

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА

РАЗРАБОТКА РАЗДЕЛА "СТРУКТУРА И
СВОЙСТВА ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ"
В ДИПЛОМНОМ ПРОЕКТЕ ПО ОБРАБОТКЕ
МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ И ЛИТЕЙНОМУ
ПРОИЗВОДСТВУ

Методические указания

САМАРА 2002

Составители: В.В. Уваров, Р. Заббаров

УДК 621.7.001.2

Разработка раздела "Структура и свойства обрабатываемых материалов": Метод. указания / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Сост.: В.В. Уваров, Р. Заббаров. Самара, 2002. 26 с.

В данном методическом указании рассмотрены цели и задачи металловедческой части дипломного проекта по обработке металлов давлением и литейному производству. Анализируются технические требования к продукции и заготовкам, выявляется изменение структуры и свойств материалов в процессе обработки давлением, литья и термической обработки. Авторы излагают принципы выбора материалов и дают рекомендации по разработке режимов ОМД, литья и термической обработки изделий.

Предназначены для студентов спец. 110600 и 120400.
Подготовлена на кафедре "Технология металлов и авиаматериаловедение".

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева

Рецензент: П.А. Бордаков

Разрабатываемые в дипломном проекте технологические процессы должны обеспечить выпуск заданной номенклатуры изделий или полуфабрикатов высокого качества при минимальных затратах на их изготовление. В ряду показателей качества важнейшее место принадлежит физико-механическим свойствам, которые должны удовлетворять требованиям действующих ГОСТ и техническим условиям на выпускаемую продукцию.

Всестороннее обоснование технологии требует тщательного анализа:

- физико-механических свойств и структуры изготавливаемых изделий и заготовок;
- взаимосвязи режимов литья, обработки давлением и термической обработки;
- влияния режимов технологических процессов на структуру и свойства талей и сплавов на всех этапах передела, начиная от слитка и кончая готовой продукцией;
- условий работы деформирующего (обрабатываемого) инструмента.

Долговечность работы инструмента, которая в значительной степени определяет экономические показатели работы, также тесно связана с режимами обработки давлением, с правильным выбором материала и технологии изготовления, и особенно – с режимами его термической обработки.

Уровень обоснования технологических и конструкторских решений в проекте во многом зависит от глубины проработки материала, объем и содержание которого определяются конкретной темой проекта и могут изменяться в широких пределах, оставаясь, однако, тесно связанными и подчиненными основным технологическим задачам.

Следовательно, в дипломном проекте по обработке давлением и литейному производству должны быть освещены следующие типовые вопросы:

1. Требования к исходным материалам и структуре заготовок, обеспечивающих высокую технологичность. разработка режимов предварительной и промежуточной термической обработки.
2. Оценка физико-механических, технологических свойств и структуры сплавов и обоснование рациональных режимов и технологических процессов ОМД и литья.
3. Разработка режимов окончательной термической обработки, гарантирующих заданный техническими условиями уровень физико-механических свойств изделий.

Для решения этих основных вопросов необходимо также изучить: условия эксплуатации и технические требования к выпускаемой продукции; структуру, физико-механические и технологические свойства применяемых металлов и сплавов, их фазовый состав.

При разработке конструкции обрабатываемого инструмента следует произвести выбор материалов и режимов термической обработки основных деталей, обеспечивающих высокую эксплуатационную стойкость.

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРОДУКЦИИ

Исходными документами для разработки технологического процесса являются чертежи изделий и полуфабрикатов (или их типовых представителей) и технические условия на их изготовление. В этих документах достаточно полно следует представить следующие данные:

- 1). геометрические размеры и допуски и отклонение этих размеров от номинала,
- 2). требования к чистоте обработки поверхности,
- 3). вид и марку материала, из которого изготавливается изделие,
- 4). твердость материала и вид его термической обработки,
- 5). механические свойства при 20°, а для жаропрочных сплавов – и при высоких температурах.

Для ответственных изделий и полуфабрикатов, кроме этих основных, дополнительно могут быть оговорены следующие требования:

- по состоянию поверхности (допустимые дефекты металлургического происхождения и обработки для панелей из алюминиевых сплавов и листовых материалов);
- по виду излома и макроструктуре в сечении (ответственные стальные детали и пресованные профили сплавов цветных металлов);
- к размеру зерна и разнородности (листовой материал для холодной штамповки с большими степенями деформации и жаропрочные материалы);
- к допустимому баллу карбидной ликвации (изделия из быстрорежущих, инструментальных и шарикоподшипниковых сталей) и ряд других.

В технических условиях могут указываться методы контроля, места вырезки образцов, процент контролируемых изделий в партии. Для изделий из специальных сплавов часто регламентируются физические свойства (магнитные, электрические, коррозионная стойкость и т.д.).

При регламентации некоторых требований в технической документации приводятся ссылки на соответствующие российские стандарты или отраслевые нормативы без раскрытия их содержания. Эта документация должна быть изучена дипломником. При изготовлении неотчетливых деталей, например, вырубкой из листового материала, требования могут регламентироваться только по пунктам 1, 2 и 3. В этом случае механические свойства должны соответствовать нормам, предусмотренным соответствующими стандартами для данной марки (пруток, лист, труба и т.п.). При изготовлении поковок, подвергаемых в дальнейшем механической и термической обработке вне проектируемого цеха, необходимо знать технические требования как к ковке, так и к готовую деталь.

С целью более глубокого изучения требований к выпускаемой продукции дипломник должен подробно ознакомиться с условиями ее эксплуатации, выяснить величину максимальных нагрузок и характер их приложения, температурные условия работы, агрессивность среды, характер износа и т.п.

Эти вопросы лучше изучать в период преддипломной практики на основе цеховой технической документации, данных заводских лабораторий, служб главного технолога и главного металлурга, отдела стандартизации, а также с помощью справочников и открытых литературных источников.

Технические требования к типовым изделиям должны быть кратко и четко сформулированы, в технологической части записки к проекту. В записке целесообразно указать вид и сортament заготовок, используемых для изготовления заданной номенклатуры изделий. При проектировании литейных цехов необходимо привести требования, предъявляемые к шихтовым материалам.

2. СТРУКТУРА, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И КОНСТРУКЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

В этом разделе приводится описание структуры, физико-механических и технологических свойств тех материалов, для которых разрабатывается технологический процесс обработки давлением или литейного производства.

При большой номенклатуре сплавов предварительно производится группировка их по видам (стали, алюминиевые сплавы и т.д.), по химическому составу компонентов, структурному классу и т.п. При этом, по согласованию с консультантом, более подробно описываются лишь типовые марки (для остальных указываются характерные особенности фазового состава и структуры, обусловленные изменением степени легирования) и их свойства.

Такая классификация проводится с помощью учебной и научно-технической литературы, а также на основе материалов предприятий и учреждений (по месту прохождения практики). Следует подчеркнуть, что сама классификация в записке должна приводиться лишь в исключительных случаях. Тем более, не следует приводить отдельно описание основного компонента (например, алюминия). Однако эти вопросы должны быть хорошо изучены дипломником.

Структуру и свойства сплавов следует описывать в определенной последовательности. Ниже приведена одна из таких схем описания.

2.1. Фазовый состав и структура сплавов в равновесном состоянии

Общая характеристика сплава (группы сплавов)

В этом разделе следует указать принадлежность данного сплава к соответствующему виду (сталь, титановый сплав и т.п.), в системе компонентов (сплав системы Al – Cu – Mg, Fe – Ni – Cr и т.д.), к структурному классу (перлитная, аустенитная сталь и т.п.), отметить назначение сплава (конструкционная, жаропрочная сталь и т.д.), его технологические особенности (литейный, деформируемый, упрочняемый или неупрочняемый термической обработкой) и пр. Общая характеристика соответствует и группе сплавов одного вида, системе компонентов или структурному классу.

Химический состав

Химический состав материалов приводится в том виде, в каком он приведен в ГОСТ. В названии таблицы химического состава обязательно указывается номер ГОСТ, в самой таблице приводится содержание всех компонентов. Нельзя ограничиваться указанием только среднего состава, следует приводить верхний и нижний пределы содержания легирующих элементов и верхний и нижний пределы содержания легирующих элементов и верхний предел содержания примесей.

Фазовый состав и структура сплава

Стали и сплавы необходимо рассматривать в равновесном состоянии при 20°C, а также температурах обработки давлением. Анализ фазового состояния и структуры производится по равновесным диаграммам состояния, их вертикальным и горизонтальным разрезам (для многокомпонентных систем). При этом анализируется только та область диаграммы, в которой находится заданный сплав. При наличии в сплаве нескольких легирующих элементов и примесей нужно рассматривать только диаграмму состояния основных компонентов, определяющих структуру данного сплава. Например, для большинства легированных конструкционных и инструментальных сталей таковой является система железо – углерод. В высоколегированных сталях, например, нержавеющей хромоникелевых аустенитного класса, определяющей является система компонентов Fe – Cr – Ni, в дюралюминанх – Al – Cu – Mg и т.д., далее анализируется влияние легирующих добавок и примесей на структуру и свойства сплавов.

Влияние легирующих добавок и примесей

Легирующие добавки и примеси, не входящие в основную систему компонентов, могут существенно влиять на фазовый состав и свойства сплавов данной системы. Они часто образуют новые фазы, изменяют температуры фазовых превращений, механические свойства основных фаз (твердых растворов), прокаливаемость, температуру рекристаллизации, коррозионную стойкость и т.д. Наиболее важно проанализировать влияние легирующих добавок и примесей на обрабатываемость давлением в горячем и холодном состоянии.

Для литейных марок сталей и сплавов наиболее важно провести анализ влияния легирующих элементов и примесей на интервал кристаллизации, жидкотекучесть, усадочные явления, ликвационные процессы, склонность к трещинообразованию. Необходимо связать литейные свойства (жидкотекучесть, вид усадочной пористости, склонность к горячим трещинам) с диаграммами состояния.

В записке в подпунктах "Фазовый состав и структура сплава", "Влияние легирующих добавок и примесей" приводится минимальный объем материала, связанного с проектируемой технологией.

В этом разделе следует:

- привести рисунок диаграммы состояния (или части ее) и необходимые разрезы с указанием на них положения рассматриваемого сплава;
- указать фазовый состав данного сплава с учетом легирующих добавок и примесей;
- указать тип кристаллической решетки основных фаз (твердых растворов);
- кратко описать равновесную структуру сплава при 20°C и температурах обработки и изменение ее при нагревах и охлаждениях в рассматриваемом диапазоне температур;
- оценить влияние легирования на те свойства, которые непосредственно связаны с технологией литья и обработки давлением (сопротивление деформации, пластичность, температура рекристаллизации, трещиностойкость и т.п.) и с термической обработкой (температура закалки, отжига, прокаливаемость, эффект упрочнения и т.д.).

Недопустимо подменять конкретный анализ сплава бездумным переписыванием общих мест из учебной литературы. Например, вместо анализа фазового состава и структуры сплава Д16 иногда приводят описание взаимодействия Al начала с Cu, затем – с Mg, Mn, Si, Fe и другими элементами в отдельности. Это не только не отражает специфику проекта, но неверно в принципе.

2.2. Физические, механические и технологические свойства сплавов

В дипломной записке следует приводить только те *физические свойства*, которые необходимы для технологических расчетов и качественного анализа технологии. Так, при расчете нагрева и плавления металла указываются теплофизические свойства (удельная теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность), при разработке технологии горячей обработки давлением отмечается *температура начала плавления сплавов*. Для термической обработки сталей нужно знать критические точки сплавов. Во всех случаях для технологических и экономических расчетов необходимо знать плотность сплавов. Физические свойства следует представить в виде таблицы с указанием размерности соответствующих величин.

Механические свойства металлов и сплавов зависят от вида испытания, состояния материала, размеров изделий и от других факторов. В дипломной записке следует привести только те свойства, которые необходимы для технологических расчетов и характеризуют свойства выпускаемых в соответствии с техническими условиями

изделий и полуфабрикатов (если ТУ не приводились ранее). При разработке технологии холодной штамповки необходимо привести механические свойства листовых материалов в состоянии поставки: пределы прочности σ_b , текучести σ_s или $\sigma_{0,2}$, полное относительное удлинение δ_5 , δ_{10} или δ_4 и сужение ψ при разрыве, величину равномерного удлинения δ_p , твердость HRB или HB (HV), данные по характеру упрочнения металла в процессе холодной деформации (кривые упрочнения), значения отношения σ_b/σ_s или $\sigma_b/\sigma_{0,2}$, показатели анизотропии листового материала μ или γ и упрочнения n . Из технологических свойств наиболее важными являются штампуемость, оцениваемая глубиной сферической лунки при вдавливании (проба по Эриксену), минимальный относительный радиус гибки r_{\min}/S_0 , предельные коэффициенты вытяжки $K_{\text{пр.выт.}}$, раздачи $K_{\text{пр.раз.}}$, отбортовки $K_{\text{пр.отб.}}$ и другие показатели, определяющие предельную (допустимую) деформацию в той или иной операции. Аналогичные свойства приводятся при разработке технологии волочения, холодной прокатки листа и труб. Данные о сопротивлении деформации и пластичности в зависимости от степени деформации и температуры целесообразно приводить при обосновании режимов обработки давлением.

Механические свойства выпускаемых полуфабрикатов или изделий приводятся в виде таблиц или графиков с указанием размерности. При этом учитывается их форма, размеры и состояние после термической обработки.

Под технологическими свойствами подразумевается способность материала обрабатываться различными способами. При проектировании технологического процесса обработки давлением из этих свойств самым важным является обрабатываемость давлением в холодном и горячем состоянии. Она может оцениваться качественно ("хорошая", "плохая" и т.п.) или численно – по данным испытаний на выдавливание (проба Эриксона), по числу перегибов до разрушения и прочее.

При разработке технологии литья наиболее важными являются интервал кристаллизации, жидкотекучесть сплава, усадка (линейная и объемная), склонность к ликвации и горячим трещинам.

Иногда, согласно содержанию проекта, следует привести и другие технологические свойства: свариваемость различными видами сварки, обрабатываемость резанием, прокаливаемость, чувствительность к отпускной хрупкости и т.д.

Расположение раздела 2.2 в записке зависит от вида обработки и определяется по согласованию с консультантом.

2.3. Требования к структуре и свойствам заготовок, их термическая обработка

Структура и свойства заготовок, поступающих в проектируемый цех, чаще всего формируются при обработке в других цехах. Поскольку они влияют на режим обработки давлением и качество готовой продукции, дипломник должен тщательно проанализировать эти вопросы и отразить их в записке.

1. При выполнении операций холодной штамповки листовых деталей с большими степенями деформаций особые требования предъявляются к величине зерна и разнотерности феррита, к структуре перлита и цементита, количеству и структуре неметаллических включений, к механическим свойствам, текстурованности и анизотропии, к чистоте отделки поверхности, склонности к деформационному старению и т.п. При невыполнении этих требований в процессе холодной штамповки могут возникать различного рода дефекты и даже брак. Аналогичные требования предъявляются и к другим листовым материалам, предназначенным для холодной штамповки (аустенитные стали, алюминиевые, титановые сплавы, латунь, медь и т.д.).

В записке по теме "Холодная штамповка" необходимо четко описать:

- требования к структуре и свойствам данных обрабатываемых материалов в зависимости от степени их деформирования при изготовлении изделий;
- режимы прокатки и термической обработки, гарантирующие необходимую структуру и свойства листовой стали;
- методы входного контроля металла в проектируемом цехе или на заводе;
- сущность специальных технологических приемов, предусматриваемых в цехе для повышения технологической пластичности (дрессировка листовой стареющей стали, обработка на возврат упрочненных термообработкой алюминиевых сплавов и т.д.).

2. При холодной прокатке листа к исходным заготовкам предъявляются требования, которые описаны в дополнительной литературе.

3. При горячей прокатке, прессовании и изготовлении крупных поковок и штамповок из слитков деформируемость в значительной мере зависит от структуры слитков перед обработкой. Известно, что литая структура значительно отличается от равновесной. Для алюминиевых, магниевых и других (особенно высоколегированных) сплавов она характеризуется неоднородностью в составе зерен твердого раствора, наличием неравновесных фаз, грубых выделений интерметаллидов, часто образующих сетку эвтектики по границам зерен, пористостью, наличием поверхностного слоя пониженного качества и другими металлургическими дефектами. Степень проявления ликвации зависит от массы слитка, метода и технологии литья. Чтобы уменьшить отрицательное влияние дендритной ликвации на технологическую пластичность слитка, проводят гомогенизацию, которая не всегда приводит структуру в полностью равновесное состояние, что снижает деформируемость при последующей обработке. Обратная зональная ликвация устраняется отточкой или фрезеровкой слитка. Следует также помнить, что в некоторых алюминиевых и магниевых сплавах процессу кристаллизации отсутствует закалка, причем для одних компонентов, пересыщающих твердый раствор, этот процесс является необратимым, в других пересыщение устраняется гомогенизацией, что по-разному сказывается на температуре рекристаллизации, сопротивлении деформации, деформируемости и свойствах готовых изделий.

Деформируемость слитков зависит также от уровня остаточной напряженности перед их обработкой давлением. Дипломнику следует обратить внимание на причины возникновения деформации, ее связь со скоростью кристаллизации и размерами слитков (в том числе, максимально возможными и на режим гомогенизации).

По указанным темам в записке необходимо четко описать:

- макро- и микроструктуру, технологические свойства слитка с учетом влияния химического состава данного сплава, размера слитка, способа и технологии литья (обычный, в электромагнитный кристаллизатор, с рафинированием и т.д.);
- требования, предъявляемые технологией обработки давлением к свойствам, структуре и состоянию поверхности слитков данного сплава (группы сплавов);
- методы повышения технологической пластичности сплавов, применяемые в литейном цехе или цехе обработки металлов давлением;
- изменение структуры и технологических свойств при гомогенизирующем отжиге слитков, его режимы.

Указанные вопросы для сплавов цветных металлов изложены в основной литературе. С подобными вопросами приходится сталкиваться и при обработке слитков из ледебуритных и некоторых высоколегированных сталей и сплавов на никелевой основе.

Если заготовкой служит металл, ранее прошедший горячую обработку давлением, то отражать эти вопросы в записке не следует (но их нужно продумать).

4. При литье свойства отливок во многом определяются химическим составом исходных шихтовых материалов. Так, при литье жаропрочных сплавов особое значение имеет использование высокочистых (по легкоплавким примесям) материалов.

В дипломном проекте по литейному производству необходимо указать:

- химический состав исходных шихтовых материалов (чистые металлы, ферросплавы, лигатуры, возврат и отходы);
- состав шихты;
- размеры кусков материалов;
- необходимость очистки шихтовых материалов от ржавчины, окислы, масла, песка, остатков огнеупорной оболочки и т.п.;
- условия хранения шихтовых материалов.

2.4. Обоснование допустимых режимов нагрева и деформирования

Как отмечалось в I разделе, при разработке технологического процесса обработки давлением решается ряд вопросов, связанных с изучением состава, структуры и физико-механических свойств обрабатываемых материалов.

Горячая обработка давлением

Разработка технологического процесса горячей обработки давлением требует решения следующих взаимосвязанных между собой и с технологией вопросов:

- 1 – обоснование допустимого температурного интервала обработки;
- 2 – выбор допустимых степеней деформаций с учетом структурного состояния и свойств заготовки;
- 3 – анализ влияния режима горячей обработки на структуру и свойства полуфабрикатов;
- 4 – выбор способов и условий нагрева, гарантирующих достаточную технологичность при обработке.

Рассмотрим подробнее решение этих вопросов.

1. При обосновании допустимого температурного интервала обработки необходимо учитывать строение сплавов при различных температурах, температуры рекристаллизации и плавления, диаграммы деформируемости сплавов, стойкость инструмента. Главным критерием, определяющим правильность выбранного интервала температур обработки, является надлежащее качество продукции.

Наиболее благоприятным структурным состоянием для горячей обработки давлением является однофазное (исключение составляет случай "сверхпластичности"). На диаграмме фазового равновесия указывается температурный интервал однофазного состояния данного сплава и оценивается практическая возможность проведения горячей обработки в этом интервале.

Если горячая обработка проводится в многофазном состоянии сплава, то следует не только назвать его фазовый состав при температурах обработки, но качественно оценивать влияние вторых аз на деформируемость, также указать требования к их дисперсности, форме и месту расположения, которые должны выполняться при подготовке заготовки к обработке (см. раздел 4).

Температурный интервал горячей обработки должен находиться между температурами плавления и рекристаллизации. Данные об этих температурах приведены в литературе. Дипломнику следует уметь объяснить и оценить величину снижения верхней допустимой температуры нагрева под обработку относительно его солидуса в связи с возможным отклонением состояния сплава от равновесного и тепловым эффектом деформации. Нижняя допустимая температура обработки обычно заметно превышает температуру статической рекристаллизации холодонаклепанного металла. Дипломник должен уяснить отличие статической рекристаллизации от динамической в процессе обработки давлением, суметь оценить влияние состава сплава, схему напряженно-деформированного

состояния и скорости деформирования на развитие рекристаллизационных процессов в сплаве и степень их завершенности в обрабатываемом изделии.

Основой для практического выбора температурного интервала и силовых режимов обработки служат диаграммы деформируемости 1-го вида, характеризующие зависимость сопротивления деформации $\sigma_{0,2}$ или σ_b , пластичности δ , ψ и других механических свойств КСЧ, НВ и пр. от температуры T и скорости деформирования v . В полно виде эти диаграммы построены для ограниченного числа процессов и сплавов.

В большинстве случаев приходится использовать упрощенные диаграммы в виде зависимости $\sigma_{0,2}$, (σ_b) и δ (ψ) от T , а влияние скорости деформирования v учитывать с помощью термомеханических коэффициентов.

Температурный интервал обработки в конечном счете может быть принят на основании опубликованных данных в литературе или материалов базовых предприятий, которые дипломник должен критически проанализировать и обосновать в соответствии с пунктами а, б и в. В результате такого анализа устанавливаются верхний и нижний пределы допустимых температур деформации. Величина температурного интервала обработки наносится на диаграмму деформируемости и заштриховывается.

На диаграмме следует также показать температуры рекристаллизации, плавления и фазовый состав сплава интервале температур обработки.

Особенно тщательный анализ следует проводить при изменении некоторых параметров режима обработки (по сравнению с заводскими) или при обработке новых марок сплавов.

2. Степени деформации при горячей обработке давлением во многих случаях не лимитируются свойствами материала заготовки. Однако при обработке изделий сложной формы и труднодеформируемых сплавов, а также слитков из некоторых марок магниевых, титановых, алюминиевых сплавов и высоколегированных сталей они ограничены недостаточной пластичностью материала. Предельные степени деформации таких материалов могут быть установлены по диаграммам деформируемости. При этом следует помнить, что большинство диаграмм построено по результатам испытания образцов, прошедших горячую обработку, и поэтому не отражают специфику поведения литого металла в том или ином процессе. Чтобы назначить обжатия в первом проходе для этого материала, следует иметь данные по его деформируемости или ориентироваться на опытные данные, приведенные в дополнительной литературе.

При обработке литых заготовок и труднодеформируемых сплавов дипломнику необходимо уяснить причины пониженной пластичности, ее изменения в ходе обработки и предусмотреть меры, повышающие технологичность как при обработке давлением, так и при подготовке заготовок к такой обработке. Количественное определение деформации по переходам производится в технологической части проекта.

3. Анализ влияния режима горячей обработки давлением на структуру и свойства выпускаемых полуфабрикатов является важным составным моментом обоснования технологии обработки. Известно, что горячая обработка давлением преобразует макро- и микроструктуру литой заготовки, устраняет ряд дефектов, повышая общий уровень ее механических свойств. Однако, формирование структуры полуфабрикатов при такой обработке сопровождается иногда возникновением специфических явлений, которые приводят к повышению, а чаще - понижению механических свойств. Недостаточно обоснованный выбор режима обработки может привести к возникновению брака или существенных дефектов. И если одни дефекты устраняются термической обработкой, то другие оказываются неустранимыми.

Многие особенности формирования структуры при горячей обработке обусловлены общим перегревом или недогревом заготовок, неравномерностью пластической деформации и распределения температуры в отдельных частях обрабатываемой заготовки, особенностями процесса рекристаллизации при обработке давлением или при последующей термической обработке. К особенностям формирования структуры можно отнести:

- упрочнение некоторых пресованных изделий из алюминиевых сплавов в продольном направлении (по сравнению с изделиями из тех же сплавов, полученных другими видами обработки – "пресс-эффект");
- общую крупнозернистость поковок, штамповок и прессовок из стали, титановых, алюминиевых и магниевых сплавов;
- макроскопическую (зональную) разнотекстурированность в поковках и прессовках из многих сталей и сплавов (в алюминиевых прессовках – это крупнокристаллический ободок);
- микроскопическую неоднородность размера зерна в поковках и штамповках высоколегированных сталей и других сплавов;
- выделение неравновесных фаз в нержавеющих и жаропрочных сталях и сплавах на никелевой основе и пр.

Дипломнику следует внимательно разобраться в существе того или иного явления, характерного для данного вида обработки, кратко описать его и предусмотреть в технологии мероприятия, повышающие качество полуфабрикатов.

4. При нагреве под обработку давлением металл взаимодействует с газовой средой. В результате этого существенно изменяются свойства сплавов, особенно поверхностных слоев заготовки. Примером может служить явление водородной хрупкости крупных поковок из сталей и многих сплавов и образование альфированного слоя на поковках из титановых сплавов. Состояние поверхностного слоя заготовки оказывает большое влияние на ход процесса горячей обработки, на стойкость инструмента и качество продукции.

Поэтому дипломник должен проанализировать способность:

- а). – сплава к газонасыщению при различных температурах, оценить влияние растворения газов в металле на его технологичность, а также выбрать способы нагрева и состав защитной среды (или вакуум);
- б). – металла к окислению, определить вид, структуру и свойства окисной пленки, наметить способы очистки и меры защиты металла от окисления.

Эти вопросы необходимо учитывать при разработке технологии и отразить в записке.

Холодная обработка давлением

При разработке технологии холодной обработки давлением решаются следующие вопросы металлургического характера:

1. Оценивается структурное состояние заготовок перед холодной обработкой (прокаткой, штамповкой и т.п.), при необходимости принимаются меры по повышению их технологичности.
2. Определяются предельно допустимые степени деформации по диаграммам зависимости механических свойств от степени деформации или по другим технологическим нормам устанавливается необходимость проведения промежуточных термических операций для восстановления пластичности определяется их место в маршрутной технологии.
3. Определяется соответствие структуры и механических свойств обработанных изделий техническим условиям и при необходимости устанавливается вид окончательной термической обработки.
4. При холодной прокатке оценивается влияние режима прокатки на текстурованность и анизотропность листов и при необходимости намечаются меры по ее устранению (или усилению) за счет корректировки режима обжатий или термической обработки.

Эти вопросы непосредственно связаны технологией обработки давлением. Глубина их разработки, а также место расположения записки в каждом случае должны решаться индивидуально, по согласованию с руководителем проекта и консультантом по металлургическим вопросам.

2.5. Формирование структуры и свойств отливок. Обоснование режимов плавки и литья

Разработка технологии изготовления отливок требует решения следующих вопросов:

1. Обосновывается выбор плавильного агрегата с точки зрения температуры плавления, материала футеровки, атмосферы (окислительная, нейтральная, восстановительная, вакуум).
2. Оценивается влияние условий охлаждения в форме на формирование структуры и свойств отливок. При этом обращают внимание на:
 - получение мелкозернистой структуры отливок и предпринимаемые для этой цели меры;
 - развитие зональной ликвации;
 - образование усадочных раковин и пор, связь диаграммы состояния с видом усадочных полостей и пути борьбы с ними;
 - газообмен между формой и металлом, газопроницаемость и газотворная способность форм и борьба с газовыми раковинами экзогенного происхождения;
 - трещины и напряжения в отливках, пути повышения трещиностойкости отливок.
3. Определяется соответствие структуры и свойств отливок требуемым техническим условиям и при необходимости устанавливается вид окончательной термической обработки.

В дипломном проекте по литейному производству могут решаться специальные вопросы (направленная кристаллизация, монокристалльные отливки, кристаллизация в магнитном поле и др.). В этом случае вопросы решаются индивидуально по согласованию с руководителем проекта и консультантом по металлургической части.

2.6. Термическая обработка полуфабрикатов и изделий

Термическая обработка в технологических процессах изготовления изделий и полуфабрикатов давлением может быть предварительной, промежуточной и окончательной операцией. Цель предварительной и промежуточной термической обработки – повышение технологической пластичности обрабатываемых изделий путем отжига или нормализации. Режим предварительной термической обработки зависит от вида заготовки и марки сплава, а промежуточной – от степени наклепа при обработке давлением и от марки сплава. Характер окончательной термической обработки определяется техническими требованиями к изделию, а ее режим зависит от марки сплава и особенностей структурного состояния материала после обработки давлением. режимы любой термической обработки зависят также и от типа технологии, принятой в проектируемом цехе, степени ее непрерывности, автоматизации и т.п.

Глубина разработки режимов термической обработки в проекте зависит от того, насколько этот процесс технологически связан с основными операциями обработки давлением. Если термическая обработка проводится в проектируемом цехе, то ее режимы должны быть соответствующим образом обоснованы и достаточно полно изложены в проекте. В этом случае необходимо:

- выбрать вид термической операции и указать назначение каждой из них;
- описать сущность фазовых и структурных превращений в сплаве и обосновать особенности температурно-временного режима обработки данного изделия;
- выбрать среду, температуру и режим нагрева, время выдержки изделия при данной температуре (температурах), время переноса его в охлаждающую среду, скорость и среду охлаждения и другие параметры режима, а также отразить технологические особенности термической обработки;
- привести механические свойства материала изделия (после окончательной термической обработки).

Если термическая обработка проводится в смежных цехах или на другом предприятии, то приводятся только те сведения об этом процессе, которые необходимы для обоснования технологии обработки давлением, в том числе назначение ее (решаемые задачи), и температурные режимы. Те виды термической обработки, которые в принципе допустимы для данного сплава, но не связаны с проектируемой технологией, описывать не следует.

Укажем на некоторые особенности термической обработки в типовых процессах обработки давлением, которые следует учитывать при разработке режимов.

1. В связи с особыми требованиями к механическим свойствам и микроструктуре при разработке технологии листовой штамповки следует рассмотреть режимы термической обработки листов и полос и привести их вместе с описанием этих требований. Если такие требования не предъявляются, то режим не анализируется.

Иногда проводится промежуточная и окончательная термическая обработка штамповок. Разработка этих операций ведется в соотношении с указанными требованиями (п.п. 1-5). Выбранные режимы отжига должны обеспечить получение мелкого зерна, в том числе и в областях с критической степенью деформации.

2. Согласно технологии производства холоднокатанного листа из цветных сплавов, в прокатном цехе могут выполняться предварительная, промежуточная и окончательная обработки, которые достаточно полно должны быть представлены в проекте. При этом следует обратить внимание на возможные различия в режимах предварительного, промежуточного и окончательного рекристаллизационного отжига в связи с различным исходным состоянием наклепа и различными задачами, решаемыми на каждом этапе отжига на взаимосвязь текстур наклепа и отжига, и все это обосновать в записке. При использовании для отжига и закалки лент, фольги и листов в агрегатах непрерывного действия возникает ряд специфических технологических, теплотехнических и металлургических вопросов (кинетика растворения вторых фаз, рекристаллизация и распад пересыщенного твердого раствора).

Если производится подкат горячей прокаткой, то необходимо рассмотреть предварительную термическую обработку слитков с учетом требований к их структуре и технологическим свойствам.

3. При производстве прессованных изделий выполняются предварительная термическая обработка слитков и окончательная термическая обработка готовых полуфабрикатов, а иногда и промежуточные отжиги. При проработке вопросов, связанных с термической обработкой прессованных изделий из ряда марок алюминиевых сплавов, следует учитывать, что структура их после обработки давлением сохраняется нерекристаллизованной во всем объеме или в отдельных зонах прессовки. Это позволяет получать повышенный комплекс механических свойств после термической обработки. Иногда (когда это позволяют условия прессования) с целью повышения температуры рекристаллизации сплава отказываются от гомогенизирующего отжига слитков. Режимы промежуточного отжига и окончательной термической обработки таких изделий выбираются таким образом, чтобы реализовать эту возможность и в то же время предотвратить образование крупного зерна в зонах с первой и второй критической степенью деформации.

Закалка прессовок ряда сплавов может производиться на столе пресса без специального нагрева под закалку. Использование этого приема должно быть соответствующим образом обосновано с привлечением сведений об устойчивости пересыщенного твердого раствора и о размерах изделий. Следует также помнить, что режимы старения одного и того же сплава могут быть различными (T1, T2 и др.) в зависимости от требований к прочности, пластичности и коррозионной стойкости изделия.

4. При изготовлении поковок и штамповок из слитков в связи с требованиями к исходной структуре заготовок кратко описывается предварительная термическая обработка. Окончательная термическая обработка поковок и штамповок из цветных сплавов, если она проводится в проектируемом цехе, описывается в соответствии с п.п. 1-5. Термическая обработка поковок и штамповок, выполняемая в смежных цехах, также должна быть изучена и кратко описана в записке. При этом следует обратить внимание на исправление дефектов структуры после горячей обработки (например, видманштеттовой структуры или карбидной ликвации в сталях, разнородности в цветных сплавах и т.п.) и получение свойств, заданных техническими условиями на поковку.

Неоднородность строения литого металла определяет неоднородность его свойств. Наибольшие изменения по сечению отливки претерпевают характеристики пластичности и вязкости. При производстве отливок подбираются режимы предварительной термической обработки (отжиг или нормализация) и окончательной термической обработки (нормализация или закалка и отпуск).

5. Для учета технологических особенностей термической обработки в проектируемом цехе дипломнику во время преддипломной практики следует изучить следующие вопросы:

- место операций термической обработки в общем технологическом процессе и их связь с другими операциями;
- особенности технологии термической обработки в связи с масштабом производства и технологическими режимами операций обработки давлением;
- устройство термического оборудования, его механизация и автоматизация;
- выбор количества изделий в партии, вес садки;
- контрольная пирометрическая аппаратура и методы контроля температурного режима печи;
- вспомогательные операции по очистке, правке, упаковке и т.п.;
- методы, средства и организация контроля качества термически обработанных изделий.

Оригинальные решения технологии термической обработки могут быть представлены графически на листах для демонстрации при защите дипломного проекта.

3. МАТЕРИАЛ ИНСТРУМЕНТА И ЕГО ТЕРМООБРАБОТКА

В дипломных проектах по обработке давлением важное место отводится разработке конструкции основного деформирующего инструмента и другой технологической оснастки. Главными требованиями к инструменту являются: высокая стойкость, долговечность в эксплуатации. Стойкость основных деталей инструмента зависит с одной стороны, от технологического режима и условий эксплуатации, с другой – от конструктивных особенностей,

металлургических и технологических параметров их изготовления. Из двух последних факторов важное место принадлежит правильному выбору марки стали и режима термической обработки инструмента.

При решении этих вопросов предварительно рекомендуется изучить:

1. Условия работ инструмента, которые достаточно полно можно охарактеризовать: - величиной удельных давлений, зависящих от свойств обрабатываемых материалов и схемы напряженного состояния; - характером нагружения, зависящим от применяемого оборудования; - температурным режимом, который зависит от продолжительности контакта горячего металла с инструментом, от вида смазки, теплопроводности стали и количества тепла при деформации и прочих факторов.
2. Комплекс свойств, подбираемых для материалов инструмента, которые они приобретают в результате легирования и термической обработки. Важнейшими из этих свойств, обуславливающими классификацию инструментальных сталей, являются: теплостойкость (устойчивость против отпуска), твердость и износоустойчивость, вязкость, прокаливаемость.

Выбранная для инструмента марка стали по своим основным свойствам должна соответствовать условиям эксплуатации. Кроме того, высоколегированные инструментальные стали ответственного назначения должны быть:

- по возможности экономно легированными, т.е. с уменьшенным содержанием дефицитных компонентов (например, вольфрама) или вообще без них;
- комплексно легированными, т.е. вместо одного – двух (например, Cr и W) содержать несколько легирующих элементов (например, еще Si, V, Mo, Ni, Mn и др.) без увеличения или даже с уменьшением их общей концентрации.

В спецификации к чертежу инструмента марки сталей указываются в соответствии с обозначениями, принятыми в ГОСТ. Для менее ответственных деталей данного инструмента, они, по возможности, должны быть унифицированы, одной или несколькими марками сталей.

Необходимые свойства основных деталей инструментов достигаются термической обработкой и при выбранной марке стали выражаются обычно через твердость (указанную в чертеже), по которой и выбирается режим термической обработки. Предварительная и окончательная термические обработки штамповых сталей имеют ряд особенностей. К ним относятся: карбидная ликвация, повышенная чувствительность к концентраторам напряжений и растрескиванию при закалке и отпуске, вторичная закалка при отпуске, повышенное содержание остаточного аустенита и пр. Эти особенности должны быть изучены и учтены при разработке маршрутной технологии изготовления инструмента.

В записке, наряду с расчетами на прочность, рекомендуется привести:

- краткий анализ условий работы инструмента; - обоснование выбора марки стали с указанием ее основных свойств (м. п. 2) и соответствия условиям эксплуатации; - маршрутную технологию изготовления основных деталей с указанием режима термической обработки.

Глубина проработки этих вопросов определяется спецификой проекта и устанавливается его руководителем.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКЕ

В пояснительной записке к дипломному проекту отражаются вопросы, изложенные в п.п. 1, 2 и 3 настоящего указания.

Главным требованием к содержанию этих вопросов является связь их с основными технологическими задачами по разрабатываемой теме. Поэтому при описании структуры и свойств обрабатываемых металлов и сплавов приводятся те сведения, которые используются в дальнейшем при разработке технологии литья, обработки давлением и термической обработки. Объем общих сведений по обрабатываемым металлам и сплавам должен быть минимальным. Те из указанных вопросов, которые прямо или косвенно не связаны с разрабатываемой технологией, могут не освещаться в записке. Однако дипломник должен знать общие вопросы металловедения, основы теории кристаллизации, термической обработки и т.д. Он должен уметь отобрать нужный материал, применить теоретические знания к решению конкретных производственных задач. Все это возможно только при понимании сущности структурных изменений, возникающих при обработке.

Поскольку металловедческие вопросы в проекте направлены на решение основных технологических задач, некоторые из них (например, п.п 1 и 3) нужно располагать в записке согласно последовательности разработки технологии без выделения самостоятельной металловедческой части.

В тех случаях, когда на основании круга вопросов металловедческого характера решаются самостоятельные задачи, металловедческая часть должна выделяться в самостоятельную. При этом графический материал приводится на листах ватманской бумаги.

Записка должна быть грамотно изложена. Допускается использование только общепринятых технических и научных терминов. По ходу изложения в тексте приводятся ссылки на литературу под соответствующим номером в квадратных скобках, а также на номера таблиц, формул и рисунков, приводимых в записке. Излагаемый материал необходимо подчинить четко сформулированным заголовкам и подзаголовкам. Нужно следить за разделением текста на смысловые абзацы. Таблицы и графики должны иметь сквозную нумерацию по главам (разделам). Каждая таблица приводится с четким заголовком, например, "Химический состав стали 08 кп по ГОСТ 1050-88". Графики выполняются на миллиметровой бумаге (или писчей бумаге записки), по осям графика указывается содержание и размерность представляемых на графике величин. Каждый рисунок должен быть пронумерован и со-

проводятся подрисуночной подписью, раскрывающей взаимосвязь величин на графике. При необходимости вводятся условные обозначения.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Авиационные материалы: Справочник в 9-ти т./ Под ред. Туманова А.Т., М.: ОНТИ, 1973-1975: т.1. Конструкционные стали. 1975. 431 с.; т. 2. Коррозионностойкие и жаростойкие стали и сплавы. 1975. 371 с.; т. 3. Жаропрочные стали и сплавы, сплавы на основе тугоплавких металлов. 1974. 399 с.; т. 4. Алюминиевые и бериллиевые сплавы. 1976. 518 с.; т. 5. Магниевые и титановые сплавы. 1973. 585 с.; т. 6. Медные сплавы и специальные материалы для деталей трения. 1974. 283 с.
2. Промышленные алюминиевые сплавы: *Алиева С.Г., Альтман М.Б. и др.* 2-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1984. 528 с.
3. Алюминиевые сплавы. Промышленные деформируемые, спеченные и литейные алюминиевые сплавы: Справочное руководство. /Под ред. *Квасова Ф.И. и Фридляндера И.Н.* М.: Металлургия. 1972. 552 с.
4. Алюминиевые сплавы. Структура и свойства полуфабрикатов из алюминиевых сплавов: Справочник / Ответ. редактор. *Ливанов В. А.* М.: Металлургия, 1974. 432 с.
5. Алюминиевые сплавы. Плавка и литье алюминиевых сплавов: Справоч. рук-во / Под ред. *Добаткина В.И.* М.: Металлургия, 1970. 416 с.
6. *Смирнягин А.П. и др.* Промышленные цветные металлы и сплавы: Справочник. М: металлургия, 1974. 488 с.
7. Справочник по алюминиевым сплавам. / Под ред. *Елагина В.И.* М.: ВИЛС, 1978. 132 с.
8. *Журавлев В.Н., Николаева О.И.* Машиностроительные стали: Справочник, 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992. 480 с.
9. Марочник стали и сплавов. / *Бержковский Д.И. и др.* М.: ЦНИИТМАШ, 1977. 483 с.
10. *Мотовилин Г.В., Масино М.В., Суворов О.В.* автомобильные материалы: Справочник, 3-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1989. 464 с.
11. *Мальцев М.В.* Металловедение промышленных цветных металлов и сплавов. М: Металлургия, 1970. 364 с.
12. *Колачев Б.А., Ливанов В.А., Елагин В.И.* Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1998. 480 с.
13. *Колачев Б.А., Ливанов В.А., Буханова А.А.* Механические свойства титана и его сплавов. М.: Металлургия, 1974. 544 с.
14. *Тихонов А.С.* Элементы физико-химической теории деформируемости сплавов. М.: Наука, 1972. 158 с.

15. *Болховитинов Н.Ф.* Свойства и применение листовой стали для холодной штамповки. М: Машгиз, 1965.
16. *Геллер Ю.А.* Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1975. 584 с.
17. Инструментальные стали: Справочник. М: Металлургия, 1977. 168 с.
18. Штампы для горячего деформирования металлов. / Под ред. *Тылкина М.А.* М.: Высшая школа, 1977. 495 с.
19. *Бабаков А.А., Приданцев М.В.* Коррозионностойкие стали и сплавы. М: Металлургия, 1971. 320 с.
20. Термическая обработка в машиностроении.: Справочник / Под ред. *Лахтина Ю.М. и Рахштадта М.* М.: Машиностроение, 1980. 783 с.
21. Изотермическое формирование металлов / *Фиглин С.З., Каплин Ю.Г., Каплиц Ю.И.* М.: Машиностроение, 1978. 239 с.
22. *Горелик С.С.* рекристаллизация металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1978. 568 с.
23. *Полухин П.И., Гун Г.Я., Галкин Л.М.* Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов: Справочник. М.: Металлургия, 1976. 488 с.
24. *Башлыков В.А., Морозов Н.П.* Валки станов листовой прокатки авиационных материалов. Куйбышев: КуАИ, 1979. 58 с.
25. *Башлыков В.А.* Технология листовой прокатки. Куйбышев: КуАИ, 1975. 164 с.
26. *Башлыков В.А., Каргин В.Р.* Методическое указание к выполнению курсовых проектов по прокатному производству. Куйбышев: КуАИ, 1981. 45 с.
27. *Третьяков А.В., Зюзин В.М.* Механические свойства металлов и сплавов при обработке давлением: Справочник. М.: Металлургия, 1973.
28. *Ненашев В.Ю., Логвинов А.Н.* Теория и технология кузнечно-штампового производства (горячая штамповка). Куйбышев: КуАИ, 1981. 25 с.
29. *Ненашев В.Ю.* Прогрессивные технологические процессы горячей объемной штамповки. Куйбышев: КуАИ, 1981. 43 с.
30. Литейное производство: Учебник / Под ред. Куманина И.Б. М.: Машиностроение, 1971.
31. *Куманин И.Б.* Вопросы теории литейных процессов. М: Машиностроение. 1976.
32. *Левин Л.И., Кантеник С.К.* Литейные сплавы. М.: Высшая школа, 1967. 435 с.
33. *Курдюмов А.В.* и др. Литейное производство цветных и редких металлов. М.: Металлургия, 1972.
34. Инженерные монографии по литейному производству. М.: машиностроение, 1971.

Дополнительная

1. *Материалы в машиностроении. Выбор и применение: Справочник в 5-ти т. / Под ред. И.В. Кудрявцева.* М: Машиностроение, 1968.
2. *Михайлов-Михеев П.Б.* Справочник по металлическим материалам турбино- и моторостроения. М.: -Л.: Машгиз, 1961. 838 с.
3. *Ершов В.И., Уваров В.В., Чумадин и др.* Справочник кузнеца штамповщика. М.: МАИ, 1996. 312 с.
4. *Вол А.Е.* Строение и свойства двойных металлических систем: В двух томах. М: Физматгиз. Т. 1. 1959. Т2, 1962. 982 с.
5. *Гуляев А.П.* Металловедение. М: Металлургия, 1977. 647 с.
6. *Дубинин Г.Н., Абрамов Ю.С.* Конструкционные, проводниковые и магнитные материалы. М.: Машиностроение, 1973. 295 с.
7. *Дружинин В.В.* Магнитные свойства электротехнической стали. М.: Госэнергоиздат, 1962.
8. *Дубов Н.Ф., Лапкин Н.И.* Электротехнические стали. М.: Metallurgizdat, 1963.
9. *Вульф Б.К., Ромадин К.П.* Авиационное металловедение. М.: Оборонгиз, 1968. 503 с.
10. *Приданцев М.В.* Жаропрочные стареющие сплавы. М.: Металлургия, 1973. 183 с.
11. *Вульф Б.Л.* Термическая обработка титановых сплавов. М.: Металлургия, 1969. 375 с.
12. *Фаванов Ю.К., Шульга Ю.Н.* Сплавы с высокими демпфирующими свойствами. М.: Металлургия, 1973.
13. *Гудков С.И.* Механические свойства промышленных цветных металлов и сплавов при низких температурах. М.: Металлургия, 1971.
14. *Соколов Л.Д.* Сопротивление металлов пластической деформации. М: Metallurgizdat, 1963. 284 с.
15. *Дзугутов М.Я.* Пластическая деформация высоколегированных сталей и сплавов. М.: Наука, 1972. 422 с.
16. *Маевский И.Л.* Обработка давлением жаропрочных сплавов. М. – Л.: Машиностроение, 1964.
17. *Шор Э.Р., Копашников А.И.* Производство листов из алюминиевых сплавов. М.: Metallurgizdat, 1967, 319 с.
18. *Меерович И.М.* Прокатка плит и листов из легких сплавов. М.: Металлургия, 1969. 252 с.
19. *Черняк С.Н. и др.* Производство фольги. М.: Металлургия, 1968.
20. *Ковка и штамповка цветных металлов: Справочник.* М.: Машиностроение, 1972. 230 с.
21. *Ковка и объемная штамповка стали: Справочник / Под ред. Сторожев М.В.* М.: Машиностроение, 1967, Т.1, 481 с.

22. *Ерманок М.З., Фейгин В.И., Сухоруков Н.А.* Прессование профилей из алюминиевых сплавов. М.: Металлургия, 1977. 264 с.
23. *Перлин И.Л., райтберг Л.Х.* Теория прессования металлов. М.: Металлургия, 1975. 448 с.
24. *Желобов В.В., Зверев Г.И.* Прессование металлов. М.: Металлургия, 1971. 456 с.
25. Горячая штамповка и прессование титановых сплавов. / *Никольский Л.А., Фиглин С.З., Бойцов В.В. и др.* М.: Машиностроение, 1975. 285 с.
26. *Колпашников А.И.* Прокатка листов из легких сплавов. М.: Металлургия, 1975.
27. *Галацкая И.К.* Металлография металлургических дефектов и прессованных полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. Куйбышев: Куйбышев, кн. изд-во, 1973. 125 с.
28. Стали для глубокой вытяжки: Справочник. М.: Металлургия, 1961.
29. *Болхавитинов Н.Ф.* Металловедение и термическая обработка. М.: Машиностроение, 1965. 463 с.
30. *Литвиненко Д.А.* Холоднокатаная нержавеющая сталь. М.: Металлургия, 1968.
31. *Смирнов В.С., Дурнев В.Д.* Текстурирование металлов при прокатке. М.: Металлургия, 1969.
32. *Трахтенберг Б.Ф.* Стойкость штампов и пути ее повышения. Куйбышев: Куйбышев, кн. изд-во, 1964.
33. *Позняк Л.А.* Штамповые стали для холодного деформирования. М.: Металлургия, 1966. 147 с.
34. *Ассонов А.Д.* технология термической обработки деталей машин. М.: Машиностроение, 1969. 264 с.
35. Штамповые стали. Состав, свойства, термическая обработка: Справочник. М.: Машиностроение, 1964.
36. *Жолобов В.В., Зверев Г.И.* Инструмент для горячего прессования металлов. М.: машиностроение, 1965. 163 с.
37. *Полухин В.П.* и др. Надежность и долговечность валков холодной прокатки. М.: Металлургия, 1971.
38. Термическое упрочнение прокатки / *Стародубов К.Ф., Узлов И.Г., Васенков В.Я. и др.* М.: Металлургия, 1970. 368 с.
39. *Солонина О.П., Глазунов Г.С.* Жаропрочные титановые сплавы. М.: Металлургия, 1976, 448 с.
40. *Сторожев М.В. и др.* технологияковки и горячей штамповки цветных металлов и сплавов. М.: высшая школа, 1967.
41. *Бернштейн М.Л.* термомеханическая обработка металлов и сплавов: В двух томах. М.: Металлургия, 1968. Т.1. – 586 с. Т.2 – 575 с.
42. *Башлыков В.А.* Методические указания к курсовому проектированию. Прокатное производство. Куйбышев: Куйбышев, кн. изд-во, 1975.

43. *Старостин Ю.С.* Прессовое производство. Куйбышев: КуАИ, 1975.
44. *Юшков А.В.* Механические свойства и показатели деформируемости некоторых промышленных металлов и сплавов: Справочное руководство. Куйбышев: Куйбышев, кн. изд-во, 1974.
45. *Ненашев В.Ю., Дудин В.А.* Листовая холодная и горячая объемная штамповка. Методические указания для курсового и дипломного проектирования. Куйбышев: КуАИ, 1975. 104 с.
46. *Гуляев Б.Б.* Теория литейных процессов. Л.: Машиностроение, 1976.
47. *Баландин Г.Ф.* Формирование кристаллического строения отливок. М.: Машиностроение, 1965.
48. *Альтман М.Б.* и др. Плавка и литье легких сплавов. М.: Metallургия, 1969.
49. Литейные бронзы / Под ред. К.П. Лебедева. М.: Машиностроение, 1973.
50. *Иванов В.Н., Зарецкая Г.М.* Литье в керамические формы по постоянным моделям. М.: Машиностроение, 1975.
51. *Линчевский Б.В.* Вакуумная индукционная правка. М.: Metallургия, 1975.
52. *Озеров В.А.* и др. Литье по моделям из пенополистирола. М.: Машиностроение, 1975.

СОДЕРЖАНИЕ

Вопросы и задачи, разрабатываемые в домашнем задании	стр. 3
1. Технические требования к продукции	4
2. Структура, технологические и конструкционные свойства обрабатываемых материалов	5
2.1. Фазовый состав и структура сплавов в равновесном состоянии	6
2.2. Физические, механические и технологические свойства сплавов	8
2.3. Требования к структуре и свойствам заготовок, их термическая обработка	9
2.4. Обоснование допустимых режимов нагрева и деформирования	12
2.5. Формирование структуры и свойств отливок Обоснование режимов плавки и литья	16
2.6. Термическая обработка полуфабрикатов и изделий	17
3. Материал инструмента и его термообработка	20
4. Требования к пояснительной записке	21
Литература	

Учебное издание
Разработка раздела "Структура и свойства обрабатываемых материалов" в дипломном проекте по обработке металлов давлением и литейному производству

Методические указания

Составители: Уваров Вячеслав Васильевич
Заббаров Рахим

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева

443086, Самара, Московское шоссе, 34