

Министерство образования Республики Беларусь

БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОИЗМЕНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ

Учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-36 01 02 «Материаловедение в машиностроении», 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка» специализации 1-42 01 01-01 03 «Металловедение, технология и оборудование термической обработки металлов»

Электронный учебный материал

Минск 2021

УДК 620.22(076.5)

Автор:
М.В.Ситкевич

Рецензент:
О.Г.Девойно, профессор кафедры «Технология машиностроения»
Белорусского национального технического университета, доктор
технических наук, профессор.

Учебно-методическое пособие содержит программу дисциплины, методические указания по ее изучению, задания по выполнению курсовой работы, практических занятий, контрольные вопросы для самоподготовки, варианты аттестационного комплекса контрольных вопросов на экзамене или зачёте, краткие справочные сведения по сталям, наиболее часто используемым в производстве при изготовлении различных видов деталей и технологиям их термической структуроизменяющей обработки.

Учебно-методическое пособие может использоваться при чтении лекций, для подготовки к экзаменам и зачетам, выполнения курсовой работы, практических занятий и лабораторных работ студентов очной формы обучения.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017)292-77-52 факс (017)292-91-37
E-mail: emd@bntu.by
<http://www.bntu.by/ru/struktura/facult/psf/chairs/im/>
Регистрационный №

© БНТУ, 2021

© Ситкевич М.В. , 2021

1. ВВЕДЕНИЕ

Целью изучения дисциплины является дать будущим инженерам знания по основам технологий термической структуроизменяющей обработки применительно к различным видам заготовок и изделий с учетом закономерностей формирования структуры и свойств металлических материалов, рационального их использования при изготовлении деталей транспортных средств, оборудования, технологической оснастки, инструмента, работающих в реальных эксплуатационных условиях.

В результате освоения дисциплины «Технология термической структуроизменяющей обработки» студент должен:

знать:

- основы технологий термической структуроизменяющей обработки различных видов конкретных деталей, изготовленных из сталей и чугунов;
- современные сплавы железа и эффективные способы их структуроизменяющих обработок;
- физические основы формирования структуры и свойств сталей и чугунов в результате применения той или иной технологии термической структуроизменяющей обработки.

уметь:

- назначать методы и режимы структуроизменяющей обработки, обеспечивающие оптимальные свойства материалов при работе конкретных деталей в определенных условиях эксплуатации;
- составлять маршрутную технологию изготовления, выбирать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию конкретных деталей, обосновать и вычертить графики режимов их предварительной и окончательной термообработки с указанием оборудования для ее осуществления,
- разрабатывать схемы и карты технологического процесса упрочнения деталей исходя из требований конструкторской документации деталей и имеющегося на предприятии оборудования;
- рационально использовать справочную литературу по выбору материалов, технологий их структуроизменяющей обработки, обеспечивающих необходимые показатели свойств;
- пользоваться современными методами исследования структуры и контроля качества термической структуроизменяющей обработки.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Чтобы в процессе преподавания дисциплины хорошо усвоить учебный материал и достаточно подготовленными подойти к зачету или к экзамену студентам необходимо иметь общее представление о тематике предстоящих к изучению вопросов, и они должны познакомиться с учебной программой дисциплины. Однако в настоящее время учебная программа всего в нескольких экземплярах имеется только на кафедре «Материаловедение в машиностроении» и выдать ее студентам не представляется возможным. Поэтому представленная в методическом пособии программа является крайне необходимым разделом этого методического пособия. Для того чтобы студенты более целенаправленно подошли к изучению дисциплины им целесообразно выдать контрольные вопросы, основанные на детализированных вопросах тематики программы. Примерный перечень таких контрольных вопросов для самоподготовки к экзамену или зачёту также представлен в методическом пособии. Перед подготовкой контрольного вопроса студенту целесообразно найти в соответствующей теме учебной программы детализированные вопросы, которые и необходимо проработать и усвоить.

Важным этапом данной методической работы является разработанные 26 вариантов аттестационного комплекса контрольных вопросов на экзамене или зачёте по курсу «Технология термической обработки». Каждый вариант состоит из 3-х вопросов, охватывающих различные разделы курса, что дает возможность студентам при подготовке экзамену или зачету самостоятельно оценить уровень знаний, необходимых для получения положительной отметки.

Для закрепления знаний при изучении данной дисциплины предусмотрено выполнение лабораторных работ и практических занятий с различным объемом часов в зависимости от специальностей 1-36 01 02 «Материаловедение в машиностроении», 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка» (специализация 1-42 01 01-01 03 «Металловедение, технология и оборудование термической обработки металлов»). С учётом этого кафедра выбирает оптимальную для каждой специальности тематику лабораторных работ и практических занятий. В них предусмотрено изучение направлений использования различных видов стальных деталей в сочетании с наиболее часто используемыми на производстве видами термической и химико-термической обработок, в том числе с представлением графического отображения технологических режимов осуществления соответствующих видов структуроизменяющих обработок.

Целью выполнения курсовой работы являются закрепление теоретических знаний в области проектирования и разработки технологических процессов термической структуроизменяющей обработки деталей различного назначения исходя из требований конструкторской документации.

В курсовой работе в соответствии с заданием, выданным индивидуально

каждому студенту, для конкретной стальной детали с приведенным комплексом механических свойств необходимо разработать технологический процесс термической обработки, обеспечивающий ее эффективное изготовление и долговечную эксплуатацию в конкретных условиях производства.

В значительной степени облегчает выполнение лабораторных работ, практических занятий, подготовки курсовой работы наличие в данном учебно-методическом пособии кратких справочных сведений по сталям, наиболее часто используемым в производстве при изготовлении различных видов деталей и технологиям их термической и химико-термической обработки.

Для углубленного изучения различных разделов дисциплины особенно при выполнении курсовой работы можно использовать техническую литературу, список которой приведен в конце данного учебно-методического пособия.

Все разделы методического пособия позволяют студентам целенаправленно подойти к изучению дисциплины, освоить необходимый учебный материал и получить положительную оценку на экзамене или зачете.

3. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОИЗМЕНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ»

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОИЗМЕНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ.

Тема 1. Роль и место процессов термической структуроизменяющей обработки в общем технологическом цикле изготовления деталей

Роль и перспективы термической структуроизменяющей обработки в повышении надежности и долговечности деталей.

Классификации и общая характеристика видов термической структуроизменяющей обработки - отжиг 1 рода, отжиг 2 рода, закалка, отпуск, химико-термическая обработка (ХТО), термомеханическая обработка (ТМО), их назначение.

Виды металлических изделий, подвергаемых термической структуроизменяющей обработке. Задачи, решаемые за счет термической структуроизменяющей обработки на различных этапах технологического цикла изготовления определенных видов деталей.

Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из проката, поступающего на машиностроительные предприятия с металлургических заводов, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.

Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из деформированных заготовок, производящихся в штамповочных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.

Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из литых заготовок, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.

Типовая маршрутная технология изготовления чугуновых деталей, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.

Разработка карт технологических процессов термической структуроизменяющей обработки.

Тема 2. Обоснование и выбор основных технологических параметров термической обработки

Связь технологических параметров осуществления различных видов термической структуроизменяющей обработки с диаграммами состояния.

Использование диаграмм состояния железо-углерод, железо -

легирующий элемент, железо-углерод-легирующий элемент для выбора технологических параметров отжига 2 рода и закалки при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами. Основы выбора параметров охлаждения при отжиге 2 рода и закалке сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств на различных стадиях изготовления конкретных изделий.

Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров термообработки при изготовлении различных групп чугуновых изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.

Основы выбора технологических параметров отжига 1 рода (дорекристаллизационного, рекристаллизационного, диффузионного) в зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий.

Основы выбора технологических параметров отпуска сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств в конкретных условиях эксплуатации деталей.

Основы технологий высокотемпературной и низкотемпературной термомеханической обработки стальных деталей, их преимущества и технологические особенности осуществления применительно к различным видам стальных деталей.

Практические методы расчета времени нагрева и выдержки деталей под термообработку с учетом различных технологических параметров, формы, размеров, степени легирования, способа передачи тепла, физико-химических и технологических свойств сред для нагрева (газ, вакуум, расплавы и др.), предварительного способа получения деталей (заготовок), способа укладки их в камере печи и др.

Возможные виды брака при нагреве и охлаждении и их профилактика.

Проблемы охраны труда и окружающей среды.

Тема 3. Среды для нагрева, контролируемые атмосферы

Взаимодействия сплавов железа с газами печной среды. Виды дефектов на поверхности металлов, возникающих при нагреве деталей (заготовок) в окислительной (воздушной) среде. Процессы, протекающие при взаимодействии поверхности металлов с газами O_2 , H_2 , N_2 , CO , CO_2 , и парами H_2O , характер протекания реакций.

Основы выбора сред для нагрева при термообработке сталей различного состава и назначения.

Преимущества нагрева в контролируемых атмосферах. Классификация контролируемых атмосфер по характеру взаимодействия с поверхностью металла. Основные требования к контролируемым атмосферам. Взрывоопасность контролируемых атмосфер и меры безопасности

Понятие об эндо- и экзогазах. Углеродный потенциал атмосферы. Составы наиболее часто применяемых атмосфер.

Нагрев в расплавах. Составы наиболее применяемых расплавов при нагреве под термообработку различных видов деталей.

Тема 4. Охлаждающие среды и методы охлаждения

Классификация сред в зависимости от изменения их агрегатного состояния и охлаждающей способности. Требования к идеальной охлаждающей среде.

Охлаждение в воде, водных растворах и эмульсиях. Применение водных растворов полимеров в качестве закалочных сред. Достоинства и недостатки сред. Применяемые методы охлаждения.

Охлаждение в маслах. Достоинства и недостатки масел, применяемых в качестве охлаждающих сред.

Охлаждение в расплавах солей, селитр, щелочей и металлов. Назначение сред. Достоинства и их недостатки.

Охлаждение на воздухе, в нейтральных газах, с помощью металлических плит, в псевдосжиженном (кипящем) слое и области их применения.

Время и скорость охлаждения, зависимость их от вида термической структуроизменяющей обработки и химического состава сталей.

Применение водо-воздушных смесей для закалки изделий. Достоинства, применяемое оборудование, методы регулирования.

Тема 5. Термические напряжения

Причина возникновения временных и остаточных напряжений при нагреве и охлаждении простых и сложных по форме деталей. Влияние скорости нагрева и охлаждения на уровень напряжений. Фазовые (структурные) напряжения при нагреве и охлаждении их вклад в общий уровень напряженного состояния. Понятия о деформации и короблении (поводке). Методы предупреждения остаточных напряжений. Ступенчатый нагрев.

Роль сред для охлаждения, применяемых при закалке и других видах термообработки углеродистых и легированных сталей в структурных превращениях, напряженном состоянии в деталях, деформациях и короблении.

Технологические методы предупреждения остаточных напряжений и коробления. Методы нагрева и укладки изделий. Технологические схемы закалки, обеспечивающие пониженный уровень внутренних напряжений, деформаций и короблений.

Тема 6. Основы технологии химико-термической обработки

Преимущества и недостатки химико-термической обработки (ХТО) по сравнению с другими видами поверхностного упрочнения (наклепом, поверхностной закалкой, плазменными и гальваническими покрытиями).

Общая характеристика методов и оборудования для ХТО, применяемых на машиностроительных предприятиях. Среда для ХТО.

Влияние состава среды, кинетических и технологических параметров на толщину диффузионного слоя. Особенности термической обработки деталей с диффузионными слоями.

Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением цементации и нитроцементации.

Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением азотирования, цианирования, карбонитрации, борокарбонитрации.

Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением борирования, боросилицирования, бороалитирования.

Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением хромирования, алитирования, силицирования.

Виды дефектов при ХТО и способы их устранения.

Тема 7. Основы технологии термической обработки изделий с применением индукционного нагрева

Условия эксплуатации и виды деталей, изготавливаемых с применением индукционного нагрева.

Преимущества и физические основы индукционного нагрева металлов. Особенности структурных превращений, температурно-временных параметров, напряжений, деформаций и формируемых свойств изделий машиностроения после индукционной обработки.

Основы технологии и оборудование термической обработки с применением индукционного нагрева токами высокой частоты для различных типов изделий.

Тема 8. Виды брака при термической структуроизменяющей обработке, его профилактика и контроль качества термообработанных изделий

Дефекты в слитках и заготовках (прокате), природа их возникновения. Водород в металлах, его происхождение и методы удаления. Природа флокенов в стали. Режимы термической обработки для удаления водорода в объеме металла.

Виды брака при термообработке (перегрев, пережог, структурные дефекты, трещины, коробление, окисление, обезуглероживание, угар), их профилактика.

Виды брака после механической обработки (шлифовочные прижоги и трещины) и их профилактика.

Приборы и методы контроля: твердости, толщины и структуры термообработанного слоя и слоя после ХТО и др.

РАЗДЕЛ 2 . ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОИЗМЕНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Тема 9. Технология термической обработки заготовок, поковок, отливок на машиностроительных заводах

Влияние методов формообразования поковок и методов нагрева перед формообразованием на дальнейшую механическую и термическую обработку. Структура, обрабатываемость и дефекты поковок.

Основы технологии термической обработки на машиностроительных заводах стальных поковок. Особенности термической обработки поковок для улучшения обрабатываемости: резанием, холодным пластическим деформированием. Особенности термической обработки поковок для исправления крупнозернистой структуры.

Основы технологии термической обработки на машиностроительных заводах стальных отливок. Особенности технологии термообработки чугунных отливок.

Окалинообразование при нагреве под термообработку, меры предупреждения. Очистка поковок, отливок и заготовок от окалины.

Термическая обработка сварных соединений.

Основы технологии термической обработки при изготовлении тонколистовых заготовок и деталей из них с элементами глубокой вытяжки.

Контроль качества термической обработки, виды брака и методы его устранения.

Тема 10. Технология термической структуроизменяющей обработки различных видов деталей машиностроения

Детали зубчатых передач различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим стали и виды структуроизменяющих технологий.

Основы технологий термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием объемного печного нагрева, упрочняемых с использованием поверхностной и объемно-поверхностной закалки с индукционным нагревом, упрочняемых с применением цементации и нитроцементации, азотирования.

Детали подшипников качения различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим виды структуроизменяющих технологий. Основы технологии термической обработки деталей подшипников качения из сталей общего назначения, из коррозионностойких сталей, из теплостойких сталей. Основы технологии термоупрочняющей обработки, виды деталей подшипников качения, изготавливаемых с применением цементации, индукционного нагрева.

Детали упругих элементов (пружины, рессоры, торсионы и др.) различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим материалы и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов из углеродистых и легированных сталей, подвергаемых закалке и отпуску. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов из нагортованных стальных заготовок. Особенности технологий термомеханической обработки.

Детали трансмиссии различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим материала и виды термоупрочняющих технологий.

Основы технологии термической обработки стальных и чугунных коленчатых валов, стальных и чугунных распределительных валов, полуосей, крестовин.

Основы технологи термической обработки крепёжных изделий, гильз, корпусных деталей и др. изделий.

Контроль качества термической обработки, виды брака и методы его устранения.

Тема 11. Технология термической структуроизменяющей обработки различных видов деталей инструментов

Детали холоднодеформирующих инструментов различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим стали и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки формообразующих деталей инструментов для холодной пластической деформации из углеродистых, низколегированных и высоколегированных сталей. Химико-термическая обработка данного вида инструмента.

Детали инструментов различных типов для горячей обработки, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим стали и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки горячих штампов и металлоформ из полутеплостойких и теплостойких сталей. Применение водо-воздушных смесей для закалки штампов. Химико-термическая обработка гравюр штампов.

Детали режущих инструментов различных типов, условия их работы, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим стали и виды термоупрочняющих технологий. Основы технологии термической обработки режущих инструментов из углеродистых, низко- и высоколегированных сталей различного назначения. Типовые технологические схемы упрочнения цельного и составного инструмента. Химико-термическая обработка данного вида инструмента.

Детали измерительных инструментов различных типов, условия их ра-

боты, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим стали и виды структуроизменяющих технологий. Основы технологии термической обработки измерительного инструмента. Применение химико-термической обработки.

Контроль качества термической обработки, виды брака и методы его устранения.

Тема 12 . Технология термической обработки на металлургических заводах

Основы технологии термической обработки слитков и крупных отливок.

Основы термической обработка сортового проката и фасонных профилей из углеродистых и легированных конструкционных и инструментальных сталей.

Основы технологии термической обработки листового проката из углеродистых и легированных сталей.

Основы технологии термической обработки труб различного назначения из углеродистых и легированных сталей.

Основы технологии термической обработки проволоки из углеродистых и легированных сталей.

Контроль качества термической обработки, виды брака и методы его устранения.

Примерный перечень лабораторных работ

1. Исследование влияние различных видов отжига, нормализации, улучшения углеродистых и легированных сталей на их структуру и свойства.

2. Исследование влияния различных видов охлаждающих сред на структуру и свойства углеродистых и легированных сталей.

3. Исследование влияние различных видов закалки (с использованием печного и индукционного нагрева) на структуру и свойства сталей различного химического состава и назначения.

4. Исследование влияния технологических параметров процесса термической обработки на структуру и свойства деталей из подшипниковых сталей.

5. Исследование влияния технологических параметров процесса термической обработки на структуру и свойства деталей из холодноштамповых углеродистых и низколегированных инструментальных сталей.

6. Исследование влияния технологических параметров процесса термической обработки на структуру и свойства деталей из холодноштамповых

высоколегированных инструментальных сталей.

7. Исследование влияния технологических параметров процесса термической обработки на структуру и свойства деталей из горячештамповых инструментальных сталей.

8. Исследование влияния технологических параметров процесса термической обработки на структуру и свойства деталей из быстрорежущих инструментальных сталей.

Примерный перечень тем практических занятий

Тема 1. Выбор видов и параметров термической структуроизменяющей обработки для изделий из сталей и чугунов с использованием диаграммы состояния железо-углерод при изготовлении различных групп деталей с необходимым структурным состоянием и свойствами.

Тема 2. Выбор видов и параметров термической структуроизменяющей обработки для стальных изделий с использованием диаграмм состояний железо-легирующий элемент.

Тема 3. Расчет времени нагрева и охлаждения при термообработке изделий различного химсостава, назначения, формы, габаритов на различных стадиях изготовления конкретных деталей в зависимости от применяемого оборудования и других технологических факторов.

Тема 4. Разработка технологии термической структуроизменяющей обработки различных видов деталей машин, изготавливаемых на машиностроительных заводах из сталей и чугунов.

Тема 5. Разработка технологии термической структуроизменяющей обработки различных видов стальных деталей инструмента и технологической оснастки.

4. ЗАДАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ТЕМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Тема 1. Выбор видов и параметров термической структуроизменяющей обработки для изделий из сталей и чугунов с использованием диаграммы состояния железо-углерод при изготовлении различных групп деталей с необходимым структурным состоянием и свойствами.

Задание 1.1. Используя диаграмму состояния железо-углерод обосновать возможность выполнения различных видов отжига доэвтектоидных, эвтектоидных, заэвтектоидных углеродистых и низколегированных сталей, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации данных видов обработок. Выбрать и отметить на диаграмме температуры нагрева под осуществляемые виды обработки с указанием как происходит охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении.

Задание 1.2. Используя диаграмму состояния железо-углерод обосновать возможность выполнения различных видов закалки доэвтектоидных, эвтектоидных, заэвтектоидных углеродистых и низколегированных сталей, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации данных видов обработок. Выбрать и отметить на диаграмме температуры нагрева под осуществляемые виды обработки с указанием влияния скорости нагрева на выбор температурных режимов нагрева под закалку сталей, отметить, как происходит охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении, как при этом изменяются структура и свойства.

Задание 1.3. Используя диаграмму состояния железо-углерод обосновать возможность выполнения различных видов термообработки при изготовлении различных групп чугунных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации данных видов обработок. Выбрать и отметить на диаграмме температуры нагрева под осуществляемые виды обработки с указанием, как происходит нагрев, выдержка и охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении, как при этом изменяются структура и свойства.

Задание 1.4. Обосновать выбор температурных параметров отпуска сплавов различного химсостава в зависимости от требуемых структуры и свойств в конкретных условиях эксплуатации деталей, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации различных видов отпуска. Указать, как происходит нагрев, выдержка и охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении, как при этом изменяются структура и свойства.

Задание 1.5. Используя диаграмму состояния железо-углерод обосновать возможность выполнения различных методов и выбор температурных параметров ХТО для повышения эксплуатационных показателей различных видов деталей с указанием, как происходит нагрев, выдержка и охлаждение,

какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении, как при этом изменяются структура и свойства.

Тема 2. Выбор видов и параметров термической структуроизменяющей обработки для стальных изделий с использованием диаграмм состояний железо-легирующий элемент.

Задание 2.1. Используя диаграммы состояния железо-легирующий элемент обосновать возможность выполнения различных видов отжига легированных сталей, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации данных видов обработок. Выбрать и отметить на диаграмме температуры нагрева под осуществляемые виды обработки с указанием, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении. Указать влияние легирующих элементов на температуры нагрева при отжиге сталей, как при этом изменяются структура и свойства.

Задание 2.2. Используя диаграммы состояния железо - легирующий элемент обосновать возможность выполнения различных видов закалки легированных сталей, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации данных видов обработок. Выбрать и отметить на диаграмме температуры нагрева под осуществляемые виды обработки с указанием влияния легирующих элементов на выбор температурных режимов нагрева под закалку сталей, отметить, как происходит охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении. Указать влияние легирующих элементов на скорость (среду) охлаждения при закалке сталей, как при этом изменяются структура и свойства.

Задание 2.3. Обосновать выбор температурных параметров отпуска легированных сталей различного химсостава в зависимости от требуемых структуры и свойств в конкретных условиях эксплуатации деталей, сформулировать задачи, решаемые в результате реализации различных видов отпуска с учётом влияния легирующих элементов. Указать, как происходит нагрев, выдержка и охлаждение, какие структурные изменения происходят при нагреве и охлаждении, как при этом изменяются структура и свойства.

Тема 3. Расчет времени нагрева и охлаждения при термообработке изделий различного химсостава, назначения, формы, габаритов на различных стадиях изготовления конкретных деталей в зависимости от применяемого оборудования и других технологических факторов.

Задание 3.1. Рассчитать время нагрева и выдержки под закалку стальных деталей в электрических и пламенных печах с газовой атмосферой.

Задание 3.2. Рассчитать время нагрева и выдержки под закалку стальных деталей в печах-ваннах.

Задание 3.3. Рассчитать время нагрева и выдержки под различные температурные диапазоны отпуска стальных деталей.

Тема 4. Разработка технологии термической структуроизменяющей обработки различных видов деталей, изготавливаемых на машинострои-

тельных заводах из сталей и чугунов.

Задание 4.1. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления различных видов заготовок:

- а) стальных отливок,
- б) чугунных отливок,
- в) стальных поковок и проката,
- г) сварных деталей.

Задание 4.2. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления деталей зубчатых передач:

- а) упрочняемых объемной закалкой с отпуском,
- б) упрочняемых поверхностной и объемно-поверхностной закалкой с индукционным нагревом,
- в) упрочняемых с применением цементации, нитроцементации,
- г) упрочняемых с применением азотирования.

Задание 4.3. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки различных видов деталей машин:

- а) стальных и чугунных коленчатых валов,
- б) стальных и чугунных распределительных валов,
- в) полуосей, крестовин, гильз, втулок и др. изделий из улучшаемых сталей,
- г) крепежных изделий.

Задание 4.4. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки различных видов пружин, рессор:

- а) изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей, подвергаемых закалке и отпуску,
- б) изготавливаемых из нагартованных стальных заготовок,
- в) изготавливаемых из коррозионностойких сплавов,
- г) изготавливаемых с применением термомеханической обработки.

Задание 4.5. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки различных видов деталей подшипников качения различного назначения:

- а) изготавливаемых из сталей общего назначения,
- б) изготавливаемых из коррозионностойких сталей,
- в) изготавливаемых из теплостойких сталей,
- г) изготавливаемых из цементуемых сталей.

Задание 4.6. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обосновать и вычертить графики режимов термообработки при изготовлении тонколистовых заготовок и деталей из них с элементами глубокой вытяжки:

- а) с использованием низкоуглеродистых сталей,
- б) с использованием коррозионностойких сталей аустенитного класса.

Тема 5. Разработка технологии термической структуроизменяющей обработки различных видов деталей инструмента и технологической оснастки.

Задание 5.1. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки и ХТО различных видов деталей материалорежущего инструмента:

- а) изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей,
- б) изготавливаемых из быстрорежущих сталей.

Задание 5.2. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки ХТО различных видов деталей холоднодеформирующего инструмента:

- а) изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей,
- б) изготавливаемых из высоколегированных сталей.

Задание 5.3. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки и ХТО различных видов деталей штампов горячего деформирования:

- а) изготавливаемых из полутеплостойких низколегированных сталей,
- б) изготавливаемых из теплостойких высоколегированных сталей.

Задание 5.4. Составить маршрутную технологию изготовления, выбрать материалы, обеспечивающие долговечную эксплуатацию, обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки и ХТО различных видов деталей измерительного инструмента:

- а) изготавливаемых из углеродистых и легированных сталей,
- б) изготавливаемых из цементуемых сталей.

5. КУРСОВАЯ РАБОТА, ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ

В курсовой работе по дисциплине выполняется разработка технологического процесса термической обработки конкретного вида детали, которая индивидуально выдается каждому студенту.

Целью выполнения курсовой работы являются закрепление теоретических знаний в области проектирования и разработки технологических процессов термической обработки и ХТО деталей различного назначения исходя из требований конструкторской документации.

В курсовой работе в соответствии с заданием, выданным каждому студенту, для конкретной стальной детали с приведенным комплексом механических свойств необходимо разработать технологический процесс термической обработки, обеспечивающий ее эффективное изготовление и долговечную эксплуатацию в конкретных условиях производства.

Курсовая работа должна отразить следующие этапы выполнения индивидуального задания:

1. Представить эскиз или чертеж конкретной детали в соответствии с индивидуальным заданием (отсутствующие в задании размеры задать произвольно), описать условия ее работы и причины выхода из строя;
2. Составить маршрутную технологию изготовления, особо отметив роль и место процессов термообработки с подробным рассмотрением задач, решаемых за счет термообработки на различных этапах технологического цикла изготовления данных видов деталей;
3. Из 3-4-х сталей, указанных в задании, используя справочные пособия и ГОСТы, выбрать материал, обеспечивающий при обоснованно выбранных параметрах закалки и отпуска при необходимости совместно с ХТО заданный комплекс механических свойств в сочетании при прочих равных показателях с приемлемой ценой;
4. Обосновать и вычертить графики режимов предварительной и окончательной термообработки при необходимости в сочетании с ХТО, которые могут быть использованы на различных этапах изготовления детали с подробным описанием режимов нагрева и охлаждения, а также используемых сред для осуществления этих процессов, указать, как при этом изменяются структура и свойства;
5. Выбрать оборудование для осуществления конкретных этапов технологических процессов термической обработки и ХТО, при необходимости обосновать применение и вид контролируемой атмосферы;

6. Рассчитать время нагрева и выдержки деталей до заданных температур по эмпирическим или критериальным формулам с учетом нагревательных сред, используемых в данных видах оборудования, коэффициентов укладки деталей;
7. Назначить методы входного и окончательного контроля при выполнении тех или иных этапов техпроцесса термической и химико-термической обработки деталей;
8. составить карту техпроцесса термообработки, обеспечивающей надёжную и долговечную эксплуатацию деталей;
9. Рассмотреть виды брака, которые могут возникнуть в результате выполнении тех или иных этапов техпроцесса термической обработки и химико-термической обработки деталей с описанием причин их появления и методов их устранения.

Общий объем записки - до 40 страниц.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОИЗМЕНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ»

1. Классификации и общая характеристика видов термической обработки (отжиг 1 рода, отжиг 2 рода, закалка, отпуск, ХТО, ТМО), их назначение.
2. Связь технологических параметров осуществления различных видов термической обработки с диаграммой состояния железо - углерод.
3. Виды металлических изделий, подвергаемых термической обработке. Задачи, решаемые за счет термообработки на различных этапах технологического цикла изготовления определенных видов деталей.
4. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из проката, поступающего на машиностроительные предприятия с металлургических заводов, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
5. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из деформированных заготовок, производящихся в штамповочных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
6. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из литых заготовок, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
7. Типовая маршрутная технология изготовления чугунных деталей, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
8. Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров отжига 2 рода при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.
9. Основы выбора технологических параметров охлаждения при отжиге 2 рода сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств на различных стадиях изготовления конкретных изделий.
10. Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров закалки при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.
11. Использование диаграмм состояния железо - легирующий элемент, железо-углерод-легирующий элемент для выбора технологических параметров закалки при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.
12. Среды для охлаждения, применяемые при закалке и других видах термообработки углеродистых и легированных сталей, их роль в структурных

превращениях, напряженном состоянии в деталях, деформациях и короблении.

13. Технологические схемы закалки, обеспечивающие пониженный уровень внутренних напряжений, деформаций и короблений.

14. Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров термообработки при изготовлении различных групп чугуновых изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.

15. Основы выбора технологических параметров отжига 1 рода (дорекристаллизационного, рекристаллизационного, диффузионного) в зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий.

16. Основы выбора сред для нагрева при термообработке сталей различного состава и назначения. Характер взаимодействия сплавов железа с газами печной среды. Контролируемые атмосферы. Нагрев в расплавах.

17. Практические методы расчета времени нагрева и выдержки деталей под термообработку с учетом различных технологических параметров, среды нагрева, формы, размеров и др.

18. Основы выбора технологических параметров отпуска сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств в конкретных условиях эксплуатации деталей.

19. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением цементации и нитроцементации.

20. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением азотирования, цианирования, карбонитрации, борокарбонитрации.

21. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением борирования, боросилицирования, бороалитирования.

22. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением хромирования, алитирования, силицирования.

23. Основы технологии термообработки, условия эксплуатации и виды деталей, изготавливаемых с применением индукционного нагрева.

24. Основы технологий термомеханической упрочняющей обработки, их технологические особенности осуществления применительно к определённым видам стальных деталей.

25. Условия работы различных типов деталей зубчатых передач, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим виды термоупрочняющих технологий.

26. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием объемного печного нагрева.

27. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых

- передач, упрочняемых с использованием поверхностной и объемно-поверхностной закалки с индукционным нагревом.
28. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с применением цементации и нитроцементации.
29. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с применением азотирования.
30. Основы технологии термической обработки деталей подшипников качения из сталей общего назначения.
31. Основы технологии термической обработки деталей подшипников качения из коррозионностойких сталей.
32. Основы термической обработки деталей подшипников качения из теплостойких сталей.
33. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды деталей подшипников качения, изготавливаемых с применением цементации, индукционного нагрева.
34. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов (пружины, рессоры, торсионы и др.) из углеродистых и легированных сталей, подвергаемых закалке и отпуску.
35. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов (пружины, рессоры и др.) из нагортованных стальных заготовок.
36. Основы технологий термомеханической обработки, их технологические особенности осуществления применительно к определённым видам стальных деталей упругих элементов.
37. Основы технологии термической обработки стальных чугунных коленчатых валов.
38. Основы технологии термической обработки стальных и чугунных распределительных валов.
39. Основы технологии термической обработки при изготовлении тонколистовых заготовок и деталей из них с элементами глубокой вытяжки.
40. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.
41. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.
42. Основы технологии термической обработки холоднодеформирующего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.
43. Основы технологии термической обработки холоднодеформирующего инструмента из высоколегированных сталей.
44. Основы технологии термической обработки крупногабаритных штампов горячего деформирования из полутеплостойких сталей.
45. Основы технологии термической обработки деталей штампов горячего деформирования из теплостойких сталей.
46. Основы технологии термической обработки измерительного инструмента.
47. Основы термической обработки сортового и листового проката из углеродистых и легированных сталей.

48. Основы технологии термической обработки стальных труб различного назначения.
49. Основы технологии термической обработки проволоки из углеродистых и легированных сталей.
50. Виды брака при термической структуроизменяющей обработке, его профилактика и контроль качества термообработанных изделий.

Примечание: приведенный список вопросов для самоподготовки, включая в себя содержание учебной программы, может быть расширен или сокращен, а также иметь иную последовательность изучения отдельных ее разделов в соответствии со сложившейся на кафедре методикой преподавания курса для конкретной формы обучения в зависимости от специальностей 1-36 01 02 «Материаловедение в машиностроении», 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка» (специализация 1-42 01 01-01 03 «Металловедение, технология и оборудование термической обработки металлов»).

7. ВАРИАНТЫ АТТЕСТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ НА ЭКЗАМЕНЕ ИЛИ ЗАЧЁТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОИЗМЕНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ»

Вариант № 1

1. Классификации и общая характеристика видов термической обработки (отжиг 1 рода, отжиг 2 рода, закалка, отпуск, ХТО, ТМО), их назначение.
2. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов (пружины, рессоры и др.) из углеродистых и низколегированных сталей, подвергаемых закалке и отпуску.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей подшипников качения из сталей общего назначения.

Вариант № 2

1. Использование диаграммы состояния железо-углерод для выбора технологических параметров закалки при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.
2. Основы технологии термической обработки деталей упругих элементов (пружины, рессоры и др.) из нагортованных стальных заготовок.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей подшипников качения из коррозионностойких сталей.

Вариант № 3

1. Выбор технологических параметров термообработки при изготовлении различных групп чугунных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.
2. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием объемного печного нагрева.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей подшипников качения из теплостойких сталей.

Вариант № 4

1. Основы выбора технологических параметров дорекристаллизационного и рекристаллизационного отжигов в зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий.
2. Основы технологии термической обработки измерительного инструмента.

3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей подшипников качения из цементуемых сталей.

Вариант № 5

1. Основы выбора технологических параметров охлаждения при отжиге 2 рода сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств на различных стадиях изготовления конкретных изделий.

2. Основы технологии термической обработки стальных коленчатых валов.

3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей материалорежущего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.

Вариант № 6

1. Основы выбора сред для нагрева при термообработке сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств. Нагрев в расплавах.

2. Основы технологии термической обработки чугунных коленчатых валов.

3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей материалорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.

Вариант № 7

1. Основы выбора технологических параметров отпуска сталей различного состава и назначения в зависимости от требуемых структуры и свойств в конкретных условиях эксплуатации деталей.

2. Основы технологии термической обработки стальных распределительных валов.

3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей холоднодеформирующего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.

Вариант № 8

1. Использование диаграмм состояния железо-углерод, железо-углерод-легирующий-элемент для выбора технологических параметров закалки при изготовлении различных групп стальных изделий с необходимым структурным состоянием и свойствами.

2. Основы технологии термической обработки чугунных распределительных валов.

3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей холоднодеформирующего инструмента из высоколегированных сталей.

Вариант № 9

1. Характер взаимодействия сплавов железа с газами печной среды. Контролируемые атмосферы.
2. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей штампов горячего деформирования из полутеплостойких низколегированных сталей.

Вариант № 10

1. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых поверхностной и объемно-поверхностной закалкой с индукционным нагревом.
2. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей штампов горячего деформирования из теплостойких высоколегированных сталей.

Вариант № 11

1. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с применением цементации, нитроцементации.
2. Основы технологии термической обработки холоднодеформирующего инструмента из углеродистых и низколегированных сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей измерительного инструмента из высокоуглеродистых низколегированных сталей.

Вариант № 12

1. Основы технологии термической обработки деталей зубчатых передач, изготавливаемых с применением азотирования.
2. Основы технологии термической обработки крупногабаритных штампов горячего деформирования из полутеплостойких сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей различных видов деталей измерительного инструмента из цементуемых сталей.

Вариант № 13

1. Основы технологии термической обработки деталей подшипников качения из сталей общего назначения.
2. Основы технологии термической обработки штампов горячего деформирования из теплостойких сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием объемного печного нагрева.

Вариант № 14

1. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из проката, поступающего на машиностроительные предприятия с металлургических заводов, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
2. Основы технологии термической обработки деталей подшипников качения из коррозионностойких сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с использованием индукционного нагрева.

Вариант № 15

1. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из деформированных заготовок, производящихся в штамповочных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
2. Основы термической обработки проволоки из углеродистых и легированных сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов деталей подшипников качения из теплостойких сталей.

Вариант № 16

1. Типовая маршрутная технология изготовления стальных деталей из литых заготовок, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
2. Основы технологии термической обработки при изготовлении тонколистовых заготовок и деталей из них с элементами глубокой вытяжки.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов рессор, изготавливаемых с применением термомеханической обработки.

Вариант № 17

1. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды деталей подшипников качения, упрочняемых с применением цементации, индукционного нагрева.
2. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов пружин, изготавливаемых из нагортованных стальных заготовок.

Вариант № 18

1. Типовая маршрутная технология изготовления чугуновых деталей, производящихся в литейных цехах машиностроительного предприятия, роль, место в ней и ориентировочная схема процессов термообработки.
2. Основы технологии термической обработки сортового и листового проката из углеродистых и легированных сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки различных видов пружин, рессор изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей, подвергаемых закалке и отпуску.

Вариант № 19

1. Среды для охлаждения, применяемые при закалке и других видах термообработки углеродистых и легированных сталей, их роль в структурных превращениях, напряженном состоянии в деталях, деформациях и короблении.
2. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением цементации и нитроцементации.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки чугуновых распределительных валов.

Вариант № 20

1. Основы технологии термообработки, условия эксплуатации и виды деталей, изготавливаемых с применением индукционного нагрева.
2. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением азотирования, цианирования, карбонитрации.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки стальных распределительных валов.

Вариант № 21

1. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением борирования, боросилицирования, бороалитирования.
2. Основы технологии термической обработки материалорежущего инструмента из быстрорежущих сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки чугунных коленчатых валов.

Вариант № 22

1. Практические методы расчета времени нагрева и выдержки деталей под термообработку с учетом различных технологических параметров, среды нагрева, формы, размеров и др.
2. Основы технологии термической обработки холоднодеформирующего инструмента из высоколегированных сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки стальных коленчатых валов.

Вариант № 23

1. Условия работы различных типов деталей зубчатых передач, требования в зависимости от этого к свойствам поверхностного слоя и сердцевины, применяемые в связи с этим виды термоупрочняющих технологий.
2. Основы технологии термической обработки крупногабаритных штампов горячего деформирования из полутеплостойких сталей.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с применением азотирования.

Вариант № 24

1. Основы технологий высокотемпературной термомеханической обработки, их технологические особенности осуществления применительно к определённым видам стальных деталей упругих элементов.
2. Основы технологии термоупрочняющей обработки, условия эксплуатации и виды стальных деталей, изготавливаемых с применением азотирования, карбонитрации.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых с применением цементации, нитроцементации.

Вариант № 25

1. Виды металлических изделий, подвергаемых термической обработке. Задачи, решаемые за счет термообработки на различных этапах технологического цикла изготовления определенных видов деталей.
2. Технологические схемы закалки, обеспечивающие пониженный уровень внутренних напряжений, деформаций и короблений.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых поверхностной и объемно-поверхностной закалкой с индукционным нагревом.

Вариант № 26

1. Виды брака при термической структуроизменяющей обработке, его профилактика и контроль качества термообработанных изделий.
2. Основы выбора технологических параметров отжига 2-го рода в зависимости от назначения и условий эксплуатации изделий.
3. Составить маршрутную технологию изготовления, обосновать и вычертить графики режимов термообработки деталей зубчатых передач, упрочняемых объемной закалкой с отпуском.

8. КРАТКИЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО СТАЛЯМ, НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДЕТАЛЕЙ И ТЕХНОЛОГИЯМ ИХ ТЕРМИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

ЧАСТЬ 1.

Стали, преимущественно используемые для изготовления деталей инструмента и технологической оснастки

Сталь У7

Заменители - стали: У7А, У8, У8А.

Назначение - режущий и ударный инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки или рабочей части (зубила, долота, молотки, кернеры, бородки, крейцмейсели, лезвия ножниц для резки металла, плоскогубцы, острогубцы, рашпили, топоры, колуны); детали сборного и составного инструмента (корпусы ножей сборного инструмента, оснащенного твердым сплавом, детали коловорота).

Критические точки: $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=770^{\circ}\text{C}$; $M_n=250^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

С	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,65-0,74	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 780°C , охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем масло) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
100	64
150	62
200	58
300	50
400	43

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и

прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 770-780 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 770 - 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура - $M_{отп.} + A_{ост.}$.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) в порошковых смесях - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь У8

Заменители - стали: У7А, У8А, У9, У9А.

Назначение - режущий и ударный инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки или рабочей части (зубила, долота, пуансоны и матрицы для холодной штамповки, молотки, кернеры, бородки, крейцмейсели, лезвия ножниц для резки металла, плоскогубцы, острогубцы, рашпили, топоры, колуны); детали сборного и составного инструмента (корпусы ножей сборного инструмента, оснащенного твердым сплавом, корпусы листовых скоб, детали штампов для холодной штамповки, фильеры, волокни, скобы гладкие регулируемые).

Критические точки: $A_{c1}=730^{\circ}C$; $M_n=240^{\circ}C$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,75 -0,84	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем масло) [2]:

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	64
150	62
200	60
300	50
400	46
500	40

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 770-780 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 770 - 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура - М_{отп.} +А_{ост.}.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмаз-

ках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь У10

Заменители - стали: У11, У12, У12А.

Назначение - инструмент, работающий в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки и без значительных ударных нагрузок (метчики ручные, развертки мелкоразмерные, рашпили, надфили, пилы для обработки древесины, матрицы для холодной штамповки, фильеры, волокнистые, гладкие калибры, скобы, топоры, колуны).

Критические точки: $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$; $A_{cm}=800^{\circ}\text{C}$; $M_n=220^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,96-1,03	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем масло) [2]:

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	64
150	62
200	60
300	53
400	50
500	41

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предвари-

тельной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 770-780 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П_{зер.} +Ц₂.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 770 - 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура - М_{отп.} + Ц₂ + А_{ост.}.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь У12

Заменители - стали: У10, У11, У10А, У11А.

Назначение - режущий инструмент, при работе которого режущая кромка не подвергается сильному нагреву (метчики ручные, метчики машинные мелкоразмерные, плашки круглые мелкоразмерные, развертки мелкоразмерные, рашфили, надфили); измерительный инструмент простой формы (гладкие калибры, скобы гладкие регулируемые).

Критические точки: А_{с1}=730°С; А_{с_{cm}}=820 °С; М_n=210°С.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
1,16-1,23	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем масло) [2]:

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	64
150	63
200	60
250	59
300	53
400	50
450	45
500	41

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 770-780 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П_{зер.} +Ц₂.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 770 - 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура - М_{отп.} + Ц₂ + А_{ост.}.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь У13

Заменители - стали: У12, У12А, У13А.

Назначение - режущий инструмент, обладающий повышенной износостойкостью при работе которого режущая кромка не подвергается сильному нагреву (напильники слесарные, напильники для затачивания пил по дереву); измерительный инструмент простой формы (гладкие пробки).

Критические точки: $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$; $A_{cm}=830^{\circ}\text{C}$; $M_n=205^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
1,25-1,35	0,17-0,33	0,17-0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем масло) [2]:

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	65
150	64
200	62
250	60
300	54
400	51
450	46
500	42

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки

давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 770-780 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П_{зер.} +Ц₂.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 770 - 780 °С, охлаждающая среда - на первоначальном этапе вода, затем минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура - М_{отп.} + Ц₂ + А_{ост.}.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 45

Заменители - стали: 40, 40Х, 50, 40Г, 50Г.

Назначение в качестве инструментального материала - детали инструмента, которые должны обладать повышенной прочностью при незначительном истирании (хвостовая и крепёжная части сварного инструмента, державки резцов, корпуса и детали сборного инструмента, оснащенного пластинками твёрдого сплава или быстрорежущей стали, оправки, детали коловоротов); инструмент, применяемый при ручных работах (круглогубцы, молотки, гаечные ключи, отвертки).

Назначение в качестве конструкционного материала - детали зубчатых передач (шестерни, звездочки, зубчатые колеса, вал-шестерни, зубчатые венцы), коленчатые и распределительные валы, оси, кулачки, втулки, цилиндры, бандажы, шпиндели, болты, маховики и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, от которых требуется повышенная прочность.

Критические точки: $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=802^{\circ}\text{C}$; $M_n=255^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,42-0,50	0,5-0,8	0,17-0,37	0,04	0,035	0,25	0,25	0,25

Усреднённые показатели механических свойств в зависимости от температуры отпуска [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	НВ
Закалка 850°C , охлаждающая среда - вода, образцы диаметром 15 мм						
450	830	980	10	40	59	370
500	730	830	12	45	78	335
550	640	780	16	50	98	300
600	590	730	25	55	118	275
Закалка 840°C , охлаждающая среда - вода, образцы диаметром 60 мм						
400	555	785	13	48	60	218
500	495	725	15	55	75	197
600	425	645	19	62	105	178

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 840°C , охлаждающая среда - вода, образцы диаметром 10 мм):

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
200	54
300	49
400	43
500	35
600	26
650	21

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 820-840 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 820-850 °С, охлаждающая среда - вода, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. – боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 40Х

Заменители - стали: 45, 40ХН, 50, 40Г.

Назначение в качестве инструментального материала - детали и части инструмента, которые должны обладать повышенной прочностью при незначительном истирании (хвостовая и крепёжная части сварного инструмента, державки резцов, корпуса и детали сборного инструмента, оснащенного пластинками твердого сплава или быстрорежущей стали, оправки, детали клуппов и коловоротов); вспомогательный инструмент и инструмент, применяемый при ручных работах (круглогубцы, молотки, гаечные ключи, отвертки).

Назначение в качестве конструкционного материала - детали зубчатых передач, валы, оси, шатуны, кулачки, втулки, цилиндры, бандажи, шпиндели и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости, износостойкости, прочности и работающие при незначительных ударных нагрузках.

Критические точки: $A_{c1}=743^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=815^{\circ}\text{C}$; $M_n=245^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,36-0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	0,8-1,1	0,035	0,035	0,3	0,3

Усреднённые показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 850°C , охлаждающая среда - вода) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	Твёрдость, НВ
200	1560	1760	8	35	29	562
300	1390	1610	8	37	20	498
400	1180	1320	9	40	49	417
500	910	1150	11	49	69	326
600	720	860	14	60	147	265

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при $850-860^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью до $500-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе. Структура – П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при $850-860^{\circ}\text{C}$, охлаждающая среда - минеральное масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь ХВГ

Заменители - стали: ХВ, ХВСГ, 9ХВГ.

Назначение - режущий инструмент, обладающий повышенной износостойкостью в условиях, не вызывающих значительного разогрева режущей кромки, инструмент, который должен обладать малой деформируемостью при термической обработке (протяжки, длинные сверла и другой инструмент с большим отношением длины к диаметру или толщине), фильеры, волоки, опорные составные валки листовых станов для горячей прокатки металла, клейма, пробойники, холодновысадочные штампы, инструмент, который должны сохранять стабильность размеров в процессе эксплуатации (измерительный инструмент: концевые меры длины, гладкие и резьбовые калибры) и другие детали.

Критические точки: $A_{c1}=750^{\circ}\text{C}$; $A_{cm}=840^{\circ}\text{C}$; $M_n=205^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

С	Mn	Cr	W	Si	S	P	Cu	Ni	Mo
					не более				
0,90-1,05	0,8-1,1	0,9-1,1	1,2-1,6	0,1-0,4	0,03	0,03	0,3	0,35	0,3

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 840 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	65
150	64
200	62
250	60

300	58
400	54
450	51
500	49

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 810-820°C, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - $P_{\text{зёр}} + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 820 - 840 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 180- 220 °С. Структура - $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост.}} + K_2$.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.
2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.
3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь X

Заменители - стали: ШХ15, 9Х, 9ХС, ХВ, ХВГ.

Назначение - инструмент и детали, обладающие повышенной износостойкостью в условиях, не вызывающих разогрева режущей кромки или рабочей части (резцы для обработки мягких материалов с небольшой скоростью, детали винторезных головок, детали с высокой твердостью для приборов, кернеры, пильные цепи, штампы высадочные, волочильные доски), инструмент, который должен сохранять стабильность размеров в процессе эксплуатации (измерительный инструмент: концевые меры длины, гладкие и резьбовые калибры).

Критические точки: $A_{c1}=745^{\circ}\text{C}$; $M_n=210^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,95 -1,10	0,17-0,33	0,15-0,35	1,30-1,65	0,03	0,03	0,35	0,3

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 820°C , охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
100	64
150	63
200	60
300	54
400	50
500	42

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при $810-820^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью до $500-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе. Структура – $\text{П}_{\text{зер}} + \text{K}_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются

окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 820 - 840 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 180- 220 °С. Структура - $M_{отп.} + A_{ост} + K_2$.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 9X1

Заменители - сталь 9X2.

Назначение: рабочие и опорные валки для холодной прокатки металлов; рабочие валки рельсобалочных, крупносортовых и проволочных обжимных и сортовых станов для горячей прокатки металлов, подвергающиеся интенсивному износу и работающие в условиях минимальных или умеренных ударных нагрузок; опорные составные валки листовых станов для горячей прокатки металла; клейма, пробойники, холодновысадочные штампы, деревообрабатывающий инструмент и другие детали.

Критические точки: $A_{c1}=745^{\circ}C$; $A_{cm}=860^{\circ}C$; $M_n=210^{\circ}C$.

Химический состав, % :

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ti	Mo	W	Ni	V	Cu
				не более							
0,85- 0,95	0,15- 0,40	0,25- 0,45	1,4- 1,7	0,03	0,03	0,03	0,20	0,2	0,35	0,15	0,30

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 820 °С, охлаждающая среда - масло):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	64
150	63
200	60
300	54
400	50
500	42

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 810-820°С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - $P_{\text{зер}} + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 820 - 840 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура - $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост}} + K_2$.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.
2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.
3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производ-

ства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 9ХС

Заменители - стали: X, ХВГ, ХВСГ.

Назначение: сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, штампы, клейма для холодных работ; ответственные детали, материал которых должен обладать повышенной износостойкостью, усталостной прочностью при изгибе, кручении, контактном нагружении, а также упругими свойствами; штампы для листовой штамповки при небольшой скорости штампования.

Критические точки: $A_{c1}=770^{\circ}\text{C}$; $A_{cm}=870^{\circ}\text{C}$; $M_n=210^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ti	Mo	W	Ni	V	Cu
				не более							
0,85-0,95	0,3-0,6	1,2-1,6	0,95-1,25	0,03	0,03	0,03	0,20	0,2	0,35	0,15	0,30

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 850°C , охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
100	64
150	63
200	62
300	59
400	56
500	48

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при $810-820^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью до $500-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе. Структура - $P_{\text{зер}} + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 820 - 850 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 180- 220 °С. Структура - М_{отп.} +А_{ост.} +К₂.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

3. - хромирование в порошковых смесях (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) - проводится перед закалкой при 1000-1100 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь ХВ4Ф

Заменители - стали: ХВ5, ХВ5Ф

Назначение: резцы и фрезы при обработке с небольшой скоростью резания твердых металлов (валки с закалённой поверхностью), гравировальные резцы при очень напряжённой работе, прошивные пуансоны и т.д.

Критические точки: А_{с1}=755°С; М_n= 185 °С.

Химический состав, %:

С	Si	Mn	Cr	W	V	P	S	Ni	Cu	Mo
						не более				
1,25-1,45	0,15-0,35	0,15-0,40	0,40-0,70	3,50-4,30	0,15-0,30	0,03	0,03	0,35	0,3	0,5

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 800 °С, охлаждающая среда - вода) [2]:

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	66
200	65
300	64

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 800-820°С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П_{зер} + К₂.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 800 - 820 °С, охлаждающая среда - вода, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °С. Структура - М_{отп.} + А_{ост.} + К₂.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.
2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 5ХНМ

Заменители- стали: 5ХНВ, 5ХГМ, 4ХМФС, 5ХНВС.

Назначение: молотовые штампы паровоздушных и пневматических молотов с массой падающих частей свыше 3 т, прессовые штампы и штампы машинной скоростной штамповки при горячем деформировании легких цветных сплавов, блоки матриц для вставок горизонтально-ковочных машин.

Критические точки: $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=780^{\circ}\text{C}$; $M_n=230^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

C	Mn	Si	Mo	Cr	Ni	S	P	Cu
						не более		
0,45-0,55	0,50-0,80	0,10-0,40	0,15-0,30	0,5-0,8	1,40-1,80	0,03	0,03	0,30

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 850°C , охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	Твёрдость, HRC
400	1370	1570	10	40	33	47
450	1400	1490	-	37	37	45
500	1270	1370	-	36	46	43
550	1180	1310	-	35	59	40

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при $820-840^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью до $500-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при $850-880^{\circ}\text{C}$, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при $480-560^{\circ}\text{C}$ (чем крупнее деталь, тем выше температура отпуска). Структура - С.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 5ХГМ

Заменители - стали: 5ХНМ, 5ХНВ, 5ХВС, 5ХНС, 5ХНСВ, 5ХГСВФЮ.

Назначение: молотовые штампы паровоздушных и пневматических приводов с массой падающих частей до 3 тонн, ковочные штампы для горячей штамповки, валки крупных, средних и мелкосортных станов для горячей прокатки твёрдого металла.

Критические точки: $A_{c1}=700^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=800^{\circ}\text{C}$; $M_n=220^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

С	Mn	Si	Cr	Mo	S	P	Ni	Cu
					не более			
0,5-0,6	1,2-1,6	0,25-0,60	0,6-0,9	0,15-0,30	0,03	0,03	0,35	0,30

Твёрдость стали 5ХГМ в зависимости от температуры отпуска (закалка 860 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
400	37
500	32
600	27
620	25

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 820-840 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 850 - 880 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 480- 560 °С (чем крупнее деталь, тем выше температура отпуска). Структура - С.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Стали 4ХМФС

Заменители - стали: 5ХНМ, 5ХНВ.

Назначение: молотовые штампы паровоздушных и пневматических молотов с массой падающих частей до 3 т при деформации легированных конструкционных и нержавеющей сталей, прессовый инструмент для обработки алюминиевых сплавов, вставки и пуансоны для высадки на горизонтально-ковочных машинах.

Критические точки: $A_{c1}=760^{\circ}C$; $A_{c3}=805^{\circ}C$; $M_n=220^{\circ}C$.

Химический состав, % :

C	Mn	Si	Cr	V	Mo	S	P	Ni	Cu
						не более			
0,37-0,45	0,5-0,8	0,5-0,8	1,5-1,8	0,3-0,5	0,9-1,2	0,03	0,03	0,35	0,30

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 920 °С, охлаждающая среда - масло, выдержка при отпуске- 2 часа) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	Твёрдость, HRC
300	1570	2060	10	41	29	51
400	1370	1660	11	38	29	49
500	1340	1610	12	47	39	47
600	1180	1260	14	53	78	42
650	820	880	22	63	157	30

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 840-860°С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 860 - 920 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 480- 560 °С (чем крупнее деталь, тем выше температура отпуска). Структура - С.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей)

или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-8 часов.

2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-920 °С в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 4X5МФС

Заменители - стали: 4X5МФ1С, 4X4ВМФС.

Назначение: мелкие молотовые штампы, крупные (сечением более 200мм) молотовые и прессовые вставки при горячем деформировании конструкционных сталей и цветных сплавов в условиях крупносерийного производства, пресс-формы литья под давлением алюминиевых, а также цинковых и магниевых сплавов.

Критические точки: $A_{c1}=840^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=870^{\circ}\text{C}$; $M_n=200^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

C	Mn	Si	Cr	V	Mo	S	P	Ni	Cu
						не более			
0,37- 0,45	0,2- 0,5	0,9- 1,2	4,5- 5,5	0,3- 0,5	1,2- 1,5	0,03	0,03	0,35	0,30

Усреднённые показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1000 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	Твёрдость, HRC
500	1420	1720	12	45	49	50
550	1380	1670	10	50	56	48
600	1350	1460	13	53	59	45
650	960	1080	15	60	79	34

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 840-850°C, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°C в час до 500-600 °C далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °C (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура - $P_{\text{зep.}} + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 1000-1050°C, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 580-620°C. Структура - Т.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - боросилицирование в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 900 - 950°C в течение 8-10 часов;
- 2 - карбозотирование в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится после окончательной термообработки при температуре 550-580 °C в течение 8-10 часов.
- 3 - азотирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания без воздействий динамического нагружения) в газовой среде - проводится после окончательной термообработки при температуре 550-560 °C в течение 25-30 часов;

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 3X2B8Ф

Заменители - стали: 4X5МФС, 5X3B3МФС.

Назначение: тяжелонагруженный прессовый инструмент (мелкие вставки окончательного штампового ручья, матрицы и пуансоны для выдавливания и т.д.) при горячем деформировании легированных конструкционных сталей и жаропрочных сплавов, пресс-формы литья под давлением медных сплавов.

Критические точки: $A_{c1}=800^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=850^{\circ}\text{C}$; $M_n=180^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

C	Mn	Si	Cr	V	W	S	P	Ni	Cu	Mo
						не более				
0,3-0,4	0,15-0,40	0,15-0,40	2,2-2,7	0,3-0,5	7,5-8,5	0,03	0,03	0,35	0,30	0,5

Усреднённые показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1130°C , охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	Твёрдость, HRC
600	1520	1720	10	35	20	52
625	1450	1640	11	35	25	50
650	1390	1530	12	36	26	48
675	1310	1430	12	37	27	45

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при $840-850^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°C в час до $500-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при $720-730^{\circ}\text{C}$ (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более $30^{\circ}/\text{час}$). Структура - $P_{\text{зер.}} + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при $1050-1150^{\circ}\text{C}$, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при $580-620^{\circ}\text{C}$.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - азотирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания без воздействий динамического нагружения) в газовой среде - про-

водится после окончательной термообработки при температуре 550-560 °С в течение 25-30 часов;

2. карбозотирование в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится после окончательной термообработки при температуре 550-580 °С в течение 8-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь Х6ВФ

Заменители - стали: Х12Ф1, Х12ВМ.

Назначение: инструмент с высокой механической прочностью и износостойкостью (резьбонакатные ролики, резьбонакатные плашки, штампы вырубные, отрезные, дыропробивные); режущий инструмент, обладающий теплостойкостью не более 400 °С (ручные ножовочные полотна, ножи рубаночные и фуганочные, фрезы и другой инструмент для обработки древесины, ножи и ножницы для резки металлов и других материалов, бритвы опасные).

Критические точки: $A_{c1}=815$ °С; $A_{cm}=845$ °С; $M_n=150$ °С.

Химический состав, %:

C	Si	Mn	Cr	W	V	P	S	Ni	Cu
						не более			
1,05-1,15	0,15-0,35	0,15-0,40	5,5-6,5	1,1-1,5	0,5-0,8	0,03	0,03	0,35	0,3

Усреднённые показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1000 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	КСУ, Дж/см ²	Твердость, HRC
200	83	61
300	92	58
400	83	57
500	74	56
550	83	53

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-870°C, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°C в час до 500-600 °C далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °C (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура - П_{зер.} + К₂.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 1000-1050°C, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180- 220 °C. Структура - М_{отп.} + А_{ост.} + К₂.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 900-920 °C в течение 5-8 часов.
2. - боросилицирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 900-920 °C в течение 6-10 часов.
3. - хромирование (для инструмента эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионноактивных сред) в порошковых смесях - проводится перед закалкой при 1050-1100 °C в течение 6-10 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь X12

Заменители - стали: X12Ф1, X12М.

Назначение: для холодных штампов высокой устойчивости против истирания (преимущественно с рабочей частью округлой формы), не подвергающихся сильным ударным нагрузкам и толчкам, для волочильных досок и валок, глазков для калибрования пруткового металла под накатку резьбы, гибочных и формовочных штампов, сложных секций кузовных штампов, которые при закалке не должны подвергаться значительным объемным изменениям и короблению; матриц и пуансонов вырубных и просечных штампов, штамповки активной части электрических машин и электромагнитных систем электрических аппаратов.

Критические точки: $A_{c1}=810^{\circ}\text{C}$; $A_{cm}=835^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=755^{\circ}\text{C}$; $M_n=180^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Si	Mn	Cr	P	S	Ni	V	Cu	W	Mo	Ti
				не более							
2-2,2	0,1-0,4	0,15-0,45	11,5-13	0,03	0,03	0,35	0,15	0,3	0,2	0,2	0,03

Усреднённые показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 980°C , охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	KCU, Дж/см ²	Твердость, HRC
200	10	64
300	15	62
400	34	59
500	-	56

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при $850-870^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°C в час до $500-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при $720-730^{\circ}\text{C}$ (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более $30^{\circ}/\text{час}$). Структура - $P_{\text{зер.}} + K_1 + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате

осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 980-1050 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, отпуск при 180- 220 °С. Структура - $M_{отп.} + A_{ост.} + K_1 + K_2$.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка: цементация (карбидизация) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится при 940- 960 °С в течение 10-12 часов перед закалкой.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь X12MФ

Заменители - стали: X12Ф1, X12ВМ.

Назначение: профилировочные ролики сложной формы, секции кузовных штампов сложной формы, сложные дыропрошивные матрицы при формовке листового металла, эталонные шестерни, накатные плашки, волокни, матрицы и пуансоны вырубных просечных штампов со сложной конфигурацией рабочих частей, штамповки активной части электрических машин.

Критические точки: $A_{c1}=810$ °С; $A_{cm}=860$ °С; $A_{r1}=760$ °С; $M_n=225$ °С.

Химический состав, %:

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	P	S	Ni	Cu
						не более			
1,45- 1,65	0,1- 0,4	0,15- 0,45	11,0- 12,5	0,4- 0,6	0,15- 0,30	0,03	0,03	0,35	0,3

Усреднённые показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1020 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	KCU, Дж/см ²	Средняя твёрдость, HRC
200	43	63
300	64	61
400	54	60
500	30	58
550	-	52

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-870°C, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°C в час до 500-600 °C далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °C (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура - $P_{\text{зеп.}} + K_1 + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке:

1. - окончательная термообработка на первичную твердость (для обеспечения необходимого комплекса свойств инструмента, рабочие поверхности которого в процессе эксплуатации могут нагреваться до 250°C) - закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1020-1050 °C, охлаждающая среда – масло, отпуск при 180- 220 °C. Структура - $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост.}} + K_1 + K_2$.

2. - окончательная термообработка на вторичную твердость (для обеспечения необходимого комплекса свойств инструмента, рабочие поверхности которого в процессе интенсивной эксплуатации могут нагреваться до 450- 480 °C): закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1120-1160 °C, охлаждающая среда - масло, отпуск трехкратный по при 500 - 520 °C. Структура - $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост.}} + K_1 + K_2$.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - цементация (карбидизация) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится при 940- 960 °C в течение 10-12 часов перед закалкой на первичную твердость.

2. - карбоазотирование в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится при температуре 500-510 °C в течение 8-10 часов после термообработки на вторичную твердость.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 40X13

Заменитель - сталь 30X13.

Назначение: режущий, мерительный инструмент, эксплуатирующийся в условиях воздействия коррозионно-активных сред, медицинский инструмент (скальпели, хирургические ножи с тонкой кромкой, иглы, ножницы и др.), пилы для резания органических материалов, инструмент для переработки пищевых и сельхозпродуктов, формы для литья стекла, формы для литья полимеров, вызывающих коррозию и другой вид специального инструмента, а также пружины, карбюраторные иглы, предметы домашнего обихода, клапанные пластины компрессоров и другие детали, работающие при температурах до 400-450 °С в том числе в коррозионных средах.

Критические точки: $A_{c1}=820^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}= 870^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=780^{\circ}\text{C}$; $M_n= 170^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Cr	P	S	Si	Mn	Cu	Ni	Ti
		не более						
0,36-0,45	12,0-14,0	0,03	0,025	0,8	0,8	0,3	0,6	0,03

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1000 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	Твёрдость
200	1620	1840	-	-	19	52 HRC
350	1450	1710	11	22	25	50 HRC
500	1390	1680	7	9	19	51 HRC
700	500	780	35	59	71	217 HB

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-860°С, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°С в час до 500-600 °С далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °С (в случае отсутствия на произ-

водстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура - $P_{\text{зер.}} + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1000-1050 °С, охлаждающая среда – масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

1. - цементация (карбидизация) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится при 940- 960 °С в течение 10-12 часов перед закалкой.

2. - карбоазотирование в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится при температуре 500-580 °С в течение 8-10 часов после окончательной термообработки с температурой отпуска не превышающей температуру ХТО.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь P6M5

Заменители - стали: P18, P12.

Назначение: универсальный инструмент нормальной производительности (резцы, сверла, фрезы, резьбовые фрезы, долбяки, развертки, зенкеры, машинные метчики, протяжки, шевера, дисковые пилы и др.), предназначенный для обработки конструкционных сталей и чугунов с твердостью до НВ 250-270 и с прочностью до 980 МПа.

Критические точки: $A_{c1}=820^{\circ}\text{C}$; $A_{cm}=860^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=760^{\circ}\text{C}$; $M_n=180^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

C	W	Mo	V	Cr	S	P	Mn	Si	Ni
					не более				
0,80-0,88	5,5-6,5	5,0-5,5	1,7-2,1	3,8 - 4,4	0,03	0,03	0,4	0,5	0,4

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1220 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный):

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
200	62
300	60
400	61
500	63
560	64
600	61

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-870°С, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°С в час до 500-600 °С далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °С (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура - $P_{\text{зер.}} + K_1 + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1220 °С, отпуск трехкратный по одному часу каждый при температуре 560 °С. Структура - $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост.}} + K_1 + K_2$.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

- карбозотирование в порошковых смесях - проводится при температуре 520-550 °С в течение 0,5-1,5 часа после окончательной термообработки с температурой отпуска не превышающей температуру ХТО.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь P6M5K5

Заменители – стали: P18, P9K10.

Назначение: режущий инструмент для обработки высокопрочных нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов в условии повышенного разогрева режущей кромки.

Критические точки: $A_{c1}=840^{\circ}\text{C}$; $A_{cm}=850^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=765^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

C	Mn	Si	W	Cr	V	Co	Mo	S	P	Ni	Cu
								не более			
0,84- 0,92	0,4- 0,5	0,4- 0,5	5,7- 6,7	3,8- 4,3	1,7- 2,0	4,8- 5,2	4,8- 5,3	0,03	0,03	0,4	0,3

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1220°C , охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
500	66
540	67
580	66
620	64
660	56

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при $850-870^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°C в час до $500-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при $720-730^{\circ}\text{C}$ (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более $30^{\circ}/\text{час}$). Структура - $P_{\text{зеп.}} + K_1 + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при темпе-

ратуре 1220 °С, отпуск трехкратный по одному часу каждый при температуре 560 °С.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

- карбоазотирование в порошковых смесях) - проводится при температуре 520-550 °С в течение 0,5-1,5 часа после окончательной термообработки.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь Р9

Заменители – стали: Р18, Р6М5.

Назначение: для изготовления режущих инструментов простой формы, не требующих большого объема шлифовки, для обработки обычных конструкционных материалов.

Критические точки: $A_{c1}=810^{\circ}\text{C}$; $A_{cm}=870^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=760^{\circ}\text{C}$; $M_n=180^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

С	W	V	Cr	S	P	Mn	Si	Mo	Ni	Co
				не более						
0,85-0,95	8,5-10,0	2,0-2,6	3,5 – 4,4	0,03	0,03	0,4	0,4	1,0	0,4	0,5

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1220 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный) [2]:

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
540	65
580	64
620	61
660	54

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-870°С, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°С в час до 500-600 °С далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °С (в случае отсутствия на произ-

водстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура - $P_{\text{зер.}} + K_1 + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1220 °С, отпуск трехкратный по одному часу каждый при температуре 560 °С. Структура - $M_{\text{отп.}} + A_{\text{отп.}} + K_1 + K_2$.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

- карбоазотирование в порошковых смесях - проводится при температуре 520-550 °С в течение 0,5-1,5 часа после окончательной термообработки.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термообработки и ХТО.

Сталь P18

Заменители – стали: P12, P6M5.

Назначение: резцы, сверла, фрезы, резьбовые фрезы, долбяки, развертки, зенкеры, метчики, протяжки для обработки конструкционных сталей с прочностью до 1000 МПа, от которых требуется сохранение режущих свойств при нагревании во время работы до 600 °С.

Критические точки: $A_{c1}=820^{\circ}\text{C}$; $A_{cm}=860^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=760^{\circ}\text{C}$; $M_n=120^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, % :

C	W	V	Cr	S	P	Mn	Si	Mo	Ni	Co
				не более						
0,7-0,8	17,0-18,5	1,0-1,4	3,8 - 4,4	0,03	0,03	0,4	0,4	1,0	0,4	0,5

Твёрдость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1280 °С, охлаждающая среда - масло, отпуск трехкратный) [2]:

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
400	61
500	63
550	65
600	64

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления инструмента:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850-870°C, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°C в час до 500-600 °C далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 730-740 °C (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/час). Структура - $P_{\text{зер.}} + K_1 + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1270-1280 °C, отпуск трехкратный по одному часу каждый при температуре 560 °C. Структура - $M_{\text{отп.}} + A_{\text{отп.}} + K_1 + K_2$.

Для повышения стойкости инструмента применяется химико-термическая обработка:

- карбоазотирование в порошковых смесях - проводится при температуре 520-550 °C в течение 0,5-1,5 часа после окончательной термообработки.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

ЧАСТЬ 2.

Стали, преимущественно используемые для изготовления деталей транспортных средств, механизмов, оборудования.

Сталь 20

Заменители – стали 15, 25.

Назначение – после нормализации или без термообработки крюки кранов, муфты, вкладыши подшипников и другие детали, работающие при температурах от -40 до 450 °С, после ХТО - шестерни, червяки, звёздочки и другие детали, к которым предъявляются высокие требования поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины.

Критические точки: $A_{c1}=735^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=850^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=680^{\circ}\text{C}$; $A_{r3}=835^{\circ}\text{C}$.
Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	As	S	P	Ni	Cu
			не более					
0,17 - 0,24	0,35-0,65	0,17-0,37	0,25	0,08	0,04	0,035	0,25	0,25

Усреднённые показатели механических свойств [2].

Режим ХТО	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_b	δ	ψ	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость
		МПа		%			
Цементация 930°C, воздух. Закалка 820°C, вода. Отпуск 180°C, воздух.	50	290-340	400-500	18	45	54	Сердцевины не более 156 НВ, поверхности 55-63 НРС.

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: нормализация с нагревом и выдержкой при 900 °С, охлаждение на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке в сочетании с ХТО: цементация в газовой среде - проводится перед закалкой при температуре 920-950 °С в течение 8-10 часов с охлаждением на воздухе ниже точки A_{r1} ; закалка с повторным нагревом и выдержкой при 820-850°С, охлаждающая среда - вода, отпуск при 180-200°С (наиболее часто используемый вариант). Структура- $M_{отп.}+A_{ост.}$.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 25

Заменители – стали 20, 30.

Назначение – оси, валы, соединительные муфты, собачки, рычаги, вилки, шайбы, валики, болты, фланцы, тройники, крепёжные детали и другие неотчетственные детали; после ХТО - винты, втулки, шестерни, червяки, звёздочки и другие детали, к которым предъявляются высокие требования поверхностной твердости при невысокой прочности сердцевины.

Критические точки: $A_{c1}=735^{\circ}C$; $A_{c3}=835^{\circ}C$; $A_{r1}=680^{\circ}C$; $A_{r3}=825^{\circ}C$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	As	S	P	Ni	Cu
			не более					
0,22 - 0,30	0,50-0,80	0,17-0,37	0,25	0,08	0,04	0,035	0,25	0,25

Усреднённые показатели механических свойств [2]:

Режим ХТО	Се- че- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_b	δ	ψ	Твёрдость
		МПа		%		
Цементация 930°С, воздух. Закалка 820°С, вода. Отпуск	50	345	550	25	45	Сердцевины не более 170 НВ, поверхности 55-63 НРС.

180°C, воздух.						
----------------	--	--	--	--	--	--

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: нормализация с нагревом и выдержкой при 900 °С, охлаждение на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке в сочетании с ХТО: цементация в газовой среде - проводится перед закалкой при температуре 920-950 °С в течение 8-10 часов с охлаждением на воздухе ниже точки $A_{Г1}$; закалка с повторным нагревом и выдержкой при 820 - 850°С, охлаждающая среда - вода, отпуск при 180-200 °С (наиболее часто используемый вариант). Структура - $M_{отп.} + A_{ост.}$.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 20Г

Заменители – стали 20, 30Г.

Назначение – после улучшения заклёпки ответственного назначения и другие детали, работающие при температурах от -40 до 450 °С, после ХТО (цементация или нитроцементация) поршневые кольца, фрикционные диски, пальцы рессор, кулачковые валики, болты, гайки, шестерни, червяки, звёздочки и другие детали, к которым предъявляются высокие требования поверхностной твердости и износостойкости. Без термообработки – сварные подмоторные рамы, башмаки, косынки.

Критические точки: $A_{c1}=723^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=830^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=680^{\circ}\text{C}$; $A_{r3}=830^{\circ}\text{C}$; $M_n=420^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,17 - 0,24	0,70-1,00	0,17-0,37	0,035	0,035	0,30	0,30	0,30

Усреднённые показатели механических свойств [2]:

Режим ХТО	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_b	δ	ψ	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость
		МПа		%			
Цементация 930°C, воздух. Закалка 820°C, вода. Отпуск 180°C, воздух.	50	325-370	540-590	16	45	40	Сердцевины не более 163 НВ, поверхности 57-63 НРС.

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: нормализация с нагревом и выдержкой при 900 °С, охлаждение на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке в сочетании с ХТО: цементация в газовой среде - проводится перед закалкой при температуре 920-930 °С в течение 8-10 часов с охлаждением на воздухе ниже точки A_{r1} ; закалка с повторным нагревом и выдержкой при 820 - 830°C, охлаждающая среда - масло, отпуск при 180-200 °С (наиболее часто используемый вариант). Структура в приповерхностном слое - $M_{отп.} + A_{ост.}$.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-

термической обработки.

Сталь 20Х

Заменители – стали 15Х, 20ХН, 18ХГТ.

Назначение – втулки, шестерни, червяки, звёздочки, обоймы, гильзы, фрикционные диски, плунжеры, рычаги и другие цементируемые детали к которым предъявляются высокие требования поверхностной твердости и износостойкости при невысокой прочности сердцевины.

Критические точки: $A_{c1}=750^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=825^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=665^{\circ}\text{C}$; $M_n=390^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

С	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,17 - 0,23	0,50- 0,80	0,17- 0,37	0,70- 1,00	0,035	0,035	0,30	0,30

Усреднённые показатели механических свойств[2]:

Режим ХТО	Се- че- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость
		МПа		%			
Цементация 930°C, воздух. Закалка 800°C, масло. Отпуск 190°C, воздух.	60	390	640	13	40	40	Сердцевины не более 250 НВ, поверхности 55- 63 НRC.

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: нормализация с нагревом и выдержкой при 900 °С, охлаждение на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств,

Цементация 930°C, воздух. Закалка 840°C, масло. Отпуск 190°C, воздух.	20	930	1180	10	50	78	Сердцевины не более 341 НВ, поверхности 57-63 HRC
	60	780	980	9	50	78	Сердцевины не более 300 НВ, поверхности 57-63 HRC

Показатели механических свойств в зависимости от температуры отпуска (закалка 880 °С, охлаждающая среда - масло, сечение образца 10 мм) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, HRC
200	1150	1370	11	57	93	42
300	1140	1330	10	57	78	41
400	1130	1210	9	57	78	40
500	950	940	15	66	144	38
600	720	740	20	73	216	22

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 880 °С, охлаждение с печью до 550- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке в сочетании с ХТО: цементация в газовой среде - проводится перед закалкой при температуре 920-950 °С в течение 8-10 часов; закалка после подстуживания до 860 - 880°C, охлаждающая среда - масло, отпуск при 180-200 °С (наиболее часто используемый вариант). Структура - $M_{отп.} + A_{ост.}$.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-

термической обработки.

Сталь 20ХГР

Заменители – стали 18ХГТ, 12ХН2, 12ХН3А, 20ХН2М, 20ХН3А.

Назначение – зубчатые колеса, вал-шестерни, червяки, кулачковые муфты, валики, пальцы, втулки и другие улучшаемые или цементуемые детали, от которых требуются повышенная прочность и вязкость сердцевины, а также высокая поверхностная твердость, работающие под действием ударных нагрузок.

Критические точки: $A_{c1}=735^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=835^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=670^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	B	S	P	Ni	Cu
					не более			
0,18 - 0,24	0,70- 1,00	0,17- 0,37	0,75- 1,05	0,001- 0,005	0,035	0,035	0,30	0,30

Усреднённые показатели механических свойств [2].

Режим ХТО	Твёрдость
Цементация 930°C , охлаждение замедленное ниже точки A_{r1} . Закалка 830°C , масло. Отпуск 190°C , воздух.	Сердцевины не более 321НВ, поверхности 57-63HRC.

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 880°C , охлаждающая среда - масло, после отпуска охлаждение в масле, сечение образца 10 мм) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, HRC
200	1220	1490	12	55	79	45
300	1230	1420	13	45	56	44

400	1160	1250	13	57	75	41
500	850	900	16	66	146	30
600	720	790	19	73	173	24

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 880 °С, охлаждение с печью до 550- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке в сочетании с ХТО: цементация в газовой среде - проводится перед закалкой при температуре 920-950 °С в течение 8-10 часов с охлаждением на воздухе ниже точки A_{r1} ; закалка с повторным нагревом и выдержкой при 850 - 860°С, охлаждающая среда - масло, отпуск при 180-200 °С (наиболее часто используемый вариант). Структура - $M_{отп.} + A_{ост.}$.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 30ХГТ

Заменители – стали 25ХГТ, 18ХГТ, 12Х2Н3А, 20ХН2М.

Назначение – улучшаемые или цементуемые детали ответственного назначения, от которых требуются повышенная прочность, вязкая сердцевина, а также высокая поверхностная твердость, работающие при больших

скоростях и повышенных удельных давлениях под действием ударных нагрузок.

Критические точки: $A_{c1}=740^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=825^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=665^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	Ti	S	P	Ni	Cu
					не более			
0,24 - 0,32	0,80- 1,10	0,17- 0,37	1,00- 1,30	0,03- 0,09	0,035	0,035	0,30	0,30

Усреднённые показатели механических свойств [2].

Режим ХТО	Се- че- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_{\text{в}}$	δ	ψ	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость
		МПа		%			
Цементация 930°C. Закал- ка 850°C, мас- ло. Отпуск 190°C, воздух.	100	730	880	12	35	59	Сердцевины не более 270 НВ, поверх- ности 57-63 HRC.
	150	690	830	12	30	49	Сердцевины не более 240 НВ, поверхности 57-63 HRC

Показатели механических свойств в зависимости от температуры отпуска (закалка 850 °С, охлаждающая среда - масло, сечение образца 10 мм) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, HRC
200	1420	1680	10	53	-	50
300	1270	1520	9	52	69	48
400	1180	1370	8	55	59	44

500	980	1080	11	59	98	38
600	760	930	19	65	147	32

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 870 °С, охлаждение с печью до 550- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке в сочетании с ХТО: цементация в газовой среде - проводится перед закалкой при температуре 920-950 °С в течение 8-10 часов; закалка после подстуживания до 840 - 860°С, охлаждающая среда - масло, отпуск при 180-200 °С (наиболее часто используемый вариант). Структура - М_{отп.} +А_{ост.}.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 20ХНЗА

Заменители – стали 20ХГНР, 20ХНГ, 15Х2ГН2Т, 20ХН2М.

Назначение – шестерни, валы, втулки, силовые шпильки, болты, муфты, червяки и другие цементуемые детали, от которых требуются повышенная прочность, вязкая сердцевина, а также высокая поверхностная твердость, работающие при больших скоростях и повышенных удельных давлениях под действием ударных нагрузок и при отрицательных температурах.

Критические точки: $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=810^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=615^{\circ}\text{C}$; $M_n=340^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Cu
					не более		
0,17 - 0,24	0,30- 0,60	0,17- 0,37	0,60- 0,90	2,75- 3,15	0,025	0,025	0,30

Усреднённые показатели механических свойств [2].

Режим ХТО	Се- че- ние, мм	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость
		МПа		%			
Цементация 930°C, воздух. Закалка 800°C, масло. Отпуск 180°C, воздух.	100	600	830	11	50	69	Сердцевины не более 240 НВ, поверхности 59-63 НРС.

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (нормализация 860 °С, закалка 810 °С, охлаждающая среда - масло, сечение образца 10 мм) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, НРС
200	1270	1510	15	60	73	43
300	1260	1370	12	62	54	42
400	1180	1260	13	64	59	39
500	960	1000	19	66	83	32
600	720	780	24	73	162	22

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 850 °С, охлаждение с печью до 550- 600 °С далее можно на воздухе. Структура -

П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке в сочетании с ХТО: цементация в газовой среде - проводится перед закалкой при температуре 920-950 °С в течение 8-10 часов с охлаждением на воздухе ниже точки A_{r1} ; закалка с повторным нагревом и выдержкой при 800 - 820°С, охлаждающая среда - масло, отпуск при 180-200 °С (наиболее часто используемый вариант). Структура - $M_{отп.} + A_{ост.}$.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 40ХН

Заменители - стали: 40Х, 45ХН, 50ХН, 40ХНМ, 40ХНР, 30ХГВТ, 35ХГФ.

Назначение – зубчатые колеса, валы, оси, шатуны, валы - шестерни, кулачки, втулки, муфты, цилиндры, бандажы, шпиндели, валы экскаваторов, болты, рычаги, штоки и другие ответственные нагруженные детали, подвергаемые вибрационным и динамическим нагрузкам, к которым предъявляются требования повышенной прочности и вязкости. Валки рельсобалочных и крупносортовых станков для горячей прокатки металлов

Критические точки: $A_{c1}=735^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=770^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=660^{\circ}\text{C}$; $M_n=305^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

С	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	Cu
					не более		
0,36-0,44	0,5-0,8	0,17-0,33	0,45-0,75	1,0-1,4	0,035	0,035	0,2

Механические свойства стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 820 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ	KCU, Дж/см ²	Средняя твёрдость, НВ

	МПа		%			
400	1220	1370	10	41	32	385
500	1080	1160	14	51	46	300
600	760	910	20	60	83	240

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 810-830 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура – П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 810-830 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900

°С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 40ХС

Заменители - стали: 40Х, 45Х, 35ХГТ.

Назначение – зубчатые колеса, валы, оси, шестерни, втулки, болты и другие улучшаемые детали небольших размеров, подвергаемые вибрационным и динамическим нагрузкам, к которым предъявляются требования повышенной прочности, упругости, износостойкости.

Критические точки: $A_{c1}=763^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=810^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=680^{\circ}\text{C}$; $M_n=320^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

С	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,37-0,45	0,3-0,6	1,2-1,6	1,3-1,6	0,035	0,035	0,3	0,2

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 900°C , охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, НВ
200	1670	1960	10	40	39	575
300	1570	1810	10	43	29	530
400	1370	1580	10	45	49	460
500	1100	1320	11	50	69	380
600	900	1030	16	55	78	320

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки

давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 840-860 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура – П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 850-900 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

- борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 50X

Заменители - стали: 40X, 45X, 50XH, 50XF.

Назначение - валы, оси, крупные детали зубчатых передач, шпиндели, установочные винты, редукторные валы, упорные кольца, валки горячей прокатки и другие улучшаемые детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости, износостойкости, прочности и работающие при незначительных ударных нагрузках.

Критические точки: $A_{c1}=720^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=770^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=660^{\circ}\text{C}$; $M_n=250^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			

0,46-0,54	0,5-0,8	0,17-0,37	0,8-1,1	0,035	0,035	0,3	0,3
-----------	---------	-----------	---------	-------	-------	-----	-----

Усреднённые показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 820 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, НВ
300	1670	1810	10	30		520
400	1520	1670	13	40	49	470
500	1270	1420	17	52	147	400
600	1030	1180	21	60		320

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 810-830 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура – П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 810-830 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 45X

Заменители - стали: 40X, 50X, 45XH, 40XГТ, 40XФ.

Назначение - валы, оси, шестерни, детали зубчатых передач, болты, шатуны и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости, износостойкости, прочности и работающие при незначительных ударных нагрузках.

Критические точки: $A_{c1}=735^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=770^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=660^{\circ}\text{C}$; $A_{r3}=690^{\circ}\text{C}$
 $M_n=355^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,41- 0,49	0,5- 0,8	0,17- 0,37	0,8- 1,1	0,035	0,035	0,3	0,3

Показатели механических свойств в зависимости от температуры отпуска (пруток диаметром 25 мм, закалка 820°C , охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	Твёрдость, НВ
300	1490	1710	10	27	500
400	1270	1490	12	37	450
500	1130	1240	17	50	370
600	880	1030	21	60	300

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки

давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 820-840 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура – П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 820-840 °С, охлаждающая среда - минеральное масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 45Г

Заменители - стали: 40Г, 50Г.

Назначение – коленчатые валы, оси, карданные валы, шлицевые и шестеренные валы, шатуны, тормозные рычаги, диски трения, анкерные болты, детали зубчатых передач и другие улучшаемые детали.

Критические точки: $A_{c1}=715^{\circ}C$; $A_{c3}=735^{\circ}C$; $A_{r1}=635^{\circ}C$; $A_{r3}=710^{\circ}C$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,42-0,50	0,70-1,00	0,17-0,37	0,035	0,035	0,3	0,3	0,3

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (пруток диаметром 25 мм, закалка 790 °С, охлаждающая среда – вода, охлаждение после отпуска на воздухе) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_{в}$, МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, НВ
375	1230	1310	9	42	14	418
450	1120	1210	11	48	39	340
525	900	1000	13	51	59	302

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 790-820 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура – П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 790-820 °С, охлаждающая среда - вода или минеральное масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 38Х2МЮА

Заменители – стали 38Х2ЮА, 38ХВФЮ, 20Х3МВФ, 38Х2Ю.

Назначение –штоки клапанов паровых турбин, работающих при температурах до 450°C, гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания, иглы форсунок, тарелки бугс, распылители, пальцы, плунжеры, распределительные валики, шестерни, валы, втулки и другие детали.

Критические точки: $A_{c1}=800^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=865^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=665^{\circ}\text{C}$; $M_n=330^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	Al	Mo	S	P	Ni	Cu
						не более			
0,35 - 0,42	0,30-0,60	0,20-0,45	1,35-1,65	0,70-1,10	0,15-0,25	0,025	0,025	0,30	0,30

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 900 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	Твёрдость, НВ
300	1660	1810	8	43	550
400	1520	1670	10	39	500
500	1270	1420	11	44	450
600	1080	1180	12	60	370

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки

давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 900 °С, охлаждение с печью до 550- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П+Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки давлением или резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 890-920 °С, охлаждающая среда - масло, отпуск при 550-600 °С (наиболее часто используемый вариант). Структура - С.

Для повышения стойкости деталей эксплуатирующегося в условиях изнашивания без воздействий динамического нагружения применяется химико-термическая обработка:

азотирование в газовой среде - проводится после окончательной термообработки при температуре 520-560 °С в течение 25-40 часов;

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 35

Заменители - стали: 40, 35Х, 35Г.

Назначение – детали невысокой прочности, испытывающие небольшие напряжения: оси, цилиндры, коленчатые валы, шатуны, шпиндели, звёздочки, тяги, ободы, траверсы, валы, бандажки, диски и другие детали.

Критические точки: $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=810^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=680^{\circ}\text{C}$; $A_{r3}=796^{\circ}\text{C}$;
 $M_n=360^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

С	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,32-0,40	0,50-0,80	0,17-0,37	0,035	0,040	0,25	0,25	0,25

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (диаметр заготовки 60 мм, закалка 850 °С, охлаждающая среда - вода) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, НВ
400	520	690	15	64	98	200
500	470	660	17	67	137	189
600	410	620	18	71	176	175

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 840 - 860 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура – П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), подвергаются окончательной термообработке для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию: закалка с нагревом и выдержкой при 840 - 860 °С, охлаждающая среда - вода, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической обработки и ХТО.

Сталь 40

Заменители - стали: 35, 45, 40Г.

Назначение – после улучшения - коленчатые валы, шатуны, зубчатые венцы, маховики, зубчатые колёса, болты, оси и другие детали; после поверхностного упрочнения с нагревом ТВЧ - детали средних размеров, к которым предъявляются требования высокой поверхностной твердости и повышенной износостойкости при малой деформации (длинные валы, ходовые валики, зубчатые колёса и другие детали).

Критические точки: $A_{c1}=730^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=790^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=690^{\circ}\text{C}$; $A_{r3}=780^{\circ}\text{C}$; $M_n=340^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,37-0,45	0,50-0,80	0,17-0,37	0,035	0,040	0,25	0,25	0,25

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 850°C) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	Твёрдость, НВ
400	640	790	10	57	88	225
500	550	730	12	62	127	208
600	450	660	16	76	167	188

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при $830-850^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью до $500-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе. Структура – П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), подвергаются окончательной термообработке для

придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию: закалка с нагревом и выдержкой при 830-850 °С, охлаждающая среда - вода, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения износостойкости деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 50

Заменители - стали: 45, 50Г, 50Г2, 55.

Назначение - валы, оси, детали зубчатых передач, прокатные валки, штоки, бандажки, малонагруженные пружины и рессоры, лемехи, пальцы звеньев гусениц, муфты сцепления коробок передач, корпуса форсунок и другие детали, работающие на трение.

Критические точки: $A_{c1}=725^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=760^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=690^{\circ}\text{C}$; $M_n=300^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,47-0,55	0,50-0,80	0,17-0,37	0,035	0,035	0,25	0,25	0,25

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (диаметр заготовки 40 мм, закалка 840 °С, охлаждающая среда - вода) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, НВ
400	600	830	14	50	64	240
500	530	760	15	56	88	215
600	450	680	17	64	139	190

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 810-840 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура – П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), подвергаются окончательной термообработке для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию: закалка с нагревом и выдержкой при 810-840 °С, охлаждающая среда - вода, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термообработки и ХТО.

Сталь 65

Заменители - стали: 60,70.

Назначение - пружины, рессоры и другие детали, от которых требуется повышенные прочностные и упругие свойства, износостойкость; детали, работающие в условиях трения при наличии высоких статических и вибрационных нагрузок.

Критические точки: $A_{c1}=721^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=752^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=696^{\circ}\text{C}$ $M_n=285^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,62-0,70	0,5-0,8	0,17-0,33	0,035	0,035	0,25	0,25	0,20

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 800°C , охлаждающая среда - масло, сечение 12 мм) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	Твёрдость, HRC
400	810	1220	5	-	45
500	760	1130	13	40	32
600	650	930	18	52	23

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при $770-790^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью до $500-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе. Структура - П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки давлением или резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при $780-800^{\circ}\text{C}$. Температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией. Наиболее часто используемый вариант -

отпуск при 430- 450 °С. Структура - Т_{отп.}

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.

2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 65Г

Заменители- стали: 70, У8А, 70Г, 60С2А, 9ХС, 50ХФА, 55С2

Назначение - пружины, рессоры, упорные шайбы, тормозные ленты, фрикционные диски, шестерни, фланцы, корпуса подшипников, зажимные подающие цанги и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости.

Критические точки: $A_{c1}=721^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=745^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=670^{\circ}\text{C}$ $M_n=270^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

С	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0,62-0,70	0,9-1,2	0,17-0,33	0,035	0,035	0,25	0,25	0,20

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 830 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, НРС
200	1790	2200	4	30	5	61
400	1450	1670	8	48	29	46
600	850	880	15	51	76	30

Технологии термической и химико-термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 775-800 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки давлением или резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 820-830 °С, охлаждающая среда - масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией. Наиболее часто используемый вариант - отпуск при 430- 450 °С. Структура - Т_{отп.}

Для повышения долговечности деталей применяется химико-термическая обработка:

1. - борирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 4-6 часов.
2. - боросилицирование (для деталей, эксплуатирующихся в условиях изнашивания в том числе при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях (в случае мелко- и среднегабаритных деталей) или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) - проводится перед закалкой при 880-900 °С в течение 5-8 часов.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 55С2

Заменители- стали: 60С2, 35Х2ФА, 50С2.

Назначение - пружины и рессоры, применяемые в автомобилестроении, тракторостроении, железнодорожном транспорте и других отраслях машиностроения.

Критические точки: $A_{c1}=755^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=810^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=690^{\circ}\text{C}$ $M_n=272^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Cu
0,52 - 0,60	0,60-0,90	1,5-2,0	0,035	0,035	0,25	0,30	0,20

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 850 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	Твёрдость, HRC
350	1860	2300	7	31	27	50
400	1830	1910	9	36	29	48
450	1470	1530	11	47	48	44
500	1130	1220	12	51	76	41
550	1060	1180	13	50	56	34

Технологии термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 840-850 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки давлением или резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 850-860 °С, охлаждающая среда - масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 60С2

Заменители - стали: 55С2, 50ХФА.

Назначение - тяжело нагруженные пружины, торсионные валы, рессоры, пружинные кольца, цанги, фрикционные диски, шайбы пружинные.

Критические точки: $A_{c1}=700^{\circ}\text{C}$; $A_{c3}=800^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=700^{\circ}\text{C}$ $M_H=305^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	S	P	Ni	Cr	Cu
			не более				
0,57 - 0,65	0,60- 0,90	1,5- 2,0	0,035	0,035	0,25	0,3	0,20

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 850°C , охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, НВ
300	-	5	27	20	465
400	1680	7	34	20	425
500	1300	10	42	23	345
600	1300	17	43	-	295

Технологии термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при $830-850^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью до $500-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе. Структура - П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки давлением или резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при $830-850^{\circ}\text{C}$, охлаждающая среда - масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией. Наиболее часто используемый вариант - отпуск при $430-450^{\circ}\text{C}$. Структура - $T_{отп}$.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 50ХФА

Заменители - стали: 60С2А, 50ХГФА.

Назначение – тяжело нагруженные ответственные детали, к которым предъявляются требования высокой усталостной прочности, пружины и ресоры, работающие при температуре до 300 °С и другие детали.

Критические точки: $A_{c1}=752$ °С; $A_{c3}=788$ °С; $A_{r1}=688$ °С $M_n=300$ °С.

Химический состав, %:

С	Mn	Si	V	S	P	Cr	Ni	Cu
				не более				
0,46-0,54	0,50-0,80	0,17-0,37	0,10-0,18	0,025	0,025	0,30	0,25	0,20

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 850 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	δ , %	Ψ , %	Твёрдость, HRC
200	1760	2010	2	-	50
300	1640	1690	2	-	48
450	-	1580	4	36	46
500	-	1370	8	54	43

Технологии термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 840-850 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате

осуществления различных операций обработки давлением или резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 850-870 °С, охлаждающая среда - масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией. Наиболее часто используемый вариант - отпуск при 460- 520 °С. Структура - Т_{отп.}

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 55ХГР

Заменители - стали: 60С2А, 50ХФА

Назначение – пружины, рессоры, упорные шайбы и другие детали, к которым предъявляются требования повышенной износостойкости, для изготовления рессорной полосовой стали толщиной 3-24 мм.

Критические точки: $A_{c1}=750$ °С; $A_{c3}=790$ °С; $M_n=260$ °С.

Химический состав, %:

С	Mn	Si	В	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,52-0,60	0,90-1,20	0,17-0,37	0,001-0,003	0,035	0,035	0,25	0,20

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 830 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	Ψ , %	KCU, Дж/см ²	Твёрдость, HRC
350	1760	1910	7	38	51	51
400	1620	1810	7	40	54	49
450	1420	1570	9	41	59	45

500	1180	1370	11	47	71	41
550	1080	1130	12	51	85	37

Технологии термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 820-840 °С, охлаждение с печью до 500- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - П + Ф.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки давлением или резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 820-840 °С, охлаждающая среда - масло, температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией. Наиболее часто используемый вариант - отпуск при 450- 480 °С. Структура - Т_{отп}.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь ШХ15

Заменители – стали ШХ9, ШХ12, ШХ15СГ.

Назначение – шарики диаметром до 50 мм, ролики диаметром до 23 мм, кольца подшипников с толщиной стенки до 14 мм, втулки плунжеров, плунжеры, нагнетательные клапаны, корпуса распылителей, ролики толкателей и другие детали, от которых требуется высокая твердость, износостойкость и контактная прочность.

Критические точки: $A_{c1}=724^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=700^{\circ}\text{C}$ $M_n=210^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,95 - 1,05	0,20- 0,40	0,17- 0,37	1,30- 1,65	0,02	0,027	0,30	0,25

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 840 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_b , МПа	Твёрдость, HRC
200	1960-2200	2160-2550	61-63
300	1670-1760	2100-2450	56-58
400	1270-1370	1810-1810	50-52
450	1180-1270	1620-171	46-48

Технологии термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 800 °С, охлаждение с печью до 550- 600 °С далее можно на воздухе. Структура - $P_{\text{зер}} + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки давлением или резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 830-850 °С, охлаждающая среда - масло, отпуск при 150-160 °С (наиболее часто используемый вариант). Структура - $M_{\text{отп.}} + K_2 + A_{\text{ост.}}$.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь ШХ15СГ

Заменители – стали ШХ15, ХВГ, ХВСГ, 9ХС.

Назначение – шарики диаметром более 50 мм, ролики диаметром более 35 мм, крупногабаритные кольца шарико- и роликоподшипников с толщиной стенки более 20-30 мм..

Критические точки: $A_{c1}=750^{\circ}\text{C}$; $A_{r1}=688^{\circ}\text{C}$ $M_H=205^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				не более			
0,95 - 1,05	0,90- 1,20	0,40- 0,65	1,30- 1,65	0,02	0,027	0,30	0,25

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 820°C , охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	Твёрдость, HRC
160	2250-2370	1960-2350	62-65
200	2130-2280	2160-2550	60-62
250	2120-2200	-	59-61
300	1860-2040	-	58-59
330	1850-1950	-	56-57

Технологии термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твердости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 800°C , охлаждение с печью до $550-600^{\circ}\text{C}$ далее можно на воздухе. Структура - $P_{\text{зер}} + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки давлением или резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при $820-840^{\circ}\text{C}$, охлаждающая среда - масло, отпуск при $150-160^{\circ}\text{C}$ (наиболее часто используемый вариант). Структура - $M_{\text{отп.}} + K_2 + A_{\text{отс.}}$.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Сталь 95X18

Назначение – шариковые и роликовые подшипники, втулки оси, стержни и другие детали, к которым предъявляются требования высокой твердости и износостойкости и работающие при температуре до 500 °С или подвергающиеся действию умеренных агрессивных сред.

Критические точки: $A_{c1}=830^{\circ}\text{C}$; $A_{cm}=1100^{\circ}\text{C}$

Химический состав, %:

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ti	Ni	Cu
				не более				
0,9-1,0	до 0,80	до 0,8	17-19	0,025	0,030	0,2	0,6	0,30

Показатели механических свойств стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 850 °С, охлаждающая среда - масло) [2]:

Температура отпуска, °С	КСУ, Дж/см ²	Твёрдость, HRC
150	-	62
200	265	59
300	285	57
400	245	56
500	205	53

Технологии термической обработки, которые могут быть использованы на различных этапах технологического маршрута изготовления деталей:

Заготовки, получаемые преимущественно в результате горячей обработки давлением, для улучшения обрабатываемости за счет снижения твёрдости и прочности, повышения пластичности и вязкости подвергаются предварительной термообработке: отжиг 2 рода с нагревом и выдержкой при 860-880°С, охлаждение с печью со скоростью не более чем 30°С в час до 500-600 °С далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 720-730 °С (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более

30 °/час). Структура - $P_{\text{зер.}} + K_1 + K_2$.

Готовые детали, получаемые из заготовок преимущественно в результате осуществления различных операций обработки резанием (точение, фрезерование, сверление и др.), для придания необходимого комплекса свойств, обеспечивающего надёжную и долговечную эксплуатацию, подвергаются окончательной термообработке: закалка с нагревом и выдержкой при 1000-1050°C, охлаждающая среда - минеральное масло. Температура отпуска выбирается индивидуально для конкретных деталей для обеспечения требуемых свойств в соответствии с конструкторской документацией. Наиболее часто используемый вариант - отпуск при 180 -200°C. Структура - $M_{\text{отп.}} + A_{\text{ост.}} + K_1 + K_2$.

Примечание: в зависимости от различных технологических факторов и применяемого термического оборудования в конкретных условиях производства могут быть использованы и другие параметры нагрева и охлаждения, а также другие виды операций при выполнении термической и химико-термической обработки.

Краткие обозначения структурных составляющих

- Ф - феррит
- П - перлит пластинчатый
- $P_{\text{зер}}$ - перлит зернистый
- C_2 - цементит вторичный
- М - мартенсит закалочный
- $M_{\text{отп.}}$ - мартенсит отпущенный
- $A_{\text{ост.}}$ - аустенит остаточный
- K_1 - карбиды первичные
- K_2 - карбиды вторичные
- С - сорбит
- Т - троостит

9. ЛИТЕРАТУРА

1. Башнин Ю.А., Ушаков Б.К., Секей А.Г. Технология термической обработки. М., Metallurgy, 1986 - 424 с.
2. Сорокин В.Г. и др. Марочник сталей и сплавов.- М.: Машиностроение, 1989 - 640 с.
3. Самохоцкий А.И., Парфеновская Н.Г. Технология термической обработки металлов. М., Машиностроение, 1976-311с.
4. Соколов К.Н., Коротич И.К. Технология термической обработки и проектирование термических цехов. М., Metallurgy, 1988 - 384 с.
5. Термическая обработка в машиностроении. Справочник /Под ред. Ю.М. Лахтина, А.Г.Рахштадта. М., Машиностроение, 1980 - 783 с.
6. Колачев Б.А., Габидусин Р.М., Питузов Ю.В. Технология термической обработки цветных металлов и сплавов. М., Metallurgy, 1980 -280 с.
7. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka stali: Spravochnik, / Под ред. М.Л. Бернштейна, А.Г. Рахштадта.М., Metallurgy, 1983 - 216с.
8. Смольников Е.А. Термическая обработка инструментов в соляных ваннах. М., Машиностроение, 1981 -271 с.
9. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Под ред. Л.С. Ляховича. - М.. Metallurgy, 1981 – 424 с.
10. Бельский Е.И., Ситкевич М.В., Понкратин Е.И., Стефанович В.А. Химико-термическая обработка инструментальных материалов. Мн., Наука и техника, 1986 - 248 с.
11. Гордиенко А.И., Гурченко П.С, Михлюк А.И., Вегера И.И. Обработка изделий машиностроения с применением индукционного нагрева. Минск, Беларус. Навука.2009. -287
12. Немененок Б.М., Гурченко П.С, Рафальский И.В. Контроль качества продукции металлургического производства. Минск, БНТУ, 2007 - 408 с.
13. Эстрин Б.М., Шумяцкий Ю.И. Контролируемые атмосферы в производстве металлопродукции. М., Metallurgy, 1991 - 301 с.
14. Солодухин А.Г. Технология, организация и проектирование термических цехов. М., Высшая школа, 1987 - 368 с.
15. Справочник по конструкционным материалам: справочник/ Б.Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б.Н. Арзамасова и Т.В.Соловьевой. - М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005 - 640 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение.....	3
2. Методические указания к изучению дисциплины.....	4
3. Программа дисциплины «Технология термической структуроизменяющей обработки».....	6
4. Задания по выполнению тем практических занятий.....	14
5. Курсовая работа, этапы выполнения.....	18
6. Контрольные вопросы для самоподготовки по дисциплине «Технология термической структуроизменяющей обработки».....	20
7. Варианты аттестационного комплекса контрольных вопросов на экзамене или зачёте по дисциплине «Технология термической структуроизменяющей обработки».....	24
8. Краткие справочные сведения по сталям, наиболее часто используемым в машиностроительном производстве при изготовлении различных видов деталей и технологиям их термической и химико-термической обработки.....	31
Часть 1. Стали, преимущественно используемые для изготовления деталей инструмента и технологической оснастки.....	31
Часть 2. Стали, преимущественно используемые для изготовления деталей транспортных средств, механизмов, оборудования.....	69
9. Литература.....	106