

КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

М.С. Калачева

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**Часть 1. Выбор материала и режима термической обработки
для режущего инструмента, штампов**

Утверждено Ученым советом университета
в качестве учебного пособия
для студентов высших учебных заведений
машиностроительных специальностей

Калининград
Издательство КГТУ
2004

УДК 691: 620.1 (076.5)

Калачева М.С. Материаловедение. Часть 1. Выбор материала и режима термической обработки для режущего инструмента, штампов: Учебное пособие.- Калининград: КГТУ, 2004.- 46 с.

Учебное пособие служит основой для выбора студентами марок материалов и режимов термической обработки различных видов инструмента; может использоваться при проектировании инструментов, а также при выполнении курсовых работ.

Рассмотрены различные виды сталей и сплавов для инструмента – режущего, измерительного, штампов холодного и горячего деформирования с конкретными справочными данными по физико-механическим характеристикам.

Табл.5, список лит. –14 наименований.

РЕЦЕНЗЕНТЫ – А.Н. Тарасов, к.т.н., доцент кафедры теплофизики Калининградского государственного университета, с.н.с. ОКБ «Факел»

Е.Н. Евсина, доцент кафедры обработки материалов Калининградского государственного технического университета

Учебное пособие рекомендовано к изданию методическим советом механико-технологического факультета Калининградского государственного технического университета

© Калининградский государственный технический университет, 2004 г.

© М.С. Калачева

Маргарита Серафимовна Калачева

Материаловедение

Часть 1. Выбор материала и режима термической обработки
для режущего инструмента, штампов

Редактор Г.Е. Смирнова

Подписано в печать 30.06.04 г.

Заказ 154. Тираж 50 экз. Формат 60x84 (¹/₁₆).

Объем 3,1 п.л.; 2,5 уч.-изд.л. Цена договорная

УОП КГТУ. Калининград, Советский пр-кт, 1

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебное пособие используется в заключительном цикле дисциплины "Материаловедение".

В учебное пособие включены задачи по выбору не только металлических, но и порошковых и композиционных материалов, учитывая тенденцию к расширению объема их применения в промышленности.

Методические указания рассчитаны на самостоятельную работу студентов машиностроительных специальностей.

При составлении задач учитывалось, что студенты дневного отделения выполняют эту работу до изучения курсов сопротивления материалов и деталей машин.

Условные обозначения:

ТО – термическая обработка;

Отж – отжиг;

Н - нормализация;

З - закалка;

Зпов – закалка поверхностная;

Он - отпуск низкий;

Ос - отпуск средний;

Ов - отпуск высокий;

ХТО - химико-термическая обработка;

Ц - цементация;

Аз - азотирование;

ХПД - холодная пластическая деформация;

ППД - поверхностная пластическая деформация;

$\sigma_{\text{в}}$ - временное сопротивление при растяжении (предел прочности при растяжении), МПа;

$\sigma_{0,2}$ - предел текучести (условный) при растяжении и допуске на остаточную деформацию 0, 2 %, МПа;

$\sigma_{\text{изг}}$ – предел прочности при изгибе, МПа;

КСU- ударная вязкость (образец с надрезом по типу U), МДж/м²;

δ - относительное удлинение после разрыва, %;

HRC₃ – твердость по Роквеллу, шкала С;

HRA - твердость по Роквеллу, шкала А;

HRB - твердость по Роквеллу, шкала В;

HB- твердость по Бринеллю, МПа (кгс/мм²).

Цель работы:

1. Ознакомиться с условиями рационального выбора марок материала для заданного изделия.
2. Научиться назначать способы и режимы упрочняющей термической обработки для обеспечения заданных свойств.
3. Получить практические навыки пользования государственными стандартами (ГОСТами), справочными данными, лекционным материалом и т. д.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

Для изготовления инструментов применяют стали с твердостью 62- 68 HRC₃ (режущий инструмент), 55-65 HRC₃ (ударный инструмент для изготовления деталей холодным деформированием - штампы холодного деформирования) и 40-50 HRC₃ (штампы горячего деформирования). Высокие стойкость и надежность инструментов наблюдаются при применении сталей, обладающих оптимальным сочетанием твердости (а для инструментов горячего деформирования – теплостойкости) и вязкости. На надежность инструментов сильно влияют технологические свойства стали (хорошая обрабатываемость резанием и давлением, стабильная прокаливаемость и закаливается, др.), что особенно важно для работы автоматических линий и станков с ЧПУ.

Заданный уровень твердости инструментальных сталей можно получить следующими способами:

1. При закалке мартенситным превращением. Это обеспечивает невысокую теплостойкость: 200-270 °С у сталей для режущего инструмента и до 400-450 °С для сталей инструмента горячего деформирования. Однако после отпуска вязкость этих сталей сохраняется на высоком уровне (0,4-0,8 МДж/м²).

Стали, упрочняемые таким способом, применяют для:

- режущих инструментов, работающих с невысокими скоростями резания (до 8 м/мин), при обработке стали с $\sigma_{в} \leq 600$ Мпа, в условиях динамических нагрузок;
- инструмента холодного деформирования (обеспечивается износостойкость и высокая вязкость);
- инструмента (штампов) крупных размеров (диаметром до 500 мм), работающих в условиях динамических нагрузок.

2. При отпуске дисперсионным твердением (упрочнение стали за счет выделения из пересыщенного твердого раствора большого количества дисперсных частиц: карбидов и (или) интерметаллидов). Это обеспечивает высокую теплостойкость (до 600-650°С) и прочность на базе исходной мартенситной структуры.

Стали, упрочняемые этим способом, применяют для:

- режущих инструментов, работающих при больших скоростях резания (до 60 м/мин), при обработке конструкционных сталей и небольших динамических нагрузках;
- тяжелонагруженных инструментов прессования и выдавливания, но работающих без больших динамических нагрузок;
- инструмента, предназначенного для работы при повышенных температурах (до 650⁰С) и давлениях (для труднообрабатываемых материалов), но без больших динамических нагрузок.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СТАЛИ И СПЛАВЫ

К инструментальным относится большая группа сталей и сплавов, используемых для обработки материалов давлением, резанием.

Чаще всего инструментальные сплавы подразделяются по теплостойкости: нетеплостойкие, полутеплостойкие и теплостойкие.

В зависимости от их назначения стали делят на: стали для режущего инструмента, штамповые стали для холодного и горячего деформирования и стали для измерительных инструментов.

Инструментальные стали по химическому составу бывают углеродистые и легированные (низко- и высоколегированные); получают их либо обычным металлургическим переделом, либо методом порошковой металлургии (в том числе и твердые сплавы).

1. Углеродистые стали относятся к группе нетеплостойких, так как твердость сталей резко падает при нагреве выше 180-200⁰С, поэтому их используют при малой скорости резания не очень твердых материалов. Применяют углеродистые стали для инструментов небольших размеров

(стали У10, У11, У12 и др. - зенкеры, сверла, пилы для ручных ножовок и т.д.) из-за низкой прокаливаемости. После закалки, низкого отпуска твердость составляет 60-63 HRCэ.

2. Нетеплостойкие легированные стали с повышенной прокаливаемостью.

К этой группе относят стали: 11ХФ, 9ХС, 13Х, ХВСГ, 9ХВГ, 7ХЗ и др. (Траб = 220 - 250°С).

Введение Сг повышает прокаливаемость стали, стойкость к повышенным деформациям, повышает вязкость стали и уменьшает опасность растрескивания.

Ванадий тормозит рост зерна аустенита при нагреве стали под закалку.

Поэтому из этой группы сталей изготавливают инструмент большего диаметра, чем из углеродистых.

Из стали В2Ф, называемой «алмазной», изготавливают пилы по металлу. После термической обработки (3, Он) твердость составляет 62 - 64 НРСэ.

3. Полутеплостойкие стали

К этой группе, в основном, относятся штамповые стали для холодного и горячего деформирования: Х12ВМ, Х12Ф1, Х12ВМФ, Х6ВФ, 6ХВ2С, 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХНВ и др.

4. Теплостойкие стали

4.1. Быстрорежущие стали: Р9, Р6М5, Р18, Р6М5К5, Р12Ф4К5 и др. После термической обработки твердость у некоторых сталей достигает 68 - 70 НРСэ.

С повышением твердости возрастают износостойкость и предел выносливости стали, уменьшается налипание металла на инструмент и улучшается чистота обрабатываемой поверхности. Твердость этих сталей определяется не только содержанием углерода в мартенсите (0,3 - 0,4%), но в большей степени дисперсностью карбидов типа МС, М₂₃С₆, М₇С₃, которые присутствуют в количестве до 25 - 30%, либо интерметаллидов типа Со₇W₆.

Высокая теплостойкость быстрорежущих сталей (Траб = 600 - 650°С) обусловлена легированием W, Мо, V, Со.

В связи с высокой стоимостью быстрорежущих сталей (из-за содержания большого количества W) встала проблема создания безвольфрамовых или маловольфрамовых сталей.

4.2. Маловольфрамовая сталь Р2М5 имеет аналогичную стойкость сверл шлифуемость, свариваемость со сталью Р6М5.

Безвольфрамовая сталь 11М5Ф (характеризуется отсутствием эвтек-

тических карбидов) имеет практически аналогичные свойства по сравнению со сталью Р6М5, но меньшую чувствительность к обезуглероживанию.

5. Стали для горячего деформирования: 4Х2В5МФ, 4Х5В2ФС, 5Х3В3МФС, 3Х3М3Ф, 3Х2В8Ф, 4Х4ВМФС и др.

В связи с высокой стоимостью быстрорежущих сталей (из-за содержания большого количества W) встала проблема создания безвольфрамовых или маловольфрамовых сталей.

6. Безуглеродистые (дисперсионнотвердеющие) сплавы с интерметаллидным упрочнением (ЗВ20К20Х4, В16М4К16Х4Н2, В14М7К25, В11М71К23) характеризуются более простой термической обработкой - снижается температура закалки. Карбиды растворяются в аустените, повышается процент Со, поэтому Траб достигает 700°С, твердость 69-71 НРСэ. Занимают промежуточное положение между быстрорежущими сталями и твердыми сплавами.

Применение: токарные и строгальные резцы и фрезы, обработка жаропрочных, высокопрочных, коррозионностойких и других труднообрабатываемых материалов.

Методами повышения качества быстрорежущих сталей являются:

1) Электрошлаковый переплав (ЭШП). Стойкость инструмента из этой стали возрастает в 2 раза.

2) Метод порошковой металлургии. Порошковые стали характеризуются малыми объемными деформациями, хорошо шлифуются, улучшается качество обрабатываемых поверхностей. Стойкость инструмента повышается в 1,5-2 раза.

ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Твердые сплавы - материалы, состоящие из высокотвердых и тугоплавких карбидов вольфрама, титана, тантала с металлической связкой, полученные методами порошковой металлургии. Увеличение содержания металлической связки (порошка кобальта) вызывает снижение твердости, но повышает прочность и вязкость сплава. Сплавы получают спеканием порошков карбидов с порошком кобальта при 1400-1550⁰С после предварительного прессования.

Твердые сплавы широко применяются в металлообработке (≈70% всей стружки снимается с помощью твердосплавного инструмента). Однако увеличение доли труднообрабатываемых материалов, использование станков с ЧПУ, многоцелевых станков, гибких производственных систем -ГПС, требует повышения физико-механических свойств, что достигается усовершенствованием технологии изготовления, применением легирующих элементов тантала {Ta}, хрома (Cr), ниобия (Nb), рения (Re).

Твердые сплавы сочетают высокую твердость 74 - 76 HRCэ (85 -97HRA), высокий модуль упругости (до 6,8.10⁵ МПа), предел прочности на сжатие (до 6000 МПа), износостойкость с высокой теплостойкостью (800–1000⁰С). Скорость резания твердыми сплавами в 5-10 раз выше, чем при применении быстрорежущих сталей. Главными недостатками твердых сплавов являются их хрупкость, трудность механической обработки, сложность изготовления фасонных изделий.

Твердые сплавы производят в виде пластин, которые механическим способом или медным припоем крепят на державке режущего инструмента. Инструмент с твердосплавными пластинами применяют в наиболее тяжелых условиях резания с максимальными скоростями.

В зависимости от состава карбидной основы твердые сплавы подразделяются на вольфрамовые, титановольфрамовые, титанотанталовольфрамовые.

1. Вольфрамовые сплавы (система WC–Co) BK3 – BK8 применяют для режущих инструментов при обработке материалов, дающих преры

вистую стружку (чугуна, цветных металлов, керамики, фарфора и т.д.). Сплавы ВК10 и ВК15, обладающие более высокой вязкостью, используют для волочильных и буровых инструментов. Сплавы ВК20 и ВК25 применяют для изготовления штамповых инструментов. Теплостойкость этой группы сплавов до 800°C.

2. Вторую группу образуют сплавы системы TiC -WC - Co. Сплавы отличаются более высокой теплостойкостью (900 - 1000°C). Их применяют для высокоскоростного резания сталей (ТЗ0К4).

3. Сплавы третьей группы (система TaC - TiC -WC – Co) : ТТ7К12, ТТ8К6 отличаются большей прочностью и лучшей сопротивляемостью вибрациям и выкрашиванию. Их применяют для наиболее тяжелых условий резания (черновая обработка стальных слитков, отливок, поковок).

4. Разработаны безвольфрамовые и маловольфрамовые твердые сплавы:

	$\sigma_{изг}$, МПа,	HRA
ТН - 20 (система TiC –Ni + Mo)	1000-1100	91
КНТ- 16 (система карбонитрид (Ti (NC)-Mo+Ni)	1150-1200	89-90

По твердости превосходят сплавы типа ВК, но отличаются повышенной хрупкостью.

Применяются для получистового и чистового точения и фрезерования сталей и цветных металлов.

5. Сплавы отличаются по величине зерна;

а) мелкозернистые (размер зерен WC до 0,5 - 1µm).

ВК6-ОМ - чистовая обработка коррозионностойких сталей, титановых сплавов, отбеленных и легированных чугунов.

ВК10-ОМ - получистовая и черновая обработка коррозионностойких, ВК15-ОМ - жаропрочных сталей, титановых сплавов; W, Mo и их сплавов;

б) ультрамелкозернистые (группа ХТМ).

ВК10-ХТМ - чистовая и получистовая обработка труднообрабатываемых материалов на Ni, Ti основе;

в) твердые сплавы общего назначения с усовершенствованной технологией изготовления - группа МС.

Характеризуются более высокими эксплуатационными свойствами, особенно при черновой обработке.

СВЕРХТВЕРДЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Предназначены для чистовой обработки заготовок с высокими скоростями резания (свыше 500 м/мин), а также заготовок из материалов с большой твердостью ($HRC_3 > 60$). К их числу относят материалы на основе синтетических алмазов, а также на основе кубического нитрида бора.

Фирма "Дженерал Электрик" (США) изготавливает режущие пластины из искусственных алмазов, нанесенных на твердосплавную основу. Толщина слоя из алмазов до 1 мм.

В РФ изготавливают режущий инструмент, оснащенный пластинами из искусственных алмазов (карбонадо). Алмазы (природные и искусственные) имеют наиболее высокую твердость (до 100 ГПа) и модуль упругости (800 ГПа). Но прочность алмазов при изгибе понижена ($\sigma_{изг} = 300$ МПа). Алмазы устойчивы до 800 °С, когда наступает обугливание. Кроме того, алмаз при резании с повышенной скоростью, сопровождающемся нагревом в участках резания выше 800 °С, взаимодействует со сталью.

Поэтому режущий инструмент, оснащенный пластинами из искусственных алмазов, рекомендуется только для обработки материалов, не содержащих железа (цветные металлы и сплавы - бронзы, латуни, силумины; пластмассы, стеклопластики; полупроводники, керамические материалы). Алмазы используют также в качестве фильера для протяжки высокопрочных сплавов, а также драгоценных металлов.

Более широкое распространение получает режущий инструмент, оснащенный пластинами из кубического нитрида бора (КНБ) и предназначенный для чистовой обработки заготовок из черных металлов (стали и чугуна).

Высокая эффективность применения инструмента, оснащенного пластинами из КНБ, обеспечивается физико-химическими свойствами этого материала: высокой твердостью (40-75 ГПа), превышающей твердость твердых сплавов в 2 - 4 раза; высокой теплостойкостью (1100-1300 °С); удовлетворительной теплопроводностью ($\lambda = 40-50$ Вт/м·°С), близкой к теплопроводности твердых сплавов и практически постоянной при повышении температуры; хи-

мической инертностью к соединениям железа с углеродом; способностью сохранения радиуса округления режущей кромки за весь период стойкости инструмента; удовлетворительной прочностью, обеспечивающей возможность применения инструмента при прерывистом резании.

Сверхтвердые материалы дают высокую точность обработки, отсутствие нагрева обрабатываемой заготовки, низкую шероховатость обработанной поверхности.

В РФ на основе КНБ создана серия материалов под общим названием "композит".

Наиболее широкое применение получили: композит 01 (эльбор-Р1), композит 10 (гексанит-Р), композит 09 (ПТНБ).

Резцы, оснащенные пластинами композита 01, применяют для непрерывного чистового точения заготовок из закаленных сталей с высокой твердостью (HRCэ 60-70), чугунов с твердостью до 500 - 600 НВ и твердых сплавов марок ВК15, ВК20, ВК25(характер резания - без удара).

Резцы же, оснащенные пластинами из композита 10,10Д, допускают при резании удары.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Получают горячим прессованием (ВШ-75, ВОК-60 и др.) и холодным прессованием с последующим спеканием (ВО-13).

1. Оксидная "белая" керамика представляет Al_2O_3 с легирующими добавками MgO, ZrO_2 и др.

Сюда относятся ЦМ332, ВО-13. Применяется для чистовой и получистовой обработки незакаленных сталей и серых чугунов.

2. Оксидно-карбидная "черная" керамика представляет по составу: Al_2O_3 (до 60%), ZrO_2 , (20–40%), TiC (20-40%) и другие карбиды тугоплавких металлов.

Наиболее широко применяется ВОК-60 - чистовая и получистовая обработка ковких, высокопрочных и отбеленных чугунов, закаленных сталей.

3. Силинит Р (нитрид Si; оксиды Al , Zr,J) - получистовая обработка чугунов.

4. Кортинит (оксидно-нитридный керамический материал)

ОНТ-20 - твердость достигает 92-94 HRA, адгезионное взаимодействие с обрабатываемыми материалами менее интенсивное.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ С ИЗНОСОСТОЙКИМИ ПОКРЫТИЯМИ

Повышение стойкости режущего инструмента достигается нанесением на его рабочие поверхности износостойких покрытий (ПК).

Методы нанесения покрытий: газофазный, термодиффузионный, высокотемпературный (АЭП), РЭП, КИБ.

Наиболее перспективными являются газофазный и КИБ. За рубежом практически единственным является газофазный (конденсация газообразных соединений с образованием твердых осадков).

Методом КИБ наносятся Пк из нитрида титана, газофазным методом - Пк из карбида титана (TiC).

Срок службы пластин из твердых сплавов с Пк повышается в 3-4 раза.

Для повышения же износостойкости, долговечности, стойкости режущего инструмента ,не подвергающегося переточке, из быстрорежущих сталей применяют низкотемпературное цианирование, азотирование, нитроцементацию с последующим оксидированием. В последние годы все шире находит применение ионное азотирование.

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАТЕРИАЛА ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, ШТАМПОВ

1. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Режущий инструмент (резцы, сверла, метчики, плашки и др.) в процессе эксплуатации находится в сложнапряженном состоянии, подвергаясь динамическим изгибающим и крутящим нагрузкам, износу, разогреву вследствие выделения тепла при трении об обрабатываемый материал.

Поэтому в готовых инструментах для обеспечения длительной и надежной работы материал должен обладать: 1) высокой твердостью и износостойкостью (чаще 63-66 HRC₃, а для резания более твердых и труднообрабатываемых материалов 66-69 HRC₃). Такая же высокая твердость, но в тонком поверхностном слое (после азотирования или цианирования), должна быть у большинства инструментов для резания конструкционных сталей и чугунов; 2) высокой прочностью и сопротивлением пластической деформации, а при преобладании динамических нагрузок при резании - возможно лучшей вязкостью; 3) теплостойкостью, т.е. способностью сохранить твердость и режущие свойства при длительном нагреве в процессе работы.

Наряду со свойствами, определяющими работоспособность инструмента, весьма важны технологические характеристики материалов: пластичность сталей в холодном и горячем состоянии, свариваемость (для составного инструмента), обрабатываемость резанием, прокаливаемость, закаливаемость, несклонность к росту зерна аустенита и обезуглероживанию при нагреве под закалку, шлифуемость.

Большое разнообразие номенклатуры, назначения и условий работы вместе с экономическими соображениями предопределили применение весьма большого количества инструментальных сталей. Выбор стали той или иной группы теплостойкости зависит от многих факторов, но определяющими являются свойства обрабатываемого материала и условия резания.

Для резания конструкционных сталей и чугунов с твердостью до 220-230НВ применяют стали полутеплостойкие. Использование сталей повышенной теплостойкости рационально в случаях:

1) повышения скорости резания с 40-50 до 70-80 м/мин - применяются кобальтовые стали;

2) резания с обычной скоростью, но необходима повышенная износостойкость (протяжки, развертки) - применяют высокованадиевую сталь P12Ф3 или сталь 10P8M3, при этом износостойкость инструмента повышается на 50-60%;

3) для инструментов, от которых требуется длительная стойкость (автоматические линии), нужны сталь 10P8M3 или кобальтовые стали с повышенным содержанием углерода высокой твердости 66-68 HRCэ и износостойкости.

Для резания улучшенных конструкционных сталей с твердостью 30-45 HRCэ, аустенитных жаропрочных сталей, а также нержавеющей сталей и сплавов нужны стали повышенной теплостойкости.

Для резания титановых и некоторых аустенитных сплавов повышенной твердости (например, кавитационностойких) применяют стали высокой теплостойкости (сталь B11M7K23 для резания без охлаждения).

В особую группу инструментальных материалов входят твердые сплавы, применяемые для инструмента, работающего на особо высоких скоростях резания.

Влияние режимов резания

Для инструмента, работающего при повышенном износе без динамических нагрузок (обрабатывающих отверстия: сверла, зенкеры и т.п.), для отрезных резцов выбирают стали повышенной твердости: P12Ф3 и 10P8M3 - для конструкционных сталей, P8M3K6C - для аустенитных сталей.

Для инструмента, испытывающего динамические нагрузки (червячные фрезы, долбяки и т.п.) применяют сталь умеренной теплостойкости P6M5 и P12Ф4K5, а при снятии стружки большого сечения – сталь P6M5K5 с повышенной теплостойкостью.

Влияние размеров инструмента. Для инструментов небольшого сечения диаметром до 40-50 мм пригодны любые стали.

Для инструментов большего сечения выбор стали ограничен. Применяют, как правило, стали с более высокими характеристиками прочности и вязкости с меньшей карбидной неоднородностью и с более мелкими карбидами: P6M5; P8M3 и P12 вместо стали P18 из группы умеренной теплостойкости и P6M5K5 и P12Ф3 из сталей повышенной теплостойкости.

Для некоторых инструментов большого диаметра и длины (протяжки), работающих с небольшой скоростью, применяют и нетеплостойкую сталь ХВСГ. Температуры закалки крупных инструментов пониженные, отпуск двукратный с более высокой температурой (570-580°C) первого нагрева.

Для микроинструментов следует применять стали с интерметаллидным упрочнением, а из сталей с карбидным упрочнением - сталь P8M3 как менее чувствительную к обезуглероживанию.

Для инструментов, используемых в пищевой промышленности, а также для медицинских инструментов все большее применение получают стали, устойчивые против коррозии. При необходимости получения твердости 58-62 HRC, в инструментах, у которых толщина рабочей кромки больше 0,1-0,2 мм, применяют сталь X18M, имеющую избыточные карбиды. Для инструментов меньшей твердости рациональнее выбрать более вязкую сталь 40X13.

Влияние способов изготовления инструмента

Для инструментов, изготавливаемых горячей деформацией (прокаткой, навивкой), нужны стали с удовлетворительной горячей пластичностью. В сверлах из стали P18 наблюдаются закаты и мелкие трещинки. Для инструментов, изготавливаемых холодной деформацией - вырубкой, насечкой, прессованием, штамповкой, более пригодны стали с пониженными твердостью и пределом текучести в отожженном состоянии: P6M5, P8M3 и PT2 из числа быстрорежущих умеренной теплостойкости и 10P8M3, P6M5K5 из числа повышенной теплостойкости. Для инструментов, подвергаемых значительному шлифованию (сверла), необходимы быстрорежущие стали с меньшим содержанием ванадия. Инструменты же, не подвергаемые шлифованию (напильники), изготавливают из стали с минимальной чувствительностью к обезуглероживанию и хорошей закаливаемостью для получения высокой твердости в вершине зуба. Напильники для обработки мягких материалов изготавливают из стали У13Х, закаливаем-

мой с индукционного нагрева с последующим низкотемпературным отпуском. Для обработки более твердых материалов используют стали Р8МЗ или типа РЗМЗФ2.

Корпуса сборного инструмента, хвостовую часть инструмента изготавливают из сталей 45,50,40Х,45Х, 50ХФА, а если они имеют сложную форму и охлаждение после наварки (напайки) должно быть замедленным, то применяют стали, закаливающиеся на воздухе, - 7ХГ2ВМ и 7ХГНМ.

Хвостовую часть инструмента следует обрабатывать на более низкую твердость (33-37 НРСэ у мелких и 25-30 НРСэ у крупных), с тем чтобы обеспечить необходимую вязкость.

Технологический процесс изготовления инструмента включает операции:

- 1) изготовление заготовок (предварительное формообразование) с использованием сварки, горячей и холодной пластической деформации;
- 2) предварительную смягчающую термическую обработку для улучшения обрабатываемости стали и исправления структуры в нужном направлении;
- 3) механическую обработку (окончательное формообразование) на металлорежущих станках или методом холодной деформации (насечка и др.);
- 4) окончательную (упрочняющую) термическую обработку;
- 5) окончательный контроль, шлифовку и заточку инструмента, дополнительную обработку для улучшения поверхностного слоя.

2. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ШТАМПОВ ХОЛОДНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

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

В зависимости от операции холодного деформирования (резка, гибка, вытяжка, формовка, объемная штамповка) и применяемого оборудования (гидравлические, механические, чеканные прессы, холодновысадочные автоматы и пр.) условия работы штампового инструмента существенно различаются. В наиболее тяжелых условиях инструмент работает при объемной штамповке и вырубке (высокие удельные давления, разогрев до высоких температур). Ис-

пользование ударного погружения при штамповке на чеканных прессах и холодновысадочных автоматах также ухудшает условия работы инструмента.

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

В зависимости от конструкции и назначения штампа определяющее значение приобретают различные свойства. Так, для вырубных штампов наиболее важны прочность, вязкость и износостойкость, а для штампов холодного прессования, работающих плавно, но с повышенным разогревом, необходимы высокая теплостойкость и сопротивление малым пластическим деформациям, при этом вязкость может быть пониженной.

Стали для штампов холодного деформирования должны обладать:

- высоким сопротивлением пластической деформации (смятию) при высоких удельных давлениях (до 2200-2500 МПа и выше), что достигается за счет высокой твердости 52-60 HRC_э и оптимальной структуры, содержащей избыточную карбидную фазу;
- достаточной вязкостью, обеспечивающей высокое сопротивление хрупкому и усталостному разрушению при динамических нагрузках;
- теплостойкостью (до 400-500°С) при тяжелых условиях штамповки.

Штампы холодного деформирования изготавливают с высокой точностью, они могут быть весьма сложными и крупными, поэтому стали для их изготовления должны иметь удовлетворительные технологические характеристики: обрабатываемость резанием и шлифуемость, закаливаемость и прокаливаемость, устойчивость против обезуглероживания, малую деформируемость при термической обработке.

Поэтому для штампов в зависимости от их назначения, формы и размеров необходимо выбирать многочисленные и разные по составу стали: преимущественно нетеплостойкие повышенной твердости и вязкости, полутеплостойкие высокой твердости, а в некоторых случаях - даже быстрорежущие.

2.1. Стали для штампов объемной штамповки. Стали для штампов холодной высадки

Для высадки мягких металлов, выполняемой с небольшими давлениями, используют углеродистые стали (для штампов диаметром до 30 мм), низколегированную 11ХФ (диаметром до 40 мм) и Х или 7ХГНМ для штампов большего сечения. Для высадки низкоуглеродистых сталей и цветных металлов с повышенными давлениями для пуансонов целесообразно применять сталь 6ХЗФС, для матриц, работающих с меньшими ударными нагрузками, - износостойкие стали Х12М и Х6ВФ. Для высадки с высокими давлениями необходимо использовать стали 6Х4М2ФС или 6Х6В3МФС, не сохраняющие остаточного аустенита, обрабатываемые на вторичную твердость.

2.2. Стали для штампов прессования

Стали испытывают высокие усилия на сжатие (до 2000-3000 МПа), реже - растягивающие напряжения, возникающие при обратном ходе пуансона, и нагрев в поверхностных слоях до 300-400⁰С. Для деформирования низкоуглеродистых сталей и цветных металлов с удельными нагрузками до 1500-1600 МПа твердость стали должна быть 59-60 HRCэ для пуансонов и 57-58 HRCэ для матриц. Для этих условий пригодны стали Х12М, Х12Ф1.

Для деформирования (выдавливания) металлов с высокими характеристиками прочности и при повышенных давлениях нужна более твердая сталь (60-62HRCэ), не сохраняющая аустенита, - полутеплостойкая сталь 8Х4В2С2МФ, обрабатываемая на вторичную твердость. Сталь имеет меньше карбидов, чем быстрорежущие стали, и поэтому большую вязкость, может быть использована для инструментов крупных сечений (до 60-80 мм).

Для еще более тяжелых условий эксплуатации (при удельных нагрузках выше 2000-2200 МПа) используются быстрорежущие стали Р6М5, Р12, Р12Ф3 и Р8М3, имеющие твердость 64-66 HRCэ и высокую износостойкость. Они применяются для изделий небольших сечений.

2.3. Стали для штампов листовой штамповки. Стали для вытяжных штампов

Твердость для пуансонов должна быть 62-64 HRCэ и для матриц 59-60 HRCэ, так как динамические нагрузки при эксплуатации незначительны и основное свойство этих сталей - высокая износостойкость. При этом уменьшается и налипание обрабатываемого металла на поверхность штампа.

Для вытяжки с небольшой скоростью пригодны нетеплостойкие стали высокой твердости: для пуансонов диаметром до 20-15 мм - нетеплостойкие малопрочнокаливающиеся углеродистые У10, У11, У12; для более крупных пуансонов и матриц - стали 11ХФ и Х; для очень крупных -ХВСГ. Для повышения стойкости после закалки и отпуска целесообразно проводить электролитическое хромирование пуансонов.

Штампы, выполняющие вытяжку с большой скоростью, изготавливают из полутеплостойких сталей (рабочий слой нагревается до 400-450°С) Х12М и Х12Ф1. Сталь азотируется для улучшения износостойкости.

2.4. Сталь для вырубных и отрезных штампов

Штампы работают при повышенном износе, многие имеют сложную конфигурацию, причем рабочие кромки часто приходится на срединные слои металла. Заготовки штампов не должны иметь внутренней пористости.

Для вырубки мягких металлов (многих цветных и низкоуглеродистых сталей) применяются стали Х6ВФ и 7ХГ2ВМ (7ХГНМ), получающие твердость 59-61 НКС_Э. В штампах небольших размеров (диаметром до 40-50 мм) лучшую стойкость имеет сталь Х6ВФ. В большем сечении из-за развития карбидной неоднородности сильно снижается вязкость и усиливается выкрашивание рабочих кромок. Сталь 7ХГ'2ВМ имеет минимальные объемные изменения, поэтому она идет для крупных штампов и штампов сложной формы. С увеличением толщины вырубного листа возрастают усилия деформации, что требует повышения предела прочности при изгибе. Поэтому твердость выбирают в зависимости от толщины листа:

толщина листа (мм)	до I	1-2	2-3
твердость (НКС _Э)	60 - 62	59-61	57-59

Для вырубки более твердых металлов (электротехнической стали и листов со специальным покрытием) применяются более износостойкие стали Х12ВМ и Х12Ф3М (стали с повышенным содержанием карбидов) - штампы небольших размеров (до 30-40 мм). При вырубке с большими нагрузками и для крупных штампов более высокая стойкость у стали Х6Ф4М.

Для пробивки мелких отверстий в листах иглы - пуансоны изготавливают из сталей Р12, Р6М5 или 6Х4М2ФС.

Пневматические инструменты и зубила воспринимают значительные динамические нагрузки. Их изготавливают из нетеплостойкой стали повышенной вязкости и высокого сопротивления смятию рабочих кромок: меньшего сечения из стали 7ХНФ, большего - из стали 6ХЗФС. Для инструментов диаметром до 25 мм, работающих при повышенных динамических нагрузках и износе, но меньших давлениях, применяют цементуемые стали 12ХНЗА или 18ХГТ. Для гаечных ключей используют сталь 40ХВА, для молотков - 50ХФА, плоскогубцев - У7, У8 или 7ХФН, отверток - 50 и 50ХФ.

2.5. Валки станов холодной прокатки

Валки, деформирующие металл в холодном состоянии, изготавливают из хромистых сталей 9Х, 9Х2. Ввиду большого сечения валки закаливают в воде и затем подвергают низкому отпуску при температуре 100-120°С. При этом поверхность валка (на глубине от 10 - 15 мм) имеет высокую твердость 64-66 НРС_Э, что, наряду с другими условиями (отсутствием перегрева, равномерностью распределения карбидов и т.д.), обеспечивает высокую стойкость в работе.

3. СТАЛИ ДЛЯ ШТАМПОВ ГОРЯЧЕГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Основную массу штампов изготавливают в инструментальных цехах машиностроительных заводов в условиях штучного или мелкосерийного производства. Штампы изготавливают цельными или сборными. Конструкции штампов зависят от их назначения (отрезные, прошивные, для объемной штамповки, накатки, высадочные и т.д.), способа нагружения (молотовые, прессовые и др.) и других факторов.

В наиболее тяжелых условиях работают формообразующие детали штампов (вставки, вкладыши, прошивки, знаки, матрицы, пуансоны и др.), они определяют работоспособность и стойкость штампов.

Штампы горячего деформирования работают в весьма жестких условиях, для которых характерны: высокие действующие напряжения, уровни которых приближаются к пределам текучести штамповых сталей; высокие температуры нагрева; циклическое действие напряжений от знакопеременных усилий при деформации; термические напряжения, определяемые условиями нагрева и ох-

лаждения штампов; химическое взаимодействие деформируемых материалов, особенно проявляющееся в процессе прессования и полужидкой штамповки.

Прессовые инструменты работают при сравнительно медленном нагружении, большая длительность контакта с деформируемой заготовкой (0,1-0,4 с) вызывает разогрев поверхности инструмента до 650-750°C (при штамповке жаропрочных и других труднодеформируемых материалов).

Молотовые штампы работают в условиях ударного нагружения, время деформирования значительно меньше (0,001-0,006 с), в результате их поверхность разогревается до более низких температур (не выше 500-550°C).

При высокоскоростной штамповке инструмент работает при высоких удельных давлениях в условиях относительно кратковременного (0,012-0,014 с) теплового и силового воздействия.

Поэтому стали для производства штампов горячего деформирования должны обладать следующими механическими и технологическими свойствами: высокой теплостойкостью (до 600-700°C); высокой вязкостью, определяющей высокое сопротивление стали хрупкому разрушению после термической обработки на твердость HRCэ 45-50; сопротивлением термической усталости (разгаростойкостью); окалиностойкостью и сопротивлением коррозии под напряжением; теплопроводностью и низким коэффициентом теплового расширения; прокаливаемостью, так как многие штампы имеют большие размеры; технологическими свойствами (минимальной деформируемостью при термической обработке, устойчивостью против обезуглероживания, удовлетворительной обрабатываемостью резанием и шлифуемостью).

Для изготовления штампов горячего деформирования используют легированные стали, содержащие 0,3 - 0,6% С, которые после закалки и отпуска имеют структуру троостита или троостосорбита.

3.1. Стали для молотовых штампов

Стали для молотовых штампов, работающих при ударных нагрузках и относительно небольших температурах (400 - 500°C), характеризуются повышенной ударной вязкостью, разгаростойкостью и прокаливаемостью. Они легируются молибденом или вольфрамом, предупреждающими развитие отпускной хрупкости второго рода, которую в больших сечениях нельзя устранить

быстрым охлаждением. Для изготовления крупных штампов сложной формы (наибольшая сторона призматических заготовок 400 - 500 мм) используют сталь высокой прокаливаемости 5ХНМ с твердостью около 46 HRCэ; 30Х2НМФ с рекомендуемой твердостью 35-38 HRCэ. Штампы средних размеров (наибольшая сторона заготовок 300-400мм) изготавливают из сталей 5ХГМ, 5ХНВС, которые имеют одинаковую прокаливаемость со сталью 5ХНМ, но уступают ей в вязкости; обрабатываются на твердость 36 - 41 HRCэ. Сталь 5ХНВ, имеющую низкую прокаливаемость, так как вольфрам повышает ее слабее, чем молибден, применяют для небольших штампов (сторона заготовок≈200 мм), рекомендуемая твердость 40- 44 HRCэ.

3.2. Стали для штампов горизонтальноковочных машин и прессов

Стали этого назначения должны обладать стойкостью к воздействию высоких температур и давлений, но работают без больших ударных нагрузок. Тяжелонагруженный инструмент, рабочие поверхности которого разогреваются до 700°, изготавливают из сталей с повышенным содержанием вольфрама (3Х2В8Ф, 4Х2В5МФ, 4Х5В2ФС и др.).

Инструмент, используемый при резких перепадах температур (высокоскоростная штамповка), получают из сталей 4Х5МФС, 4Х5В2ФС, 4Х4МФС. Легирование этих сталей хромом (4-5%) обеспечивает их высокую окислительную стойкость и износостойкость при нагреве.

3.3. Прошивные и протяжные пуансоны и матрицы

Прошивные и протяжные пуансоны и матрицы для горячего прессования не подвергаются большим ударным нагрузкам. Но зато они более длительное время, чем молотовые штампы, соприкасаются с деформируемым металлом и разогреваются до более высоких температур. Тонкие и длинные прошивные иглы испытывают большие растягивающие напряжения при выходе из деформируемого металла. Поэтому стали для горячей высадки и прессования должны обладать повышенной прочностью и твердостью при более высоких температурах, чем стали для молотовых штампов. Эти свойства обеспечиваются при высоком содержании вольфрама. Типичной является сталь 3Х2В8Ф, которую закалывают в масле температуры 1150°С и отпускают при 600...650°С. Высокая

теплостойкость обеспечивается легированностью α - раствора и карбидами типа Me_6C и MeC .

3.4. Стали для изготовления пресс-форм при литье металлов под давлением

Для изготовления пресс-форм при литье металлов под давлением применяют стали повышенной теплостойкости (для литья медных сплавов) и разгаростойкости (для литья алюминиевых и магниевых сплавов). Такие стали должны выдерживать периодический нагрев и охлаждение поверхности и воздействие расплавленного металла. Стойкость форм зависит не только от температуры разливаемого металла, но также и от скорости заливки, толщины стенок формы, а также температуры, до которой она подогрета; подогрев формы способствует повышению сопротивления разгару. После определенного числа заливок металла форму необходимо подвергать отпуску при $T = 300-400^{\circ}C$ для снятия накопившихся напряжений. Наиболее распространенными марками сталей, используемых для изготовления пресс-форм, являются 4ХМФС, 4Х4ВМФС, 3Х2В8Ф, 2Х13 и др.

Выбор температуры отпуска определяется условиями работы пресс-форм. Для уменьшения смятия и увеличения износостойкости следует увеличивать твердость, но это может привести к уменьшению разгаростойкости из-за снижения вязкости стали. При литье цинковых сплавов разгаростойкость не зависит от твердости стали и для увеличения формоустойчивости и износостойкости пресс-форм отпуск производят на повышенную твердость. При литье алюминиевых и медных сплавов разгаростойкость пресс-форм выше при меньшей твердости (большей вязкости) стали.

Чем выше температура отпуска, тем ниже твердость, выше вязкость и теплопроводность стали 3Х2В8Ф и, соответственно, выше разгаростойкость. В случае литья цинковых сплавов твердость стали 3Х2В8Ф должна быть равна 49...53 HRCэ, алюминиевых и магниевых сплавов - 40...49 HRCэ и медных сплавов - 39...46 HRCэ. В соответствии с этим и подбирают температуру одночасового отпуска в интервале от $560^{\circ}C$ (53 HRCэ) до $680^{\circ}C$ (39 HRCэ).

Для литья медных сплавов пресс-формы целесообразнее изготавливать из сталей 4Х4ВМФС или 3Х2М2Ф, которые обеспечивают большую работоспособность пресс-форм, чем сталь 3Х2В8Ф, несмотря на меньшую прочность при высоких температурах. Это, по-видимому, обусловлено большей вязкостью стали 4Х4ВМФС и, соответственно, более высоким сопротивлением термической усталости. С целью повышения износостойкости, коррозионной стойкости, улучшения качества поверхности и сохранения стабильности размеров оформляющие поверхности пресс-форм и штампов подвергают азотированию, нитроцементации, диффузионному хромированию, борированию. На поверхность гравюры штампа из газовой среды проводят осаждение карбидов титана, имеющих особо высокую твердость.

4. СТАЛИ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Стали, применяемые для изготовления измерительного инструмента, должны обладать высокой твердостью, износостойкостью, способностью сохранять точные размеры и форму в течение длительного времени, хорошей шлифуемостью.

Для многих измерительных инструментов, например плиток, требуется высокая чистота поверхности. Для обеспечения требуемых свойств выбирают стали с мартенситной структурой, однако мартенсит претерпевает старение, которое приводит к изменению размеров и формы. Наблюдается также и превращение остаточного аустенита в мартенсит, вызывающее увеличение размеров. Поэтому режим термической обработки и состав сталей для инструментов высоких классов точности должны обеспечивать требуемое сочетание свойств. Обычно используют заэвтектоидные высокоуглеродистые хромистые стали X, ХВГ, 12ХГ. Закалку проводят с более низкой температуры (обычно с 850 - 870°С), и для более полного превращения аустенита в мартенсит применяют обработку холодом при -70°С непосредственно после закалки. Нередко обработку холодом повторяют многократно. После каждой из них проводят от-

пуск при 100 - 140°C в течение 20 - 50 ч. Твердость после указанной термообработки составляет 63 - 64 HRCэ.

Шаблоны, лекала, шкалы, измерительные скобы и другие плоские инструменты лучше изготавливать из низкоуглеродистых листовых сталей 15, 20, 15X, 20X, подвергаемых цементации, закалке и низкому отпуску.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ МАТЕРИАЛОВ

Прежде чем приступить к выполнению задания, студент должен проработать теорию по инструментальным сталям и сплавам, используя литературу, лекции, данное методическое пособие.

Порядок выполнения работы (продолжительность работы - 2 ч.):

1. Изучить условия задачи и определить, к какой группе материалов по назначению относится выбираемый материал для заданного изделия.

2. Составить профиль требований к выбираемому материалу.

3. Выбрать один материал из нескольких альтернативных вариантов, учитывая:

а) комплекс требований по механическим свойствам,

б) требования по теплостойкости;

в) требования по прокаливаемости (Дкр - критический диаметр для данной стали);

г) экономическую эффективность - выбранная марка стали должна содержать наименьшее количество дорогих и дефицитных легирующих элементов (особенно Ni, W , V , Mo) .

4. Для выбранного материала выписать подробный химический состав по ГОСТу из справочной литературы.

5. Объяснить влияние каждого легирующего элемента на свойства стали, превращения при термической обработке.

6. Выбрать режим термической обработки (для сталей): 3,0. Описать изменение структуры на каждой стадии термообработки. Начертить график термообработки.

7. Указать конечную структуру, дать определение, правильно определить фазы в структуре.

8. Дать механические свойства материала после термообработки (по ГОСТу).

Оформление задания проводить в тетради для лабораторных работ.

Марки некоторых сталей и сплавов приведены в таблицах приложения табл. П. 1-5; ГОСТы на различные виды материалов даны в технической документации.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Андреев Б.Н. Совершенствование режущего инструмента /Б.Н. Андреев. - М.: Машиностроение, 1993. -240с.

2. Геллер Ю.А. Инструментальные стали /Ю.А. Геллер. -М.: Metallurgy, 1983. -526с.

3. Лахтин Ю.М. Материаловедение /Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. -М.: Машиностроение, 1990. -528с.

4. Материаловедение и технология металлов/ Г.П.Фетисов, М.Г. Карпмак М.Г., В.М. Матюнин и др. - М.: Высш. шк., 2000.-638с.

Дополнительная

5. Материаловедение/ Б.Н. Арзамасов и др.. - М.: Машиностроение, 1986. -384с.

6. Геллер Ю.А. Материаловедение/ Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадт. -М.: Metallurgy, 1989. - 456с.

7. Гуляев А.П. Металловедение/ А.П. Гуляев. -М.: Metallurgy, 1986. -544с.

8. Марочник сталей и сплавов/ В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др. -М.: Машиностроение, 1989. -640с.

9. *Металловедение и термическая обработка стали: справочное издание/под ред. М.Л. Берштейна, А.Г. Рахштадта. М–: Металлургия, 1991.-650с.*

Техническая документация

Сталь инструментальная углеродистая	ГОСТ 1435-74
Сталь инструментальная легированная	ГОСТ 5950-2000
Сталь "- штамповая	ГОСТ 5950-2000
Сталь "- валковая	ОСТ 24.013.20-65
	ОСТ 24.013.04-33
Сталь "- быстрорежущая	ГОСТ 19265-73
Сплавы твердые спеченные	ГОСТ 3882-74

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ

1. Выбрать сталь для червячных фрез (изготовлены из проката диаметром 40 мм), обрабатывающих конструкционные стали твердостью 220-240 НВ. Предложить режим термообработки фрез из выбранной быстрорежущей стали, указать микроструктуру после каждого этапа термообработки, конечные свойства. Объяснить влияние каждого легирующего элемента.

2. Выбрать марку быстрорежущей стали для долбяков наружным диаметром 60 мм, обрабатывающих с динамической нагрузкой конструкционные стали твердостью 200-230 НВ. Рекомендовать режим термообработки, указать структуру после каждого этапа термообработки, конечные свойства? Объяснить влияние каждого легирующего элемента.

3. Выбрать марку стали для протяжек, обрабатывающих конструкционные стали твердостью до 250 НВ. Указать режим термообработки, структуру, свойства стали для случаев изготовления протяжек из проката диаметром 40 и 85 мм. Объяснить влияние каждого легирующего элемента.

4. Выбрать марку быстрорежущей стали умеренной теплостойкости для червячных фрез наружным диаметром 30 и 80 мм (из катаной стали). Рекомендовать режим термообработки и способ химико-термической обработки, до-

полнительно повышающей стойкость фрез. В чем заключается различие в структуре и свойствах стали из проката разного диаметра? Объяснить влияние каждого легирующего элемента.

5. Инструменты из быстрорежущих сталей имеют недостаточную стойкость при резании с повышенной скоростью (более 80-100 м/мин). Выбрать марку инструментальных сплавов, пригодных для резания с высокой скоростью сталей и чугунов. Указать состав, структуру и свойства выбранных сплавов и сопоставить их с аналогичными свойствами быстрорежущих сталей. Объяснить причины, по которым для обработки стали следует выбрать сплав другого состава, чем для обработки чугуна.

6. При обработке стали твердостью более 280-300 НВ резцы из быстрорежущей стали не имеют достаточной стойкости. Указать состав сплава, обладающего более высокими режущими свойствами. Вследствие высокой стоимости и большой хрупкости такого сплава привести способ изготовления составных резцов и указать сталь, из которой следует изготовить державку резца. Указать структуру, механические свойства, теплостойкость и способ изготовления выбранного сплава.

7. Машиностроительный завод изготавливает детали при различных условиях резания:

-резцами с большой скоростью резания обрабатывается легированная сталь твердостью НВ 300-350;

-резьбовыми фрезами с умеренной скоростью - стали твердостью НВ 200-220,

-плашками диаметром 60 мм с небольшой скоростью нарезается резьба на стали твердостью НВ 120-140. Подобрать марку сплава (стали) для каждого из этих инструментов, обосновать сделанный выбор и сравнить микроструктуру и основные свойства выбранных материалов. Рекомендовать режим термической обработки стали для плашек, объяснить влияние каждого легирующего элемента.

8. Выбрать марку легированной инструментальной стали для изготовления круглых плашек, пригодных для обработки мягкой низкоуглеродистой стали. Указать режим термической обработки и способы защиты от обезугле-

роживания и окисления при нагреве под закалку. Привести химический состав, микроструктуру, основные свойства стали.

9. Измерительные инструменты (калибры, измерительные плитки) должны обладать высокой твердостью, хорошим сопротивлением износу и не должны изменять своих размеров с течением времени. Между тем изделия после закалки и низкого отпуска иногда обнаруживают незначительные изменения размеров во время эксплуатации, недопустимые однако для измерительных инструментов большой точности. Указать причины, вызывающие эти изменения (старение), и привести марку стали и режим термической обработки измерительных инструментов, значительно уменьшающий эффект старения.

10. Многие измерительные инструменты плоской формы (шаблоны, линейки, штангенциркули) изготавливают из листовой стали; они должны обладать высокой износостойкостью в рабочих кромках. Привести режим химико-термической и термической обработки, обеспечивающий получение этих свойств, если инструменты изготавливают большими партиями из сталей 15X и 20X.

11. На машиностроительном заводе изготавливают зубчатые колеса из прутков стали 40X, поставляемой металлургическим заводом, твердостью HB 160-180. Одна плавка стали, доставленная заводу имела твердость HB 230-250. Для обработки стали повышенной твердости требовалось снижение режимов резания, принятых на заводе. Указать способ и режим термической обработки, позволяющий улучшить обрабатываемость резанием стали этой плавки. Привести химический состав, структуру и режим термической обработки стали для фрез, пригодных для обработки стали 40X.

12. Получение заготовок горячей деформацией является производительным способом обработки. Выбрать марку стали для изготовления крупного молотового штампа (размерами 500x400x400 мм); рекомендовать режим термической обработки штампа и указать микроструктуру и механические свойства после отпуска. Объяснить, почему подобные штампы не следует изготавливать из углеродистой стали. Объяснить влияние каждого легирующего элемента.

13. Стальные стаканы цилиндров двигателей внутреннего сгорания изготавливают штамповкой в горячем состоянии. Внутренняя полость образуется

путем прошивки - вдавливанием пуансона в нагретый металл, устанавливаемый в специальной матрице. Пуансон работает в условиях попеременного нагрева (при прошивке) и охлаждения (после прошивки). Указать температуру штамповки (прошивки) заготовок, если их изготавливают из стали 50. Выбрать марку стали для изготовления пуансона диаметром 40 мм, обосновать сделанный выбор; указать режим термической обработки и структуру стали в готовом пуансоне.

14. Для пуансонов горячего выдавливания - операции, при которой штамп длительное время находится в соприкосновении с нагретым деформируемым металлом, необходимы теплостойкие штамповые стали. Выбрать сталь для пуансонов выдавливания жаропрочных сплавов: для этих условий обработки штамповая сталь должна сохранять повышенные прочностные свойства при нагреве до 700-720°C. Рекомендовать режим термической обработки штампов и структуру стали в готовом штампе.

15. Штампы сложной формы, особенно имеющие внутреннее отверстие, сильно деформируются при закалке. Рекомендовать температуру закалки штампов из высокохромистой стали X12M, при выполнении которой значительно уменьшается деформация. Указать структуру стали после закалки и объяснить причины, способствующие уменьшению деформации. Указать вид отпуска, конечную структуру стали и свойства. Объяснить влияние легирующих элементов.

16. Штампы холодной вырубки стальных листов должны иметь высокую износостойкость и по возможности лучшую вязкость. Выбрать сталь для этого назначения и рекомендовать термическую обработку, после которой привести значения твердости и структуру полученной стали. Объяснить, в каких штампах (с наименьшей стороной 50 или 90мм) сталь будет иметь более высокие прочность и вязкость и причины этого различия. Привести также метод термической обработки (способ нагрева), который может обеспечить упрочнение только отдельных участков режущей кромки штампа.

17. Штампы для холодной чеканки медных сплавов и мягких сталей должны сочетать высокие твердость и сопротивление пластической деформации (что предупреждает преждевременное смятие рабочей фигуры штампа) с

удовлетворительной вязкостью. Выбрать марку стали для чеканочных штампов, указать ее термическую обработку и структуру в готовом штампе. Объяснить причины, по которым для этого назначения мало пригодны стали с высоким содержанием углерода (около 1%).

18. Изделия из пластмасс изготавливают прессованием при невысоком нагреве ($\sim 150^\circ\text{C}$). Материал пресс-формы, в которой прессуются пластмассы, должен обладать высокой износостойкостью. Выбрать марку стали и режим обработки для пресс-форм: простой формы и небольших размеров; сложной формы; учесть при этом, что обрабатываемость стали резанием должна быть хорошей, кроме того, деформация пресс-формы при термической обработке должна быть минимальной.

19. Выбрать марку стали для изготовления продольных пил по дереву и указать режим термической обработки, микроструктуру и твердость готовой пилы. Режим термической обработки выбирается таким образом, чтобы предупредить деформацию пилы при закалке и отпуске, а также обеспечить получение в стали высоких упругих свойств после отпуска (пила должна "пружинить").

20. Формы литья металлов под давлением нагреваются в рабочем слое до высоких температур и при каждой заливке жидкого металла подвергаются попеременному нагреву и охлаждению и эрозионному воздействию. Привести марку стали, пригодную для форм литья под давлением алюминиевых сплавов, и охарактеризовать ее устойчивость против образования трещин разгара. Рекомендовать режимы термической обработки и указать структуру и свойства стали в готовой форме.

21. Выбрать марку стали для режущего по металлу инструмента (фрез), надежно работающего в автоматической линии и станках с ЧПУ, имеющего преимущество по стоимости и содержанию дефицитных легирующих элементов. Температура разогрева кромки режущего инструмента при больших скоростях резания не превышает 600°C . Сталь должна иметь твердость не менее 62-64 HRCэ, $\sigma_{\text{изг}} \geq 3200 \text{ МПа}$.

Указать основные технологические преимущества легированной стали перед углеродистой.

Указать, за счет каких легирующих элементов обеспечивается максимальная теплостойкость инструментальных сталей.

Указать вид термической обработки высоколегированной инструментальной стали, обеспечивающий минимальное количество остаточного аустенита, а следовательно, минимальное изменение формы и размеров инструмента в процессе работы.

22. Каким должен быть материал режущей кромки инструмента по металлу, если температура разогрева кромки при больших скоростях резания не менее 800°C. С целью повышения износостойкости инструмента твердость кромки должна быть более 72 HRCэ.

Указать прогрессивный способ изготовления выбранных материалов. Указать технологический процесс изготовления инструмента с режущей кромкой из выбранного материала.

23. К малоотходной технологии относится изготовление изделий (крылья, кузов автомобиля и др.) способом обработки материалов давлением, при котором форма и размеры изделия определяются конфигурацией инструмента (штампа). Рекомендовать марку стали для инструмента деформирования в холодном состоянии. Материал должен обеспечивать устойчивость против механического изнашивания, и поэтому его твердость должна быть не менее 60 HRCэ. При относительно больших размерах инструмента и отсутствии при работе сильных ударов сталь должна иметь $\sigma_{изг} \geq 2500 \text{ МПа}$, $KCU \geq 0,3 \text{ МДж/м}^2$. Штмп должен работать длительное время при большом количестве циклов нагружения (действии повторно-переменной нагрузки).

24. Выбрать марку стали для инструмента, предназначенного для изготовления деталей способом давления, при котором форма и размеры детали определяются конфигурацией инструмента (штампа). Материал штампа должен обладать высокой твердостью (не менее 60 HRCэ) в сочетании с повышенной износостойкостью. Этим требованиям удовлетворяют стали марок X12, X12M, но сталь марки X12 по ГОСТ 5960-2000 имеет микроструктуру, оцениваемую баллом 6, а X12M - баллом 8.

Сталь какой марки является более предпочтительной?

Обосновать выбор марки стали.

Указать, что понимается под карбидной неоднородностью стали по ГОСТ 5950-2000.

25. Выбрать экономнолегированную и хорошо обрабатываемую марку стали для инструмента (штампа), работающего в условиях динамических нагрузок и предназначенного для деформирования давлением металла в горячем состоянии до получения детали заданных форм и размеров. Температура разогрева рабочей поверхности инструмента около 570°C.

Определить вид окончательной термической обработки инструмента. Привести значения твердости в отожженном и закаленном состоянии.

26. Выбрать марку стали для изготовления тяжело нагруженного инструмента (штампа), предназначенного для деформирования металла в горячем состоянии. В процессе работы инструмент нагревается до температуры не выше 650°C. Ударная вязкость стали выбранной марки должна быть не менее 0,4 МДж/м².

Составить профиль требований к материалу. Указать механические свойства стали, определяющие ее теплостойкость. Выбрать режим термообработки, указать структуру.

27. Выбрать марку стали для инструмента, предназначенного для изготовления обработкой давлением деталей из медных сплавов в жидком состоянии (литье под давлением). Максимальная температура нагрева инструмента при работе составляет 660°C. Одновременно инструмент подвергается химическому воздействию жидкого металла. Для выбора предлагаются стали марок 5ХНМ, 4ХМФС, 4Х4ВМФС, 4Х2В2МФС.

Обосновать выбор марки и назначить режим окончательной термообработки инструмента. Указать структуру стали, механические свойства.

Объяснить, за счет каких легирующих элементов повышается теплостойкость инструментальной стали.

28. Рекомендовать быстрорежущую сталь повышенной теплостойкости, пригодную для высокопроизводительного резания (сверла, фрезы) жаропрочной аустенитной стали. Указать химический состав стали, выбрать режим термической обработки, микроструктуру и свойства стали в готовом инстру-

менте. Предложить химико-термическую обработку, повышающую стойкость инструмента.

29. Выбрать марку стали для изготовления пресс-форм для литья под давлением алюминиевых и магниевых сплавов. Составить профиль требований к данному материалу. Указать химический состав стали, режим термической обработки, микроструктуру и свойства стали в готовом изделии. Рекомендовать химико-термическую обработку формы для повышения износостойкости и долговечности.

30. Выбрать марку стали для слесарно-монтажного инструмента (гаечные ключи), отличающегося износостойкостью, повышенной вязкостью, высоким сопротивлением смятию рабочих кромок. Дать химический состав стали, режим термической обработки, микроструктуру и свойства стали в готовом изделии.

31. Выбрать марку быстрорежущей стали для изготовления фрез, сверл, при обработке жаропрочных аустенитных сталей. Указать химический состав, режим термической обработки, микроструктуру и свойства в готовом инструменте. Объяснить влияние каждого легирующего элемента.

32. Пневматические долота, применяемые при разработке горных пород, должны обладать относительно высокой твердостью (55-58 HRCэ) и износостойкостью, но вместе с тем и достаточной вязкостью, так как испытывают в работе ударные нагрузки. Указать химический состав легированной стали (для крупных долот сложной формы), режим термической обработки, конечную структуру и свойства.

33. Выбрать марку стали для изготовления топоров. Лезвие топора не должно сминаться или выкрашиваться в процессе работы, поэтому оно должно иметь твердость в пределах 50-55 HRCэ на высоту 30-40 мм, остальная часть топора не подвергается закалке и имеет более низкую твердость. Указать химический состав стали, режим термической обработки и способ закалки, позволяющий получить эту твердость только в лезвии топора.

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

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

Примечание. T_п – температура подогрева, T_а- температура аустенизации.

Режим термической обработки и механические свойства быстрорежущих сталей

Марка стали	Закалка		Отпуск 2-3- кратный Т, °С	HRC ₃	$\sigma_{\text{изг}}$, МПа	Красностой- кость Т, °С
	Тп, °С	Та, °С				
P18	800-850	1270-1290	560-570	63-65	2600-3000	620
P6M5	800-850	1200-1230	555-565	64-65	3200-3600	620
P18Ф2	800-850	1260-1290	560-580	64-66	2400-2800	630
P9	800-850	1210-1240	550-570	63-65	2800-3200	620
P18Ф2К5	800-850	1260-1290	560-580	66-67	1800-2200	640
P6M5K5	800-850	1210-1240	540-560	65-66	2600-3000	640

Режимы закалки и отпуска деталей штампового инструмента горячего деформирования

Марка ста- ли	Закалка			Балл зерна	Отпуск		σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	КСУ, МДж/м ²	δ , %
	Тп, °С	Тон, °С	HRC ₃		Т, °С	HRC ₃				
5ХНМ	700-750	840-860	56-60	-	500-550	40-43	1310-1370	1180-1270	0,46-0,59	12-13
					400-480	42-46	1490-1570	1370-1460	0,33-0,37	8-10
5ХГМ	700-750	820-850	53-59	-	480-540	38-41	1300-1420	1200-1330	0,3-0,44	5,0
					400-440	42-47	1500-1600	1400-1500	0,2-0,3	5,0
4ХМФС	700-750	910-930	53-55	10	580-600	44-46	1380-1440	1180-1280	0,2-0,35	7-8
4Х5В2ФС	840-860	1030-1050	53-56	10	560-580	47-49	1110-1150	1050-1100	0,36-0,50	7-10
4Х2В5ФМ	840-860	1050-1080	48-51	10	550-620	42-46	1050-1200	1000-1100	0,3-0,32	6-9
3Х2В8Ф	700-750	1130-1150	48-52	10	600-620	42-48	1640-1720	1450-1550	0,20-0,25	9-10
4Х4МФС	700-750	1050-1070	55-61	10	620-630	47-50	1750-1850	1600-1650	0,3-0,4	8-10
5Х3В3МФ С	850-870	1120-1150	53-56	10	660-680	42-46	1600-1640	1500-1540	0,15-0,24	8-10
2Х9В6	820-860	1120-1140	46-48	9-10	570-580	42-46	1500-1600	1300-1350	0,7-0,8	12-15

- Примечания: 1. Охлаждающая среда при закалке – масло.
2. Тп – температура подогрева.
3. Тон – температура окончательного нагрева.

Таблица П.4

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

Марка сплава	Химический состав, %				Твердость HRA	Прочность $\sigma_{изг}$, МПа	Назначение
	WC	TiC	TaC	Co			
1. Для резания чугунов, цветных металлов, аустенитных сталей и сплавов, неметаллов, керамики (вольфрамокобальтовые)							
ВК3	97	-	-	3	89	1100	Точение чистовое (непрерывное резание) чугуна. Обработка стекла, резины, пластмасс
ВК6	94	-	-	6	88,5	1450	Точение чистовое непрерывное и черновое непрерывное чугуна, цветных металлов, полимеров
ВК6М	94	-	-	6	90	1350	Обработка аустенитных сталей и сплавов, твердых чугунов и неметаллов
ВК6В	94	-	-	6	87,5	1500	Бурение горных пород
ВК8	92	-	-	8	87,5	1600	Черное точение, строгание, фрезерование чугунов и неметаллов
ВК8В	92	-	-	8	86,5	1700	Точение аустенитных сплавов, строгание, бурение тяжелых горных пород
ВК15	85	-	-	15	86	1800	Бурение горных пород, обработка гранита, дерева. Волочение стали
2. Для холодного деформирования – штампов (вольфрамокобальтовые)							
ВК20	80	-	-	20	84,5	1900	Штампы и детали при повышенном износе и небольших ударных нагрузках
ВК25	75	-	-	25	83	2000	То же при больших нагрузках
3. Для резания сталей							
Вольфрамтитанокобальтовые							
ТЗОК4	66	30	-	4	92	900	Точение с малым сечением среза, развертывание

Продолжение табл. П. 4

Марка сплава	Химический состав, %				Твердость HRA	Прочность $\sigma_{изг}$, МПа	Назначение
	WC	TiC	TaC	Co			
T15K6	79	15	-	6	90	1150	Точение чистовое (непрерывное), фрезерование
T5K15	83	5	-	12	87	1600	Тяжелое черновое точение, строгание
Вольфрамтитанотанталокобальтовые							
TT7K12	81	4	3	12	87	1600	Точение, строгание при больших нагрузках; черновая обработка слитков, отливок, поковок
TT8K6	86	5	3	6	90, 5	-	

Примечание. Твердость наиболее твердого сплава ТЗОК4 составляет HRC₃, 78, сплава Т15К6 - HRC₃, 74-75 и наиболее мягкого ВК25 - HRC₃, 62-64.

Инструментальные стали

Марка стали	Химический состав, %								Назначение
	С	Мп	Si	Cr	W	Mo	V	Co	
1.Нетеплостойкие стали. Высокой твердости									
У10А,У10	0,96-1,03	0,17-0,33	0,17-0,33	≤ 0,20	-	-	-	-	Штампы высадочные и вытяжные, напильники, метчики для резания мягких материалов
У11А, У11	1,06-1,13	0,17-0,33	0,17-0,33	≤ 0,20	-	-	-	-	То же
У12А, У12	1,16-1,23	0,17-0,33	0,17-0,33	≤ 0,20	-	-	-	-	То же
У13А, У13	1,26-1,34	0,17-0,33	0,17-0,33	≤ 0,20	-	-	-	-	То же
13Х	1,25-1,40	0,30-0,60	0,15-0,35	0,4-0,7	-	-	-	-	Напильники, бритвы.
Х(ШХ15)	0,95-1,05	0,15-0,40	0,15-0,35	1,30-1,65	-	-	-	-	Напильники, штампы вытяжные

Продолжение табл. П. 5

Марка стали	Химический состав, %								Назначение
	С	Мп	Si	Cr	W	Mo	V	Co	
ХВГ	0,90-1,05	0,80-1,10	0,10-0,40	0,90-1,20	1,20-1,60	≤ 0,30	-	-	Протяжки длинные, метчики и развертки, холодновысадочные матрицы, пуансоны
ХВСГ	0,95-1,05	0,60-0,90	0,65-1,00	0,60-1,1	0,50-0,8	-	0,05-0,15	-	Круглые плашки
9ХС	0,85-0,95	0,30-0,60	1,20-1,60	0,95-1,25	-	≤ 0,30	-	-	Метчики, фрезы, сверла, развертки
9ХФ	0,80-0,90	0,30-0,60	0,15-0,35	0,4-0,7	-	-	0,15-0,30	-	Пилы ленточные, круглые; ножи по дереву
7ХГ2ВМФ	0,68-0,76	1,80-2,30	0,20-0,40	1,5-1,8	0,5-0,9	0,5-0,8	0,10-0,25	-	Штампы вырубные сложной формы и крупные, отрезные; пресс-формы для полимерных материалов
Повышенной вязкости									
У7, У7А	0,66-0,73	0,17-0,33	0,17-0,33	≤ 0,20	-	-	-	-	Зубила, топоры, молотки, стамески.
8ХФ	0,73-0,83	0,15-0,35	0,10-0,40	0,4-0,7	-	-	0,15-0,30	-	То же
6ХС	0,60-0,70	0,15-0,40	0,60-1,00	1,0-1,3	≤ 0,20	-	≤ 0,15	-	Ножи для обработки дерева, зубила, штампы небольших размеров

Марка стали	Химический состав, %								Назначение
	С	Мп	Si	Cr	W	Mo	V	Co	
2. Полутеплостойкие стали. Высокой твердости									
X12MФ	1,45-1,65	0,15-0,45	0,10-0,40	11,0-12,5	-	0, 4-0, 6	0,15-0,30	-	Штампы вырубные, вытяжные, матрицы прессования
X12BM	2,0-2, 2	0,15-0,45	0,10-0,40	11,0-12,5	0,50-0,80	0,60-0,90	0,15-0,30	-	То же
Умеренной теплостойкости при повышенной вязкости									
4X5MФC	0,37-0,44	0,20-0,50	0,90-1,20	4,50-5,50	-	1,20-1,5	0,3-0,50	-	Штампы, формы литья под давлением цинковых, магниевых, алюминиевых сплавов.
4X5B2ФC	0,35-0,45	0,15-0,50	0,80-1,10	4,50-5,50	2,4-2,6	-	0,8-1,0	-	То же
4X4BMФC	0,37-0,44	0,20-0,50	0,60-1,00	3,20-4,00	0,8-1,2	1,2-1,5	0,6-0,9	-	То же
3X2B8Ф	0,30-,40	0,15-0,40	0,15-0,40	2,2-2,7	7,5-8,5	-	0,2-1,2	-	То же
4XMФC	0,37-0,45	0,50-0,80	0,50-0,80	1,5-1,8	-	0,9-1,2	0,3-0,5	-	То же
Средней теплостойкости									
5X3B3MФC	0,45-0,52	0,20-0,50	0,50-0,80	2,50-3,20	3,0-3,6	0,8-1,1	1,5-1,8	-	Пуансоны прошивные и для выдавливания
Повышенной теплостойкости									
2X8B8M2K8	0,22-0,30	0,15-0,40	0,40-0,80	7,00-8,00	7,5-8,5	1,8-2,3	0,2-0,5	7,5-8,5	Пуансоны выдавливания, кольца, накатники для деформирования при 650-750 ⁰ С

Продолжение табл. П. 5

Марка стали	Химический состав, %								Назначение
	С	Мп	Si	Cr	W	Mo	V	Co	
Повышенной вязкости									
5ХНМ	0,50-0,60	0,50-0,80	0,10-0,40	0,50-0,80	-	0,15-0,30	-	1,4-1,8 Ni	Крупные молотые штампы
5ХГМ	0,50-0,60	1,20-1,60	0,25-0,60	0,60-0,90	-	0,15-0,30	-	-	То же
3. Теплостойкие стали, высокой твердости (быстрорежущие). Умеренной теплостойкости									
P6M5	0,82-0,88	≤ 0,40	≤ 0,50	3,80-4,40	5,5-6,5	5,0-5,5	1,7-2,1	-	Метчики, протяжки, фрезы, сверла
P18	0,73-0,83	≤ 0,40	≤ 0,50	3,80-4,40	17,0-18,5	<1,00	1,0-1,4	-	Метчики, резьбовые фрезы(шлифуемые) небольшого диаметра
Повышенной теплостойкости									
P12Ф3	0,95-1,05	≤ 0,40	≤ 0,50	3,80-4,30	12,0-13,0	0,5-1,0	2,5-3,0	-	Развертки, протяжки, зенкеры повышенной стойкости для обработки конструкционных сталей
P6M5K5	0,80-0,88	≤ 0,50	≤ 0,50	3,8-4,3	5,7-6,7	4,8-5,3	1,7-2,2	4,8-5,3	То же
P13Ф4K5	1,25-1,40	≤ 0,50	≤ 0,50	3,8-4,3	12,5-14,0	0,5-1,0	3,2-3,8	5,0-6,0	Для резания жаропрочных, нержавеющей сталей

Продолжение табл. П. 5

Марка стали	Химический состав, %								Назначение
	С	Мп	Si	Cr	W	Mo	V	Co	
P9M4K8	1,00-1,10	≤ 0,50	≤ 0,50	3,0-3,6	8,50-9,50	3,8-4,3	2,3-2,7	7,5-8,5	То же и для резания конструкционных сталей твердостью 35-45 HRCэ
Высокой теплостойкости									
B11M7K23	0,05-0,15	≤ 0,50	≤ 0,40	0,50	10,5-12,0	7,5-8,0	0,4-0,8	22,5-4,0	Для резания титановых и жаропрочных сплавов

1. Углеродистые инструментальные стали по ГОСТ 1435-74, легированные – по ГОСТ 5950-2000, быстрорежущие – по ГОСТ 19265-2000

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Общие указания к решению задач.....	5
Теоретические сведения. Инструментальные стали и сплавы	6
Твердые сплавы	9
Сверхтвердые материалы	11
Инструментальные керамические материалы.....	12
Эффективность применения материалов с износостойкими покрытиями.....	13
Обоснование выбора материала для режущего инструмента, штампов	14
1. Материалы для режущего инструмента.....	14
2. Материалы для штампов холодного деформирования.....	17
3. Стали для штампов горячего деформирования.....	21
4. Стали для измерительного инструмента.....	25
Методические указания по выбору материалов.....	26
Список рекомендуемой литературы.....	27
Варианты заданий	28
Приложение	36