | 85ХФ | 0,80...0,90 | 0,30...0,60 | 0,45...0,70 |
| У12 | 1,15...1,24 | 0,15...0,35 | < 0,15 | | | | |

Таблица 28

Состав инструментальных сталей повышенной прокаливаемости, %

| Сталь | С | Mn | Si | Cr | W | V |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| Х | 0,95...1,1 | < 0,4 | < 0,35 | 1,3...1,6 | – | – |
| 9ХС | 0,85...0,95 | 0,03...0,6 | 1,2...1,6 | 0,95...1,25 | – | – |
| ХГСВФ | 0,95...1,02 | 0,7...1,0 | 0,7...1,0 | 0,6...1,0 | 0,8...1,1 | 0,08...0,15 |
| ХГ | 1,3...1,5 | 0,45...0,70 | < 0,35 | 1,3...1,6 | – | – |
| ХВГ | 0,9...1,0 | 0,8...1,0 | 0,15...0,35 | 0,9...1,2 | 1,2...1,6 | – |
| В1 | 1,05...1,25 | 0,2...0,4 | < 0,35 | 0,1...0,3 | 0,8...1,2 | – |
| ХВ5 | 1,25...1,50 | < 0,3 | < 0,30 | 0,4...0,7 | 4,5...5,5 | 0,15...0,30 |

Режимы термической обработки инструментальных легированных сталей

| Сталь | отжиг | | закалка | | | отпуск | |
|-------|--------------------|-----------------|--------------------|---------------------|------------------|------------------------|--------------------|
| | температура, °С | твёрдость НВ | температура, °С | среда охлаждения | твёрдость HRC | температура, °С | твёрдость HRC |
| X | 770...790 | 225...207 | 830...860 | масло | 62 | 150...200 | 64...61 |
| 9XC | 790...810 | 255...207 | 820...860 | масло | 62 | 140...160 160...180 | 65...62 63...61 |
| XГСВФ | 790...810 | 228...196 | 820...850 | масло | 62 | 160...180 | 63...61 |
| XГ | 780...800 | 241...197 | 800...830 | масло | 61 | 150...200 | 64...61 |
| XВГ | 770...790 | 255...207 | 800...830 | масло | 62 | 140...160 170...200 | 65...62 62...60 |
| B1 | 780...800 | 229...187 | 800...850 | вода | 62 | 150...200 | 64...62 |
| XB5 | 730...750 | 321...255 | 800...820 | вода | 65 | 100...120 120...160 | 66...64 65...64 |

Таблица 30

Состав основных марок быстрорежущих сталей, %

| Сталь | C | Cr | W | Mo | V | Co |
|----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|
| P18 | 0,7...0,8 | 3,8...4,4 | 17,0...18,5 | < 1,0 | 1,0...1,4 | - |
| P12 | 0,8...0,9 | 3,1...3,6 | 12,0...13,0 | < 1,0 | 1,5...1,9 | - |
| P9 | 0,85...0,95 | 3,8...4,4 | 8,5...10,0 | < 1,0 | 2,0...2,6 | - |
| P6M5 | 0,82...0,90 | 3,8...4,4 | 5,5...6,5 | 5,0...5,5 | 1,7...2,1 | - |
| P3M3Φ2 | 0,85...1,1 | 3,6...4,3 | 2,6...3,3 | 2,6...3,3 | 1,5...2,0 | - |
| P3M3Φ3 | 1,0...1,15 | 3,8...4,6 | 2,2...2,9 | 2,3...2,9 | 2,2...2,8 | - |
| P0M3Φ2 | 0,9...1,05 | 4,0...5,0 | - | 3,2...4,0 | 2,0...2,6 | - |
| P0M2Φ3 | 1,1...1,25 | 3,8...4,6 | - | 2,3...2,9 | 2,6...3,3 | - |
| P6M5K5 | 0,80...0,88 | 3,8...4,3 | 6,0...7,0 | 4,8...5,3 | 1,7...2,2 | 4,8...5,3 |
| P6M5Φ2K8 | 0,95...1,05 | 3,8...4,4 | 5,5...6,6 | 4,6...5,2 | 1,8...2,4 | 7,5...8,5 |
| P9M4K8 | 1,0...1,1 | 3,0...3,6 | 8,5...9,6 | 3,8...4,3 | 2,1...2,5 | 7,5...8,5 |

Таблица 31

Режимы термической обработки инструментов из быстрорежущей стали

| Сталь | Закалка | | | Отпуск | | |
|--------|--------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| | температура, °C | твёрдость, HRC | количество аустенита, % | температура, °C | число отпусков | твёрдость, HRC |
| P18 | 1270...1290 | 62...64 | 25 | 560 | 3 | 63...65 |
| P12 | 1240...1260 | 62...64 | 25 | 560 | 3 | 63...65 |
| P9 | 1220...1240 | 62...64 | 30 | 560 | 3 | 63...65 |
| P6M5 | 1210...1230 | 62...64 | 25 | 550 | 2-3 | 63...65 |
| P0M2Φ3 | 1190...1220 | 62...63 | 30 | 560 | 2 | 63...65 |

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ

Разработать технологический процесс термической обработки сверла.

Марка стали: P18.

Операции термической и химико-термической обработки: отжиг, закалка, отпуск, цианирование.

Твердость после обработки: 1100 HV.



Рис.49. Эскиз сверла

1. Сталь P18 относится к инструментальным быстрорежущим сталям.

Эти стали применяются для изготовления разнообразного режущего инструмента, работающего при высоких скоростях резания в тяжелых условиях разогрева режущей кромки до 600 °С. Быстрорежущие стали являются высоколегированными.

Химический состав стали P18 (ГОСТ 19265-73): C = 0,7...0,8 %; Cr = 3,8...4,4 %; W = 17,5...19 % и V = 1...1,4 %.

Сталь P18 принадлежит к ледебуритному классу легированных сталей. Микроструктура такой стали в литом состоянии состоит из темного сорбитообразного перлита, светлых карбидов и «скелетного» вида ледебуритной эвтектики.

Для разрушения неблагоприятной формы ледебуритной эвтектики и устранения хрупкости литею быстрорежущую сталь подвергают горячей обработке (прокатке, ковке).

Быстрорежущая сталь P18 сочетает главное свойство сталей – теплостойкость 600...620 °С (теплостойкость характеризуется температурой четырехкратного нагрева, до которой закаленная и отпущенная сталь сохраняет твердость не ниже 60 HRC) – с высокими износостойкостью при нагреве до 600...700 °С и сопротивлением пластической деформации (предел текучести при сжатии) 510 МПа при твердости 67–68 HRC. Предел прочности стали P18 послековки 840 МПа. Вязкость – 190 кДж/м².

2. Легирующие примеси находятся в стали P18 растворенными в феррите (легированный феррит) и в виде карбидов. Основным является двойной карбид Cr_{23}C_6 , в небольших количествах присутствует карбид типа $\text{Fe}_2\text{W}_2\text{C}$ и карбид цементитного типа. Присутствие этих легирующих примесей оказывает влияние на положение критических точек A_{c1} , A_{c3} , A_{cm} – происходит сужение области γ -железа и расширение области α -железа, повышается температура критической точки A_{c1} . Указанные легирующие элементы ускоряют изотермический распад аустенита, сдвигаются влево C-образные кривые. Вольфрам и хром в форме карбидов значительно понижают температуру мартенситного превращения (M_H) и увеличивают количество остаточного аустенита. Отсюда следует, что увеличивается критическая скорость закалки, а прокаливаемость уменьшается.

3. 1) Отжиг

С целью устранения внутренних напряжений, возникающих в процессековки, понижения твердости, улучшения обрабатываемости и подготовки структуры к закалке, быстрорежущую сталь послековки обычно подвергают отжигу. В нашем случае наиболее оптимален отжиг с непрерывным охлаждением.

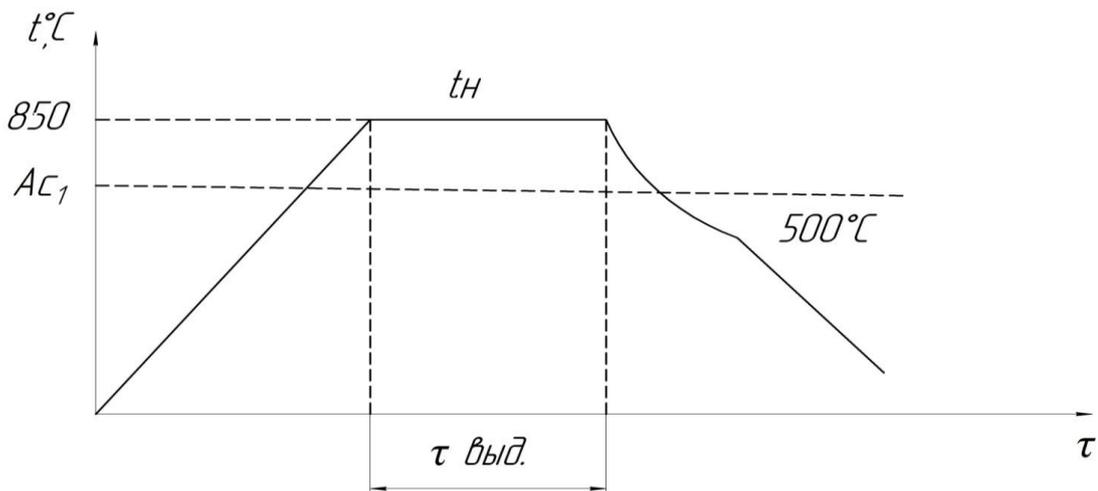


Рис. 50. Схема отжига стали P18

Температура нагрева $t_H = 850^\circ\text{C}$,
 время прогрева $\tau_{\text{пр.}} = 10$ мин,
 время выдержки $\tau_{\text{выд.}} = 2$ часа,
 скорость охлаждения $V \leq 30$ град/час (охлаждение с печью до 500°C , далее – на воздухе).

После отжига структура стали состоит из темного цвета сорбитообразного перлита (феррит + мелкие эвтектоидные карбиды), светлых крупных первичных карбидов, выделившихся из жидкости при кристаллизации и мелких светлых вторичных карбидов, выделившихся из аустенита (см. лабораторную работу № 12, рис. 37).

II) *Закалка*

Для закалки быстрорежущую сталь нагревают до высоких температур. Температура нагрева под закалку – 1280°C.

Из-за низкой теплопроводности нагрев до 850 °С проводят медленно (10...15 мин), а затем до 1280 °С быстро во избежание окисления и обезуглероживания (рис. 51). Нагрев выполняют в смеси солей BaCl₂ (78 %) и NaCl (28 %) при 800...850 °С и далее в чистой соли BaCl₂. Выдержка при окончательном нагреве ($\tau_{\text{выд.}}$) = 10...12 с на 1 мм диаметра или наименьшей стороны

$$\tau_{\text{выд.}} = 10 \cdot 10 = 100 \text{ с}$$

Охлаждение при закалке стали P18 следует проводить в масле. После закалки стали в масле получается структура, состоящая из мартенсита (50 %), остаточного аустенита (30 %) и карбидов (20 %). Но под микроскопом мартенсит не виден (см. лабораторную работу № 12, рис. 38, а).

После закалки сталь имеет твердость HRC 62...64.

III) *Отпуск*

Для устранения остаточного аустенита, имеющего пониженную теплопроводность и твердость, и ухудшающую тем самым режущую способность инструмента, закаленную сталь подвергают отпуску.

Для инструментов небольшого сочленения (сверл), нагреваемых в автоматизированных агрегатах с точной регулировкой температур, применяют трехкратный отпуск в течение 20 мин, при 580...590 °С (рис. 51).

После отпуска структура стали состоит из игольчатого мартенсита и светлых карбидов (см. лабораторную работу № 12, рис. 38, б). Количество остаточного аустенита уменьшается до 2%, а твердость повышается до HRC 65.

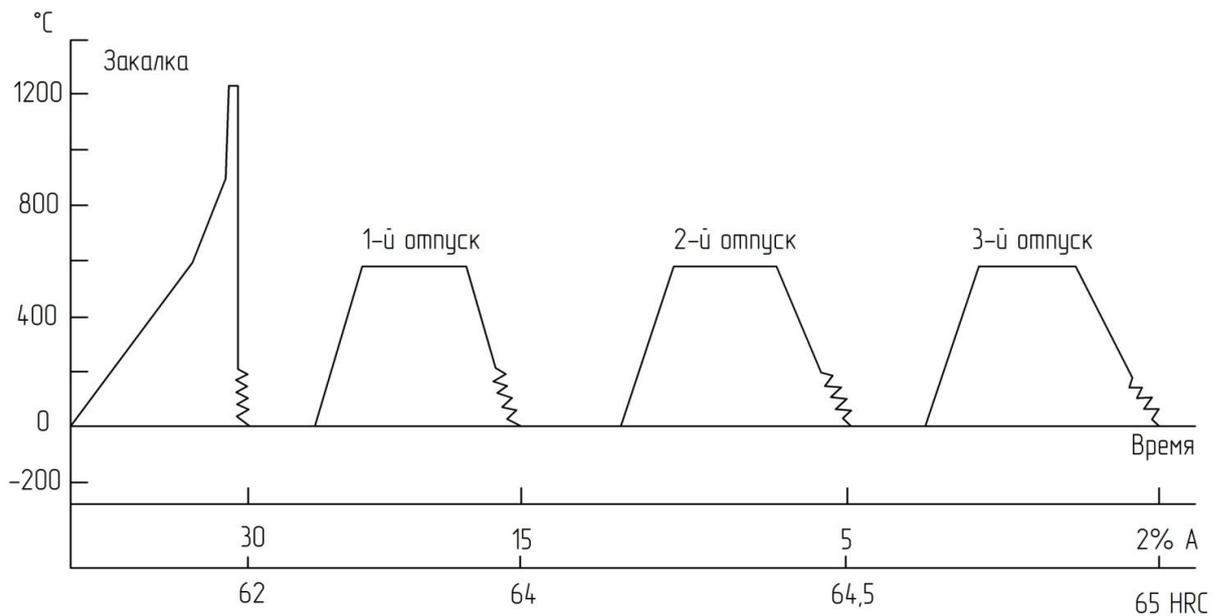


Рис. 51. Схема закалки и отпуска быстрорежущей стали марки P18

IV) Цианирование

Качество инструмента в значительной мере определяется свойствами поверхностного слоя, которые в процессе термической обработки или в результате шлифования могут существенно снижаться.

Наиболее эффективно свойства поверхностного слоя могут быть повышены в результате химико-термической обработки, поскольку в результате её возрастают твердость, теплостойкость, стойкость против коррозии. Сталь P18 подвергают жидкому низкотемпературному цианированию. Эта работа заключается в насыщении поверхностного слоя углеродом и азотом в расплаве солей NaCN (KCN) в течение 15...30 мин, при 560...580 °C. Твердость слоя после азотирования HV 1000...1100.

Сводный график термической и химико-термической обработки сверла представлен на рис. 52.

Результаты расчетов технологического процесса термической и химико-термической обработки сверла сведены в таблице 32.

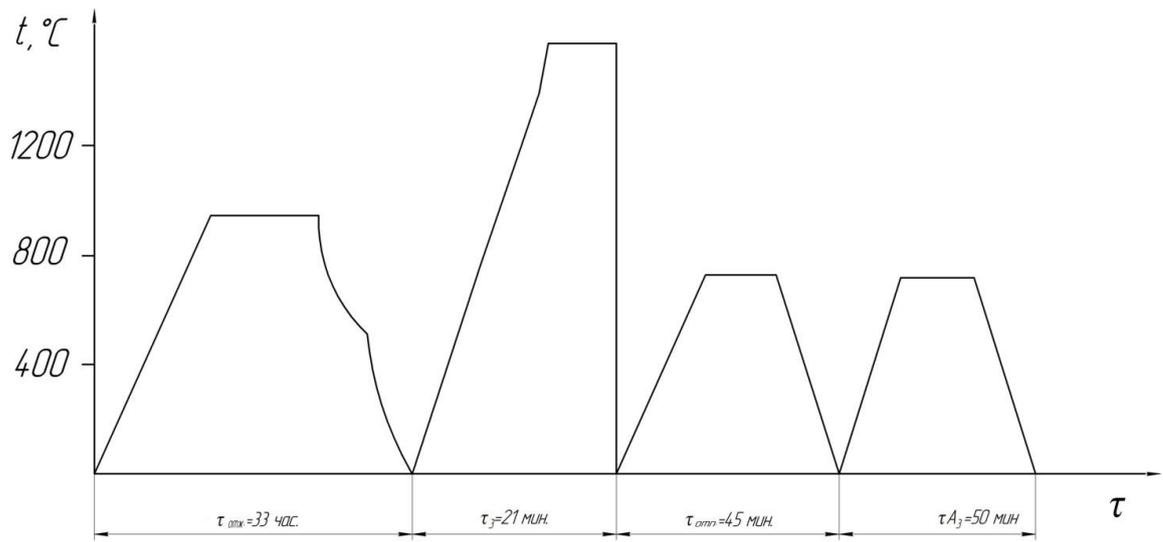
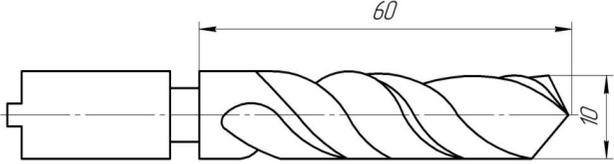


Рис. 52. Сводный график термической и химико-термической обработки сверла

Технологическая карта термической обработки сверла

| | | | | | | | |
|---|-----------------------|--|---------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|--|
| Эскиз детали  | | КрасГАУ | | Кафедра «Технология машиностроения» | | | |
| | | Наименование детали: сверло | | | | | |
| | | Материал: сталь P18 | | | | | |
| | | Габариты детали: $l = 60$ мм, $d = 10$ мм | | | | | |
| | | Технические условия: высокая поверхностная твердость не менее 1000 HV, высокая теплостойкость 600...620 °С | | | | | |
| | | Режим нагрева и охлаждения | | | | | |
| № операции | Наименование операции | °С | Нагревательная печь | Время нагрева и выдержки, мин | Охлаждающая среда | Твердость HRC (HB) | |
| 1 | Отжиг | 850 | конвейерная печь | 130 | с печью до 500 °С, далее – воздух | (207...255) | |
| 2 | Закалка | 1280 | соляная печь | 19 | масло | 60...62 | |
| 3 | Отпуск | 590 | конвейерная печь | 20 | воздух | 65 | |
| 4 | Цианирование | 560...580 | соляная печь | 15...30 | Соли NaCN (KCN) | HV 1000 ...1100 | |
| Составил студент: | | Группа | | Дата | | Работу принял: | |
| Иванов И.И. | | М 21 | | 15. 12. 12. | | Романченко Н.М. | |
| | | | | | | Дата | |
| | | | | | | 22. 12. 12. | |

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ К РАЗДЕЛУ
«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»**

1. Группа металлов, к которой относятся железо и его сплавы, – это...

- A) диамагнетики
- B) металлы с высокой удельной прочностью
- C) тугоплавкие
- D) черные

2. Металл (сплав), который относят к черным, – это...

- A) баббит
- B) дуралюмин
- C) коррозионностойкая сталь
- D) латунь

3. Группа металлов, к которой относится вольфрам, – это...

- A) актиноиды
- B) благородные
- C) редкоземельные
- D) тугоплавкие

4. Группа, в которой содержатся только тугоплавкие металлы, – это...

- A) вольфрам, железо
- B) молибден, цирконий
- C) никель, алюминий
- D) титан, актиний

5. Вещество, которое не является металлом, – это...

- A) пластмасса
- B) закаленная сталь
- C) бронза
- D) бериллий

6. Метод испытаний, который является структурным, – это...

- A) испытание на разрыв
- B) измерение твердости

- С) микроанализ
- Д) испытание на свариваемость

7. Элементарная кристаллическая решетка – это...

- А) тип кристаллической решетки, характерный для данного химического элемента
- В) минимальный объем кристаллической решетки, при трансляции которого по координатным осям можно воспроизвести всю решетку
- С) кристаллическая ячейка, содержащая один атом
- Д) бездефектная (за исключением точечных дефектов) область кристаллической решетки

8. Свойство, состоящее в способности вещества существовать в различных кристаллических модификациях, – это...

- А) полиморфизм
- В) изомерия
- С) анизотропия
- Д) текстура

9. Вещества, обладающие анизотропией, – это...

- А) парамагнетики
- В) монокристаллы
- С) вещества, обладающие полиморфизмом
- Д) переохлажденные жидкости

10. Метод испытаний, который является структурным, – это...

- А) испытание на разрыв
- В) измерение твердости
- С) макроанализ
- Д) испытание на свариваемость

11. Вид поверхности разрушения при усталостном изломе – это...

- А) поверхность имеет волокнистое строение
- В) поверхность гладкая
- С) поверхность имеет кристаллическое строение

Д) на поверхности имеются две зоны – с волокнистым и с кристаллическим строением

12. Поверхность излома, характерная для вязкого разрушения, – это...

- А) волокнистая, матовая
- В) блестящая, кристаллическая
- С) мелкокристаллическая
- Д) крупнокристаллическая

13. Структура металла, обеспечивающая получение высоких механических свойств, – это...

- А) дендритная
- В) мелкокристаллическая
- С) крупнокристаллическая
- Д) столбчатая

14. Микроанализ – это...

- А) визуальное исследование
- В) исследование при помощи микроскопов
- С) испытания на твердость
- Д) исследование при помощи лупы

15. Микрошлиф – это...

- А) образец металла
- В) поверхность образца, подготовленная для исследования микроструктуры
- С) поверхность образца, подготовленная для исследования макроструктуры
- Д) поверхность образца, подготовленная для измерения твердости

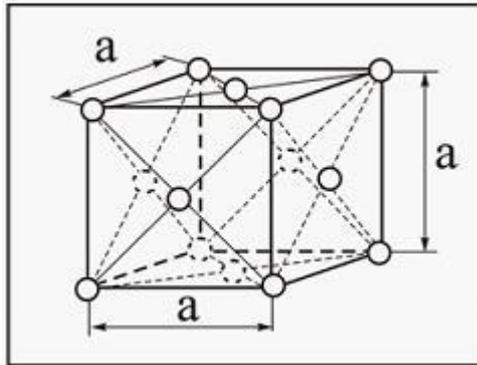
16. Прибор, применяемый для изучения структуры металлов и сплавов, – это...

- А) микроскоп
- В) спектроскоп
- С) структуроскоп
- Д) телескоп

17. **Отличительная особенность кристаллического состояния вещества – это...**

- A) высокая электропроводность
- B) высокая ковкость
- C) наличие только ближнего порядка в расположении частиц
- D) наличие дальнего порядка в расположении частиц

18. **Кристаллическая решетка, элементарная ячейка которой представлена на рисунке, – это...**



- A) гранецентрированная кубическая
- B) примитивная кубическая
- C) объемно-центрированная кубическая
- D) тетрагональная

19. **Дефект кристаллической решетки, представляющий собой край лишней полуплоскости, – это...**

- A) двойник
- B) граница зерна
- C) дислокация
- D) вакансия

20. **Линейный дефект кристаллической решетки – это...**

- A) дислокация
- B) трещина
- C) граница зерна
- D) вакансия

21. **Свойство, заключающееся в зависимости свойств от направления в кристалле, – это...**

- A) анизотропия
- B) аллотропия

- С) полиморфизм
- Д) изомерия

22. Характеристика решетки, определяющая число атомов, находящихся на наименьшем равном расстоянии от данного атома, – это...

- А) координационное число
- В) базис
- С) параметр решетки
- Д) коэффициент компактности

23. Установите соответствие вида дефекта кристаллической решетки его названию:

Вид дефекта:

- 1) Линейный дефект
- 2) Точечный дефект

Название дефекта:

- А) вакансия
- В) дислокация
- С) примесный атом

1 - ____; 2 - ____.

24. Установите соответствие названия металлов их месту в классификации:

Название металла:

- 1) Железо
- 2) Алюминий

Классификация:

- А) благородный
- В) черный
- С) цветной

1 - ____; 2 - ____.

25. Дополните:

Процесс перехода металла из жидкого состояния в твердое состояние с образованием пространственной кристаллической решетки называется _____.

26. Обозначение на чертеже HRC 60 означает...

- А) твердость по Бринеллю
- В) твердость по Роквеллу, измеренная алмазным конусом
- С) ударная вязкость
- Д) относительное сужение материала при растяжении

27. Индентор при измерении твёрдости по методу Роквелла (шкала С) – это...

- A) алмазная пирамида
- B) стальной конус
- C) алмазный конус
- D) стальной шар

28. Размерность твердости по Роквеллу – это...

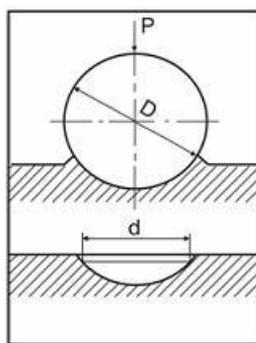
- A) кг/мм^2
- B) мм
- C) кг/мм
- D) твердость по Роквеллу – величина безразмерная

29. Обозначение твердости по Виккерсу – это...

- A) HB
- B) HRC
- C) HV
- D) HRA

30. Метод измерения твердости, схема которого представлена на рисунке, – это метод...

- A) Бринелля
- B) Виккерса
- C) Роквелла
- D) Шора



31. Единицы измерения временного сопротивления (предела прочности) – это...

- A) %
- B) ампер
- C) МПа
- D) МДж/м^2

32. Обозначение ударной вязкости – это...

- A) HV
- B) HB
- C) HRC
- D) KCU

33. Единицы измерения твердости по Бринеллю – это...

- A) мм
- B) мм²
- C) кг/мм
- D) МПа

34. Свойство материала, которое характеризует его сопротивление упругому и пластическому деформированию при вдавливании в него другого, более твердого тела, – это...

- A) выносливость
- B) прочность
- C) упругость
- D) твердость

35. Механическое свойство, определяющее способность металла сопротивляться деформации и разрушению при статическом нагружении, – это...

- A) прочность
- B) твердость
- C) ударная вязкость
- D) живучесть

36. Свойство, состоящее в способности вещества существовать в различных кристаллических модификациях, – это...

- A) аллотропия
- B) изомерия
- C) анизотропия
- D) текстура

37. Неоднородность свойств в различных направлениях заготовки – это...

- A) анизотропия
- B) ликвация

- C) строчечность
- D) полосчатость

38. Причина, по которой не рекомендуется проводить на приборе Бринелля исследования образцов с твердостью выше 450 кг/мм², – это...

- A) выйдет из строя пресс
- B) мощность пресса окажется недостаточной для проведения испытания
- C) из-за деформации шарика результаты испытания могут оказаться неточными

39. Шкала, которая используется при замере твердости по Роквеллу металлов и сплавов после химико-термической обработки, – это...

- A) A
- B) B
- C) C

40. Шкала, которая используется при замере твердости по Роквеллу незакаленных сталей, – это...

- A) A
- B) B
- C) C

41. Шкала, которая используется при замере твердости по Роквеллу цветных металлов и сплавов, – это...

- A) A
- B) B
- C) C

42. Обозначение на чертеже HRB 90 – это...

- A) твердость по Бринеллю
- B) твердость по Роквеллу, измеренная стальным шариком
- C) ударная вязкость
- D) относительное сужение материала при растяжении

43. Ударная вязкость – это...

- А) способность материала противостоять действию знакопеременных нагрузок
- В) способность материала сопротивляться внедрению другого твердого тела
- С) способность материала сопротивляться разрушению под действием динамической нагрузки
- Д) способность материала восстанавливать первоначальную форму и прежние размеры после прекращения действия сил, вызвавших изменение формы и размеров

44. Устройство, на котором определяют предел прочности (временное сопротивление), – это...

- А) твердомер
- В) маятниковый копер
- С) разрывная машина
- Д) пресс

45. Установите соответствие группы свойств названию свойства:

Группа свойств:

- 1) Механическое свойство
- 2) Технологическое свойство

Название свойства:

- А) экономичность
- В) прочность
- С) свариваемость

1 - ____; 2 - ____.

46. Установите соответствие метода измерения твердости обозначению твердости:

Метод измерения твердости:

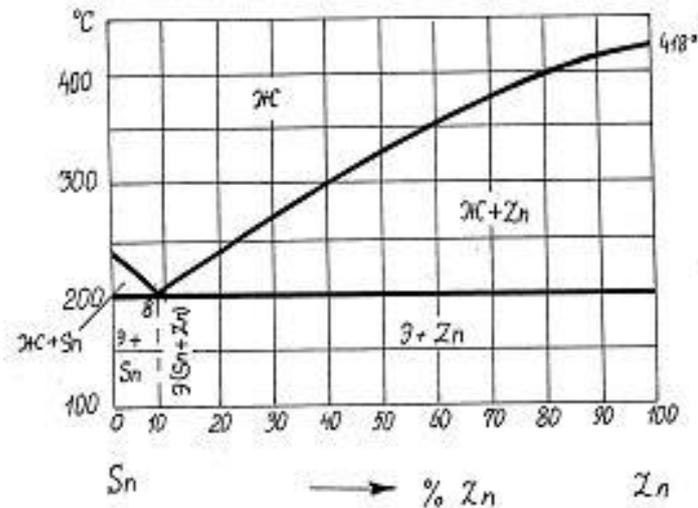
- 1) По Бринеллю
- 2) По Роквеллу

Обозначение:

- А) HB
- В) HRC
- С) HV

1 - ____; 2 - ____.

47. Фазовый состав сплава, содержащего 60 % Zn и 40 % Sn, при температуре 300 °С – это ...

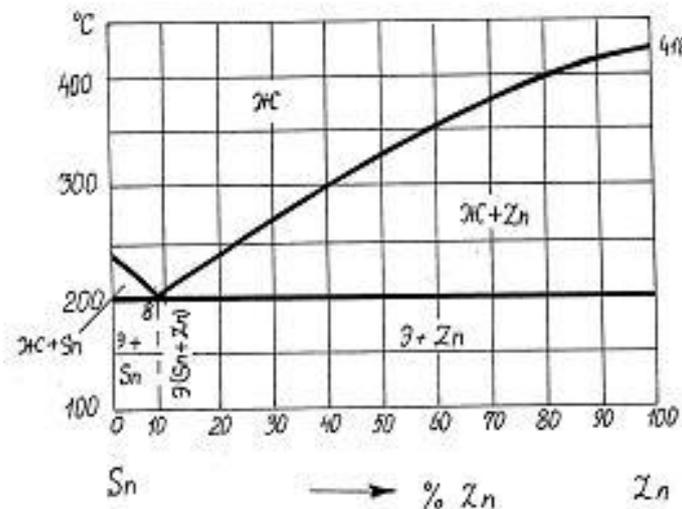


- А) эвтектическая смесь кристаллов Zn и Sn
- В) жидкая фаза и кристаллы Zn
- С) жидкая фаза
- Д) жидкая фаза и кристаллы Sn

48. Уравнение правила фаз (при постоянном атмосферном давлении) имеет вид...

- А) $C = K + F - 1$
- В) $C = F + K + 1$
- С) $C = F - K + 1$
- Д) $C = K - F + 1$

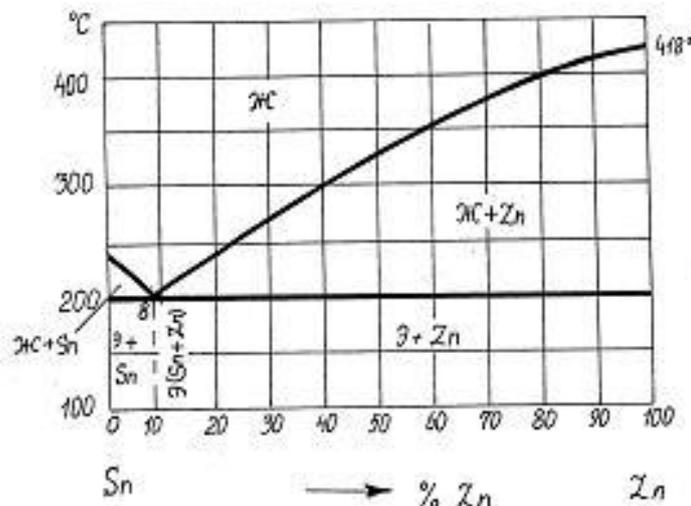
49. Фазовый состав сплава, содержащего 60 % Zn и 40 % Sn, при температуре 400 °C – это ...



- А) эвтектическая смесь кристаллов Zn и Sn
- В) жидкая фаза и кристаллы Zn

- С) жидкая фаза
- Д) жидкая фаза и кристаллы Sn

50. Фазовый состав сплава, содержащего 60 % Zn и 40 % Sn, при температуре 150 °С – это ...



- А) эвтектика и кристаллы Zn
- В) жидкая фаза и кристаллы Zn
- С) жидкая фаза
- Д) жидкая фаза и кристаллы Sn

51. Линия начала кристаллизации на диаграммах состояния – это...

- А) ликвидус
- В) солидус
- С) эвтектическая линия
- Д) перитектическая линия

52. Линия конца кристаллизации на диаграммах состояния – это...

- А) ликвидус
- В) солидус
- С) эвтектическая линия
- Д) перитектическая линия

53. Эвтектика – это...

А) вещество, образующееся при некотором соотношении компонентов и имеющее кристаллическую решетку, отличную от решеток, составляющих эвтектику веществ

- В) ограниченный твердый раствор компонентов друг в друге
- С) неограниченный твердый раствор компонентов друг в друге
- Д) смесь двух (или более) видов кристаллов, одновременно кристаллизующихся из жидкости

54. Температурные условия, при которых кристаллизуются чистые металлы, – это...

- А) в зависимости от природы металла температура может снижаться в одних случаях, повышаться в других и оставаться постоянной в третьих
- В) снижающаяся температура
- С) растущая температура
- Д) постоянная температуре

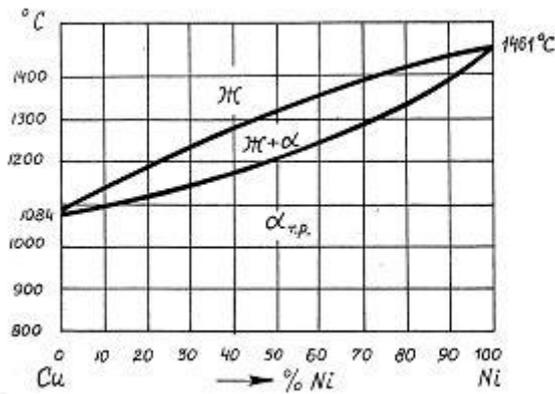
55. Температурные условия, при которых кристаллизуются эвтектики в двухкомпонентных сплавах, – это...

- А) снижающаяся температура
- В) в зависимости от вида сплава температура может расти в одних случаях, снижаться в других и оставаться постоянной в третьих
- С) постоянная температура
- В) растущая температура

56. Отличие эвтектоидного превращения от эвтектического заключается в том, что...

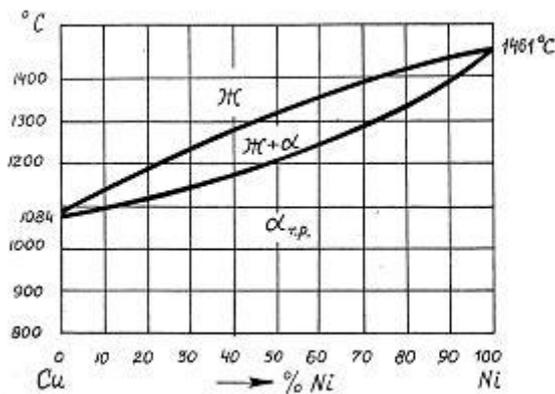
- А) при эвтектоидном превращении возникают промежуточные фазы, при эвтектическом – физико-химические смеси
- В) принципиальных отличий нет, это однотипные превращения
- С) при эвтектоидном превращении распадается твердый раствор, при эвтектическом – жидкий
- Д) при эвтектоидном превращении из твердых растворов выделяются вторичные кристаллы, при эвтектическом – из жидкости – первичные

57. Фазовый состав сплава, содержащего 20 % Ni и 80 % Cu, при температуре 1300 °С – это...



- А) твердый раствор никеля в меди
- В) жидкая фаза (жидкий раствор никеля в меди)
- С) жидкая фаза и кристаллы твердого раствора никеля в меди
- Д) механическая смесь кристаллов никеля и меди

58. Фазовый состав сплава, содержащего 30 % Ni и 70 % Cu, при температуре 1200 °С – это...



- А) твердый раствор никеля в меди
- В) жидкий раствор никеля в меди
- С) жидкая фаза и кристаллы твердого раствора никеля в меди
- Д) механическая смесь кристаллов никеля и меди

59. Правило, по которому определяют состав и количество фаз в двухфазных областях диаграмм равновесия, – это правило...

- А) Гиббса
- В) отрезков
- С) Курнакова
- Д) фаз

60. Координаты, в которых строят диаграммы состояния двухкомпонентных систем, – это...

- A) скорость охлаждения-состав
- B) температура-время
- C) время-состав
- D) температура-состав

61. Дополните:

Линия начала кристаллизации на диаграммах состояния называется линией _____.

62. Дополните:

Линия конца кристаллизации на диаграммах состояния называется линией _____.

63. Количество углерода, содержащегося в чугунах, более...

- A) 0,02 %
- B) 0,8 %
- C) 2,14 %
- D) 4,3 %

64. Количество углерода, содержащегося в сталях, менее...

- A) 0,02 %
- B) 0,8 %
- C) 2,14 %
- D) 4,3 %

65. Структурная составляющая, представляющая собой твердый раствор углерода в α -железе, – это...

- A) аустенит
- B) перлит
- C) феррит
- D) цементит

66. Структурная составляющая, представляющая собой твердый раствор углерода в γ -железе, – это...

- A) аустенит
- B) ледебурит
- C) феррит

D) цементит

67. Структурная составляющая, представляющая собой карбид железа (Fe_3C), – это...

- A) аустенит
- B) ледебурит
- C) феррит
- D) цементит

68. Структурная составляющая, представляющая собой физико-химическую смесь феррита и цементита, – это...

- A) аустенит
- B) ледебурит
- C) перлит
- D) феррит

69. Структурная составляющая, представляющая собой физико-химическую смесь аустенита и цементита, – это...

- A) аустенит
- B) ледебурит
- C) перлит
- D) феррит

70. Участок диаграммы состояния системы сплавов железо–углерод, соответствующий протеканию эвтектоидной реакции, – это...

- A) область *QPSKL*
- B) область *SECFK*
- C) линия *ECF*
- D) линия *PSK*

71. Участок диаграммы состояния системы сплавов железо–углерод, соответствующий протеканию эвтектической реакции, – это...

- A) линия *ECF*
- B) область *SECFK*
- C) область *EJBC*
- D) линия *PSK*

72. Структурная составляющая железоуглеродистых сплавов, обладающая при комнатной температуре наибольшей пластичностью – это...

- A) аустенит
- B) перлит
- C) феррит
- D) цементит

73. Структурная составляющая железоуглеродистых сплавов с наибольшей твердостью – это...

- A) аустенит
- B) перлит
- C) феррит
- D) цементит

74. Количество углерода (С, %), которое содержится в углеродистой заэвтектоидной стали, составляет...

- A) $0,02 < C < 0,8$
- B) $4,3 < C < 6,67$
- C) $2,14 < C < 4,3$
- D) $0,8 < C < 2,14$

75. Количество углерода (С, %), которое содержится в углеродистой эвтектоидной стали, составляет...

- A) $0,02 < C < 0,8$
- B) $4,3 < C < 6,67$
- C) 0,8
- D) $0,8 < C < 2,14$

76. Количество углерода (С, %), которое содержится в углеродистой доэвтектоидной стали, составляет...

- A) $0,02 < C < 0,8$
- B) $4,3 < C < 6,67$
- C) $2,14 < C < 4,3$
- D) $0,8 < C < 2,14$

77. Структурный состав заэвтектоидной стали при температуре ниже 727 °С, – это...

- A) ледебурит + первичный цементит

- В) феррит + третичный цементит
- С) перлит + вторичный цементит
- Д) феррит + перлит

78. Структурный состав доэвтектоидной стали при температуре ниже 727 °С, – это...

- А) ледебурит + первичный цементит
- В) феррит + третичный цементит
- С) перлит + вторичный цементит
- Д) феррит + перлит

79. Структурный состав эвтектоидной стали при температуре ниже 727 °С, – это...

- А) перлит
- В) феррит + третичный цементит
- С) перлит + вторичный цементит
- Д) феррит + перлит

80. Изменение механических свойств при увеличении содержания углерода в стали – это...

- А) твердость и пластичность увеличиваются
- В) твердость уменьшается, пластичность – увеличивается
- С) твердость увеличивается, пластичность – уменьшается
- Д) твердость и пластичность уменьшаются

81. Дополните:

Структурная составляющая, представляющая собой физико-химическую смесь аустенита и цементита, называется

_____.

82. Дополните:

Структурная составляющая, представляющая собой твердый раствор углерода в α -железе, называется _____.

83. Дополните:

Структурная составляющая, представляющая собой карбид железа (Fe_3C), называется _____.

84. Дополните:

Сплавы железа с углеродом, содержащие более 2,14 % С, называются _____.

85. Дополните:

Сплавы железа с углеродом, содержащие менее 2,14 % С, называются _____.

86. Структурная составляющая, представляющая собой пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе, – это...

- А) аустенит
- В) мартенсит
- С) феррит
- Д) цементит

87. Термическая обработка стали, состоящая в нагреве ее до аустенитного состояния, выдержке и последующем быстром охлаждении, – это...

- А) отжиг
- В) полная закалка
- С) неполная закалка
- Д) нормализация

88. Температура, с которой проводят закалку углеродистых заэвтектоидных сталей,...

- А) на 30...50 °С выше A_m
- В) на 30...50 °С ниже линии ECF диаграммы Fe–С
- С) на 30...50 °С выше эвтектической температуры
- Д) на 30...50 °С выше A_1

89. Температура закалки стали 50 составляет...

- А) 600...620 °С
- В) 810...830 °С
- С) 740...760 °С
- Д) 1030...1050 °С

90. Температура закалки стали У12 составляет...

- А) 760...780 °С
- В) 600...620 °С.

C) 1030...1050 °C

D) 820...840 °C

91. Закаливаемость – это...

A) глубина проникновения закаленной зоны

B) процесс образования мартенсита

C) способность металла быстро прогреваться на всю глубину

D) способность металла повышать твердость при закалке

92. Термическая обработка, состоящая в нагреве закалённой стали ниже A_1 , выдержке и последующем охлаждении на воздухе, – это...

A) отжиг

B) закалка

C) отпуск

D) нормализация

93. Вид отпуска, при котором закаленное изделие приобретает наибольшую пластичность, – это...

A) низкий отпуск

B) высокий отпуск

C) пластичность стали является ее природной характеристикой и не зависит от вида отпуска.

D) средний отпуск

94. Термическая обработка, состоящая из закалки и высоко-го отпуска, – это...

A) нормализация

B) улучшение

C) сфероидизация

D) полная закалка

95. Термическая обработка стали, состоящая в нагреве ее до аустенитного состояния, выдержке и последующем охлаждении вместе с печью, – это...

A) неполный отжиг

B) полный отжиг

C) рекристаллизационный отжиг

D) низкий отжиг

96. Термическая обработка стали, состоящая в нагреве ее до аустенитного состояния и последующего охлаждения на спокойном воздухе, – это...

- A) истинная закалка
- B) улучшение
- C) неполный отжиг
- D) нормализация

97. Изделие, для которого рекомендованы закалка и средний отпуск, – это...

- A) сверло
- B) метчик
- C) вал
- D) пружина

98. Изделие, для которого рекомендованы закалка и низкий отпуск, – это...

- A) сверло
- B) рессора
- C) вал
- D) пружина

99. Изделие, для которого рекомендованы закалка и высокий отпуск, – это...

- A) сверло
- B) рессора
- C) вал
- D) пружина

100. Операции термообработки вновь изготовленной шпильки головки блока – это...

- A) высокий отпуск
- B) закалка
- C) отжиг
- D) закалка и высокий отпуск

101. Сталь, которая не упрочняется при закалке, – это...

- A) 20
- B) 45

- C) 65
- D) У12

102. **Кристаллическая решетка, которую имеет мартенсит,**

...

- A) кубическая
- B) ГПУ
- C) тетрагональная
- D) ГЦК

103. **Критическая скорость охлаждения при закалке – это...**

- A) максимальная скорость охлаждения, при которой еще протекает распад аустенита на структуры перлитного типа
- B) минимальная скорость охлаждения, необходимая для получения мартенситной структуры
- C) минимальная скорость охлаждения, необходимая для фиксации аустенитной структуры
- D) минимальная скорость охлаждения, необходимая для закалки изделия по всему сечению

104. **Линия диаграммы состояния железо-углерод, на которой расположены критические точки A_m , – это...**

- A) PSK
- B) SE
- C) ECF
- D) GS

105. **Линия диаграммы состояния железо-углерод, на которой расположены критические точки A_3 , – это...**

- A) PSK
- B) SE
- C) ECF
- D) GS

106. **Линия диаграммы состояния железо-углерод, на которой расположены критические точки A_1 , – это...**

- A) PSK
- B) SE
- C) ECF

D) GS

107. Структурный состав, который приобретает доэвтектоидная сталь после закалки от температуры выше A_{c1} , но ниже A_{c3} , – это...

- A) мартенсит + вторичный цементит
- B) мартенсит + феррит
- C) феррит + перлит
- D) перлит + вторичный цементит

108. Фактор, не позволяющий применять неполную закалку для доэвтектоидных сталей (в отличие от заэвтектоидных), – это...

- A) образуется мартенсит с малой степенью пересыщения углеродом
- B) образуются структуры немартенситного типа (сорбит, троостит)
- C) изделие прокаливается на недостаточную глубину
- D) в структуре, наряду с мартенситом, остаются включения феррита

109. Влияние температуры отпуска на твердость изделий из углеродистой стали – это...

- A) влияние температуры отпуска на твердость неоднозначно
- B) чем выше температура нагрева, тем выше твердость
- C) чем выше температура нагрева, тем ниже твердость
- D) твердость не зависит от температуры

110. Улучшение стали – это...

- A) закалка на мартенсит и последующий высокий отпуск на сорбит
- B) отжиг на перлит
- C) закалка на троостит
- D) закалка на мартенсит и низкий отпуск

111. Операция термической обработки, которую проводят для уменьшения количества остаточного аустенита в углеродистых сталях после закалки, – это...

- A) гомогенизирующий отжиг

- В) обработка холодом
- С) низкий отпуск
- Д) высокий отпуск

112. Операция термической обработки, которую используют для устранения крупнозернистой структуры стали, – это...

- А) нормализация
- В) гомогенизирующий отжиг
- С) улучшение
- Д) закалка

113. Фактор, который влияет на закаливаемость стали, – это...

- А) степень раскисления
- В) содержание примесей
- С) содержание углерода
- Д) содержание легирующих примесей

114. Структурная составляющая, в которую превращается мартенсит при среднем отпуске углеродистых сталей, – это...

- А) сорбит отпуска
- В) перлит отпуска
- С) мартенсит отпуска
- Д) троостит отпуска

115. Температуры, при которых проводят неполный отжиг заэвтектоидных сталей, – это...

- А) 750...780 °С
- В) 660...680 °С
- С) 160...180 °С
- Д) 1100...1200 °С

116. Операция термической обработки, которую используют для получения зернистого перлита в структуре заэвтектоидных сталей, – это...

- А) неполный отжиг
- В) нормализация
- С) полный отжиг
- Д) гомогенизирующий отжиг

117. **Феррито-цементитная смесь, которая обладает наибольшей твердостью, – это...**

- A) сорбит
- B) зернистый перлит
- C) пластинчатый перлит
- D) троостит

118. **Установите соответствие** вида отпуска температуре нагрева:

Вид отпуска:

- 1) Низкий
- 2) Средний

Температура нагрева:

- A) 150...200 °С
- B) 300...400 °С
- C) 500...600 °С

1 - ____; 2 - ____.

119. **Установите соответствие** вида отпуска температуре нагрева:

Вид отпуска:

- 1) Высокий
- 2) Средний

Температура нагрева:

- A) 150...200 °С
- B) 300...400 °С
- C) 500...600 °С

1 - ____; 2 - ____.

120. **Дополните:**

Структура, представляющая собой пересыщенный твердый раствор углерода в α -железе, называется _____.

121. **Дополните:**

Термическая обработка, состоящая в нагреве закалённой стали ниже A_1 , выдержке и последующем охлаждении на воздухе, называется _____.

122. **Дополните:**

Термическая обработка, состоящая из закалки и высокого отпуска, называется _____.

123. **Дополните:**

Термическая обработка стали, состоящая в нагреве ее до аустенитного состояния и последующего охлаждения на спокойном воздухе, называется _____.

124. Установите правильную последовательность

Укажите структурные составляющие в порядке убывания их твердости:

- A) феррит
- B) мартенсит
- C) сорбит
- D) троостит

125. Конечная цель цементации стали – это...

- A) создание мелкозернистой структуры сердцевины
- B) повышение содержания углерода в стали
- C) получение в изделии твердого поверхностного слоя при сохранении вязкой сердцевины
- D) увеличение пластичности поверхностного слоя

126. Обработка, состоящая в насыщении поверхности стали одновременно азотом и углеродом, – это...

- A) азотирование
- B) улучшение
- C) цианирование (нитроцементация)
- D) модифицирование

127. Стали, которые подвергаются цементации, – это...

- A) высокоуглеродистые (более 0,7 % C)
- B) высоколегированные
- C) низкоуглеродистые (0,1 ... 0,25 % C)
- D) среднеуглеродистые (0,3 ... 0,5 % C)

128. Обработка, которая применяется для упрочнения вала, изготовленного из стали 18ХГТ, – это...

- A) объемная закалка
- B) цементация, закалка, низкий отпуск
- C) закалка токами высокой частоты
- D) ступенчатая закалка

129. Стали, которые подвергаются цементации, – это...

- A) 40ХНЗМА, 30ХГСА
- B) X12M1, У10
- C) 15ХФ, 20

D) 65, ШХ15

130. Стали, которые подвергаются азотированию, – это...

A) 40ХН3МА, 30ХГСА

B) X12M1, У10

C) 15ХФ, 20

D) 65, ШХ15

131. Обработка, состоящая в насыщении поверхности стали азотом, – это...

A) азотирование

B) улучшение

C) цианирование (нитроцементация)

D) модифицирование

132. Обработка, состоящая в насыщении поверхности стали углеродом, – это...

A) азотирование

B) улучшение

C) цианирование (нитроцементация)

D) цементация

133. Обработка, состоящая в насыщении поверхности стали алюминием, – это...

A) алитирование

B) хромирование

C) борирование

D) силицирование

134. Обработка, состоящая в насыщении поверхности стали кремнием, – это...

A) алитирование

B) хромирование

C) борирование

D) силицирование

135. Карбюризатор – это...

A) вещество, служащее источником углерода при цементации

B) карбид легирующих элементов

- С) устройство для получения топливовоздушной среды
- Д) металлический ящик с науглераживающим веществом

136. Химико-термическая обработка металлов – это...

- А) обработка поверхности металла химически активными веществами с целью удаления с поверхности оксидных пленок
- В) корректировка химического состава стали в процессе выплавки путем введения в расплав легирующих элементов
- С) обработка, проводимая для повышения механических свойств
- Д) термическая обработка металлов в химически активной среде, изменяющая состав и свойства поверхностного слоя изделия

137. Операции, которые проводят после цементации детали, – это...

- А) закалка и низкий отпуск
- В) закалка и высокий отпуск
- С) нормализация и отжиг
- Д) дополнительная термообработка

138. Цель азотирования – это...

- А) получение мелкозернистой структуры сердцевины
- В) увеличение пластичности поверхностного слоя
- С) повышение окалиностойкости
- Д) повышение твердости, износостойкости, коррозионной стойкости поверхностного слоя

139. Дополните:

Процесс насыщения поверхностного слоя стали углеродом называется _____.

140. Дополните:

Поверхностное насыщение стали хромом называется _____.

141. Последовательность операций при цементации деталей:

- А) закалка
- В) цементация
- С) низкий отпуск

142. Последовательность операций при азотировании деталей:

- A) механическая обработка для получения окончательного размера
- B) азотирование
- C) защита участков, на подлежащих азотированию
- D) доводка деталей
- E) предварительная термическая обработка

143. Сталь, относящаяся к заэвтектоидным сталям, – это сталь марки...

- A) Ст1кп
- B) У10А
- C) 10пс
- D) А11

144. Сталь, относящаяся к доэвтектоидным сталям, – это сталь марки...

- A) Ст1кп
- B) У10А
- C) 40
- D) 80

145. Сталь, относящаяся к эвтектоидным сталям, – это сталь марки...

- A) Ст1кп
- B) У10А
- C) 40
- D) 80

146. Основной критерий для разделения сталей по качеству – это...

- A) степень раскисления стали
- B) степень легирования стали
- C) содержание в стали серы и фосфора
- D) прочность

147. Класс сталей, к которой относится сталь Стбсп, – это...

- A) высококачественные стали

- В) особо высококачественные стали
- С) качественные стали
- Д) стали обыкновенного качества

148. Класс сталей, к которой относится сталь 08кп, – это...

- А) высококачественные стали
- В) особо высококачественные стали
- С) качественные стали
- Д) стали обыкновенного качества

149. Класс сталей, к которой относится сталь 45, – это...

- А) высококачественные стали
- В) особо высококачественные стали
- С) качественные стали
- Д) стали обыкновенного качества

150. Класс сталей, к которой относится сталь А20, – это...

- А) углеродистые инструментальные стали
- В) углеродистые высококачественные конструкционные стали
- С) автоматные стали с высокой обрабатываемостью резанием
- Д) конструкционная сталь, легированная азотом

151. Класс сталей, к которой относится сталь У10А, – это...

- А) высококачественная углеродистая конструкционная сталь
- В) высококачественная углеродистая инструментальная сталь
- С) автоматная сталь
- Д) конструкционная сталь, легированная азотом

152. Изделие, изготавливаемое из сталей марок 65, 70, – это...

- А) шестерня
- В) пружина
- С) сверло
- Д) шарикоподшипник

153. Изделие, изготавливаемое из стали У9, – это...

- А) шестерня
- В) пружина
- С) сверло
- Д) фреза

154. Изделие, изготавливаемое из стали 45, – это...

- A) вал
- B) пружина
- C) сверло
- D) фреза

155. Примесь, которая вызывает *красноломкость* стали, – это...

- A) марганец
- B) водород
- C) сера
- D) фосфор

156. Примесь, которая вызывает *хладноломкость* стали, – это...

- A) марганец
- B) водород
- C) сера
- D) фосфор

157. Примесь, которая приводит к образованию в стали *флокенов*, – это...

- A) марганец
- B) водород
- C) сера
- D) фосфор

158. Среднее содержание углерода в стали 30 (%) составляет...

- A) 30
- B) 3
- C) 0,3
- D) 0,03

159. Углеродистая сталь, в марке которой присутствует индекс «сп», – это сталь...

- A) кипящая
- B) полуспокойная
- C) спокойная

D) легированная

160. Углеродистая сталь, в марке которой присутствует индекс «кп», – это сталь...

- A) кипящая
- B) полуспокойная
- C) спокойная
- D) легированная

161. Углеродистая сталь, в марке которой присутствует индекс «пс», – это сталь...

- A) кипящая
- B) полуспокойная
- C) спокойная
- D) легированная

162. Среднее содержание углерода в стали 08кп (%) составляет...

- A) 0,08
- B) 0,8
- C) 8
- D) углерод в стали отсутствует

163. Среднее содержание углерода в стали У13 (%) составляет...

- A) 0,13
- B) 1,3
- C) 13
- D) углерод в стали отсутствует

164. Сталь обыкновенного качества – это...

- A) 40ХН
- B) У7А
- C) сталь 30
- D) Ст2пс

165. Дополните:

Содержание углерода в стали 30 составляет около _____ %.

166. Дополните:

Содержание углерода в стали У13 составляет около _____ %.

167. Установите соответствие примеси стали на ее влияние на свойства стали:

Примесь:

- 1) Сера
- 2) Марганец

Влияние на свойства:

- А) увеличивает хрупкость при низких температурах
- В) раскисляет вредные примеси
- С) вызывает красноломкость

1 - _____; 2 - _____.

169. Установите соответствие класса стали по назначению её марке:

Класс:

- 1) Конструкционная качественная
- 2) Инструментальная

Марка:

- А) БСт6
- В) 45
- С) У10

1 - _____; 2 - _____.

170. Установите соответствие класса стали по химическому составу её марке:

Класс:

- 1) Низкоуглеродистая
- 2) Среднеуглеродистая

Марка:

- А) 10
- В) 45
- С) У10

1 - _____; 2 - _____.

171. Установите соответствие класса стали по качеству её марке:

Класс:

- 1) Общего назначения
- 2) Высококачественная

Марка:

- А) Ст5
- В) 45
- С) У10А

1 - _____; 2 - _____.

172. **Установите правильную последовательность марок сталей, соответствующую возрастанию их твердости:**

- A) 10кп
- B) У13А
- C) 30
- D) У10

173. **Форма графита, который находится в белом чугунае,...**

- A) хлопьевидная
- B) в белом чугунае графита нет
- C) шаровидная
- D) пластинчатая

174. **Форма графита, который находится в сером чугунае,...**

- A) хлопьевидная
- B) в белом чугунае графита нет
- C) шаровидная
- D) пластинчатая

175. **Форма графита, который находится в ковком чугунае,...**

- A) хлопьевидная
- B) в белом чугунае графита нет
- C) шаровидная
- D) пластинчатая

176. **Форма графита, который находится в высокопрочном чугунае,...**

- A) хлопьевидная
- B) в белом чугунае графита нет
- C) шаровидная
- D) пластинчатая

177. **Вид чугуна (серого, ковкого, высокопрочного) определяют по...**

- A) размеру графитных включений
- B) характеру металлической основы
- C) форме графитных включений
- D) количеству графитных включений

178. Форма графита в чугуне марки КЧ35-10...

- А) пластинчатая
- В) хлопьевидная
- С) в этом чугуне графита нет
- Д) шаровидная

179. Форма графита в чугуне СЧ40...

- А) пластинчатая
- В) хлопьевидная
- С) в этом чугуне графита нет
- Д) шаровидная

180. Форма графита в чугуне ВЧ40-12...

- А) пластинчатая
- В) хлопьевидная
- С) в этом чугуне графита нет
- Д) шаровидная

181. Число 10 в марке сплава КЧ35-10 – это...

- А) относительное удлинение (%)
- В) ударную вязкость, в кДж/м²
- С) временное сопротивление (предел прочности), в кг/мм²
- Д) предел текучести, в МПа

182. Число 40 в марке сплава СЧ40 – это ...

- А) предел текучести, в МПа.
- В) предел прочности при изгибе, в кг/мм²
- С) ударную вязкость, в кДж/м²
- Д) временное сопротивление (предел прочности при растяжении), в кг/ мм²

183. Обозначение высокопрочного чугуна – это...

- А) КЧ30-5
- В) СЧ35
- С) ВЧ50-2
- Д) ЖЧЮ-22

184. Обозначение ковкого чугуна – это...

- А) КЧ30-5

- В) СЧ35
- С) ВЧ50-2
- Д) ЖЧЮ-22

185. Обозначение серого чугуна – это...

- А) КЧ30-5
- В) СЧ35
- С) ВЧ50-2
- Д) ЖЧЮ-22

186. Чугун, который получают путем модифицирования жидкого расплава магнием или церием, – это...

- А) серый
- В) белый
- С) высокопрочный
- Д) ковкий

187. Чугун, который получают путем специального графитизирующего отжига отливок доэвтектического чугуна, – это...

- А) серый
- В) белый
- С) высокопрочный
- Д) ковкий

188. Сплав, который лучше использовать для изготовления блока цилиндров тракторов, – это...

- А) серый чугун
- В) ковкий чугун
- С) сталь
- Д) высокопрочный чугун

189. Вид углерода в белых чугунах при комнатной температуре – это...

- А) хлопьевидный графит
- В) глобулярный графит
- С) цементит
- Д) пластинчатый графит

190. **Цель модификации чугуна при выплавке – это...**

- А) повышение коррозионной стойкости
- В) изменение структуры основы
- С) измельчение зерна
- Д) изменение формы графитовых включений

191. **Отличие белых чугунов от серых – это...**

- А) наличие аустенитной фазы
- В) наличие в структуре химически связанного углерода в виде цементита
- С) высокие пластичность и вязкость
- Д) ферритная структура основы

192. **Дополните:**

Чугуны, в которых графит имеет хлопьевидную форму, называются _____.

193. **Дополните:**

Чугуны, в которых графит имеет пластинчатую форму, называются _____.

194. **Дополните:**

Значение относительного удлинения δ (%) в чугуне ВЧ 50-2; составляет _____.

195. **Установите соответствие** вида чугуна его марке:

Вид чугуна:

- 1) Высокопрочный
- 2) Ковкий

Марка:

- А) СЧ35
- В) КЧ30-5
- С) ВЧ50-5

1 - ____; 2 - ____.

196. **Установите соответствие** марки чугуна форме графита в его структуре:

Марка:

- 1) СЧ35
- 2) КЧ30-5

Форма графита:

- А) шаровидная
- В) пластинчатая
- С) хлопьевидная

1 - ____; 2 - ____.

197. Леггирующий элемент, обозначаемый буквой «С» в марке стали, это...

- A) кобальт
- B) кремний
- C) селен
- D) свинец

198. Леггирующий элемент, обозначаемый буквой «Г» в марке стали, это...

- A) молибден
- B) марганец
- C) медь
- D) вольфрам

199. Леггирующий элемент, обозначаемый буквой «Н» в марке стали, это...

- A) натрий
- B) никель
- C) хром
- D) ниобий

200. Химический состав стали 20ХНЗА, – это...

- A) ~ 0,2 % С; не более 1,5 % Cr; 3 % Ni. Сталь высококачественная
- B) ~ 2 % С; не более 1,5 % Cr и Ni; ~ 3 % Ni
- C) ~ 0,02 % С; ~ 3 % Ni и ~ по 1 % Cr и Ni
- D) ~ 20 % С; не более 1,5 % Cr и около 3 % Ni

201. Среднее содержание углерода (%) в стали 20ХНЗА – это...

- A) 0,02
- B) 0,20
- C) 2,00
- D) 20,00

202. Содержание углерода в улучшаемых сталях составляет (%):

- A) 0,6...0,8
- B) 0,3...0,5
- C) 0,8...1,0
- D) 1,0...1,5

203. **Содержание углерода в цементуемых сталях составляет (%):**

- A) 0,6...0,8
- B) 0,3...0,5
- C) 0,8...1,0
- D) 0,1...0,25

204. **Сталь, относящаяся к классу конструкционных, – это сталь...**

- A) P18
- B) 45ХН
- C) ШХ15
- D) 60СГ

205. **Среднее содержание углерода (%) в стали 9ХС – это...**

- A) 0,09
- B) 0,90
- C) 9,00
- D) в этой стали углерода нет

206. **Сталь, относящаяся к классу инструментальных, – это...**

- A) P18
- B) 45ХН
- C) ШХ15
- D) 60СГ

207. **Красностойкость быстрорежущих сталей – это...**

- A) устойчивость против высокотемпературной коррозии
- B) способность сталей к пластической деформации при высоких температурах
- C) способность сталей противостоять отпуску
- D) способность сохранять высокую твердость и режущую способность при продолжительном нагреве

208. Инструментальные стали – это...

- A) 38ХН3МФ, 65Г
- B) 40ХН2МА, А22
- C) P9, У10
- D) ШХ15, 40Х

209. Технологический метод, применяемый для получения твердых сплавов, – это...

- A) обработка сверхвысоким давлением в сочетании с высоким нагревом
- B) порошковая металлургия
- C) литье с последующей термической обработкой
- D) термомеханическая обработка

210. Сталь, относящаяся к классу шарико-подшипниковых, – это сталь...

- A) P18
- B) 45ХН
- C) ШХ15
- D) 60СГ

211. Сталь, относящаяся к классу рессорно-пружинных, – это сталь...

- A) P18
- B) 45ХН
- C) ШХ15
- D) 60С2А

212. Сталь, относящаяся к классу пружинных, – это сталь...

- A) P18
- B) 45ХН
- C) ШХ15
- D) 60СГ

213. Сталь, относящаяся к классу коррозионностойких, – это сталь...

- A) P18
- B) 45ХН
- C) ШХ15

D) 12X13

214. Жаростойкость металла (сплава)– это...

A) сопротивление часто чередующимся нагреву и охлаждению

B) сопротивление коррозионному воздействию газа при высоких температурах

C) способность сохранять структуру мартенсита при высоких температурах

D) способность длительное время сопротивляться деформированию и разрушению при повышенных температурах

215. Жаропрочность металла (сплава) – это...

A) сохранение структуры мартенсита при высоких температурах

B) сопротивление коррозионному воздействию газа при высоких температурах

C) сопротивление деформированию и разрушению при повышенных температурах

D) сопротивление часто чередующихся нагрева и охлаждения

216. Кобальт в твердом сплаве играет роль...

A) связующего компонента. Увеличивает вязкость сплава

B) увеличивает износостойкость сплава

C) увеличивает твердость сплава

D) увеличивает красностойкость сплава

217. Карбид вольфрама (WC), входящий в состав твердых сплавов, обеспечивает...

A) вязкость сплава

B) твердость сплава

C) прочность сплава

D) упругость сплава

218. Название и химический состав T15K6 – это...

A) сталь. Содержит более 1 % углерода, 15 % титана, 6 % кобальта

B) медный сплав. Содержит 15 % тантала, 6 % кремния, остальное – медь

C) алюминиевый сплав. Состав устанавливается по ГОСТу

D) твердый сплав. Содержит 15 % карбида титана, 6 % кобальта, 79 % карбида вольфрама

219. Свойство, которым должны обладать материалы, устойчивые к абразивному изнашиванию, – это...

- A) вязкая матрица
- B) высокая твердость поверхностного слоя
- C) неустойчивость к циклическим нагрузкам
- D) высокая прокаливаемость

220. Сплав, который рекомендуется для изготовления шестерни, - это...

- A) ВЧ120
- B) Ст5
- C) 40Х9С2М
- D) 20ХН

221. Содержание вольфрама и ванадия (W и V) (%) в быстрорежущей стали P18K5Ф2 – это...

- A) в этой стали вольфрама нет, V = 5 %
- B) W = 2 %, V = 18 %
- C) W = 18 %, V = 2 %
- D) W = 18 %, V = 5 %

222. Детали и конструкции, которые изготавливают из сталей марок 50Г, 50С2, 60С2ХФА, – это...

- A) пружины и рессоры
- B) кузова автомобилей
- C) зубчатые колеса
- D) режущий инструмент

223. Сталь, легированная марганцем, – это...

- A) У7А
- B) 40ХНМА
- C) P18
- D) 18Г2АФ

224. Установите соответствие детали материалу для изготовления этой детали:

Деталь:

- 1) Шестерня коробки передач
- 2) Коленчатый вал двигателя

1 - ____; 2 - ____.

Материал детали:

- A) СЧ35
- B) 18ХГТ
- C) ВЧ60

225. **Установите соответствие** детали материалу для изготовления этой детали:

Деталь:

- 1) Подшипник качения
- 2) Рессора

1 - ____; 2 - ____.

Материал детали:

- A) СЧ35
- B) 55СГ
- C) ШХ15

226. **Установите соответствие** детали материалу для изготовления этой детали:

Деталь:

- 1) Лемех плуга
- 2) Фреза

1 - ____; 2 - ____.

Материал детали:

- A) Р6М5
- B) 67Г
- C) ШХ15

227. **Дополните:**

Число 18 в марке стали Р18 обозначает содержание (%) легирующего элемента _____.

228. **Установите правильную последовательность** марок сталей и сплавов, соответствующую возрастанию их красностойкости:

- A) 9ХС
- B) У9
- C) Р6М5
- D) Т5К10

229. **Установите соответствие** легирующего элемента его обозначению в марках легированных сталей:

Легирующий элемент:

- 1) Кремний
- 2) Никель

1 - ____; 2 - ____.

Его обозначение:

- A) С
- B) Н
- C) К

230. **Дополните:**

Способность сохранять высокую твердость и режущую способность при продолжительном нагреве называется _____.

231. **Дополните:**

Сопротивление металлов (сплавов) коррозионному воздействию газа при высоких температурах называется _____.

232. **Дополните:**

Сопротивление деформированию и разрушению металлов (сплавов) при повышенных температурах называется _____.

233. **Дополните:**

Среднее содержание углерода (%) в стали 9ХС составляет _____.

234. **Дополните:**

Среднее содержание углерода (%) в стали 20ХН3А составляет _____.

235. **Свойства, которые характеризуют медь, – это...**

А) низкая $t_{пл}$ (651 °С), низкая электропроводность, низкая плотность (1740 кг/м³)

В) низкая $t_{пл}$ (327 °С), низкая электропроводность, высокая плотность (11 600 кг/м³)

С) высокая $t_{пл}$ (1083 °С), высокая электропроводность, высокая плотность (8940 кг/м³)

Д) высокая $t_{пл}$ (1665 °С), низкая электропроводность, низкая плотность (4500 кг/м³)

236. **Латунь – это сплав...**

А) меди с цинком

В) железа с никелем

С) меди с оловом

Д) алюминия с кремнием

237. **Название и химический состав сплава марки Л62 – это...**

А) литейная сталь, содержащая 0,62 % С

В) литейный алюминиевый сплав, содержащий 62 % А1

- С) латунь, содержащая 62 % Cu
- Д) сплав бронзы с медью, содержащий 62 % бронзы

238. Сплавы меди с другими элементами, в числе которых, но только наряду с другими, может быть и цинк, – это...

- А) бронзы
- В) латуни
- С) инвары
- Д) баббиты

239. Сплав, относящийся к бронзам, – это...

- А) Л70
- В) Д16
- С) БрАЖ 9-4
- Д) ВТ5

240. Класс, к которому относится бронза марки БрОЦ 4-3 - это ... бронза...

- А) кремнистая
- В) бериллиевая
- С) оловянная
- Д) алюминиевая

241. Название и химический состав сплава марки Д16 – это...

- А) баббит, содержащий 16 % олова
- В) латунь, содержащая 16 % цинка
- С) сталь, содержащая 16 % меди
- Д) деформируемый алюминиевый сплав, упрочняемый термообработкой – дуралюмин. Состав устанавливают по стандарту.

242. Сплав, относящийся к силуминам, – это...

- А) АЛ4
- В) Д16
- С) Л70
- Д) БрОФ 6,5-0,15

243. Литейный сплав системы Al-Si – это...

- A) дуралюмин
- B) латунь
- C) бронза
- D) силумин

244. Сплав, относящийся к дуралюминам, – это...

- A) АЛ4
- B) Д16
- C) Л70
- D) БрОФ 6,5-0,15

245. Элементы, образующие сплав, называемый дуралюмином, – это...

- A) алюминий, медь, магний и марганец
- B) медь и цинк
- C) алюминий и кремний
- D) медь и другие элементы

246. Элементы, образующие сплав, называемый силумином, – это...

- A) алюминий, медь, магний и марганец
- B) медь и цинк
- C) алюминий и кремний
- D) медь и другие элементы

247. Способ упрочнения изделия из сплава Д16 – это:

- A) закалка и отпуск
- B) закалка и старение
- C) закалка
- D) старение

248. Сплав, относящийся к высокопрочным алюминиевым сплавам, – это...

- A) АЛ4
- B) Д16
- C) Л70
- D) В95

249. **Баббит** – это...

- А) латунь с двухфазной структурой
- В) литейный алюминиевый сплав
- С) антифрикционный сплав
- Д) деформируемый алюминиевый сплав

250. Сплав, относящийся к антифрикционным сплавам, – это...

- А) АЛ4
- В) Д16
- С) Л70
- Д) Б83

251. Установите соответствие марки сплава основному компоненту сплава:

Марка сплава:

- 1) Л70
- 2) Д16

Основной компонент сплава:

- А) титан
- В) алюминий
- С) медь

1 - ____; 2 - ____.

252. Установите соответствие названия сплава его марке:

Название сплава:

- 1) латунь
- 2) силумин

Марка сплава:

- А) АЛ9
- В) Д16
- С) ЛС74-3

1 - ____; 2 - ____.

253. Дополните:

Силумин – это сплав алюминия и _____.

254. Дополните:

Сплав меди и цинка называется _____.

255. Установите соответствие марки сплава основному компоненту сплава:

Марка сплава:

- 1) В95

Основной компонент сплава:

- А) магний

2) БрОЦ 4-3

В) алюминий

С) медь

1 - ____; 2 - ____.

256. Установите соответствие названия сплава его марке:

*Название сплава:**Марка сплава:*

1) дуралюмин

А) АЛ4

2) баббит

В) Д1

С) Б83

1 - ____; 2 - ____.

257. Дополните:

Сплав меди с оловом и свинцом называется _____.

258. Нихром – это материал:

А) жаростойкий сплав на основе никеля

В) диэлектрический материал

С) железоникелевый сплав с высокой магнитной проницаемостью в технике

D) высокохромистый инструментальный материал

259. Назначение нихрома – это:

А) использование для изготовления нагревательных элементов

В) использование для изготовления электроизоляторов

С) использование в слаботочной технике

D) использование для изготовления штампового инструмента

260. Диэлектрики – это материалы...

А) поляризующиеся в электрическом поле

В) с обратной зависимостью электросопротивления от температуры

С) с неметаллическими межатомными связями

D) с аморфной структурой

261. Класс электротехнических материалов, к которым относятся медь – это...

А) диэлектрические материалы

В) полупроводниковые материалы

С) проводниковые материалы

D) магнитные материалы

262. Класс материалов, к которым относят пластмассы – это...

- A) диэлектрические материалы
- B) полупроводниковые материалы
- C) проводниковые материалы
- D) магнитные материалы

263. Класс электротехнических материалов, к которым относят кремний – это...

- A) диэлектрические материалы
- B) полупроводниковые материалы
- C) проводниковые материалы
- D) магнитные материалы

264. Класс электротехнических материалов, к которым относят электротехническую сталь – это...

- A) диэлектрические материалы
- B) полупроводниковые материалы
- C) проводниковые материалы
- D) магнитные материалы

265. Материалы, из которых изготавливают статоры и роторы электродвигателей, – это...

- A) нержавеющей хромоникелевые стали
- B) магнитномягкие материалы
- C) магнотнотвердые материалы
- D) трансформаторные стали

266. Материалы, которые применяются для изоляции токопроводящих частей, – это...

- A) диэлектрические материалы
- B) полупроводниковые материалы
- C) проводниковые материалы
- D) магнитные материалы

267. Структура, которой обладают ферромагнитные материалы, – это...

- A) синтетическая
- B) мартенситная
- C) доменная
- D) кристаллическая

268. Материал, который относится к терморезактивным полимерам, – это:

- A) полистирол
- B) поливинилхлорид
- C) эпоксидная смола
- D) полиэтилен

269. Электротехнические материалы, называемые ферритами, – это:

- A) твердый раствор внедрения углерода в α -Fe
- B) полупроводники
- C) проводники
- D) магнитные материалы

270. Материал, который относится к термопластичным полимерам, – это:

- A) латунь
- B) эпоксидная смола
- C) фенолоформальдегидная смола
- D) полиэтилен

271. Строение, которое имеют макромолекулы резины, ...

- A) редкосетчатое
- B) разветвленное
- C) линейное
- D) лестничное

272. **Материал, изготавливаемый на основе полимеров, – это...**

- A) стекло
- B) сталь
- C) пластмасса
- D) керамика

273. **Характерная особенность термопластичных полимерных материалов – это...**

- A) обратимо затвердевают в результате охлаждения без участия химических реакций
- B) имеют редкосетчатую структуру макромолекул
- C) формуются при повышенных температурах
- D) необратимо затвердевают в результате химических реакций

274. **Характерная особенность терморезистивных полимерных материалов – это...**

- A) в их состав включены наполнители
- B) обратимо затвердевают в результате охлаждения без участия химических реакций.
- C) имеют линейную или разветвленную структуру макромолекул
- D) необратимо затвердевают в результате химических реакций

275. **Обозначение полиэтилена низкой плотности, – это...**

- A) ПЭВП
- B) ПЭНП
- C) ПП
- D) ПС

276. **Установите соответствие класса материала его названию:**

Класс материала:

- 1) Проводник
- 2) Диэлектрик

Название материала:

- A) резина
- B) кремний
- C) медь

1 - ____; 2 - ____.

277. Установите соответствие класса материала его названию:

Класс материала:

- 1) Проводник
- 2) Полупроводник

Название материала:

- A) резина
- B) кремний
- C) медь

1 - ____; 2 - ____.

278. Установите соответствие вида полимера его названию:

Вид полимера:

- 1) Термопласт
- 2) Реактопласт

Название полимера:

- A) полиэтилен
- B) эпоксидная смола
- C) резина

1 - ____; 2 - ____.

279. Дополните:

Материал, изготавливаемый на основе полимеров, – это

_____.

280. Установите правильную последовательность проводниковых металлов, соответствующую возрастанию их электропроводности:

- A) алюминий
- B) железо
- C) медь
- D) серебро

РАЗДЕЛ II. ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОСНОВНЫЕ ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ПРОДУКТЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО И ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВ

Цель работы: по имеющимся в лаборатории наборам минералов, других образцов и сведениям о них ознакомится с основными материалами и продуктами металлургического и литейного производств.

Приборы, материалы и инструменты:

1. Коллекция минералов и материалов металлургического и литейного производств.
2. Биноклярные лупы.

Порядок работы

1. Изучить литературу по исходным материалам и продуктам металлургического и литейного производств.
2. Получить у преподавателя образцы минералов и материалов.
3. По сведениям, имеющимся в тексте методических указаний и в таблицах 34 – 43, изучить химический состав, свойства и назначение полученных материалов в производстве чугуна, стали, меди, алюминия, магния и титана. Сведения по химическому составу, свойствам и применению занести в графы 2, 4, 5 таблицы 33.

Таблица 33

Результаты исследований

| Наименование минерала или материала | Химический состав | Внешняя характеристика | Свойства | Применение |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------|----------|------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| | | | | |

4. Изучить образцы по внешнему виду и описать их в графе 3 таблицы 33 (указать цвет материала, вид излома, пористость, плотность). При изучении обратить внимание на наиболее характерные отличительные признаки образцов.

Теоретические сведения

Металлургия – наука о промышленных способах получения металлов и металлических сплавов.

Для производства черных и цветных металлов используют различные сырые материалы, являющиеся полезными ископаемыми, или специально приготовленные материалы, а также отходы металлургического производства.

К сырым материалам металлургического производства, прежде всего, относят *руды, топливо и флюсы*.

Так как металлы и их сплавы получают в большинстве случаев при высоких температурах, большое значение имеет знание состава и свойств *огнеупорных материалов*.

Руды

Термодинамически все материалы в природных условиях неустойчивы и находятся в виде оксидов, сернистых, углекислых и других химических соединений, входящих в состав различных минералов (горных пород). Исключение составляют термодинамически устойчивые золото, платина, серебро, иногда медь, встречающиеся в виде самородных металлов.

Руда представляет собой полезное ископаемое, добываемое из недр земли. Это – горная порода или минеральное вещество, из которого при данном уровне развития техники и технологии экономически целесообразно извлекать металлы или их соединения. Руда состоит из рудного минерала, содержащего металл, и пустой породы. Пустая порода обычно включает в себя кремнезём (SiO_2), глинозём (Al_2O_3), окись кальция (CaO) и окись магния в различных соотношениях.

В современном металлургическом производстве практически вся добываемая руда до плавки подвергается предварительной подготовке – дроблению и обогащению. Целью обогащения является повышение содержания полезного компонента и снижение содержания

вредных примесей путем отделения рудного минерала от пустой породы или отделения одного ценного минерала от другого. В результате обогащения получают готовый продукт – концентрат, более богатый по содержанию определенного металла, чем исходная руда, и остаточный продукт – хвосты, более бедный, чем исходная руда.

Железные руды

Железо обладает сравнительно большим сродством к кислороду и в силу этого в земной коре не обнаруживается в чистом виде, а находится, главным образом, в соединениях с кислородом и двуокисью углерода.

На практике приходится иметь дело с магнитной окисью железа Fe_3O_4 , безводной окисью железа Fe_2O_3 и водной окисью железа $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ с различным количеством адсорбированной воды. Реже встречаются соединения железа с двуокисью углерода – карбонат железа FeCO_3 .

Пустая порода железных руд обычно состоит из кварца и песчаников с примесью глины. Кроме того, в рудах всегда присутствуют различные примеси, которые в зависимости от вида плавки могут быть полезными и вредными – сера, фосфор, цинк, мышьяк, никель, хром, медь, ванадий и титан.

До 80 % всей перерабатываемой железной руды в настоящее время обогащают методом магнитной сепарации. Это позволяет повысить содержание железа в концентрате до 69 %. Обязательными операциями подготовки руды к плавке являются агломерация и окатывание.

Разнообразие видов руд, отличающихся по содержанию железа, минералогическому составу окислов железа и пустой породы, плотности, температурам превращения, определяет отличие физико-химических и теплофизических свойств руд (таблица 34).

Россия обладает огромными ресурсами железорудного сырья. Из месторождений нашего и соседних регионов можно выделить Ангаро-Питское (Красноярский край), Хакасское (город Абаза), Горно-Шорийское (Алтайский край), Коршуновское (Иркутская область).

Характеристики важнейших рудных минералов железа

| Наименование руд | Рудный минерал | Формула | Содержание Fe, % (по массе) | Плотность 10^3 кг/м ³ | Удельная теплоемкость, Дж/г·К | Теплопроводность, Вт / м · К, | T _{пл} , °С |
|------------------|----------------|---|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| Магнетитовые | магнетит | Fe ₃ O ₄ | 55...65 | 5,2 | 0,6 | 4,7...5,28 | 1538 |
| Гематитовые | гематит | Fe ₂ O ₃ | 50...60 | 5,3 | 0,6 | 11,2...13,9 | 1565 |
| Бурые железняки | лимонит | Fe ₂ O ₃ · H ₂ O | 30...50 | 4,0...4,6 | - | - | - |
| Шпатовые | сидерит | FeCO ₃ | 30...40 | 3,9 | 0,7... 0,8 | 3,0 | 1550 |
| Прочие | пирит | FeS ₂ | 47,7 | 5,1 | 0,5 | 23...38 | 1550 |

Марганцевые руды

Марганцевые руды служат добавкой, которые вводят в чугун для увеличения его твердости, вязкости и уменьшения вредного влияния серы. Кроме того, марганец в виде ферросплавов вводят в сталь в качестве раскислителя и легирующей добавки. В рудах преобладают кислородные соединения марганца: закись (MnO), закись-окись (Mn₃O₄), окись Mn₂O₃, двуокись (или перекись) (MnO₂).

Основные марганцевые минералы и величины их плотности (кг/м³) приводятся ниже:

| | |
|--|------|
| Манганозит (MnO) | 5300 |
| Пиролюзит (MnO ₂) | 4800 |
| Браунит (Mn ₂ O ₃) | 4800 |
| Гаусманит (Mn ₃ O ₄) | 4800 |
| Манганит (Mn ₂ O ₃ · H ₂ O) | 4300 |
| Гауерит (MnS ₂) | 3500 |
| Родохрозит (MnCO ₃) | 3500 |
| Родонит (MnSiO ₃) | 3550 |

Содержание марганца в марганцевых рудах составляет от 20 до 40 %. Пустая порода в основном состоит из кремнезема и глинозема. Добываемые марганцевые руды обычно подвергают промывке или гравитационно-магнитному обогащению с получением концентратов,

содержащих 40...56 % Mn. В Красноярском крае марганцевые руды добывают на Мазульском месторождении.

Медные руды

Обычное содержание меди в рудах от 0,5 % до 2,0 %, более богатые встречаются редко. Важнейшие минералы приведены в табл. 35.

Таблица 35

Важнейшие медные минералы

| Минерал | Формула | Плотность, кг/м ³ | Твердость по Моосу |
|-----------------|--|------------------------------|--------------------|
| Борнит | Cu_5FeS_4 | 4900...5200 | 3 |
| Медный блеск | Cu_2S | 5500...5800 | 2,5...3 |
| Ковеллин | CuS | 4600 | 1,5...2 |
| Халькопирит | CuFeS_2 | 4100...4300 | 3,5...4 |
| Малахит | $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ | 3700...4100 | 3,5...4 |
| Хризаколла | $\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | 2000...2200 | 2,4 |
| Самородная медь | Cu | 8900 | - |

Руды разделяют на сульфидные, окисленные и смешанные. Последние два вида в недрах встречаются редко. Сульфидные руды обогащают, в основном, способом флотации. Химический состав концентратов дан в таблице 36.

Таблица 36

Химический состав медных руд

| Исходная руда | Содержание в концентрате, % | | | | | | |
|--------------------|-----------------------------|-------|---------|---------|----------------|-------------------------|---------|
| | Cu | Zn | S | Fe | SiO_2 | Al_2O_3 | CaO |
| Медистые колчеданы | 11...20 | 4...7 | 35...43 | 32...37 | 3...5 | 3...7 | 0,5...2 |
| Медно-цинковые | 11...15 | 2...7 | 30...35 | 25...30 | 3...5 | 3...7 | 0,5...2 |
| Вкрапленники | 20...25 | - | 30 | 25...27 | 5...10 | 5...8 | 0,5...2 |

Алюминиевые руды

По содержанию в земной коре алюминий занимает первое место среди металлов (7,45 %). Он входит в состав около 250 минералов, 40 % которых относится к алюмосиликатам.

Алюминиевой рудой называют горную породу с высоким содержанием оксида алюминия. Наибольшее значение для производства глинозема (Al_2O_3) имеют бокситы, нефелины, алуниты. Примерный состав этих руд приведен в таблице 37.

Таблица 37

Состав сырья для производства глинозема, % (по массе)

| Виды сырья | Al_2O_3 | SiO_2 | Fe_2O_3 | (Na_2O+K_2O) | CaO | SO_3 |
|------------------------|-----------|---------|-----------|----------------|-----|--------|
| Боксит | 55,0 | 4,0 | 23,0 | - | 3,0 | - |
| Боксит | 60,0 | 1,6 | 11,0 | - | 4,0 | - |
| Боксит | 44,5 | 13,0 | 16,7 | - | 4,0 | - |
| Нефелин | 27,3 | 40,3 | 5,2 | 11,9 | 7,6 | - |
| Нефелиновый концентрат | 29,3 | 43,6 | 5,0 | 17,9 | 1,3 | - |
| Алунит | 21,2 | 40,5 | 5,1 | 3,8 | - | 20,1 |

Наибольшее значение имеют бокситы. Алюминий в них находится в виде гидроокисей алюминия (гиббсита, бемита и др.), корунда и каолинита. Химический состав бокситов довольно сложен. Они часто содержат более 40 химических элементов. Важной характеристикой бокситов является отношение содержаний в них Al_2O_3 к SiO_2 по массе – так называемый кремневый модуль. Минимальное значение модуля промышленных бокситов составляет 2,6.

Физические свойства бокситов очень разнообразны и непостоянны. Встречаются бокситы всевозможных цветов и оттенков – от белого до темно-коричневого. Плотность их колеблется от 1200 кг/м^3 до 3500 кг/м^3 , твердость бокситов варьируется от 2 до 7 (по Моосу).

Из учтенных мировых запасов бокситов – 64 млрд. тонн – на Россию приходится только два процента, хотя наша страна сохраняет второе место после США по выплавке алюминия.

В Красноярском крае бокситы не добываются. Перспективной является Чадобецкая группа месторождений с разведанным запасом бокситов около 300 млн. тонн, правда, невысокого качества. После

внедрения новых технологий обогащения эти бокситы могут быть использованы в производстве огнеупоров, абразивов, цемента, химкоагулянта и т.д.

Нефелины – химическая формула $(\text{Na},\text{K})_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ – являются частью горной породы, называемой уртитом.

В нефелинах Al_2O_3 содержится сравнительно немного. Однако при их комплексной переработке на глинозем с извлечением щелочей и использованием отходов для получения цемента, соды и поташа нефелины экономически целесообразны.

Работающий в крае Ачинский глиноземный комбинат сейчас использует Кия-Шалтырское месторождение нефелиновых руд, которые перерабатываются без обогащения. В ближайшем будущем, после истощения Кия-Шалтырского месторождения, планируется переход на нефелины Горячегорского месторождения близ Шарыпова.

Сырье для получения магния

В настоящее время для получения магния используют следующие его соединения: магнезит, доломит, карналлит и бишофит.

Магнезит – углекислый магниевый MgCO_3 . В магнезите содержится примеси CaO и SiO_2 в виде кварца и талька, а также Al_2O_3 и Fe_2O_3 .

Доломит – горная порода, представляющая собой двойной карбонат кальция и магния $(\text{Ca}, \text{Mg}) \text{CO}_3$.

Доломиты обычно содержат примеси кварца, кальцита, гипса и т. д. Требования, предъявляемые к доломиту: отношение CaO к MgO должно быть не более 1,54; содержание щелочных металлов не более 0,3 %.

Карналлит – $(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} \cdot \text{KCl})$ – природный хлорид магния и калия – кристаллическое вещество, обычно окрашенное примесями в розовый цвет.

Бишофит $(\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O})$ получают при переработке естественного карналлита. Кроме того, неисчерпаемые запасы его находятся в морской воде, которая содержит в среднем в 1 кг воды 3,8 г MgCl_2 , 1,7 г MgSO_4 и 0,1 г MgBr_2 .

Сырье для получения титана

Известно более 80 минералов, содержащих титан. Больше всего его содержится в редко встречаемом рутиле TiO_2 и еще реже в бруктите и анатазе.

Первостепенное для металлургии значение имеет природный ильменит $FeTiO_3$. Плотность минерала колеблется в пределах 4000... 5250 $кг/м^3$, а содержание титана в рудах 6...35 %. Месторождения бывают коренного типа и россыпи (пески).

Все больший интерес проявляют к титаногематитовым и титаномагнетитовым рудам с высоким содержанием Fe_2O_3 и Fe_3O_4 .

Руды и пески часто комплексны: помимо рутила и циркона $ZrSiO_4$ в них встречаются примеси V, Ta и Nb.

Пустая порода состоит из сложных силикатов железа и алюминия.

Металлургическое топливо

Высокие температуры, необходимые для многих пирометаллургических процессов, достигаются сжиганием топлива. Топливо может быть твердым (уголь, торф, дрова, кокс), жидким (нефть, мазут, керосин, бензин), газообразным (природный газ, доменный газ, генераторный газ и другие горючие газы). В состав любого топлива входят горючие составляющие – углерод, водород, углеводороды (метан CH_4 и другие, описываемые в общем виде формулой C_nH_m), а также негорючие – минеральные вещества и влага.

Важнейшее свойство всех топлив – выделять тепло при горении. Это свойство называется *теплотворной способностью*. Она относится к единице массы или объема топлива и часто называется калорийностью. В таблице 38 приведены округленные данные, характеризующие отдельные виды топлива.

Каменный уголь

Каменный уголь имеет много разновидностей, различающихся содержанием свободного углерода, углеводородов, смолоподобных веществ – битумов и золы. Если нужны высокие температуры, каменный уголь сжигают в пылевидном состоянии. Для этого его дробят, размалывают, а затем сушат и вдувают в печь сжатым воздухом через

особые горелки. Частицы угля быстро сгорают на лету, образуя факел.

Кокс

Кокс делают из особых сортов каменного угля, содержащих битумы. Уголь измельчают до крупности около 5 мм, увлажняют и загружают в камеры коксовых печей. Герметично закрытые камеры нагревают снаружи до 900...1000 °С. В процессе коксования угольная масса размягчается, и из нее начинают выделяться газообразные продукты, а затем она спекается в пористую массу. При выделении газов в процессе коксования эта масса растрескивается и распадается на куски. Летучие вещества отводят в холодильники, где они конденсируются и образуют ценные химические продукты (смолы, бензин и др.). После этого остается горючий газ (коксовый). Процесс коксования длится 14...16 часов. Затем кокс выталкивают из печи и тушат водой или инертными газами. Важными для доменной плавки показателями качества кокса являются зольность и содержание серы, которые должны быть минимальными. Сера – вредная примесь. В процессе плавки она может переходить в металл и ухудшать его свойства.

Теплотворная способность кокса около 27000 кДж/кг.

Коксовый газ, состоящий из водорода (50 %), метана (27 %) и других углеводородов, может служить хорошим топливом, теплотворная способность его около 18000 кДж/кг.

Мазут

Мазут – остаток от перегонки нефти, содержащий около 87 % углерода и 12 % водорода, прекрасное жидкое топливо с теплотворной способностью 40000...45000 кДж/кг.

Мазут, подогретый до 100 °С для снижения вязкости, разбрызгивают сжатым воздухом и вдувают в печь распылителем – форсункой. Мелкие капли его сгорают на лету, образуя факел.

Горючие газы

При доменной плавке часть кокса заменяют природным или доменным газом.

Природный газ. Сжигание природного газа производится с предварительной обработкой. Степень черноты газового факела небольшая, всего 0,2...0,4; поэтому излучение тепла к стенкам печи и нагреваемому металлу небольшое. Чтобы увеличить излучение, газовый факел подсвечивают, подавая в него некоторое количество мазута или угольной пыли.

Доменный или колошниковый газ. Образуется в горне доменной печи. При влажности дутья около 1 % он состоит примерно из 35 % CO; 64 % N₂ и 0,8 % H₂. По мере продвижения к колошнику состав газа меняется: CO становится меньше, а CO₂ – больше. Окись углерода расходуется на восстановление окислов железа.

Флюсы

Флюсы служат для связывания пустой породы при выплавке металлов. Вместе с окисленной пустой породой и золой топлива флюсы образуют шлак, который затем удаляется. Температура плавления окислов, входящих в состав пустой породы, а также в золу кокса (SiO₂ – 1728, Al₂O₃ – 2040, CaO – 2570, MgO – 2800 °C) значительно выше температуры плавления шлака в печи (1450...1600°C). При добавке флюсов образуются легкоплавкие составы, которые имеют температуру плавления ниже 1300 °C и характеризуются хорошей текучестью при 1450...1600 °C.

В качестве флюсов в металлургии применяют чаще всего известняк (CaCO₃), доломитизированный известняк (CaCO₃ + MgCO₃), плавиновый шпат (CaF₂), боксит и кварцевый песок. По химическому составу флюсы разделяются на кислые (CaO : SiO₂) < 1, основные (CaO : SiO₂) > 1 и нейтральные (CaO : SiO₂) ≈ 1. В железных рудах пустая порода обычно кислая, с избытком SiO₂, поэтому по технологическим причинам при выплавке чугуна и стали обычно применяют известняки и доломиты, а их количество рассчитывают, чтобы основность шихты была (CaO : SiO₂) ≈ 1.

По плотности известняки делят на тяжелые, плотные, средней плотности и легкие. Плотность известняков, кг/м³: тяжелого > 2700; плотного 2400...2700, средней плотности 2000...2400; легкого < 2000.

Известняки и доломиты применяют для основных печей.

Химический состав известняков и доломитов некоторых месторождений представлен в таблицах 39 и 40.

Основные свойства топлива, применяемого в металлургическом производстве

| Наименование топлива | Марка | Химический состав, % | Выход летучих веществ, % | Зольность, % | Влажность, % | Низшая теплотворная способность, кДж/кг |
|-------------------------------------|----------------------------|--|--------------------------|--------------|--------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Уголь бурый | БЗК | 65...75 % С; 5...6 % Н ₂ ; до 5 % S; 17...20 % (O ₂ + N ₂) | до 43 | до 20 | 20...30 | 10760...10800 |
| Уголь каменный | К14 | до 80 % С | 18...27 | 10 | 8 | 21160 |
| Уголь антрацит | А | до 98 % С | 8 | 20 | 8 | 24240 |
| Кокс каменноугольный литейный | КЛ 1 КЛ 2 КЛ 3 | 80...85 % С 0,4...0,7 % S | до 2,5 | 10...15 | 2...6 | 27300...29400 |
| Мазут топочный мартековский | 40 В 100 В МП МПС | 87 % С 12 % Н ₂ 1% (Н ₂ + N ₂) | - | 0,2...0,3 | - | 40000...45000 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------|-------------|---|---|---|---|---------------|
| Природный газ | осредненный | 93 % CH ₄ 2 % CO ₂ 1 % N ₂ 1 % H ₂ 3 % CH _{2n} | - | - | - | 27000...38000 |
| Коксовый газ | осредненный | 46...63 % H ₂ 21...27 % CH ₄ 2...7 % CO 4...18 % N ₂ | - | - | - | 18800 |
| Доменный газ | осредненный | 12 % CO ₂ 28 % CO 0,5 % CH ₄ 2,5 % H ₂ 57 % N ₂ | - | - | - | 3300...3700 |

Таблица 39

Химический состав известняков

| Месторождение | Содержание компонентов, % (по массе) | | | | | | |
|---------------|--------------------------------------|-------|------------------|--------------------------------|------|-------|-------|
| | CaO | MgO | SiO ₂ | Fe ₂ O ₃ | Mn | P | S |
| Амурское | 54,86 | - | - | - | - | 0,015 | - |
| КМА | 82,5 | 4,5 | 4,5 | - | - | - | 0,2 |
| Комсомольское | 54,75 | 0,35 | 0,72 | 0,38 | 0,02 | - | 0,032 |
| Липецкое | 52,64 | 1,06 | 1,59 | 0,87 | - | 0,007 | 0,094 |
| Новотроицкое | 41,67 | 11,06 | - | - | - | - | - |

Таблица 40

Химический состав доломитов

| Месторождение | ρ , кг/м ³ | Содержание компонентов, % (по массе) | | | | | |
|---------------|----------------------------|--------------------------------------|-------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | CaO | MgO | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | Mn ₃ O ₄ |
| Елецкое | 2820 | 32,77 | 17,82 | 0,94 | 0,52 | 0,32 | 0,01 |
| Докучаевское | 2850 | 43,76 | 9,90 | 1,26 | 0,49 | 0,04 | - |
| Сухореченское | 2830 | 31,14 | 20,18 | 0,68 | - | 0,74 | - |
| Череповецкое | 2960 | 39 | 30,5 | 3,4 | 0,7 | 1,8 | - |
| КМА | - | 35,94 | 16,75 | 0,97 | - | 0,44 | - |

Плавиновый шпат имеет плотность в пределах 3000...3800 кг/м³.
Температура плавления 1691 °С.

Применяется плавиновый шпат для основных электродуговых и мартеновских печей. Химический состав шпатов различных месторождений представлен в таблице 41.

Таблица 41

Химический состав плавиновых шпатов, %

| Месторождение | Марка | Содержание компонентов, % (по массе) | | | |
|-------------------------|----------|--------------------------------------|------------------|-------|------|
| | | CaF ₂ | SiO ₂ | P | S |
| Баох (МНР) | - | 78,0 | 18,0 | - | 0,02 |
| Голотульское | 3-й сорт | 75,0 | - | - | 1,5 |
| Узбекское | - | 96,2 | 1,5 | 0,047 | 0,33 |
| Ярославское | - | 92,3 | 2,4 | 0,038 | 0,04 |
| Колончуйский концентрат | ФКС-92 | 94,2 | 3,8 | 0,019 | 0,07 |

Кварцевый песок применяется для кислых печей и состоит на 93 % из кремнезема SiO_2 , а остальное составляют окислы Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

Огнеупорные материалы

Материалы, стойкие при температуре выше $1580\text{ }^\circ\text{C}$, промышленность выпускает в виде кирпича, фасонных изделий разных размеров и формы, иногда в порошке. Они служат для кладки стен, устройства сводов и пода металлургических и других промышленных печей.

Высокоогнеупорными условно считают вещества, остающиеся твердыми до $2000\text{ }^\circ\text{C}$, а, преодолевающие и этот предел – материалами высшей огнеупорности.

Сырьем для производства огнеупоров служат силикаты, карбиды и иные соединения, которые не плавятся и не разлагаются до температур, $^\circ\text{C}$: Al_2O_3 – 2050, SiO_2 – 1713, CaO – 2580, Cr_2O_3 – 2800, ZnO_2 – 2275, SiC – 2700, ZrO_2 – 2600, ZrC – 3500, HfC – 3900, TiB_2 – 2980, и многие другие, в том числе нитриды и силициды металлов, а также кокс и графит.

При выборе огнеупоров необходимо учитывать их механическую прочность в рабочем состоянии – при нагревании и под нагрузкой, термическую стойкость – способность не растрескиваться от резких изменений температуры, коэффициент объемного расширения, пористость, химическую инертность к кислороду, углекислоте, действию жидких шлаков или солевых расплавов, а иногда также – плотность, теплопроводность и электропроводность. В большинстве случаев последние должны быть низкими.

Наиболее ходовые огнеупорные материалы, состоят из дешевых и доступных окислов, которые при высоких температурах могут быть кислыми (SiO_2), основными (CaO , MgO), либо амфотерными (Al_2O_3 , Cr_2O_3), последние в зависимости от среды проявляют свойства кислот или оснований.

Шамотные огнеупоры

Изделия из шамота стойки до $1750\text{ }^\circ\text{C}$. Их делают из огнеупорной глины, содержащей каолинит $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO} \cdot \text{H}_2\text{O}$. Глину обжигают при $1400\text{ }^\circ\text{C}$, от этого она теряет влагу и превращается в шамот

$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$. Последний при смачивании уже не становится пластичным. Его измельчают, смешивают с водой и свежей глиной, служащей связующим. Полученную при этом полусухую массу прессуют в формах, затем сушат и обжигают.

Шамот сравнительно дешев и универсален: он термостоек и медленно разрушается как кислыми, так и основными шлаками.

Динасовые огнеупоры

Их делают в виде кирпичей, в основе которых – кварциты, содержащие не менее 95 % SiO_2 . Кварциты измельчают, смешивают с известковым молоком $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и при влажности 5...9 % прессуют. Обжиг производят после сушки, медленно повышая и снижая температуру в течение нескольких суток; максимум ее около 1450 °С.

Динас стоек до 1700 °С и прочен в рабочем состоянии. Для повышения термической стойкости в шихту вводят до 30 % мелкого хромита, получая динасохромит, или добавляют карборунд (SiC) для получения динасокарборунда.

Магнезитовые огнеупоры

Они состоят из периклаза (80...85 % MgO). Сырьем служит природный магнезит MgCO_3 , обжигаемый для получения окиси при температуре 1600 °С, которая делает его химически инертным.

Наиболее чистая окись идет на изготовление кирпича, а худшая – для набойки и наварки подин печей. Магнезитовый кирпич стоек против основных шлаков. Он высокоогнеупорен (2000 °С), прочен, плотен, но дорог.

Доломитовые огнеупоры

Они изготавливаются в виде изделий и порошков из минерала доломита $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$. Доломит обжигают для удаления CO_2 при температуре 1600...1700 °С. Добавка кварцита или трепела связывает окись кальция в силикаты Ca_2SiO_4 и Ca_3SiO_5 . Доломит дешевле магнезита, но менее огнеупорен. Применение доломита подобно магнезиту.

Основные свойства огнеупорных материалов, применяемых в металлургическом производстве

| Наименование | Химический состав | Прочность на сжатие, кН/см ² | Температура начала деформации, °С | Огнеупорность, °С | Применение |
|--------------------------------|---|---|-----------------------------------|-------------------|---|
| Динасовый кирпич | 95...98 % SiO ₂ | 2,45...2,94 | 1630 | 1730 | Для кладки стен, подин и сводов мартеновских и электропечей |
| Шамотные изделия | 55...60 % SiO ₂ 34...38 % Al ₂ O ₃ 1...5 % H ₂ O | 0,98...6,88 | 1350 | 1730 | Для футеровки ковшей, газо- и воздухонагревателей |
| Хромомагнезиты | 42...55 % MgO 15...17 % Cr ₂ O ₃ 25...29 % Al ₂ O ₃ | 2...5 | 1500...1630 | 2000 | Для стен и сводов основных мартеновских печей |
| Магнезитовые изделия и порошки | 80...85 % MgO | 2,94...4,5 | 1500 | 2000 | Для основных печей |
| Кварцевый песок | 93...100 % SiO ₂ | - | - | 1730 | Для наварки пода кислых мартеновских печей |
| Доломитовые изделия и порошки | 52...58 % CaO 35...38 % MgO | - | - | 1800-1950 | Кладка и наварка подин основных печей |

Хромомагнетитовые огнеупоры

Эти огнеупоры после формовки и обжига при 1650 °С содержат MgO 42...55 %, а Cr₂O₃ 15...17 %. Шихту для них составляют из природного хромита FeCrO₃ и обожженного магнезита, смешивая их в разных соотношениях. По огнеупорности эти изделия не уступают магнезиту, но сравнительно нейтральны

Чугуны и ферросплавы

Чугуны являются продуктами плавки железных руд в доменных печах. По назначению чугуны делятся на три вида:

1) Передельные: М1, М2, М3 и Б1, Б2; передельные фосфористые МФ1, МФ2, МФ3, и передельные высококачественные ПВК1, ПВК2, ПВК3, предназначенные для передела на сталь.

2) Литейные чушковые: ЛК00, ЛК0, ЛК1, ЛК2 и далее до ЛК7, предназначенные для изготовления различных отливок.

3) Ферросплавы: ферромарганец Мн5, Мн6, Мн7 и зеркальный чугун ЗЧ1, ЗЧ2, ЗЧ3; ферросилиций ФС75, ФС45, ФС20.

Таблица 43

Химический состав некоторых чугунов, %

| Марка | Содержание компонентов, % (по массе) | | | | |
|-------|--------------------------------------|------|------|------|------|
| | C | Si | Mn | P | S |
| ЛК00 | 3,6 | 4,0 | 1,0 | 0,15 | 0,03 |
| ЛК0 | 3,64 | 3,5 | 0,8 | 0,20 | 0,03 |
| ЛК1 | 3,6 | 3,0 | 0,8 | 0,20 | 0,03 |
| ЛК2 | 3,95 | 2,45 | 0,23 | 0,09 | 0,04 |
| М3 | 4,41 | 0,46 | 0,23 | 0,10 | 0,03 |

Ферросплавы – это сплавы железа с кремнием, марганцем, хромом, вольфрамом и другими элементами, применяемые при производстве стали для ее *раскисления и легирования*. В доменном процессе получают ферромарганец, содержащий 70...75 % Mn, и ферросилиций (9...13 % Si).

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.
3. Таблица 33.

Контрольные вопросы

1. Что такое руда?
2. Назовите железные руды и напишите их химические формулы.
3. Основные руды, служащие для получения меди, алюминия, титана, их формулы.
4. Какие виды обогащения руд вы знаете?
5. Какие виды топлива применяются в металлургии?
6. Важнейшие характеристики топлива.
7. Из чего изготавливают огнеупоры?
8. Основные виды огнеупоров.
9. Какими свойствами обладают огнеупоры?
10. Для каких целей применяют флюсы?
11. Назовите основные минералы, применяемые в качестве флюсов.
12. Что такое раскисление стали, для чего оно проводится?
13. Какие степени раскисления стали вы знаете?
14. Что такое легирование стали?
15. Назовите материалы, применяемые для раскисления и легирования стали.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

РАЗРАБОТКА ЭЛЕМЕНТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВКИ В ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫХ ФОРМАХ

Цель работы: ознакомиться с основами разработки технической документации на отливку детали в песчано-глинистых формах.

Приборы, материалы и инструменты:

Макеты элементов модельного комплекта.

Порядок работы

1. Выполнить эскиз заданной детали, показать на нем все размеры.
2. Назначить припуски на механическую обработку и разработать чертеж отливки.
3. Назначить припуски на усадку металла и разработать чертеж деревянной модели.
4. Оформить чертеж литейной формы в сборе (с элементами литниковой системы).

Теоретические сведения

Разработка технологического процесса изготовления отливки начинается с рассмотрения возможных вариантов ее расположения в форме. Наибольшая размерная точность отливки достигается в тех случаях, когда она вся расположена в одной опоке.

Однако на практике чаще формовку производят в двух опоках по разъемной модели.

При определении наиболее оптимальной для данной детали поверхности разъема следует руководствоваться следующими правилами:

1. Разрез формы модели лучше делать по плоскости.
2. При выборе разъема формы стремиться к тому, чтобы в процессе ее изготовления модель могла беспрепятственно извлекаться из формы.
3. Оптимальный вариант разъема формы должен обеспечивать ее изготовление с минимальным количеством стержней.

На чертеже разъем литейной формы обозначается буквой МФ (рис. 54), а положение отливки в форме обозначают буквами В (верх) и Н (низ).

После определения поверхности разъема литейной формы определяются контуры модели. Перед составлением чертежа модели разрабатывается чертеж отливки (рис. 54). Отливка отличается от готовой детали (рис. 53) как размерами, так и формой.

Размеры отливки отличаются от размеров детали на величину припусков на механическую обработку. Наружные размеры увеличиваются, внутренние – уменьшаются. Припуск на механическую обработку изображают сплошной тонкой линией.

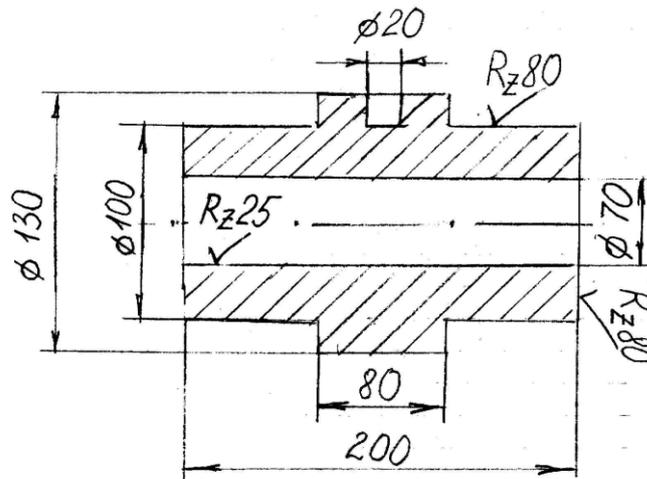


Рис. 53. Чертеж детали

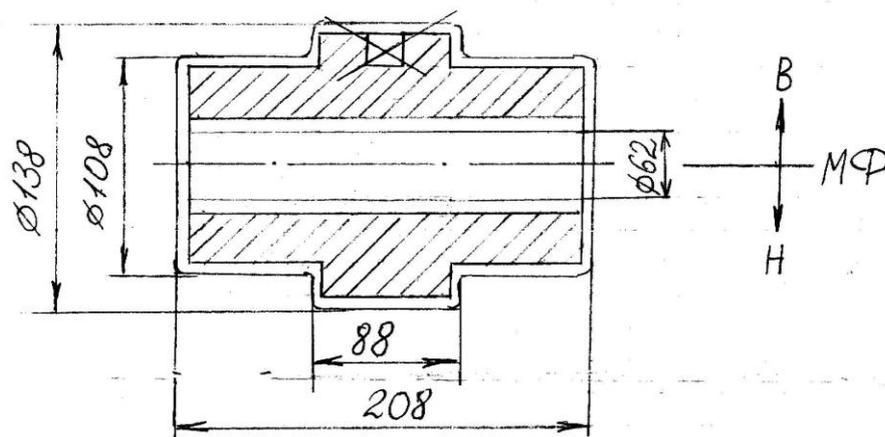


Рис. 54. Чертеж отливки

У литых деталей механической обработке подвергаются поверхности, которые оказывают влияние на работу машины. К ним отно-

сятся поверхности, образующие с поверхностями других деталей кинематические пары (например, вал и подшипник, цилиндр и поршень и т.д.) или непосредственно участвующие в работе машин (лопатки турбин).

По чистоте обрабатываемой поверхности отливки делятся на три класса. Отливки I класса точности (для наиболее ответственных деталей) получают, в основном, при использовании специальных видов литья. В разовых песчано-глинистых формах получают отливки II и III классов точности.

Установление оптимальных величин припусков на механическую обработку является одним из важных условий экономического использования металлов. Величина припуска определяется габаритами деталей, способом изготовления отливки, а также положением детали в форме (на частях, расположенных при заливке формы наверху, назначаются большие припуски) (табл. 44, 45, 46).

Таблица 44

Припуски на обработку резанием отливок из серого чугуна I, II, III классов точности, мм

| Наибольший габаритный размер отливки, мм | Положение поверхности при заливке | Номинальный размер, мм | | | | | | | |
|--|-----------------------------------|------------------------|-----|--------------|-----|-----|----------------|-----|-----|
| | | До 50 | | Св.50 до 120 | | | Св. 120 до 200 | | |
| | | I | II | I | II | III | I | II | III |
| До 120 | Верх | 2,5 | 3,5 | 2,5 | 4,0 | 4,5 | - | - | - |
| | Низ, бок | 2,0 | 2,5 | 2,0 | 3,0 | 3,5 | - | - | - |
| Св. 120 до 260 | Верх | 2,5 | 4,0 | 3,0 | 4,5 | 5,0 | 3,0 | 5,0 | 5,5 |
| | Низ, бок | 2,0 | 3,0 | 2,5 | 3,5 | 4,0 | 2,5 | 4,0 | 4,5 |
| Св. 260 до 500 | Верх | 3,5 | 4,0 | 3,5 | 5,0 | 6,0 | 4,0 | 6,0 | 6,0 |
| | Низ, бок | 2,5 | 3,5 | 3,0 | 4,0 | 4,5 | 3,5 | 4,5 | 5,0 |
| Св. 500 до 800 | Верх | 4,5 | 5,0 | 4,5 | 6,0 | 7,0 | 5,0 | 6,5 | 7,0 |
| | Низ, бок | 3,5 | 4,0 | 3,5 | 4,5 | 5,0 | 4,0 | 4,5 | 5,0 |

Примечание: Под *номинальным размером* понимается наибольшее расстояние между противоположными обрабатываемыми поверхностями или расстояния от базисной поверхности или оси отливки до обрабатываемой поверхности.

Таблица 45

*Припуски на обработку резанием стальных отливок
I класса точности, мм*

| Наибольший габаритный размер отливки, мм | Положение поверхности при заливке | Номинальный размер, мм | | | |
|--|-----------------------------------|------------------------|---------------|----------------|----------------|
| | | До 50 | Св.120 до 260 | Св. 260 до 500 | Св. 500 До 800 |
| До 120 | Верх | 3,5 | - | - | - |
| | Низ, бок | 3,0 | - | - | - |
| Св. 120 до 260 | Верх | 4,0 | 5,0 | - | - |
| | Низ, бок | 3,0 | 3,5 | - | - |
| Св. 260 до 500 | Верх | 5,0 | 5,0 | 6,0 | - |
| | Низ, бок | 3,0 | 4,0 | 4,0 | - |
| Св. 500 до 800 | Верх | 5,0 | 6,0 | 7,0 | 7,0 |
| | Низ, бок | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 5,0 |

Таблица 46

*Наибольшие припуски на обработку резанием отливок
из цветных сплавов, мм*

| Наибольший габаритный размер отливки, мм | Производство | | | | | |
|--|--------------|---------|----------|---------|-----------|---------|
| | Массовое | | Серийное | | Единичное | |
| | простые | сложные | простые | сложные | простые | сложные |
| До 100 | 1,5 | 2,0 | 2,0 | 3,0 | 2,0 | 3,0 |
| Св. 100 до 200 | 1,58 | 2,0 | 2,0 | 3,0 | 3,0 | 4,0 |
| Св. 200 до 300 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 4,0 | 4,0 | 5,0 |
| Св. 300 до 500 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 5,0 | 5,0 | 6,0 |
| Св. 500 до 800 | 3,0 | 4,0 | 4,0 | 5,0 | 5,0 | 7,0 |

По форме отливка отличается от детали наличием следующих элементов:

- *формовочных уклонов*, выполняемых на плоскостях модели, перпендикулярных разъему форм, для того, чтобы модель легко вынималась из формы, не вызывая ее повреждений. Величина формовочных уклонов зависит от высоты и материала модели (табл. 47);

- *галтелей* (округления углов в литых деталях), предусматриваемых для избежания трещин в отливках и образования в углах форм и стержней участков с недостаточным уплотнением смеси и низкой прочностью;

- *напусков* – частей металла у отливки, заполняющего канавки, отверстия, впадины, которые не могут быть получены по условиям литейной технологии. При литье в песчано-глинистые формы минимальный диаметр отверстий, выполняемых в отливках, равен 8 мм. Части детали, не выполняемые литьем, зачеркивают на чертеже детали сплошной тонкой линией.

Таблица 47

*Величина формовочных уклонов для отливок,
получаемых в песчаных формах*

| Высота модели, мм | Формовочные уклоны | | | |
|-------------------|----------------------|-----------|-------------------|-----------|
| | Металлическая модель | | Деревянная модель | |
| | Град. | мм | Град. | мм |
| До 20 | 1,5 | 0,5...1,0 | 0,5 | 1,0 |
| 20...50 | 1,0 | 0,8...1,2 | 1,5 | 1,0...2,0 |
| 50...100 | 0,8 | 1,0...1,5 | 1,0 | 1,5...2,5 |
| 100...300 | 0,5 | 2,0...3,0 | 0,5 | 2,5...4,0 |

При составлении чертежа модели (рис. 55) следует учитывать отличие последней от отливки (рис. 54). Модель воспроизводит только наружные очертания отливки. Внутренние полости, отверстия воспроизводятся с помощью стержней. Поэтому модели для отливок деталей с внутренними полостями имеют на концах выступы (знаки). Знаки необходимы для образования в форме углублений, которые служат для укладывания стержня. Форма стержневых знаков соответствует форме стержней, а длина знаков зависит от длины стержней (табл. 48).

Таблица 48

Размеры стержневых знаков

| Диаметр стержня, мм | Длина знака при длине стержня между опорами, мм | | | |
|---------------------|---|-----------|-----------|-----------|
| | 90...100 | 101...200 | 201...400 | 401...700 |
| До 100 | 10...25 | 15...30 | 30 | 30 |
| 101...160 | 30 | 30 | 35 | 60 |
| 161...250 | 35 | 40 | 40 | 80 |
| 151...400 | 40 | 50 | 50 | 110 |

В зависимости от применяемых для литья сплавов все размеры модели делают больше, чем у отливки, на величину *литейной усадки*. Под литейной усадкой понимают относительную разницу в размерах модели и изготовленной по ней отливки:

$$\varepsilon_{л} = \frac{l_{м} - l_{о}}{l_{м}} \cdot 100, \quad (11)$$

где $\varepsilon_{л}$ – литейная усадка, %;

$l_{м}$ – длина модели,

$l_{о}$ – длина отливки.

Примерная литейная свободная усадка для разных сплавов (%): серый чугун – 1...1,3, сталь – 2...2,5, медные сплавы – 1,5...2,5, алюминиевые сплавы – 1...1,5.

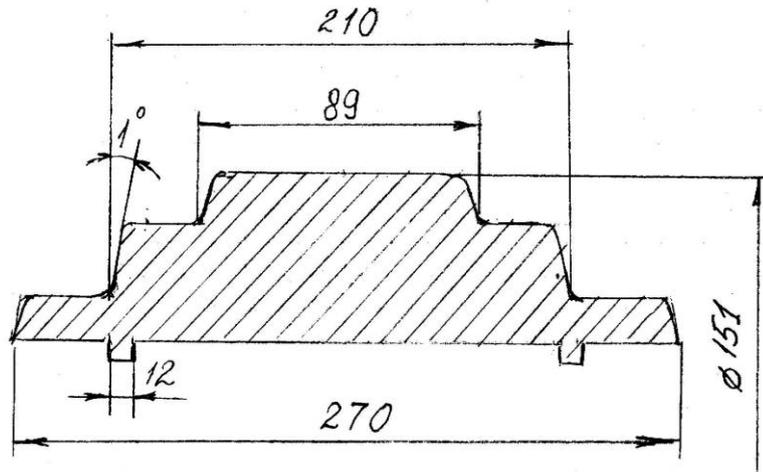


Рис. 55. Чертеж модели. (В разрезе показана половина модели)

Важным элементом технологии литья является заливка формы расплавленным металлом. Подвод металла в форму осуществляется с помощью *литниковых систем* различных конструкций – верхних; нижних или сифонных; боковых, когда питатели подводят по разьему формы; ярусных (этажных), при которых питатели подводятся на разных уровнях; дождевых (табл. 49).

Таблица 49

Основные разновидности литниковых систем

| Литниковая система | Характеристика литниковой системы |
|--------------------|---|
| Горизонтальная | Расположение питателей в горизонтальной плоскости разьема формы |
| Вертикальная | Расположение питателей в вертикальной плоскости разьема формы на нескольких уровнях (или вертикально) |

| | |
|------------|---|
| Верхняя | Подача расплава в полость формы сверху |
| Дождевая | Вертикальная, верхняя, с подводом расплава сверху через ряд питателей (отверстий малого диаметра) |
| Ярусная | Вертикальная, с подачей расплава на нескольких уровнях |
| Сифонная | Горизонтальная или вертикальная, с подачей металла снизу |
| По разъему | Подвод расплава по плоскости разъема формы |

В литниковую систему (рис. 56) входит литниковая воронка (чаша) 1, предназначенная для приема расплава и задержания попадающего вместе с ним шлака. Вертикальный канал – стояк 2 – передает расплавленный металл от воронки к другим элементам системы. Шлакоуловитель 3 служит для дальнейшей передачи металла и очистки его от шлака и неметаллических включений. Его обычно размещают по разъему в верхней полуформе. Питатели 4 служат для подвода металла из шлакоуловителя в полость формы.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Порядок проведения работы.
3. Эскиз готовой детали.
4. Эскиз отливки.
5. Эскиз деревянной модели.
6. Эскиз литейной формы в сборе (продольный и поперечный разрезы).

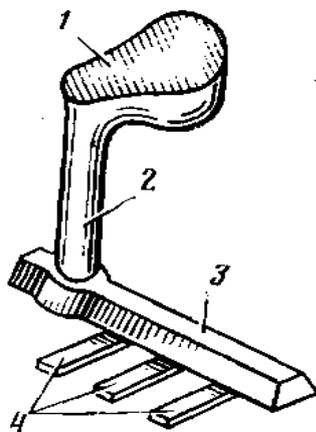


Рис. 56. Литниковая система:

1 – воронка ; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатели

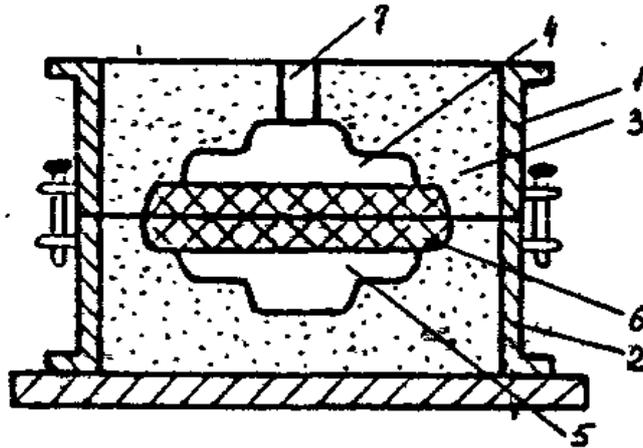


Рис. 57. Литейная форма в сборе. Продольный разрез:
1, 2 – верхняя и нижняя опоки; 3 – формовочная смесь;
4, 5 – верхняя и нижняя полуформы; 6 – стержень; 7 – выпор

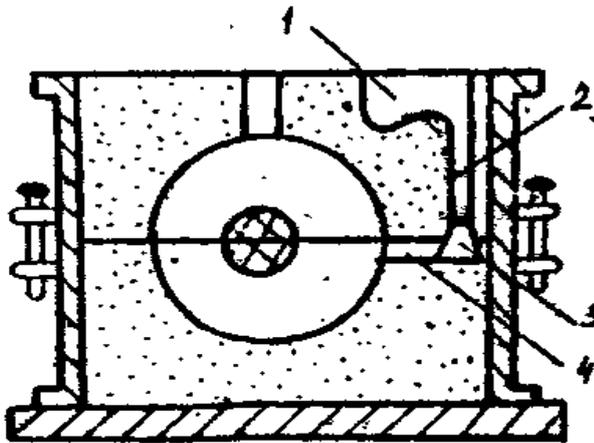


Рис. 58. Литейная форма в сборе.
Поперечный разрез с элементами литниковой системы:
1 – воронка; 2 – стояк; 3 – шлакоуловитель; 4 – питатель

Контрольные вопросы

1. Чем отличается отливка от готовой детали?
2. Почему припуски на механическую обработку различны у верхней и нижней частей отливки.
3. Что такое галтель?
4. Чем отличается модель от отливки?
5. Каково назначение стержневых знаков?
6. От чего зависит величина формовочных уклонов?
7. Что называется литейной усадкой?
8. Для чего предназначен выпор?
9. Как может осуществляться подвод жидкого металла в форму?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ПО РАЗЪЕМНОЙ МОДЕЛИ

Цель работы: закрепить теоретические знания по технологии изготовления песчаных форм ручной формовкой в опоках по разъемной модели и изготовлению отливки.

Приборы, материалы и инструменты:

1. Формовочные и стержневые смеси.
2. Модельный комплект.
3. Сухой разделительный песок.
4. Посуда для воды.
5. Сито для просеивания облицовочной смеси.
6. Формовочный инструмент (совок, ручная трамбовка, вентиляционная игла, деревянный молоток, линейка, подъем для удаления модели из формы).
7. Электрическая печь.
8. Сушильный шкаф.
9. Литейный сплав.

Порядок работы

1. Приготовить формовочную и стержневую смеси.
2. Изготовить стержень и высушить его.
3. Приготовить опочно-модельную оснастку.
4. Приготовить в электропечи сплав.
5. Изготовить полуформы верха и низа заданной отливки.
6. Собрать литейную форму.
7. Залить сплав в форму.
8. После остывания сплава в форме произвести разбивку литейной формы и очистку отливки.
9. Определить качество отливки и произвести анализ имеющихся дефектов в отливке, выявить их причины.

Теоретические сведения

В настоящее время большинство всех литых деталей в машиностроении изготавливаются в песчаных формах. Процесс изготовления

форм называется *формовкой*. Она бывает машинная и ручная. Машинная формовка применяется в заводских условиях при серийном или массовом производстве. Ручная формовка применяется при индивидуальном производстве в ремонтных мастерских.

Известны такие методы ручной формовки, как формовка в кессонах, формовка в почве, формовка в опоках, формовка по шаблону, формовка по скелетной модели и др.

Для мелкого и среднего литья в индивидуальном производстве чаще всего используется ручная формовка в опоках с подмодельной плитой по разъемной деревянной модели. Для изготовления разовой литейной формы предназначен *модельный комплект*. В его состав входят: подмодельная плита, нижняя и верхняя опоки, модель отливки, модель литниковой системы, стержневой ящик.

Изготовление стержня

Установить вертикально на подмодельную плиту 1 (рис.59, а) собранный и скрепленный струбциной стержневой ящик 2. Засыпать в него порцию стержневой смеси 3, уплотнить ее ручной трамбовкой 4. Последующей засыпкой смеси порциями и её трамбовкой заполнить полость стержневого ящика до верха.

Установить ящик горизонтально на подмодельной плите (рис.59, б) и снять верхнюю половину 5. Нижняя половина 7 вместе со стержнем 6 останется на подмодельной плите.

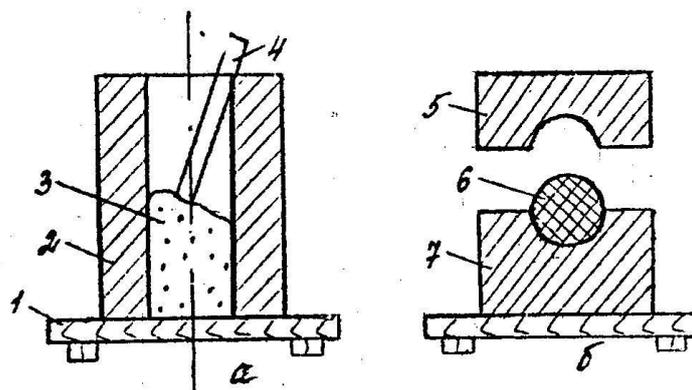


Рис. 59. Схема стержневого ящика:

- 1 – подмодельная плита; 2 – стержневой ящик; 3 – стержневая смесь; 4 – трамбовка; 5 – верхняя половина стержневого ящика; 6 – стержень; 7 – нижняя половина стержневого ящика

Изготовленный стержень осторожно извлечь из стержневого ящика и уложить на сушильную плиту. Сушильную плиту вместе со стержнем поместить в сушильный шкаф.

Изготовление литейной формы

Формовка по разъемной модели проводится в такой последовательности:

1. Нижнюю половину модели (без центрирующих шипов) положить плоскостью разъема вниз на подмодельную плиту и накрыть нижней опокой (рис. 60, а).

2. Через сито просеять облицовочную смесь, покрывая модель слоем толщиной 15...20 мм (рис. 60, б). Остальную часть опоки засыпать с избытком наполнительной смесью (рис. 60, в).

3. Уплотнить смесь ручной трамбовкой (сначала острым, а затем плоским ее концом).

4. Линейкой срезать излишки формовочной смеси заподлицо с опокой.

5. Иглой наколоть вентиляционные каналы (рис. 60, г).

6. Набитую опоку повернуть на 180°.

7. На нижнюю полумоделю установить верхнюю полумоделю и припылить ее.

8. Плоскость разъема формы посыпать разделительным сухим песком.

9. На нижнюю опоку по штырям наложить верхнюю опоку (рис. 60, д).

10. Установить модели элементов литниковой системы и выпора.

11. Просеять облицовочную смесь, уплотняя ее руками вокруг модели, элементов литниковой системы и выпора.

12. Засыпать верхнюю опоку с избытком наполнительной смесью, уплотнить ее, линейкой срезать излишки смеси заподлицо с верхней опокой.

13. Иглой наколоть вентиляционные каналы в верхней полуформе (рис. 60, е).

14. Удалить из формы модели стояка и выпора.

15. Снять верхнюю опоку и повернуть ее на 180°.

16. Растволкнуть подъемником полумодели в стороны и осторожно удалить из форм.

17. Установить в нижнюю пролуфформу готовый стержень, накрыть верхней полуформой (рис. 60, ж).

18. Произвести заливку литейным сплавом.

19. После застывания сплава произвести разборку формы (рис. 60, з).

20. Готовую отливку очистить и проанализировать на качество.

В соответствии с последовательностью технологического процесса изготовления литейной формы и по результатам анализа качества отливки заполнить таблицы 50 и 51.

Таблица 50

Последовательность формовки по разъемной модели

| № | Наименование операции | Эскиз |
|---|-----------------------|-------|
| | | |

Таблица 51

Результаты анализа дефектов отливки

| № | Наименование дефекта | Причины | Меры предупреждения и устранения |
|---|----------------------|---------|----------------------------------|
| | | | |

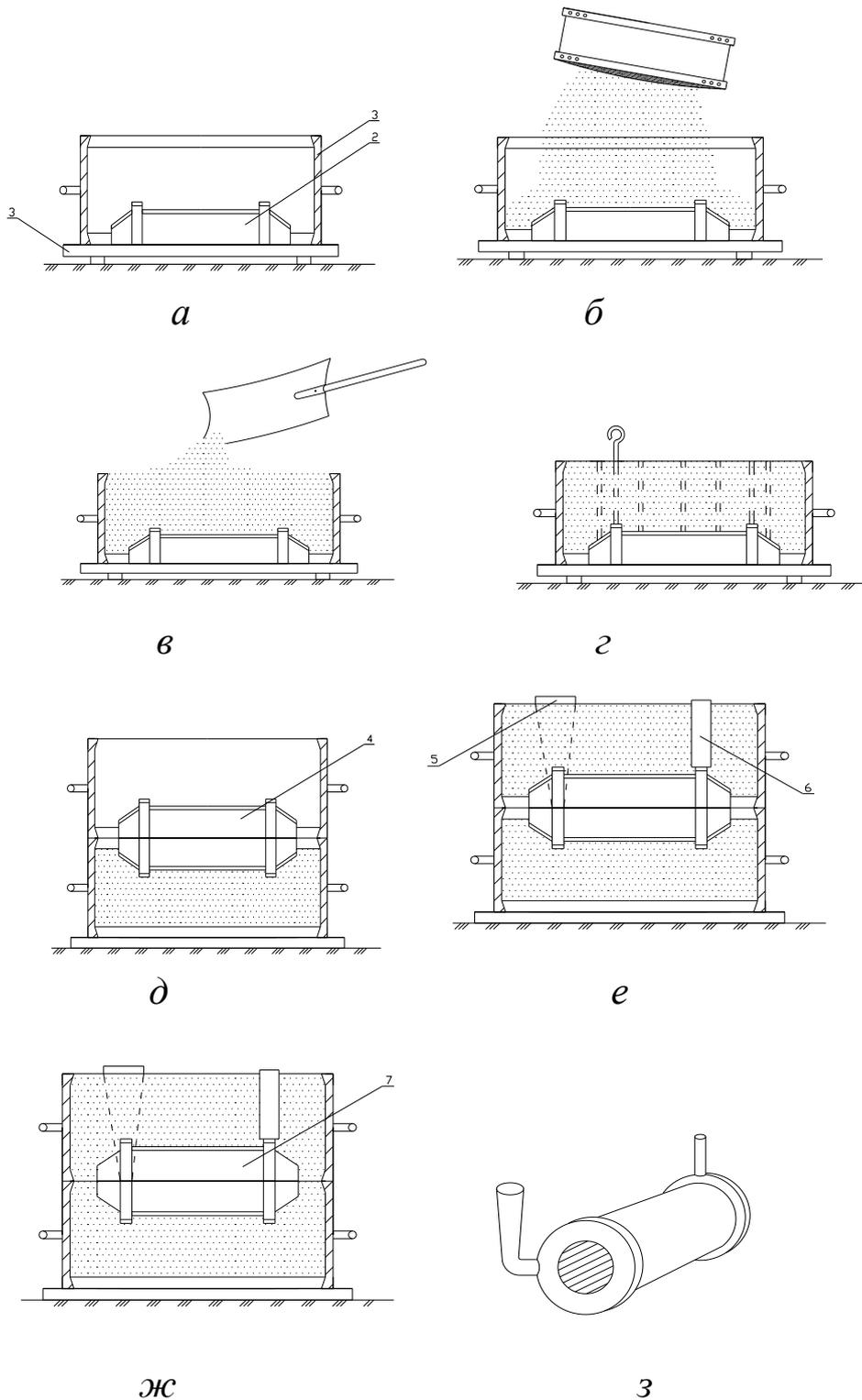


Рис. 60. Схема изготовления литейной формы:
 1 – подмодельная плита; 2 – нижняя полумодел; 3 – опока;
 4 – верхняя полумодел; 5 – элементы литниковой системы;
 6 – выпор; 7 – стержень

Причины и виды литейного брака

Литейный брак возникает при нарушении технологии изготовления формы в результате неправильной конструкции литой детали или при несоблюдении технологии плавки металла. В зависимости от характера дефектов литейный брак может быть допустимым, исправимым и окончательным.

Отливки, имеющие допустимые по техническим условиям дефекты, передаются в механический цех для дальнейшей обработки.

Отливки с исправимыми дефектами направляются в специальное отделение литейного цеха для устранения этого дефекта.

При наличии недопустимых дефектов, отливки считаются окончательным браком и отправляются на переплавку.

Выделяют следующие виды литейного брака:

Раковины – образуются по различным причинам: высокая газотворная способность и низкая газопроницаемость формовочной смеси (газовые раковины); резкие переходы от тонких частей отливки к толстым (усабочные раковины); плохая набивка опок (земляные раковины); применение загрязненной шихты и шлакоуловителей неправильной конструкции (шлаковые раковины).

Трещины – возникают вследствие недостаточной податливости форм и стержней при высоких температурах (горячие трещины) и неравномерного охлаждения отливки (холодные трещины).

Несоответствие размеров и конфигурации отливки чертежу вызывается рядом причин: слабым креплением или недостаточным нагружением формы; заливкой формы холодным металлом (недоливы); неправильной сборки форм и установкой стержней (перекос); возникновением напряжений при резкой разностенности отливки (коробление).

Некоторые способы устранения литейного брака представлены в таблице 52.

Способы устранения дефектов литья

| Характеристика | Назначение |
|--|--|
| <i>Дуговая сварка</i> | |
| <p>- При горячей сварке дефектное место тщательно разделяется до полного удаления пораженного слоя металла. Отливку нагревают до 350...700 °С. Объем раковины заполняют наплавленным металлом (должен быть близким по химическому составу материалу отливки). Наплавляемый металл поддерживают некоторое время в жидком состоянии, чтобы выровнять химический состав и удалить неметаллические включения. После сварки отливку или дефектное место вновь нагревают до первоначальной температуры и затем медленно охлаждают.</p> <p>- Холодную сварку выполняют без нагрева с предварительной тщательной подготовкой и разделкой пораженного места отливки. Наплавка металла – однослойная валиками или многослойная валиками, по необходимости с подчеканкой.</p> | <p>- Исправляют до механической обработки сквозные дефекты стенок отливок, неплотности стенок, дефекты обрабатываемых поверхностей, работающих на трение и износ. После механической обработки (шабровки, шлифовки) исправляют дефекты любых поверхностей.</p> <p>- Исправляют дефекты поверхности (трещины несквозные) ответственных мест отливки</p> |
| <i>Газопламенная наплавка</i> | |
| <p>- В качестве горючего газа используют ацетилен, природный газ, пропан, бутан. Присадочный материал должен быть близок по составу к основному металлу отливки. По необходимости отливку или часть ее нагревают в печи, горне. Местный нагрев выполняют пламенем сварочной горелки.</p> | <p>- Исправляют сквозные дефекты стенок отливок, испытывающих динамические нагрузки, любые дефекты на поверхностях отливки, неплотности стенок резервуаров</p> |
| <i>Сварка - пайка</i> | |
| <p>- Сварку–пайку выполняют с предварительным местным нагревом поверхности до 300...400 °С или без нагрева. Нагрев производится пламенем сварочной горелки или индукционными токами высокой частоты. Дефектное место отливки тщательно разделяют до полного удаления пораженного слоя металла. Заваренное место засыпают сухой землей или накрывают асбестом, чтобы снизить скорость охлаждения. При необходимости исправленную отливку вто-</p> | <p>- Исправляют отдельные раковины небольших размеров на механически обработанных поверхностях отливки, а также раковины средних размеров отливок несложной конфигурации</p> |

| | |
|--|--|
| рично нагревают до 350...450 °С с последующим охлаждением | |
| <i>Заделка раковин пробками</i> | |
| - Раковины рассверливают до минимально допустимого размера, нарезают в отверстие резьбу и ввертывают металлическую вставку, которую заваривают или чеканят. Затем обрабатывают вставку заподлицо с телом отливки. | - Исправляют отдельно расположенные раковины мелких размеров. |
| <i>Заделка замазками, мастиками, пастами</i> | |
| - Дефектное место вырубает или высверливают. Обработанную поверхность обезжиривают и сушат. Замазку, мастику, пасту наносят шпателем. После затвердевания нанесенного материала исправленное место зачищают и грунтуют. Широко применяют замазки на основе эпоксидной смолы. | - Заделывают ужимины, несквозные раковины на нерабочих поверхностях и поры глубиной не более 1/3 толщины стенки. |

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.
3. Таблицы 50 и 51.

Контрольные вопросы

1. Какими свойствами должны обладать формовочные и стержневые смеси?
2. Каков состав этих смесей?
3. Из чего состоит модельный комплект?
4. Как готовится стержень?
5. Каковы основные причины и виды литейного брака?
6. Какие дефекты литья могут быть исправлены и каким образом?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОБОРУДОВАНИЕ, ИНСТРУМЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИЯ СВОБОДНОЙ КОВКИ

Цель работы: изучить оборудование и инструменты, применяемые при свободной ковке. Ознакомиться с методикой разработки технологии и составлением технологических карт на изготовление поковки.

Приборы, материалы и инструменты:

1. Инструменты для ручной свободнойковки.

Порядок работы

1. Ознакомиться с имеющимся на кафедре оборудованием и инструментами свободнойковки и заполнить таблицу 57.
2. Получить у преподавателя индивидуальное задание (табл. 56).
3. Составить эскиз готовой обработанной детали.
4. Составить эскиз поковки.
5. Произвести расчет размеров и массы заготовки для поковки.
6. Назначить кузнечные переходы и заполнить таблицу 58.
7. Выбрать необходимое оборудование.
8. Определить режимы нагрева и охлаждения.
9. Назначить термообработку для поковки.
10. Составить технологическую карту на изготовление поковки и заполнить таблицу 59.

Теоретические сведения

Машиностроение является основой промышленности. Технический уровень машиностроения, совершенствование форм организации процессов изготовления машин во многом определяют общий промышленный потенциал государства. Среди машин, используемых в различных производственных и ремонтных процессах, одно из ведущих мест занимает кузнечно-прессовое оборудование. Оно обладает высокой производительностью и широкими технологическими возможностями, что позволяет изготавливать с его помощью разнообразные изделия и заготовки деталей. Использование полученных поковок и штамповок создает предпосылки для экономии материалов,

сокращения циклов изготовления деталей и снижения их себестоимости.

Свободной ковкой называется технологический процесс обработки металлов, находящихся в пластическом состоянии, статическим или динамическим давлением. При этом изменяется как внешняя форма, так и структура металла, а течение металла не ограничено бойками.

Изделие, полученное в результатековки, называется *поковкой*.

Ковка является универсальным технологическим процессом кузнечно-штамповочного производства, позволяющим получать поковки широкого сортамента, массой от нескольких килограммов до 300 т и более. Поковки затем обрабатывают на металлорежущих станках и из них получают готовые детали.

В настоящее время свободная ковка в основном применяется в индивидуальном и мелкосерийном производстве, в ремонтных цехах заводов, в ремонтных мастерских хозяйств агропромышленного комплекса.

Оборудование и инструменты, применяемые при свободной ковке

Свободная ковка может выполняться вручную и машинами.

Ручная ковка широко применяется в мастерских предприятий агропромышленного комплекса при ремонтных работах. При ручной ковке обрабатывают небольшие заготовки и удары наносят молотком (ручником) или кувалдой. Применяемый для свободнойковки кузнечный инструмент разделяют на три группы: для обработки, удержания и измерения поковки (рис. 61).

К инструменту для обработки поковок относят кувалды, молотки (ручники), гладилки, прошивни, зубила, обжимки и др. К удерживающему инструменту относятся наковальни и различные клещи. Для измерения поковок используют линейки, угольники, кронциркули, шаблоны и др.

Машинная ковка осуществляется молотами и прессами. Молоты действуют на заготовку динамически и характеризуются массой падающих частей. Прессы развивают статическое усилие.

Ковочные молоты подразделяются на пневматические и паровоздушные. Часть молота, которая служит опорой стальной подушке и нижнего бойка, называется шаботом. Падающая часть молота назы-

вается бабой. Нижняя часть бабы, которая соприкасается при ударе с заготовкой, называется бойком. Поковки массой до 250 кг куют на пневматических молотах.



Рис. 61. Инструмент для свободной ковки:

- 1 – кувалды; 2 – гладилки; 3 – прошивни; 4 – зубила;
5 – обжимки; 6 – подбойки; 7 – вершник; 8 – гвоздильни;
9 – скоба; 10 – клещи

Пневматический молот (рис. 62) имеет два параллельных цилиндра – рабочий 4 и компрессионный 5. В рабочем цилиндре движется поршень 3, связанный с бабой – бойком 2. Поршень 8 приводится в движение кривошипно-шатунным механизмом 9. При перемещении поршень сжимает поочередно воздух в нижней и верхней полостях компрессионного цилиндра и нагнетает его в полость рабочего цилиндра по каналам 6, в результате чего происходит опускание (удар) и подъем бабы. Для выпуска воздуха из цилиндра и впуска ис-

пользуются краны 7, управляемые педалью 1. Пневматические молоты совершают 95 – 210 ударов в минуту, масса падающих частей составляет от 50 кг до 1 т.

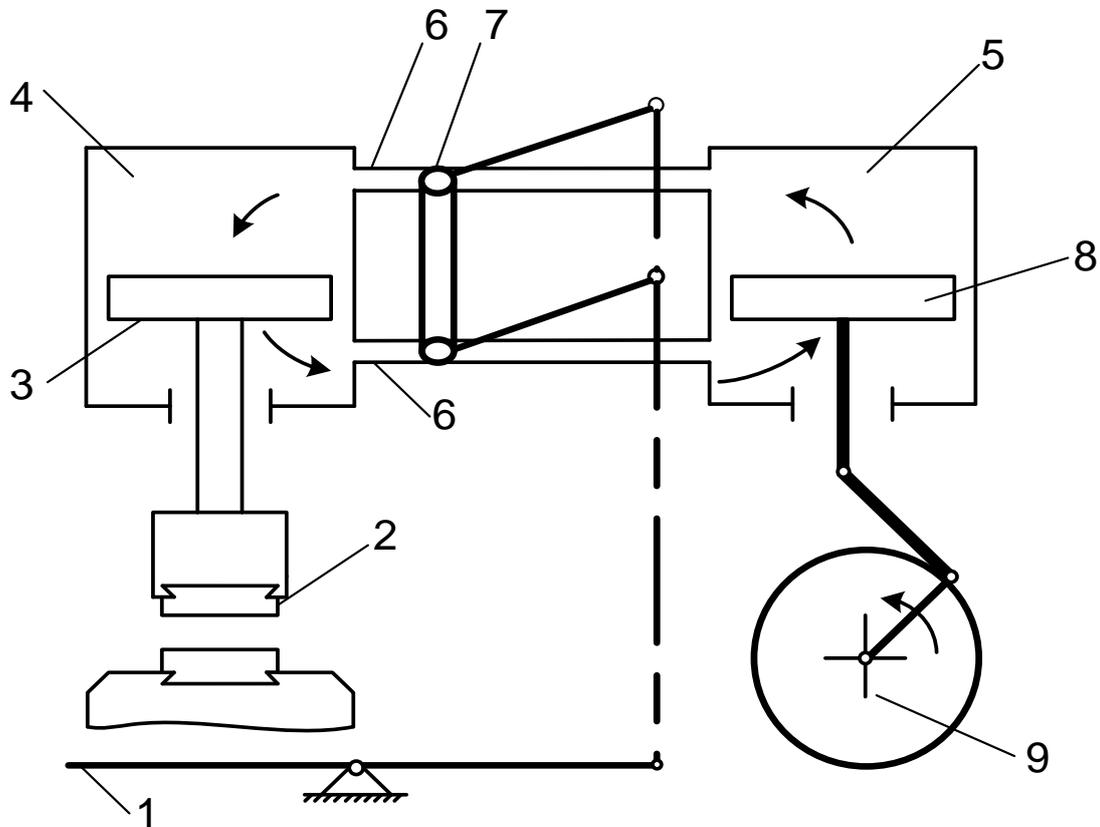


Рис. 62. Схема пневматического молота:

- 1 – педаль; 2 – боек; 3 – поршень; 4 – рабочий цилиндр;
 5 – компрессионный цилиндр; 6 – воздушные каналы; 7 – кран;
 8 – поршень компрессора; 9 – кривошипно-шатунный механизм

Паровоздушные молоты бывают простого и двойного действия. Они приводятся в движение паром или сжатым воздухом, поступающим под давлением 0,4...0,8 МПа. В молотах простого действия пар используется для подъема бабы. Удар бабы по заготовке происходит под действием силы тяжести. В молотах двойного действия пар служит не только для подъема бабы, но и для увеличения силы удара.

Паровоздушные молоты применяют для обработки заготовок массой до 2...3 т. Они имеют массу падающих частей до 16 т.

Гидравлические ковочные прессы применяются для получения тяжелых поковок, масса которых достигает 250 т.

Прессы обеспечивают равномерную деформацию металла, не требуют сооружения дорогостоящих фундаментов, работают бес-

шумно и просты в управлении. Гидравлические прессы могут создавать усилие до 700 МН.

Инструмент дляковки на молотах и прессах несколько иной формы.

Нагрев заготовок перед ковкой производится в кузнечных горнах, пламенных и электрических печах, электронагревательных устройствах.

Кузнечные горны служат для нагрева небольших кусков металла и широко применяются в ремонтных мастерских предприятий агропромышленного комплекса. Горны бывают открытого или закрытого типа. Более совершенным является закрытый горн (рис. 63).

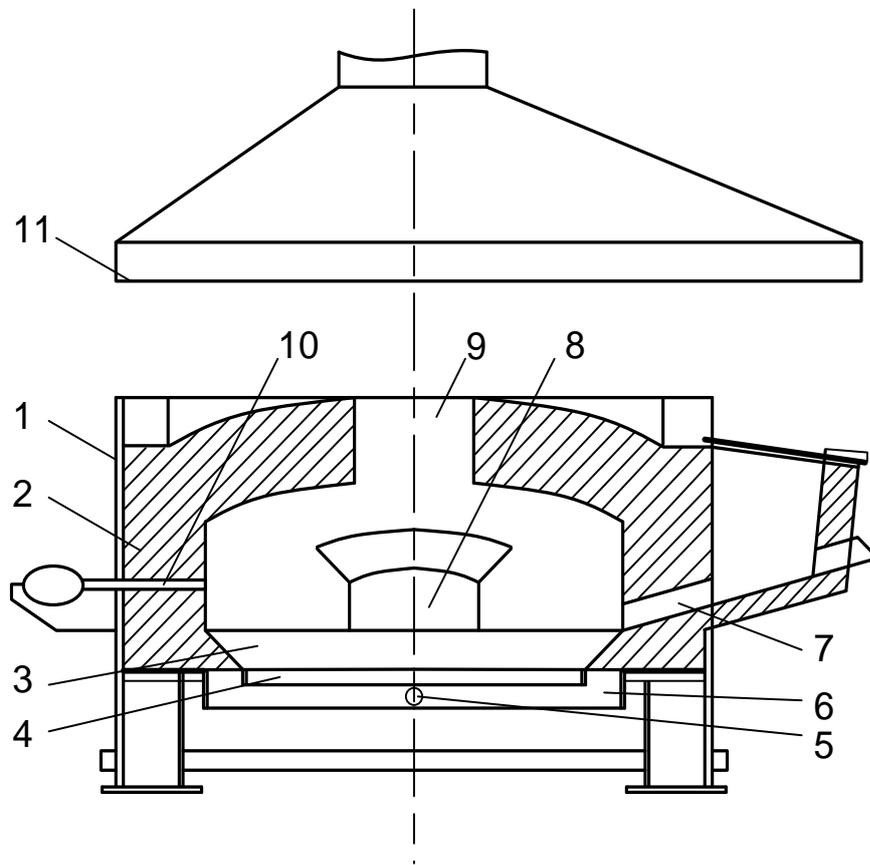


Рис. 63. Схема закрытого кузнечного горна:

- 1 – кожух; 2 – огнеупорный кирпич; 3 – топка; 4 – колошниковая решетка; 5 – труба; 6 – коллектор; 7 – окно для топлива;
8 – рабочее окно; 9 – газоотводящее отверстие;
10 – труба для подачи дополнительного воздуха; 11 – зонт

Он состоит из металлического каркаса 1, выложенного огнеупорным кирпичом 2, и топки 3. Через трубу 5 и коллектор 6 колошниковой решетки 4 подается воздух. Чтобы топливо сгорало полно-

стью, по трубам 10 подается дополнительный воздух. Заготовки загружают через рабочее окно 8, топливо – через окно 7. Закрытые горны более экономичны, чем открытые, и обеспечивают лучшую вытяжку через отверстие 9 и зонт 11. Топливом для горна служат спекающиеся сорта каменного угля или кокса.

Операции свободнойковки

Наиболее характерные операции свободнойковки показаны на рис. 64.

Вытяжка представляет собой операцию, при которой длина поковки увеличивается за счет уменьшения ее поперечного сечения. Вытяжка выполняется ковкой на квадрат, после чего (если нужно) поковке придают цилиндрическую или какую-либо иную форму. Вытяжка производится между бойками молота, причем заготовку кладут поперек бойков, передвигая ее после каждого удара. Вытяжку применяют для изготовления различных тяг, рычагов, валов и т. д.

Осадка представляет собой операцию, обратную вытяжке. При осадке поперечное сечение поковки увеличивается за счет уменьшения ее высоты. Во избежание возможного продольного искривления заготовки при осадке отношение ее высоты к диаметру или меньшей стороне сечения должно быть не более 2,5. Осадку выполняют бойками или осадочными плитами.

Высадка – увеличение поперечного сечения части заготовки, например, высадкой получают головку болта.

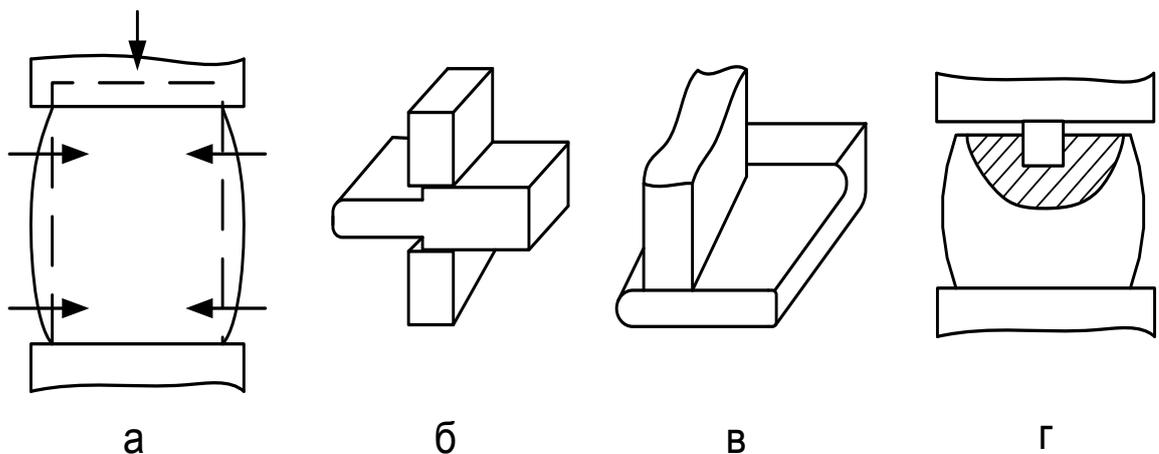


Рис. 64. Основные операции свободнойковки:
а – осадка; б – вытяжка; в – разгонка; г – прошивка

Большая деформация заготовки в направлении ее ширины за счет перпендикулярного расположения оси заготовки относительно ширины бойков называется *разгонкой (уширением)*.

Рубка – операция отделения части заготовки. Имеются два вида рубки: надрубание (наметка) и отрубание. Для рубки используют кузнечные зубила, подсечки, топоры.

Гибка – операция придания заготовке изогнутой формы по заданному контуру. Для гибки производят местный нагрев заготовки. В месте изгиба толщина заготовки уменьшается. Гибка производится кувалдами или ручниками, причем заготовка зажимается между бойками молота.

Пробивка и прошивка – операция получения отверстия в заготовке. Прошивкой получают отверстия в тонких заготовках, пробивкой – в более толстых. Эта операция складывается из двух приемов: вначале пробойник вгоняют на половину толщины заготовки, затем после кантовки на 180° окончательно пробивают отверстие. Для пробивки и прошивки используют пробойники и воротки.

Закручивание – операция поворачивания части заготовки относительно другой на определенный угол вокруг общей оси. Операция выполняется воротком или вилкой.

Кузнечная сварка – операция соединения кусков стали, нагретых до пластического состояния, с применением внешнего давления. В связи с развитием новых видов сварки эта операция применяется редко.

Разработка технологического процесса свободнойковки

Разработка технологического процесса свободнойковки состоит из следующих этапов:

1. Проектирование поковки.
2. Расчет размеров и массы заготовки для поковки.
3. Назначение кузнечных переходов.
4. Выбор оборудования.
5. Определение режимов нагрева и охлаждения.
6. Назначение термообработки для поковки.

Проектирование поковки

Чертеж поковки составляют на основании чертежа готовой детали. При этом устанавливаются припуски на обработку резанием, допуски на ковку и при необходимости напуски на поковку.

Припуском называют слой металла, имеющийся в поковке и удаляемый обработкой резанием для получения требуемых размеров по чертежу готовой детали. В слой припуска должны войти все дефекты наружного слоя: закованная окалина, обезуглероженный слой, зажимы, неровности и т.д.

Размеры готовой детали, увеличенные с каждой стороны на величину назначенных по таблицам ГОСТ припусков на обработку, называются *номинальными размерами поковки*.

Напуск – это увеличение припуска, упрощающее конфигурацию поковки из-за невозможности или нерентабельности изготовления поковки по контуру детали.

Допуском называют допустимое отклонение размеров поковки, обусловленное невозможностью изготовления ее с абсолютно точными размерами. Допуск равен разности между наибольшим и наименьшим размерами поковки. Наибольший и наименьший предельные размеры представляются на чертеже в виде отклонений (верхнего со знаком + и нижнего со знаком -) от номинального размера поковки. Например, размер 100 ± 3 означает, что:

номинальный размер поковки 100 мм;

верхнее отклонение + 3 мм;

нижнее отклонение - 3 мм;

наибольший предельный размер поковки 103 мм;

наименьший предельный размер поковки 97 мм;

допуск 6 мм.

Припуски и допуски на поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые свободной ковкой на молотах, регламентированы ГОСТ 7829-70, а на прессах – ГОСТ 7062-79.

В табл. 53 приведена выдержка из ГОСТ 7829-70 по припускам и допускам для гладких поволоков круглого, квадратного и прямоугольного сечения.

Припуски (на две стороны) и допуски на гладкие поковки

| Длина детали, мм | Припуски и допуски деталей при диаметре D или размере сечения В × Н, мм | | | | | |
|------------------|---|--------------|--------------|---------------|----------------|----------------|
| | До 50 | Св. 50 до 70 | Св. 70 до 90 | Св. 90 до 120 | Св. 120 до 200 | Св. 200 до 360 |
| До 250 | 5 ± 2 | 6 ± 2 | 7 ± 2 | 8 ± 3 | - | - |
| Св. 250 До 500 | 6 ± 2 | 7 ± 2 | 8 ± 2 | 9 ± 3 | 11 ± 3 | 14 ± 4 |
| Св. 500 До 800 | 7 ± 2 | 8 ± 2 | 9 ± 3 | 10 ± 3 | 12 ± 3 | 15 ± 4 |
| Св. 800 До 1200 | 8 ± 2 | 9 ± 3 | 10 ± 3 | 11 ± 3 | 13 ± 4 | 16 ± 4 |
| Св. 1200 До 6000 | - | - | - | - | 19 ± 5 | 22 ± 6 |

Для поволок круглого и квадратного сечений с уступами предусмотрены дополнительные припуски (на несоосность) величиной 3...10 мм при разности диаметров (размеров) наибольшего и рассматриваемого сечения 40...180 мм. На общую длину поковки припуски и допуски берут по таблице 21 и увеличивают в 2,5 раза.

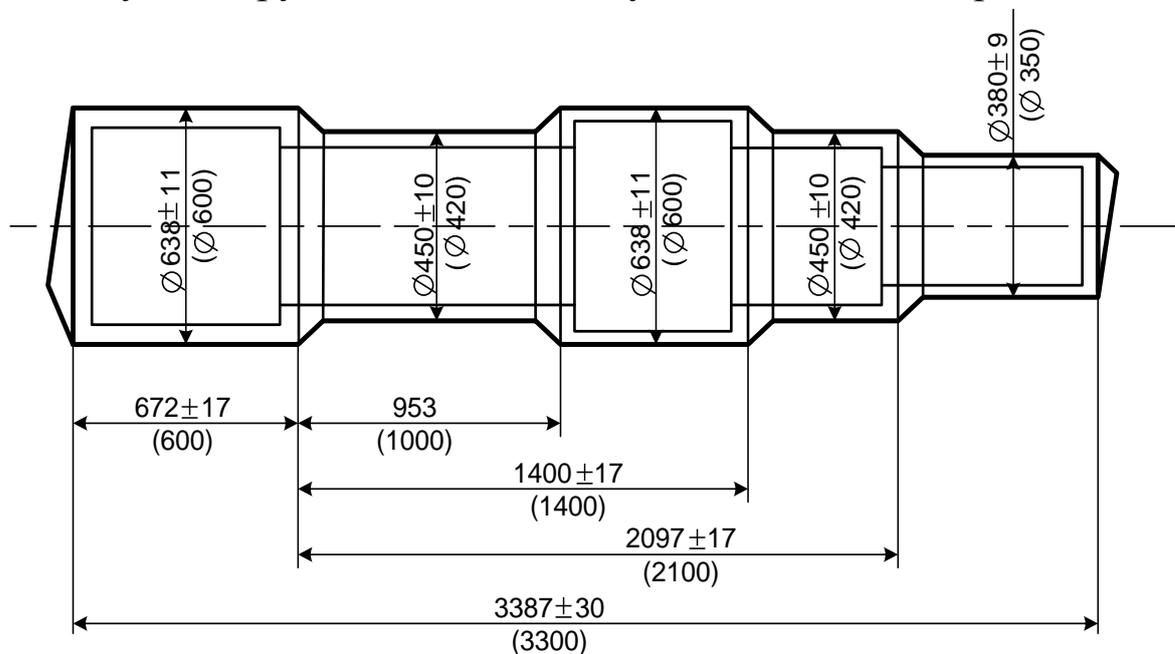


Рис. 65. Пример чертежа поковки круглого сечения с уступами и выемками

Пример чертежа поковки круглого сечения приведен на рис. 65. Тонкими линиями показан контур детали, толстыми - контур поковки. Размеры, стоящие над размерной линией относятся к размерам поковки, а под размерной линией в скобках проставлены номинальные размеры детали.

Расчет размеров и массы заготовки

Массу исходной заготовки (G_3) при ковке из проката определяют по формуле:

$$G_3 = G_{II} + G_0, \quad (12)$$

где G_{II} – масса поковки, кг;

G_0 – масса отходов на обсечки и угар, кг.

Если поковку обрабатывают резанием, то подсчет массы металла проводят по номинальным размерам поковки без учета допусков. Если поковка механически не обрабатывается, то подсчет массы металла проводят с учетом максимальных значений допусков, то есть по максимальным размерам поковки.

Массу поковки подсчитывают по формуле:

$$G_{II} = V_{II} \cdot \rho, \quad (13)$$

где V_{II} – объем металла поковки, см³;

ρ – плотность, равная для стали 7,85 г/см³ ($7,85 \cdot 10^{-3}$ кг/м³).

Массу отходов на обсечки и угар берут обычно в процентах от массы поковки. Ее значение составляет 1,5...25 % (зубчатые колеса – 8...10 %; гладкие валы, бруски – 5...7 %; валы и вилки с уступами, болты – 7...10%; гаечные ключи, шатуны – 15...18 % и пр.).

Площадь поперечного сечения исходной заготовки определяют исходя из площади поперечного сечения детали, характера обработки и степени уковки. Если основной операцией при ковке является вытяжка, то площадь поперечного сечения исходной заготовки F_3 находят так:

$$F_3 = F_{II} \cdot K, \quad (14)$$

где F_{II} – площадь поперечного сечения поковки, см²;

K – степень уковки, равная для проката 1,3...1,5; для слитка – 1,5...2.

Для операции осадки высота исходной заготовки должна быть не менее трех ее диаметров.

Длину исходной заготовки L_3 , см, можно определить из формулы:

$$L_3 = \frac{V_{II} + V_O}{F_3} = \frac{V_3}{F_3}, \quad (15)$$

где V_O – объем отходов, см³;

V_3 – объем заготовки, см³.

Для облегчения расчетов объемы сложных деталей разбивают на объемы элементарных фигур.

Назначение кузнечных переходов

При разработке технологииковки необходимо стремиться к наименьшему числу переходов, к минимуму отходов металла и получению детали с высокими механическими свойствами. Для создания высоких механических свойств поковки важное значение имеет устранение в ней дендритной (древовидной) структуры, получаемой в отливках, то есть раздробление ее до мелкозернистого строения. Поэтому при ковке ряда деталей (шестерни, валы, оси, инструмент и др.) для раздробления дендритной структуры применяют многократное обжатие поковки в продольном и поперечном направлениях.

Выбор оборудования

Ковочные молоты работают по принципу ударного действия, при котором мощность удара определяется главным образом массой падающих частей молота. Металл деформируется за счет энергии, накопленной падающими (подвижными) частями молота к моменту их соударения с заготовкой.

В номинальную массу падающих частей молота входят массы бабы, штока, поршня, верхнего бойка и других, сопряженных с ними деталей. Мощность молота принято выражать массой падающих частей в тоннах (т) и килограммах (кг).

Ориентировочные данные для выбора ковочных молотов в зависимости от формы и размера заготовки приведены в табл. 54

Таблица 54

Данные для выбора массы падающих частей ковочных молотов

| Масса падающих частей молота, кг | Максимальное сечение заготовки – сторона квадрата или диаметр исходной заготовки, мм | Примерная масса поковок, кг | |
|----------------------------------|--|-----------------------------|----------|
| | | гладких | фасонных |
| 50 | 40 | До 8 | До 1,5 |
| 80 | 50 | 8...12 | 1.5...2 |
| 160 | 65 | 12...15 | 2...5 |
| 250 | 75 | 15...35 | 5...8 |
| 400 | 100 | 35...60 | 8...18 |
| 630 | 125 | 60...120 | 18...30 |
| 1000 | 160 | 120...125 | 30...70 |

Определение режима нагрева и режима охлаждения

В табл. 55 приведены температурные интервалыковки для ряда марок конструкционных углеродистых и легированных сталей.

Каждый металл и сплав имеет свой строго рекомендованный температурный интервал горячей обработки давлением, определяемый по соответствующей справочной литературе.

Для максимального повышения пластичности температура началаковки должна быть возможно более высокой, но не вызывающей пережога и перегрева.

Температурный интервалковки углеродистых сталей зависит от их химического состава и может быть определен по диаграмме состояния Fe-C.

Температуру началаковки (t_n) можно определить по формулам:

$$t_n = at_{пл} \text{ или } t_n = t_c - (150...200^\circ C), \quad (16)$$

где a – коэффициент понижения температуры $a = 0,8-0,9$;

t_n – начальная температура обработки давлением, °C;

$t_{пл}$ – температура плавления (определяется по диаграмме состояния), °C;

t_c – температура линии солидус, определяемая по диаграмме Fe-C, °С.

Конечную температуру обработки давлением углеродистых сталей, также зависящую от содержания углерода, определяют по температуре рекристаллизации заданного сплава:

$$t_{рек} = 100 \cdot (9,1 - 1,1C) , \quad (17)$$

где $t_{рек}$ – температура рекристаллизации, °С;

C – содержание углерода в процентах.

Температура окончанияковки должна быть выше (на 50...100 °С) температуры рекристаллизации.

Таблица 55

Температурные интервалыковки конструкционных материалов

| Марка стали | Интервал температурковки, °С |
|---------------------|------------------------------|
| 10, 15 | 1280...750 |
| 20, 25, 30, 35 | 1250...800 |
| 40 – 60, 15Г – 60Г | 1200...800 |
| 40ХС, 25ХГС, 25ХГСА | 1150...830 |
| 20Х, 30Х, 50Х, 30ХА | 1200...800 |
| У10, У12, У13 | 1100...850 |
| Сплавы алюминия | 470...350 |
| Сплавы меди | 900...750 |
| Сплавы титана | 1100...900 |

Нагревать заготовку следует равномерно, во избежание резкого перепада температур в наружных и внутренних ее слоях, что может привести к образованию трещин. Нагрев до температур 800...850 °С ведется медленно, а затем быстрее.

Время нагрева заготовок (τ) в пламенных печах определяют по формуле Н.Н. Доброхотова:

$$\tau = \alpha k D_3 \sqrt{D_3} , \quad (18)$$

где τ – полная продолжительность нагрева, ч;

D_3 – диаметр или сторона квадрата заготовки, м;

k – коэффициент, зависящий от марки стали, для углеродистых и низколегированных сталей $k = 10$, высокоуглеродистых и высоколегированных сталей $k = 20$;

α – коэффициент, зависящий от способа укладки заготовки на поду печи (рис. 66).

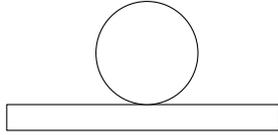
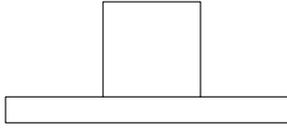
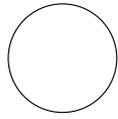
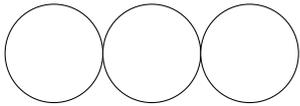
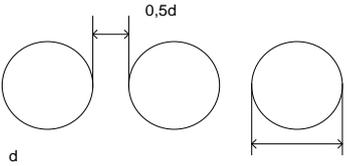
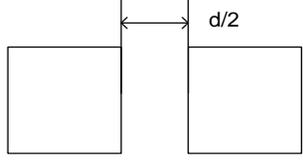
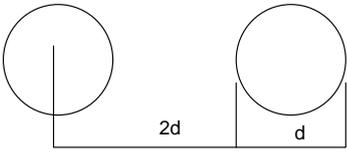
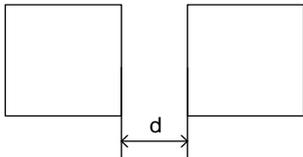
| Расположение заготовок | α | Расположение заготовок | α |
|---|----------|--|----------|
|  | 1 |  | 1 |
|  | 1 |  | 1,4 |
|  | 2 |  | 4 |
|  | 1,4 |  | 2,2 |
|  | 1,3 |  | 2 |

Рис. 66. Влияние способа размещения заготовок на поду печи на продолжительность нагрева (коэффициент α)

Охлаждение поковок послековки должно быть равномерным и не быстрым, иначе возможно образование трещин.

Нельзя ставить поковки на чугунные плиты, а также оставлять на сквозняке. Поковки охлаждают на воздухе, в ящиках или колодцах на воздухе или в засыпке сухим песком вместе с печью. Чем больше легирована сталь и чем больше размеры поковки, тем медленнее охлаждение.

Термообработка поковок применяется для устранения в них крупнозернистого строения, наклепа, внутренних напряжений и подготовки их к механической обработке. Для этой цели поковки в ряде случаев подвергают отжигу или нормализации.

ЗАДАНИЯ СТУДЕНТАМ

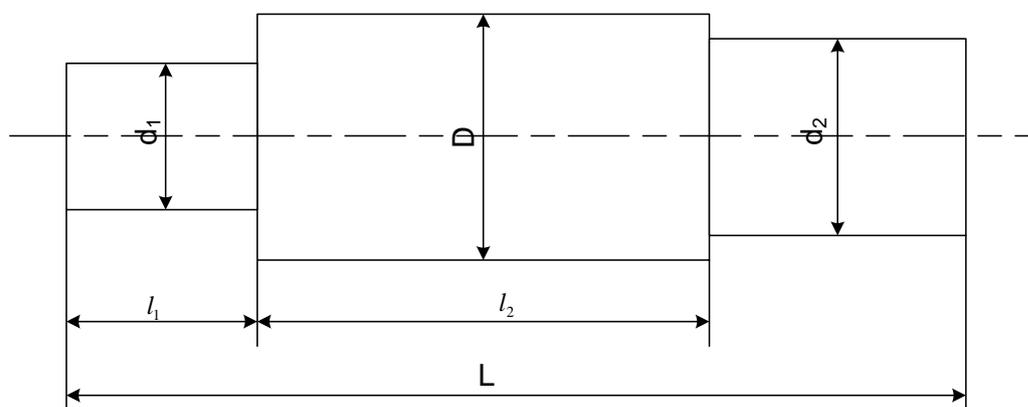


Таблица 56

Перечень индивидуальных заданий студентам

| Вариант | d_1 | d_2 | D | L | l_1 | l_2 | D_3 |
|---------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|
| 1 | 15 | 15 | 25 | 90 | 30 | 30 | 20 |
| 2 | 15 | 20 | 30 | 90 | 30 | 30 | 25 |
| 3 | 25 | 20 | 25 | 100 | 35 | 40 | 40 |
| 4 | 25 | 20 | 40 | 100 | 40 | 35 | 50 |
| 5 | 30 | 25 | 45 | 100 | 45 | 40 | 50 |
| 6 | 30 | 25 | 55 | 120 | 50 | 30 | 50 |
| 7 | 20 | 15 | 25 | 80 | 25 | 35 | 30 |
| 8 | 20 | 20 | 60 | 110 | 40 | 40 | 50 |
| 9 | 20 | 20 | 60 | 110 | 30 | 40 | 50 |
| 10 | 40 | 40 | 70 | 110 | 50 | 50 | 60 |
| 11 | 40 | 40 | 60 | 110 | 20 | 60 | 60 |
| 12 | 40 | 40 | 60 | 110 | 60 | 20 | 65 |
| 13 | 20 | 20 | 40 | 110 | 50 | 20 | 65 |
| 14 | 40 | 40 | 70 | 110 | 30 | 30 | 65 |

Таблица 57

Оборудование и инструменты свободной ковки

| № п/п | Наименование оборудования и инструмента | Эскиз | Назначение |
|-------|---|-------|------------|
| | | | |

Таблица 58

Кузнечные переходы, необходимые для изготовления поковки

| № п/п | Наименование операций ковки | Эскиз | Инструмент |
|-------|-----------------------------|-------|------------|
| | | | |

Таблица 59

Технологическая карта на изготовление поковки

| Эскиз детали | Эскиз поковки | Эскиз заготовки | Марка стали | |
|--------------|---------------|-----------------|-----------------|--|
| | | | Масса поковки | |
| | | | Масса заготовки | |
| | | | Масса детали | |
| | | | Масса отходов | |

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы
3. Расчет технологических параметров
4. Таблицы 57, 58, 59

Контрольные вопросы

1. Что называется свободной ковкой?
2. Перечислите основные операции свободной ковки.

3. Какое оборудование и инструмент используются при свободной ручной и машинной ковке?
4. Почему при изготовлении поковок на чертежах проставляют два размера?
5. Чем определяются границы температурного интервалаковки?
6. Какие факторы, влияющие на продолжительность нагрева, учитывает формула Н. Н. Доброхотова?
7. Какая обработка металлов давлением называется холодной?
8. Какая обработка металлов давлением называется горячей?
9. Что называется пластической обработкой металлов?
10. Как изменяются структура и свойства металлов после холодной обработки металлов?
11. Как изменяются структура и свойства металлов после горячей обработки металлов?
12. Что такое наклеп?
13. Каковы факторы, влияющие на пластичность металлов?
14. Что такое перегрев стали?
15. Что такое пережог стали?
16. Как влияет температура нагрева на пластичность металлов?
17. Назовите типы нагревательных устройств, применяемых в обработке металлов давлением.
18. Что понимают под скоростью нагрева металла?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Цель работы: изучить оборудование и оснастку для электрической дуговой сварки, ознакомиться с основами технологии расчета основных параметров режима сварки, приобрести навыки определения качества сварного шва.

Приборы, материалы и инструменты:

1. Сварочный пост с принудительной вентиляцией.
2. Сварочный трансформатор ТДМ-317.
3. Электродвигатель.
4. Сварочный кабель.
5. Защитный щиток.
6. Образцы сварных соединений.
7. Лупа.

Порядок работы

1. Ознакомиться с имеющимся на кафедре оборудованием электрической дуговой сварки.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Визуально или с помощью лупы определить качество выданных образцов сварных соединений, описать обнаруженные дефекты.
4. Получить у преподавателя индивидуальное задание (табл. 62) и выполнить расчеты по определению диаметра электрода и силы сварочного тока для конкретных условий сварки

Общие положения

Сваркой называется процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном (общем) нагреве или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого.

В зависимости от вида энергии, применяемой при сварке, различают три класса сварки: термический, термомеханический и механический. Наибольшее распространение в машиностроении и ремонт-

ном производстве получили термический и термомеханический классы сварок.

К термическому классу относятся виды сварки, осуществляемые плавлением с использованием тепловой энергии электрической дуги, газового пламени, лучевых источников энергии и др.

К термомеханическому классу сварки относятся виды сварки, при которых используются тепловая энергия и давление: контактная, диффузионная, газопрессовая и др.

К механическому классу относятся виды сварки, осуществляемые с использованием механической энергии: сварка давлением, взрывом, трением, ультразвуковая сварка и др.

Образование сварного соединения сопровождается сложными химическими и физическими процессами. При нагреве в металле происходят структурные и фазовые превращения: растворение вторичных фаз, полиморфные превращения (переход низкотемпературной модификации в высокотемпературную), плавление.

При охлаждении структурные и фазовые превращения идут в обратном порядке: кристаллизация, полиморфные превращения, выпадение вторичных фаз (карбидов и др.). Кроме названных превращений, в металле в низкотемпературной области при сварке происходят структурные изменения, вызывающие разупрочнение основного металла, например, рекристаллизация и др.

Сварное соединение при сварке плавлением (рис 67, а) включает в себя сварной шов 1, то есть участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации сварочной ванны; зону оплавления 2, где находятся частично оплавленные зерна на границе шва и основного металла; зону термического влияния 3, то есть участок металла, структура и свойства которого изменились в результате нагрева; основной металл 4, не изменивший свойств при сварке.

Соединение, выполненные сваркой давлением (рис.67, б), сварного шва не имеет и состоит из зоны соединения 2, где образовались межатомные связи свариваемых частей, зоны термомеханического влияния 3, основного металла 4.

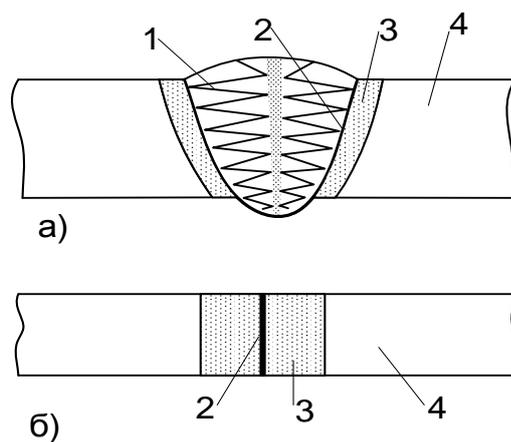


Рис. 67. Схема сварного соединения:

а – при сварке плавлением;

б – при сварке давлением;

1 – сварной шов; 2 – зона оплавления (сцепления);

3 – зона термического (термомеханического) влияния;

4 – основной металл

Сварные соединения могут быть стыковыми, угловыми, нахлесточными и тавровыми (рис. 68).

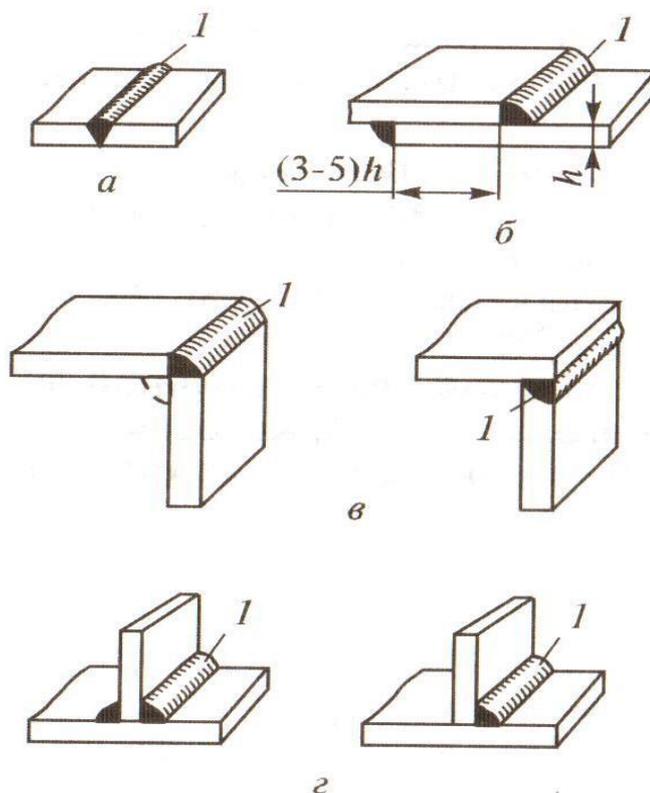


Рис. 68. Виды сварных соединений:

а – стыковое; б – внахлестку; в – угловое; г – тавровое;

1 – сварной шов

При сварке внахлестку свариваемые элементы и изделия накладываются друг на друга с перекрытием, равным 3-5 толщинам пластин. При этом не требуется подготовка кромок. Угловые и тавровые соединения также не всегда требуют подготовки кромок. При стыковой сварке характер подготовки кромок зависит от толщины свариваемых элементов (рис. 69).

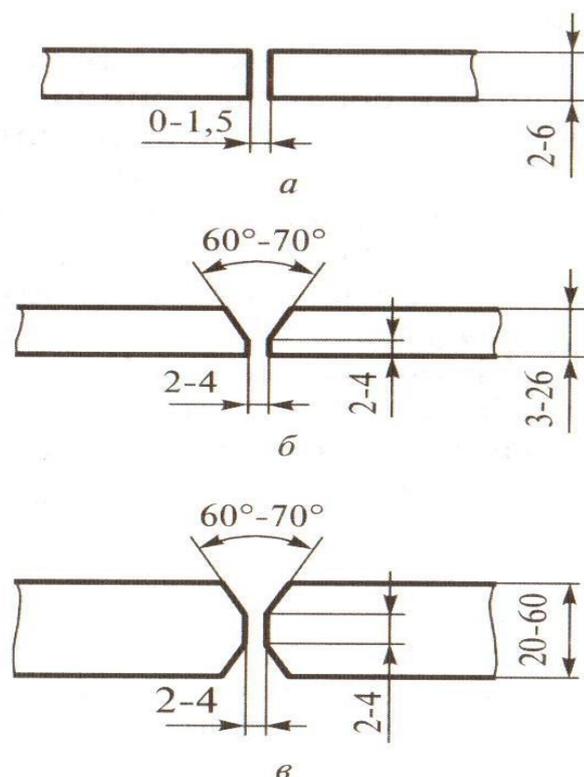


Рис. 69. Способы подготовки кромок для стыковых соединений при дуговой электросварке:
 а – без скоса кромок; б – кромки V-образные;
 в – кромки X-образные

Участок сварного соединения, образовавшийся в результате кристаллизации металла сварочной ванны, называется сварным швом.

Сварные швы классифицируются по следующим признакам:

1. По виду сварного соединения – стыковые, при сварке стыкового соединения, и угловые, при сварке углового, таврового и нахлесточного соединений .
2. По положению в пространстве – нижние, вертикальные, горизонтальные в вертикальной плоскости, потолочные.
3. В зависимости от протяженности – короткие (250...300 мм), средние (350...1000 мм) и длинные (более 1000 мм).

4. По форме наружной поверхности – плоские (нормальные), выпуклые (усиленные) и вогнутые (ослабленные).

5. По методу заполнения сечения шва – однопроходные (однослойные), многослойные и многопроходные.

Кроме того, швы могут быть непрерывными, прерывистыми, односторонними и двухсторонними.

В процессе образования сварного соединения в металле шва и зоне термического влияния могут возникать дефекты, то есть отклонения от установленных норм и требований, приводящие к снижению прочности, эксплуатационной надежности, а также ухудшению внешнего вида изделия. Дефекты сварных соединений различают по причинам возникновения и месту их расположения (рис. 70).

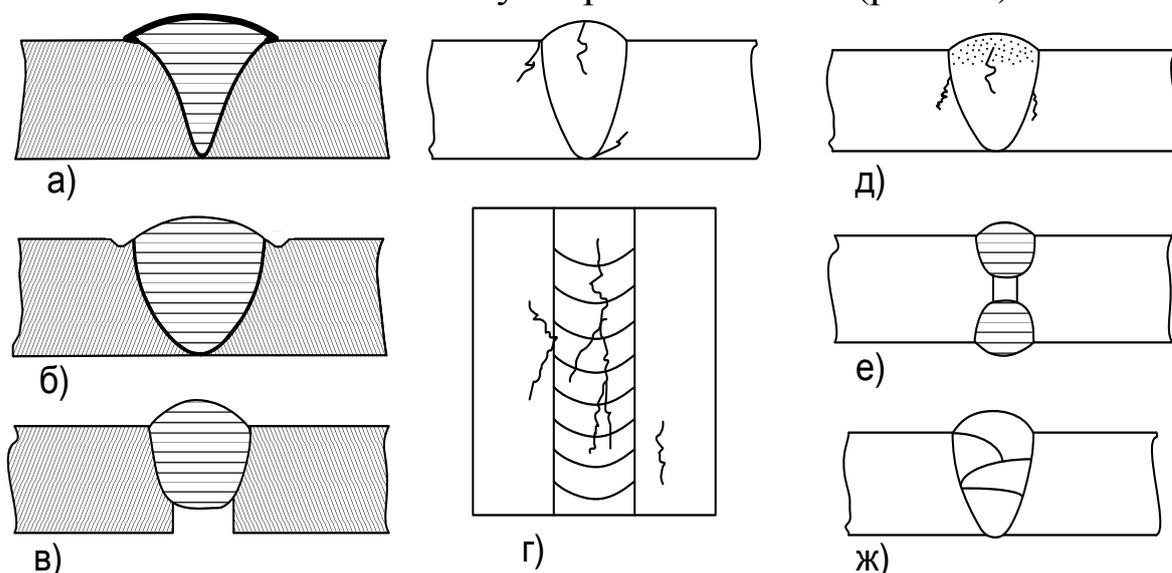


Рис. 70. Виды дефектов сварных соединений:

а – наплыв ; б – подрез; в – непровар; г – наружные трещины, поры; д – внутренние трещины и поры; е – внутренний непровар; ж – шлаковые отложения

Методы контроля сварных швов делят на разрушающие и неразрушающие.

К разрушающим методам контроля относятся: механические испытания, металлографические исследования, специальные испытания с целью получения характеристик сварных соединений.

К неразрушающим методам относятся: внешний осмотр; магнитный, электромагнитный, люминесцентный – для обнаружения поверхностных дефектов; радиационный, ультразвуковой, магнитографический – для обнаружения скрытых и внутренних дефектов; кон-

троль на непроницаемость гидравлическим испытанием, сжатым воздухом, вакуумированием и др.

Контроль внешним осмотром подвергаются все сварочные конструкции. Внешний осмотр производят невооруженным глазом или лупой. Размеры швов и дефектов определяют измерительным инструментом, шаблонами.

Классификация и сущность дуговой сварки

Дуговой сваркой называется сварка плавлением, при которой нагрев свариваемых кромок осуществляется теплотой электрической дуги.

Наиболее распространенными видами дуговой сварки, применяемыми в сельскохозяйственном ремонтном производстве, являются: ручная, под слоем флюса, в среде защитных газов.

Ручная дуговая сварка может выполняться двумя способами: неплавящимся электродом (рис. 71,а – метод Бенардоса Н.Н.) и плавящимся электродом (рис. 71,б – метод Славянова Н.Г.).

В первом случае сварочная дуга 4 возбуждается между угольным или графитовым электродом 3 и изделием 5. Сварочная ванна 1 формируется за счет расплавленных кромок изделия и присадочного материала 2. Этот способ используется в основном при сварке цветных металлов и сплавов, а также при наплавке твердых сплавов.

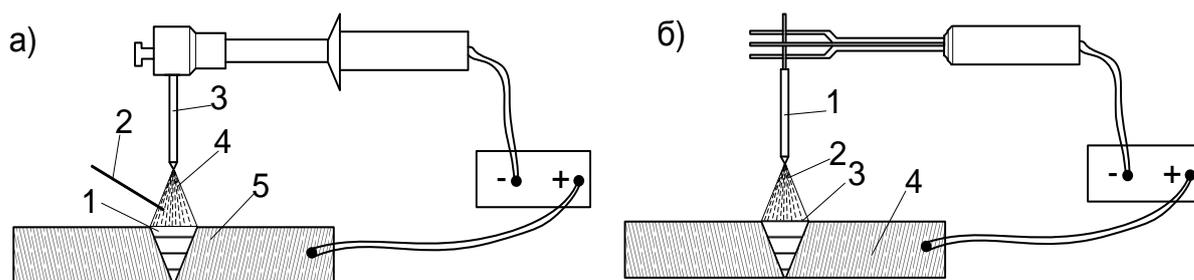


Рис. 71. Схема электрической дуговой сварки:
а – метод Бенардоса Н. Н.; б – метод Славянова Н. Г.

Второй способ является более распространенным. Дуга 2 возбуждается между плавящимся электродом 1 и изделием 4. Сварочная ванна (3) формируется из электродного металла и расплавленных кромок изделия.

Автоматическая сварка под флюсом (рис. 72) – это дуговая сварка, в которой механизированы основные движения (показаны стрелками), выполняемые сварщиком при ручной сварке – подача электрода 1 в зону дуги 6 и перемещение его вдоль свариваемых кромок изделия 5.

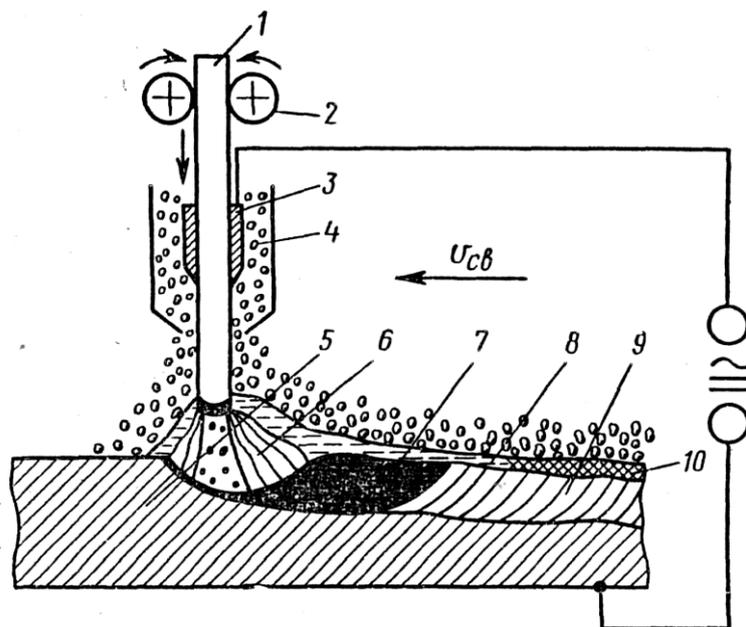


Рис. 72. Схема автоматической сварки под флюсом:
 1 – электродная проволока; 2 – механизм подачи проволоки;
 3 – токопровод; 4 – флюс; 5 – свариваемое изделие;
 6 – сварочная дуга; 7 – сварочная ванна; 8 – шлаковая ванна;
 9 – сварной шов; 10 – шлаковая корка

При полуавтоматической сварке механизирована подача электрода в зону дуги, а перемещение его вдоль шва производится вручную.

Сварочная дуга возбуждается и горит между концом голой (без покрытия) электродной проволоки 1 и изделием 5 под слоем гранулированного флюса 4 толщиной 30...50 мм. Проволока подается в зону сварки с помощью механизма подачи 2, ток к электроду подается через токопровод 3. Сварочная ванна 7 состоит из металла расплавленных кромок свариваемого изделия и металла электродной проволоки. Сварочная дуга 6 и сварочная ванна изолированы от окружающей среды слоем флюса, который, расплавляясь, образует жидкую шлаковую ванну 8. После перемещения сварочной дуги происходит формирование сварного шва 9 вследствие кристаллизации металла сварочной ванны. Температура плавления флюса ниже температуры

плавления металла, поэтому шлаковая ванна затвердевает позже, замедляя охлаждение металла шва и образуя легко удаляемую шлаковую корку 10. Медленное охлаждение сварочной ванны способствует выходу на поверхность металла всех растворенных газов и неметаллических включений, что дает возможность получить чистый, плотный и однородный по химическому составу шов.

Расплавленный флюс не только надежно защищает сварочную ванну от воздействия кислорода и азота воздуха, но и осуществляет металлургическую обработку, то есть раскисляет и легирует металл шва.

При этом виде сварки сварочная дуга горит в изолированном пространстве, наблюдается меньшее выделение вредных газов, отпадает необходимость защиты лица и глаз сварщика.

Дуговая сварка в защитном газе выполняется неплавящимся (вольфрамовым) (рис. 73, а) или плавящимся (рис. 73, б) электродом 3.

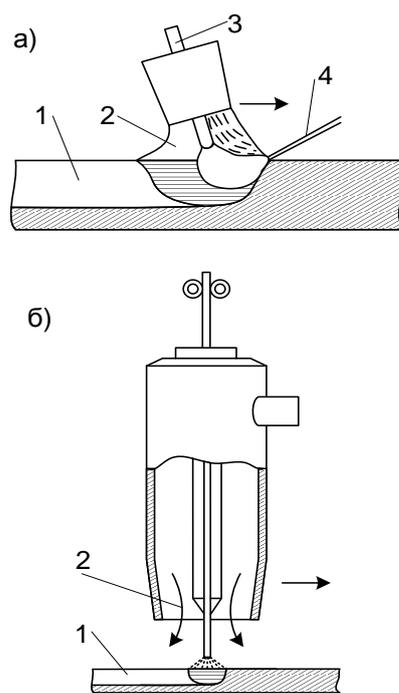


Рис. 73. Схема дуговой сварки в защитном газе:

а – неплавящимся электродом; б – плавящимся электродом;

1 – сварной шов; 2 – защитный газ;

3 – электрод (электродная проволока); 4 – присадочный металл

В первом случае сварной шов формируется за счет металла расплавляемых кромок изделия. При необходимости в зону дуги подается присадочный металл 4. Во втором случае подаваемая в зону дуги электродная проволока 3 расплавляется и участвует в образовании

сварного шва 1. Расплавленный металл защищают от окисления и азотирования струей защитного газа 2, оттесняющей атмосферный воздух из зоны дуги.

В качестве защитных применяют инертные и активные газы (водород, окись углерода или их смесь с азотом). Наибольшее применение получили аргонодуговая сварка и сварка в среде углекислого газа.

Коэффициент полезного действия сварочной дуги

Сварочная дуга представляет собой устойчивый электрический разряд в сильно ионизированной смеси газов, паров металла и материалов, используемых при сварке.

Электрическая энергия, потребляемая дугой, в основном превращается в тепло. Тепловую мощность дуги можно принять равной тепловому эквиваленту Q (Дж/с) электрической энергии, пренебрегая теплом, идущим на химические реакции в дуговом промежутке и несколько меняющим тепловой баланс дуги. Тепловой эквивалент электрической мощности можно определить по формуле:

$$Q = k \cdot I_{CB} \cdot U_{CB} \quad (19)$$

где k – коэффициент, учитывающий влияние, оказываемое несинусоидальностью кривых напряжения и тока на мощность дуги переменного тока, принимается равным 0,70...0,97 (при постоянном токе $k = 1$);

I_{CB} - сила тока сварки, А;

U_{CB} – напряжение дуги, В.

Не все тепло сварочной дуги идет на нагрев изделия: часть тепла затрачивается на нагревание нерасплавившейся части электрода, часть – на излучение в окружающее пространство, некоторое количество тепла теряется с каплями электродного металла при его разбрызгивании. Поэтому введено понятие эффективной тепловой мощности дуги. Эффективная тепловая мощность дуги – это количество теплоты, введенное в металл изделия за единицу времени, равное

$$Q_{эф} = q_0 / t, \quad (20)$$

где q_0 – количество теплоты, введенное в металл изделия, Дж;

t – время горения дуги, с.

Потери тепла дуги на излучение, нагревание электрода за счет прохождения сварочного тока для различных способов сварки будут разными.

Величиной, характеризующей тепло, расходуемое на нагрев и плавление основного и электродного металлов, является коэффициент полезного действия дуги η , который представляет собой отношение эффективной тепловой мощности дуги к тепловому эквиваленту ее электрической мощности, то есть:

$$\eta = Q_{\text{эф}} / Q \quad (21)$$

Эффективный КПД зависит от технологических условий сварки и находится в интервале от 0,5 (при ручной сварке) до 0,95 (при сварке под флюсом).

Сварочное оборудование

При дуговой электросварке применяют следующие источники дуги: сварочные генераторы и преобразователи постоянного тока, сварочные выпрямители и сварочные трансформаторы. Все источники сварочного тока должны обеспечивать возможность короткого замыкания, надежность зажигания и горения дуги, регулирования силы тока.

Основными источниками питания для сварки на переменном токе являются сварочные трансформаторы. Их подразделяют на две группы. К *первой группе* относят трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием и дополнительной реактивной катушкой – дросселем. Дроссель может иметь с трансформатором как общий, так и отдельный магнитопровод. Ко *второй группе* относят трансформаторы с повышенным магнитным рассеянием. По способу регулирования индуктивного сопротивления трансформаторы второй группы можно разделить на три основных типа: с магнитными шунтами, с подвижными катушками и с витковым (ступенчатый) регулированием.

На рис. 74 показана, принципиальная схема сварочного трансформатора ТДМ-317 с механическим регулированием.

Этот трансформатор имеет повышенное магнитное рассеивание. На сердечнике 1 внизу размещены неподвижные катушки 2 с первичной обмоткой, вверху – подвижные катушки 3 с вторичной обмоткой. Первичная обмотка включена в силовую сеть, а вторичная – в сва-

рочную цепь. Силу сварочного тока регулируют изменением расстояния L между первичной и вторичной обмотками. При увеличении расстояния L магнитный поток рассеивается, то есть не полностью идет по сердечнику 1, э.д.с. самоиндукции и индуктивное сопротивление увеличиваются и, соответственно, уменьшается ток в сварочной цепи. С увеличением сварочного тока (например, при замыкании) магнитный поток рассеивания возрастает, и во вторичной обмотке трансформатора увеличиваются э.д.с. самоиндукции и индуктивное сопротивление, что создает резкое падение напряжения (крутопадающую внешнюю характеристику источника питания).

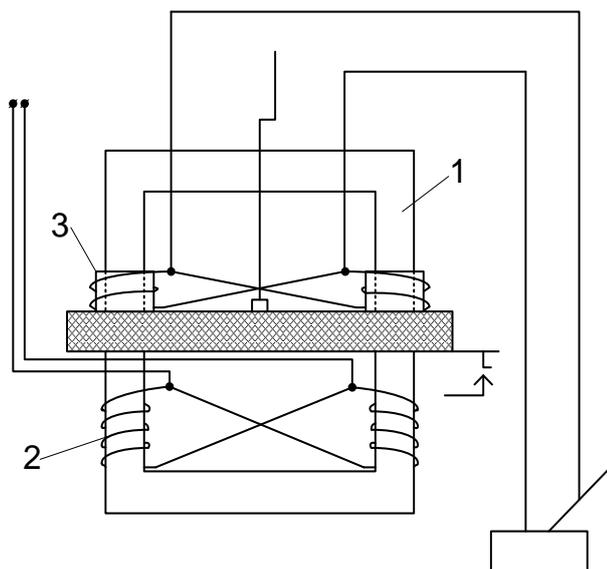


Рис. 74. Схема трансформатора ТДМ-317:

1 – сердечник; 2 – первичная обмотка; 3 – вторичная обмотка

Сварочный аппарат с отдельным дросселем (рис. 75) состоит из понижающего трансформатора (Тр) и дросселя (регулятора тока (Др)). Трансформатор имеет сердечник (магнитопровод) 2, на котором расположены первичная 1 и вторичная 3 обмотки. Последовательно со вторичной обмоткой в сварочную цепь включена обмотка 4 дросселя. Сердечник дросселя состоит из двух частей: неподвижной 5 с обмоткой 4 и подвижной 6. Изменяя зазор a между неподвижной и подвижной частями, изменяют индуктивное сопротивление дросселя и тем самым ток в сварочной цепи.

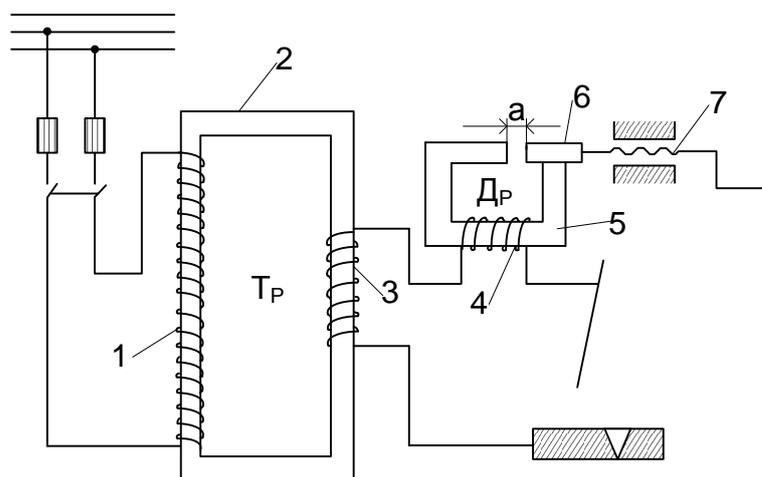


Рис. 75. Схема трансформатора с дросселем:
 1 – первичная обмотка; 2 – сердечник; 3 – вторичная обмотка;
 4 – обмотка дросселя; 5 – неподвижная часть сердечника дросселя;
 6 – подвижная часть сердечника дросселя;
 7 – регулятор тока

Среди источников постоянного тока наибольшее применение получили селеновые и кремниевые выпрямители, которые обладают рядом преимуществ перед генераторами и преобразователями. Они имеют лучшие энергетические и динамические показатели, более высокий КПД, просты в обслуживании и надежны в эксплуатации.

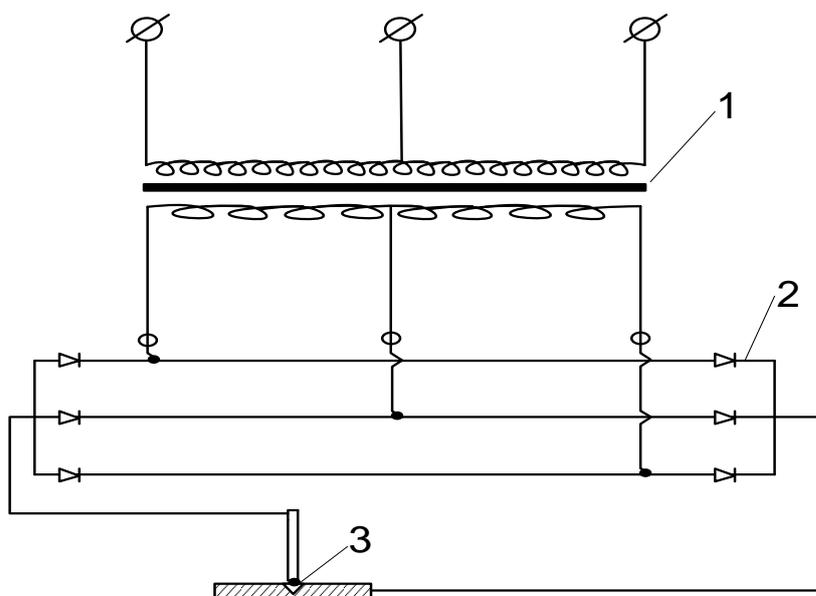


Рис. 76. Полупроводниковый выпрямитель:
 1 – понижающий трансформатор, 2 – блок полупроводниковых выпрямителей, 3 – сварочная дуга

На рис. 76 приведена принципиальная схема сварочного выпрямителя. Сварочные выпрямители монтируются, как правило, по трехфазной схеме.

Параметры технологического процесса сварки

В процессе сварки электроду сообщаются следующие основные движения:

1. Вдоль оси электрода в сторону сварочной ванны. Скорость этого движения должна соответствовать скорости плавления электрода, чтобы сохранить постоянство длины дуги.

2. Перемещение вдоль оси шва. Скорость этого движения должна быть оптимальной. При малой скорости возможен перегрев и пережог металла, производительность сварки уменьшается. При большой скорости не исключена возможность такого дефекта сварки, как непровар.

3. Поперечные колебательные движения, которые замедляют остывание металла, облегчают выход газов из ванны и способствуют получению высокого качества шва.

Длина дуги значительно влияет на качество сварки. Ориентировочно длину дуги рассчитывают по формуле:

$$l_0 = (0,5 \dots 1,1) d_0, \quad (22)$$

где d_0 – диаметр электрода, мм.

Среднее значение длины дуги можно определить из выражения:

$$l_0 \approx 0,5 (d_0 + 2). \quad (23)$$

Различают дугу короткую – 2...4 мм, среднюю – 4...6 мм и длинную $l = 6$ мм.

Короткая дуга обеспечивает получение высококачественного шва.

Основными параметрами режима сварки являются диаметр электрода d_0 и сварочный ток $I_{св}$.

Диаметр электрода зависит в основном от толщины свариваемых кромок S и вида сварного соединения.

Диаметр электрода можно выбрать по табличным данным из справочников или определить по формуле:

$$d_э = \frac{1}{2} S + 1. \quad (24)$$

где S – толщина свариваемых кромок, мм.

Если по расчету диаметр электрода получился более 6 мм, то ограничиваются диаметром 6 мм.

При сварке угловых и тавровых соединений при выборе диаметра электрода принимают во внимание размер катета шва $K_{ш}$ (табл. 60):

Таблица 60

Зависимость диаметра электрода от катета шва

| | | | |
|--------------|-------|-------|-----|
| $K_{ш}$, мм | 3...5 | 6...8 | > 8 |
| $d_э$, мм | 3...4 | 4...5 | 6 |

Расчет сварочного тока при ручной дуговой сварке производят по диаметру электрода и допустимой плотности тока. Для приближенных расчетов сварочный ток определяют по формуле:

$$I_{св} = K \cdot d_э, \quad (25)$$

где K – коэффициент плотности тока, принимаемый в зависимости от $d_э$, А/мм, (табл. 61):

Таблица 61

Зависимость коэффициента плотности тока от диаметра электрода

| | | | |
|------------|---------|-------|-------|
| $d_э$, мм | 1,6...2 | 3...4 | 5...6 |
| K , А/мм | 30 | 45 | 60 |

При сварке вертикальных швов $d_э$ не должен превышать 5 мм, $I_{св}$ снижают на 15...20 %. При сварке потолочных швов $d_э$ не должен превышать 4 мм, $I_{св}$ снижают на 20...25 %.

Если толщина металла $S \leq 1,5 d_э$, то $I_{св}$ уменьшают на 10...15 %. Если толщина металла $S \geq 3 d_э$, то $I_{св}$ увеличивают на 10...15 %.

Сведения об электродах

Электроды классифицируются по следующим признакам: материалу, назначению, толщине покрытия, виду покрытия, свойствам металла шва, роду и полярности тока, допустимому пространственному положению.

По назначению электроды подразделяют на следующие группы:

У – для сварки углеродистых и низколегированных сталей;

Л – для сварки легированных конструкционных сталей;

Т – для сварки легированных теплостойких сталей;

В – для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами;

Н – для наплавления поверхностных слоев.

По толщине покрытия в зависимости от отношения диаметра электрода D (мм) к диаметру стержня d (мм):

М – с тонким покрытием $D / d < 1,2$;

С – со средним покрытием $1,2 \leq D / d \leq 1,45$;

Д – с толстым покрытием $1,45 \leq D / d \leq 1,8$;

Г – с особо толстым покрытием $D / d \geq 1,8$.

По виду покрытия:

М – с кислым покрытием. Используются для сварки как на постоянном, так и на переменном токе;

Б – с основным покрытием, для сварки на постоянном токе обратной полярности;

Ц – с целлюлозным покрытием, основные компоненты которого создают газовую защитную среду. Применяются для сварки сталей малой толщины;

Р – с рутиловым покрытием, основной компонент рутил (TiO_2), для сварки на постоянном и переменном токе. Обеспечивают хорошее формирование швов во всех пространственных положениях;

П – прочие виды покрытий;

Ж – покрытие содержит железный порошок более 20 %.

Общее назначение электродных покрытий – обеспечение стабильности горения сварочной дуги и получения металла шва с заданными свойствами (прочность, пластичность, ударная вязкость, стойкость против коррозии, износостойкость и др.).

Качественное электродное покрытие должно содержать следующие компоненты: ионизирующие, газообразующие, раскисляющие, шлакообразующие, легирующие и связующие.

Промышленность выпускает сотни разнообразных электродов. Для сварки углеродистых и легированных сталей выпускается 9 типов электродов: Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60. Для сварки легированных конструкционных сталей – 5 типов: Э70, Э85, Э100, Э125, Э150. Цифра после буквы Э указывает гарантиро-

ванный предел прочности металла шва в кг/мм^2 , буква А указывает, что металл шва имеет повышенную пластичность.

Каждому типу электродов соответствует несколько марок.

Содержание отчета

В отчет необходимо включить: письменные ответы на контрольные вопросы, основные принципиальные схемы видов сварки, источников питания сварочной дуги. Визуально определить качество образцов сварных соединений, описать обнаруженные дефекты. По заданию преподавателя выполнить расчеты по определению диаметра электрода и силы сварочного тока для конкретных условий сварки.

Таблица 62

Перечень индивидуальных заданий студентам

| № варианта | Конкретные условия сварки |
|------------|---|
| 1 | Угловое соединение с катетом шва 6 мм, шов вертикальный |
| 2 | Стыковое соединение в нижнем положении при толщине металла 5 мм |
| 3 | Стыковое соединение в нижнем положении при толщине металла 20 мм |
| 4 | Стыковое соединение при толщине металла 15 мм, шов вертикальный |
| 5 | Нахлесточное соединение в нижнем положении при толщине металла 6 мм |
| 6 | Стыковое соединение с толщиной металла 8 мм, шов потолочный |
| 7 | Стыковое соединение с толщиной металла 10 мм, шов вертикальный |
| 8 | Стыковое соединение в нижнем положении при толщине металла 1 мм |
| 9 | Стыковое соединение в нижнем положении при толщине металла 3 мм |
| 10 | Угловое соединение с катетом шва 8 мм, шов потолочный |
| 11 | Стыковое соединение с толщиной металла 10 мм, шов потолочный |
| 12 | Нахлесточное соединение с толщиной металла 10 мм, шов вертикальный |
| 13 | Стыковое соединение с толщиной металла 2 мм, шов вертикальный |
| 14 | Тавровое соединение в нижнем положении с катетом шва 5 мм |
| 15 | Стыковое соединение с толщиной металла 1 мм, шов вертикальный |
| 16 | Нахлесточное соединение с толщиной металла 8 мм, шов потолочный |

| | |
|----|---|
| 17 | Стыковое соединение с толщиной металла 3 мм, шов вертикальный |
| 18 | Тавровое соединение с катетом шва 10 мм, шов потолочный |
| 19 | Угловое соединение с катетом шва 12 мм, шов вертикальный |

Контрольные вопросы

1. Что такое сварка?
2. Чем отличается ручная дуговая сварка от полуавтоматической и автоматической?
3. Какие Вы знаете источники переменного тока?
4. Какие Вы знаете источники постоянного тока?
5. Какие физические и химические процессы протекают при образовании сварного соединения?
6. Какие бывают дефекты в сварных соединениях?
7. Что такое сварочная дуга?
8. Каковы основные виды движения электрода в процессе сварки?
9. Назовите признаки классификации сварных швов.
10. Каково назначение электродных покрытий?
11. Какие компоненты должны входить в качественное электродное покрытие?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ГАЗОВАЯ СВАРКА И РЕЗКА МЕТАЛЛОВ

Цель работы: изучить оборудование и аппаратуру для газовой сварки и резки, научиться выбирать соответствующие оптимальные технологические параметры.

Приборы, материалы и инструменты:

1. Газовый сварочный пост с питанием от баллонов.
2. Газокислородный резак и горелки.
3. Защитный щиток, спецодежда.
4. Шланги для подвода ацетилена и кислорода.
5. Присадочная проволока.
6. Измерительный инструмент, шаблоны.

Порядок работы

1. Ознакомиться с имеющимся на кафедре оборудованием газовой сварки и резки металлов.
2. Описать область применения газовой сварки, ее достоинства и недостатки.
3. Описать область применения кислородной резки металла.
4. Начертить и описать схему газосварочного поста.
5. Ответить на контрольные вопросы.
6. Провести опыты по определению оптимальных режимов газовой сварки и резки металлов и сплавов.
7. Результаты опытов занести в таблицы (69, 70).
8. По индивидуальному заданию преподавателя (табл. 71) определить вид горелки и номер наконечника, способ сварки, диаметр и марку присадочной проволоки, технологические особенности сварки (вид пламени, удельную мощность пламени, потребность флюса и др.).

Теоретические сведения

Сущность процесса газовой сварки заключается в том, что свариваемый и присадочный металлы расплавляют в пламени, получающемся при сгорании какого-либо горючего газа в смеси с кислородом, обычно применяют ацетилен. По сравнению с электродуговой сваркой газовая сварка – процесс малопроизводительный. Газовую

сварку применяют при изготовлении тонких стальных изделий толщиной до 5 мм, сварке цветных металлов и их сплавов, исправлении дефектов в чугунных и бронзовых отливках, а также при различных ремонтных работах.

Все горючие газы, содержащие углеводород, образуют сварочное пламя, которое имеет три ярко различимые зоны: ядро, восстановительную зону и факел (рис. 77).

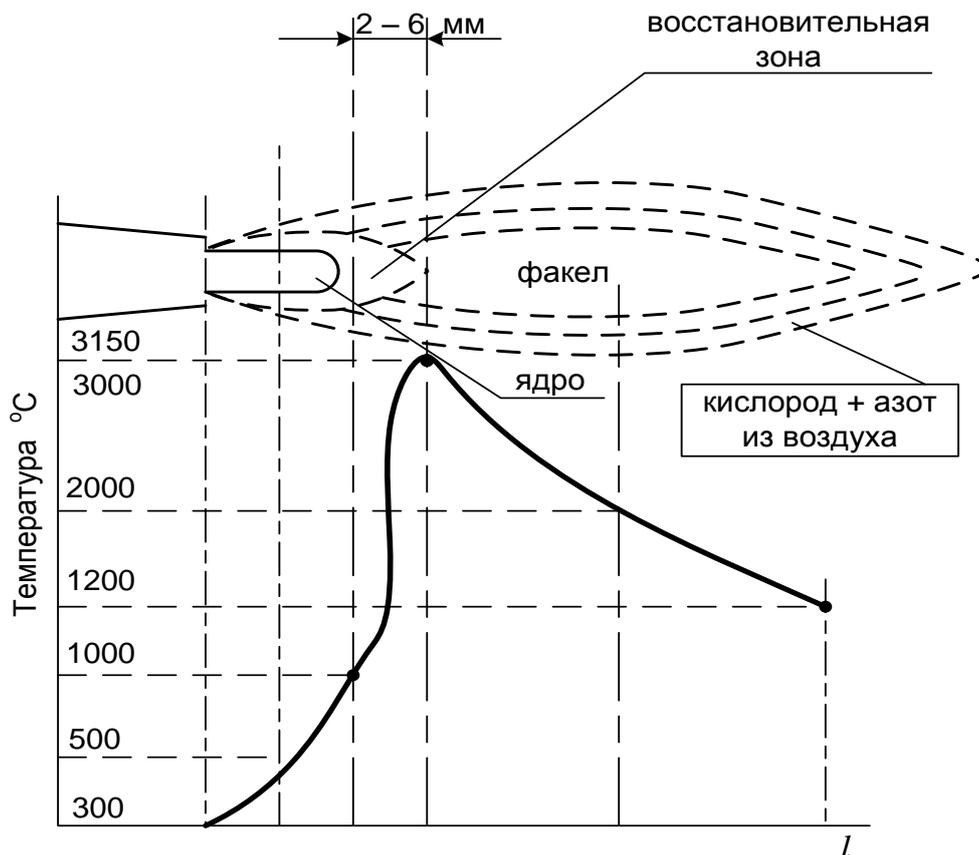


Рис. 77. Схема газового пламени и распределение температур по зонам

Ядро имеет резко очерченную форму (близкую к форме цилиндра), плавно закругляющуюся в конце, с ярко светящейся оболочкой. Размеры ядра зависят от состава горючей смеси, ее расхода и скорости истечения. Диаметр канала мундштука горелки определяет диаметр ядра пламени, а скорость истечения газовой смеси его длину. Температура ядра достигает 1000 °С.

Восстановительная зона располагается за ядром и по своему более темному цвету заметно отличается от него. Зона состоит из продуктов неполного сгорания ацетилена – оксида углерода и водорода. Она называется восстановительной, так как оксид углерода и водород раскисляют расплавленный металл, отнимая кислород от его оксидов.

Этой зоной выполняют сварку и поэтому ее называют рабочей. Восстановительная зона имеет наиболее высокую температуру в точке, отстоящей на 2...6 мм от конца ядра.

Факел располагается за восстановительной зоной и представляет собой зону полного сгорания. Температура этой зоны значительно ниже, чем в восстановительной зоне и колеблется в интервале от 1200 до 2520°C.

В зависимости от соотношения между кислородом и ацетиленом получают три основных вида сварочного пламени: нормальное, окислительное и науглероживающее.

Нормальное пламя получают тогда, когда в горелку на один объем ацетилена подают от 1,1 до 1,3 объема кислорода. Нормальное пламя характеризуется отсутствием свободного кислорода в восстановительной зоне.

Окислительное пламя получается при избытке кислорода, при подаче в горелку на 1 объем ацетилена более 1,3 объема кислорода. При этом ядро приобретает конусообразную форму, значительно сокращается по длине, а пламя приобретает синевато-фиолетовую окраску.

Науглероживающее пламя получается при избытке ацетилена, когда в горелку на один объем ацетилена подается 0,95 и менее объема кислорода. Ядро такого пламени теряет резкость своего очертания, на конце его появляется зеленоватый венчик, по которому судят об избытке ацетилена.

Слегка науглероживающее пламя применяют для сварки чугуна и при наплавке твердыми сплавами.

Тепловые характеристики газового пламени (температура; эффективная тепловая мощность q_1 , кал/с; распределение теплового потока пламени по пятну нагрева q_2 , кал / см² · с) зависят от теплотворной способности горючего газа, чистоты кислорода и соотношения кислорода и ацетилена в газовой смеси.

Температура газового пламени (°C) неодинакова в различных его частях и достигает наибольшего значения на оси пламени вблизи конца ядра в зависимости от сгораемого газа:

| | |
|-------------------------|-------------|
| Ацетилен | 3100...3150 |
| Метан | 2100...2200 |
| Пропано-бутановая смесь | 2400...2500 |
| Коксовый газ | 2000...2100 |
| Водород | 2000...2100 |

Газовое пламя нагревает поверхность металла вследствие процессов теплообмена – вынужденной конвекции и излучения, интенсивность которых возрастает с увеличением перепада температур пламени и поверхности нагреваемого металла. Поэтому эффективная мощность пламени возрастает с повышением его температуры и падает с повышением температуры поверхности металла.

Эффективная мощность пламени q (ее предельное значение, соответствующее установившемуся состоянию процесса при нагреве металла перемещающимся пламенем) возрастает с увеличением расхода ацетилена $V_{C_2H_2}$, л/ч (рис. 78).

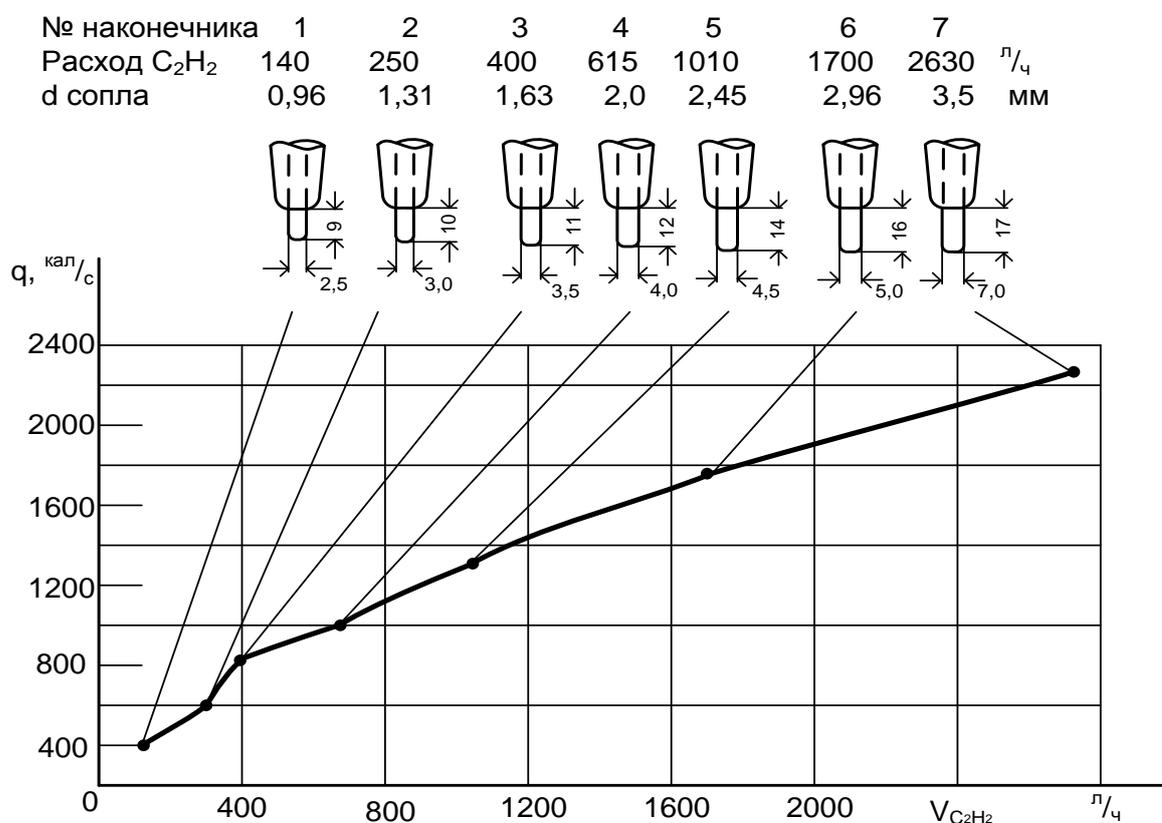


Рис. 78. Эффективная мощность пламени и длина ядра в зависимости от расхода ацетилена (номера наконечника горелки)

Эффективный КПД процесса нагрева металла газовым пламенем η_u представляет отношение эффективной мощности пламени q к полной тепловой мощности q_H , соответствующей низшей теплотворной способности ацетилена 14600 кал/ч.

$$\eta_u = \frac{q}{3,5 \cdot V_{c_2H_2}}. \quad (26)$$

Параметры режима нагрева, размеры изделия и теплофизические свойства металла также влияют на эффективную мощность, хотя и в меньшей степени, чем расход газа. При правом нагреве эффективная мощность пламени выше, чем при левом. С увеличением скорости перемещения пламени его эффективная мощность несколько возрастает. С увеличением толщины нагреваемого металла, а также его теплопроводности эффективная мощность пламени возрастает.

Распределение удельного теплового потока q_2 пламени простой горелки по радиусу r пятна нагрева приблизительно описывают соотношением:

$$q_2(r) = q_{2max} e^{-kr^2}, \quad (27)$$

где q_{2max} – наибольший удельный тепловой поток в центре пятна нагрева, кал / см² · с;

k – коэффициент сосредоточенности удельного потока пламени, см⁻²;

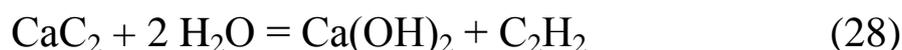
r – расстояние от оси пламени, см.

Газовое пламя нагревает металл значительно медленнее и плавнее, чем электрическая сварочная дуга, так как наибольший тепловой поток на оси ацетилено-кислородного пламени горелки в 8...12 раз меньше открытой сварочной дуги примерно одинаковой эффективной мощности. Поэтому кроме снижения производительности при газовой сварке имеем обширные зоны нагрева металла, что может привести к короблению поверхности и снижению прочности соединения. Эти и другие присущие газовой сварке недостатки (взрывоопасность, пожароопасность) способствовали поиску альтернативных видов сварки. В последнее время в ремонтном производстве газовая сварка постепенно вытесняется электросваркой в углекислом газе (для сварки тонких стальных изделий) и плазменной сваркой (для сварки тонких изделий из стали и цветных металлов и сплавов).

Газовая резка металлов пока удерживает свои позиции не только в ремонтных мастерских, но и в условиях крупных промышленных предприятий.

Чаще других горючих газов для газовой сварки применяют ацетилен. Ацетилен представляет собой химическое соединение углерода с водородом (C_2H_2).

Получают ацетилен из карбида кальция (CaC_2) путем воздействия на последний водой. При реакции с водой 1 кг карбида кальция дает 230...280 л газообразного ацетилена. В результате реакции получают газообразный ацетилен C_2H_2 и гашеную известь $Ca(OH)_2$:



Карбид кальция транспортируют в специальных стальных герметически закрытых баллонах. Масса баллонов с карбидом кальция может быть 50...130 кг. Кроме ацетилена, применяют и другие горючие газы, свойства которых приведены в табл. 63.

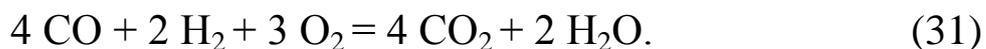
Процесс сгорания ацетилена в кислороде можно условно разделить на две стадии. Сначала под влиянием нагрева происходит распад ацетилена на элементы:



Затем происходит первая стадия сгорания ацетилена за счет кислорода смеси по реакции:



Вторая стадия горения протекает за счет кислорода воздуха:



Процесс горения сопровождается выделением теплоты. Температура пламени при сгорании в смеси с кислородом достигает $3200^\circ C$. Ацетилено-кислородная смесь взрывоопасна при наличии в ней 28... 93 % ацетилена по объему. Транспортируют ацетилен в стальных баллонах под давлением 1,9 МПа.

Кислород применяют трех сортов в зависимости от чистоты. Примеси азота и аргона в техническом кислороде составляют 0,3...0,8 %. Газообразный кислород транспортируют в стальных баллонах под давлением 15 МПа. При соприкосновении с маслами кислород взрывается.

Основные свойства горючих газов, применяемых для сварки и резки металлов

| Газ | Плотность, кг/м ³ | Низшая теплотворная способность, кДж/м ³ | Температура пламени в смеси с кислородом, °С | Коэф. замены С ₂ Н ₂ | Кол-во О ₂ на 1 м ³ газа, кг | Пределы взрываемости смеси, % | | Область применения | Способы транспортировки и хранения |
|--------------|------------------------------|---|--|--|--|-------------------------------|------------------|--|--|
| | | | | | | с воздухом | с О ₂ | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ацетилен | 1,09 | 52800 | 3100... 3220 | 1 | 1...1,3 | 2,2...81,0 | 2,3...93,0 | Все виды газопламенной обработки | Растворенный в ацетоне в баллонах под давлением до 1,4 МПа |
| Водород | 0,08 | 10100 | 2100... 2300 | 5,2 | 0,3...0,4 | 3,3...81,5 | 2,6...95,0 | Для сварки сталей толщиной до 2 мм, чугуна, латуни | Газообразный в баллонах под давлением до 15 МПа |
| Коксовый газ | 0,5 | 15200 | 2200 | 3,2 | 0,7 | - | - | Сварка легкоплавких металлов, пайка, кислородная резка | По газопроводу |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Город- | 0,84 | 17200 | 2000... | 3,0 | 1,5...1,6 | 3,8...24,6 | 10...73 | Сварка лег- | По газопроводу |

| | | | | | | | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|------|-----------|------------|------------|--|---|
| ской газ | ... 1,05 | ... 21000 | 2300 | | | | | коплав- ких метал- лов, пайка | под давлением до 0,3 МПа и в баллонах до 15 МПа |
| Нефтя- ной газ | 0,87 ... 1,37 | 41000 ... 56600 | 2000... 2400 | 1,2 | 1,5...1,6 | - | - | Сварка лег- коплавких металлов, пайка | По газопроводу |
| Метан | 0,67 | 35600 | 2400... 2700 | 1,6 | 1,5...1,8 | 4,8...16,7 | 5,0...59,2 | Сварка лег- коплав- ких метал- лов, пайка | На баллонах под давлением 15 МПа или по трубопроводу |
| Пропан | 1,88 | 93000 | 2600 | 0,6 | 3,4 | 2,0...9,5 | 4,8...2,0 | Кислородная резка, свар- ка, пайка цветных ме- таллов | В жидком виде в баллонах под давлением 1,6 МПа |
| Бутан | 2,54 | 116500 | 2450 | 0,45 | 3,3 | 1,5...8,5 | 2...45 | Кислородная резка, свар- ка, пайка цвет- ных метал- лов | В жидком виде в баллонах под давлением 1,6 МПа |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Пропан- бутан | 1,87 | 2200 | 2600 | 0,6 | 3,5 | - | - | Кислородная резка, свар- ка, пайка цветных ме- | В жидком виде в баллонах под давлением 1,6 МПа |

| | | | | | | | | таллов | |
|---------|------|-------|------|-----|-----------|--------|-----------|--|--------------------------------------|
| Бензин | 0,73 | 10500 | 2440 | 1,4 | 1,25 | 0,65 | 21...28,4 | Кислородная резка стали, сварка, пайка легкоплавких металлов | В жидком виде в цистернах или бачках |
| Керосин | 0,83 | 10100 | 2400 | 1,2 | 1,7...2,4 | 2...28 | - | Кислородная резка, сварка, пайка легкоплавких металлов | В жидком виде в цистернах или бачках |

ОБОРУДОВАНИЕ И АППАРАТУРА ДЛЯ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Ацетиленовые генераторы

Ацетиленовым генератором называют аппарат, служащий для получения ацетилена разложением карбида кальция водой. Ацетиленовые генераторы, применяемые для сварки и резки металлов согласно ГОСТ 5190-78, классифицируются по следующим признакам:

- по производительности – 1,25; 3; 5; 10; 20; 40; 80; 160; 320; 640 м³/ч;

- по способу применения – передвижные с производительностью 1,25...3,0 м³/ч, стационарные с производительностью 5...640 м³/ч;

- по давлению вырабатываемого газа – низкого давления до 0,02 МПа; среднего давления от 0,02 до 0,15 МПа;

- по способу взаимодействия карбида кальция с водой – генераторы системы «КВ», «ВК», «ВВ».

В генераторах типа «КВ» предусматривается периодическая подача в воду карбида кальция. При этом достигается наибольший выход ацетилена – до 95 % .

В генераторах типа «ВК» осуществляется периодическая подача порций воды в загрузочное устройство с карбидом кальция.

В генераторах системы типа «ВВ» разложение карбида кальция осуществляется при соприкосновении его с водой в зависимости от изменений уровня воды, находящейся в реакционном пространстве и периодически вытесняемой образовавшимся газом.

Все ацетиленовые генераторы, независимо от их системы, имеют следующие основные части: газообразователь, газосборник, предохранительный затвор, автоматическую регулировку вырабатываемого ацетилена в зависимости от его потребления.

В ремонтно-технических предприятиях сельскохозяйственного производства наибольшее распространение получили передвижные генераторы низкого давления.

На рис. 78 представлена принципиальная схема однопостового передвижного морозоустойчивого (до – 25 °С) ацетиленового генератора низкого давления АНВ-1,25. Генератор работает по принципу «ВК» в сочетании с процессом «вытеснения воды». Производительность – 1,25 м³/ч, максимальное давление – 0,01 МПа.

В корпус генератора 1 вварена реторта 7, в которой помещается загрузочная корзина 3 с карбидом кальция.

Корпус генератора перегородкой 10 делится на две части: в верхней части расположен водосборник 11, в нижней – газосборник 9. Обе части соединены циркуляционной трубой 4, через которую вода попадает в нижнюю часть или при работе генератора вытесняется в верхнюю часть.

Генератор заполняется водой до уровня 17 через открытую верхнюю часть. Вода в реторту поступает по газоотводящей трубке 19 через отверстие вентиля 18. Реторта герметично закрывается крышкой и специальным болтом.

Ацетилен, выделяющийся в результате взаимодействия карбида кальция с водой, поступает по газоотводящей трубке 19 в газосборник и вытесняет находящуюся в нем воду через циркуляционную трубу 4 в верхнюю часть генератора. Вода в реторту подается до тех пор, пока она не будет вытеснена из газосборника ниже уровня вентиля 18. По мере выделения ацетилена и возрастания давления ацетилена в газосборнике и реторте, вода начинает вытесняться также из реторты в камеру 8 – вытеснитель. При этом дальнейшее образование газа прекращается.

При отборе газа из газосборника давление ацетилена снижается, вода, вытесненная в камеру 8, возвращается в реторту, и газообразование возобновляется.

При падении давления в генераторе до 2,3...2,7 кПа вода в газосборнике поднимается выше вентиля 18 и начинает поступать в реторту. Поступление воды в реторту прекращается после того, как давление превысит 2,7...2,8 кПа, то есть когда уровень воды в газосборнике снова опустится ниже уровня вентиля 18.

Так, в зависимости от расхода ацетилена из генератора автоматически регулируется процесс его образования.

Газ при отборе поступает из газосборника в карбидный осушитель 16, загруженный карбидом, после чего проходит в водяной затвор 5, а из него по шлангу 15 в горелку или резак.

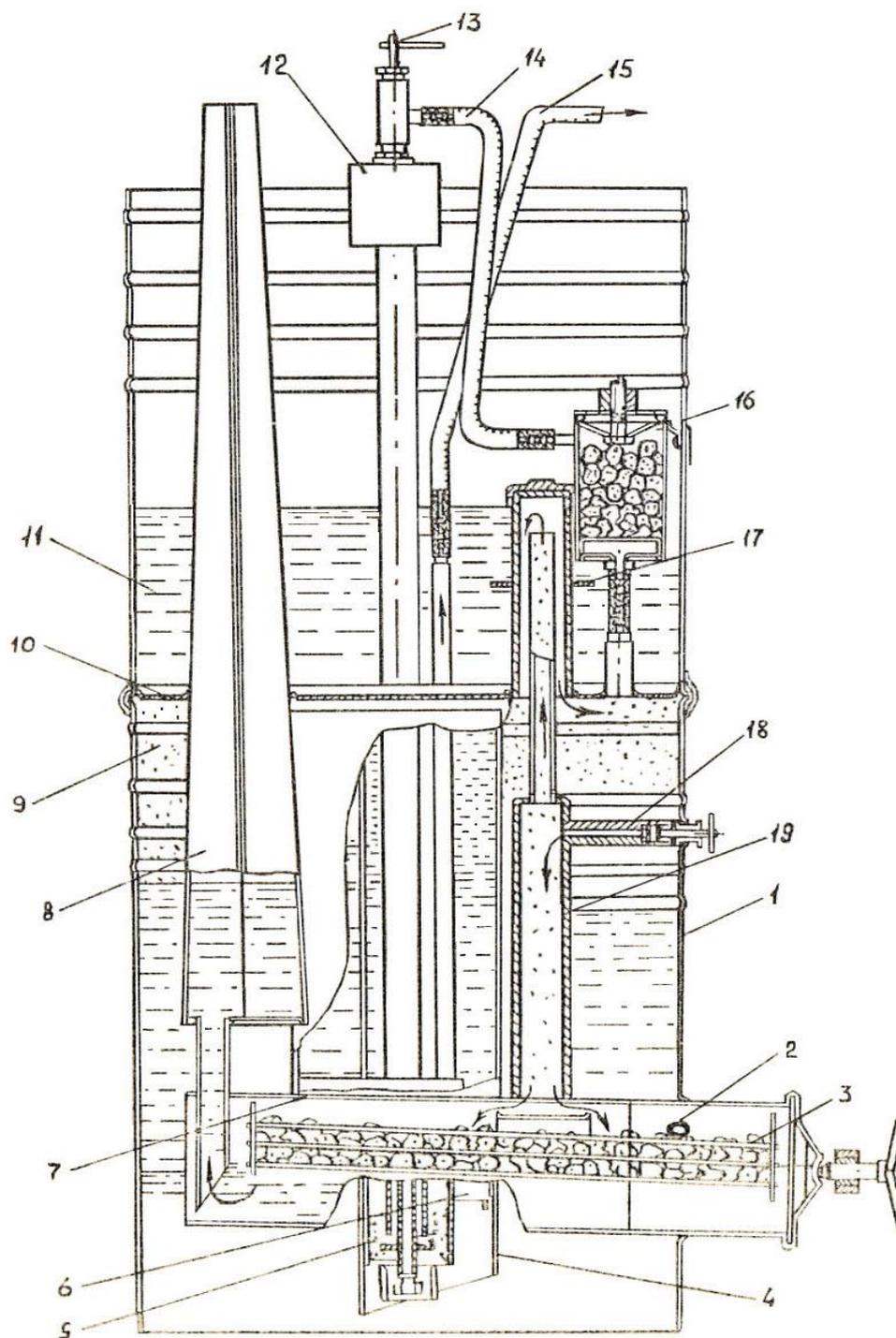


Рис. 78. Схема ацетиленового генератора АНВ – 1,25

Водяной затвор 5 служит для предохранения генератора от проникновения в него взрывной волны при обратном ударе пламени. При низких температурах водяной затвор устанавливают в циркуляционной трубе 4, чтобы предохранить его от замерзания. В теплое время водяной затвор устанавливают снаружи генератора.

При обратном ударе взрывчатая смесь через предохранительную трубку выходят в атмосферу, унося с собой вытесненную воду. Часть воды задерживается в обечайке 12 и стекает обратно в затвор.

Перед пуском генератора необходимо очистить от ила реторту, продуть сжатым воздухом шланги 14 и 15, зарядить осушитель 16 карбидом кальция в количестве 1 кг, заполнить генератор водой до уровня 17. При этом вентиль водяного затвора 13 должен быть открыт, а вентиль 18 – закрыт. Заполнить водой затвор 5 через открытую верхнюю обечайку 12 до уровня контрольного крана 6, после чего закрыть вентиль 13. Открыв вентиль 18, надо убедиться в том, что вода поступает в реторту, после чего закрыть вентиль 18 и контрольный кран 2.

Загрузить в корзину 4 кг карбида кальция, вставить корзину 3 в реторту и закрыть крышку. Пустить порцию воды в реторту, открыв и закрыв вентиль 18, сделать контрольную продувку реторты через кран 2. Закрутить контрольный кран, после чего генератор можно считать готовым к работе.

Питание постов газовой сварки и резки ацетиленом от ацетиленовых генераторов связано с рядом неудобств, поэтому широкое распространение получили газовые баллоны.

Баллоны для газов и редукторы

Для хранения и транспортировки сжатых, сжиженных и растворенных газов, находящихся под давлением, применяют стальные баллоны, которые изготавливают из бесшовных труб углеродистой и легированной сталей. Наибольшее распространение получили баллоны вместимостью 40 дм³. Эти баллоны имеют размеры: наружный диаметр – 219 мм, толщина стенки – 7 мм, высота – 1390 мм. Масса баллона без газа – 67 кг.

В горловине баллона имеется конусное отверстие с резьбой, куда ввертывается запорный вентиль. Для каждого газа разработаны свои конструкции вентиляей, что исключает установку, например, кислородного вентиля на ацетиленовый баллон и наоборот.

Кислородные вентиля изготавливают из латуни, ацетиленовые из стали, применение сплавов меди с содержанием ее более 70 % недопустимо, так как при контакте с ацетиленом возникает взрывоопасная ацетиленовая медь. Ацетиленовый вентиль имеет резьбу от-

личную от других типов вентилях, что исключает возможность установки его на других баллонах.

Каждому газу соответствует свой условный цвет баллона и цвет надписи, кислородные баллоны окрашивают в голубой цвет, надпись делают черной краской; ацетиленовый – соответственно в белый и красной краской; пропановый – в красный и белой краской и др.

Кислород наполняют в баллоны до давления 15 МПа. Баллон вместимостью 40 дм³ при давлении газа 15 МПа содержит кислорода 6 м³.

При окончании отбора газа из баллона необходимо следить, чтобы остаточное давление в нём было не менее 0,05...0,1 МПа.

Ацетиленовые баллоны заполняют пористой массой (древесный уголь, пемза), которую пропитывают ацетоном (220...300 г на дм³ вместимости баллона). Ацетон является хорошим растворителем ацетилена, в одном объеме ацетона растворяется 23 объема ацетилена.

Давление ацетилена в баллоне изменяется при изменении температуры (табл. 64).

Таблица 64

*Зависимость давления ацетилена в баллоне
от температуры окружающей среды*

| Температура, °С | - 5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Давление, МПа | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 1,8 | 1,9 | 2,1 | 2,3 | 3,0 |

Давление наполненных баллонов при 20 °С не должно превышать 1,9 МПа.

При газовой сварке и резке металлов рабочее давление газов должно быть меньше, чем давление в баллоне или газопроводе. Для понижения давления газа применяют редукторы.

Редуктором называется прибор, служащий для понижения давления газа, при котором он находится в баллоне или магистрали, до величины рабочего давления и для автоматического поддержания этого давления постоянным.

Редукторы, применяемые в сварочной технике, классифицируются по принципу действия (прямого и обратного), по назначению и месту установки, по схемам редуцирования и роду редуцируемого газа.

Редуктор имеет клапан, управляемый гибкой мембраной, на которую с одной стороны действует сила пружины, а с другой – давление газа. Регулированием силы пружины обеспечиваются заданное давление и расход газа.

Редукторы отличаются друг от друга цветом корпуса и присоединительными устройствами.

На рис. 79 показана схема газосварочного поста с питанием от баллонов. На сварочном посту баллоны устанавливаются в вертикальном положении и закрепляются.

Использование ацетиленовых баллонов вместо генераторов дает ряд преимуществ: простота обслуживания сварочной установки, безопасность и улучшение условий работы, повышение производительности труда.

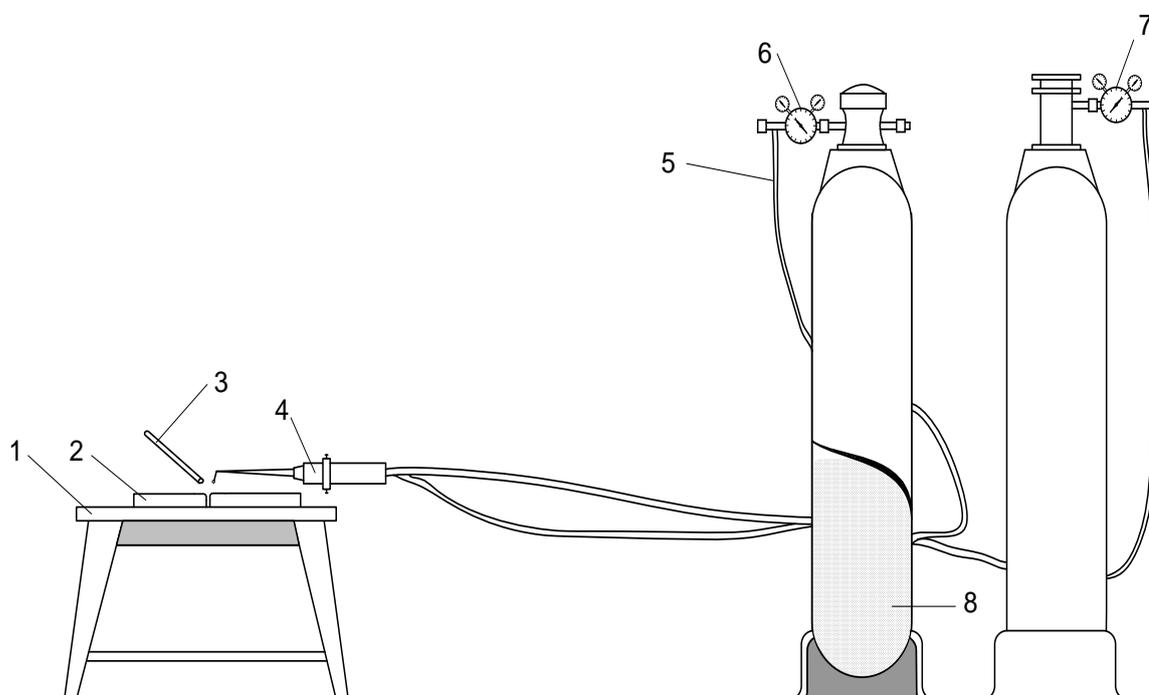


Рис.79. Схема газового поста с питанием от баллонов:

- 1 – стол; 2 – свариваемые детали; 3 – присадочный металл;
 4 – горелка; 5 – шланг; 6 – ацетиленовый редуктор;
 7 – кислородный редуктор; 8 – пористая масса

Сварочные горелки

Сварочная горелка является основным инструментом газосварщика. Сварочной горелкой называется устройство, служащее для

смешивания горючего газа или паров горючей жидкости с кислородом и получения сварочного пламени.

Согласно ГОСТ 1077-79 сварочные горелки классифицируются: по способу подачи горючего газа и кислорода в смесительную камеру – инжекторные и безинжекторные; по роду применяемого газа; по мощности – микромощности, малой, средней и большой мощности; по способу применения – ручные и машинные.

Наибольшее применение имеют инжекторные горелки, работающие на смеси ацетилена с кислородом. В инжекторных горелках горючий газ подсасывается в смесительную камеру струей кислорода, подаваемого в горелку с большим давлением (0,15...0,5 МПа), чем горючий газ (0,01 МПа). Этот процесс подсоса называется инъекцией. На рис. 27 показаны схемы инжекторной и безинжекторной горелок.

В инжекторной горелке (рис. 80, а) кислород под давлением через штуцер 8 и регулировочный вентиль 7 подается к инжектору 6. Выходя с большой скоростью из узкого канала инжекторного корпуса, кислород создает значительное разрежение в камере 5, вызывающее подсос ацетилена.

В камере 5 образуется горючая смесь, которая поступает по наконечнику 3 к мундштуку 4, на выходе которого при сгорании образуется сварочное пламя. Горелки имеют сменные наконечники с различными диаметрами выходных отверстий инжектора и мундштука. Наконечники крепятся к стволу горелки 1 накидной гайкой 2.

В безинжекторных горелках (рис. 80, б) горючий газ и кислород поступает в смесительную камеру 5 под одинаковым давлением в пределах 0,01...0,1 МПа.

В табл. 65 приведены различные типы горелок, в табл. 66 даны их технические характеристики.

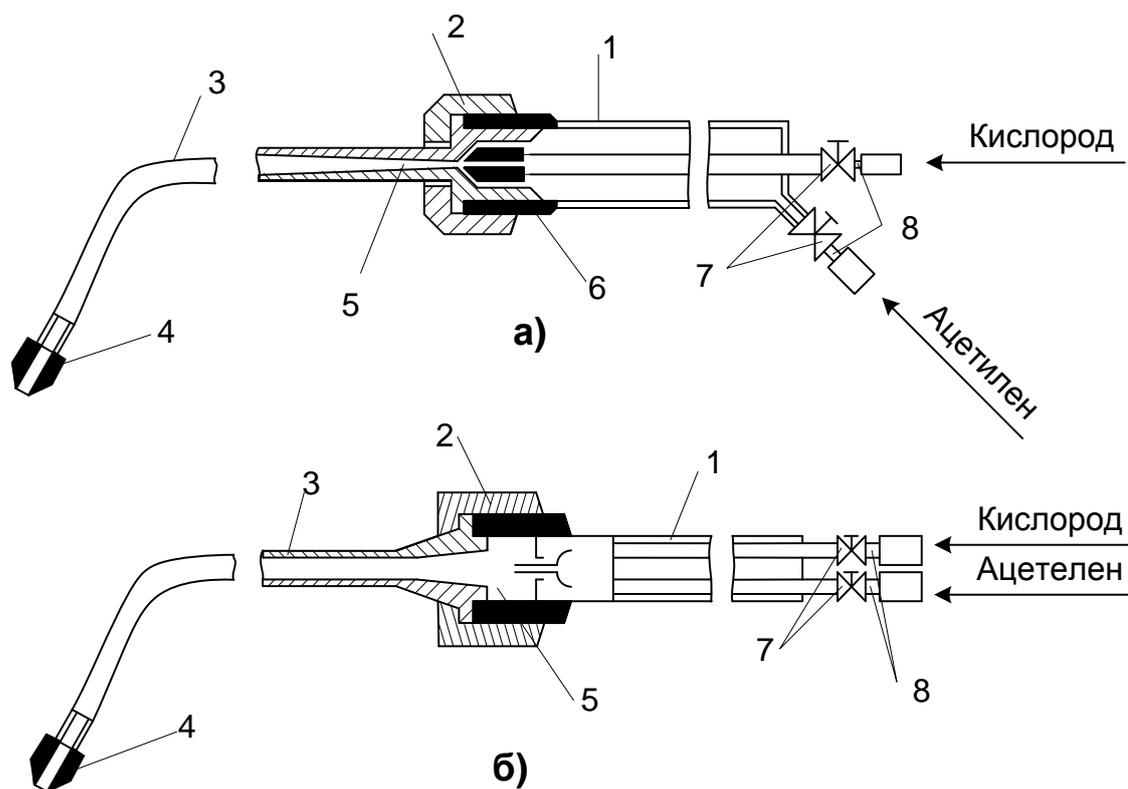


Рис. 80. Схемы ацетиленовых горелок:
 а – инжекторные;
 б – безинжекторные

Таблица 65
 Универсальные ацетиленокислородные горелки по ГОСТ 1077-79

| Тип горелки | Модель горелки | Номера накопечников | Масса, кг не более | Внутренний диаметр при-соедини-тельного ру-кава, мм |
|--------------------------|----------------|------------------------|--------------------|---|
| Г1 (микромощности) | ГС – I | 000; 00; 0 | 0,4 | 4 |
| Г2 (малой мощности) | Г2 – 04 | 0; 1; 2; 3; 4 | 0,7 | 6 |
| Г3 (средней мощности) | Г3 – 03 | 1; 2; 3; 4; 5; 6; 7 | 1,2 | 9 |
| Г4 (большой мощности) | ГС – 4 | 8, 9 | 2,5 | 9 |

Горелки типа Г1 – безинжекторные, остальных типов – инжекторные. Горелка ГС – 4 предназначена для подогрева. Горелка Г2 – 04

по конструкции подобна ранее выпускавшимся горелкам «Звездочка», ГС – 2, «Малютка». Горелка ГЗ – 03 заменяла выпускавшиеся горелки средней мощности «Звезда», ГС – 3 , «Москва».

Таблица 66

Технические характеристики инжекторных горелок

| Параметр | Номер наконечника | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Толщина свариваемой низкоуглеродистой стали, мм | 0,2 ... 0,5 | 0,5 ... 1,0 | 1...2 | 2...4 | 4...7 | 7... 11 | 11... 17 | 17... 30 | 30... 50 | 50 |
| Расход ацетилен, л/ч | 40 ... 50 | 65 ... 90 | 130 ... 180 | 250 ... 350 | 400 ... 420 | 700 ... 950 | 1130 ... 1500 | 1800 ... 2500 | 250 ... 4500 0 | 4500 ... 7000 |
| Расход кислорода, л/ч | 45 ... 55 | 70 ... 100 | 140 ... 200 | 270 ... 380 | 450 ... 650 | 750 ... 1000 | 1200 ... 1650 | 2000 ... 2800 | 300 ... 5600 | 4700 ... 9300 |

Различают два основных способа газовой сварки: правый и левый. При правом способе (рис. 81, а) процесс сварки ведется слева направо. Горелка 3 перемещается впереди присадочного прутка 2, а пламя 4 направлено на формирующийся шов 5. Этим обеспечивается хорошая защита сварочной ванны от воздействия атмосферного воздуха и замедленное охлаждение сварочного шва. Такой способ позволяет получать швы высокого качества.

Правый способ применяют при сварке металла толщиной более 5 мм. Пламя горелки при этом способе ограничено с двух сторон кромками изделия 1, а позади наплавленным валиком, что значительно уменьшает рассеивание теплоты и повышает степень ее использования. Потолочные швы легче сваривать правым способом, так как в этом случае газовый поток направлен непосредственно на шов и тем самым препятствует вытеканию металла из сварочной ванны.

При левом способе (рис. 81, б) процесс сварки производится справа налево. Горелка перемещается за присадочным прутком, а пламя направляется на несваренные кромки 1 и подогревает их. Этот способ применяют при сварке тонких листов. При левом способе

сварки внешний вид шва лучше, так как сварщик отчетливо видит шов и может получить равномерную толщину шва.

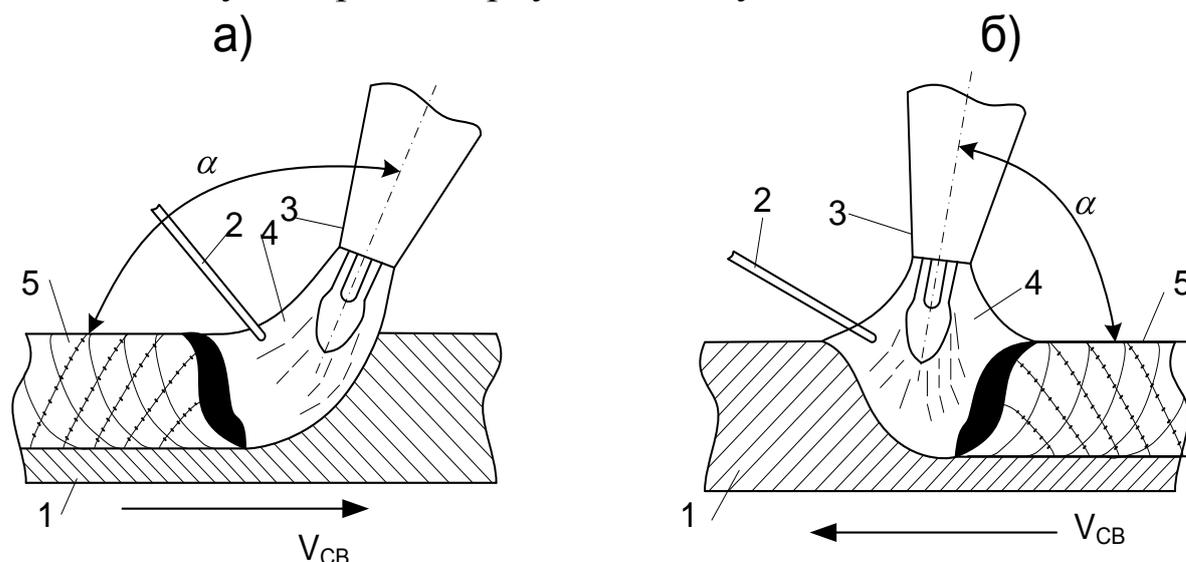


Рис. 81. Схема газовой сварки правым (а) и левым (б) способом:
1 – свариваемый металл; 2 – присадочная проволока;
3 – горелка; 4 – газовое пламя; 5 – сварной шов

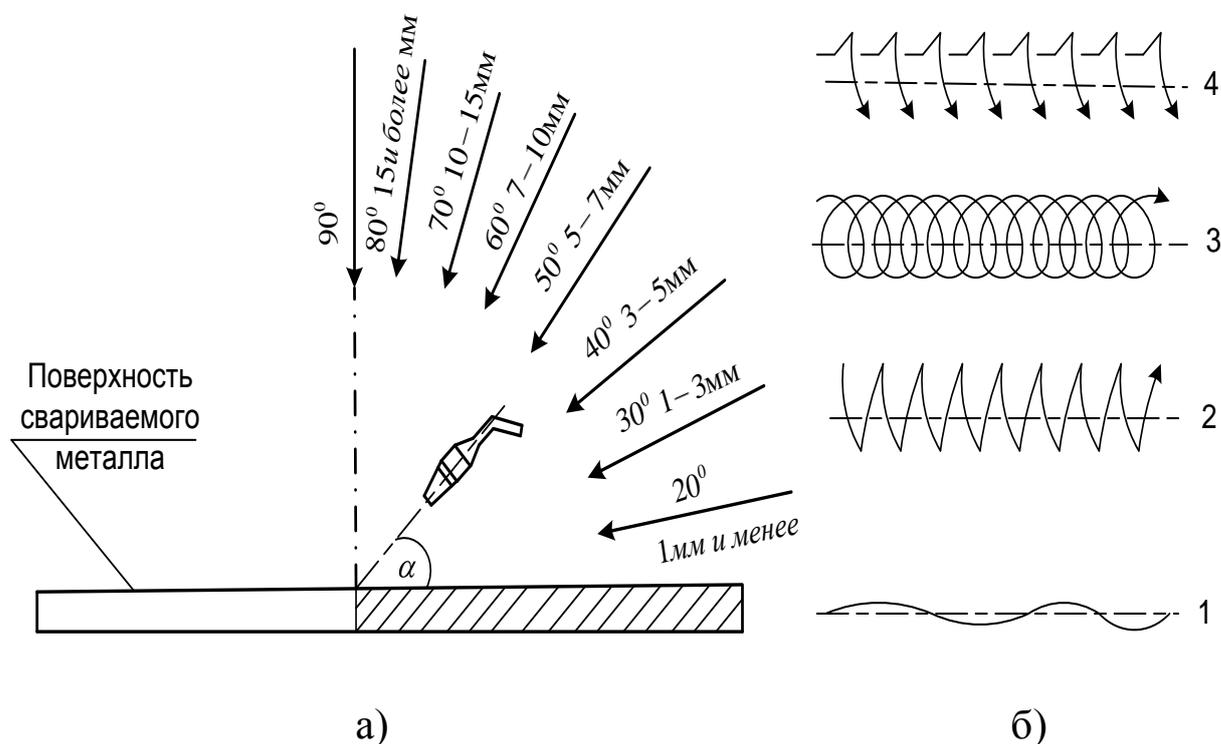


Рис. 82. Углы наклона мундштука горелки при сварке различных толщин (а) и способы перемещения мундштука горелки (б):

- 1 – зигзагом (волнистый); 2 – полумесяцем;
- 3 – по спирали; 4 – с задержкой в корне шва

Для сварки различных металлов требуется определенный вид пламени – нормальное, окислительное и науглероживающее.

Газосварщик регулирует и устанавливает вид сварочного пламени на глаз. При ручной сварке сварщик в правой руке держит горелку, а левой – присадочную проволоку.

Пламя горелки направляется так, чтобы свариваемые кромки находились в восстановительной зоне на расстоянии 2...6 мм от конца ядра. Конец проволоки должен находиться в восстановительной зоне или сварочной ванне.

Скорость нагрева регулируется изменением угла наклона мундштука к поверхности свариваемого металла (рис. 82, а). Величина угла выбирается в зависимости от толщины и рода свариваемого металла. Чем толще металл и больше его теплопроводность, тем больше угол наклона мундштука, горелки к поверхности свариваемого металла.

В начале сварки для лучшего прогрева металла угол наклона устанавливают больше, затем по мере прогрева его уменьшают до величины, соответствующей данной толщине металла, а в конце сварки постепенно уменьшают, чтобы лучше заполнить кратер и предупредить пережог металла.

В процессе сварки газосварщик концом мундштука горелки совершает одновременно два движения; поперечное – перпендикулярно оси шва и продольное – вдоль оси шва.

Основным является продольное движение, поперечное служит для равномерного прогрева кромок основного и присадочного металла и получения шва необходимой ширины.

На рис. 82,б показаны способы перемещения мундштука горелки по шву. Способ 1 рекомендуется при сварке тонколистовой стали, способы 2 (полумесяцем) и 3 (по спирали) – при сварке металла средней толщины, способ 4 применяется в том случае, когда корень шва требует большего прогрева, чем кромки

Присадочной проволокой можно совершать такие же колебательные движения, но в направлении, обратном движениям мундштука горелки.

Качество сварного соединения в значительной степени зависит от правильного выбора режима и техники выполнения сварки.

Важным показателем сварочного пламени является тепловая мощность. Мощность пламени горелки определяется расходом ацетилена в л/ч и регулируется наконечниками горелки. Мощность пла-

мени выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла и его свойств.

Удельной мощностью пламени называется часовой расход ацетилена в литрах, приходящийся на 1 мм толщины свариваемого металла. Например, при сварке углеродистых и низколегированных сталей, чугуна, сплавов меди и алюминия удельная мощность пламени составляет 80...150 л/ч·мм, а при сварке меди, обладающей высокой теплопроводностью, удельную мощность выбирают 150...220 л/ч·мм.

Характер пламени также выбирают в зависимости от свариваемого металла. Например, при сварке чугуна и наплавке твердых сплавов применяют науглероживающее пламя, а при сварке латуни – окислительное.

Низкоуглеродистые стали хорошо свариваются с применением нормального пламени.

Среднеуглеродистые стали свариваются удовлетворительно, однако при сварке возможно образование в сварном шве и зоне термического влияния закалочных структур и трещин. Сварку выполняют слегка науглероживающим пламенем, так как даже при небольшом избытке в пламени кислорода происходит существенное выгорание углерода. Удельная мощность должна быть в пределах 80...100 л/ч·мм. Рекомендуется левый способ сварки, чтобы снизить перегрев металла.

В табл. 67 приведены основные технологические параметры газовой сварки сталей.

Диаметр присадочной проволоки d , мм при сварке металла толщиной до 15 мм левым способом определяют по формуле:

$$d = S / 2 + 1, \quad (32)$$

где S – толщина металла, мм.

При правом способе диаметр проволоки берут равным половине толщины свариваемого металла.

При сварке металла толщиной более 15 мм применяют проволоку диаметром 7...8 мм.

После газовой сварки можно рекомендовать проковку металла шва в горячем состоянии и затем нормализацию с температурой 800...900°С. При этом металл приобретает достаточную пластичность и мелкозернистую структуру.

Технологические параметры газовой сварки сталей

| Свариваемые стали | Расход ацетилена, л/ч, на 1 мм толщины свариваемого металла | Сварочная проволока | Особенности технологии |
|---|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Низкоуглеродистые (до 0,25 % С) | Левый способ 100 – 300 Правый способ 120 – 150 | Св-08, Св-08А, Св-08ГА, Св-10Г2 Св-10ГА | Флюс не требуется. При сварке заменителями ацетилена нужны проволоки Св-12ГС, Св-08Г2С, Св-15ГЮ |
| Среднеуглеродистые | Левый способ 70 – 100 | Св-18ХС, Св-06НЗ | Флюс не требуется. При толщине стали свыше 3 мм нужен подогрев: общий до 250...350 °С или местный до 650...700°С. |
| Высокоуглеродистые (0,6 % С и более) | Левый способ 75 | Св-18ХС, Св-06НЗ | Качественную сварку получают при толщине стали до 5-6 мм. Необходим общий подогрев до 250...300 °С в сочетании с местным до 650...700 °С. При содержании 0,7 % С и более требуется флюс – бура. |
| Низколегированные конструкционные типа: 10ХСНД, 15ХСНД 25ХГСА | Левый способ 75 – 100 Правый способ 100 – 130 | Св-08, Св-08А, Св-10Г2, Св-18ХГС, Св-8ХМА | Флюс не требуется |
| Теплоустойчивые стали типа 16М, 15ХМ, 12Х1МФ, 18Х3МВ, 40Х9С2 | Левый способ 100 | Св-08ХНМ, Св-10НМА, Св-18ХМА, Св-08ХМ | Флюс не требуется |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------------------|--|--|
| Высоколегированные (хромистые и хромо- никелевые) | Левый способ 70 | Св-04Х18Н9 Св-06Х18Н9 Св-08Х18Н10В | <p>Необходим флюс. Его разводят в воде и в виде пасты наносят на кромки и обратную сторону шва за 15...20 мин до сварки. Аустенитные хромоникелевые стали сваривают быстро, без подогрева, околошовную зону защищают мокрым асбестом. Сразу после сварки необходимо охлаждение водой или сжатым воздухом. Качество соединений удовлетворительное при толщине стали до 2 мм. Стали типа Х13 сваривают с местным подогревом до 200...250 °С. Тонкий лист сваривают левым способом. Толстый (> 2 мм) только правым. Составы флюсов:</p> <ul style="list-style-type: none"> а) 80 % плавикового шпата; 20 % ферротитана; б) 50 % буры, 50 % борной кислоты; в) 80 % буры, 20% оксида кремния |

КИСЛОРОДНАЯ РЕЗКА

Кислородная резка основана на свойстве металлов и их сплавов сгорать в струе технически чистого кислорода. Резке поддаются металлы, удовлетворяющие следующим основным требованиям:

1. Температура плавления металла должна быть выше температуры воспламенения его в кислороде. Металл, не отвечающий этому требованию, плавится, а не сгорает. Например, низкоуглеродистая сталь имеет температуру плавления 1500°C , а воспламеняется в кислороде при температуре $1300\dots1350^{\circ}\text{C}$. Увеличение содержания углерода в стали сопровождается понижением температуры плавления и повышением температуры воспламенения. Поэтому резка стали с повышенным содержанием углерода и примесей затрудняется.

2. Температура плавления оксидов должна быть ниже температура плавления самого металла, чтобы образующиеся оксиды легко выдувались и не препятствовали процессу резки. Например, при резке алюминия, температура плавления которого 660°C , образуются оксиды с температурой плавления 2050°C . Эти оксиды покрывают поверхность металла и прекращают дальнейший процесс резки.

3. Образующиеся шлаки должны быть достаточно жидкотекучи и легко выдвигаться из разреза.

4. Теплопроводность металла должна быть наименьшей, так как при высокой теплопроводности теплота, сообщаемая металлу, интенсивно отводится от участка резки, и подогреть металл до температуры воспламенения будет трудно.

5. Количество теплоты, выделяющейся при сгорании металла, должно быть возможно большим. Эта теплота способствует нагреванию прилегающих участков металла и тем самым обеспечивает непрерывность процесса резки.

Различают два основных вида кислородной резки: разделительную и поверхностную.

Разделительную резку применяют для вырезки различного вида заготовок, раскроя листового металла, разделки кромок под сварку и других работ, связанных с разрезкой металла на части.

Сущность процесса заключается в том, что металл вдоль линии нагревают до температуры воспламенения его в кислороде, он сгорает в струе кислорода, а образующиеся оксиды выдуваются этой струей из места разреза:



Теплота от горения металла Q вместе с подогревающим пламенем разогревает лежащие слои и распространяется на всю толщину металла.

Поверхностную резку применяют для снятия поверхностного слоя металла, разделки канавок, удаления поверхностных дефектов и других работ.

Применяют два вида поверхностной резки – строжку и обточку.

При строжке резак совершает возвратно-поступательное движение, как строгальный резец. При обточке резак работает как токарный резец.

Основным оборудованием для кислородной резки являются резаки – ручные и машинные.

Резаки классифицируются по назначению – универсальные и специальные, по виду резки – для разделительной и поверхностной резки, по принципу смешения газов – инжекторные и безинжекторные.

Наибольшее применение получили универсальные инжекторные ручные резаки для разделительной резки (рис. 83). Они отличаются от сварочных горелок наличием отдельной трубки для подачи кислорода и особым устройством головки, состоящей из двух сменных мундштуков (наружного – для подогревающего пламени и внутреннего – для струи чистого кислорода). Ацетилен подается к ниппелю 1, а кислород – к ниппелю 2. От ниппеля 2 кислород идет по двум направлениям. Одна часть кислорода, как в обычных сварочных горелках, поступает в инжектор для образования горючей смеси, которая выходит через кольцевой зазор между внутренним и наружным мундштуком и создает подогревательное пламя. Другая часть кислорода по трубам 3 и 4 поступает в центральное отверстие внутреннего мундштука 5 и образует струю режущего кислорода.

В зависимости от применяемого горючего газа резаки бывают ацетиленовые, бензиновые (пары) с подогревом мундштука и пропановые с несколько большими отверстиями в мундштуке по сравнению с ацетиленовыми.

Основными параметрами режима кислородной резки является: мощность подогревающего пламени, давление и скорость резки (табл. 36).

Режимы ручной резки листового проката

| Толщина разрезаемого металла, мм | Номер мундштука | | Давление кислорода, МПа | Примерная скорость резки, мм/мин |
|----------------------------------|-----------------|-------------|-------------------------|----------------------------------|
| | наружного | внутреннего | | |
| 8...10 | 1 | 1 | 0,3 | 550...400 |
| 10...25 | 1 | 2 | 0,4 | 400...300 |
| 25...50 | 1 | 3 | 0,6 | 300...250 |
| 50...100 | 1 | 4 | 0,8 | 250...200 |
| 100...200 | 2 | 5 | 1,0 | 200...130 |
| 200...300 | 2 | 3 | 1,2 | 130...60 |

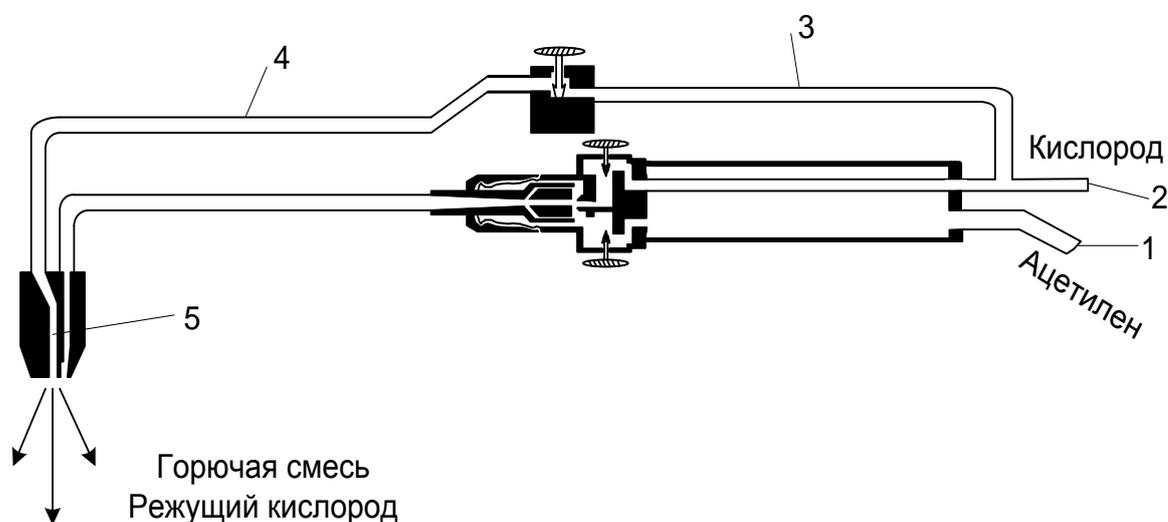


Рис. 83. Схема газокислородного резака:

- 1 – ниппель для подачи ацетилена; 2 – ниппель для подачи кислорода; 3, 4 – трубки для подачи кислорода;
5 – внутренний мундштук

Скорость перемещения резака должна соответствовать скорости горения металла.

Процесс резки вызывает изменение структуры, химического состава и механических свойств металла.

Механические свойства низкоуглеродистой стали при резке почти не изменяются. Стали с повышенным содержанием углерода, марганца, хрома и молибдена закаляются, становятся более твердыми и могут давать трещины в зоне резания.

При содержании в стали хрома до 5 % резка возможна только с предварительным подогревом. Нержавеющие хромистые и хромоникелевые стали, чугуны, цветные металлы и их сплавы не поддаются

Таблица 70

Результаты опыта при кислородной резке

| № опыта | Тип резака | Давление кислорода, МПа | | Давление горюч. газа, МПа | | Толщина разрезаемого металла, мм | Длина разрезаемого участка, мм | Ширина разреза, мм |
|---------|------------|-------------------------|----------|---------------------------|----------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|
| | | в баллоне | в резаке | в баллоне | в резаке | | | |
| | | | | | | | | |

Таблица 71

Перечень индивидуальных заданий студентам

| № варианта | Конкретные условия сварки |
|------------|---------------------------|
| 1 | Сталь 10, s = 2 мм |
| 2 | Сталь 10, s = 6 мм |
| 3 | Сталь 15, s = 3 мм |
| 4 | Сталь 15, s = 8 мм |
| 5 | Сталь 15, s = 16 мм |
| 6 | Сталь 20, s = 4 мм |
| 7 | Сталь 20, s = 0,5 мм |
| 8 | Сталь 25, s = 20 мм |
| 9 | Сталь 45, s = 4 мм |
| 10 | Сталь 65, s = 3 мм |
| 11 | Сталь 80, s = 6 мм |
| 12 | Сталь 25ХГСА, s = 4 мм |
| 13 | Сталь 10ХСНД, s = 6 мм |
| 14 | Сталь 15ХСНД, s = 3 мм |
| 15 | Сталь 20Х13, s = 1 мм |
| 16 | Сталь 30Х13, s = 3 мм |
| 17 | Чугун СЧ15, s = 4 мм |
| 18 | Чугун СЧ20, s = 6 мм |
| 19 | Латунь Л60, s = 5 мм |

Содержание отчета

1. Описать область применения газовой сварки, ее достоинства и недостатки.
2. Описать область применения кислородной резки металла.
3. Вычертить и описать схему газосварочного поста.
4. Заполнить таблицы результатов опытов (табл. 69, 70).
5. По индивидуальному заданию преподавателя (марка и толщина свариваемого материала) (табл. 71) определить вид горелки и номер наконечника, способ сварки, диаметр и марку присадочной проволоки, технологические особенности сварки (вид пламени, удельную мощность пламени, потребность во флюсе и др.).

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы ацетиленовых генераторов по способу взаимодействия CaC_2 с водой.
2. Для каких целей устанавливается водяной затвор в ацетиленовом генераторе?
3. Что называется удельной мощностью пламени газовой горелки?
4. Назовите основные виды сварочного пламени.
5. Как влияет содержание углерода и легирующих примесей на свариваемые стали?
6. Назовите основные способы газовой сварки.
7. Можно ли производить кислородную резку углеродистых и легированных сталей, чугуна, алюминия?
8. Чем отличаются друг от друга резаки ацетиленовый, бензиновый и пропановый?
9. Чем отличается конструкция резака от конструкции газовой горелки?

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ РАСЧЕТНОЕ ЗАДАНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Домашнее задание «Проектирование технологического процесса ручной дуговой сварки» выполняется с целью более глубокого усвоения теоретического курса «Технология конструкционных материалов». В ходе исполнения задания студенты должны научиться пользоваться специальной справочной литературой, практически освоить методику разработки технологического процесса ручной дуговой сварки различных сварных соединений из углеродистых и легированных сталей.

Порядок выполнения задания

Сварка является одним из наиболее распространенных процессов как в машиностроении, строительстве, так и в сельскохозяйственном производстве. После принятого конструкторского решения следует разработка технологического процесса сварки.

Исходными данными принятого конструкторского решения являются:

1. Марка материала, из которого будет изготовлено изделие.
2. Толщина материала.
3. Вид сварного соединения и шва.
4. Длина шва.
5. Количество деталей в партии.

Задачей технолога по разработке технологического процесса является решение следующих вопросов:

1. Определить свариваемость заданных материалов.
2. Выбрать оптимальный вид сварки для заданного шва и партии деталей.
3. Определить диаметр электрода и выбрать его тип и марку.
4. Определить силу тока для сварки.
5. Выбрать источник питания сварочной дуги и вспомогательное оборудование сварочного поста.
6. Определить число проходов для получения сварного соединения.

7. Определить массу наплавленного металла при сварке одной детали.
8. Определить расход электродов.
9. Определить расход электроэнергии на изготовление всей партии деталей.
10. Определить основное и полное время, необходимое для выполнения сварочных работ.

Методика выполнения задания

1. Для определения свариваемости материала необходимо прежде всего определить его химический состав. По химическому составу и на основе сведений, полученных из лекций и литературы, определить свариваемость этого материала.

2. По виду сварного соединения и шва и на основе сведений, полученных из лекций и литературы, выбрать оптимальный экономически целесообразный вид сварки.

3. Диаметр электрода зависит от толщины свариваемого металла, типа сварного соединения, положения шва в пространстве, размеров детали, состава свариваемого металла.

Выбор диаметра электрода при сварке в нижнем положении производят, руководствуясь данными табл. 72.

Таблица 72

*Зависимость диаметра электрода
от толщины свариваемого металла*

| | | | | | | |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|
| Толщина металла, мм | 0,5...1,5 | 1,5...3,0 | 3,0...5,0 | 6,0...8,0 | 9,0...12,0 | 13,0...20,0 |
| Диаметр электрода, мм | 1,5...2,0 | 2,0...3,0 | 3,0...4,0 | 4,0...5,0 | 4,0...6,0 | 5,0...6,0 |

Иногда для определения диаметра электрода используют формулу (24).

Если по расчету получается диаметр больше 6 мм, то необходимо все-таки ограничиться диаметром 6 мм, поскольку промышленность выпускает, как правило, электроды диаметром не более 6 мм.

Если по расчету получилось значение меньше табличного, то оно округляется до ближайшего стандартного (типового) значения диаметра электрода.

Тип и марку электрода для заданного металла выбирают по справочнику. Некоторые сведения приведены в табл. 73.

Таблица 73

*Некоторые типы и марки электродов,
применяемых при ручной дуговой сварке*

| Назначение электрода | Тип | Марка | Род тока и полярность |
|---|-----------------------------|---------------------------------|---|
| Для сварки конструкций из тонколистовых углеродистых сталей | Э-42 | ОМА-2 | Постоянный и переменный |
| Для сварки ответственных конструкций из углеродистых и низколегированных сталей | Э-42 | АНО-5 | Постоянный и переменный |
| Для сварки ответственных строительных металлоконструкций из углеродистых и низколегированных сталей | Э-46 | АНО-3 АНО-4 ОЗС-4 МР-3 | Постоянный и переменный, переменный, постоянный обратной полярности |
| Для сварки ответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей | Э-46 | ОЗС-6 ОЗС-12 РБУ-4 | Постоянный и переменный |
| Для сварки ответственных конструкций из низко- и среднеуглеродистых, низколегированных сталей, используемых в условиях Севера | Э-50 Э-50А | ВСЦ-4 УОНИ-13 / 55 | Постоянный, любой полярности Постоянный, обратной полярности |
| Для сварки ответственных конструкций из низколегированных сталей типа 14ХГС и 15ХСНД | Э-50 | ДСК-50 К-5А | Постоянный и переменный |
| Для сварки коррозионно-стойких сталей | Э-07Х20Н9 Э-12Х13 | ОЗЛ-8 УОНИ-13/85 | Постоянный Постоянный обратной полярности |
| Для сварки жаростойких сталей | Э-28Х24Н16Г6 Э-08Х20Н9Г2 | ОЗЛ-9А ЦТ-15-1 | Постоянный Постоянный |

4. Для подбора сварочного тока используют зависимости:

$$I_{CB} = k \cdot d_э, \quad (34)$$

или

$$I_{CB} = d_э (20 + 6 d_э) \quad (35)$$

где I_{CB} – сила сварочного тока, А;

k – коэффициент, зависящий от диаметра электрода и вида покрытия (коэффициент плотности тока), А / мм (табл. 74).

Таблица 74

*Зависимость коэффициента плотности тока
от диаметра электрода*

| Диаметр электрода, мм | 1...2 | 3...4 | 5...6 |
|---------------------------------------|---------|---------|---------|
| Коэффициент плотности тока, А / мм | 25...30 | 30...45 | 45...60 |

Повышенные значения коэффициента принимают при сварке в нижнем положении, пониженные – при сварке в вертикальном, горизонтальном на вертикальной плоскости и потолочном положениях.

5. Источник питания сварочной дуги выбирают по типу электрода и силе сварочного тока. Если выбранным электродом можно варить переменным и постоянным током, то выбирают источник питания переменного тока, так как он наиболее простой по конструкции, более дешевый и надежный. Если выбранный тип электрода предполагает только постоянный ток, то нужно выбирать и аналогичный источник.

Характеристики некоторых источников питания приведены в табл. 75 и табл. 76.

Вспомогательное оборудование – кабина, стол или манипулятор, щитки с соответствующим стеклом, электрододержатель, сварочные провода (кабели) – выбираются на основе сведений, полученных из лекций и справочников.

Таблица 75

*Технические характеристики сварочных трансформаторов
для ручной дуговой сварки*

| Параметр | ТД-102У2 | ТД-306У2 | ТДМ-317У2 | ТДМ-401У2 | ТДМ-503У2 |
|--|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| Номинальный сварочный ток, А | 160 | 250 | 315 | 400 | 500 |
| Пределы регулирования сварочного тока, А | 60... 175 | 100... 300 | 60... 360 | 80... 460 | 230... 580 |
| Номинальное рабочее напряжение, В | 26,4 | 30 | 32,6 | 36 | 40 |
| Напряжение холостого хода, В | 80 | 80 | 80 | 80 | 75 |
| Номинальная потребляемая мощность, кВт · А | 11,4 | 19,4 | 21 | 27 | 36 |
| Масса, кг | 37 | 67 | 130 | 145 | 175 |

Таблица 76

*Технические характеристики выпрямителей
для дуговой сварки*

| Параметр | ВД-201У3 | ВД-306У3 | ВД-401У3 | ВДУ-505У3 |
|--|----------|----------|----------|-----------|
| Номинальный сварочный ток, А | 200 | 315 | 400 | 500 |
| Пределы регулирования сварочного тока, А | 30...200 | 45...315 | 50...450 | 60...500 |
| Номинальное рабочее напряжение, В | 28 | 32 | 36 | 46 |
| Напряжение холостого хода, В | 64...71 | 61...70 | 80 | 85 |
| Номинальная потребляемая мощность, кВт · А | 15 | 24 | 32 | 40 |
| Масса, кг | 120 | 174 | 200 | 300 |

При сварке многопроходных швов стыковых соединений первый проход должен выполняться электродами диаметром не более 5 мм, чаще всего диаметром 4 мм, так как применение электродов большего размера не позволяет в необходимой степени проникнуть в глубину разделки для провара корня шва.

При сварке угловых и тавровых соединений, как правило, за один проход выполняют швы катетом не более 8 – 9 мм. При необходимости выполнения шва с большим катетом применяется сварка за два прохода и более.

При определении числа проходов следует иметь в виду, что максимальное поперечное сечение металла, наплавленного за один проход, не должно превышать 30...40 мм².

Для определения числа проходов при сварке угловых и тавровых соединений общая площадь поперечного сечения наплавленного металла может быть вычислена по формуле:

$$F_H = \kappa_y \cdot \frac{\kappa_{ш}^2}{2}, \quad (36)$$

где F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм²;

κ_y – коэффициент увеличения, учитывающий наличие зазоров и выпуклость (усиление) шва;

$\kappa_{ш}$ – катет шва, мм.

Значение κ_y выбирают в зависимости от катета шва (табл. 77).

Таблица 77

Зависимость коэффициента увеличения от катета шва

| Катет шва $\kappa_{ш}$, мм | 3...4 | 5...6 | 7...10 | 12...20 | 20...30 | > 30 |
|------------------------------------|-------|-------|--------|---------|---------|-------|
| Коэффициент увеличения, κ_y | 1, 5 | 1, 35 | 1, 25 | 1, 15 | 1, 10 | 1, 05 |

Катет шва определяют расчетным путем из условия прочности, хотя в этом не всегда есть необходимость. Когда расчет не делают, то размеры катета при сварке без разделки шва принимают, исходя из условия:

$$\kappa_{ш} = S + (1...2 \text{ мм}) \quad (37)$$

При сварке швов стыковых соединений площадь поперечного сечения металла, наплавленного за один проход, обеспечивающая оптимальные условия формирования, должна составлять:

$$F_1 = (6...8) d_s \quad (38)$$

где F_1 – площадь поперечного сечения металла, наплавленного за один проход (при сварке корня шва), мм².

Тогда

$$F_2 = (8...12) d_s \quad (39)$$

где F_2 – площадь поперечного сечения металла, наплавленного за последующие проходы, мм².

Для определения числа проходов при сварке швов стыковых соединений с разделкой кромок необходимо рассчитывать общую площадь поперечного сечения наплавленного металла, которая определяется суммой площадей элементарных площадок (рис. 84).

$$F_H = 2F_1 + F_2 + F_3 \quad (40)$$

Определение F_1 и F_2 не представляет сложности при известных параметрах разделки шва и свариваемых деталей.

Площадь F_3 приблизительно можно определить по формуле:

$$F_3 = k_B \cdot e \cdot g \quad (41)$$

где e – ширина валика, мм;

g – высота валика, мм;

k_B – коэффициент полноты валика (практически имеет значение 0,73).

Ширина валика (e) определяется при сварке без разделки шва и без поперечного колебания электрода из размера принятого диаметра электрода:

$$e = d_s + (4...6 \text{ мм}) \quad (42)$$

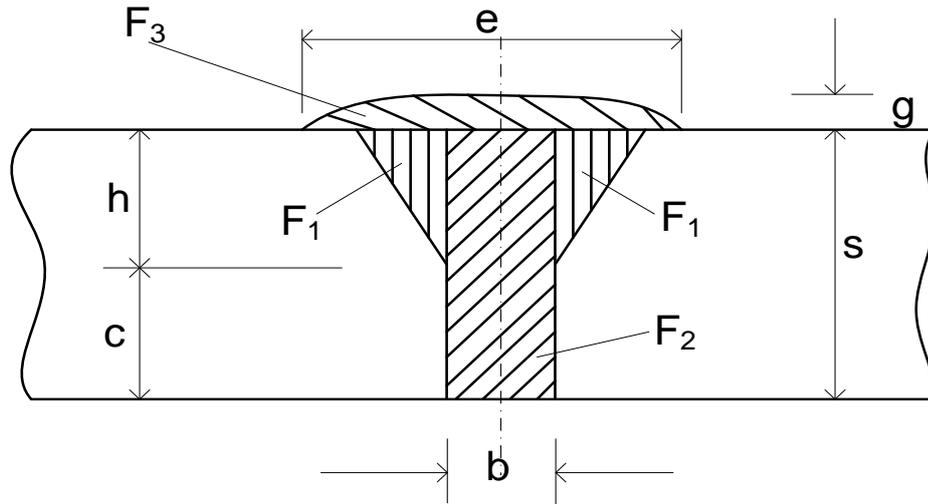


Рис. 84. Схема стыкового соединения с разделкой кромок

При сварке с поперечным колебанием электрода:

$$e = (2...3) \cdot d, \quad (43)$$

При разделке шва:

$$e = b + (4...6 \text{ мм}) \quad (44)$$

где b — ширина разделки шва, мм.

Высоту (g) усиления шва можно определить по коэффициенту формы усиления (отношения ширины валика к высоте усиления), который находится в пределах от 7 до 10.

Зная общую площадь поперечного сечения наплавленного металла и площади поперечного сечения наплавленного металла при первом и каждом последующим проходах, находят число проходов n):

$$n = \frac{F_n - F_1}{F_2} + 1, \quad (45)$$

Массу наплавленного металла (B_M) определяют по формуле:

$$B_M = F_H \cdot L_{ш} \cdot \rho \quad (46)$$

где F_H – площадь поперечного сечения наплавленного металла, см^2 ;

$L_{ш}$ – длина шва, см;

ρ – плотность наплавленного металла (для стали $7,85 \text{ г / см}^3$).

8. Расход электродов ($B_{э}$) подсчитывается с учетом потерь от массы стержня электродов:

- огарки – $10 \dots 15 \%$;

- угар и разбрызгивание – $5 \dots 10 \%$;

- шлакообразование (для электродов со стабилизирующим покрытием – $2 \dots 6 \%$ и для качественных электродов – $18 \dots 35 \%$).

Таким образом, в среднем для стабилизирующих электродов коэффициент потерь ($K_{п}$) равен $0,17 \dots 0,31$, а для качественных электродов $0,33 \dots 0,60$.

$$B_{э} = B_M \cdot (1 + K_{п}) \quad (47)$$

где $K_{п}$ – коэффициент потерь.

9. Основное время, то есть время горения дуги и плавления электрода, рассчитывается по формуле:

$$T_o = \frac{B_M}{\alpha \cdot I_{св}} \cdot A \cdot m, \quad (48)$$

где B_M – масса наплавленного металла, г;

α – коэффициент наплавки, г / А · ч ;

$I_{св}$ – величина сварочного тока, А;

A – коэффициент, учитывающий длину шва (при длине шва 1 м $A = 1,0$; при длине 200 м $A = 1,2$);

m – коэффициент, учитывающий положение шва в пространстве (для нижнего шва $m = 1,0$; для вертикального шва $m = 1,3$; для потолочного шва $m = 1,6$).

Коэффициент наплавки зависит от марки электрода (табл. 78).

Зависимость коэффициента наплавки от марки электрода

| Марка электрода | Коэффициент наплавки (α), г / А · ч | Коэффициент перехода металла в шов |
|-----------------|---|---------------------------------------|
| ЦМ-7 | 11,0 | 0,90 |
| ЦП-7С | 11,5...12,5 | 0,90 |
| ОММ-5 | 7,25 | 0,80 |
| МР-3 | 9,0 | 0,80 |
| УОНИ-13 / 45 | 9,0 | 0,95 |
| К-5 | 9,0 | 0,73 |
| УКР | 10,7 | 1,04 |
| АНО-11 | 10,5 | 1,03 |

10. Полное время на выполнение сварочных работ определяется по формуле:

$$T_{\Pi} = T_{O} + T_{B} + T_{Доп} + T_{ПЗ} \quad (49)$$

где T_B – вспомогательное время (на установку и повороты детали в процессе сварки). Принимается равным $0,1 T_O$;
 $T_{Доп}$ – дополнительное время (на уход за сварочным оборудованием, отдых, производственную гимнастику), принимается равным $(0,08...0,12) \cdot (T_O + T_B)$;
 $T_{ПЗ}$ – подготовительно-заключительное время (на получение нарядов, инструмента, подготовку оснастки), принимают равным $(0,15...0,20) T_O$.

11. Расход электроэнергии (W) на выполнение сварочных работ определяется по формуле:

$$W = \frac{U_{д} \cdot I_{св} \cdot T_{O}}{\eta \cdot 1000} + P_{ХХ} (T_{\Pi} - T_{O}), \quad (50)$$

где η – КПД источника питания дуги при нагрузках, близких к номинальным (для сварочного трансформатора $\eta = 0,80...0,90$; для сварочного генератора $\eta = 0,30...0,60$);

$P_{ХХ}$ – мощность холостого хода источника питания дуги (для трансформатора $P_{ХХ} = (0,2...0,4)$ кВ · А, для генератора $P_{ХХ} =$

(2,5...4,0) кВ · А);

U_0 – напряжение сварки, В.

Напряжение сварки определяется по формуле:

$$U_{д} = \alpha + \beta \cdot l_{д}, \quad (51)$$

где α – коэффициент, по своей физической сущности составляющий сумму падений напряжений в катодной и анодной зонах, приблизительно равный 10...12 В;

β – коэффициент, выражающий среднее падение напряжения на единицу длины дуги, равный 2,0...3,0 В / мм;

$l_{д}$ – длина дуги, мм.

Среднее значение длины дуги можно определить из выражения:

$$l_0 \approx 0,5 (d_0 + 2). \quad (52)$$

В конце выполненного задания студент должен привести список использованной литературы.

Примерный перечень вариантов домашнего задания приведен в табл. 79.

Таблица 79

Перечень вариантов домашнего задания

| № п/п | Тип сварочного соединения | Марка стали | Толщина свариваемой заготовки, мм | Длина свариваемого шва, мм |
|-------|-------------------------------|-------------|-----------------------------------|----------------------------|
| 1 | Стыковое с отбортовкой кромок | 08Х20Н14С2 | 1 | 400 |
| 2 | Стыковое с отбортовкой кромок | 20Х23Н18 | 1,5 | 450 |
| 3 | Стыковое с отбортовкой кромок | 08Х18Н10 | 2 | 380 |
| 4 | Стыковое с отбортовкой кромок | 12Х18Н9Т | 2,5 | 350 |
| 5 | Стыковое с отбортовкой кромок | 9Х14А | 3 | 320 |
| 6 | Стыковое без скоса кромок | 12Х14А | 2 | 300 |
| 7 | Стыковое без скоса кромок | 15ХСНД | 3 | 270 |
| 8 | Стыковое без скоса кромок | 12Х2Н4А | 4 | 250 |

| | | | | |
|----|---|--------|----|-----|
| 9 | Стыковое без скоса кромок | 15ХНМ | 5 | 230 |
| 10 | Стыковое со скосом одной кромки | 15Х | 9 | 150 |
| 11 | Стыковое со скосом одной кромки | 20Х | 10 | 140 |
| 12 | Стыковое со скосом одной кромки | 20ХГСА | 11 | 130 |
| 13 | Стыковое со скосом одной кромки | 12ХН2 | 12 | 120 |
| 14 | Стыковое со скосом одной кромки | 5НМ | 15 | 100 |
| 15 | Стыковое с двумя симметричными скосами одной кромки | ВСт1кп | 12 | 180 |
| 16 | Стыковое с двумя симметричными скосами одной кромки | ВСт2пс | 15 | 170 |
| 17 | Стыковое с двумя симметричными скосами одной кромки | ВСт3пс | 16 | 160 |
| 18 | Стыковое с двумя симметричными скосами одной кромки | ВСт2кп | 50 | 100 |
| 19 | Стыковое со скосом двух кромок | ВСт2пс | 8 | 300 |
| 20 | Стыковое со скосом двух кромок | ВСт2сп | 11 | 280 |
| 21 | Стыковое со скосом двух кромок | ВСт3кп | 14 | 270 |
| 22 | Стыковое со скосом двух кромок | ВСт3пс | 17 | 250 |
| 23 | Стыковое со скосом двух кромок | ВСт4кп | 25 | 220 |
| 24 | Стыковое со скосом двух кромок | ВСт5пс | 30 | 210 |
| 25 | Стыковое со скосом двух кромок | ВСт5сп | 40 | 190 |
| 26 | Стыковое с криволинейным скосом двух кромок | ВСт5сп | 50 | 130 |
| 27 | Стыковое с криволинейным скосом двух кромок | ВСт5пс | 60 | 120 |
| 28 | Стыковое с криволинейным скосом двух кромок | ВСт4пс | 70 | 110 |
| 29 | Стыковое с криволинейным | ВСт4сп | 80 | 100 |

| | скосом двух кромок | | | |
|----|--|--------|----|-----|
| 30 | Стыковое с криволинейным скосом двух кромок | ВСтЗпс | 90 | 90 |
| 31 | Угловое без скоса кромок | 08 | 2 | 400 |
| 32 | Угловое без скоса кромок | 08кп | 3 | 420 |
| 33 | Угловое без скоса кромок | 08пс | 4 | 380 |
| 34 | Угловое без скоса кромок | 10 | 5 | 360 |
| 35 | Угловое без скоса кромок | 10кп | 6 | 320 |
| 36 | Угловое со скосом одной кромки (шов односторонний) | 10пс | 4 | 300 |
| 37 | Угловое со скосом одной кромки (шов односторонний) | 15кп | 10 | 260 |
| 38 | Угловое со скосом одной кромки (шов односторонний) | 18кп | 13 | 250 |
| 39 | Угловое со скосом одной кромки (шов односторонний) | 20 | 16 | 200 |
| 40 | Угловое со скосом одной кромки (шов односторонний) | 20пс | 22 | 160 |
| 41 | Угловое со скосом одной кромки (шов односторонний) | 35 | 18 | 100 |
| 42 | Угловое со скосом двух кромок (шов односторонний) | 40 | 12 | 90 |
| 43 | Угловое со скосом двух кромок (шов односторонний) | 45 | 14 | 80 |
| 44 | Угловое со скосом двух кромок (шов односторонний) | 50 | 17 | 70 |
| 45 | Угловое со скосом двух кромок (шов односторонний) | 35 | 24 | 50 |
| 46 | Угловое со скосом двух кромок (шов односторонний) | 20кп | 38 | 15 |
| 47 | Угловое со скосом двух кромок (шов односторонний) | 10пс | 50 | 20 |

| | | | | |
|----|--|---------|----|-----|
| 48 | Угловое со скосами одной кромки (шов двусторонний) | 10кп | 12 | 150 |
| 49 | Угловое со скосами одной кромки (шов двусторонний) | 10 | 15 | 130 |
| 50 | Угловое со скосами одной кромки (шов двусторонний) | 40Х | 30 | 80 |
| 51 | Угловое со скосами одной кромки (шов двусторонний) | 55 | 33 | 70 |
| 52 | Угловое со скосами одной кромки (шов двусторонний) | 60 | 36 | 60 |
| 53 | Угловое со скосами одной кромки (шов двусторонний) | 22К | 56 | 10 |
| 54 | Угловое со скосами одной кромки (шов двусторонний) | 20К | 60 | 5 |
| 55 | Тавровое без скоса кромок (шов односторонний) | 09Г2 | 2 | 300 |
| 56 | Тавровое без скоса кромок (шов односторонний) | 14Г2 | 3 | 290 |
| 57 | Тавровое без скоса кромок (шов односторонний) | 12ГС | 6 | 280 |
| 58 | Тавровое без скоса кромок (шов односторонний) | 16ГС | 10 | 270 |
| 59 | Тавровое без скоса кромок (шов односторонний) | 15Г2АФ | 15 | 230 |
| 60 | Тавровое без скоса кромок (шов односторонний) | 18Г2АФ | 17 | 210 |
| 61 | Тавровое без скоса кромок (шов односторонний) | 14ХГС | 20 | 190 |
| 62 | Тавровое без скоса кромок (шов односторонний) | 15Г2АФД | 23 | 170 |
| 63 | Тавровое без скоса кромок (шов односторонний) | 20ХГ2Д | 27 | 150 |
| 64 | Тавровое с двумя скосами одной кромки (шов двусторонний) | 20Г | 12 | 105 |
| 65 | Тавровое с двумя скосами одной кромки (шов двусторонний) | 40Г | 14 | 100 |
| 66 | Тавровое с двумя скосами одной кромки (шов двусторонний) | 14ГС | 20 | 90 |
| 67 | Тавровое с двумя скосами одной кромки (шов двусторонний) | 35Г2 | 23 | 85 |

| | | | | |
|----|--|---------|----|----|
| 68 | Тавровое с двумя скосами одной кромки (шов двусторонний) | 40Г2 | 28 | 75 |
| 69 | Тавровое с двумя скосами одной кромки (шов двусторонний) | 18ХГТ | 33 | 65 |
| 70 | Тавровое с двумя скосами одной кромки (шов двусторонний) | 18ХГР | 35 | 60 |
| 71 | Тавровое с двумя скосами одной кромки (шов двусторонний) | 40ХФА | 42 | 45 |
| 72 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 12ХН3А | 27 | 65 |
| 73 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 25ХГСА | 30 | 60 |
| 74 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 30ХГС | 34 | 55 |
| 75 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 30ХГСА | 38 | 50 |
| 76 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 35ХГСА | 40 | 45 |
| 77 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 30ХМ | 43 | 40 |
| 78 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 35ХМ | 46 | 35 |
| 79 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 38ХМА | 50 | 30 |
| 80 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 14Г2МР | 53 | 20 |
| 81 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 20ХН | 55 | 15 |
| 82 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 40ХН | 50 | 10 |
| 83 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 45ХН | 17 | 80 |
| 84 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 20ХНР | 20 | 75 |
| 85 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 12ХН2 | 23 | 70 |
| 86 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 12ХН3А | 27 | 65 |
| 87 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 12Х2Н4А | 30 | 60 |

| | | | | |
|-----|---|-----------|----|----|
| 88 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 30ХН3А | 34 | 55 |
| 89 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 20ХН3А | 38 | 50 |
| 90 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 20Х2Н4А | 40 | 45 |
| 91 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 38ХГН | 46 | 40 |
| 92 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 20ХГНР | 43 | 50 |
| 93 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 30ХГСН2А | 50 | 30 |
| 94 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 20ХН2М | 55 | 15 |
| 95 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 30ХН2МА | 58 | 10 |
| 96 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 38Х2Н2МА | 60 | 5 |
| 97 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 40Х2Н2МА | 35 | 25 |
| 98 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 38Х2МЮА | 40 | 25 |
| 99 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 35ХН1М2ФА | 45 | 20 |
| 100 | Соединение внахлестку (шов двусторонний) | 30ХН2МФА | 50 | 10 |

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ
К РАЗДЕЛУ «ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ»**

Тема «Металлургическое производство»

- 1. Минерал, который используется для производства марганца, – это...**
 - A) магнетит
 - B) малахит
 - C) нефелин
 - D) пиролюзит

- 2. Минерал, который используется для производства титана, – это...**
 - A) гематит
 - B) доломит
 - C) пиролюзит
 - D) рутил

- 3. Температура (°C), выше которой огнеупорные вещества должны сохранять твердость, – это...**
 - A) 911
 - B) 1540
 - C) 1580
 - D) 1800

- 4. Температура (°C), выше которой сохраняют твердость материалы высшей огнеупорности, – это...**
 - A) 1580
 - B) 1700
 - C) 1900
 - D) 2000

- 5. Огнеупорный материал, огнеупорность которого достигает 2000 °C, – это...**
 - A) динас
 - B) доломит
 - C) хромомагнетит
 - D) шамот

6. Марка передельного чугуна – это...

- A) М1
- B) СЧ 15
- C) ВЧ 60-2
- D) КЧ 30-6

7. Процесс, в котором используют передельные чугуны, - это...

- A) получение стали
- B) производство фасонных отливок
- C) производство ферросплавов
- D) раскисление стали

8. Материал, который используют для производства фасонных отливок, – это...

- A) литейный чугун
- B) передельный чугун
- C) ферросплав
- D) шлак

9. Марка литейного чугуна – это...

- A) М1
- B) Мн5
- C) ЛК1
- D) СЧ15

10. Марка ферросплава – это...

- A) М2
- B) ФС45
- C) ЛК7
- D) СЧ15

11. Твердая губчатая масса железа (с низким содержанием углерода, серы, фосфора и кремния) со шлаковыми включениями – это...

- A) крица
- B) ферросплав
- C) шихта
- D) шлак

12. Горная порода, из которой целесообразно извлекать металлы, – это...

- A) хвосты
- B) руда
- C) пустая порода
- D) флюс

13. Печь, в которой выплавляют высококачественную сталь, – это...

- A) шахтная печь
- B) электропечь
- C) мартеновская печь
- D) доменная печь

14. Печь, в которой выплавляют чугуны, – это...

- A) шахтная печь
- B) электропечь
- C) мартеновская печь
- D) доменная печь

15. Минерал, который используется для производства алюминия, – это...

- A) боксит
- B) куприт
- C) железняк
- D) известняк

16. Минерал, который используется для производства железа, – это...

- A) боксит
- B) магнезит
- C) магнетит
- D) малахит

17. Минерал, который используется для производства меди, – это...

- A) боксит
- B) гематит
- C) доломит
- D) халькопирит

18. Важнейшее свойство металлургического топлива – это...

- A) влажность
- B) зольность
- C) теплотворная способность
- D) химический состав

19. Основное назначения флюса при выплавке чугуна – это...

- A) связывание пустой породы и перевод её и золы кокса в шлак
- B) повышение жидкотекучести чугуна
- C) повышение температуры шихты в зоне распара
- D) раскисление чугуна

20. Процесс, протекающий при доменном производстве чугуна, является...

- A) восстановительным
- B) окислительным
- C) периодическим
- D) равновесным

21. Процесс обработки руды с целью повышения содержания полезного компонента и снижения содержания вредных примесей – это...

- A) дробление
- B) обогащение
- C) офлюсовывание
- D) рафинирование

22. Способ обогащения железных руд – это...

- A) гравитационное обогащение
- B) магнитная сепарация
- C) промывка
- D) флотация

23. Способ обогащения медных руд – это...

- A) гравитационное обогащение
- B) магнитная сепарация
- C) промывка
- D) флотация

24. Процесс окускования измельчённой руды, обогащенного концентрата и колошниковой пыли спеканием – это...

- A) агломерация
- B) обогащение
- C) науглероживание
- D) флотация

25. Metallургическое топливо, обладающее наибольшей теплотворной способностью, – это...

- A) каменный уголь
- B) кокс
- C) мазут
- D) природный газ

26. Минерал, применяемый в качестве флюса в металлургическом производстве, – это...

- A) глинозем
- B) известняк
- C) кварцевый песок
- D) халькопирит

27. Материал, который используют для легирования и раскисления стали, – это...

- A) литейный чугун
- B) передельный чугун
- C) ферросплав
- D) шлак

28. Процесс, протекающий при выплавке стали, является...

- A) восстановительным
- B) окислительным
- C) периодическим
- D) равновесным

29. Процесс получения стали методом продувки воздухом или кислородом жидкого передельного чугуна – это...

- A) мартеновское производство
- B) конвертерное производство
- C) производство стали в электропечах
- D) доменное производство

30. Пламенная ренегеративная печь для выплавки стали – это...

- A) вагранка
- B) мартеновская печь
- C) конвертер
- D) электрическая дуговая печь

31. Печь, в которой получают алюминий – это...

- A) мартеновская печь
- B) конвертер
- C) электрическая дуговая печь
- D) электролизер

32. Один из основных методов получения порошка меди – это...

- A) размол в шаровых мельницах
- B) метод межкристаллитной коррозии
- C) центробежное распыление
- D) электролиз раствора CuSO_4

33. Установите соответствие группы исходных материалов металлургического производства названию материала:

Группа исходных материалов металлургического производства:

- 1) Руда
- 2) Топливо

Название материала

- A) известняк
- B) боксит
- C) кокс

34. Установите соответствие группы исходных материалов металлургического производства названию материала:

Группа исходных материалов металлургического производства:

- 1) Флюс
- 2) Огнеупорный кирпич

Название материала

- A) известняк
- B) железняк
- C) шамот

35. Установите соответствие названия металлургической печи названию выплавляемого в ней металла или сплава:

Название печи:

- 1) Домна
- 2) Конвертер

Название металла или сплава:

- А) сталь
- В) алюминий
- С) чугун

36. Дополните:

Горная порода, из которой целесообразно извлекать металлы, называется _____.

37. Установите правильную последовательность изготовления деталей из металлических порошков:

- А) Прессование заготовок
- В) Получение порошков
- С) Спекание заготовок
- Д) Калибрование заготовок

Тема «Литейное производство»

1. Обозначение разъема литейной формы на чертежах – это

...

- А) В
- В) МФ
- С) Н
- Д) РФ

2. Литейная усадка серых чугунов составляет (%)....

- А) 1,0...1,3
- В) 1,5...2,5
- С) 2,0...2,5
- Д) 2,5...3,0

3. Литейная усадка медных сплавов составляет (%)....

- А) 1,5...2,5
- В) 1,0...1,3
- С) 2,1...2,5
- Д) 2,5...3,0

7. Литейная форма, из которой при заливке происходит выделение вредных газов, – это...

- A) водоохлаждаемая
- B) металлическая
- C) оболочковая
- D) песчано-глинистая

8. Метод литья, при использовании которого чугунные отливки получают отбеленными и требуют длительного отжига, – это...

- A) кокильное литье
- B) литье в оболочковые формы
- C) центробежное литье
- D) литье в песчано-глинистые формы

9. Метод литья, в котором отсутствует литниковая система, – это...

- A) кокильное литье
- B) литье в оболочковые формы
- C) центробежное литье
- D) электрошлаковое литье

10. Материал отливок, получаемый литьем под давлением, – это...

- A) легированная сталь
- B) углеродистые сталь
- C) цветные металлы и сплавы на их основе
- D) чугун

11. Технологический процесс получения фасонных деталей путем заполнения жидким металлом заранее приготовленных форм – это...

- A) литье
- B) кристаллизация
- C) плавление
- D) формовка

12. Процесс изготовления литейной формы – это...

- A) литье

- В) кристаллизация
- С) плавление
- Д) формовка

13. Приспособление, при помощи которого в литейной форме воспроизводят внешний контур будущей отливки, – это...

- А) модель
- В) стержень
- С) стояк
- Д) опока

14. Приспособление, при помощи которого в литейной форме воспроизводят внутренние полости, – это...

- А) модель
- В) стержень
- С) подмодельная плита
- Д) опока

15. Приспособление, которое служит для изготовления песчаных стержней, – это...

- А) модель
- В) опока
- С) подмодельная плита
- Д) стержневой ящик

16. Каналы в форме, по которым жидкий металл подходит к полости формы и питает отливку в процессе её кристаллизации, – это...

- А) литниковая система
- В) опока
- С) стержень
- Д) модель

17. Способ литейного производства, при котором металл отливки получается самого высокого качества, – это...

- А) кокильное литье
- В) литье в оболочковых формах
- С) центробежное литье

D) электрошлаковое литье

18. Самый распространенный способ литейного производства – это литье...

A) в песчано-глинистые формы

B) в кокиль

C) в оболочковые формы

D) по выплавляемым моделям

19. Металлические рамки, в которых производится формовка в песчано-глинистых смесях, – это...

A) модель

B) кокиль

C) опоки

D) стержневой ящик

20. Способность металлов и сплавов в расплавленном состоянии воспроизводить рельеф полости формы – это...

A) жидкотекучесть

B) кристаллизация

C) ликвация

D) усадка

21. Уменьшение линейных и объёмных размеров сплавов при затвердевании и охлаждении – это...

A) жидкотекучесть

B) кристаллизация

C) ликвация

D) усадка

22. Свойство формовочных и стержневых смесей пропускать пары воды и газы, образующиеся при соприкосновении горячего металла с формой, – это...

A) газопроницаемость

B) пластичность

C) податливость

D) прочность

23. Способность формовочных и стержневых смесей сохранять форму при воздействии внешних сил – это...

- A) газопроницаемость
- B) пластичность
- C) податливость
- D) прочность

24. Свойство формовочной смеси не препятствовать усадке – это...

- A) газопроницаемость
- B) пластичность
- C) податливость
- D) прочность

25. Металлическая форма, многократно используемая для получения отливок, – это...

- A) изложница
- B) кокиль
- C) опока
- D) шаблон

26. Метод литья, при котором отливки получают в форме, состоящей из двух песчано-смоляных оболочек, – это...

- A) литье в кокиль
- B) литье в оболочковые формы
- C) литье под давлением
- D) центробежное литье

27. Метод литья, при котором жидким металлом принудительно заполняют металлическую пресс-форму под давлением, – это...

- A) литье в кокиль
- B) литье в оболочковые формы
- C) литье под давлением
- D) центробежное литье

28. Метод литья, при котором отливки не имеют припусков на механическую обработку, – это...

- A) литье в оболочковые формы

- В) литье под давлением
- С) кокильное литье
- Д) центробежное литье

29. Метод литья, при котором литейная форма выполняет функции плавильного агрегата, – это...

- А) кокильное литье
- В) литье под давлением
- С) центробежное литье
- Д) электрошлаковое литье

30. Метод литья, при котором расплавленный металл заливают во вращающиеся формы, – это...

- А) литье в оболочковые формы
- В) литье под давлением
- С) кокильное литье
- Д) центробежное литье

31. Свойство формовочной смеси не сплавляться и не спекаться под действием расплавленного металла – это...

- А) газопроницаемость
- В) огнеупорность
- С) податливость
- Д) прочность

32. Свойство литейных сплавов, заключающееся в неоднородности химического состава между отдельными участками отливки и в зернах, – это...

- А) жидкотекучесть
- В) кристаллизация
- С) ликвация
- Д) усадка

33. Дополните:

Металлические рамки, в которых производится формовка в песчано-глинистых смесях, называются _____.

34. Дополните:

Приспособление, при помощи которого в литейной форме воспроизводят внешний контур будущей отливки, называется _____.

35. Дополните:

Приспособление, при помощи которого в литейной форме воспроизводят внутренние полости, называется _____.

36. Дополните:

Каналы в форме, по которым жидкий металл подходит к полости формы и питает отливку в процессе её кристаллизации, называются _____.

Тема «Обработка металлов давлением»

1. Процесс, приводящий к повышению пластичности при горячей обработке давлением, - это...

- A) высокая степень деформации
- B) наклеп
- C) переменный химический состав
- D) рекристаллизация

2. Процесс, при котором в деформируемом теле при температурах 100...400 °С происходит частичное снятие внутренних напряжений, и пластичность возрастает, – это...

- A) возврат
- B) наклеп
- C) отпуск
- D) рекристаллизация

3. Нагревательная печь, имеющая одинаковую температуру по всему рабочему пространству, – это ...

- A) вагранка
- B) домна
- C) камерная печь
- D) методическая печь

4. Вид прокатки, при котором получают бесшовные трубы, – это ...

- A) поперечная прокатка
- B) поперечно-винтовая прокатка
- C) продольная прокатка

5. Способы обработки металлов давлением, с помощью которых можно получить профиль постоянного сечения (труба, проволока, рельс, уголок, тавр и т.д.), – это...

- A) ковка, листовая прокатка, листовая штамповка
- B) горячая объемная штамповка, литье под давлением
- C) литье в оболочковые формы, прокатка, горячая объемная штамповка
- D) прокатка, прессование, волочение

6. Деформация, при которой после снятия нагрузки атомы возвращаются в исходное положение, и форма тела полностью восстанавливается, - это деформация...

- A) горячая
- B) пластическая
- C) упругая
- D) холодная

7. Деформация, при которой атомы смещаются в новые места устойчивого равновесия, и после снятия нагрузки форма тела не восстанавливается, - это деформация...

- A) необратимая
- B) обратимая
- C) пластическая
- D) упругая

8. Методы холодной обработки давлением – это...

- A) ковка и прессование
- B) волочение и выдавливание
- C) прокатка труб и профилей
- D) прокатка и обратное прессование

9. Свойство, значение которого увеличивается при рекристаллизации, – это...

- A) пластичность
- B) прочность
- C) твердость
- D) ударная хрупкость

10. Процесс, при котором происходит разупрочнение металла, освобождение его от искажений кристаллической решетки и внутренних напряжений, – это...

- A) возврат
- B) наклеп
- C) отжиг
- D) рекристаллизация

11. Упрочнение металла при холодной деформации – это...

- A) возврат
- B) закалка
- C) наклеп
- D) рекристаллизация

12. Фактор, от которого зависит температурный интервал обработки давлением стали, – это ...

- A) вид печи
- B) применяемое топливо
- C) стоимость электроэнергии
- D) химический состав стали

13. Метод горячей обработки металлов давлением – это...

- A) волочение
- B) выдавливание
- C) низкотемпературная термомеханическая обработка
- D) прокатка

14. Инструмент, используемый при прокатке металлов и сплавов, – это...

- A) валок
- B) матрица
- C) пуансон

D) поршень

15. Инструмент, используемый при волочении металлов и сплавов, – это...

- A) валок
- B) матрица
- C) молот
- D) пресс

16. Процесс протягивания металла через отверстие, размер которого меньше сечения исходной заготовки, – это...

- A) волочение
- B) прессование
- C) прокатка
- D) штамповка

17. Структура стали, при которой происходит ее обработка давлением, – это...

- A) аустенит
- B) ледебурит
- C) феррит
- D) цементит

18. Неисправимый брак при обработке металлов давлением, вызванный окислением границ зерен аустенита, – это...

- A) наклеп
- B) перегрев
- C) пережог
- D) рекристаллизация

19. Исправимый брак при обработке металлов давлением, вызванный укрупнением границ зерен аустенита, – это...

- A) наклеп
- B) перегрев
- C) пережог
- D) рекристаллизация

20. Продукция, которую получают при продольной прокатке, – это...

- A) листовой прокат
- B) периодический прокат
- C) бесшовные трубы
- D) шарики для шарикоподшипников

21. Процесс выдавливания металла из замкнутого объема через выходное отверстие (очко матрицы) – это...

- A) волочение
- B) прессование
- C) прокатка
- D) штамповка

22. Область температур, при которых проводят горячую обработку металлов давлением, находится...

- A) выше температуры рекристаллизации и ниже линии солидус
- B) ниже температуры рекристаллизации
- C) выше линии ликвидус
- D) ниже линии A_{C1}

23. Область температур, при которых проводят холодную обработку металлов давлением, находится...

- A) выше температуры рекристаллизации
- B) ниже температуры рекристаллизации
- C) выше линии ликвидус
- D) выше линии солидус

24. Процесс обработки металлов давлением, при котором металл течет свободно в направлениях, не ограниченных поверхностями штампа, – это ...

- A) волочение
- B) прессование
- C) прокатка
- D) свободная ковка

25. Инструмент машинной свободной ковки, который действует на заготовку динамически, – это...

- A) валок
- B) матрица
- C) молот
- D) пресс

26. Инструмент машинной свободной ковки, который действует на заготовку статически, – это...

- A) валок
- B) матрица
- C) молот
- D) пресс

27. Инструмент, используемый при прессовании, – это...

- A) прессштемпель
- B) пресспапье
- C) прессштамп
- D) молот

28. Материал, из которого изготавливают штампы для горячей штамповки, – это...

- A) алмаз
- B) высокопрочный чугун
- C) инструментальная легированная сталь
- D) инструментальная углеродистая сталь

29. Вид обработки давлением, с помощью которого изготавливают кузова автомобилей, – это:

- A) листовая штамповка
- B) свободная ковка
- C) волочение
- D) прокатка

30. Методы обработки металлов давлением, с помощью которых можно получить профиль постоянного сечения (труба, проволока, рельс, уголок, тавр и т.д.), – это...

- A) ковка, листовая прокатка, листовая штамповка
- B) горячая объемная штамповка, литье под давлением
- C) литье в оболочковые формы, прокатка, горячая объемная штамповка

D) прокатка, прессование, волочение

31. Процесс обжатия металла между вращающимися валками прокатного стана – это:

- A) волочение
- B) прессование
- C) прокатка
- D) штамповка

Тема «Сварка и пайка металлов и сплавов»

1. Обозначение электродов с тонким покрытием – это...

- A) Г
- B) Д
- C) М
- D) С

2. Обозначение электродов с кислым покрытием – это...

- A) А
- B) Б
- C) Р
- D) Ц

3. Обозначение электродов со средним покрытием – это...

- A) Г
- B) Д
- C) М
- D) С

4. Обозначение электродов с основным покрытием – это...

- A) А
- B) Б
- C) Ж
- D) Р

5. Обозначение электродов с толстым покрытием – это...

- A) Г
- B) Д
- C) М

D) С

6. Обозначение электродов с рутиловым покрытием – это...

- A) А
- B) Б
- C) Р
- D) Ц

7. Обозначение электродов с особо толстым покрытием – это...

- A) Г
- B) Д
- C) М
- D) С

8. Обозначение электродов с целлюлозным покрытием – это...

- A) А
- B) Б
- C) Р
- D) Ц

9. Сварка плавлением, при которой нагрев свариваемых кромок осуществляется теплотой электрической дуги, – это...

- A) дуговая сварка
- B) диффузионная
- C) контактная
- D) ультразвуковая

10. Сварка, которая относится к термомеханическому классу, – это...

- A) диффузионная
- B) плазменная
- C) ультразвуковая
- D) электрошлаковая

11. Сварка, которая относится к термическому классу, – это...

- A) диффузионная

- В) взрывом
- С) контактная
- Д) плазменная

12. Сварка, которая относится к механическому классу, это...

- А) газовая
- В) индукционная
- С) ультразвуковая
- Д) электронно-лучевая

13. Вид соединения, при котором торец одного элемента примыкает к поверхности другого элемента сварной конструкции под некоторым углом (чаще всего под прямым), – это...

- А) нахлесточное
- В) стыковое
- С) тавровое
- Д) угловое

14. Вид соединения, которое применяются в сварных конструкциях из листового металла и при стыковке уголков, швеллеров, двутавров и труб, – это...

- А) нахлесточное
- В) стыковое
- С) тавровое
- Д) угловое

15. Вид соединения, которое осуществляется взаимным перекрытием кромок свариваемых изделий, – это...

- А) нахлесточное
- В) стыковое
- С) тавровое
- Д) угловое

16. Вид соединения, которое широко применяют при дуговой сварке балок, колонн, стоек, каркасов ферм и других конструкций, – это...

- А) нахлесточное
- В) стыковое

- C) тавровое
- D) угловое

17. Вид соединения, которое применяют при сварке различных коробчатых изделий, резервуаров и емкостей из металла толщиной 1...100 мм, – это...

- A) нахлесточное
- B) стыковое
- C) тавровое
- D) угловое

18. Процесс удаления из жидкой сварочной ванны окислов – это...

- A) легирование
- B) окисление
- C) раскисление
- D) рафинирование

19. Процесс повышения механических свойств сварного шва и пополнения выгоревших при сварке элементов основного металла – это...

- A) легирование
- B) окисление
- C) раскисление
- D) рафинирование

20. Процесс очищения сварного шва от серы и фосфора – это...

- A) легирование
- B) окисление
- C) раскисление
- D) рафинирование

21. Основной недостаток автоматической сварки под флюсом – это...

- A) низкая производительность
- B) ограниченная маневренность
- C) плохое качество сварного шва
- D) повышенный расход электроэнергии

22. Электрод, который применяется в дуговой сварке по Бенардосу, - ...

- A) биметаллический
- B) металлический
- C) комбинированный
- D) угольный

23. Электрод, который применяется в дуговой сварке по Славянову, - ...

- A) биметаллический
- B) металлический
- C) комбинированный
- D) угольный

24. Рабочая жидкость плазмотрона «Мультиплаз-2500» при резке металлов и сплавов – это...

- A) ацетон
- B) вода
- C) керосин
- D) спиртовой раствор

25. Рабочая жидкость плазмотрона «Мультиплаз-2500» при сварке и пайке металлов и сплавов – это...

- A) ацетон
- B) вода
- C) керосин
- D) спиртовой раствор

26. Устройство, которое регулирует заданное давление и расход газа при газовой сварке, – это...

- A) шланг
- B) горелка
- C) пружина редуктора
- D) электрод

27. Газ, при сжигании которого в кислороде достигается максимальная температура сварочного пламени, – это...

- A) ацетилен

- В) бензин
- С) бутан
- Д) пропан

28. Сплав, из которого изготавливают вентиль кислородного баллона, – это...

- А) бронза
- В) латунь
- С) дуралюмин
- Д) сталь

29. Сплав, из которого изготавливают вентиль ацетиленового баллона, – это...

- А) бронза
- В) латунь
- С) дуралюмин
- Д) сталь

30. Соотношение ацетилена и кислорода в смеси в нормальном пламени газовой горелки – это...

- А) на один объем кислорода приходится один объем ацетилена
- В) на один объем ацетилена приходится более 1,3 объема кислорода
- С) на один объем ацетилена приходится не более 0,95 объема кислорода

31. Соотношение ацетилена и кислорода в смеси в науглероживающем пламени газовой горелки – это...

- А) на один объем кислорода приходится один объем ацетилена
- В) на один объем ацетилена приходится более 1,3 объема кислорода
- С) на один объем ацетилена приходится не более 0,95 объема кислорода

32. Соотношение ацетилена и кислорода в смеси в окислительном пламени газовой горелки – это...

- А) на один объем кислорода приходится один объем ацетилена
- В) на один объем ацетилена приходится более 1,3 объема кислорода

С) на один объем ацетиленов приходится не более 0,95 объема кислорода

33. Вид пламени, который применяется при газовой сварке латуней, – это:

- А) науглероживающее
- В) нормальное
- С) окислительное

34. Свариваемость стали с увеличением содержания углерода...

- А) увеличивается
- В) уменьшается
- С) содержание углерода в стали не влияет на свариваемость стали
- Д) сначала растет, потом уменьшается

35. Тип ацетиленовых генераторов, в которых ацетилен получают путем периодической подачи карбида кальция в воду, – это...

- А) ВВ
- В) ВК
- С) КВ
- Д) КВВ

36. Тип ацетиленовых генераторов, в которых ацетилен получают путем соприкосновения карбида кальция с водой в зависимости от изменения уровня воды, находящейся в реакционном пространстве и периодически вытесняемой образовавшимся газом, – это...

- А) ВВ
- В) ВК
- С) КВ
- Д) КВВ

37. Разрушающий метод контроля качества сварных швов – это...

- А) внешний осмотр
- В) гидравлическое испытание

- С) металлографическое исследование
- Д) ультразвуковое исследование

38. Способ пайки, при котором паяемый участок нагревают в индукторе, это...

- А) индукционная пайка
- В) пайка в печах
- С) пайка паяльником
- Д) пайка погружением

39. Способ пайки, при котором пайку выполняют в ваннах с расплавленными солями или припоями, – это...

- А) газопламенная пайка
- В) пайка в печах
- С) пайка паяльником
- Д) пайка погружением

440. Процесс покрытия поверхности металлов тонким слоем припоя (оловом) – это...

- А) легирование
- В) лужение
- С) раскисление
- Д) рафинирование

41. Материал, который обеспечивает защиту сварного шва от вредного влияния окислительной атмосферы путем применения специальных электродов, – это...

- А) защитный газ
- В) обмазка электрода
- С) присадочный материал
- Д) флюс

42. Технологический процесс получения неразъемных соединений за счет межатомных и межмолекулярных сил связи – это...

- А) ковка
- В) литье
- С) прокатка
- Д) сварка

43. Мощный стабильный разряд электричества в ионизированной атмосфере газов и паров металлов – это...

- A) ионизация
- B) лазерный луч
- C) поляризация
- D) электрическая дуга

44. Процесс соединения деталей нагревом их в месте контакта до пластического или жидкого состояния с применением сильного сжатия – это...

- A) контактная сварка
- B) сварка взрывом
- C) сварка трением
- D) холоднопрессовая сварка

45. Соединение металлических деталей в твердом состоянии с помощью расплавленного присадочного сплава (металла) – это...

- A) диффузионная сварка
- B) пайка
- C) сварка
- D) ультразвуковая сварка

46. Материал, который применяют для очистки поверхности паяемого металла, а также для снижения поверхностного натяжения и улучшения растекания и смачиваемости жидкого припоя, – это...

- A) легирующая добавка
- B) припой
- C) присадочная проволока
- D) флюс

47. Сталь, которая обладает наилучшей свариваемостью, – это...

- A) высоколегированная
- B) низкоуглеродистая
- C) среднеуглеродистая
- D) высокоуглеродистая

48. Величина диаметра электрода при ручной дуговой сварке зависит от ...

- A) источника питания
- B) скорости перемещения электрода
- C) толщины свариваемого металла
- D) химического состава свариваемого металла

49. Род тока, которым следует проводить дуговую сварку тонколистовых изделий, – это...

- A) переменный
- B) постоянный
- C) постоянный обратной полярности
- D) постоянный прямой полярности

50. Род тока, которым следует проводить дуговую сварку высоколегированных сталей, – это...

- A) переменный
- B) постоянный
- C) постоянный обратной полярности
- D) постоянный прямой полярности

51. Примесь в стали, которая способствует образованию в сварном шве горячих трещин, – это...

- A) кремний
- B) марганец
- C) сера
- D) фосфор

52. Примесь в стали, которая снижает пластичность и способствует неоднородности металла сварного шва, – это...

- A) кремний
- B) марганец
- C) сера
- D) фосфор

53. Вид сварки, при которой применяется электрическая дуга с жесткой вольтамперной характеристикой, – это...

- A) ручная дуговая сварка
- B) сварка в среде защитных газов

- C) сварка под флюсом
- D) электрошлаковая сварка

54. Источник питания сварочной дуги постоянным током с независимым приводом – это...

- A) выпрямитель
- B) генератор
- C) преобразователь
- D) трансформатор

55. Источник питания сварочной дуги постоянным током с электрическим приводом – это...

- A) выпрямитель
- B) генератор
- C) преобразователь
- D) трансформатор

56. Источник питания сварочной дуги переменным током – это...

- A) выпрямитель
- B) генератор
- C) преобразователь
- D) трансформатор

57. Вид внешней вольтамперной характеристики источника питания, который применяется для ручной дуговой сварки, – это...

- A) возрастающая
- B) жесткая
- C) крутопадающая
- D) пологопадающая

58. Вид сварки, при которой механизированы процессы подачи электродной проволоки, перемещения изделия вдоль свариваемого стыка и насыпка флюса, – это...

- A) автоматическая сварка под слоем флюса
- B) полуавтоматическая сварка под слоем флюса
- C) ручная дуговая сварка

D) электрошлаковая сварка

59. Устройство, которое служит для понижения высокого давления газа, поступающего из баллона до рабочего, и для поддержания этого давления постоянным в процессе сварки, – это...

- A) вентиль
- B) генератор
- C) манометр
- D) редуктор

60. Цвет, в который окрашивают кислородные баллоны, – это...

- A) белый
- B) голубой
- C) красный
- D) черный

61. Цвет, в который окрашивают ацетиленовые баллоны, – это...

- A) белый
- B) голубой
- C) красный
- D) черный

62. Вид пламени, который применяется при газовой сварке бронз, алюминия, низкоуглеродистых сталей, это...

- A) науглероживающее
- B) нормальное
- C) окислительное

63. Вид пламени, который применяется при газовой сварке чугунов, это...

- A) науглероживающее
- B) нормальное
- C) окислительное

64. Сплав, который поддается кислородной резке, - это...

- A) нержавеющая сталь
- B) низкоуглеродистая сталь

- C) сплав цветных металлов
- D) чугун

65. Устройство в ацетиленовых генераторах, которое служит для предохранения генератора от проникновения в него взрывной волны при обратном ударе пламени, – это...

- A) водяной затвор
- B) газосборник
- C) карбидный осушитель
- D) реторта

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью изучения предлагаемого практикума является приобретение и усвоение студентами, обучающимися по направлениям 110800.62 «Агроинженерия», 151000.62 «Технологические машины и оборудование» (институтов управления инженерными системами, энергетики и управления энергетическими ресурсами АПК, пищевых производств), знаний о свойствах и строении, методах обработки основных конструкционных материалов, применяемых в сельскохозяйственном и пищевом машиностроении, на объектах электроэнергетики АПК.

Практикум обобщает результаты многолетней методической работы сотрудников кафедры технологии машиностроения Красноярского государственного аграрного университета.

В работе сконцентрирован обширный материал различных источников, систематизирован и акцентирован для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования вышеуказанных направлений.

При написании практикума использованы сведения из проведенного авторами литературного обзора по металлургическому производству в Красноярском крае, результаты собственных исследований эксплуатационной надежности зерноуборочных комбайнов (коллекция изломов и изношенных деталей, микрошлифы образцов, наплавленных порошковой проволокой, фотографии микроструктур конструкционных материалов и др.).

Практикум содержит методические указания по выполнению тринадцати лабораторных работ по разделу «Материаловедение» и шести – по разделу «Технология конструкционных материалов». Проведению работ предшествует изучение теоретических сведений, кратко представленных по каждой теме.

В практикуме ставятся вопросы, требующие закрепления полученных знаний при прохождении студентами последующих учебной и производственной технологической практик. Каждый раздел содержит необходимые контрольные тесты для самопроверки знаний.

Использование студентами материалов, изложенных в практикуме, позволит им не только овладеть общими и профессиональными компетенциями, но и целенаправленно подготовиться к успешной сдаче экзамена по дисциплине «Материаловедение. Технология конструкционных материалов».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуляев, А.П. Металловедение: учебник для вузов / А.П. Гуляев. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
2. Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учебник для вузов / Ю.М. Лахтин. – М.: Машиностроение, 1993. – 448 с.
3. Мозберг, Р.К. Материаловедение: учеб. пособие для вузов / Р.К. Мозберг. – М.: Высш. школа, 1991. – 448 с.
4. Кондратьев, Е.Т. Технология конструкционных материалов и материаловедение: учебник для вузов / Е.Т. Кондратьев. – М.: Колос, 1992. – 320 с.
5. Фетисов, Г. П. Материаловедение и технология металлов: учебник для вузов / Г. П. Фетисов, М. Г. Карпман, В. М. Матюнин и др.; под ред. Г. П. Фетисова. – М.: Высш. школа, 2006. – 638 с.
6. Арзамасов, Б.Н. Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др.; под ред. Б.Н. Арзамасова. – М.: изд-во МГТУ, 2003. – 648 с.
7. Дальский А. М. Технология конструкционных материалов: учебник для вузов / А. М. Дальский, И. А. Арутюнова, Т. М. Барсукова и др.; под ред. А. М. Дальского. – М.: Машиностроение, 2003. – 664 с.
8. Колесов, С. Н. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебник для вузов / С. Н. Колесов, И. С. Колесов. – М.: Высш. школа, 2007. – 533 с.
9. Чередниченко, В.С. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебное пособие / В.С. Чередниченко.- 5-е изд., стер. – М.: Издательство «Омега-Л», 2009 – 752 с.
10. Журавлева, Л.В. Электроматериаловедение: учебник / Л.В. Журавлева. – М.: Академия, 2000. – 312 с.
11. Жуков, А.П. Основы металловедения и теории коррозии: учебник для средн. спец. учеб. заведений / А.П. Жуков, А.И. Малахов – М.: Высш. школа, 1991. – 168 с.
12. Дриц М.Е. Технология конструкционных материалов и материаловедение: учебник для вузов / М. Е. Дриц, М. А. Москалев. - М.: Высшая школа, 1990. - 447 с.
13. Рыбаков В. М. Дуговая и газовая сварка: учеб. пособие / В. М. Рыбаков. – Красноярск: Офсет, 1996. – 384 с.

14. Некрасов, С.С. Практикум по технологии конструкционных материалов и материаловедению: учеб. пособие для вузов / С.С. Некрасов, А.М. Пономаренко, Г.К. Потапов и др.; под ред. С.С. Некрасова. – М.: Колос, 1983. – 236 с.

15. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосников, С.А. Вяткин и др.; под ред. В.Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

16. Цурган, Л.С. Методы физического металловедения. Практикум: учеб. пособие для вузов / Л.С. Цурган, Е.В. Краснова, Т.А. Орелкина и др.; под ред. В.С. Биронта. – Красноярск: ГАЦМиЗ, 2001. – 132 с.

17. Почкутов С.И. Методические основы педагогического тестирования: учеб. пособие / С.И. Почкутов, Е.Е. Савченко. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2004. – 60 с.

Содержание

| | |
|---|-----|
| Введение..... | 3 |
| Раздел I. Материаловедение | |
| Лабораторная работа № 1. Определение твердости металлов и сплавов методом Бринелля..... | 5 |
| Лабораторная работа № 2. Определение твердости металлов и сплавов методом Роквелла..... | 14 |
| Лабораторная работа № 3. Макроскопический анализ металлов и сплавов..... | 20 |
| Лабораторная работа № 4. Микроскопический анализ металлов и сплавов..... | 25 |
| Лабораторная работа № 5. Построение диаграммы состояния сплавов Pb-Sb по кривым охлаждения..... | 32 |
| Лабораторная работа № 6. Анализ диаграммы состояния железоуглеродистых сплавов..... | 40 |
| Лабораторная работа № 7. Изучение микроструктуры и свойств углеродистых сталей в равновесном состоянии..... | 48 |
| Лабораторная работа № 8. Изучение микроструктуры и свойств чугунов..... | 53 |
| Лабораторная работа № 9. Термическая обработка углеродистых сталей..... | 60 |
| Лабораторная работа № 10. Отпуск закаленной стали..... | 70 |
| Лабораторная работа № 11. Определение прокаливаемости сталей методом торцовой закалки..... | 76 |
| Лабораторная работа № 12. Изучение микроструктуры и свойств легированных сталей..... | 82 |
| Лабораторная работа № 13. Изучение микроструктуры и свойств цветных металлов и сплавов..... | 90 |
| Индивидуальное расчетное задание «Разработка технологического процесса термической обработки деталей»..... | 97 |
| Тестовые задания к разделу «Материаловедение»..... | 133 |
| Раздел II. Технология конструкционных материалов..... | 183 |
| Лабораторная работа № 1. Основные исходные материалы и продукты металлургического и литейного производств | 183 |

| | |
|--|-----|
| Лабораторная работа № 2. Разработка элементов технологического процесса изготовления отливки в песчано-глинистых формах..... | 201 |
| Лабораторная работа № 3. Изготовление литейной формы по разъемной модели..... | 209 |
| Лабораторная работа № 4. Оборудование, инструменты и технология свободнойковки..... | 217 |
| Лабораторная работа № 5. Технология и оборудование электрической дуговой сварки..... | 234 |
| Лабораторная работа № 6. Газовая сварка и резка металлов... | 251 |
| Индивидуальное расчетное задание «Проектирование технологического процесса ручной дуговой сварки»..... | 280 |
| Тестовые задания к разделу «Технология конструкционных материалов»..... | 296 |
| Заключение..... | 327 |
| Список литературы | 328 |