

# **МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«МАТИ - Российский государственный технологический  
университет имени К.Э. Циолковского»

---

Кафедра «Технология и автоматизация обработки материалов»

С.С. Пименов

П.А. Нестеров

## **ВЫБОР МАТЕРИАЛА И УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ИНСТРУМЕНТА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ТИПОВОМУ  
ИНДИВИДУАЛЬНОМУ ЗАДАНИЮ  
*(К ВЫПОЛНЕНИЮ ТИПОВОГО ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ №3)*  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ»

Москва, 2014

Пименов С.С., Нестеров П.А.  
ВЫБОР МАТЕРИАЛА И УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ  
МАШИН И ИНСТРУМЕНТА: Методические указания / С.С. Пименов, П.А.  
Нестеров. – М.: МАТИ, 2014, 16 с.

# ТИПОВОЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ: «ВЫБОР МАТЕРИАЛА И УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ИНСТРУМЕНТА»

## ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ:

- освоить научные основы принципа выбора сталей и их термообработки для конкретных деталей с заданными свойствами.

## ЗАДАНИЯ

1. Провести анализ условий работы детали или инструмента. Исходя из этого, сформулировать требования, предъявляемые к материалу.
2. Дать характеристику предложенной стали: химический состав по ГОСТу, критические точки, цель введения легирующих элементов.
3. Назначить и обосновать режимы термической обработки детали или инструмента для получения требуемых по условиям работы свойств (температура аустенитизации, охлаждающая среда, температура отпуска и т.д.).
4. Описать микроструктуру и привести механические свойства стали после окончательной термической обработки.
5. Привести другие марки сталей, из которых может быть изготовлена указанная деталь или инструмент и кратко описать их термическую обработку.

## 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для изготовления деталей машин и механизмов необходимо применять материалы, имеющие высокую прочность, надежность и долговечность. Наилучшим сочетанием данных характеристик обладают стали. Поэтому сталь

является основным материалом для изготовления деталей машин, работающих при больших нагрузках.

В зависимости от условий работы конструкционные стали должны обладать высокими механическими свойствами, поэтому углеродистые стали имеют ограниченное применение. Для изготовления ответственных деталей применяют конструкционные легированные стали, которые обладают более высокими механическими свойствами и прокаливаемостью по сравнению с углеродистыми сталями.

Назначение конструкционных легированных сталей:

- Машиностроительные – служат для производства различных деталей машин и механизмов, которые в большинстве случаев проходят термическую обработку.
- Строительные – чаще всего используются при изготовлении сварных металлоконструкций и термической обработке подвергаются в редких случаях.

В зависимости от суммарного содержания легирующих элементов различают низколегированные, содержащие не более 2,5 % легирующих элементов, среднелегированные – 2,5 – 10 % и высоколегированные стали – более 10 %.

Применение легирующих элементов существенно влияет на стоимость стали. Чаще используются конструкционные стали легируют недорогими и недефицитными элементами, такими как, кремний, марганец и хром. Для изготовления нагруженных деталей стали легируют более дорогими и дефицитными элементами: никелем, вольфрамом, молибденом, ниобием. Чем выше степень легирования стали, тем больше её стоимость.

Необходимый комплекс свойств в легированных сталях выявляется только после термической обработки, в результате которой можно получить наиболее оптимальную структуру, а, следовательно, и изменение свойств.

Легированные стали также классифицируют по структуре в отожженном и нормализованном состояниях.

По структуре в отожженном состоянии различают:

- доэвтектоидные стали, имеющие структуру легированного перлита и избыточного легированного феррита;
- эвтектоидные – перлитную структуру;
- заэвтектоидные – легированного перлита и вторичных карбидов;
- ледебуритные стали, в структуре которых присутствуют первичные карбиды.

По структуре в нормализованном состоянии легированные стали подразделяют на три класса:

- перлитный (1 класс);
- мартенситный (2 класс);
- аустенитный (3 класс).

Образование данных классов легированной стали можно проиллюстрировать диаграммой изотермического превращения, на которой нанесена кривая охлаждения на воздухе (рисунок 1).

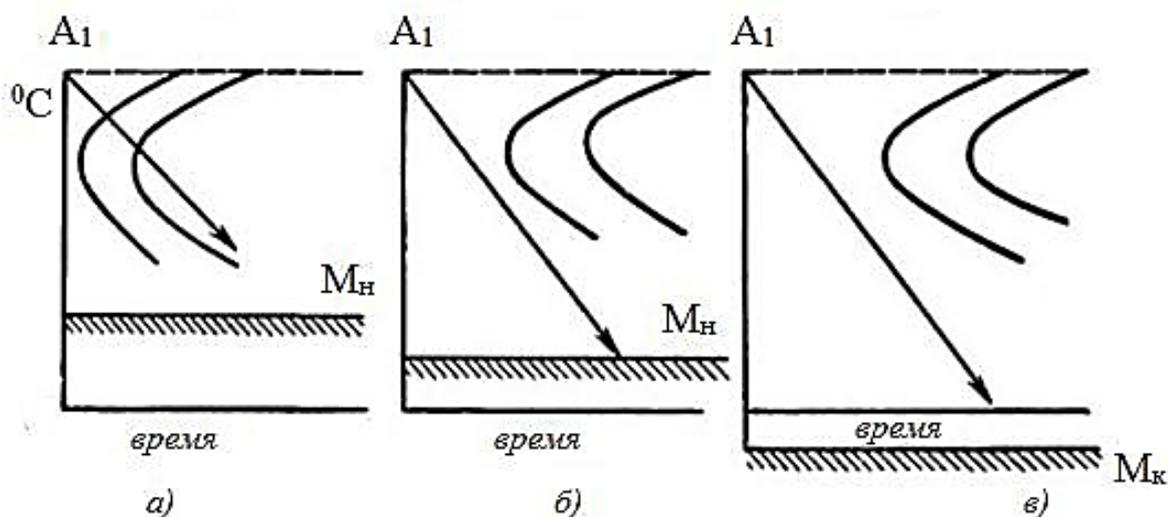


Рисунок 1 – Диаграмма изотермического распада:

а – перлитный класс, б – мартенситный класс, в – аустенитный класс

- Перлитный класс. К данному классу относятся стали с низким содержанием легирующих элементов (ЛЭ <5%), при этом кривая нормализации данных сталей пересекает кривую изотермического превращения в зоне

образования феррито-цементитной смеси, с образованием сорбита, троостита или же с образованием перлита.

- Мартенситный класс включает стали, в которых содержание легирующих находится на среднем уровне ( $5\% < \Sigma \text{ЛЭ} < 13\%$ ), при этом кривая нормализации не должна пересекать кривую изотермического превращения, при этом происходит переохлаждение аустенита, в результате этого образуется структура.

- Аустенитный класс. К данному классу относят стали с высоким содержанием легирующих элементов ( $\Sigma \text{ЛЭ} \geq 13\%$ , среди которых имеются  $\gamma$ -стабилизаторы структура), при этом кривая изотермического превращения, как и у сталей мартенситного класса, сдвинута вправо, но точка мартенситного превращения понижена и расположена ниже комнатной температуры. Так как кривая нормализации не пересекает кривую изотермического превращения и не доходит до точки мартенситного превращения в структуре стали сохраняется аустенит.

На рисунке 2 представлена диаграмма разделения никелевой стали по структуре.

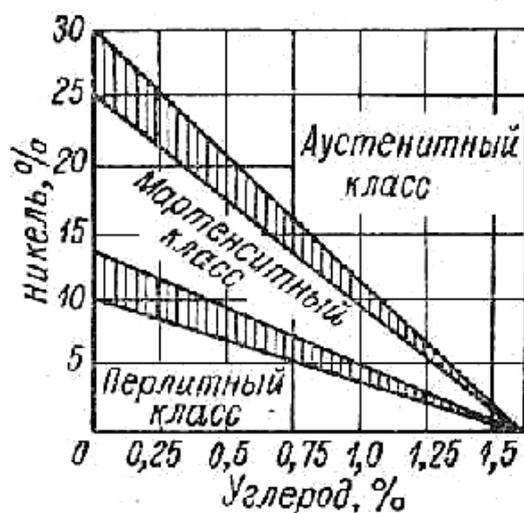


Рисунок 2 – Диаграмма разделения никелевой стали по структуре

Высоколегированные стали, не содержащие  $\gamma$ -стабилизаторов, после нормализации будут иметь ферритную или ледебуритную структуру.

По отношению к углероду легирующие элементы разделяются на две группы:

- элементы, образующие с углеродом устойчивые химические соединения – карбиды (хром, марганец, молибден, вольфрам, ванадий, титан); карбиды могут быть простые (например,  $\text{Cr}_4\text{C}$ ,  $\text{Mo}_2\text{C}$ ) или сложные легированные (например,  $(\text{FeCr})_7\text{C}_3$  и др.); твердость их обычно выше твердости карбида железа, а хрупкость ниже;

- элементы, не образующие в присутствии железа карбидов и входящие в твердый раствор – феррит (никель, кремний, кобальт, алюминий, медь).

Конструкционные стали должны иметь хорошие технологические свойства, такие как, хорошая обрабатываемость давлением, и резанием, обладать высокой прокаливаемостью, иметь малую склонность к деформациям и трещинообразованию при закалке и др.

Строительные конструкционные стали должны обеспечивать хорошую свариваемость.

## 2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Работа выполняется в соответствии с вариантом, указанным преподавателем (таблица). Выбор материала включает следующие стадии:

- анализ условий эксплуатации и технологии обработки данной детали. В результате анализа необходимо сформулировать требования к материалу по эксплуатационным и технологическим свойствам, обеспечивающие надежность деталей;

- определение группы сталей, обладающих свойствами, наиболее близкими к требуемым (конструкционные и инструментальные стали, стали с

особыми физическими и химическими свойствами), и окончательный выбор марки в соответствии с указанными выше требованиями:

- описание технологии изготовления детали или инструмента из выбранного сплава, рассмотрев возможности улучшения свойств путем термической, химико-термической или термомеханической обработки и обосновав выбор того или иного вида обработки.

При выборе материала необходимо использовать справочную литературу.

Таблица 1 – Задания к домашней работе № 3

Вариант	Требования, предъявляемые к детали
Вариант 1	Ходовой винт токарного станка изготовлен из стали 9ХВГ.
Вариант 2	Фрезы для резки деревообработки изготовлены из стали 9ХС.
Вариант 3	Длинный стержневой инструмент с поперечным сечением до 35 мм изготовлен из стали ХВСГ.
Вариант 4	Отрезные и резьбовые резцы токарного станка и сверла изготовлены из стали Р6М5.
Вариант 5	Резцы обдирочные металлообрабатывающего станка изготовлены из стали Р9.
Вариант 6	Вытяжные штампы для холодной обработки давлением металла изготовлены из стали ХВГ.
Вариант 7	Крупные штампы сложной формы для холодной обработки металла давлением изготовлены из стали Х12М.
Вариант 8	Молотовые штампы для горячей обработки металла давлением изготовлены из стали 5ХНМ.
Вариант 9	Штампы для горячей высадки металла изготовлены из стали 3Х2В8Ф.
Вариант 10	Молотовые штампы для горячей обработки металла давлением изготовлены из стали 5ХНВС.
Вариант 11	Прессформы для литья под давлением цветных сплавов изготовлены из стали 4Х5В2ФС.
Вариант 12	Для армирования железобетонных конструкций применены прутки из стали 25Г2С.
Вариант 13	Шарики, ролики и кольца подшипников изготовлены из стали 95Х18.
Вариант 14	Валик водяного насоса двигателя внутреннего сгорания изготовлен из стали 12Х13.
Вариант 15	Поршневые пальцы двигателя внутреннего сгорания изготовлены из стали 12ХНЗА.

Вариант	Требования, предъявляемые к детали
Вариант 16	Рессоры грузовых автомобилей изготовлены из стали 60С2.
Вариант 17	Крестовина карданного вала автомобиля изготовлена из стали 15Х.
Вариант 18	Шестерни коробки скоростей металлорежущих станков изготовлены из стали 40ХН.
Вариант 19	Траки гусеничных машин изготовлены из стали 110Г13Л.
Вариант 20	Лопасты гидротурбин и гидронасосов электростанций изготовлены из стали 12Х18Н9Т.
Вариант 21	Выпускные клапаны автомобильных двигателей изготовлены из стали 40Х9С2.
Вариант 22	Шатуны тракторных двигателей изготовлены из стали 40ХН2МА.
Вариант 23	Кольца шарикоподшипников изготовлены из стали ШХ15СГ.
Вариант 24	Рессоры легкового автомобиля изготовлены из стали 50ХГФА.
Вариант 25	Тяжело нагруженные пружины ответственного назначения изготовлены из стали 70С3А.
Вариант 26	Червяк рулевого управления автомобиля изготовлен из стали АС30ХМ.
Вариант 27	Торсионные валы сечением до 100 мм изготовлены из стали 45ХН2МФА.
Вариант 28	Коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания изготовлены из стали 45ХН.
Вариант 29	Зубчатые колеса коробок перемены передач автомобилей изготовлены из стали 18ХГТ.
Вариант 30	Гильзы цилиндров двигателей внутреннего сгорания изготовлены из стали 38Х2МЮА.
Вариант 31	Полуоси легковых автомобилей изготовлены из стали 45 Г.
Вариант 32	Червяк привода спидометра изготовлен из стали 20ХН3А.
Вариант 33	Шестерни коробки передач автомобиля изготовлены из стали 18ХГТ.
Вариант 34	Коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания изготовлены из стали 18Х2Н4ВА.
Вариант 35	Пружины крупных прессов и станков изготовлены из стали 50ХГА.
Вариант 36	Емкости и трубопроводы, используемые в химической промышленности, изготовлены из стали 08Х18Н10.
Вариант 37	Шарики, ролики и кольца подшипников изготовлены из стали 12ХН3А.
Вариант 38	Диски плугов, луцильников сельскохозяйственных машин изготовлены из стали 70Г.

Вариант	Требования, предъявляемые к детали
Вариант 39	Кольца диаметром 200...250 мм крупногабаритных подшипников изготовлены из стали 20Х2Н4А.
Вариант 40	Зубчатые колеса главной передачи трансмиссии автомобиля ЗИЛ изготовлены из стали 20ХН2М.
Вариант 41	Цилиндрические и конические зубчатые колеса редуктора заднего моста грузовых автомобилей изготовлены из стали 30ХГТ.
Вариант 42	Зубчатое колесо включения переднего моста полноприводного автомобиля УАЗ изготовлено из стали 25ХГМ.
Вариант 43	Кулаки шарнира переднего ведущего моста автомобилей ГАЗ изготовлены из стали 27ХГР.
Вариант 44	Карданные валы автомобилей изготовлены из стали 40Г2.
Вариант 45	Рычаг переключения передач автомобиля изготовлен из стали 40ХС.
Вариант 46	Полуоси ведущих мостов автомобилей ЗИЛ изготовлены из стали 40ХГТР.
Вариант 47	Промежуточная шестерня заднего хода коробки перемены передач автомобиля изготовлена из стали АС19ХГН.
Вариант 48	Зубчатые колеса коробки перемены передач автомобиля ВАЗ изготовлены из стали АЦ20ХГНМ.
Вариант 49	Запорные иглы поплавковой камеры карбюратора изготовлены из стали 30Х13.
Вариант 50	Хирургический инструмент (скальпель и др.) изготовлен из стали 40Х13.

### 3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название, цель работы и задание.
2. Выбор материала для предложенных деталей.
3. Обоснование правильности выбора материала для предложенных деталей с выводами о сравнительных преимуществах выбранного материала и его обработки перед другими возможными вариантами.

## 4 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ

Отчет должен содержать как можно более полную информацию о технологии, проблемах производства, перспективах и направлениях его совершенствования.

Пояснительная записка может содержать следующие разделы:

- 1) реферат;
- 2) содержание;
- 3) введение;
- 4) описание существующих технологий;
- 5) предложение варианта технологии (если есть);
- 6) заключение;
- 7) список литературы;
- 8) приложения (если необходимы).

### 4.1 РЕФЕРАТ

Реферат формулирует постановку проблемы, в нем кратко обозначается главная идея работы, содержание пояснительной записки, описывается существующая графическая часть, указывается количество страниц, таблиц, рисунков, приложений и библиографических наименований в списке литературы. Также в реферате указываются ключевые слова для данной работы.

### 4.2 СОДЕРЖАНИЕ

Содержание оформляется в соответствии с требованиями, представленными в пункте «Требования к оформлению работы». Оно должно отражать все основные главы и подглавы пояснительной записки. В конце

содержания должны быть ссылки на список используемой литературы и на приложения, если они имеются.

### 4.3 ВВЕДЕНИЕ

Введение пишется с ориентировкой на выбранную тематику, оно необходимо для более конкретного обозначения проблемы, решаемой в работе, ее особенностей и сложности. Во введении можно кратко описать существующую ситуацию на рынке продукции, на производстве в России и за рубежом. Необходимо рассказать про области применения данной продукции, перспективах ее использования.

### 4.4 ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В данной главе проводится описание известных технологических вариантов производства продукции, рассматриваются их особенности, преимущества и недостатки. Если рассматривается стандартное серийное производство, например, производство катанки, сварных труб, проволоки определенных размеров и т. д., то необходимо привести соответствующие ГОСТы или ТУ предприятий на продукцию с указанием требований к характеристикам изделия.

Кроме тех технологий, которые реализуются в России, могут существовать зарубежные варианты. Они тоже описываются, анализируются и сравниваются с отечественными. Если требования зарубежных стандартов к качеству продукции различаются с отечественными, то по возможности рекомендуется их привести в пояснительной записке.

Кроме того, нужно обратить внимание на оборудование, применяемое в различных технологических вариантах. Для разных технологий возможно

применение различных станов, машин, агрегатов. Рекомендуется приводить схемы технологических процессов, рисунки, таблицы и т. п.

#### 4.5 ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Из всех рассмотренных технологий необходимо выбрать один вариант, который является наиболее перспективным. Главными критериями эффективности обычно является производительность, энерго-эффективность, выход годного, качество продукции. По возможности необходимо проанализировать по каким-либо признакам все технологические варианты и выбрать лучший. В главе необходимо привести критерии, по которым был произведен выбор определенного технологического варианта, обосновать свой выбор.

Нужно подробно описать данную технологию, ее преимущества и недостатки, оборудование, можно привести технологическую схему процесса, параметры основных формоизменяющих машин и агрегатов, позволяющих достичь высокого качества продукции, и т. д.

#### 4.6 ПРЕДЛОЖЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИИ

Если в процессе изучения технологических вариантов возникли предложения по совершенствованию технологии изготовления продукции, то необходимо описать предлагаемый вариант и показать актуальность внесенных изменений.

Вариант технологии может кардинально отличаться от существующих, а может расходиться с каким-либо вариантом на одном или нескольких технологических этапах. Оригинальные технологические предложения описываются достаточно подробно, обосновывается рациональное применение

новых приемов и методов и делается заключение о патентоспособности предложений.

#### 4.7 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении необходимо обобщить все проанализированные технологии и сделать соответствующие выводы. Также в заключении обозначается и обосновывается наиболее перспективная технология производства соответствующего изделия, по мнению студента. Кроме этого, рекомендуется сделать краткое техническое заключение о решении конкретных проблем в области техники и технологии изготовления конкретной продукции.

#### 4.8 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ

В списке литературы указываются все литературные источники, используемые при выполнении работы. Это могут быть учебные пособия, справочники, журналы, материалы конференций, патенты. Для интернет-ресурсов необходимо указать адреса сайтов фирм и предприятий, используемые в работе. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок в тексте.

В приложения следует включать материалы, связанные с выполненной работой, но по каким-либо причинам не вошедшие в основной текст пояснительной записки, например, полные тексты патентов и журнальных статей, содержание которых помогает, по мнению автора, более полно раскрыть особенности тематики данной работы.

## 4.9 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ

Пояснительная записка к работе должна содержать от 10 до 20 страниц основного текста и быть оформлена в соответствии с требованиями стандарта предприятия. Тексты статей и патентов, способствующие раскрытию тематики и обоснованию рационального выбора перспективной технологии, выносятся в приложения к пояснительной записке. Нумерация страниц во всей записке, включая приложения, сквозная. Нумерация рисунков и таблиц в приложениях своя для каждого приложения.

### 5 ПРИМЕР

Выбрать сталь для изготовления вала диаметром 70 мм. Вал двигателя предназначен для работы с большими нагрузками. Предложить режим термообработки, выбранной стали.

Стали: Ст4, 45, 40X, 40ХН, У10.

1. Анализ условий эксплуатации и требования к материалу. Вал работает в условиях повышенных напряжений, поэтому по всему сечению материал должен иметь высокую прочность и достаточную пластичность, вязкость ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_{0,2}$ ,  $\varphi$ ,  $\delta$ ). Необходимо выбрать конструкционную сталь с высокой прокаливаемостью. Для получения комплекса прочностных свойств вал необходимо термически обработать.

2. Из предназначенных материалов к конструкционным сталям относятся Ст4, 45, 40X и 40ХН.

Ст 4 - сталь обыкновенного качества с повышенным содержанием серы и фосфора, имеет низкое сопротивление ударным нагрузкам. Для изготовления ответственной детали применение недефицитной, дешевой стали нерационально.

Сталь 45 - качественная, может подвергаться термообработке, но имеет низкую прокаливаемость (до 10-15 мм).

Сталь 40ХН имеет прокаливаемость до 75 мм и может обеспечить необходимое сочетание прочности и пластичности по всему сечению вала. Для изготовления вала двигателя выбираем сталь 40ХН.

3. Технология обработки детали и термическая обработка: а) отжиг сортового металла для снижения твердости;

б) изготовление вала путем механической обработки; в) термическая обработка.

Закалка от 820 - 840°С в масле. Охлаждение в масле необходимо для уменьшения напряжений и деформации изделия при закалке. После закалки сталь имеет мартенситную структуру и твердость не ниже HRC 55, после чего следует отпуск при 500 - 540 °С. Для предупреждения отпускной хрупкости после нагрева деталь следует охладить в масле. Однородная по всему сечению структура сорбита отпуска позволяет получить требуемое сочетание прочности и пластичности.

## 5.1 ВАРИАНТ 9. ШТАМПЫ ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ ВЫСАДКИ МЕТАЛЛА ИЗГОТОВЛЕННЫ ИЗ СТАЛИ 3Х2В8Ф.

### **Введение**

Марка: 3Х2В8Ф

Класс: Сталь инструментальная штамповая

Использование в промышленности: 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.

Таблица 1 - Химический состав, % [1, глава II]

<b>C</b>	0,3 - 0,4
<b>Si</b>	0,15 - 0,4
<b>Mn</b>	0,15 - 0,4
<b>S</b>	до 0,03
<b>P</b>	до 0,03
<b>Cr</b>	2,2 – 2,7
<b>Mo</b>	До 0,5
<b>V</b>	0,2 – 0,5
<b>W</b>	7,5 – 8,5
<b>Cu</b>	До 0,03
<b>Fe</b>	~87

Расшифровка марки стали 3X2B8Ф: цифра 3 говорит о содержании 0,03% углерода, буква X говорит о том, что перед нами инструментальная легированная сталь с содержанием хрома около 2% и содержанием 8% ванадия.

Содержание хрома повышает режущие свойства и износостойкость, увеличивает прочность и прокаливаемость стали, что особенно важно для крупных пуансонов и матриц. При наличии свыше 2,5% повышает устойчивость стали против отпуска, особенно при нагреве инструмента до температур, выше 300° С.

Сталь 3X2B8Ф наряду с марками 2X6B8M2K8, 3X10B7M2K10, 5X3B3MФC(ДИ-23) относится к классу высокотеплостойких сталей. Эти стали содержат большое количество присадок вольфрама, молибдена, ванадия и кобальта (от 8 до 15%). При нагревании легирующие элементы связывают углерод в карбиды, что обеспечивает устойчивость структуры материала при повышенных температурах. Упрочненный твердый раствор имеет карбидную или интерметаллидную структуру.

Сталь 3X2B8Ф близка к быстрорежущей стали Р9, но имеет более высокую вязкость благодаря низкому содержанию углерода. В отожженной стали имеется около 12% труднорастворимого карбида М6С. Закаливая сталь в масле от 1050 - 1100 °С, растворяют в аустените около 7% карбидов, обогащая его углеродом, вольфрамом и хромом. После закалки структура состоит из легированного мартенсита, 5% избыточных карбидов и небольшого количества остаточного

аустенита, HRC 48-50. После отпуска при 600 - 620 °С структура состоит из троостита и 5% избыточных карбидов, HRC 38-44. Карбид М6С коагулирует лишь при температурах выше 600 °С, что обеспечивает высокую красностойкость и жаропрочность.

Легирование хромом (до 2,7%) стали 3Х2В8Ф положительно влияет на следующие характеристики штамповой стали: прокаливаемость, склонность к вторичному твердению, теплостойкость и т.д. По мере повышения его концентрации в твердом растворе существенно возрастает устойчивость аустенита как в перлитной, так и в промежуточной областях, качественно изменяется вид С-образных кривых.

В хромистых сталях наряду с цементитом образуется два специальных карбида: гексагональный (тригональный)  $Me_7C_3$  и кубический  $Me_{23}C_6$ . В комплекснолегированных сплавах хром вследствие повышения фазового наклепа при закалке и непосредственного участия в формировании упрочняющей фазы сильно усиливает эффект вторичного твердения. Хром способствует сохранению высокого сопротивления пластической деформации при нагреве до 400-500°С. Пределы прочности и текучести составляют 80% от их значений при 20°С. Кроме того, хром повышает устойчивость против окисления при нагреве до 600-650°С и против разъедающего действия ряда сред.

В штамповых сталях для горячего деформирования необходимо жесткое регламентирование содержания хрома, так как он ускоряет их разупрочнение, начиная с 2-3%, что связано со значительным возрастанием скорости коалесценции карбидов.

Учитывая вышеприведенные факторы, содержание хрома в штамповых сталях повышенной (4Х5МФС, 4Х4ВМФС(ДИ-22)) и высокой теплостойкости (типа 4Х2В5ФМ(ЭИ-959), 5Х3В3МФС(ДИ-23)) ограничивают, как правило 2-3% Cr.

Вольфрам эффективно повышают теплостойкость стали 3Х2В8Ф. Теплостойкость штамповых сталей для горячего деформирования возрастает наиболее значительно при увеличении содержания вольфрама до 8%.

Вольфрам задерживают коагуляцию карбидов, выделяющихся по границам зерен и некоторым кристаллографическим плоскостям, и усиливают дисперсионное твердение при отпуске, но при увеличении их содержания ухудшается вязкость. Это отрицательное влияние вольфрама значительнее его измельчающего воздействия на зерно. Вольфрам усиливает также карбидную неоднородность, из-за чего дополнительно снижаются механические свойства в крупных сечениях.

Ванадий оказывает эффективное влияние на процессы собирательной рекристаллизации и существенно уменьшает чувствительность штамповых сталей к перегреву.

На механические свойства ванадий оказывает неоднозначное влияние. Уменьшая чувствительность к перегреву, при содержаниях до 1% он может повышать прочность и пластичность высокоуглеродистых и среднеуглеродистых (~ 0,4% С) штамповых сталей. При этом увеличение содержания ванадия с 0,4 до 0,8% усиливает дисперсионное твердение и улучшает теплостойкость, но снижает вязкость. Вследствие интенсивного развития дисперсионного твердения, наступающего при увеличении количества ванадия с 0,35 до 1%, вязкость снижается с 2,3-2,5 до 1,6-1,8 кгЧм/см<sup>2</sup> при 20° С и с 3,8-4,0 до 3-3,5 кгЧм/см<sup>2</sup> при 650°С. По этой причине сталь 3Х2В8Ф относят к штамповым теплостойким сталям высокой вязкости.

## **1 Штамповые стали**

Для обработки металлов давлением применяют инструменты — штампы, пуансоны, ролики, валики и т. д., деформирующие металл. Стали, применяемые для изготовления инструмента такого рода, называют штамповыми сталями (по виду наиболее распространенного инструмента).

Штамповые стали делятся на две группы: деформирующие металл в холодном состоянии и деформирующие металл в горячем состоянии. Условия работы стали при различных видах штамповки сильно различаются между

собой. Для штамповки в холодном состоянии сталь, из которой изготавливают штампы, обычно должна обладать высокой твердостью, обеспечивающей устойчивость стали против истирания, и вязкость, особенно для пуансонов, имеет также первостепенное значение. Кроме перечисленных свойств, от стали, из которой изготавливают штампы больших размеров, требуется повышенная прокаливаемость.

Сталь, применяемая для штампов и пуансонов сложных конфигураций, должна мало деформироваться при закалке. Ввиду многочисленных и разнообразных требований, предъявляемых к штампам в зависимости от их назначения, применяют стали различных марок, начиная от простых углеродистых и кончая сложнелегированными.

## **2 Стали для горячей высадки и их термическая обработка**

Штамповые стали горячего деформирования работают в тяжелых условиях, испытывая интенсивное ударное нагружение, периодический нагрев и охлаждение поверхности. Основным признаком штамповых сталей горячего деформирования является более низкое по сравнению со сталями для инструментов холодного деформирования содержание углерода (0,3 - 0,6%), что предопределяется повышенными требованиями к ним относительно вязкости и разгаростойкости.

От них требуется сложный комплекс эксплуатационных и технологических свойств. Кроме достаточной прочности, износостойкости, вязкости и прокаливаемости (для крупных штампов) эти стали должны обладать также теплостойкостью, окалиностойкостью и разгаростойкостью (устойчивость к образованию поверхностных трещин, вызываемых объемными изменениями в поверхностном слое при резкой смене температур). Разгаростойкость обеспечивается снижением содержания углерода в стали, которое сопровождается повышением пластичности, вязкости, а также

теплопроводности, уменьшающий разогрев поверхностного слоя и термические напряжения в нем.

Критерии конструкционной прочности, надежности, долговечности, определяющие работоспособность типовых деталей:

а) Конструкционная прочность - комплексная характеристика, включающая сочетание критериев прочности, надежности и долговечности.

На конструкционную прочность влияют следующие факторы:

конструкционные особенности детали (форма и размеры);

механизмы различных видов разрушения детали;

состояние материала в поверхностном слое детали;

процессы, происходящие в поверхностном слое детали, приводящие к отказам при работе.

Необходимым условием создания деталей при экономном использовании материала является учет дополнительных критериев, влияющих на конструкционную прочность. Этими критериями являются надежность и долговечность.

б) Надежность - свойство изделий, выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого времени или сопротивление материала хрупкому разрушению.

в) Долговечность - способность материала сопротивляться развитию постепенного разрушения, обеспечивая работоспособность деталей в течение заданного ресурса времени.

Рассматриваемые в задании детали, сделанные из выбранных мной марок штамповых сталей горячего деформирования, работают в тяжелых условиях, испытывая интенсивное ударное нагружение, периодический нагрев и охлаждение поверхности, эти стали должны обладать также теплостойкостью, окалинотойкостью и разгаростойкостью.

Теплостойкость - способность материалов сохранять жёсткость и другие эксплуатационные свойства при повышенных температурах, определяет износостойкость и сопротивление термической усталости;

Окалиностойкость - способность материала противостоять химическому разрушению поверхности под воздействием воздушной или газовой среды при высоких температурах;

Разгаростойкостью - (сопротивление термической усталости) определяется сопротивлением стали образованию поверхностных трещин под нагрузкой при многократном нагреве и охлаждении.

*Особенности структуры, химического состава и свойств заданной группы материалов*

По условиям работы и уровню основных свойств стали подразделяют на три основных группы: умеренной теплостойкости и повышенной вязкости; повышенной теплостойкости и вязкости; высокой теплостойкости;

Стали умеренной теплостойкости и повышенной вязкости (5ХНМ, 5ХНВ, 5ХНВС, 5ХГМ, 4ХМФС, 4ХМНФС, 3Х2МНФ, 5Х2МНФ) относят к доэвтектоидной (до 0,8 % С) группе. Содержание карбидообразующих элементов в сталях минимально (до 7 – 9 %), что исключает возникновение карбидной неоднородности даже в крупных сечениях. В небольших количествах (до 3 %) могут образовываться более термостойкие карбиды  $Me_6C$ ,  $MeC$ ,  $M_{23}C_6$ , вызывающие вторичное твердение. Поэтому теплостойкость сталей невысокая.

Стали 5ХНМ, 5ХНВ, 5ХНВС, 5ХГМ сохраняют предел текучести до 1000 Мпа при нагреве до 350-375 С, а стали 4ХМНФС, 3Х2МНФ, 5Х2МНФ при нагреве до 400 - 425 С вследствие карбидов  $Me_6C$ ,  $MeC$ ,  $M_{23}C_6$

Стали повышенной теплостойкости и вязкости (4Х5МФС, 4Х5МФ1С, 4Х5В2ФС, 4Х3ВМФ, 3Х3М3Ф) относят к заэвтектоидным, так как содержание первичных карбидов в них мало. В отожженном состоянии доля карбидной фазы ( $Me_6C$ ,  $VC$ ,  $M_{23}C_6$ ) составляет 6 - 12%. Теплостойкость сталей повышается с увеличением в структуре количества карбидов  $Me_6C$ ,  $VC$ , то есть при повышении концентрации вольфрама, молибдена и ванадия.

Стали высокой теплостойкости (4Х2В5МФ, 5Х3В3МФС, 2Х6В8М2К8) относят к заэвтектоидным. Стали 4Х2В5МФ и 5Х3В3МФС образуют группу

сталей с карбидным упрочнением, а стали типа 2Х6В8М2К8 - с карбидоинтерметаллидным. Содержание карбидной фазы в сталях 4Х2В5МФ и 5Х3В3МФС составляет 10 - 13 % ( $Me_6C$ ,  $MC$ ), в стали 2Х6В8М2К8 - только 6 - 7 % ( $Me_6C$ ), также дополнительно содержится интерметаллид  $(Fe, CO)_7W_6$ .

*Система легирования (назначения легирующих элементов)*

Хром (Cr) - повышает износостойкость, увеличивает прочность и прокаливаемость стали, что особенно важно для крупных пуансонов и матриц. При наличии свыше 2,5% повышает устойчивость стали против отпуска, особенно при нагреве инструмента до температур, выше 300° С. Вместе с марганцем уменьшает коробление при закалке.

Никель (Ni) - наряду с хромом он значительно увеличивает прокаливаемость стали и придает вязкость.

Марганец (Mn) - повышает прокаливаемость стали. В сочетании с хромом уменьшает коробление при закалке, но увеличивает склонность стали к перегреву. Марганец, как более дешевый легирующий элемент, является заменителем никеля.

Вольфрам (W) - введенный в сталь для пресс-форм и штампов для горячего деформирования повышает твердость, износостойкость стали и теплостойкость, необходимые для предупреждения отпускной хрупкости второго рода, которую в больших сечениях нельзя устранить быстрым охлаждением. Вольфрам и Молибден измельчают зерно и уменьшают склонность стали к перегреву.

Молибден (Mo) - вводится в высокохромистую сталь для увеличения ее вязкости и повышения прокаливаемости. (в отличие от вольфрама, который увеличивает ее слабее).

В штампах для горячего деформирования предохраняет от отпускной хрупкости, но резко повышает чувствительность стали к обезуглероживанию.

Ванадий (V) - уменьшает хрупкость закаленной стали, предохраняет сталь от перегрева при закалке. В количестве свыше 1% в сочетании с хромом значительно повышает устойчивость против воздействия высоких температур.

Кремний (Si) - увеличивает прокаливаемость стали, повышает стойкость против отпуска, но способствует обезуглероживанию при нагреве.

Эффективным для штамповых сталей горячего деформирования является комплексное легирование, при котором в стали наряду с карбидообразующими элементами вводятся также никель или марганец в пределах 1,0 ч 1,5 % для повышения ударной вязкости, разгаростойкости, прокаливаемости и кремний до 1 % для увеличения окалиностойкости и прочности.

#### *Применяемая термическая обработка*

Термическая обработка сталей для изготовления молотовых штампов представляет собой ответственную операцию. После изотермического отжига и механической обработки их нагревают под закалку до 820 - 880 С, применяя засыпки и обмазки для предохранения от окисления и обезуглероживания, так как время нагрева может составлять 20 - 25 ч. Для снижения термических напряжений небольшие штампы охлаждают на воздухе, остальные после подстуживания до 750 - 780 С в масле по способу прерывистой закалки. Не остывшие полностью штампы переносят в печь для отпуска.

Также для заготовок крупных штампов проводят отжиг с целью устранения флокеночувствительности и измельчения зерна аустенита сталей проводят при 760 – 790 °С для сталей 5ХНМ, 5ХНВ, 5ХГМ, при 790 – 820 °С для стали 5ХНВС, при 800 - 820 °С для сталей 4ХМФС, 5Х2МНФ и при 820 - 840 °С для стали 3Х2МНФ. Время выдержки при отжиге 1 час плюс 1,5 минуты на 1 мм толщины.

Оптимальные температуры закалки устанавливают на основе определенного соотношения между твердостью и зерном аустенита, размер которого существенно влияет на ударную вязкость стали. Для молотовых штампов с наименьшей стороной не более 200 - 250 мм при получении после закалки структуры мартенсита желательно иметь зерно аустенита не крупнее 9-10 номера. При большем размере штампов, когда образуется смешанная бейнитно - мартенситная структура, лучший комплекс свойств достигается при зерне аустенита не крупнее 11 номера. Температуру отпуска назначают в

зависимости от габаритов штампа и условий эксплуатации. Образование верхнего бейнита при закалке штампов высотой более 300 мм снижает твердость и теплостойкость. При этом в сталях 5ХНМ, 5ХНВ, 5ХНВС сохраняется, а сталей 4ХМФС, 3Х2МНФ, 5Х2МНФ уменьшается (бейнитная хрупкость). Поэтому необходимо проводить отпуск. Для сталей 5ХНМ, 5ХГМ проводят средний отпуск, а для сталей 5ХН, 4ХМФС, 5Х2МНФ - высокий отпуск.

Стали 5ХНМ (5ХНВ) характеризуются невысокой устойчивостью против роста зерна аустенита, так как их карбидная фаза представлена в основном легкорастворимыми частицами типа  $M_3C$ . До более высоких температур (980--1020°C) сохраняют мелкое зерно стали 4ХСМФ и 5Х2МНФ, содержащие в структуре наряду с цементитом карбиды типа  $M_6C$  и  $MC$ . Твердость после закалки повышается до определенных температур аустенитизации, соответствующих наиболее интенсивному растворению карбидов. При дальнейшем увеличении температуры (свыше 900 - 950°C для сталей 5ХНМ, 3Х2МНФ и 1000 - 1050°C для сталей 4ХСМФ, 5Х2МНФ) она изменяется мало или понижается вследствие увеличения в структуре количества остаточного аустенита.

Обычно штампы из сталей этой группы для получения необходимых прочности, теплостойкости и вязкости нагревают под закалку до температур, обеспечивающих сохранение зерна аустенита не крупнее №9 - 10. Однако эти рекомендации справедливы в основном для небольших молотовых штампов (стороной, диаметром не более 200--250 мм) со структурой мартенсита после закалки или более крупных прессовых штампов с неглубокой рабочей гравюрой, работающих без ударных нагрузок. Для крупногабаритных молотовых штампов со смешанной бейнитно-мартенситной структурой после закалки, неизбежно получаемой при замедленном охлаждении после аустенитизации и значительно снижающей вязкость стали, они нуждаются в уточнении. В этом случае (штампы со стороной диаметром более 200 мм) лучшее сочетание прочности, теплостойкости и вязкости сталей достигается после получения зерна аустенита не крупнее № 10-11.

Структура сталей после закалки определяется их химическим составом и условиями охлаждения после аустенитизации, зависящими в свою очередь от размеров штампов, охлаждающей способности среды.

#### *Влияние хрома*

Хром положительно влияет на ряд характеристик штамповых сталей (прокаливаемость, склонность к вторичному твердению, теплостойкость и т.д.). По мере повышения его концентрации в твердом растворе существенно возрастает устойчивость аустенита как в перлитной, так и в промежуточной областях. При снижении содержания хрома с 5 до 3% изменяется состав карбидных фаз; в стали с 3% хрома присутствуют карбиды  $Me_3 C$  наряду с карбидами  $Me_{23} C_6$  и  $Me_6 C$ , что немного уменьшает теплостойкость и предел текучести при температурах выше 400-500°С.

#### *Влияние вольфрама и молибдена*

Увеличение концентрации вольфрама повышает теплостойкость до определенных пределов. Такими пределами являются 1,0-2% W в сталях типа 4X4BMFC и ~ 3% в сталях типа 5X3B3Ф2МС. Содержание молибдена, как правило, составляет 1,5-3%. Молибден в этих сталях заменяет вольфрам в соотношении 1: 2.

Стали, в которых молибден заменяет более 2-3% W, имеют меньшую карбидную неоднородность. Молибден при замене 3-4% W (и одинаковом ванадии) почти не изменяет теплостойкости, вследствие чего прочностные свойства вольфрамомолибденовых сталей при нагреве такие же, как вольфрамовых. Выбор конкретный соотношений между вольфрамом и молибденом определяется условиями эксплуатации инструмента, и он должен быть экономически обоснован.

#### *Влияние ванадия*

Ванадий оказывает эффективное влияние на процессы собирательной рекристаллизации и существенно уменьшает чувствительность штамповых сталей к перегреву. В относительно невысоколегированных сталях (типа 5XHM и др.) его действие оказывается заметным уже при содержании порядка 0,10-

0,30%. Для других групп сталей, содержащих карбиды типа  $M_7 C_3$ ,  $M_6 C$ ,  $M_{23} C_6$ , требуется большее количество ванадия для существенного смещения температур начала интенсивного роста зерна.

Ванадий, также, как и хром, обладает сильно выраженной склонностью к дендритной ликвации, но в отличие от него ванадий благоприятно влияет на дисперсность и характер распределения первичных карбидов в высокоуглеродистых сталях.

#### *Влияние кремния*

Кремний является ферритообразующим элементом и «выклинивает» область существования  $\gamma$ -железа в сплавах системы Fe - Si уже при содержании около 2%. Аналогично влияет он на диаграмму состояния углеродистых сталей (0,5-1% C), однако в этом случае полное завершения  $\delta > \gamma$ -превращения достигается при содержаниях 3-5% кремния. Не образуя в сплавах на основе железа соединений с углеродом, кремний практически не оказывает влияния на тип и состав карбидов в штамповых сталях, но вызывает их укрупнение в отожженном состоянии.

#### *Влияние никеля и марганца*

Легирование сталей никелем и марганцем повышает прокаливаемость. Этим определяется целесообразность легирования ими штамповых сталей, предназначенных для изготовления крупногабаритных инструментов. Мало изменяя чувствительность к перегреву и, как следствие, оптимальные температуры закалки, никель и марганец сильно понижают критическую скорость охлаждения.

Никель эффективно повышает пластичность, что очень важно для материалов, испытывающих воздействие динамических нагрузок.

### 3 Термообработка

Таблица 2 – Режимы термической обработки штампов [2, глава VII]

Марка стали	Температура закалки, °С	HRC	Температура отпуска, °С	HRC после отпуска
3X2B8Ф	1100-1140	54-56	640-650 600-625	45-46 48-50
4X5B2ФС	1060-1080	54	600-610	45-46
4X5MФС	1040-1060	54	600-610	45-46
3X2B8Ф	1140-1160	56-58	660-670	45-46
4X8B2	1050-1100	52-55	580-600	39-47
35XГС	890-920	48-56	600-660	29-35
7X3	830-860	59-61	480-520	39-47

Предварительная термообработка предусматривает снижение твердости поковок для улучшения их обрабатываемости резанием, измельчение зерна, снижение остаточных напряжений и подготовку структуры к последующей закалке. Оптимальная структура- зернистый перлит.

Для штампов средних и крупных размеров и сложной формы рекомендуется полный или изотермический отжиг (для получения однородной структуры). При расположении поковок в один ряд выдержка при нагреве определяется из расчета:

а) при нагреве до температуры отжига  $1ч + (1,2-1,5)$  мин на 1 мм толщины поковки;

б) при изотермической выдержке  $1ч + (1,5-2,0)$  мин на 1 мм толщины поковки.

Металл из печи выгружается при температуре не более 400 °С.

Для штампов малых размеров (для инструмента простой формы, имеющих послековки бейнитную или мартенситную структуру), целесообразно выполнять высокий отпуск при температурах, близких к  $A_{c1}$ .

Для предварительной термообработки применяют универсальные камерные или проходные электрические и газовые печи с автоматическим регулированием температуры.

Для поковок проводится следующий контроль качества: внешний осмотр (наличие трещин, волосовин, закатов, плен), внутренние дефекты (УЗК), глубина обезуглероженного слоя, макроструктура (по излому), твердость (HRC), микроструктура, карбидная неоднородность.

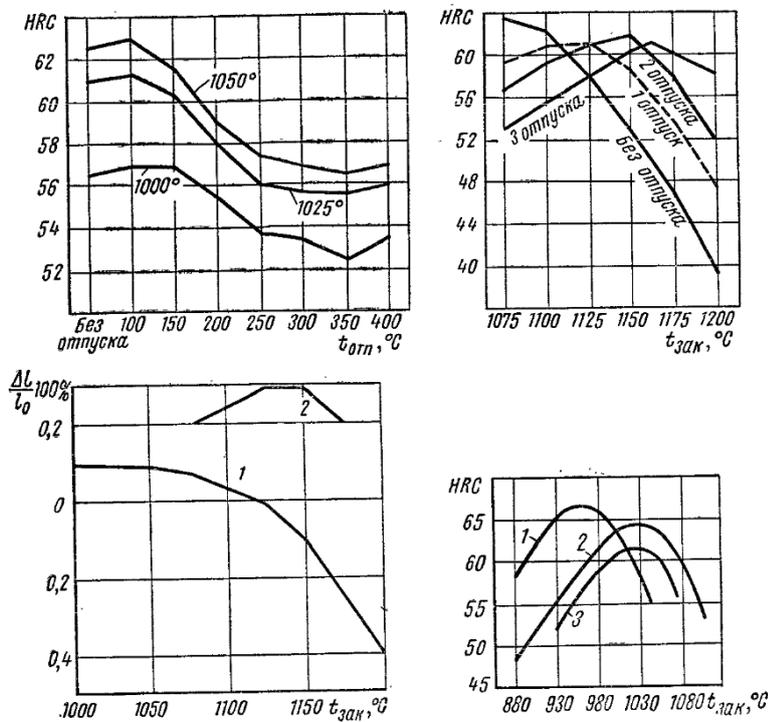


Рисунок 1 – Механические свойства высокохромистых сталей [3, глава XI]

## 4 Заключение

### *Окончательная термообработка*

Цель окончательной термообработки - получение оптимального сочетания твердости, прочности, износостойкости (обеспечивающих высокое сопротивление смятию и истиранию гравюры штампа), вязкости (для предотвращения преждевременного аварийного разрушения штампа) и теплостойкости.

Наиболее распространенный технологический процесс для штампов горячего деформирования- закалка и отпуск.

Нагрев при закалке крупных штампов (размером более 400 мм) для предотвращения трещин и уменьшения коробления выполняют с одно- или двухступенчатым подогревом. Более мелкие штампы можно загружать в печь, нагретую до температуры закалки.

Продолжительность нагрева устанавливают из необходимости прогрева штампов и достаточной насыщенности аустенита углеродом и легирующими элементами. Недостаточная выдержка не обеспечивает требуемой прокаливаемости и теплостойкости, излишне длительная - вызывает рост зерна и дополнительное обезуглероживание. При посадке в печь с температурой 500-650 °С длительность нагрева молотовых штампов под закалку может быть ориентировочно определена из расчета 1ч. на 25 мм наименьшего размера сечения штампа с последующей выдержкой около 20% от времени нагрева.

При посадке штампов в печь, нагретую до температуры закалки, регламентируют время выдержки штампов, начиная с момента выхода печи на заданную температуру.

#### *Охлаждение.*

Основной закалочной средой для штампов является минеральное масло с температурой 40-70 °С.

Штампы с поддонами выгружают из печи, снимают с поддона, очищают поверхность от карбюризатора, закрепляют штампы на подъемном устройстве и погружают в масло, сначала покачивая, а затем оставляя висеть в таком положении, чтобы гравюра омылась потом циркулирующего масла. Общее время выдержки штампа в закалочном баке составляет 13-17 мин на 100 мм наименьшего размера штампа.

Для исключения дополнительного отпуска хвостовика и повышения сопротивления штампа хрупкому разрушению иногда применяют одностороннюю закалку с помощью короба, который надевают на горячий штамп сразу или после подстуживания до 700-750 °С.

Для крупных штампов иногда применяют закалку водо-воздушной смесью, с предварительным охлаждением в воде, а затем в масле. Во всех

случаях штамп извлекается из закалочного бака или приспособления при температурах 150-200 °С.

Штампы из сталей 5ХНМ, 5ХНВ подвергают изотермической закалке в расплаве соли в течение 2-2,5 ч, затем охлаждают на воздухе. После изотермической закалки отпуск не требуется.

#### *Отпуск*

Отпуск штампов проводят сразу после завершения закалки (не позднее чем через 2ч после закалки). Чаще применяют двойной отпуск: сначала штамп опускают до получения заданной твердости гравюры, затем в специальных печах дополнительно опускают хвостовик при более высокой температуре. Крупные штампы горячей штамповки и пресс-формы сложной конфигурации отпускают на твердость HRC 45-46.

Для штампов, выходящих из строя из-за истирания используют дифференциальный отпуск. Нагрев проводят в специальных печах с приспособлениями для подачи сжатого воздуха. За счет обдувки воздухом в течение всего процесса отпуска температура нагрева гравюры поддерживается более низкой, чем хвостовика и, таким образом, получается различная твердость по сечению штампа, дополнительный отпуск не проводится.

Время выдержки при отпуске обычно принимают из расчета 1 мин на 1 мм наименьшего размера сечения штампа. К рассчитанному времени добавляют еще два часа. Охлаждение после отпуска- на воздухе.

#### *Контроль качества термообработки*

После термообработки визуально проверяют на штампе отсутствие трещин, вмятин и окалины, измеряют твердость гравюры и хвостовика. Твердость проверяют на специально зачищенных участках с помощью стационарного прибора Бринелля, оснащенного рольгангом и подъемным столом с червячным механизмом.

Для неответственных штампов твердость может быть оценена по методу Полюди с помощью переносных приборов (нагружение пружиной или ударом молотка, отсчет твердости- по эталону) или по методу Шора (по величине

отскока индентора). Применяют переносные приборы ТПП-2 для измерения твердости по методу Виккерса, имеющие магнитный захват.

*Термообработка:*

1. Нагрев при температуре 500-600°C длительностью из расчета 1 час на 25 мм наименьшего сечения с последующей выдержкой около 20% от времени нагрева;
2. Закалка в минеральном масле с температурой 40-70°C выдержкой 13-17 минут на 100 мм наименьшего размера штампа;
3. Отпуск не позднее, чем через 2 часа после закалки. Отпуск штампа до полученной заданной твердости, затем в специальных печах дополнительно опустить хвостовик при более высокой температуре;
4. Охлаждение штампа на воздухе;
5. Контроль качества термообработки.

### **Список литературы**

1. Владимиров В.М. Справочник слесаря по штампам и пресс-формам: М.: «Высшая школа», под ред. Сальниковой Н.А., 1979.
2. Гуляев В.П. Металловедение: М.: «Металлургия», под ред. Лебедевой Г.А., 1986.
3. Башнин Ю.А. Технология термической обработки: М.: Металлургия, под ред. Ушакова Б.К., 1986.
4. ГОСТ 5950-2000 Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия
5. ГОСТ 5950-73 Прутки и полосы из инструментальной легированной стали. Технические условия.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Как определить прокаливаемость?
2. Как можно повысить прокаливаемость?
3. Что такое критическая скорость закалки и каковы факторы, влияющие на нее?
4. В чем природа твердости?
5. Что такое красностойкость и каковы способы ее повышения?
6. Что такое обратимая отпускная хрупкость?
7. Как влияют легирующие элементы на порог хладноломкости?
8. Каковы технологические недостатки хромоникелевых сталей?
9. Как влияют легирующие элементы (хром, никель, марганец, кремний, вольфрам и др.) на полиморфизм железа?
10. Как обозначаются конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества?
11. Как обозначаются качественные углеродистые конструкционные стали?
12. Как обозначаются инструментальные углеродистые стали?
13. Как обозначаются легированные стали?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А.М. Дальский, и др.; Под общ. ред. А.М. Дальского. Технология конструкционных материалов. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М., Машиностроение, 1990. – 352с.: ил.
2. Геллер Ю.А., Рахштадт А.Г. Материаловедение. Методы анализа, лабораторные работы и задачи. Учеб. пособие для вузов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1989. – 456 с.: ил. – ISBN 5-229-00228-X.
3. Адаскин А.М. Материаловедение в машиностроении: учебник для бакалавров / А.М. Адаскин, Ю.С. Седов, А.К. Онегина, В.Н. Климов. – М.:

Издательство Юрайт, 2013. – 535 с. – Серия: Бакалавр. Углубленный курс. - ISBN 978-5-9916-2867-9.

4. Гуляев А. П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1986. - 544 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ЦЕЛЬ ЗАНЯТИЯ: .....	3
ЗАДАНИЯ .....	3
1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	3
2 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ .....	7
3 СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА .....	10
4 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ.....	11
4.1 РЕФЕРАТ .....	11
4.2 СОДЕРЖАНИЕ .....	11
4.3 ВВЕДЕНИЕ.....	12
4.4 ОПИСАНИЕ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	12
4.5 ВЫБОР НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ .....	13
4.6 ПРЕДЛОЖЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИИ .	13
4.7 ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	14
4.8 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ПРИЛОЖЕНИЯ .....	14
4.9 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАБОТЫ.....	15
5 ПРИМЕР .....	15
5.1 ВАРИАНТ 9. ШТАМПЫ ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ ВЫСАДКИ МЕТАЛЛА ИЗГОТОВЛЕННЫ ИЗ СТАЛИ 3Х2В8Ф.....	16
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ .....	33
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	33