Технический комитет по стандартизации
«Трубопроводная арматура и сильфоны» (ТК259)
Акционерное общество «Научно-производственная фирма
«Центральное конструкторское бюро арматуростроения»

ЦКБА

СТАНДАРТ Ц К Б А

СТ ЦКБА 026-2005

# Арматура трубопроводная

# ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

## Типовой технологический процесс

Санкт-Петербург
2017

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Научно-производственная фирма «Центральное конструкторское бюро арматуростроения» (АО «НПФ «ЦКБА») и Научно-промышленной ассоциацией арматуростроителей (НПАА).

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом от 10.06.2005 г. № 29.

3 СОГЛАСОВАН:

- Техническим комитетом по стандартизации «Трубопроводная арматура и сильфоны» (ТК259);
- ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» (письмо №6-11/984 от 19.07.2005).

4 ВЗАМЕН РТМ 26-07-141-73 «Детали трубопроводной арматуры. Термическая обработка заготовок из углеродистых и легированных конструкционных сталей»

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ с учетом изменений № 1 (2008г.), № 2 (2010г.), № 3 (2016г.)

*По вопросам заказа стандартов ЦКБА обращаться в НПФ «ЦКБА»*
*по телефонам (812) 458-72-21, 458-72-04, факс (812) 458-72-22*
*195027, Россия, С-Петербург, пр. Шаумяна, 4, корп.1, лит.А,*
*E-mail: standard@ckba.ru*

© АО «НПФ «ЦКБА», 2005

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения АО «НПФ «ЦКБА»

## Содержание

1 Область применения . . . . . 4

2 Нормативные ссылки . . . . . 4

3 Режимы термической обработки . . . . . 5

4 Оформление документации . . . . . 10

Приложение А (обязательное) Механические свойства углеродистых и легированных конструкционных сталей в зависимости от толщины (диаметра) заготовки . . . . . 11

Приложение Б (рекомендуемое) Методика расчета времени нагрева садки . . . . . 16

Приложение В (рекомендуемое) Продолжительность охлаждения изделий больших сечений в охлаждающих средах при закалке . . . . . 18

Приложение Г (справочное) Примечания к измерениям твердости по шкале «С» Роквелла . . 19

Библиография . . . . . 20

# СТАНДАРТ ЦКБА

**Арматура трубопроводная**

# ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЗАГОТОВОК ИЗ УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

**Типовой технологический процесс**

Дата введения – 2006-01-01

## 1 Область применения

Настоящий стандарт содержит основные технологические указания по термической обработке кованых и катаных заготовок для деталей трубопроводной арматуры из углеродистых и легированных конструкционных сталей марок: Ст3сп, Ст3пс, Ст5 по ГОСТ 380, сталь 20, 25, 35, 40, 45 по ГОСТ 1050, 09Г2С, 10ХСНД по ГОСТ 19281, 08ГДНФ по ТУ 108-11-514-80, 10Г2, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 18ХГ, 30ХМА, 35ХМ, 20ХН3А, 40ХФА, 40ХН2МА (40ХНМА), 38ХН3МФА, 18Х2Н4МА (18Х2Н4ВА), 38Х2МЮА (38ХМЮА), 15ХМ по ГОСТ 4543, 12Х1МФ (12ХМФ), 18Х3МВ (ЭИ578, Н8), 25Х1МФ (ЭИ10), 20Х3МВФ (ЭИ415, ЭИ579), 15Х5М (Х5М, 12Х5МА) по ГОСТ 20072, 20ЮЧ по ТУ 14-1-3332-82.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие межгосударственные стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки

ГОСТ 1050-2013 Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия

ГОСТ 4543-71 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия
ГОСТ 19281-2014 Прокат повышенной прочности. Общие технические условия
ГОСТ 20072-74 Сталь теплоустойчивая. Технические условия
ТУ 14-1-3332-82 Сталь горячекатаная сортовая, стойкая к коррозионному растрескиванию. Опытная партия
ТУ 108-11-514-80 Поковки из легированных сталей. Технические условия

## 3 Режимы термической обработки

3.1 Для обеспечения необходимых показателей механических свойств и твердости заготовки деталей должны быть подвергнуты термической обработке: нормализации или закалке (нормализации) с отпуском.

3.2 Механические свойства сталей, определяемые на продольных образцах, вырезанных из заготовок, в зависимости от толщины (диаметра) приведены в приложении А (таблица 1).

Рекомендуемые режимы термической обработки заготовок для получения соответствующего предела текучести в зависимости от толщины (диаметра) заготовок приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы термической обработки углеродистых и легированных конструкционных сталей

| Марка стали | Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм$^2$), не менее | Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, *мм* | Закалка, нормализация | | Отпуск | | Твердость, НВ (HRC 2)) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Температура, °С | Охлаждающая среда | Температура, °С | Охлаждающая среда | |
| Ст3сп | 195 (20) | 300 | От 900 до 950 | Воздух | | Воздух | 111-156 |
| Ст3пс | 175 (18) | 300 | | | | | 101-143 |
| Ст5 | 245 (25) | 100 | 850-880 | | | | 143-179 |
| | 195 (20) | 500 | | | | | 111-156 |
| 20 | Режим I | | | | | | |
| | 215 (22) | 300 | 900-920 | Воздух | | Воздух | 123-167 |
| | 195 (20) | 300 | | | | | 111-156 |
| | 175 (18) | 800 | | | | | 101-143 |
| | Режим II | | | | | | |
| | 215(22) | 300 | 900-920 | Вода или воздух | 600-680 | Воздух | 123-167 |
| | 195 (20) | 300 | | | | | 111-156 |
| | 175 (18) | 800 | | | | | 101-143 |
| 25 | 245 (25) | 100 | 890-910 | Воздух | | | 143-179 |
| | 215 (22) | 300 | | | | | 123-167 |
| 35 1) | 275 (28) | 100 | 880-900 | | | | 156-197 |
| | 245 (25) | 800 | | | | | 143-179 |
| | 315 (32) | 100 | 860-880 | Вода или масло | 600-650 | | 167-207 |
| | 275 (28) | 300 | | | | | 156-197 |

*Продолжение таблицы 1*

| Марка стали | Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, *МПа (кгс/мм$^2$)*, не менее | Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, *мм* | Закалка, нормализация | | Отпуск | | Твердость, НВ (HRC 2)) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Температура, *°С* | Охлаждающая среда | Температура, *°С* | Охлаждающая среда | |
| 40 1) | 275 (28) | 300 | 870-890 | Воздух | | Воздух | 156-197 |
| | 345 (35) | 100 | 830-850 | Вода от 20°С до 40°С | 580-640 | | 174-217 |
| 45 | 785 (80) | 40 | 830-860 | | 350-400 | | 293-331 |
| | 540 (55) | 50 | | | 540-560 | | 223-262 |
| | 440 (45) | 120 | | | 560-600 | | 197-235 |
| 09Г2С | 345 (35) | 10 | 930-940 | Вода | 630-640 | | 174-217 |
| | 323 (33) | 20 | | | | | |
| | 304 (31) | 32 | | | | | 167-207 |
| | 284 (29) | 60 | | | | | |
| | 275 (28) | 80 | | | | | 143-197 |
| | 265 (27) | 160 | | | | | |
| 10ХСНД | 390 (40) | 125 | 930-950 | | 650-680 | | 197-235 |
| 10Г2 | 215 (22) | 100 | 910-930 | Воздух | | | 123-167 |
| | | 200 | | | | | |
| | | 400 | | | | | |
| | | 800 | | | | | |
| 30ХМА | 635 (65) | 80 | 860-880 | Вода или масло | 540-600 | Воздух | 229-286 |
| | 540 (55) | 120 | | | 620-640 | | 223-262 |
| | 395 (40) | 300 | | | 640-660 | | 187-229 |
| 35ХМ | 1176 (120) | 30 | 840-860 | Масло | 200-220 | | (48,4-52,2) |
| | 785 (80) | 50 | | | 560-580 | | 293-331 |
| | 640 (65) | 80 | | | 560-600 | | 229-286 |
| | 590 (60) | 120 | | | 600-630 | | 235-277 |
| | 490 (50) | 200 | | | 640-660 | | 212-248 |
| 20ХН3А | 685 (70) | 50 | 820-840 | Масло | 500-580 | Вода или масло | 248-293 |
| | 640 (65) | 80 | | | | | 262-311 |
| 40ХН2МА (40ХНМА) | 1470 (150) | 20 | 840-860 | Масло | 200-250 | Масло или воздух | (49,3-54,2) |

*Продолжение таблицы 1*

| Марка стали | Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, *МПа (кгс/мм$^2$)*, не менее | Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, *мм* | Закалка, нормализация | | Отпуск | | Твердость, НВ (HRC [2]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Температура, °С | Охлаждающая среда | Температура, °С | Охлаждающая среда | |
| 40ХН2МА (40ХНМА) | 785 (80) | 80 | 840-860 | Масло | 550-560 | Вода или масло | 293-331 |
| | 735 (75) | 100 | | | 550-620 | | 277-321 |
| | 590 (60) | 240 | | | 570-600 | Масло или воздух | 235-277 |
| | 490 (50) | 500 | | | 580-620 | | 212-248 |
| 40ХФА | 640 (65) | 60 | 880-900 | | 660-680 | Воздух | 248-293 |
| | 540 (55) | 100 | | | 670-700 | | 223-262 |
| | 440 (45) | 300 | | | 680-700 | | 197-235 |
| 38ХН3МФА | 1176 (120) | 30 | 840-860 | Масло или через воду в масло | 550-570 | Масло или воздух | 42,5-46,4 |
| | 980 (100) | 100 | | | 570-580 | | 39,6-43,5 |
| | 880 (90) | 150 | | | 580-590 | | 34,8-42,5 |
| | 785 (80) | 240 | | | 590-600 | | 30,9-38,6 |
| | 685 (70) | 350 | | | 600-620 | | 28-33,8 |
| 18Х2Н4МА (18Х2Н4ВА) | 635 (65) | 200 | 845-875 | Масло | 620-650 | | 248-293 |
| 38Х2МЮА (38ХМЮА) | 835 (85) | 40 | 935-965 | Масло | 620-650 | Вода или масло | (32,8-38,7) |
| | 590 (60) | 160 | | | | | |
| 15ХМ | 490 (50) | 100 | 910-930 | Вода | 560-580 | Воздух | 197-217 |
| | 255 (26) | 300 | 930-950 | Воздух | 620-640 | | 143-163 |
| 12Х1МФ (12ХМФ) | 255 (26) | 250 | 960-980 | Воздух или масло | 740-760 | | 131-170 |
| 18Х3МВ | 440 (45) | 100 | 965-995 | Масло | 680-730 | | 197-235 |
| 25Х1МФ | 590 (60) | 200 | 940-960 | | 660-680 | | 235-272 |
| | 685 (70) | 150 | | | 640-660 | | 269-311 |
| 20Х3МВФ | 735 (75) | 25 | 1030-1080 | | 660-700 | | 277-321 |
| | 635 (65) | 400 | | | | | 248-293 |
| 15Х5М (12Х5МА, Х5М) | 294 (30) | 200 | 950-970 | Воздух | 750-770 | В печи до 400 °С, далее на воздухе | 149-197 |

*Окончание таблицы 1*

| Марка стали | Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм$^2$), не менее | Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, *мм* | Закалка, нормализация | | Отпуск | | Твердость, НВ (HRC [2]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Температура, °С | Охлаждающая среда | Температура, °С | Охлаждающая среда | |
| 08ГДНФ | 440 (45) | 200 | 900-940 | Вода | 590-630 | Воздух | 159-208 |
| | 395 (40) | | | Воздух | | | 159-192 |
| 20Х | 345 (35) | 80 | 880-900 | Вода | 500-560 | | 174-217 |
| 30Х | 440 (45) | 60 | 850-870 | Масло | 470-530 | Вода или масло | 197-235 |
| | 395 (40) | 150 | | | | | 187-229 |
| 35Х | 640 (65) | 60 | 840-870 | | 500-550 | | 248-293 |
| | 590 (60) | 80 | | | | | 235-277 |
| | 440 (45) | 120 | | | | | 197-235 |
| 40Х | 1274 (125) | 25 | 840-870 | Масло или через воду в масло | 130-200 | Воздух или масло | (46,4-53,1) |
| | 880 (90) | 30 | | | 400-420 | | (36,7-43,5) |
| | 785 (80) | 30 | | | 500-560 | | 293-331 |
| | 685 (70) | 50 | | | 560-580 | | 262-311 |
| | 540 (55) | 80 | | | 580-600 | | 223-262 |
| | 490 (50) | 120 | | | 600-620 | | 212-248 |
| | 440 (45) | 200 | | | 620-660 | | 197-235 |
| 18ХГ | 735 (75) | 15 | 865-895 | Масло | 200-220 | | 277-321 |
| | 440 (45) | 80 | | | 650-700 | | 197-235 |
| 20ЮЧ | 235 (24) | До 180 | 900-920 | Воздух | - | - | **не более 190** |

1) По указанию технологической документации при нормализации заготовок сечением более 200 мм из сталей марок 35 и 40 для снятия напряжений производится отпуск при температуре от 620 до 650 °С.

2) См. примечания к измерениям твердости по шкале Роквелла (приложение Г).

**(Измененная редакция, Изм. 3)**

Режимы термообработки стали, для которой необходимо получить предел текучести, не указанный в таблице 1, а также для сталей, не приведенных в настоящем стандарте, устанавливает изготовитель.

3.3 Если в сопроводительной документации на данную партию проката или поковок из стали марок Ст3, Ст5, 20, 25, 30, 40 имеется указание о проведенной нормализации, то повторную нормализацию заготовок из этой партии можно не проводить при условии соответствия механических свойств или твердости требованиям чертежа.

3.4 Термической обработке рекомендуется подвергать заготовки после предварительной механической обработки в наименьших сечениях, без надрезов, резких переходов и острых углов, являющихся местами концентрации напряжений.

3.5 Перепад температуры в рабочем пространстве печи не должен превышать 25 °С.

3.6 При установке термопар в печи, их концы (горячий спай) должны находиться на расстоянии не более 100 мм от поверхности заготовок.

Правильность показаний рабочих термопар периодически должна проверяться по контрольной платиновой термопаре.

3.7 Рекомендуемая температура печи во время посадки заготовок для термообработки в зависимости от толщины (диаметра) заготовки приведена в таблице 2 [1].

Таблица 2 - Рекомендуемая температура печи

| Марка стали | Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, *мм* | Наибольшая температура печи при посадке заготовок на закалку (нормализацию), *°С* | Наибольшая температура печи при посадке заготовок на отпуск, *°С* |
|---|---|---|---|
| Ст3сп, Ст5, Ст3пс, 20, 25, 35, 40, 45, 09Г2С, 18ХГ, 10Г2, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 30ХМА, 35ХМ, 40ХФА, 15ХМ | 100 | 850 | Температура отпуска |
| | Св. 100 | 650 | 450 |
| 38Х2МЮА, 10ХСНД, 08ГДНФ, 12Х1МФ, 18Х3МВ, 25Х1МФ, 20Х3МВФ, Х5М | 100 | 700 | Температура отпуска |
| | Св. 100 | 450 | 450 |
| 40ХНМА, 20ХН3А, 38ХН3МФА, 18Х2Н4ВА | 100 | 700 | 200 |
| | Св. 100 | 450 | |

3.8 Время прогрева садки устанавливается с учетом наибольшей толщины (диаметра) заготовок, веса садки и расположения заготовок на поду печи.

Рекомендуемые нормы выдержки при нагреве: в пламенных печах – 1 минута, в электропечах от 1,5 до 2 минут, в соляных ваннах – 0,5 минуты, в свинцовых ваннах от 0,1 до 0,15 минуты на 1 мм толщины (диаметра).

Для более точного расчета времени прогрева садки (время нагрева и выравнивания температуры по сечению) в пламенных и электрических печах может быть рекомендована методика, приведенная в рекомендуемом приложении В. Методика пригодна для расчета при условии, что скорость нагрева не ограничена, а температура посадки заготовок в печь примерно равна температуре проведения операции.

3.9 Нагрев заготовок для закалки (нормализации) производится с производственной скоростью, если скорость нагрева в технологии не указана.

3.10 Время выдержки после полного прогрева садки (при нагреве под закалку, нормализацию) устанавливается технологической картой термической обработки с учетом массы садки из расчета нормы выдержки на 1 мм наибольшей толщины (диаметра) заготовок: для углеродистых сталей 1минута, для легированных – от 1,5 до 2 минут.

Рекомендуемое время выдержки заготовок в печи при температурах отпуска в зависимости от толщин (диаметра) заготовки и массы садки заготовок приведено в таблице 3 [1] .

3.11 При охлаждении заготовок (в процессе закалки) через воду в масло температура воды должна быть в пределах от 30 до 40 °С. При охлаждении массивных заготовок в масле начальная температура его, во избежание загорания, не должна превышать 50°С.

Продолжительность охлаждения изделий больших сечений в охлаждающих средах при закалке приведена в приложении В (таблица В.1 [3]).

Т а б л и ц а 3 - Рекомендуемое время выдержки заготовок в печи

| Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, *мм* | Наибольшая масса садки заготовок, *кг* | Выдержка (после прогрева металла садки) при температуре отпуска, *ч* | |
|---|---|---|---|
| | | Для стали марок: Ст3сп, Ст3пс, Ст5, 20, 25, 35, 09Г2С, 40, 45, 10Г2, 20Х, 30Х, 35Х, 40Х, 18ХГ, 30ХМА, 38ХМЮА, 35ХМ, 40ХФА, 15ХМ | Для стали марок: 10ХСНД, 08ГДНФ, 20ХН3А, 40ХНМА, 38ХН3МФА, 15Х5М, 18Х2Н4ВА,12Х1МФ, 20Х3МВФ,18Х3МВ, 25Х1МФ |
| 100 | 500 | 2,0 -2,5 | 2,0 - 3,0 |
| | 1000 | 2,5 - 3,0 | 3,0 - 3,5 |
| | 1500 | 3,0 - 3,5 | 3,5 - 4,0 |
| Св. 100 | 500 | 2,5 - 3,0 | 3,0 - 3,5 |
| | 1000 | 3,0 - 3,5 | 3,5 - 4,0 |
| | 1500 | 3,5 - 4,0 | 4,0 - 4,5 |

3.12 Время между охлаждением после закалки и началом отпуска для заготовок из стали мартенситного класса марок 15Х5М, 18Х2М4ВА не должно превышать 3-х часов.

3.13 Нагрев заготовок для отпуска производится с производственной скоростью. Для сталей перлитно-мартенситного и мартенситного класса марок 18Х2Н4МА, 38ХН3МФА, 20ХН3А скорость нагрева не должна превышать 240 °С/ч; для этого рекомендуется назначать ступенчатый режим нагрева с полным прогревом при температуре от 300 до 400 °С.

Указанное ограничение скорости нагрева рекомендуется, чтобы избежать появления в структуре отпущенной стали ориентации сорбита по мартенситу, что ведет к понижению ударной вязкости стали.

3.14 Учитывая индивидуальные особенности термического оборудования предприятия-изготовителя, допускаются отклонения от рекомендуемых режимов термической обработки в части длительности выдержек, температуры отпуска и температуры печи во время посадки заготовок для термообработки при условии обеспечения механических свойств или твердости металла согласно требованиям чертежа.

Другие отклонения должны быть согласованы:

- для изделий АС и ВМФ – с головной материаловедческой организацией;
- для изделий МО и РФ – с представителем заказчика.

## 4 Оформление документации

4.1 Необходимость проведения термической обработки и контроля механических свойств заготовок должно быть оговорено в чертежах со ссылкой на настоящий стандарт.

4.2 Фактический режим термической обработки заготовок должен фиксироваться в журнале термического цеха или участка с указанием обозначения чертежей деталей.

4.3 После выполнения термической обработки должны быть зафиксированы номер садки, номер печи (для печной термической обработки) и дата проведения термической обработки.

## Приложение А
## (обязательное)
## Механические свойства углеродистых и легированных конструкционных сталей в зависимости от толщины (диаметра) заготовки

**(Измененная редакция, Изм. 3)**

Таблица А.1 – Механические свойства углеродистых и легированных конструкционных сталей в зависимости от толщины (диаметра) заготовки

| Марка стали | Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, мм | Механические свойства | | | | | Твердость НВ (HRC [1]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, МПа (кгс/мм$^2$), не менее | Временное сопротивление разрыву, $\sigma_в$, МПа (кгс/мм$^2$), не менее | Относительное удлинение $\delta_5$, %, не менее | Относительное сужение, $\psi$, %, не менее | Ударная вязкость, KCU, кДж/м$^2$ (кгс· м/см$^2$), не менее | |
| Ст3сп | 300 | 195 (20) | 390 (40) | 23 | 50 | 540 (5,5) | 111-156 |
| Ст3пс | 300 | 175 (18) | 355 (36) | 24 | 50 | 590 (6,0) | 101-143 |
| Ст5 | 100 | 245 (25) | 470 (48) | 22 | 48 | 490 (5,0) | 143-179 |
| | 500 | 195 (20) | 390 (40) | 20 | 45 | 490 (5,0) | 111-156 |
| 20 | 300 | 215 (22) | 430 (44) | 20 | 48 | 490 (5,0) | 123-167 |
| | 300 | 195 (20) | 390 (40) | 23 | 50 | 540 (5,5) | 111-143 |
| | 800 | 175 (18) | 355 (36) | 20 | 40 | 490 (5,0) | 143-179 |
| 25 | 100 | 245 (25) | 470 (48) | 22 | 48 | 490 (5,0) | 143-179 |
| | 300 | 215 (22) | 390 (40) | 20 | 48 | 490 (5,0) | 123-167 |
| 35 | 100 | 275 (28) | 530 (54) | 20 | 40 | 441 (4,5) | 156-197 |
| | 800 | 245 (25) | 470 (48) | 15 | 30 | 343 (3,5) | 143-179 |
| | 100 | 315 (32) | 570 (58) | 17 | 38 | 392 (4,0) | 167-207 |
| | 300 | 275 (28) | 530 (54) | 17 | 38 | 343 (3,5) | 156-197 |
| 40 | 300 | 275 (28) | 530 (54) | 17 | 38 | 343 (3,5) | 156-197 |
| | 100 | 345 (35) | 590 (60) | 18 | 45 | 588 (6,0) | 174-217 |
| 45 | 40 | 785 (80) | 930 (95) | 12 | 40 | 490 (5,0) | 293-331 |
| | 50 | 540 (55) | 785 (80) | 10 | 40 | 490 (5,0) | 223-262 |
| | 120 | 440 (45) | 676 (69) | 17 | 40 | 490 (5,0) | 197-235 |

*Продолжение таблицы А.1*

| Марка стали | Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, *мм* | Механические свойства | | | | | Твердость НВ (HRC [1]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, *МПа (кгс/мм$^2$)*, не менее | Временное сопротивление разрыву, $\sigma_в$, *МПа (кгс/мм$^2$)*, не менее | Относительное удлинение, $\delta_5$, %, не менее | Относительное сужение, ψ, %, не менее | Ударная вязкость, KCU, *кДж/м$^2$ (кгс·м/см$^2$)*, не менее | |
| 10ХСНД | 125 | 395 (40) | 615 (63) | 15 | 40 | 539 (5,5) | 197-235 |
| 09Г2С | 10 | 345 (35) | 490 (50) | 21 | - | 588 (6,0) | 174-217 |
| | 20 | 323 (33) | 470 (48) | | | | |
| | 32 | 304 (31) | 461 (47) | | | | 167-207 |
| | 60 | 284 (29) | 451 (46) | | | | |
| | 80 | 275 (28) | 441 (45) | | | | 143-197 |
| | 160 | 265 (27) | 430 (44) | | | | |
| 10Г2 | 100 | 215 (22) | 430 (44) | 22 | 53 | 539 (5,5) | 123-167 |
| | 200 | | | 20 | 48 | 441 (4,5) | |
| | 400 | | | 18 | 40 | 392 (4,0) | |
| | 800 | | | 16 | 35 | 343 (3,5) | |
| 08ГДНФ | 200 | 440 (45) | 539 (55) | 20 | 45 | 392 (4,0) | 159-208 |
| | | 395 (40) | 490 (50) | 20 | 45 | 392 (4,0) | 159-192 |
| 20Х | 80 | 345 (35) | 590 (60) | 16 | 45 | 588 (6,0) | 174-217 |
| 30Х | 60 | 440 (45) | 635 (65) | 16 | 45 | 588 (6,0) | 197-235 |
| | 150 | 395 (40) | 615 (63) | 15 | 40 | 539 (5,5) | 187-229 |
| 35Х | 60 | 640 (65) | 785 (80) | 13 | 45 | 588 (6,0) | 248-293 |
| | 80 | 590 (60) | 685 (70) | 14 | 45 | 588 (6,0) | 235-277 |
| | 120 | 440 (45) | 635 (65) | 14 | 40 | 539 (5,5) | 197-235 |
| 40Х | 25 | 1275 (130) | 1470 (150) | 7 | 25 | ~ 294 (3,0) | (46,4-51,3) |

*Продолжение таблицы А.1*

| Марка стали | Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, *мм* | Механические свойства | | | | | Твердость НВ (HRC [1]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Предел текучести $\sigma_{0,2}$, *МПа* (кгс/мм$^2$), не менее | Временное сопротивление разрыву, $\sigma_в$, *МПа* (*кгс/мм$^2$*), не менее | Относительное удлинение, $\delta_5$, %, не менее | Относительное сужение, $\psi$, %, не менее | Ударная вязкость, KCU, *кДж/м$^2$* (*кгс·м/см$^2$*), не менее | |
| 40Х | 30 | 880 (90) | 1078 (110) | ~ 7 | ~ 35 | ~ 392 (4,0) | (36,7-43,5) |
| | 30 | 785 (80) | 930 (95) | 12 | 40 | 588 (6,0) | 293-331 |
| | 50 | 675 (70) | 835 (85) | 13 | 42 | 588 (6,0) | 262-311 |
| | 80 | 540 (55) | 685 (70) | 15 | 45 | 588 (6,0) | 223-262 |
| | 120 | 490 (50) | 655 (67) | 13 | 40 | 490 (5,0) | 212-248 |
| | 200 | 440 (45) | 635 (65) | 14 | 40 | 539 (5,5) | 197-235 |
| 18ХГ | 15 | 735 (75) | 880 (90) | 10 | 40 | - | 277-321 |
| | 80 | 440 (45) | 635 (65) | 16 | 45 | 588 (6,0) | 197-235 |
| 30ХМА | 80 | От 640 до 785 (от 65 до 80) | 880 (90) | 13 | 42 | 588 (6,0) | 229-286 |
| | 120 | 540 (55) | 813 (83) | 16 | 40 | 392 (4,0) | 223-262 |
| | 300 | 395 (40) | 590 (60) | 15 | 40 | 392 (4,0) | 187-229 |
| 35ХМ | 30 | От 1176 до 1274 (от 120 до130) | 1372 (140) | 10 | 45 | 490 (5,0) | (48,4-52,2) |
| | 50 | От 785 до 880 (от 80 до 90) | 980 (100) | 11 | 45 | 686 (7,0) | 293-331 |
| | 80 | От 640 до 785 (от 65 до 80) | 785 (80) | 13 | 42 | 588 (6,0) | 229-286 |
| | 120 | 590 (60) | 785 (80) | 15 | 50 | 686 (7,0) | 235-277 |
| | 200 | 490 (50) | 685 (70) | 15 | 45 | 588 (6,0) | 212-248 |

*Продолжение таблицы А.1*

| Марка стали | Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, мм | Механические свойства | | | | | Твердость НВ (HRC [1]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, *МПа (кгс/мм$^2$)*, не менее | Временное сопротивление разрыву, $\sigma_B$, *МПа (кгс/мм$^2$)*, не менее | Относительное удлинение, $\delta_5$, %, не менее | Относительное сужение, $\psi$, %, не менее | Ударная вязкость, KCU, *кДж/м$^2$ (кгс·м/см$^2$)*, не менее | |
| 20ХН3А | 50 | От 675 до 785 (от 70 до 80) | 835 (85) | 12 | 55 | 784 (8,0) | 248-294 |
| | 80 | 640 (65) | 785 (80) | 10 | 42 | 784 (8,0) | 262-311 |
| 40ХФА | 60 | 640 (65) | 785 (80) | 15 | 42 | 588 (6,0) | 248-293 |
| | 100 | 540 (55) | 685 (70) | 15 | 45 | 588 (6,0) | 223-262 |
| | 300 | 440 (45) | 635 (65) | 14 | 40 | 539 (5,5) | 197-235 |
| 40ХН2МА (40ХНМА) | 20 | 1470 (150) | 1617 (165) | 9 | 45 | 490 (5,0) | (44-54,2) |
| | 80 | От 785 до 930 (от 80 до 95) | 930 (95) | 12 | 40 | 588 (6,0) | 293-331 |
| | 100 | От 735 до 835 (от 75 до 85) | 880 (90) | 13 | 40 | 588 (6,0) | 277-321 |
| | 240 | 590 (60) | 735 (75) | 13 | 40 | 490 (5,0) | 235-277 |
| | 500 | 490 (50) | 655 (67) | 12 | 35 | 490 (5,0) | 212-248 |
| 38ХН3МФА | 30 | От 1176 до1274 (от 120 до 130) | 1372 (140) | 7 | 35 | 392 (4,0) | (42,5-46,4) |
| | 100 | От 1078 до 980 (от 110 до 100) | 1176 (120) | 7 | 35 | 490 (5,0) | (39,6-43,5) |
| | 150 | От 880 до 980 (от 90 до 100) | 1078 (110) | 10 | 35 | 490 (5,0) | (34,8-42,5) |
| | 240 | От 785 до 880 (от 80 до 90) | 980 (100) | 10 | 38 | 490 (5,0) | (30,9-38,7) |

*Окончание таблицы А.1*

| Марка стали | Наибольшая толщина (диаметр) заготовки, *мм* | Механические свойства | | | | | Твердость НВ(HRC [1]) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Предел текучести, $\sigma_{0,2}$, *МПа (кгс/мм$^2$)*, не менее | Временное сопротивление разрыву, $\sigma_в$, *МПа (кгс/мм$^2$)*, не менее | Относительное удлинение, $\delta_5$, %, не менее | Относительное сужение, $\psi$, %, не менее | Ударная вязкость, KCU, *кДж/м$^2$ (кгс·м/см$^2$)*, не менее | |
| 38ХН3МФА | 350 | От 675 до 785 (от 70 до 80) | 882 (90) | 10 | 40 | 588 (6,0) | (28-33,8) |
| 18Х2Н4МА (18Х2Н4ВА) | 200 | От 640 до 735 (от 65 до 75) | 835 (85) | 13 | 50 | 882 (9,0) | 248-293 |
| 38Х2МЮА (38ХМЮА) | 40 | От 835 до 880 (от 85 до 90) | 1078 (110) | 10 | 35 | 686 (7,0) | (32,8-38,7) |
| | 160 | 590 (60) | 735 (75) | 13 | 40 | 490 (5,0) | 235-277 |
| 15ХМ | 100 | 490 (50) | 615 (63) | 18 | 50 | 686 (7,0) | 197-217 |
| | 300 | 255 (26) | 441 (45) | 22 | 40 | 588 (6,0) | 143-163 |
| 12Х1МФ | 250 | 255 (26) | 470 (48) | 20 | 50 | 588 (6,0) | 131-170 |
| 18Х3МВ | 100 | 440 (45) | 590(60) | 15 | 45 | 588 (6,0) | 197-235 |
| 25Х1МФ | 200 | От 590 до 675 (от 60 до 70) | 735 (75) | 16 | 50 | 588 (6,0) | 235-272 |
| | 150 | От 675 до 785 (от 70 до 80) | 813 (83) | 16 | 50 | 588 (6,0) | 269-311 |
| 20Х3МВФ | 25 | От 735 до 835 (от 75 до 85) | 880 (90) | 12 | 40 | 588 (6,0) | 277-321 |
| | 400 | От 640 до 735 (от 65 до 75) | 735 (75) | 13 | 40 | 490 (5,0) | 248-293 |
| 15Х5М (12Х5МА) | 200 | 294 (30) | 490 (50) | 18 | 40 | 588 (6,0) | 149-197 |
| 20ЮЧ | н.б.180 | 235 (24) | 412 (42) | 23 | - | $KCU^{490(5,0)}_{-40}$ | не более 190 |

[1] См. примечания к измерениям твердости по шкале Роквелла (приложение Г).

## Приложение Б
## (рекомендуемое)
## Методика расчета времени нагрева садки

В.1 Для заготовок с отношением

$$\frac{l}{d} \geq 3,$$

где l – длина,

d – диаметр, расчет продолжительности периода нагрева и выравнивания температуры по сечению следует вести на максимальное поперечное сечение изделия по следующей методике:

а) при сплошных круглых сечениях – на максимальный диаметр;

б) при сплошных прямоугольных сечениях – на меньшую сторону прямоугольного максимального сечения;

в) при полых, круглых и прямоугольных сечениях:

- для изделий с осевым отверстием до 50 мм (если наружный диаметр или минимальная сторона прямоугольника более 500 мм) на сплошное сечение, без учета величины диаметра осевого отверстия;

- для заготовок с осевым отверстием до 50 мм (при наружных размерах сечения менее 500 мм), а также для изделий с осевым отверстием диаметром свыше 50 мм, но не более 500 мм (при любой величине наружного диаметра или минимальной стороны прямоугольника) сечение приводить к «сплошному», для этого сумму толщин стенок считать за сплошное круглое или прямоугольное сечение;

- для заготовок с осевым отверстием свыше 500 мм (при любой величине наружного диаметра или стороны прямоугольника) максимальную толщину стенки следует умножить на коэффициент 1,7, полученную величину считать приведенным диаметром «сплошного сечения».

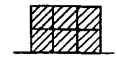
Нормы продолжительности нагрева в минутах на 1 мм поперечного сечения (с подразделением по областям температур) приведены в таблице Б.1 [2].

Таблица Б.1 – **Нормы продолжительности нагрева садки** (Измененная редакция, Изм. 3)

| Наименование операции | Температура, °С | Время, *мин* |
|---|---|---|
| Нормализация (закалка) | 850-920 | 1,5 |
| | 950-980 | 1,3 |
| | 1000-1100 | 1,0 |
| Отпуск | 150-400 | От 3 до 4 (включая выдержку, т.е. для общей продолжительности операции) |
| | 400-600 | 3-2,5 |
| | 600-740 | 2-3 |
| Примечание - При нагреве изделий в электрических печах следует умножать каждую норму на коэффициент 1,2. | | |

Если садка печи состоит из нескольких заготовок с различным положением на поду (или в рабочем пространстве вертикальной печи), то полученный при расчете результат нужно умножить на коэффициент равномерности нагрева соответственно требованиям таблицы Б.2 [2].

Таблица Б.2 – **Коэффициенты равномерности нагрева** (Измененная редакция, Изм. 3)

| Схема расположения заготовок |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Коэффициен-ты равномернос-ти нагрева | 1 | | | 1.8 | 1.4 | 1.7 | 2.2 | от 4 до 8 |
| Примечание - Коэффициент выбирается, исходя из фактического расположения заготовок в печи. | | | | | | | | |

Б.2 Для изделий с величиной:

$$\frac{l}{d} \leq 3,$$

где l – длина,

d – приведенный диаметр,

расчет продолжительности периода нагрева и выравнивания температуры по сечению ($\tau_н$) производится по формуле:

$$\tau_н = kW,$$

где k – коэффициент, характеризующий суммарный физический фактор нагрева в *мин/см*; он выбирается в пределах от 45 до 50;

$$W = \frac{V}{F},$$

где W - геометрический показатель тела,

V – объем заготовки, $см^3$,

F – поверхность заготовки, $см^2$.

Величина W определяется по формулам, приведенным в таблице Б.3 [2].

Таблица Б.3 – **Формулы вычисления геометрического показателя тела**
**(Измененная редакция, Изм. 3)**

| Форма изделия | Геометрический показатель тела | Условное обозначение |
|---|---|---|
| Сплошной цилиндр | $\frac{Dl}{4l + 2D}$ | D – наружный диаметр, *см*;<br>d – внутренний диаметр, *см*;<br>B – ребро куба или толщина плиты, *см;*<br>*a* - ширина пластины, *см*<br>*l* - длина, *см;* |
| Полый цилиндр | $\frac{(D-d)l}{4l + 2(D-d)}$ | |
| Куб | $\frac{B}{6}$ | |
| Прямоугольная плита | $\frac{Bal}{2(Bl + Ba + al)}$ | |

Полученные результаты реальны при нагреве заготовки со всех сторон, в противном случае применять коэффициенты равномерности, приведенные в таблице Б.2 [2].

## Приложение В
## (рекомендуемое)

## Продолжительность охлаждения изделий больших сечений в охлаждающих средах при закалке

**(Измененная редакция, Изм. 3)**

Таблица В.1 – Продолжительность охлаждения изделий больших сечений в охлаждающих средах при закалке

| Охлаждающая среда | Продолжительность охлаждения в мин | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Максимальное сечение изделия в мм | | | | |
| | до 200 | 200-400 | 400-600 | 600-800 | 800-1000 |
| Масло | 30-70 | 70-120 | 120-180 | 180-240 | 240-300 |
| Через воду в масло: | | | | | |
| в воде | 1-3 | 3-4 | 4-6 | 6-8 | 8-10 |
| в масле | 20-50 | 50-90 | 90-140 | 140-200 | 200-260 |

## Приложение Г

## (справочное)

**(Измененная редакция, Изм. 3)**

### Примечания к измерениям твердости по шкале «С» Роквелла

Значения твердости (HRC) указаны в соответствии с ГОСТ 8.064-94 для измерений рабочими средствами измерений, воспроизводящими шкалы «С» Роквелла от Государственного специального эталона.

До введения в действие ГОСТ 8.064-94 (01.01.1997 г.) значения твердости при введении Государственного эталона обозначались HRCэ. Таким образом, значения твердости, приведенные в стандарте (HRC) соответствуют по численности значениям применяемым ранее HRCэ.

В документации, разработанной до 1980 года, числа твердости указаны до введения государственного специального эталона. Перевод численных значений производится по таблице Г.1 , которая соответствует ранее применявшемуся ГОСТ 8.064-79.

Таблица Г.1 – Перевод чисел твердости HRC шкалы «С» Роквелла, воспроизводимой Государственным специальным эталоном, в числа твердости HRC шкалы «С» Роквелла, ранее применявшейся в промышленности (ГОСТ 8.064-79)

| HRC (HRCэ до1997 г.) | HRC* | HRC (HRCэ до1997 г.) | HRC* | HRC (HRCэ до1997 г.) | HRC* | HRC (HRCэ до1997 г.) | HRC* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20,0 | 17,8 | 32,0 | 30,2 | 44,0 | 42,5 | 56,0 | 54,9 |
| 20,5 | 18,3 | 32,5 | 30,7 | 44,5 | 43,0 | 56,5 | 55,4 |
| 21,0 | 18,8 | 33,0 | 31,2 | 45,0 | 43,5 | 57,0 | 55,9 |
| 21,5 | 19,3 | 33,5 | 31,7 | 45,5 | 44,1 | 57,5 | 56,4 |
| 22,0 | 19,9 | 34,0 | 32,2 | 46,0 | 44,6 | 58,0 | 56,9 |
| 22,5 | 20,4 | 34,5 | 32,7 | 46,5 | 45,1 | 58,5 | 57,4 |
| 23,0 | 20,9 | 35,0 | 33,2 | 47,0 | 45,6 | 59,0 | 58,0 |
| 23,5 | 21,4 | 35,5 | 33,8 | 47,5 | 46,1 | 59,5 | 58,5 |
| 24,0 | 21,9 | 36,0 | 34,3 | 48,0 | 46,6 | 60,0 | 59,0 |
| 24,5 | 22,4 | 36,5 | 34,8 | 48,5 | 47,1 | 60,5 | 59,5 |
| 25,0 | 23,0 | 37,0 | 35,3 | 49,0 | 47,7 | 61,0 | 60,0 |
| 25,5 | 23,5 | 37,5 | 35,8 | 49,5 | 48,2 | 61,5 | 60,5 |
| 26,0 | 24,0 | 38,0 | 36,3 | 50,0 | 48,7 | 62,0 | 61,0 |
| 26,5 | 24,5 | 38,5 | 36,8 | 50,5 | 49,2 | 62,5 | 61,6 |
| 27,0 | 25,0 | 39,0 | 37,4 | 51,0 | 49,7 | 63,0 | 62,1 |
| 27,5 | 25,5 | 39,5 | 37,9 | 51,5 | 50,2 | 63,5 | 62,6 |
| 28,0 | 26,0 | 40,0 | 38,4 | 52,0 | 50,7 | 64,0 | 63,1 |
| 28,5 | 26,6 | 40,5 | 38,9 | 52,5 | 51,3 | 64,5 | 63,6 |
| 29,0 | 27,1 | 41,0 | 39,4 | 53,0 | 51,8 | 65,0 | 64,1 |
| 29,5 | 27,6 | 41,5 | 39,9 | 53,5 | 52,3 | 65,5 | 64,6 |
| 30,0 | 28,1 | 42,0 | 40,5 | 54,0 | 52,8 | 66,0 | 65,2 |
| 30,5 | 28,6 | 42,5 | 41,0 | 54,5 | 53,3 | 66,5 | 65,7 |
| 31,0 | 29,1 | 43,0 | 41,5 | 55,0 | 53,8 | 67,0 | 66,2 |
| 31,5 | 29,6 | 43,5 | 42,0 | 55,5 | 54,3 | 67,5 | 66,7 |

* Значение твердости до введения государственного специального эталона.

Примечания:

1 Промежуточные значения находятся методом линейной интерполяции.

2 Числа твердости в колонках HRC допускается округлять до значений, кратных 0,5.

## Библиография

[1] Инструкция №49-124-64 - По термической обработке кованых и катаных заготовок деталей из конструкционной стали, «Металлический завод».
[2] Технологическая инструкция №186-66 - По определению продолжительности периода нагрева и выравнивания температуры по сечению изделия в печи, работающей при заданной температуре, завод «Большевик».
[3] Филинов С. А., Фиргер И. В. Справочник термиста. Л., «Машиностроение», 1975, 352 с.

Лист регистрации изменений

| Изм. | Номера листов (страниц) | | | | Всего листов (страниц) в документе | № документа | Входящий № сопроводительного документа и дата | Подпись | Дата |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | измененных | замененных | новых | аннулированных | | | | | |
| 1 | – | 4 | – | – | 22 | Изм.1 | Пр. № 62 от 18.11.08 | | 27.11.2008 |
| 2 | – | 5 | – | – | 22 | Изм.2 | Пр. № 48 от 14.12.2009 | | с 01.04 2010 |
| 3 | 8, 11, 16, 17, 18, 19 | 3, 4, 5 | – | – | 22 | Изм. 3 | Пр. № 77 от 27.12.2016 | | с 01.04. 2017 |

Генеральный директор
ЗАО «НПФ «ЦКБА» Айриев В.А.

Первый заместитель генерального
директора – директор по научной работе Тарасьев Ю.И.

Заместитель генерального директора –
главный конструктор Ширяев В.В.

Начальник отдела стандартизации Дунаевский С.Н.

Исполнители:

Руководитель подразделения
разработчика Ольховская С.Г.

Ведущий специалист
по металловедению Снегур И.З.

Согласовано:

Председатель ТК 259 Власов М.И.

Заместитель начальника 1024 ВП МО Хапин А.А.

**СОГЛАСОВАНО**

ФГУП ЦНИИКМ «Прометей»

Зам.генерального директора

письмом №
6-11/984 Г.П. Карзов

ля 2005 г.

gost.e-ecolog.ru