

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Материаловедение в машиностроении»

М.В. Ситкевич

ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие
для подготовки к экзаменам и зачетам
и выполнения лабораторных работ
студентами дневного и заочного отделений
специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»
специализации 1-36 01 03 02 «Инструментальное производство»

Минск
БНТУ
2011

УДК 620.22(076.5)
ББК 30.3я7
С 41

Рецензенты:
Ю.В. Соколов, В.А. Стефанович

Ситкевич, М.В.
С 41 Технология инструментальных материалов: учебно-методическое пособие для подготовки к экзаменам и зачетам и выполнения лабораторных работ студентами дневного и заочного отделений специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» специализации 1-36 01 03 02 «Инструментальное производство»/ М.В. Ситкевич. – Минск: БНТУ, 2011. – 60 с.

ISBN 978-985-525-551-3.

Издание содержит методические указания, программу дисциплины, контрольные вопросы, варианты аттестационного комплекса контрольных вопросов на экзамене или зачете, краткие справочные сведения по инструментальным материалам, наиболее часто используемым в производстве.

Предназначено для студентов очной и заочной форм обучения, специализации 1-36 01 03 02 «Инструментальное производство» специальности 1-36 03 01 «Технологическое оборудование машиностроительного производства».

УДК 620.22(076.5)
ББК 30.3я7

ISBN 978-985-525-551-3

© Ситкевич М.В., 2011
© БНТУ, 2011

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение стойкости и надежности различных видов инструмента и технологической оснастки является одной из наиболее актуальных проблем в промышленном производстве. Для эффективного решения данной проблемы инженер должен обладать специальными знаниями, необходимыми для определения направлений повышения эксплуатационных показателей данных видов изделий машиностроения за счет рационального выбора инструментальных материалов и методов их упрочняющих обработок.

Цель изучения дисциплины – дать будущим специалистам знания по теоретическим основам формирования структуры и свойств инструментальных материалов, принципам их легирования, объемной и поверхностной структуроизменяющей обработке (термическая, химико-термическая и др.) на различных этапах изготовления инструмента, направлениям применения.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- знать основные фазовые превращения, происходящие в инструментальных материалах при нагреве, охлаждении, пластической деформации, и их влияние на механические и эксплуатационные свойства материалов;

- принципы легирования инструментальных материалов в зависимости от направлений их применения;

- основные виды инструментальных материалов, использующихся при изготовлении инструмента и технологической оснастки различных типов;

- процессы объемной и поверхностной термоупрочняющих обработок, обеспечивающих необходимый комплекс свойств на различных этапах изготовления инструмента;

- уметь выбирать инструментальный материал с учетом конкретных условий эксплуатации инструмента, исходя из экономической целесообразности и высокой эксплуатационной стойкости;

- назначать эффективные процессы объемной и поверхностной термоупрочняющих обработок, обеспечивающих необходимый комплекс свойств на различных этапах изготовления инструмента;

- решать конкретные технологические задачи по выбору инструментального материала и методов его термоупрочняющей обработки с учетом специфики эксплуатации инструмента.

Дисциплина связана с предшествующими ей предметами «Технология конструкционных материалов», «Материаловедение».

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Перед подготовкой к экзамену или зачету, чтобы иметь общее представление о тематике предстоящих к изучению вопросов, студент-заочник должен познакомиться с учебной программой дисциплины. Руководствуясь этой программой, кафедра применительно к конкретной форме обучения разрабатывает контрольные вопросы для самоподготовки к зачету или экзамену, обобщающие во многих случаях серию детализированных вопросов программы. Контрольные вопросы позволяют студентам более целенаправленно подойти к изучению дисциплины. Перед изучением контрольного вопроса студенту целесообразно в соответствующей теме учебной программы найти детализированные вопросы, которые необходимо проработать и усвоить.

Для закрепления знаний при изучении данной дисциплины предусмотрено выполнение лабораторных работ с различным объемом часов в зависимости от формы обучения студентов (очная, заочная). С учетом этого кафедра выбирает оптимальную для данной специальности тематику лабораторных работ, в которых предусмотрено изучение направлений использования, а также структурный анализ различных видов инструментальных сталей в сочетании с наиболее часто используемыми на производстве видами термической и химико-термической обработки, в том числе с обязательным представлением после микроскопических исследований схематического отображения их структурного состояния. Использование знаний, полученных при выполнении лабораторных работ в результате анализа наиболее часто используемых в промышленном производстве инструментальных материалов, предусмотрено при освещении всех третьих вопросов вариантов аттестационного комплекса контрольных вопросов на экзамене или зачете по данной дисциплине.

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Темы и их содержание

Тема 1. Введение в дисциплину

Цели и задачи преподавания дисциплины.

Роль и место инструментальных материалов в решении задач развития машиностроения. Основные виды инструментальных материалов, используемых в промышленности. Применение сталей в качестве инструментальных материалов, в которых за счет изменения химсостава в сочетании с термоупрочняющей обработкой можно в широком диапазоне изменять показатели свойств, а следовательно, использовать при изготовлении большинства видов инструмента и технологической оснастки.

Классификация инструментальных сталей по составу и назначению. Классификация инструментальных сталей по структуре в равновесном состоянии (доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные, ледебуритные стали), их характеристика. Классификация сталей по структуре после нормализации (перлитные и мартенситные инструментальные стали), их характеристика.

Тема 2. Общие вопросы формирования структуры и свойств в инструментальных сталях в зависимости от их состава и термообработки

Закономерности структурообразования в углеродистых инструментальных сталях в равновесном состоянии в соответствии с диаграммой состояния «Железо-углерод». Роль и задачи предварительной и окончательной термической обработки при формировании структуры и свойств инструментальных сталей. Виды и параметры термической обработки инструментальных сталей на различных этапах изготовления инструмента и их связь с диаграммой состояния «железо-углерод».

Основные фазовые превращения, протекающие при термической обработке инструментальных сталей (превращения при нагреве, превращения при охлаждении, мартенситное превращение, превра-

шения при отпуске). Влияние легирующих элементов на фазовые превращения в инструментальных сталях.

Использование диаграммы состояния «железо-углерод» для выбора параметров отжига доэвтектоидных, эвтектоидных, заэвтектоидных углеродистых и низколегированных инструментальных сталей. Структурные превращения, определяющие свойства. Влияние легирующих элементов на скорость охлаждения при отжиге инструментальных сталей. Структура и требуемые показатели свойств.

Использование диаграммы состояния «железо-углерод» для выбора параметров закалки доэвтектоидных, эвтектоидных, заэвтектоидных углеродистых и низколегированных инструментальных сталей. Влияние легирующих элементов и скорости нагрева на выбор температурных режимов нагрева под закалку инструментальных сталей. Влияние легирующих элементов на выбор параметров охлаждения при закалке инструментальных сталей. Критическая скорость охлаждения в зависимости от легирующих элементов.

Выбор параметров отпуска инструментальных сталей с пониженным уровнем легирования и нелегированных. Структура и свойства в зависимости от параметров отпуска. Влияние легирующих элементов на структурные превращения при отпуске.

Влияние легирующих элементов на свойства структурных составляющих в инструментальных сталях. Роль карбидной фазы в легированных инструментальных сталях в ее влиянии на их свойства.

Основные свойства инструментальных материалов, имеющие определяющее значение после термообработки на различных этапах изготовления инструментов (твердость, прочность, пластичность, вязкость).

Требуемые структура и свойства инструментальных сталей после предварительной термообработки заготовок.

Влияние структуры на основные свойства сталей, определяющие стойкость различных видов инструментов после окончательной термообработки. Влияние термической обработки и легирующих элементов на твердость инструментальных сталей, методы ее определения. Влияние состава и термообработки инструментальных сталей на красностойкость, критерий ее оценки. Разгаростойкость инструментальных сталей, критерии ее оценки, виды инструмента, выходящего из строя по причине преобладающего разгарообразова-

ния. Влияние состава и термообработки на износостойкость инструментальных сталей. Взаимосвязь со структурой.

Тема 3. Штамповые стали для холодного деформирования материалов

Основные требования, предъявляемые к сталям для изготовления холоднореформирующего инструмента, условия их эксплуатации и причины выхода из строя.

Углеродистые инструментальные стали для изготовления различных видов деформирующего инструмента. Особенности термической обработки в зависимости от требуемых структуры и свойств.

Низколегированные штамповые стали. Роль легирующих элементов в формировании структуры и свойств. Предварительная и окончательная термическая обработка. Основные направления применения.

Высокохромистые штамповые стали повышенной износостойкости. Влияние углерода и легирующих элементов на структуру и свойства. Особенности предварительной и окончательной термической обработки. Закалка на первичную и вторичную твердость в зависимости от условий эксплуатации штампового инструмента.

Дисперсионно-твердеющие стали с высоким сопротивлением смятию. Состав, структура, термическая обработка, область применения.

Тема 4. Инструментальные стали для горячей обработки материалов

Основные требования, предъявляемые к сталям для изготовления горячештампового инструмента и металлоформ для литья и прессования цветных сплавов, условия их эксплуатации и причины выхода из строя.

Штамповые стали умеренной теплостойкости и повышенной вязкости. Роль легирующих элементов в формировании структуры и свойств. Предварительная и окончательная термическая обработка. Основные направления применения.

Высоколегированные инструментальные стали повышенной теплостойкости и вязкости. Особенности термической обработки, структура и свойства. Основные направления применения.

Использование литых штампов горячего деформирования. Особенности влияния литой структуры на эксплуатационные свойства и специфику применения литой горячештамповой стали.

Тема 5. Стали для измерительных инструментов

Основные требования, предъявляемые к сталям для изготовления измерительного инструмента, условия их эксплуатации и причины выхода из строя.

Химический состав, специфика термической обработки, структура и свойства сталей для изготовления различных видов измерительного инструмента. Использование поверхностной термоупрочняющей обработки при изготовлении измерительного инструмента, методы осуществления, особенности структурообразования для обеспечения необходимого комплекса свойств.

Тема 6. Стали для изготовления режущего инструмента

Основные требования, предъявляемые к сталям для изготовления режущего инструмента, условия их эксплуатации и причины выхода из строя.

Углеродистые инструментальные стали. Общая характеристика, структура, фазовый состав и свойства в зависимости от термической обработки. Область применения и особенности термообработки при изготовлении режущего инструмента.

Легированные инструментальные стали. Химический состав и общая характеристика. Роль легирующих элементов в формировании структуры и свойств. Предварительная термическая обработка, окончательная термическая обработка. Свойства и область применения.

Использование углеродистых и низколегированных сталей для изготовления вспомогательных элементов режущего инструмента (державки резцов, хвостовики сверл, метчиков, разверток, зенкеров и др.), а также сборного, составного и слесарно-монтажного инструмента. Особенности термообработки для обеспечения требуемых показателей свойств.

Быстрорежущие стали, основные свойства и область применения. Роль легирующих элементов и фазовый состав стали. Структурные превращения в быстрорежущих сталях. Марки быстроре-

жущих сталей. Особенности предварительной и окончательной термической обработки.

Порошковые быстрорежущие стали, химсостав, особенности структуры и свойств, область применения.

Литой инструмент из быстрорежущих сталей. Особенности структуры и свойств литых быстрорежущих сталей. Роль легирующих и микролегирующих элементов в формировании структуры и улучшении свойств литых быстрорежущих сталей. Основные направления применения.

Стали для изготовления режущего и другого инструмента, эксплуатирующегося в условиях длительного воздействия коррозионно-активных сред (медицинский, для обработки полимерных материалов, переработки пищевых и сельхозпродуктов и другой вид специального инструмента). Химический состав и общая характеристика. Особенности предварительной и окончательной термической обработки. Роль легирующих элементов в формировании структуры и свойств после термообработки.

Тема 7. Твердые сплавы и другие сверхтвердые материалы

Использование твердых сплавов для изготовления режущего и деформирующего инструмента.

Изготовление твердых сплавов. Структура и свойства твердых сплавов на основе карбида вольфрама, карбидов титана и вольфрама, карбидов титана, тантала и вольфрама. Основные направления их применения.

Использование алмазов, материалов на основе нитрида бора, корунда и других минералокерамических абразивных материалов для изготовления инструмента.

Тема 8. Способы улучшения свойств поверхностного слоя инструмента

Методы и способы поверхностного упрочнения, обеспечивающие повышение стойкости различных видов инструмента.

Использование химико-термической обработки (ХТО) для повышения стойкости режущего инструмента, штампов для холодного деформирования металлов, измерительного инструмента, инструментальной оснастки для горячей обработки материалов. Специфика

осуществления ХТО в порошковых, газовых, жидкостных диффузионно-насыщающих средах. Использование обмазок для ХТО крупногабаритного инструмента (штампы, металлоформы). Особенности проведения термической обработки в сочетании с ХТО.

Использование азотирования для повышения стойкости инструмента. Методы осуществления. Стали, инструмент из которых целесообразно подвергать данному виду ХТО для обеспечения повышенной стойкости. Специфика проведения термической обработки. Влияние химического состава сталей на структуру и свойства поверхностных слоев инструмента после проведения термодиффузионной обработки.

Совместное насыщение азотом и углеродом, азотом, бором и углеродом, методы осуществления, влияние данных видов ХТО на стойкость различных видов инструмента. Стали, инструмент из которых целесообразно подвергать данным видам ХТО для обеспечения повышенной стойкости. Специфика проведения термической обработки. Влияние химического состава сталей на структуру и свойства поверхностных слоев инструмента после проведения термодиффузионной обработки. Особенности использования карбоазотирования, борокарбоазотирования для повышения стойкости режущего и штампового инструмента.

Цементация (карбидизация) и нитроцементация, методы осуществления, влияние данных видов ХТО на стойкость различных видов инструмента. Стали, инструмент из которых целесообразно подвергать данным видам ХТО для обеспечения повышенной стойкости. Специфика проведения термической обработки. Влияние химического состава сталей на структуру и свойства поверхностных слоев инструмента после проведения термодиффузионной обработки.

Использование борирования для повышения стойкости инструмента. Методы осуществления. Стали, инструмент из которых целесообразно подвергать данному виду ХТО для обеспечения повышенной стойкости. Специфика проведения термической обработки. Влияние химического состава сталей на структуру и свойства поверхностных слоев инструмента после проведения термодиффузионной обработки.

Совместное насыщение бором и кремнием, бором и алюминием, методы осуществления, влияние данных видов ХТО на стойкость раз-

личных видов инструмента. Стали, инструмент из которых целесообразно подвергать данным видам ХТО для обеспечения повышенной стойкости. Специфика проведения термической обработки. Влияние химического состава сталей на структуру и свойства поверхностных слоев инструмента после проведения термодиффузионной обработки. Особенности использования боросилицирования, бороалитирования для повышения стойкости деформирующего инструмента.

Использование диффузионного хромирования для повышения стойкости инструмента. Методы осуществления. Материалы, инструмент из которых целесообразно подвергать данному виду ХТО для обеспечения повышенной стойкости. Специфика проведения термической обработки. Влияние химического состава материалов на структуру и свойства поверхностных слоев инструмента после проведения термодиффузионной обработки.

Использование лазерного упрочнения, гальванического хромирования, осаждения нитридов титана, поверхностного пластического деформирования, напыления, наплавки и других видов поверхностной обработки для повышения стойкости инструмента.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Анализ закономерностей структурных превращений и выбор параметров термической обработки инструментальных сталей с использованием диаграммы состояния «железо-углерод».

2. Исследование структуры и свойств после различных видов термической обработки углеродистых инструментальных сталей.

3. Исследование структуры и свойств низколегированных инструментальных сталей для изготовления режущего и холодноштампового инструмента после различных видов термической обработки.

4. Исследование структуры и свойств сталей для горячего деформирования материалов после различных видов термической обработки.

5. Исследование структуры и свойств высокохромистых холодноштамповых сталей ледебуритного класса после различных видов термической обработки.

6. Исследование структуры и свойств быстрорежущих сталей после различных видов термической обработки.

7. Изучение структуры и свойств диффузионных слоев на углеродистых и низколегированных инструментальных сталях после различных видов химико-термической обработки.

8. Изучение структуры и свойств диффузионных слоев на быстрорежущих и высоколегированных штамповых сталях после различных видов химико-термической обработки.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

1. Цели и задачи преподавания дисциплины. Основные виды инструментальных материалов, использующихся в промышленности.

2. Классификация инструментальных сталей по структуре в равновесном состоянии (доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные, ледебуритные стали, их характеристика).

3. Использование диаграммы состояния «железо-углерод» для выбора параметров отжига доэвтектоидных инструментальных сталей. Структурные превращения, определяющие свойства.

4. Использование диаграммы состояния «железо-углерод» для выбора параметров отжига заэвтектоидных инструментальных сталей. Структурные превращения, определяющие свойства.

5. Использование диаграммы состояния «железо-углерод» для выбора параметров закалки доэвтектоидных инструментальных сталей. Структурные превращения, определяющие свойства.

6. Использование диаграммы состояния «железо-углерод» для выбора параметров закалки заэвтектоидных инструментальных сталей. Структурные превращения, определяющие свойства.

7. Выбор параметров отпуска инструментальных сталей с пониженным уровнем легирования и нелегированных. Структура и свойства в зависимости от параметров отпуска.

8. Влияние легирующих элементов и скорости нагрева на выбор температурных режимов нагрева под закалку инструментальных сталей.

9. Влияние легирующих элементов на выбор параметров охлаждения при закалке инструментальных сталей. Критическая скорость охлаждения в зависимости от легирующих элементов.

10. Влияние легирующих элементов на скорость охлаждения при отжиге инструментальных сталей. Структура и требуемые показатели свойств.

11. Влияние легирующих элементов на структурные превращения при отпуске инструментальных сталей.

12. Классификация сталей по структуре после нормализации – перлитные и мартенситные инструментальные стали, их характеристика.

13. Карбидная фаза в легированных инструментальных сталях, ее влияние на свойства.

14. Основные свойства инструментальных сталей после предварительной термообработки заготовок. Требуемая структура.

15. Основные свойства инструментальных материалов, имеющие определяющее значение после термообработки на различных этапах изготовления инструментов (твердость, прочность, пластичность, вязкость).

16. Влияние термической обработки и легирующих элементов на твердость инструментальных сталей. Методы определения твердости.

17. Влияние состава и термообработки инструментальных сталей на красностойкость, критерии ее оценки.

18. Разгаростойкость инструментальных сталей, критерии ее оценки, виды инструмента, выходящего из строя по причине преобладающего разгарообразования.

19. Влияние состава и термообработки на износостойкость инструментальных сталей. Взаимосвязь со структурой.

20. Использование углеродистых сталей для изготовления холоднодеформирующего инструмента. Особенности термообработки, структура, свойства.

21. Низколегированные стали для изготовления холоднодеформирующего инструмента. Термообработка, структура, свойства.

22. Высокохромистые стали для изготовления холоднодеформирующего инструмента. Термообработка, структура, свойства.

23. Полутеплостойкие горячештамповые стали, их термообработка, структура, свойства.

24. Теплостойкие горячештамповые сплавы, их термообработка, структура, свойства.

25. Использование литых сталей для изготовления штампов горячего деформирования. Особенности структуры, свойства.

26. Стали для изготовления измерительного инструмента. Особенности термообработки, структура, свойства.

27. Использование углеродистых сталей для изготовления режущего инструмента. Особенности термообработки, структура, свойства.

28. Использование углеродистых и низколегированных сталей для изготовления вспомогательных элементов режущего инструмента (державки резцов, хвостовики сверл, метчиков, разверток, зенкеров и др.) а также сборного, составного и слесарно-монтажного инструмента. Особенности термообработки для обеспечения требуемых показателей свойств.

29. Низколегированные стали для изготовления режущего инструмента. Особенности влияния легирующих элементов, термообработка, структура, свойства.

30. Быстрорежущие стали. Особенности структурных превращений при термообработке. Роль легирующих элементов, структура и свойства на различных этапах термообработки.

31. Использование литых быстрорежущих сталей. Особенности термообработки, структура, свойства.

32. Стали для изготовления режущего и другого инструмента, эксплуатирующегося в условиях длительного воздействия коррозионно-активных сред (медицинский, для обработки полимерных материалов, переработки пищевых и сельхозпродуктов и другой вид специального инструмента).

33. Использование твердых сплавов и других сверхтвердых материалов для изготовления режущего инструмента.

34. Использование твердых сплавов и других высокотвердых материалов при изготовлении различных видов деформирующего инструмента.

35. Методы и способы поверхностного упрочнения, используемые для повышения стойкости различных видов инструмента.

36. Использование обмазок для ХТО крупногабаритного инструмента (штампы, металлоформы).

37. Использование борирования и комплексного борирования (боросилицирование, бороалитирование) для повышения стойкости инструмента. Структура и свойства поверхностных слоев, методы осуществления.

38. Использование азотирования для повышения стойкости инструмента. Структура и свойства поверхностных слоев.

39. Использование хромирования для повышения стойкости инструмента. Структура и свойства.

40. Использование цементации (карбидизации) и нитроцементации для повышения стойкости инструментальной оснастки. Методы осуществления. Термообработка, структура, свойства.

41. Использование совместного насыщения азотом и углеродом, влияние на стойкость различных видов инструмента.

42. Использование карбоазотирования, борокарбоазотирования для повышения стойкости штампового и режущего инструмента.

Примечание. Приведенный список вопросов для самоподготовки, включающий 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 дисциплины для конкретной формы обучения.

ВАРИАНТЫ АТТЕСТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ НА ЭКЗАМЕНЕ ИЛИ ЗАЧЕТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Вариант № 1

1. Цели и задачи преподавания дисциплины. Основные виды инструментальных материалов, использующихся в промышленности.

2. Низколегированные стали для изготовления режущего инструмента. Особенности влияния легирующих элементов, термообработка, структура, свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относятся стали 5ХНМ и 5ХГМ, отметить основные направления их применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 2

1. Классификация инструментальных сталей по структуре в равновесном состоянии (доэвтектоидные, эвтектоидные, заэвтектоидные, ледебуритные стали, их характеристика).

2. Высокохромистые стали для изготовления холоднодеформирующего инструмента. Термообработка, структура, свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относятся стали 45 и 40Х, отметить основные направления их применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 3

1. Использование диаграммы состояния «железо-углерод» для выбора параметров отжига доэвтектоидных инструментальных сталей. Структурные превращения, определяющие свойства.

2. Стали для изготовления измерительного инструмента. Особенности термообработки, структура, свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится сталь Р6М5, отметить основные направления ее применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 4

1. Использование диаграммы состояния «железо-углерод» для выбора параметров отжига заэвтектоидных инструментальных сталей. Структурные превращения, определяющие свойства.

2. Полутеплостойкие горячештамповые стали, их термообработка, структура, свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится сталь 9ХС, отметить основные направления ее применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 5

1. Использование диаграммы состояния «железо-углерод» для выбора параметров закалки доэвтектоидных инструментальных сталей. Структурные превращения, определяющие свойства.

2. Теплостойкие горячештапковые сплавы, их термообработка, структура, свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относятся стали У12 и У13, отметить основные направления их применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 6

1. Использование диаграммы состояния «железо-углерод» для выбора параметров закалки заэвтектоидных инструментальных сталей. Структурные превращения, определяющие свойства.

2. Использование углеродистых сталей для изготовления режущего инструмента. Особенности термообработки, структура, свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится сталь 4ХСМФ, отметить основные направления ее применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 7

1. Выбор параметров отпуска инструментальных сталей с пониженным уровнем легирования и нелегированных. Структура и свойства в зависимости от параметров отпуска.

2. Использование литых сталей для изготовления штампов горячего деформирования. Особенности структуры, свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относятся стали У7 и У8, отметить основные направления их применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 8

1. Влияние легирующих элементов и скорости нагрева на выбор температурных режимов нагрева под закалку инструментальных сталей.

2. Использование карбоазотирования, борокарбоазотирования для повышения стойкости режущего инструмента.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится сталь ХВГ, отметить основные направления ее применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 9

1. Влияние легирующих элементов на выбор параметров охлаждения при закалке инструментальных сталей. Критическая скорость охлаждения в зависимости от легирующих элементов.

2. Использование литых быстрорежущих сталей. Особенности термообработки, структура, свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относятся стали 9Х и Х, отметить основные направления их применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 10

1. Влияние легирующих элементов на скорость охлаждения при отжиге инструментальных сталей. Структура и требуемые показатели свойств.

2. Использование азотирования для повышения стойкости инструмента. Структура и свойства поверхностных слоев.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится твердый сплав ВК8, отметить основные направления его применения, структуру и свойства.

Вариант № 11

1. Влияние легирующих элементов на структурные превращения при отпуске инструментальных сталей.

2. Использование углеродистых и низколегированных сталей для изготовления вспомогательных элементов режущего инструмента (державки резцов, хвостовики сверл, метчиков, разверток, зенкеров и др.) а также сборного, составного и слесарно-монтажного инструмента. Особенности термообработки для обеспечения требуемых показателей свойств.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится сталь 4Х5МФС, отметить основные направления ее применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 12

1. Классификация сталей по структуре после нормализации – перлитные и мартенситные инструментальные стали, их характеристика.

2. Использование цементации (карбидизации) и нитроцементации для повышения стойкости инструментальной оснастки. Методы осуществления. Термообработка, структура, свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относятся стали У9 и У10, отметить основные направления их применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 13

1. Карбидная фаза в легированных инструментальных сталях, ее влияние на свойства.

2. Методы и способы поверхностного упрочнения, используемые для повышения стойкости различных видов инструмента.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относятся стали 3Х2В8Ф и 5ХЗВ3МФС, отметить основные направления их применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 14

1. Основные свойства инструментальных сталей после предварительной термообработки заготовок. Требуемая структура.

2. Использование хромирования для повышения стойкости инструмента. Структура и свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относятся стали Р18 и Р9, отметить основные направления их применения

в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 15

1. Основные свойства инструментальных материалов, имеющие определяющее значение после термообработки на различных этапах изготовления инструментов (твердость, прочность, пластичность, вязкость).

2. Использование совместного насыщения азотом и углеродом, влияние на стойкость различных видов инструмента.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится твердый сплав T15K6, отметить основные направления его применения, структуру и свойства.

Вариант № 16

1. Влияние термической обработки и легирующих элементов на твердость инструментальных сталей. Методы определения твердости.

2. Стали для изготовления режущего и другого инструмента, эксплуатирующегося в условиях длительного воздействия коррозионно-активных сред (медицинский, для обработки полимерных материалов, переработки пищевых и сельхозпродуктов и другой вид специального инструмента).

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится сталь ХВ4Ф, отметить основные направления ее применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 17

1. Влияние состава и термообработки инструментальных сталей на красностойкость, критерий ее оценки.

2. Использование твердых сплавов и других высокотвердых материалов при изготовлении различных видов деформирующего инструмента.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится сталь Х6ВФ, отметить основные направления ее применения

в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 18

1. Разгаростойкость инструментальных сталей, критерии ее оценки, виды инструмента, выходящего из строя по причине преобладающего разгарообразования.

2. Использование твердых сплавов и других сверхтвердых материалов для изготовления режущего инструмента.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относятся стали X12 и X12МФ, отметить основные направления их применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 19

1. Влияние состава и термообработки на износостойкость инструментальных сталей. Взаимосвязь со структурой.

2. Быстрорежущие стали. Особенности структурных превращений при термообработке. Роль легирующих элементов, структура и свойства на различных этапах термообработки.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится сталь 40X13, отметить основные направления ее применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

Вариант № 20

1. Использование углеродистых сталей для изготовления холоднодеформирующего инструмента. Особенности термообработки, структура, свойства.

2. Использование обзорок для ХТО крупногабаритного инструмента (штампы, металлоформы).

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится материал на основе нитрида бора, отметить основные направления его применения, свойства.

Вариант № 21

1. Влияние легирующих элементов на выбор параметров охлаждения при закалке инструментальных сталей. Критическая скорость охлаждения в зависимости от легирующих элементов.

2. Использование литых горячештамповых сталей. Особенности термообработки, структура, свойства.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится твердый сплав Т30К4, отметить основные направления его применения, свойства.

Вариант № 22

1. Низколегированные стали для изготовления холоднодеформирующего инструмента. Термообработка, структура, свойства.

2. Использование борирования и комплексного борирования (боросилицирование, бороалитирование) для повышения стойкости инструмента. Структура и свойства поверхностных слоев, методы осуществления.

3. Указать, к какой группе инструментальных материалов относится сталь Р6М5К5, отметить основные направления ее применения в сочетании с оптимальными видами и параметрами термической обработки и ХТО, формируемые при этом структура и свойства.

КРАТКИЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ, НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В ПРОИЗВОДСТВЕ

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, рапили, топоры, колуны); детали сборного и составного инструмента (корпусы ножей сборного инструмента, оснащенного твердым сплавом, детали коловорота).

Критические точки: $A_{C1} = 730 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $A_{C3} = 770 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $M_n = 250 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %

C	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

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка $790 \text{ }^{\circ}\text{C}$, охлаждающая среда: на первоначальном этапе – вода, затем масло)

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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при $770\text{--}790 \text{ }^{\circ}\text{C}$, охлаждение с печью до $500\text{--}600 \text{ }^{\circ}\text{C}$, далее можно на воздухе. Структура П + Ф.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при $780\text{--}790 \text{ }^{\circ}\text{C}$, охлаждающая среда: на первоначальном этапе – вода, затем масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при $180\text{--}220 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост}}$

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

1. Борирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при $880\text{--}900 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 4–8 часов.

2. Боросилицирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии динамического нагруже-

ния) в порошковых смесях 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 коррозионно-активных сред) – проводится перед закалкой при 1000–1100 °С в течение 6–10 часов.

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 (корпуса ножей сборного инструмента, оснащенного твердым сплавом, корпуса листовых скоб, детали штампов для холодной штамповки, фильеры, волокни, скобы гладкие регулируемые).

Критические точки: $A_{C1} = 730 \text{ } ^\circ\text{C}$; $M_n = 240 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Химический состав, %

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

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 790 °С, охлаждающая среда: на первоначальном этапе – вода, затем масло)

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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при 770–780 °С, охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура $P_{\text{зер}}$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 770–780 °С, охлаждающая среда: на первоначальном этапе – вода, затем масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост}}$

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

1. Борирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях 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 при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях 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 коррозионно-активных сред) – проводится перед закалкой при 1000–1100 °С в течение 6–10 часов.

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 мелкогабаритные, рашпили, надфили, пилы для обработки древесины, матрицы для холодной штамповки, фильеры, волокнистые калибры, скобы, топоры, колуны).

Критические точки: $A_{C1} = 730$ °С; $A_{Cm} = 800$ °С; $M_n = 220$ °С.

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

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 780 °С, охлаждающая среда: на первоначальном этапе – вода, затем масло)

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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при 770–780 °С, охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура $P_{з\text{ер}} + Ц_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 770–780 °С, охлаждающая среда: на первоначальном этапе – вода, затем масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост}} + Ц_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

1. Борирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях 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 при воздействии динамического нагруже-

ния) в порошковых смесях 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 коррозионно-активных сред) – проводится перед закалкой при 1000–1100 °С в течение 6–10 часов.

Сталь У12

Заменители: стали У10, У11, У10А, У11А.

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

Критические точки: $A_{C1} = 730 \text{ °C}$; $A_{Ccm} = 820 \text{ °C}$; $M_n = 210 \text{ °C}$.

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

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 780 °С, охлаждающая среда: на первоначальном этапе – вода, затем масло)

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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при 770–780 °С, охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура $P_{\text{зер}} + Ц_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 770–780 °С, охлаждающая среда: на первоначальном этапе – вода, затем масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост}} + Ц_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

1. Борирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях 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 при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях 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 коррозионно-активных сред) – проводится перед закалкой при 1000–1100 °С в течение 6–10 часов.

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: $A_{C1} = 730$ °С; $A_{Cm} = 830$ °С; $M_n = 205$ °С.

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

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 780 °С, охлаждающая среда: на первоначальном этапе – вода, затем масло)

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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при 770–780 °С, охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура $P_{зep} + Ц_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 770–780 °С, охлаждающая среда: на первоначальном этапе – вода, затем масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{отп} + A_{ост} + Ц_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

1. Борирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при невысоких давлениях без воздействий динамического нагружения) в порошковых смесях или обмазках (в слу-

чае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 880–900 °С в течение 4–8 часов.

2. Боросилицирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях 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 коррозионно-активных сред) – проводится перед закалкой при 1000–1100 °С в течение 6–10 часов.

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 крепежная части сварного инструмента, державки резцов, корпуса и детали сборного инструмента, оснащенного пластинками твердого 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, валы-шестерни, зубчатые венцы), коленчатые и распределительные валы, оси, кулачки, втулки, цилиндры, бандажи, шпиндели, болты, маховики и другие нормализованные, улучшаемые и подвергаемые поверхностной термообработке детали, от которых требуется повышенная прочность.

Критические точки: $A_{C1} = 730$ °С; $A_{C3} = 802$ °С; $M_n = 350$ °С.

Химический состав, %

С	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu
			Не более				
0,42–0,50	0,5–0,8	0,17–0,33	0,028	0,030	0,20	0,25	0,25

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 840 °С, охлаждающая среда – вода)

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
200	54
300	49
400	43
500	35
600	26
650	21

**Варианты термоупрочняющей обработки,
используемые на различных этапах изготовления инструмента**

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при 830–840 °С, охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура П + Ф.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 830–840 °С, охлаждающая среда – вода, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 450–520 °С. Структура С.

Сталь 40X

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 крепежная 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 подвер-

гаемые поверхностной термообработке детали, к которым предъявляются требования повышенной твердости, износостойкости, прочности и работающие при незначительных ударных нагрузках.

Критические точки: $A_{C1} = 743 \text{ }^\circ\text{C}$; $A_{C3} = 815 \text{ }^\circ\text{C}$; $M_n = 325 \text{ }^\circ\text{C}$.

Химический состав, %

C	Mn	Si	Cr	S	P	Ni	Cu
				Не более			
0,36–0,44	0,5–0,8	0,17–0,33	0,8–1,1	0,03	0,03	0,25	0,2

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка $840 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждающая среда – масло)

Температура отпуска, $^\circ\text{C}$	Средняя твердость, HRC
200	55
300	49
400	45
500	38
600	28
650	22

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при $850\text{--}860 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждение с печью до $500\text{--}600 \text{ }^\circ\text{C}$, далее можно на воздухе. Структура П + Ф.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при $850\text{--}860 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждающая среда – масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при $450\text{--}540 \text{ }^\circ\text{C}$. Структура С.

Сталь ХВГ

Заменители: стали ХВ, ХВСГ, 9ХВГ.

Назначение: режущий инструмент, обладающий повышенной износостойкостью в условиях, не вызывающих значительного разо-

грева 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, волокни, опорные составные валки листовых станков для горячей прокатки металла, клейма, пробойники, холодновысадочные штампы, инструмент, который должен сохранять стабильность размеров в процессе эксплуатации (измерительный инструмент: концевые меры длины, гладкие и резьбовые калибры) и другие детали.

Критические точки: $A_{C1} = 750\text{ }^{\circ}\text{C}$; $A_{Ccm} = 840\text{ }^{\circ}\text{C}$; $M_n = 205\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Химический состав, %

C	Mn	Cr	W	Si
0,90–1,05	0,8–1,1	0,9–1,1	1,2–1,6	0,1–0,4

S	P	Cu	Ni	Mo
Не более				
0,03	0,03	0,3	0,35	0,3

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка $840\text{ }^{\circ}\text{C}$, охлаждающая среда – масло)

Температура отпуска, $^{\circ}\text{C}$	Средняя твердость, HRC
100	65
150	64
200	62
250	60
300	58
400	54
450	51
500	49

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при $810\text{--}820\text{ }^{\circ}\text{C}$,

охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура $P_{зep} + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 830–850 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{отп} + A_{отг} + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

1. Боросилицирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 880–900 °С в течение 5–8 часов.

2. Хромирование в порошковых смесях (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионно-активных сред) – проводится перед закалкой при 1000–1100 °С в течение 6–10 часов.

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: $A_{C1} = 745$ °С; $M_n = 210$ °С.

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

Твердость 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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при 810–820 °С, охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура $P_{\text{зеп}} + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 820–830 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост}} + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

1. Боросилицирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 880–900 °С в течение 5–8 часов.

2. Хромирование в порошковых смесях (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионно-активных сред) – проводится перед закалкой при 1000–1100 °С в течение 6–10 часов.

Сталь 9Х

Заменители: стали 9Х2, 9ХС, Х.

Назначение: рабочие и опорные валки для холодной прокатки металлов; рабочие валки рельсобалочных, крупносортовых и прово-

лочных 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: $A_{C1} = 745 \text{ }^\circ\text{C}$; $A_{Cm} = 860 \text{ }^\circ\text{C}$; $M_n = 210 \text{ }^\circ\text{C}$.

Химический состав, %

C	Mn	Si	Cr
0,85–0,95	0,15–0,40	0,25–0,45	1,4–1,7

S	P	Ti	Mo	W	Ni	V	Cu
Не более							
0,03	0,03	0,03	0,20	0,2	0,35	0,15	0,30

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка $820 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждающая среда – масло)

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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при $810\text{--}820 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждение с печью до $500\text{--}600 \text{ }^\circ\text{C}$, далее можно на воздухе. Структура $P_{\text{зер}} + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при $830\text{--}850 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждающая среда – масло, от-

пуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{отп} + A_{ост} + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

1. Боросилицирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 880–900 °С в течение 5–8 часов.

2. Хромирование в порошковых смесях (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионно-активных сред) – проводится перед закалкой при 1000–1100 °С в течение 6–10 часов.

Сталь 9ХС

Заменители: стали X, ХВГ, ХВСГ.

Назначение: сверла, развертки, метчики, плашки, гребенки, фрезы, машинные штампели, 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: $A_{C1} = 770$ °С; $A_{Cm} = 870$ °С; $M_n = 210$ °С.

Химический состав, %

C	Mn	Si	Cr
0,85–0,95	0,3–0,6	1,2–1,6	0,95–1,25

S	P	Ti	Mo	W	Ni	V	Cu
Не более							
0,03	0,03	0,03	0,20	0,2	0,35	0,15	0,30

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 850 °С, охлаждающая среда – масло)

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
100	64
150	63
200	62
300	59
400	56
500	48

**Варианты термоупрочняющей обработки,
используемые на различных этапах изготовления инструмента**

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при 820–830 °С, охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура $P_{\text{зер}} + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 830–850 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{отп}} + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

1. Боросилицирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях или обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 880–900 °С в течение 5–8 часов.

2. Хромирование в порошковых смесях (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии коррозионно-активных сред) – проводится перед закалкой при 1000–1100 °С в течение 6–10 часов.

Сталь ХВ4Ф

Заменители: стали ХВ5, ХВ5Ф.

Назначение: резцы и фрезы при обработке с небольшой скоростью резания твердых металлов (валки с закаленной поверхностью),

гравировальные резцы при очень напряженной работе, прошивные пуансоны и т. д.

Критические точки: $A_{C1} = 755 \text{ }^\circ\text{C}$; $M_n = 185 \text{ }^\circ\text{C}$.

Химический состав, %

C	Si	Mn	Cr	W	V
1,25–1,45	0,15–0,35	0,15–0,40	0,40–0,70	3,50–4,30	0,15–0,30

P	S	Ni	Cu	Mo
Не более				
0,03	0,03	0,35	0,3	0,5

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка $800 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждающая среда – вода)

Температура отпуска, $^\circ\text{C}$	Средняя твердость, HRC
100	66
200	65
300	64

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при $800\text{--}820 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждение с печью до $500\text{--}600 \text{ }^\circ\text{C}$, далее можно на воздухе. Структура $P_{\text{зеп}} + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при $800\text{--}820 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждающая среда – вода, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при $160\text{--}180 \text{ }^\circ\text{C}$. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост}} + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): боросилицирование в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при $880\text{--}900 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 5–8 часов.

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: $A_{C1} = 730 \text{ }^\circ\text{C}$; $A_{C3} = 780 \text{ }^\circ\text{C}$; $M_n = 230 \text{ }^\circ\text{C}$.

Химический состав, %

C	Mn	Si	Mo
0,45–0,55	0,50–0,80	0,10–0,40	0,15–0,30

Cr	Ni	S	P	Cu
		Не более		
0,5–0,8	1,40–1,80	0,03	0,03	0,30

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка $850 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждающая среда – масло)

Температура отпуска, $^\circ\text{C}$	Средняя твердость, HRC
400	45
500	40
550	35
600	28

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при $820\text{--}840 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждение с печью до $500\text{--}600 \text{ }^\circ\text{C}$, далее можно на воздухе. Структура П + Ф.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагре-

вом и выдержкой при 850–880 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск при 480–560 °С (чем крупнее деталь, тем выше температура отпуска). Структура С.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): боросилицирование в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 880–900 °С в течение 6–10 часов.

Сталь 5ХГМ

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

Назначение: молотовые штампы паровоздушных и пневматических молотов с массой падающих частей до трех тонн, ковочные штампы для горячей штамповки, валки крупных, средних и мелко-сортовых станов для горячей прокатки твердого металла.

Критические точки: $A_{C1} = 700$ °С; $A_{C3} = 800$ °С; $M_n = 220$ °С.

Химический состав, %

С	Mn	Si	Cr	Mo
0,5–0,6	1,2–1,6	0,25–0,60	0,6–0,9	0,15–0,30

S	P	Ni	Cu
Не более			
0,03	0,03	0,35	0,30

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 860 °С, охлаждающая среда – масло)

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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при 820–840 °С, охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура П + Ф.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 850–880 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск при 480–560 °С (чем крупнее деталь, тем выше температура отпуска). Структура С.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): боросилицирование в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 880–900 °С в течение 6–10 часов.

Стали 4ХМФС

Заменители: стали 5ХНМ, 5ХНВ.

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

Критические точки: $A_{C1} = 760$ °С; $A_{C3} = 805$ °С; $M_n = 220$ °С.

Химический состав, %

С	Mn	Si	Cr	V
0,37–0,45	0,5–0,8	0,5–0,8	1,5–1,8	0,3–0,5

Mo	S	P	Ni	Cu
	Не более			
0,9–1,2	0,03	0,03	0,35	0,30

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 920 °С, охлаждающая среда – масло)

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
300	51
400	49
500	47
600	42
650	30

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при 820–840 °С, охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура П + Ф.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 890–920 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск при 480–560 °С (чем крупнее деталь, тем выше температура отпуска). Структура С.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): боросилицирование в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 880–900 °С в течение 6–10 часов.

Сталь 4Х5МФС

Заменители: стали 4Х5МФ1С, 4Х4ВМФС.

Назначение: мелкие молотовые штампы, крупные (сечением более 200 мм) 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: $A_{C1} = 840$ °С; $A_{C3} = 870$ °С; $M_n = 200$ °С.

Химический состав, %

C	Mn	Si	Cr	V	Mo
0,37–0,45	0,2–0,5	0,9–1,2	4,5–5,5	0,3–0,5	1,2–1,5

S	P	Ni	Cu
Не более			
0,03	0,03	0,35	0,30

**Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 1050 °С, охлаждающая среда масло)**

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
500	50
550	48
600	45
650	34

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при 840–850 °С, охлаждение с печью до 500–600 °С, далее можно на воздухе. Структура $P_{\text{зер}} + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 1030–1050 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск при 580–620 °С. Структура Т.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

1. Боросилицирование в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 900–950 °С в течение 8–10 часов.

2. Карбобороазотирование в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится после окончательной термообработки при температуре 550–580 °С в течение 8–10 часов.

Сталь 3Х2В8Ф

Заменители: стали 4Х5МФС, 5Х3В3МФС.

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: $A_{C1} = 800 \text{ }^\circ\text{C}$; $A_{C3} = 850 \text{ }^\circ\text{C}$; $M_n = 180 \text{ }^\circ\text{C}$.

Химический состав, %

C	Mn	Si	Cr	V	W
0,3–0,4	0,15–0,40	0,15–0,40	2,2–2,7	0,3–0,5	7,5–8,5

S	P	Ni	Cu	Mo
Не более				
0,03	0,03	0,35	0,30	0,5

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка $1100 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждающая среда масло)

Температура отпуска, $^\circ\text{C}$	Средняя твердость, HRC
600	52
620	50
650	48
675	45

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при $840\text{--}850 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждение с печью до $500\text{--}600 \text{ }^\circ\text{C}$, далее можно на воздухе. Структура $P_{\text{зер}} + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при 1050–1100 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск при 580–620 °С. Структура $M_{\text{отп}} + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента)

1. Азотирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания без воздействий динамического нагружения) в газовой среде – проводится после окончательной термообработки при температуре 550–560 °С в течение 25–30 часов.

2. Борокарбозотирование (для инструмента, эксплуатирующегося в условиях изнашивания при воздействии динамического нагружения) в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится после окончательной термообработки при температуре 550–580 °С в течение 8–10 часов.

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; $A_{Ccm} = 845$ °С; $M_n = 150$ °С.

Химический состав, %

C	Si	Mn	Cr	W	V
1,05–1,15	0,15–0,35	0,15–0,40	5,5–6,5	1,1–1,5	0,5–0,8

P	S	Ni	Cu
Не более			
0,03	0,03	0,35	0,3

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 1050 °С, охлаждающая среда – масло)

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
200	61
300	58
400	57
500	56
550	53

**Варианты термоупрочняющей обработки,
используемые на различных этапах изготовления инструмента**

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок) – отжиг с нагревом и выдержкой при температуре 850–870 °С, охлаждение с печью со скоростью не более 30 °/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° в час). Структура $P_{\text{зер}} + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента) – закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1030–1050 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост}} + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): боросилицирование в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 900–950 °С в течение 6–10 часов.

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 волок, глазков для калибрования пруткового металла под накатку резьбы, гибочных и формовочных штам-

пов, 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: $A_{C1} = 810 \text{ }^\circ\text{C}$; $A_{C_{cm}} = 835 \text{ }^\circ\text{C}$; $A_{r1} = 755 \text{ }^\circ\text{C}$; $M_n = 180 \text{ }^\circ\text{C}$.

Химический состав, %

C	Si	Mn	Cr	P	S
Не более					
2,0–2,2	0,1–0,4	0,15–0,45	11,5–13,0	0,03	0,03

Ni	V	Cu	W	Mo	Ti
Не более					
0,35	0,15	0,3	0,2	0,2	0,03

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка $980 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждающая среда – масло)

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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок) – отжиг с нагревом и выдержкой при температуре $850\text{--}860 \text{ }^\circ\text{C}$, охлаждение с печью со скоростью не более 30° в час до $500\text{--}600 \text{ }^\circ\text{C}$, далее можно на воздухе или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при $720\text{--}730 \text{ }^\circ\text{C}$ (в случае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30° в час). Структура $P_{\text{зер}} + K_1 + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента) – закалка с нагре-

вом и выдержкой при температуре 980–1050 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост}} + K_1 + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): цементация (карбидизация) в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 940–960 °С в течение 10–12 часов.

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, волоки, 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
1,45–1,65	0,1–0,4	0,15–0,45	11,0–12,5	0,4–0,6

V	P	S	Ni	Cu
	Не более			
0,15–0,30	0,03	0,03	0,35	0,3

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 1020 °С, охлаждающая среда – масло)

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
200	63
300	61
400	60
500	58
550	52

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при температуре 850–870 °С, охлаждение с печью со скоростью не более 30° 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° в час). Структура $P_{\text{зep}} + K_1 + K_2$.

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

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента):

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

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

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): борокарбозотирование в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится после окончательной термообработки при температуре 500–510 °С в течение 8–10 часов.

Сталь 40X13

Заменитель: сталь 30X13.

Назначение: режущий, мерительный инструмент, эксплуатирующийся в условиях воздействия коррозионно-активных сред, меди-

цинский 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: $A_{C1} = 820$ °С; $A_{C3} = 870$ °С; $A_{r1} = 780$ °С; $M_n = 270$ °С.

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

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска
(закалка 1000 °С, охлаждающая среда – масло)

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
200	52
350	50
500	41

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок) – отжиг с нагревом и выдержкой при температуре 850–860 °С, охлаждение с печью со скоростью не более 30° 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° в час). Структура $P_{зep} + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента) – закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1000–1050 °С, охлаждающая

среда – масло, отпуск (наиболее часто используемый вариант) при 180–220 °С. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост}}$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): цементация (карбидизация) в порошковых смесях или в обмазках (в случае крупногабаритных деталей) – проводится перед закалкой при 940–960 °С в течение 10–12 часов.

Сталь Р6М5

Заменители: стали Р18, Р12.

Назначение: универсальный инструмент нормальной производительности (резцы, сверла, фрезы, резьбовые фрезы, долбяки, развертки, зенкеры, машинные метчики, протяжки, шеверы, 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: $A_{C1} = 820$ °С; $A_{Cm} = 860$ °С; $A_{r1} = 760$ °С.

Химический состав, %

C	W	Mo	V	Cr
0,80–0,88	5,5–6,5	5,0–5,5	1,7–2,1	3,8–4,4

S	P	Mn	Si	Ni
Не более				
0,03	0,03	0,4	0,5	0,4

Твердость 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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при температуре 850–870 °С, охлаждение с печью со скоростью не более 30° 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° в час). Структура $P_{з\text{ер}} + K_1 + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1210–1220 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный, по одному часу каждый при температуре 560 °С. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{отс}} + K_1 + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): борокарбозотирование в порошковой смеси – проводится после окончательной термообработки при температуре 540–550 °С в течение 0,5–1,5 часа).

Сталь Р6М5К5

Заменители: стали Р18, Р9К10.

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

Критические точки: $A_{C1} = 840$ °С; $A_{C\text{cm}} = 850$ °С; $A_{\Gamma 1} = 765$ °С.

Химический состав, %

C	Mn	Si	W	Cr	V
0,84–0,92	0,4–0,5	0,4–0,5	5,7–6,7	3,8–4,3	1,7–2,0

Co	Mo	S	P	Ni	Cu
		Не более			
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 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный)

Температура отпуска, °С	Средняя твердость, HRC
500	66
540	67
580	66
620	64
660	56

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при температуре 850–870 °С, охлаждение с печью со скоростью не более 30° 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° в час). Структура $P_{зep} + K_1 + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1210–1220 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный, по одному часу каждый при температуре 560 °С. Структура $M_{отп} + A_{ост} + K_1 + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): борокарбозотирование в порошковой смеси – проводится после окончательной термообработки при температуре 540–550 °С в течение 0,5–1,5 часа.

Сталь P9

Заменители: стали P18, P6M5.

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

Критические точки: $A_{C1} = 810$ °С; $A_{Cm} = 870$ °С; $A_{r1} = 760$ °С.

Химический состав, %

C	W	V	Cr	S	P
				Не более	
0,85–0,95	8,5–10,0	2,0–2,6	3,5–4,4	0,03	0,03

Mn	Si	Mo	Ni	Co
Не более				
0,4	0,4	1,0	0,4	0,5

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

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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при температуре 850–870 °С, охлаждение с печью со скоростью не более 30° 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° в час). Структура $P_{\text{зep}} + K_1 + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при температуре 1210–1220 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный, по одному часу каждый при температуре 560 °С. Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост.}} + K_1 + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): борокарбозотирование в порошковой смеси – проводится после окончательной термообработки при температуре 540–550 °С в течение 0,5–1,5 часа).

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: $A_{C1} = 820$ °С; $A_{Cm} = 860$ °С; $A_{r1} = 760$ °С.

Химический состав, %

C	W	V	Cr	S	P
				Не более	
0,7–0,8	17,0–18,5	1,0–1,4	3,8–4,4	0,03	0,03

Mn	Si	Mo	Ni	Co
Не более				
0,4	0,4	1,0	0,4	0,5

Твердость стали в зависимости от температуры отпуска (закалка 1280 °С, охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный)

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

Варианты термоупрочняющей обработки, используемые на различных этапах изготовления инструмента

Предварительная термообработка (для улучшения обрабатываемости заготовок): отжиг с нагревом и выдержкой при температуре 850–870 °С, охлаждение с печью со скоростью не более 30° в час до 500–600 °С, далее можно на воздухе, или изотермический отжиг с дополнительной изотермической выдержкой при 730–740 °С (в слу-

чае отсутствия на производстве печей, обеспечивающих охлаждение с печью со скоростью не более 30° в час). Структура $P_{\text{зер}} + K_1 + K_2$.

Окончательная термообработка (для обеспечения необходимого комплекса свойств изготовленного инструмента): закалка с нагревом и выдержкой при температуре $1270\text{--}1280^\circ\text{C}$, охлаждающая среда – масло, отпуск трехкратный, по одному часу каждый при температуре 560°C . Структура $M_{\text{отп}} + A_{\text{ост}} + K_1 + K_2$.

Химико-термическая обработка (для повышения стойкости инструмента): борокарбозотирование в порошковой смеси – проводится после окончательной термообработки при температуре $540\text{--}550^\circ\text{C}$ в течение $0,5\text{--}1,5$ часа.

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

Литература

1. Геллер, Ю.А. Инструментальные стали / Ю.А. Геллер. – М.: Металлургия, 1985.
2. Гольдштейн, М.И. Специальные стали / М.И. Гольдштейн, С.В. Грачев, Ю.Л. Векслер. – М.: МИСС, 1999.
3. Химико-термическая обработка инструментальных материалов / Е.И. Бельский [и др.]. – Минск: Навука і тэхніка, 1986.
4. Гуляев, А.П. Металловедение / А.П. Гуляев. – М.: Металлургия, 1986.
5. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989.
6. Гуляев, А.П. Инструментальные стали: справочник / А.П. Гуляев, К.А. Малинина, С.М. Саверина. – М.: Машиностроение, 1975.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	4
УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»	5
ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	11
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»	12
ВАРИАНТЫ АТТЕСТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЬНЫХ ВОПРОСОВ НА ЭКЗАМЕНЕ ИЛИ ЗАЧЕТЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»	15
КРАТКИЕ СПРАВОЧНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫМ МАТЕРИАЛАМ, НАИБОЛЕЕ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫМ В ПРОИЗВОДСТВЕ.	22

Учебное издание

СИТКЕВИЧ Михаил Васильевич

ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебно-методическое пособие
для подготовки к экзаменам и зачетам
и выполнения лабораторных работ
студентами дневного и заочного отделений
специальности 1-36 01 03 «Технологическое оборудование
машиностроительного производства»
специализации 1-36 01 03 02 «Инструментальное производство»

Редактор Т.Н. Микулик
Компьютерная верстка Н.А. Школьниковой

Подписано в печать 15.06.2011.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Отпечатано на ризографе. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,73. Тираж 100. Заказ 1242.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009.

Проспект Независимости, 65. 220013, Минск.