

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Калининградский государственный технический университет»**

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**Методические указания по выполнению курсовой работы для студентов
высших учебных заведений, обучающихся в бакалавриате
по направлению подготовки «Машиностроение»**

**Калининград
Издательство ФГБОУ ВПО «КГТУ»
2014**

УДК 620.2

Рецензент

к.п.н., доцент кафедры автоматизированного машиностроения ФГБОУ ВПО
«Калининградский государственный технический университет»

И.А. Соколова

Автор

Калачева, М.С., доцент кафедры автоматизированного машиностроения
ФГБОУ ВПО «Калининградский государственный технический университет»

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой
автоматизированного машиностроения ФГБОУ ВПО «Калининградский
государственный технический университет» 03.06.2014г., протокол №10

Методические указания одобрены и рекомендованы к печати методической
комиссией факультета автоматизации производства и управления ФГБОУ ВПО
«КГТУ» 18.06.2014г., протокол № 9

УДК 620.2

©Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2014г.

ВВЕДЕНИЕ

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению «Машиностроение» по дисциплине «Материаловедение» предусмотрено выполнение студентами курсовой работы. В этой работе студент должен для заданной детали (инструмента) выбрать марку стали (сплава) и режим термической и химической обработки, которые обеспечат высокую долговечность и надежность изделия в процессе эксплуатации.

Критерии выбора материалов, в том числе и конструкционных, вытекают из тех требований, которые к ним предъявляются.

Также должны быть предоставлены эксплуатационные характеристики, определяющие работоспособность деталей в конкретных условиях работы; технологические свойства, определяющие возможность изготовления деталей или конструкций; экономические показатели (стоимость самого материала, его дефицитность и т.д.). Однако, если выбранная марка легированной стали обеспечивает уменьшение металлоемкости, повышение прокаливаемости, увеличение ресурса работы изделия и т.д., то в таких случаях применение более дорогостоящей марки материала может быть экономически оправданным.

1. Условные обозначения

ТО	- термическая обработка;
Отж	- отжиг;
Н	- нормализация;
З	- закалка;
З _{ПОВ}	- закалка поверхностная;
О _В	- отпуск высокий;
О _С	- отпуск средний;
О _Н	- отпуск низкий;
У	- улучшение (З, О _В);
ХТО	- химико-термическая обработка;
Ц	- цементация;
А ₃	- азотирование;
ХПД	- холодная пластическая деформация;
ППД	- поверхностная пластическая деформация;
Б _В	- временное сопротивление при растяжении (предел прочности при растяжении), МПа;
Б _{0,2}	- предел текучести (условный) при растяжении и допуске на остаточную деформацию 0,2%, МПа;
Б _Т	- предел текучести при растяжении, МПа;
Б _{ИЗГ}	- предел прочности при изгибе, МПа;
Б ₋₁	- предел выносливости при симметричном изгибе, МПа;
Б _Р	- предел выносливости, МПа;
Б _{Н lim b}	- предел контактной выносливости, МПа;
КСU	- ударная вязкость (образец с надрезом по типу U), МДж/м ² ;
δ	- относительное удлинение после разрыва, %;
Ψ	- относительное сужение, %;
HRC	- твердость по Роквеллу, шкала С;
HRA	- твердость по Роквеллу, шкала А;
HRB	- твердость по Роквеллу, шкала В;
НВ	- твердость по Бринеллю, МПа (кгс/мм ²);
НV	- твердость по Виккерсу, МПа (кгс/мм ²);
E	- модуль нормальной упругости, ГПа;
T ₅₀	- температура перехода в хрупкое состояние, порог хладноломкости;
K _V	- коэффициент обрабатываемости резанием;
K _С	- коэффициент стоимости;

2. Организационно-методические указания

2.1 Цель работы

Рассматриваемая курсовая работа выполняется студентом с целью:

- научиться пользоваться технической, нормативной и периодической литературой;
- закрепления теоретических знаний по соответствующим разделам теоретического курса;
- ознакомления с различными видами термической обработки заготовок и готовых изделий;
- получения навыков выбора типа стали (сплава), удовлетворяющего требованиям, предъявляемым к определенной детали.

2.2 Состав и объем курсовой работы

Пояснительная записка по курсовой работе должна включать: титульный лист, оглавление, задание, разделы содержательной части, заключение, список литературы, приложение.

Титульный лист (нумерация страниц на нем не проставляется) должен содержать в верхней части полное название вуза (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Калининградский государственный технический университет»), ниже название факультета (факультет автоматизации производства и управления) и кафедры (автоматизированного машиностроения). Затем в центральной части титульного листа указывается вид письменной работы (курсовая работа) название предмета (материаловедение).

Фамилия, имя, отчество автора курсовой работы, его группа размещаются с правой стороны титульного листа ниже курсовой работы. В центре нижней строки титульного листа – место и год выполнения курсовой работы (Калининград - 201__).

Лист «Задание» должен содержать данные своего варианта, пояснительная записка курсовой работы представляется на стандартных листах (формат А 4), текст должен быть набран в текстовом редакторе Microsoft Word, шрифтом 14 Times New Roman, через 1,5 интервала, с выравниванием по ширине и распечатан на одной стороне листа. Поля 2 см.

Курсовая работа представляется на кафедру не позднее, чем за 3 недели до конца семестра. В случае возвращения курсовой работы на доработку, студент может не переписывать всю работу, а добавить раздел «Работа над ошибками».

2.3 Исходные данные для проектирования

Тема задания на курсовую работу и исходные данные выдаются студенту преподавателем кафедры.

3. Методические указания по выполнению курсовой работы

Курсовая работа предусматривает:

1. Выбор марки стали и режима термической обработки деталей машин из конструкционных сталей (задание выдается преподавателем).

2. Выбор марки стали (сплава) и режима термообработки для инструмента, штампов инструментальных сталей.

Исходя из условий эксплуатации изделия:

1. Составить комплекс требований, обеспечивающий надежность и долговечность детали (инструмента):

- механические нагрузки (статические, динамические): σ_B , $\sigma_{0,2}$, НВ, δ и ψ , КСЧ;

- влияние среды;

- диапазон рабочих температур.

2. Выбрать марки сталей, соответствующие заданным механическим свойствам;

- из этих сталей отобрать марки с соответствующей прокаливаемостью $D_{критич.}$ (технологические свойства).

- из оставшихся (2-3-х) марок выбрать сталь с наименьшей стоимостью (экономический фактор).

3. Для выбранной стали необходимо дать химический состав (по ГОСТу).

4. Объяснить влияние каждого легирующего элемента на механические, технологические свойства стали.

5. Для заготовки (отливка, поковка) выбрать режим отжига (предварительная термообработка).

6. Для готовой детали (инструмента) выбрать режим окончательной термической обработки (закалка, отпуск); при требовании различных свойств на поверхности детали и в сердцевине выбрать режим химико-термической обработки (цементация, азотирование и т.п.) или закалку поверхностную.

7. Нарисовать графики режима термообработки, указав изменение структуры на всех стадиях.

8. Описать конечную микроструктуру (при различии в свойствах дать структуры сердцевины и поверхностного слоя).

9. Дать механические свойства готового изделия (δ , ψ , σ_B , $\sigma_{0,2}$, КСЧ, НВ).

10. По экономическим показателям (стоимости и дефицитности) легирующие элементы можно расположить в следующем порядке: Mn, Si, Zn, Al, Mg, Cr, Ti, Ni, Sn, Nb, Mo, W, V.

Однако, если выбранная марка легированной стали обеспечивает уменьшение металлоемкости, повышение прокаливаемости, увеличение ресурса работы изделия и т.д., то в таких случаях применение дорогостоящей марки материала может быть экономически оправдана.

4. Примеры решения заданий по курсовой работе

Детали и конструкции, используемые в технике, весьма разнообразны по формам, размерам, воспринимаемым нагрузкам, рабочим средам и температурам, поэтому грамотный выбор материала для их изготовления является сложной задачей, однозначное решение которой далеко не всегда возможно (рисунок 1).

4.1 Выбор материала и режима термообработки для деталей машины и механизмов

Задание 1.

Выбрать марку стали и режим термической обработки для малонагруженного вала станка диаметром 50 мм, вращающегося с небольшой частотой вращения. Предел текучести стали должен быть не менее 600 МПа. Описать микроструктуру стали и механические свойства в готовом изделии.

Решение.

1. Профиль требований:

Вал – обязательная деталь металлорежущих станков, предназначен для передачи вращающего момента.

Вал задания относится к I группе: малонагруженный, медленно вращающийся, размеры которого определяются требованием обеспечения достаточной жесткости.

- механические свойства: $\sigma_T \geq 600$ МПа, δ , КСУ;

- технологические показатели: сквозная прокаливаемость, мелкозернистая структура;

- экономические показатели: минимальная стоимость материала;

Требования к высокой твердости и износоустойчивости поверхностного слоя вала отсутствуют. Концентраторов напряжений нет. Рабочая температура, особая среда не оговариваются. Исходя из условий работы, выбираем улучшаемую сталь.

2. По прокаливаемости (диаметр критический, охлаждение в минеральном масле) выбираем сталь марки 40ХН, т.к. для неё критический диаметр ($D_{\text{критич.}}$) больше диаметра вала.

3. Химический состав стали 40ХН (по ГОСТу) 0,36-0,44% С; 0,5-0,8% Мn; 0,17-0,37% Si; 0,45-0,75% Cr; 1,0-1,4% Ni.

4. Влияние легирующих элементов:

- хром (Cr), растворяясь в Fe_α , увеличивает устойчивость феррита и повышает его механические свойства; повышает прокаливаемость, стойкость к отпуску.

- никель (Ni), растворяясь в Fe_α , повышает твердость, прочность, понижает порог хладноломкости. Увеличивает прокаливаемость, измельчает зерно. В составе стали способствует повышению пластичности, вязкости.



Рис.1 Критерии выбора конструкционных материалов

5. Заготовка (поковка) – ГОСТ 8479. Температура началаковки 1250°C, конца 830°C. Режим предварительной термообработки: нормализация. $T_{\text{нагрева}} = 850-870^\circ\text{C}$. Свойства заготовки: $\sigma_B = 790\text{МПа}$, $\delta=18\%$, $\psi=48\%$

6. Для готовой детали выбираем режим окончательной термической обработки (закалка, отпуск).

Сталь улучшаемая.

- закалка (3): $T_{\text{нагрева}} = 820^\circ\text{C} > A_{c3}$, охлаждающая среда – минеральное масло.

- отпуск высокий (O_B): $T_{\text{нагрева}} = 600^\circ\text{C}$, охлаждение на воздухе.

7. Графики режима термообработки стали 40ХН.

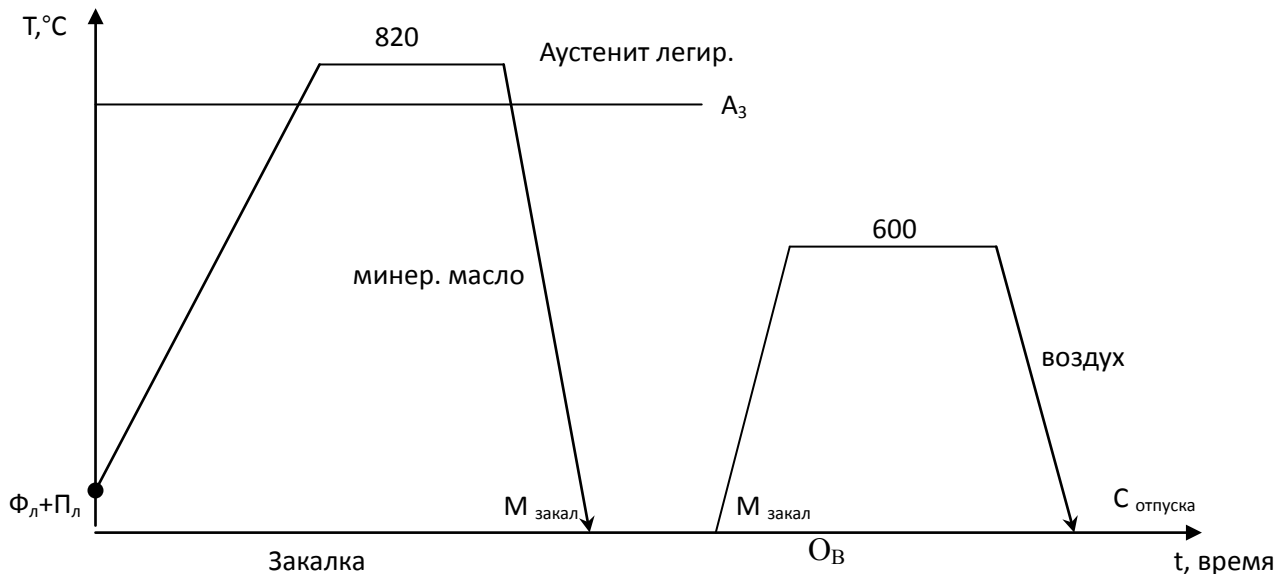


Рис.2 Графики режима термообработки стали 40ХН

У л у ч ш е н и е

При нагреве под закалку исходная структура феррит легированный + перлит легированный переходит в аустенит легированный. После охлаждения в минеральном масле получаем мартенсит закалки легированный. Следующий этап: отпуск высокий. После нагрева до температуры 600°C, выдержки при этой температуре и охлаждения на воздухе получается структура сорбит отпуска.

8. Сорбит – дисперсная смесь феррита легированного (Ni растворяется в Fe_α) и легированного цементита: $(Fe_2Cr)C$.

9. Механические свойства готового вала:

$\sigma_B=910\text{ МПа}$, $\sigma_{0,2}=760\text{ МПа}$, $\delta=20\%$, $\psi=60\%$, $KCU=0,83\text{ МДж/м}^2$, 241 НВ

4.2 Выбор материала и режима термообработки для режущего инструмента, штампов

Инструментальные стали по назначению делятся на: стали для режущего инструмента, штамповые стали для холодного и горячего деформирования и стали для измерительных инструментов.

По теплостойкости стали подразделяются на: нетеплостойкие, полутеплостойкие, теплостойкие.

Задание 2.

Выбрать марку стали для вырубного штампа холодной штамповки, обрабатывающего электротехническую сталь и листы со специальным покрытием. Сталь должна обладать высокой износостойчивостью (с повышенным содержанием карбидов), твердостью около 60-62 HRC. Этим требованиям удовлетворяют стали марок X12M, X12BM, X12Ф3M, но сталь X12M имеет микроструктуру, оцениваемую баллом 8, а X12BM – баллом 10. Сталь какой марки является более предпочтительной?

Указать, что понимается под карбидной неоднородностью (ГОСТ 5950-2000)?

Выбрать режим термообработки.

Объяснить влияние легирующих элементов.

Указать конечную структуру и механические свойства.

Решение.

1. Профиль требований.

К этой группе отнесены штампы, т.е. инструменты, изменяющие форму материала без снятия стружки.

В наиболее тяжелых условиях инструмент работает при объемной штамповке и вырубке (высокие удельные нагрузки, разогрев до высоких температур).

Основными причинами выхода из строя штампов для холодного деформирования является хрупкое разрушение от высоких циклических напряжений (усталость) и изменение геометрических размеров инструмента вследствие износа и смятия.

Для вырубных штампов наиболее важны прочность, вязкость и износостойчивость.

Стали для штампов холодного деформирования должны обладать:

- высоким сопротивлением пластической деформации (смятию) при высоких удельных давлениях (до 2000-2500 МПа и выше), что достигается за счет высокой твердости 59-62 HRC и оптимальной структуры, содержащей избыточную карбидную фазу;

- достаточной вязкостью (КСУ), обеспечивающей высокое сопротивление хрупкому и усталостному разрушению при динамических нагрузках;

- теплостойкостью (до 400-500°C) при тяжелых условиях штамповки.

Штампы холодного деформирования изготавливают с высокой точностью, поэтому стали должны иметь удовлетворительные технологические характеристики: обрабатываемость резанием и шлифуемость, устойчивость против обезуглероживания, малую деформируемость при термической обработке.

2. Исходя из условий работы и требований к выбираемой стали, остановимся на стали X12BM, т.к. более мелкое зерно (10-й балл) обеспечивает большую ударную вязкость КСУ.

3. Химический состав стали X12BM:

2,0-2,2% C; 0,15-0,45% Mn; 0,10-0,40% Si; 11,0-12,5% Cr; 0,50-0,80% W; 0,60-0,90% Mo; 0,15-0,30% V.

4. Влияние легирующих элементов

- хром (Cr), растворяясь в Fe_α, упрочняет феррит; повышает прокаливаемость, окалиностойкость. Образует карбиды хрома: Cr₂₃C₆, Cr₇C₃, поэтому повышает твердость и износостойкость.

- вольфрам (W) повышает устойчивость феррита, твердость, пределы прочности и текучести, ударную вязкость, снижает пластичность. Снижает способность зерна к росту. Способствует равномерному распределению карбидов. Повышает прокаливаемость, подавляет отпускную хрупкость 2-го рода.

- молибден (Mo) повышает прочность феррита, его устойчивость, снижает вязкость. Сильный карбидообразователь. Снижает критическую скорость заковки, повышая прокаливаемость, измельчает зерно, снижает ползучесть и хрупкость при отпуске.

- ванадий (V) увеличивает устойчивость феррита, повышает его прочность, снижает вязкость. Сильный карбидообразователь. Повышает прокаливаемость и стойкость к отпуску, предел текучести σ_T . Способствует измельчению зерна. Улучшает свариваемость стали.

5. Заготовка (поковка) – ГОСТ 7831. Температура началаковки 1100°C, конца – 850 °С. Ковка должна проводиться так, чтобы не было строчечности (карбидной неоднородности), свойства должны быть изотропны.

Режим предварительной термообработки: изотермический отжиг. Температура нагрева 830-850°C, охлаждение со скоростью $V_{охл} = 40$ °С/час до температуры 700-720 °С, выдержки при этой температуре 3-4 часа; затем охлаждение со скоростью $V_{охл} = 50$ °С/час до 550°C и далее на воздухе. Сталь имеет 255НВ.

6. Для готового штампа выбираем режим окончательной термообработки:

- заковка (3): $T_{подогрева} = 650-700$ °С; $T_{заковки} = 1000-1030$ °С, охлаждающая среда – минеральное масло.

- отпуск низкий (O_n): $T_{нагрева} = 200$ °С, выдержка 1,5 часа, охлаждение на воздухе.

7. График режима термической обработки стали X12BM.

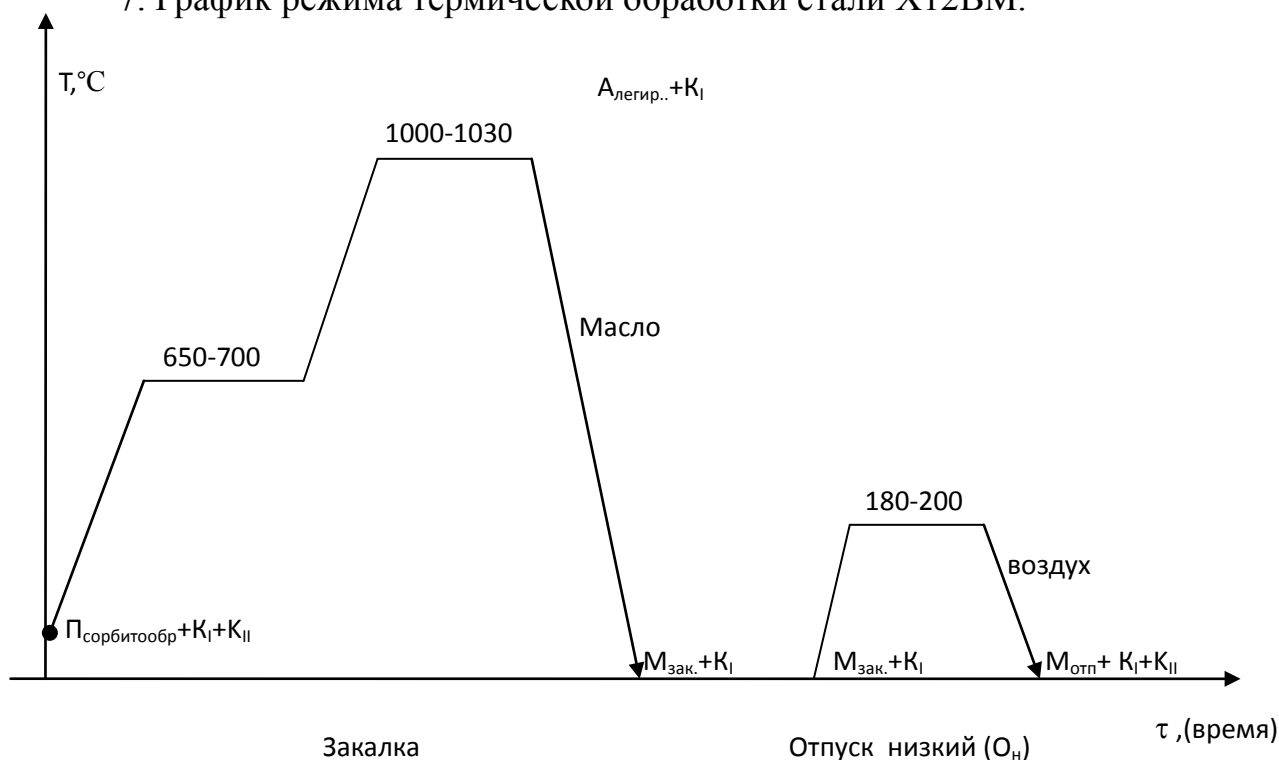


Рис.3 График режима термической обработки стали X12BM

При нагреве под закалку исходная структура перлит сорбитообразный ($P_{\text{сорбитообр}}$) + карбиды первичные (K_I) W, Mo, V (WC, MoC, VC) + карбиды вторичные (K_{II}) хрома Cr_7C_3 , $Cr_{23}C_6$ переходит в аустенит легированный ($A_{\text{легир}}$) + карбиды первичные (K_I). После охлаждения в минеральном масле получаем структуру мартенсит закалки легированный ($M_{\text{зак}}$) + карбиды первичные (K_I).

Следующий этап: отпуск низкий. При этом мартенсит закалки переходит в мартенсит отпуска (кристаллическая решетка меняется из ТООЦ на ОЦК). Так как выдержка при температуре отпуска составляет 1,5 часа, то происходит дисперсионное твердение на вторичную твердость (выделяются карбиды вторичные хрома)

8. Конечная структура: мартенсит отпуска ($M_{\text{отп}}$) + карбиды первичные (K_I) + карбиды вторичные (K_{II}).

9. Механические свойства готового штампа:

59-62 HRC; $\sigma_{\text{изг}} = 2300 \text{ МПа}$; $KCU = 0,23 \text{ МДж/м}^2$

При выполнении заданий I типа следует пользоваться приложениями Е-У.
При выполнении заданий II типа следует пользоваться приложениями А-Д.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Материаловедение в машиностроении: учеб. для бакалавров/А.М. Адаскин [и др.]. - Москва: Изд-во Юрайт, 2012. - 535с.
2. Бондаренко, Г.Г. Материаловедение: учеб. для бакалавров / Г.Г. Бондаренко. - 2-е изд. - Москва: Изд-во Юрайт, 2013. - 359с.
3. Плошкин, В.В. Материаловедение: учеб. пособие / В.В. Плошкин. - 2-е изд. - Москва: Изд-во Юрайт, 2013. - 463с.
4. Солнцев, Ю.П. Материаловедение / Ю.П. Солнцев, Е.Н. Пряхин. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2004. - 736с.

Дополнительная

5. Калачева, М.С. Материаловедение: учеб. пособие / М.С. Калачева. - Калининград: КГТУ, 2009. - Ч.І. Выбор материала и режима термообработки для режущего инструмента, штампов. - 46с.
6. Калачева, М.С. Материаловедение: учеб. пособие / М.С. Калачева. - Калининград: КГТУ, 2005. - Ч.ІІ. Выбор материала и режима термообработки для деталей машин, конструкций. - 75с.
7. Калачева, М.С. Материаловедение: метод. указ. по выполнению лабораторных работ/М.С. Калачева, Т.П. Колина. - Калининград: КГТУ, 2013.— 102с.
8. Справочник по конструкционным материалам/под ред. Б.Н. Арзамасова и др.- Москва: МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2006. - 637с.
9. Материаловедение и термическая обработка стали: справочное пособие /под ред. М.Л. Берштейна, АГ. Рахштадта. - Москва: Металлургия, 1995.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

1.Сталь	
Легированные строительные	- ГОСТ 27772-88
Легированные судостроительные	- ГОСТ 5521-93
Легированные цементуемые	- ГОСТ 4543-90
Легированные улучшаемые	- ГОСТ1050-88 - ГОСТ4543-97
Легированная конструкционная, качественная рессорно-пружинная	- ГОСТ14959-79
Подшипниковая	- ГОСТ801-89
Легированная инструментальная	- ГОСТ5950-2000
Быстрорежущие стали	- ГОСТ19265-73
Жаростойкие и жаропрочные	- ГОСТ5520-79 - ГОСТ20072-93 - ГОСТ5632-99
Коррозионно-стойкие	- ГОСТ5632-99
Магнитотвердые сплавы (для постоянных магнитов)	- ГОСТ6862-71
Электротехнические стали	- ГОСТ21427.0-75 - ГОСТ21427.3-75
Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали	- ГОСТ8479-89
Отливки из хладостойкой и износостойкой стали	- ГОСТ21357-87

Таблица А.1

Режим термической обработки и механические свойства некоторых марок инструментальных сталей холодного деформирования

Марка стали	Закалка				Балл зерна	Отпуск		$\sigma_{\text{изг}}$, МПа	КСУ, МДж/м ²
	$T_{\text{п}}$, °С	$T_{\text{а}}$, °С	Охлаждающая среда	HRC		T , °С	HRC		
X 12	650-700	950-980	масло	63-65	11	180-200	60-62	2150	0, 1
X 12 ВМ	650-700	1000-1030	-	63-65	10	180-200	59-62	2300	0, 23
X 12 М	650-700	1000-1030	-	63-65	10-11	190-210	60-62	2650	0, 4
X 12 Ф	650-700	1030-1050	-	62-64	10-11	180-200	60-62	2500	0, 3
X6 ВФ	650-700	980-1000	-	63-65	11	150-170	62-63	3100	0, 9
6X4M2ФС	800-850	1050-1070	-	60-62	11	520-540	59-61	4200	0, 4

Примечание: $T_{\text{п}}$ – температура подогрева, $T_{\text{а}}$ – температура аустенизации.

Режим термической обработки и механические свойства быстрорежущих сталей

Марка стали	Закалка		Отпуск 2-3-х кратный	HRC	$\sigma_{\text{изг}}$, МПа	Красностойкость T, °C
	T _п , °C	T _а , °C	T, °C			
P18	800-850	1270-1290	560-570	63-65	2600-3000	620
P6M5	800-850	1200-1230	555-565	64-65	3200-3600	620
P18Ф2	800-850	1260-1290	560-580	64-66	2400-2800	630
P9	800-850	1210-1240	550-570	63-65	2800-3200	620
P18Ф2K5	800-850	1260-1290	560-580	66-67	1800-2200	640
P6M5K5	800-850	1210-1240	540-560	65-66	2600-3000	640

Режимы закалки и отпуска деталей штампового инструмента горячего деформирования

Марка стали	Закалка			Балл зерна	Отпуск		σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	КСУ, МДж/м ²	δ , %
	T _п , °С	T _{он} , °С	HRC		T, °С	HRC				
5ХНМ	700-750	840-860	56-60	-	500-550 400-480	40-43 42-46	1310-1370 1490-1570	1180-1270 1370-1460	0, 46-0, 59 0, 33-0, 37	12-13 8-10
5ХГМ	700-750	820-850	53-59	-	480-540 400-440	38-41 42-47	1300-1420 1500-1600	1200-1330 1400-1500	0, 3-0, 44 0, 2-0, 3	5, 0 5, 0
4ХМФС	700-750	910-930	53-55	10	580-600	44-46	1380-1440	1180-1280	0, 2-0, 35	7-8
4Х5В2ФС	840-860	1030-1050	53-56	10	560-580	47-49	1110-1150	1050-1100	0, 36-0, 50	7-10
4Х2В5ФМ	840-860	1050-1080	48-51	10	550-620	42-46	1050-1200	1000-1100	0, 3-0, 32	6-9
3Х2В8Ф	700-750	1130-1150	48-52	10	600-620	42-48	1640-1720	1450-1550	0, 20-0, 25	9-10
4Х4МФС	700-750	1050-1070	55-61	10	620-630	47-50	1750-1850	1600-1650	0, 3-0, 4	8-10
5Х3В3МФС	850-870	1120-1150	53-56	10	660-680	42-46	1600-1640	1500-1540	0, 15-0, 24	8-10
2Х9В6	820-860	1120-1140	46-48	9-10	570-580	42-46	1500-1600	1300-1350	0, 7-0, 8	12-15

- Примечания: 1. Охлаждающая среда при закалке – масло.
 2. T_п – температура подогрева.
 3. T_{он} – температура окончательного нагрева.

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г.1

Твердые сплавы (материалы с твердостью HV 1500-2000) (по ГОСТ 3882-74)

Марка сплава	Химический состав, %				Твердость HRA	Прочность $\sigma_{изг}$, МПа	Назначение
	WC	TiC	TaC	Co			
1. Для резания чугунов, цветных металлов, аустенитных сталей и сплавов, неметаллов, керамики (вольфрамокобальтовые)							
ВК3	97	-	-	3	89	1100	Точение чистовое (непрерывное резание) чугуна. Обработка стекла, резины, пластмасс
ВК6	94	-	-	6	88,5	1450	Точение чистовое непрерывное и черновое непрерывное чугуна, цветных металлов, полимеров
ВК6М	94	-	-	6	90	1350	Обработка аустенитных сталей и сплавов, твердых чугунов и неметаллов
ВК6В	94	-	-	6	87,5	1500	Бурение горных пород.
ВК8	92	-	-	8	87,5	1600	Черное точение, строгание, фрезерование чугунов и неметаллов
ВК8В	92	-	-	8	86,5	1700	Точение аустенитных сплавов, строгание, бурение тяжелых горных пород
ВК15	85	-	-	15	86	1800	Бурение горных пород, обработка гранита, дерева. Волочение стали
2. Для холодного деформирования – штампов (вольфрамокобальтовые)							
ВК20	80	-	-	20	84,5	1900	Штампы и детали при повышенном износе и небольших ударных нагрузках
ВК25	75	-	-	25	83	2000	То же при больших нагрузках
3. Для резания сталей							
Вольфрамтитанокобальтовые							
Т3ОК4	66	30	-	4	92	900	Точение с малым сечением среза, развертывание
Т15К6	79	15	-	6	90	1150	Точение чистовое (непрерывное), фрезерование

Продолжение таблицы Г.1

T5K15	83	5	-	12	87	1600	Тяжелое черновое точение, строгание
Вольфрамтитанотанталокобальтовые							
TT7K12	81	4	3	12	87	1600	Точение, строгание при больших нагрузках; черновая обработка слитков, отливок, поковок
TT8K6	86	5	3	6	90, 5	-	

Примечание. Твердость наиболее твердого сплава ТЗОК4 составляет HRC 78, сплава T15K6 – HRC 74-75 и наиболее мягкого BK25 – HRC 62-64.

Инструментальные стали

Марка стали	Химический состав, %								Назначение
	С	Мп	Si	Cr	W	Mo	V	Co	
1. Нетеплостойкие стали. Высокой твердости									
У10А, У10	0,96-1,03	0,17-0,33	0,17-0,33	≤ 0,20	-	-	-	-	Штампы высадочные и вытяжные, напильники, метчики для резания мягких материалов
У11А, У11	1,06-1,13	0,17-0,33	0,17-0,33	≤ 0,20	-	-	-	-	То же
У12А, У12	1,16-1,23	0,17-0,33	0,17-0,33	≤ 0,20	-	-	-	-	То же
У13А, У13	1,26-1,34	0,17-0,33	0,17-0,33	≤ 0,20	-	-	-	-	То же
13Х	1,25-1,40	0,30-0,60	0,15-0,35	0,4-0,7	-	-	-	-	Напильники, бритвы.
Х(ШХ15)	0,95-1,05	0,15-0,40	0,15-0,35	1,30-1,65	-	-	-	-	Напильники, штампы вытяжные
ХВГ	0,90-1,05	0,80-1,10	0,10-0,40	0,90-1,20	1,20-1,60	≤ 0,30	-	-	Протяжки длинные, метчики и развертки, холодновысадочные матрицы, пуансоны
ХВСГ	0,95-1,05	0,60-0,90	0,65-1,00	0,60-1,1	0,50-0,8	-	0,05-0,15	-	Круглые плашки
9ХС	0,85-0,95	0,30-0,60	1,20-1,60	0,95-1,25	-	≤ 0,30	-	-	Метчики, фрезы, сверла, развертки
9ХФ	0,80-0,90	0,30-0,60	0,15-0,35	0,4-0,7	-	-	0,15-0,30	-	Пилы ленточные, круглые; ножи по дереву
7ХГ2ВМФ	0,68-0,76	1,80-2,30	0,20-0,40	1,5-1,8	0,5-0,9	0,5-0,8	0,10-0,25	-	Штампы вырубные сложной формы и крупные, отрезные; пресс-формы для полимерных материалов
Повышенной вязкости									
У7, У7А	0,66-0,73	0,17-0,33	0,17-0,33	≤ 0,20	-	-	-	-	Зубила, топоры, молотки, стамески.

Продолжение таблицы Д.1

8ХФ	0,73-0,83	0,15-0,35	0,10-0,40	0, 4-0,7	-	-	0,15-0,30	-	То же
6ХС	0,60-0,70	0,15-0,40	0,60-1,00	1, 0-1, 3	≤ 0,20	-	≤ 0,15	-	Ножи для обработки дерева, зубила, штампы небольших размеров
2. Полутеплостойкие стали. Высокой твердости									
X12МФ	1,45-1,65	0,15-0,45	0,10-0,40	11,0-12,5	-	0, 4-0, 6	0,15-0,30	-	Штампы вырубные, вытяжные, матрицы прессования
X12ВМ	2,0-2, 2	0,15-0,45	0,10-0,40	11,0-12,5	0,50-0,80	0,60-0,90	0,15-0,30	-	То же
Умеренной теплостойкости при повышенной вязкости									
4Х5МФС	0,37-0,44	0,20-0,50	0,90-1,20	4,50-5,50	-	1,20-1,5	0,3-0,50	-	Штампы, формы литья под давлением цинковых, магниевых, алюминиевых сплавов.
4Х5В2ФС	0,35-0,45	0,15-0,50	0,80-1,10	4,50-5,50	2,4-2,6	-	0,8-1,0	-	То же
4Х4ВМФС	0,37-0,44	0,20-0,50	0,60-1,00	3,20-4,00	0,8-1,2	1,2-1,5	0,6-0,9	-	То же
3Х2В8Ф	0,30-,40	0,15-0,40	0,15-0,40	2,2-2,7	7,5-8,5	-	0,2-1,2	-	То же
4ХМФС	0,37-0,45	0,50-0,80	0,50-0,80	1,5-1,8	-	0,9-1,2	0,3-0,5	-	То же
Средней теплостойкости									
5Х3В3МФС	0,45-0,52	0,20-0,50	0,50-0,80	2,50-3,20	3,0-3,6	0,8-1,1	1,5-1,8	-	Пуансоны прошивные и для выдавливания
Повышенной теплостойкости									
2Х8В8М2К8	0,22-0,30	0,15-0,40	0,40-0,80	7,00-8,00	7,5-8,5	1,8-2,3	0,2-0,5	7,5-8,5	Пуансоны выдавливания, кольца, накатники для деформирования при 650-750 ⁰ С
Повышенной вязкости									
5ХНМ	0,50-,060	0,50-,80	0,10-0,40	0,50-0,80	-	0,15-0,30	-	1,4-1,8 Ni	Крупные молотовые штампы
5ХГМ	0,50-,060	1,20-1,60	0,25-0,60	0,60-0,90	-	0,15-0,30	-	-	То же

3. Теплостойкие стали, высокой твердости (быстрорежущие). Умеренной теплостойкости									
P6M5	0,82-0,88	≤ 0,40	≤ 0,50	3,80-4,40	5,5-6,5	5,0-5,5	1,7-2,1	-	Метчики, протяжки, фрезы, сверла
P18	0,73-0,83	≤ 0,40	≤ 0,50	3,80-4,40	17,0-18,5	<1,00	1,0-1,4	-	Метчики, резьбовые фрезы(шлифуемые) небольшого диаметра
Повышенной теплостойкости									
P12Ф3	0,95-1,05	≤ 0,40	≤ 0,50	3,80-4,30	12,0-13,0	0,5-1,0	2,5-3,0	-	Развертки, протяжки, зенкеры повышенной стойкости для обработки конструкционных сталей
P6M5K5	0,80-0,88	≤ 0,50	≤ 0,50	3,8-4,3	5,7-6,7	4,8-5,3	1,7-2,2	4,8-5,3	То же
P13Ф4K5	1,25-1,40	≤ 0,50	≤ 0,50	3,8-4,3	12,5-14,0	0,5-1,0	3,2-3,8	5,0-6,0	Для резания жаропрочных, нержавеющей сталей
P9M4K8	1,00-1,10	≤ 0,50	≤ 0,50	3,0-3,6	8,50-9,50	3,8-4,3	2,3-2,7	7,5-8,5	То же и для резания конструкционных сталей твердостью 35-45 HRCэ
Высокой теплостойкости									
B11M7K23	0,05-0,15	≤ 0,50	≤ 0,40	0,50	10,5-12,0	7,5-8,0	0,4-0,8	22,5-4,0	Для резания титановых и жаропрочных сплавов

1. Углеродистые инструментальные стали по ГОСТу 1435-90, легированные – по ГОСТу 5950-2000, быстрорежущие – по ГОСТу 19265-2000

Обобщенные параметры типовых методов упрочнения сталей (И.С. Козловский)

Метод упрочнения	Дополнительные требования к методу упрочнения	Эффективность применения метода упрочнения	Типовые изделия, подвергаемые данному виду упрочнения
Закалка объемная, отпуск средний, твердость по всему сечению 40-45 HRC .	Необходимость обеспечения требуемой прокаливаемости по сечению при наличии мелкого наследственного зерна (номер > 5 - 7)	Повышение сопротивляемости хрупкому разрушению	Пружины, рессоры
Закалка объемная, отпуск высокий, твердость по всему сечению 25-40 HRC .		Повышение предела выносливости на 30-40 %, долговечности в 2-5 раз, предела контактной выносливости на 20-50 %, сопротивления фреттинг-коррозии в 2-5 раз.	Валы, оси, шатуны, детали ходовой части автомобилей, тракторов
Поверхностная закалка стали т.в.ч. (глубина слоя 2-5 мм), низкий отпуск, твердость поверхностного закаленного слоя HRC 56-61, твердость сердцевины HRC 20-25.	Расстояние между окончанием закаленной зоны и концентратором напряжений должно быть не более 5 мм или же зона их концентрации должна быть упрочнена закалкой т.в.ч. или поверхностным наклепом	Повышение предела выносливости на 40-60 %, долговечности в 2-5 раз, предела контактной выносливости на 50-70 %, сопротивления фреттинг-коррозии в 2-5 раз.	Коленчатые валы, полуоси, распределители, зубчатые колеса, карданные валы
Цементация (глубина слоя 0, 5-2 мм) или нитроцементация (глубина слоя 0, 4 - 1 мм), закалка, низкий отпуск, твердость поверхностного слоя HRC 58-62, твердость сердцевины HRC 28-40.	Отсутствие немартенситных структур в периферийной зоне на расстоянии свыше 0, 015 мм от поверхности вследствие внутреннего окисления цементованного слоя, отсутствие темной составляющей в структуре нитроцементованного слоя.	Повышение предела выносливости на 50-80 %, предела контактной выносливости на 60-100 %, износостойкости в 3-10 раз, долговечности в 5-10 раз, сопротивления фреттинг-коррозии в 2-5 раз.	Зубчатые колеса станков, автомобилей, тракторов, крупные подшипники качения.
Наклеп поверхности (глубина слоя 0,1 - 0, 2 мм) после упрочняющей термической обработки.	Контроль интенсивности наклепа с использованием специальных пластинок-калибров.	Повышение предела выносливости на 30-50 %, долговечности в 3-10 раз, сопротивления фреттинг - коррозии в 1,5-2 раза.	Пружины, рессоры, торсионные валы, полуоси, коленчатые валы, поворотные кулаки, зубчатые колеса

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Таблица Ж.1

Низколегированные строительные стали (по ГОСТу 27771 – 88 и ГОСТу 27772 – 88)

Марка стали	Химический состав, %					Название и свойства
	С	Si	Mn	Cr	Ni	
<i>Для металлических конструкций</i>						
09Г2С	≤ 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	≤ 0,3	0,3	Хорошая свариваемость, трубы высокого давления; не хладноломкая до -70 °С.
14Г2	0,12-0,18	0,17-0,37	1,2-1,6	≤ 0,3	≤ 0,3	
16Г2АФ ^{*1}	0,14-0,20	0,30-0,60	1,3-1,7	≤ 0,3	≤ 0,3	
16ГС	0,12-1,0,18	0,4-0,7	0,9-1,2	≤ 0,3	≤ 0,3	Корпусы аппаратов, днища паровых котлов и сосудов (при -40 до +450 °С).
10Г2С1	≤ 0,12	0,8-1,1	1,3-1,65	≤ 0,3	≤ 0,3	
14ХГС	0,11-0,16	0,4-0,7	0,9-1,3	0,5-0,8	≤ 0,3	
15ХСНД ^{*2}	0,12-0,18	0,4-0,7	0,4-0,7	0,6-0,9	≤ 0,3	Строительные фермы, конструкции мостов, оси, тяги; больше стойкость против коррозии в атмосфере.
<i>Для армирования железобетонных конструкций^{*3} (по ГОСТ 5781-82)^{*4}</i>						
18Г2С	0,14-0,23	0,6-0,9	1,2-1,6	≤ 0,3	≤ 0,3	Арматура разного профиля и сечения $\sigma_{0,2}$ возрастает с 300 (сталь 18Г2С) до 400 МПа (сталь 35ГС).
25Г2С	0,20-0,29	0,6-0,9	1,2-1,6	≤ 0,3	≤ 0,3	
35ГС	0,30-0,37	0,6-0,9	0,8-1,2	≤ 0,3	≤ 0,3	
^{*1} Содержание ванадия 0,08 - 0,14 % и азота 0,015 - 0,025 %. ^{*2} Кроме того, 0,3 – 0,6 % Ni и 0,2 – 0,4 % Cu; и в других составах содержание этих элементов не более 0,3 % каждого. ^{*3} Также используются углеродистые стали по ГОСТ 380-2005. ^{*4} S ≤ 0,045 % и P ≤ 0,04 %.						

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Таблица 3.1

Машиностроительные (конструкционные) стали: углеродистые по ГОСТу 1050 – 88 и легированные по ГОСТу 4543-97

Марка стали	Химический состав; %						Назначение
	C	Mn	Si	Cr	Ni	другие легирующие элементы	
1. Стали, упрочняемые в поверхностном слое.							
<i>Цементуемые и нитроцементуемые</i>							
15	0, 12-0, 19	0, 35-0, 65	0, 17-0, 37	≤ 0, 25	≤ 0, 25	---	Цементуемые и нитроцементуемые детали, не требующие высокой прочности сердцевины
20	0, 17-0, 24	0, 35-0, 65	0, 17-0, 37	≤ 0, 25	≤ 0, 25	---	То же, с несколько большей прочностью сердцевины
15X	0, 12-0, 18	0, 40-0, 70	0, 17-0, 37	0, 7-1, 0	≤ 0, 30	---	
15XA	0, 12-0, 17	0, 40-0, 70	0, 17-0, 37	0, 7-1, 0	≤ 0, 30	---	То же, для деталей сложной формы
15XФ	0, 12-0, 18	0, 40-0, 70	0, 17-0, 37	0, 8-1, 1	≤ 0, 30	0, 06-0, 12 V	То же, но не чувствительные к перегреву при цементации
12ХН3А	0, 09-0, 16	0, 3-0, 6	0, 17-0, 37	0, 6-0, 9	2, 75-3, 15	---	Цементуемые детали с высокой прочностью и вязкостью сердцевины, более крупные
12Х2Н4А	0, 09-0, 15	0, 3-0, 6	0, 17-0, 37	1,25-1, 65	3, 25-3, 65	---	
20ХГНР	0, 16-0, 23	0, 7-1, 0	0, 17-0, 37	0, 7-1, 10	0, 8-1, 1	До 0, 005 В до 0, 06 Ti	То же, в меньших сечениях
18ХГТ	0, 17-0, 23	0, 8-1, 1	0, 17-0, 37	1, 0-1, 30	---	0, 03-0, 09 Ti	То же, но при меньшей вязкости сердцевины
<i>Упрочняемые поверхностной закалкой при индукционном нагреве</i>							
45	0, 42-0, 50	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	≤ 0,25	≤ 0,25	---	Валы, оси, шестерни и т.д.
55	0, 52-0, 60	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	≤ 0, 25	≤ 0, 25	---	То же
60	0, 57-0, 65	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	≤ 0, 25	≤ 0, 25	---	То же, при большой прочности сердцевины

45X	0, 41-0, 49	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	0, 8-1, 1	$\leq 0, 30$	---	То же, для крупных деталей сложной формы
50X	0, 46-0, 54	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	0, 8-1, 1	$\leq 0, 30$	---	То же
<i>Пониженной прокаливаемости, упрочняемые поверхностной закалкой при глубинном индукционном нагреве</i>							
58ПП	0, 55-0, 63	$\leq 0, 2$	0, 1-0, 3	$\leq 0, 15$	---	---	То же, для работы при повышенных напряжениях
<i>Регламентированной прокаливаемости</i>							
47ГТ	0, 44-0, 52	0, 9-1, 2	0, 10-0, 22	$\leq 0, 25$	$\leq 0, 25$	0, 06-0, 12 Ti $\leq 0, 3 \% \text{ Cu}$	То же, но для более крупных деталей и при еще более высоких напряжениях
<i>Азотируемые</i>							
38X2МЮА	0, 35-0, 42	0, 3-0, 6	0, 2-0, 45	1, 35-1, 65	0, 7-1, 1 Al	0, 15-0, 25 Mo	Шпиндели быстроходных станков, стаканы цилиндров
40ХН2МА	0, 37-0, 44	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	0, 6-0, 9	1, 25-1, 65 Ni	0, 15-0, 25 Mo	Шестерни, болты ответственного назначения
2. Улучшаемые стали							
<i>Прокаливающиеся в деталях диаметром до 12-15 мм</i>							
35	0, 23-0, 40	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	$\leq 0, 25$	$\leq 0, 25$	---	Оси, валы, роторы, не испытывающие больших напряжений
40	0, 37-0, 45	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	$\leq 0, 25$	$\leq 0, 25$	---	Оси, валы, штоки, шестерни
45	0, 42-0, 50	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	$\leq 0, 25$	$\leq 0, 25$	---	То же, а также шпиндели, зубчатые колеса, болты ответственного назначения
50	0, 47-0, 55	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	$\leq 0, 25$	$\leq 0, 25$	---	То же
55	0, 52-0, 60	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	$\leq 0, 25$	$\leq 0, 25$	---	Оси, валы; применяются чаще в нормализованном состоянии
<i>Прокаливающиеся в деталях диаметром до 25-35 мм</i>							
Марганцовистые							
35Г2	0, 31-0, 39	1, 4-1, 8	0, 17-0, 37	$\leq 0, 30$	$\leq 0, 30$	---	Коленчатые валы, оси, цапфы
45Г2	0, 41-0, 49	1, 4-1, 8	0, 17-0, 37	$\leq 0, 30$	$\leq 0, 30$	---	Карданные валы, шатуны, вагонные оси
Хромистые							
35Х	0, 31-0, 39	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	0, 8-1, 1	$\leq 0, 30$	---	Оси, валы шестерни
40Х	0, 36-0, 44	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	0, 8-1, 1	$\leq 0, 30$	---	То же, но большей прочности
45Х	0, 41-0, 49	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	0, 8-1, 1	$\leq 0, 30$	---	То же, но более сильно нагруженные детали
Хромокремнистые							
33ХС	0, 29-0, 37	0, 3-0, 6	1, 0-1, 4	1, 3-1, 6	$\leq 0, 30$	---	Тонкостенные трубы, валы, оси
40ХС	0, 37-0, 45	0, 3-0, 6	1, 2-1, 6	1, 3-1, 6	$\leq 0, 30$	---	Шестерни, валы высокой прочности

Хромованадиевая

Продолжение таблицы 3.1

40ХФА	0, 37-0, 44	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	0, 8-1, 1	$\leq 0,30$	0, 10-0, 18 V	То же, коленчатые валы; мало чувствительные к перегреву при закалке
<i>Прокаливающиеся в деталях диаметром до 50-75 мм</i>							
40ХН	0, 36-0, 44	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	0, 45-0, 75	1, 0-1, 4	---	Валы, шестерни, болты, шпильки соответствующего назначения
Хромомарганцевокремнистые (хромансилы)							
25ХГСА	0, 22-0, 28	0, 8-1, 1	0, 9-1, 2	0, 8-1, 1	$\leq 0,30$	---	Узлы, рамы соответствующего назначения, штоки, тонкостенные трубы
30ХГС	0, 28-0, 35	0, 8-1, 1	0, 9-1, 2	0, 8-1, 1	$\leq 0,30$	---	То же, но большей прочности
35ХГСА	0, 32-0, 39	0, 8-1, 1	1, 1-1, 4	1, 1-1, 4	$\leq 0,30$	---	Оси, шестерни высокой прочности и больших размеров при отсутствии требований к повышенной вязкости
30ХГСН2А	0, 27-0, 34	1, 0-1, 3	0, 9-1, 2	0, 9-1, 2	1, 4-1, 8	---	
Хромомолибденовая							
35ХМ	0, 32-0, 40	0, 4-0, 7	0, 17-0, 37	0, 8-1, 1	$\leq 0,30$	0, 15-0, 25 Мо	Роторы, валы, шестерни, цилиндры моторов
<i>Прокаливающиеся в деталях диаметром до 75-120 мм</i>							
Хромоникелевые							
30ХНЗА	0,27-0,33	0, 3-0, 6	0, 17-0, 37	0, 6-0, 9	2, 75-3, 15	---	Валы, штоки, кривошипы высокой прочности
Хромоникельмолибденовая							
40ХН2МА	0, 37-0, 44	0, 5-0, 8	0, 17-0, 37	0, 6-0, 9	1, 25-1, 65	0, 15-0, 25 Мо	Тяжелонагруженные валы, шестерни, оси

Жаростойкие стали (по ГОСТу 5632-99)

Марка стали	Химический состав, %				Температура начала интенсивного окисления, °С	Назначение
	С	Sb	Cr	Ni		
<i>1. Стойкие в окислительной среде (в том числе в серосодержащих газах)</i>						
15X6CЮ	≤ 0,15	1,5-2,0	5,0-7,0	0,7-1,5 Al	800	Трубы, детали котельных установок, листы
40X9C2	0,35-0,45	2,0-3,0	8,0-10,0	---	850	Клапаны выпуска автомобильных и тракторных моторов
30X13H7C2	0,25-0,34	2,0-3,0	12,0-14,0	6,0-7,5	950	Клапаны выпуска поршневых двигателей
12X17	≤ 0,12	≤ 0,8	16,0-18,0	---	900	Теплообменники
15X28	≤ 0,15	≤ 1,0	27,0-30,0	---	1100-1150	Трубы пиролизных установок
<i>2. Стойкие в окислительной и науглероживающих средах</i>						
20X20H14C2	≤ 0,20	2,0-3,0	19,0-22,0	12,0-15,0	1000-1050	Трубы, листы, печные конвейеры, ящики для цементации

Жаропрочные стали и сплавы (по ГОСТу 5632 - 99)

Марка стали	Химический состав (средний), %						Назначение
	C	Si	Cr	Ni	Mo	другие элементы	
<i>1. Стали для работы при 400 – 550 °С (по ГОСТ 20072-93)(феррито-перлитные)</i>							
15ХМ* ²	0, 11-0, 18	0, 17-0, 37	0, 8-1, 1	≤ 0, 30	0, 4-0, 55	---	Трубы пароперегревателей, арматура паровых котлов
12Х1МФ	0, 10-0, 15	0, 17-0, 37	0, 9-1, 2	≤ 0, 30	0, 25-0, 35	0, 15-0, 35 V	
25Х1МФ	0, 22-0, 29	0, 17-0, 37	1, 5-1, 8	≤ 0, 30	0, 25-0, 35	0, 15-0, 30 V	Роторы, диски, крепежные детали
20Х3МВФ	0, 15-0, 23	0, 17-0, 37	2, 8-3, 3	≤ 0, 30	0, 35-0, 55	0, 6-0, 85 V 0, 3-0, 5 W	Трубы гидрогенизационных и нефтяных установок, стойкие против водородной коррозии
<i>2. Стали для работы при 500 – 600 °С (высокохромистые феррито-карбидные)</i>							
15Х6СЮ	≤ 0, 15	1, 2-1, 8	5, 5-7, 0	≤ 0, 20	0, 7-1, 1 Al	---	Аппаратура переработки нефти, детали насосов
40Х10С2М	0, 35-0, 45	1, 9-2, 6	9, 0-10, 5	≤ 0, 20	1, 7-0, 9	---	Клапаны моторов, крепежные детали
20Х13	0, 16-0, 25	≤ 0, 8	12, 0-14, 0	≤ 0, 20	---	---	Лопатки паровых турбин, трубы (при 500-520 °С).
<i>3. Стали для работы при 600-650 °С (аустенитные)</i>							
12Х18Н9Т	≤ 0, 12	≤ 0, 8	17, 0-19, 0	8, 0-9, 5	---	≤ 2, 0 Mn 5 C-0, 8 Ti	---
<i>4. Аустенитная с карбидным упрочнением</i>							
45Х14Н14В2М	0, 4-0, 5	≤ 0, 8	13, 0-15, 0	13, 0-15, 0	0, 25-0, 4	2, 0-2, 8 W	Трубопроводы, клапаны (при 600-650 °С).

Стали для работы при низких температурах

Марка стали	Химический состав сплавов, %					Назначение
	С	Cr	Ni	Mn	другие элементы	
<i>1. Стали аустенитного класса</i>						
Хромоникелевые (по ГОСТ 5632-99)						
08X18H10	≤ 0,08	17,0-19,0	9,0-11,0	1,0-2,0	---	То же, но, кроме того, фитинги, трубы, клапаны и другое криогенное оборудование, а также оболочки ракет, емкости для хранения ракетного топлива и т.п. Температура службы до – 253 ° С.
08X18H10T	≤ 0,08	17,0-19,0	9,0-11,0	1,0-2,0	% Ti = 5 x C - 0, 7	
08X17H13M2T	≤ 0,1	16,0-18,0	12,0-14,0	1,0-2,0	0,3-0,6 Ti 2,0-3,0 Mo	То же, но прочность и вязкость выше
10X23H18	≤ 0,10	22,0-25,0	17,0-20,0	≤ 2,0	---	Температура службы до – 269 ° С.
Хромоникельмарганцевые (по ГОСТ 5632-99)						
10X14Г14Н4Т	≤ 0,10	13,0-15,0	2,8-4,5	13, 0-15,0	% Ti = (% С - 0,02 %) x 5 ≤ 0, 6	Для ненагруженных конструкций, не требуют после сварки термической обработки. Температура службы до – 196 ° С.
07X21Г7АН5 *	≤ 0,07	19,5-21,0	5,0-6,0	6,0 -7,5	0,15-0,25 N	То же, но прочность выше. Температура службы до – 269 ° С.
* ТУ 14-1-2236-77 о. п.						

Стали, износостойкие в условиях кавитационной эрозии и динамических нагрузок

Марка стали	Химический состав, %						Назначение
	С	Si	Cr	Mn	Ni	другие легирующие элементы	
<i>1. Износостойкие в условиях кавитационной эрозии</i>							
Стойкая в воде при повышенной скорости потока ¹ (по ГОСТ 5632-99)							
12X18H9T	≤ 0, 12	≤ 0, 8	≤ 0, 2	17, 0-19, 0	8, 0-9, 5	5 С-0, 8 Ti	Лопасты гидротурбин
Стойкая при значительной скорости потока							
30X10Г10	0, 3-0, 4	0, 5-0, 6	9, 0-11	9-11	---	---	Лопасты гидротурбин и гидронасосов
С повышенной кавитационной, коррозионной и абразивной стойкостью							
10X14АГ15	≤ 0, 1	≤ 0, 8	14, 5-16, 5	13-15	---	0, 15-0, 25 N	Лопасты гидротурбин и гидронасосов, в том числе и в морской воде
<i>2. Износостойкие в условиях динамических нагрузок</i>							
Г13	1, 1-1, 3	≤ 0, 5	12 - 14	---	---	---	Крестовины рельсов, щеки дробилок, черпаки землеройных машин, траки гусеничных машин
¹ При невысокой скорости потока используют конструкционные стали, в частности для литых лопастей гидротурбин и деталей гидронасосов стали 35Л и 20ГСЛ (0, 6-0, 9 % Si и 1, 0-1, 3 % Mn).							

Пружинные стали с высокими механическими свойствами по ГОСТ 14959-79

Марка стали	Химический состав, %						Назначение
	С	Mn	Si	Cr	Ni	другие элементы	
<i>1. Углеродистые (см. также ГОСТ 9389-90)</i>							
65Г	0, 62-0, 70	0, 90-1, 20	0, 17-0, 37	≤ 0, 25	≤ 0, 25	--	Пружины механизмов и машин
70	0, 67-0, 75	0, 50-0, 80	0, 17-0, 37	≤ 0, 25	≤ 0, 25	---	С повышением содержания углерода выше прочность, но ниже пластичность.
75* ¹	0, 72-0, 80	0, 50-0, 80	0, 17-0, 37	≤ 0, 25	≤ 0, 25	---	
<i>2. Легированные</i>							
50ХГ* ²	0, 46-0, 54	0, 70-1, 00	0, 17-0, 37	0, 90-1, 2	≤ 0, 25	---	Рессоры автомашин; пружины подвижного состава железнодорожного транспорта, крупных прессов, станков; стали повышенной легированности для более крупных пружин.
55ХГР	0, 52-0, 60	0, 9-1, 2	0, 17-0, 37	0, 90-1, 2	≤ 0, 25	0, 001-0, 003 В	
55С2* ²	0, 52-0, 60	0, 60-0, 90	1, 50-2, 00	≤ 0, 30	≤ 0, 25	---	
60С2* ²	0, 57-0, 65	0, 60-0, 90	1, 50-2, 00	≤ 0, 30	≤ 0, 25	---	
50ХФА	0, 46-0, 54	0, 50-0, 80	0, 17-0, 37	0, 8-1, 1	≤ 0, 25	0, 10-0, 2 V	Пружины особо ответственного назначения, рессоры легковых автомобилей.
60С2ХФА	0, 56-0, 64	0, 40-0, 70	1, 40-1, 80	0, 90-1, 2	≤ 0, 25	0, 1-0, 2 V	То же, и при нагреве до 200-250 ° С.
65С2ВА	0, 61-0, 69	0, 70-1, 00	1, 50-2, 00	≤ 0, 30	≤ 0, 25	0, 80-1, 20 W	
45ХН2МФА* ³	0, 42-0, 50	0, 50-0, 80	0, 17-0, 37	0, 80-1, 10	1, 30-1, 80	0, 10-1, 18 V 0, 20-0, 30 Mo	Крупные клапанные пружины, торсионные валы.
70С2ХА	0, 65-0, 75	0, 40-0, 60	1, 40-1, 70	0, 20-0, 4	≤ 0, 2	---	Пружины часовых механизмов.

*¹ Для пружин, главным образом в приборах, используют, кроме того, инструментальные углеродистые стали У10А-У12А.

*² Поставляются и как высококачественные.

*³ По ГОСТ 4543-97.

Стали и сплавы с особыми химическими свойствами, стойкие против коррозии (нержавеющие), по ГОСТ 5632-99

Марка стали	Химический состав, %					Назначение
	C	Mn	Cr	Ni	Ti	
1	2	3	4	5	6	7
<i>1. Стали и сплавы с ферритно-карбидной и мартенситной структурой, стойкие в слабых агрессивных средах (воздух, вода, пар).</i>						
12X13	0, 09-0, 15	≤ 0, 8	12-14	---	---	Лопатки турбин, арматура крекинг установок (до 500 ° С).
20X13	0, 16-0, 25	≤ 0, 8	12-14	---	---	То же, выше прочность
20X17H2	0, 17-0, 25	≤ 0, 8	16-18	1, 5 -2, 5	---	Детали повышенной износостойкости и прочности.
30X13	0, 26-0, 35	≤ 0, 8	12-14	---	---	Хирургические инструменты, пружины, иглы HRC 50-52.
40X13	0, 35-0, 44	≤ 0, 8	12-14	---	---	То же, HRC 56.
95X18	0, 9-1, 0	≤ 0, 8	17-19	---	---	Шарикоподшипники, клапаны для работы при повышенном износе, инструменты.
<i>Стали и сплавы повышенной стойкости против коррозии</i>						
Ферритная						
15X28	≤ 0, 15	≤ 0, 8	27-30	≤ 0, 6	---	Аппаратура для растворов азотной и фосфорной кислот
С аустенитной структурой						
12X18H10T	≤ 0, 12	≤ 2, 0	17-19	9, 0-11, 0	5 C-0, 8	Баки, трубы; хорошие свариваемость и сопротивляемость межкристаллитной коррозии в морской воде, органических и азотных кислотах, слабых щелочах.
Мартенситно-стареющие						
10X17H13M 3T	≤ 0, 1	≤ 2, 0	16-18	12-14	5 C-0, 7 и 3-4 Mo	То же. Большая стойкость в фосфорной, уксусной, молочной кислотах.
9X15H8Ю	≤ 0, 09	≤ 0, 8	14-16, 0	7-9, 4	0, 7-1, 3 Ai	Диски, валы (стойкие в растворах хлористого цинка, в фосфорных удобрениях).
Высокой стойкости против коррозии						
06XH28MT	≤ 0, 06	≤ 0, 8	22-25	26-29	0, 4-0, 7; 1, 8-2, 5 Mo	Сварные конструкции в условиях горячей фосфорной, а также серной кислот (концентрации до 20 %) и до 60 ° С.
Свинец	---	---	---	---	---	Серная кислота любой концентрации

Механические свойства конструкционных сталей после термической обработки

Марка стали или чугуна	Критический диаметр (охлаждающая среда), мм	Обработка	Механические свойства						I т, руб. (d = 25 мм)	Примечание
			σ_B , МПа	σ_{-1} , МПа	τ_{-1} , МПа	δ , %	КСУ, Мдж/м ²	НВ, МПа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ст. 5	---	Горячий прокат	540	220	130	13	---	1600	110	
45	20 (вода)	Нормализация	610	300	170	16	0, 5	1900	140	
45	20 (вода)	Закалка+выс. отпуск	700	350	220	20	1, 2	2100	140	
45Г	30 (вода)	Закалка+выс. отпуск	900	350	240	12	0, 7	3000	180	
40Х	30 (масло)	Закалка+выс. отпуск	1000	360	230	10	0, 6	2800	160	
40ХН	50 (масло)	Закалка+выс. отпуск	1100	450	250	13	0, 7	3000	220	
40ХМФА	80 (масло)	Закалка+выс. отпуск	1050	440	250	13	0, 9	3000	250	
36Х2Н2МФА	100 (масло)	Закалка+выс. отпуск	1200	550	300	12	0, 8	3300	450	
45Х2Н2МФА	120 (масло)	Закалка+выс. отпуск	1450	650	350	7	0, 4	3500	480	
Стали с высокой обрабатываемостью резанием										
А40Г	---	Нормализация + выс. отпуск	600	260	150	17	0, 9	2000	160	
А40ХЕ	30 (масло)	Закалка+выс. отпуск	1000	390	240	12	0, 6	2500	200	
АС20ХГНМ	50 (масло)	Цементация + закалка + низкий отпуск	1000	400	250	10	0, 5	62 HRC	250	Твердость дана для поверхности детали
Стали, применяемые для азотируемых деталей										
38Х2МЮА	60 (масло)	Закалка+выс. отпуск	1000	540	320	14	0, 5	1100 HV	450	Твердость дана для азотиро- ванной поверх- ности детали
30Х3МФА	50 (масло)	Закалка+выс. отпуск	950	500	310	15	0, 6	900 HV	540	То же
40ХМФА	80 (масло)	Закалка+выс. отпуск	1050	440	250	13	0, 9	850 HV	250	То же

Продолжение таблицы П.1

30ХГТ	35 (масло)	Закалка+выс. отпуск	900	400	240	16	0, 8	800 HV	160	То же
Стали, применяемые для цементуемых деталей										
20	10 (вода)	Цементация + закалка +низкий отпуск	700	270	150	20	0, 8	60 HRC	140	Твердость дана для цементированной поверхности детали
20Х	15 (масло)	Цементация + закалка +низкий отпуск	800	300	160	11	0, 6	61 HRC	150	То же
20ХН	25 (масло)	Цементация + закалка +низкий отпуск	850	390	220	14	1, 0	63 HRC	220	То же
18ХГТ	30 (масло)	Цементация + закалка +низкий отпуск	1100	520	280	9	0, 8	63 HRC	260	То же
30ХГТ	35 (масло)	Цементация + закалка +низкий отпуск	1500	600	340	8	0, 6	63 HRC	160	То же
12Х2Н4А	90 (масло)	Цементация + закалка +низкий отпуск	1150	530	300	12	1, 0	63 HRC	450	То же
18Х2Н4МА	100 (масло)	Цементация + закалка +низкий отпуск	1150	560	320	12	1, 0	61 HRC	560	То же
Стали для литых деталей										
20Л	---	Нормализация	420	210	120	25	0, 5	1600	---	
45Л	---	Нормализация	550	280	160	12	0, 3	2100	---	
50Л	---	Нормализация	580	300	170	11	0, 25	2300	---	
50Л	25 (вода)	Закалка+выс. отпуск	750	350	200	14	0, 30	2500	---	
40ХЛ	30 (масло)	Закалка+выс. отпуск	650	330	210	12	0, 4	2400	---	
35НГМ	45 (масло)	Закалка+выс. отпуск	750	360	260	12	0, 4	2800	---	

Таблица Р.1

Механические свойства некоторых марок улучшаемых сталей в зависимости от температуры отпуска и диаметра заготовки

Марка стали, закалки	Температура, °С	Температура отпуска, °С	Диаметр заготовки, мм	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Мдж/м ²	НВ, МПа	σ_{-1} , МПа
35	3, 870	500	20	760	590	17	64	1, 6	2100	360
			60	640	450	19	61	1, 2	1720	300
		600	20	660	460	19	71	2, 0	1810	310
			60	570	390	22	66	1, 5	1560	270
45	3, 820	500	20	870	680	13	60	1, 2	2410	400
			60	720	490	15	55	0, 7	1980	310
		600	20	720	500	16	66	1, 6	2000	320
			60	640	420	19	62	1, 0	1800	285
35Г	3, 850	550	20	700	580	24	64	1, 4	1950	355
			60	680	560	23	64	1, 3	1920	350
40Х	3, 850	500	$\leq D_{KP}$	1170	930	11	49	0, 8	3260	515
		600	20	880	740	14	60	1, 5	2650	430
		600	80	840	620	14	59	0, 9	2550	375
		700	$\leq D_{KP}$	750	590	18	70	2, 0	2260	360
40ХН	3, 820	500	$\leq D_{KP}$	1180	1100	14	51	0, 5	3900	590
		600	$\leq D_{KP}$	930	780	20	60	0, 8	2950	445
		650	$\leq D_{KP}$	820	680	21	63	1, 1	2800	400
35ХГСА	3, 880	500	$\leq D_{KP}$	1260	1120	8	44	0, 5	3650	600
		600	$\leq D_{KP}$	1030	910	10	50	0, 7	3000	505
		700	$\leq D_{KP}$	860	770	12	58	1, 0	2250	440
40ХН2МА	3, 850	500	$\leq D_{KP}$	1200	1100	15	59	0, 9	3500	590
		600	$\leq D_{KP}$	980	880	20	62	1, 5	2750	490
		550	$\leq D_{KP}$	---	1010	---	---	---	---	---
		650	$\leq D_{KP}$	---	770	---	---	---	---	---
38ХН3МФА	3, 850	550	$\leq D_{KP}$	1350	1260	10	45	0, 7	3550	660
		600	$\leq D_{KP}$	1200	1100	12	50	0, 8	3200	590
		650	$\leq D_{KP}$	1130	1050	14	53	0, 81	2950	570
34ХН3М	3, 850	580	$\leq D_{KP}$	1100	900	10	45	0, 6	2900	500

Свойства конструкционных сталей некоторых марок

Марка стали	Термическая обработка	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ при + 20 °С Мдж/м ²	T ⁵⁰ хр, °С	Прокаливаемость, критический диаметр, мм
Улучшаемые стали								
40	3 860 °С, В + О 550 °С	800	650	12	65	1, 2	-20	10
45		950	800	8	55	1, 1	-20	12
40Х	3 860 °С, М + О 500 °С	1000	800	10	45	0, 6	-50	15
20ХН	3 860 °С, М + З 800 °С + О 180 °С	800	600	14	50	0, 8	-60	20
20ХНР	3 850 °С, М + О 200 °С	1900	1000	10	50	0, 9	-100	40
40ХН	3 820 °С, М + О 500 °С, В, М	1000	800	11	45	0, 7	-60	35
40ХНМ	3 850 °С, М + О 620 °С	1000	850	12	55	1, 0	-80	40
40Х2НМА	3 950 °С, ВЗ + З 860 °С, М + О 550 °С	1050	800	12	50	1, 2	-100	90
38ХНЗМФ	3 850 °С, М + О 620 °С, М	1100	950	12	50	0, 8	-90	80
	3 850 °С, М + О 600 °С	1200	1100	12	50	0, 8	-100	100
Цементуемые стали								
12ХНЗА	3 860 °С, М + З 800 °С, М + О 180 °С	950	700	11	55	0, 9	-100	40
20ХНЗА	3 820 °С, М + О 500 °С, М	950	750	12	55	1, 1	-100	50
30ХНЗА	3 820 °С, М + О 530 °С, М	1000	800	10	50	0, 8	-100	60
12Х2Н4А	3 780 °С, М + О 180 °С	1150	950	10	50	0, 8	-100	50
18Х2Н4МА	3 950 °С, ВЗ + З 860 °С, ВЗ + О 200 °С	1150	850	12	50	1, 0	-100	90
Рессорно-пружинные стали								
65	3 840 °С, М + О 480 °С	1100	800	10	35	---	---	---
50С2А	3 870 °С, М + О 460 °С	1600	1400	11	46	---	---	---
70С3А	3 860 °С, М + О 460 °С	1800	1600	10	25	2, 4	---	---
60С2ХФА	3 870 °С, М + О 410 °С	1900	1700	7	29	3, 7	---	---
65С2ВА	3 860 °С, М + О 450 °С	1800	1670	10	35	2, 6	---	---
60С2Н2А	3 880 °С, М + О 420 °С	1750	1600	7	41	---	---	---
50ХФА	3 860 °С, М + О 480 °С	1500	1370	10	42	---	---	---

Примечание. Условные обозначения: З – закалка; О – отпуск; М – охлаждение в масле; В – охлаждение в воде; ВЗ – охлаждение на воздухе; T⁵⁰хр – температура перехода в хрупкое состояние при потере КСУ на 50 %

Механические свойства некоторых коррозионностойких, жаростойких
жаропрочных и износостойких деталей и сплавов

Марка стали (сплава)	Режим термической обработки	Механические свойства								
		σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Мдж/м ²	НВ, кг/мм ²	σ_{100}^t МПа	σ_{1000}^t МПа	σ_{10000}^t МПа
20X13	3 1050°C, О 700°C	650	450	16	55	0, 8	---	---	---	---
40X13	3 1050°C, О 200°C	1680	1400	---	---	---	495	---	---	---
12X17	О 700-730°C	450	280	25	65	0,5-1,0	---	---	---	---
12X18Н9Т	после закалки (3) 1150°C после наклепа ($\varepsilon=50, 0\%$)	600 1000	200 750	60 4 ÷ 5	60	2, 5	150	---	---	---
09X17Н7Ю1	3 1050°C, обработка холо- дом -50°C, 3-4 ч старение, 550°C	900	700	10	40	0,5	---	---	---	---
08X18Н10Т	3 1050-1100°C	480-500	200	40	55	2,5	150-180	---	---	---
ХН77ТЮР	3 1080-1120°C, старение 700- 750°C, 10-16 ч.	1050 $\sigma_B^{100} = 850$ $\sigma_B^{700} = 506$	600	$\delta^{800}=10$	---	1,5-2,5	---	$\sigma_{100}^{700}=420$ $\sigma_{100}^{800} = 200$	$\sigma_{1000}^{700} = 350$ $\sigma_{1000}^{800} = 120$	---
ХН65ВМТЮ	3 220°C,3 1050°C старение 850°C	---	---	---	---	1,5-2,5	---	$\sigma_{100}^{800} = 300$	---	---
15X11МФ	3 1030-1060°C, О 740 °C	740 $\sigma_B^{550} = 540$ $\sigma_B^{600} = 450$	550 $\sigma_{0,2}^{550} = 450$ $\sigma_{0,2}^{600} = 410$	15-17	66	---	217-255	---	$\sigma_{1000}^{550} = 240$	$\sigma^{550} =$ 220 $\sigma^{600} =$ 150 $\sigma^{650} = 60$

Продолжение таблицы Т.1

40X9C2	3 1000-1050°C, O 800°C	750	500	15	---	---	---	---	---	---
40X10C2 M	3 1000-1050°C, O 720-780°C	950	750	10	---	---	---	---	---	---
110Г13Л	3 100°C	800-900	310-350	25-15	30-20	---	180-220	---	---	---

ПРИЛОЖЕНИЕ У

Некоторые технологические (в состоянии поставки),
эксплуатационные и экономические характеристики
марок улучшаемых сталей

Таблица У.1

Марка стали	K _V	Д _{кр}		Т _{хр}		K _C
		в воде	в масле	диапазон	T _{хр} ^{CP}	
		мм		° С	К	
35	1, 2	20	10	+ 20 ÷ - 60	250	1, 0
45	1, 0	22	15	+ 20 ÷ - 60	250	1, 0
35Г	0, 75	32	20	+ 20 ÷ - 60	230	1, 0
50Г	0, 70	40	25	+ 20 ÷ - 60	230	1, 0
40Х	0, 95	50	30	0 ÷ - 100	220	1, 1
40ХН	0, 9	60	60	- 30 ÷ - 100	205	1, 6
35ХГСА	0, 75	60	40	+ 20 ÷ - 60	250	1, 3
40ХН2МА	0, 4	120	80	- 40 ÷ - 120	190	2, 8
38ХН3МФА	0, 25	200	150	- 60 ÷ - 140	170	3, 1
18Х2Н4МА	0, 2	200	150	- 80 ÷ - 160	150	3, 6
38ХН3МА	0, 25	200	150	- 60 ÷ - 140	170	2, 9
38Х2Н2МА	0, 2	200	150	- 60 ÷ - 160	160	3, 1
34ХН3М	0, 25	200	150	- 40 ÷ - 140	180	2, 8

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Условные обозначения.....	4
2. Организационно-методические указания	5
2.1 Цель работы	5
2.2 Состав и объем курсовой работы.....	5
2.3 Исходные данные для проектирования.....	5
3. Методические указания по выполнению курсовой работы	6
4. Примеры решения заданий по курсовой работе	7
4.1 Выбор материала и режима термообработки для деталей машины и механизмов	7
4.2 Выбор материала и режима термообработки для режущего инструмента, штампов	9
Список используемой литературы.....	13
Техническая документация	14
Приложение А Режим термической обработки и механические свойства некоторых марок инструментальных сталей холодного деформирования	15
Приложение Б Режим термической обработки и механические свойства быстрорежущих сталей	16
Приложение В Режимы закалки и отпуска деталей штампового инструмента горячего деформирования.....	17
Приложение Г Твердые сплавы (материалы с твердостью HV 1500-2000) (по ГОСТу 3882-74).....	18
Приложение Д Инструментальные стали.....	20
Приложение Е Обобщенные параметры типовых методов упрочнения сталей (И.С. Козловский)	23
Приложение Ж Низколегированные строительные стали (по ГОСТу 27771 – 88 и ГОСТу 27772 – 88)	24
Приложение З Машиностроительные (конструкционные) стали: углеродистые по ГОСТу 1050 – 88 и легированные по ГОСТу 4543-97	25
Приложение И Жаростойкие стали (по ГОСТу 5632-99).....	28
Приложение К Жаропрочные стали и сплавы (по ГОСТу 5632 - 99)	29
Приложение Л Стали для работы при низких температурах.....	30
Приложение М Стали, износостойкие в условиях кавитационной эрозии и динамических нагрузок	31
Приложение Н Пружинные стали с высокими механическими свойствами по ГОСТу 14959-79	32
Приложение О Стали и сплавы с особыми химическими свойствами, стойкие против коррозии (нержавеющие), по ГОСТ 5632-99.....	33
Приложение П Механические свойства конструкционных сталей после термической обработки	34
Приложение Р Механические свойства некоторых марок улучшаемых сталей в зависимости от температуры отпуска и диаметра заготовки.....	36
Приложение С Свойства конструкционных сталей некоторых марок.....	37
Приложение Т Механические свойства некоторых коррозионностойких, жаростойких жаропрочных и износостойких деталей и сплавов.....	38
Приложение У Некоторые технологические (в состоянии поставки), эксплуатационные и экономические характеристики марок улучшаемых сталей.....	40

Учебное издание

М.С. Калачева

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Редактор И.В. Голубева

Подписано в печать 14.09.2014 г. Формат 60x90 1/16. Уч.-изд. л. 2,6.
Печ. л. 2,6. Тираж 50 экз. Заказ № 81.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1