

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Кафедра «Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
« 27 » 06, 2016г.


Бакалаврская работа

150700.62 - «Машины и технология обработки металлов давлением»
«Исследования влияния на структуру деформации химического состава при прессовании профиля из алюминиевого сплава Ад31г»

Научный руководитель


27.06.16 С.В. Мишнёв
подпись, дата

Выпускник



27.06.16 А.С.Желтов
подпись, дата

Красноярск 2016

Продолжение титульного листа МД/ДП/ ДР/БР по теме: «Исследования влияния на структуру деформации химического состава при прессовании профиля из алюминиевого сплава Аз31г»

Консультанты по разделам:

Экономическая часть



подпись, дата

21.08.16

Демченко А.И.
инициалы, фамилия

Нормоконтролер



подпись, дата

Бусыгин С.Л.
инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
«Машиностроение»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
«24» 06 2016 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме Бакалаврской работы

Студенту _____ Желтову Александру Сергеевичу _____
Группа _____ МТ12-026 _____ Специальность _____ 150700.62 _____
«Машины и технология обработки металлов давлением» _____

Тема дипломной работы:

«Исследования влияния на структуру деформации химического состава при прессовании профиля из алюминиевого сплава АД31г»

Утверждена приказом по университету № 5774/с от 28.04.2016

Руководитель ВКР С.В. Мишнев, каф. «Машиностроение», доцент

Исходные данные для ВКР:

1. М.В. Сторожев, Е.А. Попов. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. М., "Машиностроение", 1977.

2. Данченко В.Н., Миленин А.А., Головки А.Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов. Теория и технология. Днепропетровск: ДНВП; Системные технологии; 2001. 448 с.

3. Смирнов-Аляев Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию. – М.: Машгиз, 1978. – 368 с.

Дуглас, Алтан. Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1975, т. 97, No 1, с. 71-80.

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

1. Введение. Структура потребления алюминия на мировом рынке и в

РФ.

2. Технологическая часть.

2.1 Влияние структуры слитка на структуру деформации

2.2 Методы металлографического исследования

3. Специальная часть.

3.1 Методика подготовки образцов для металлографического анализа (макроструктура)

3.2 Опытные данные

3.3 Выводы

4. Экономическая часть

5. Литература

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов:

Лист 1. Оборудования и виды для металлографического анализа

Лист 2. Чертеж исходной заготовки и готовых изделий после прессования. Технологические параметры прессования.

Лист 3. Структуры дефектов в алюминиевых столбах

Лист 4. Дефекты макроструктуры алюминиевых сплавов по опытными данным.

Лист 5. Дефекты деформационной структуры по опытными данным.

Выводы.

Лист 6. Смета затрат на НИР

Оглавление

Реферат	6
Введение	7
Крупнейшие производители алюминия в мире 2015 год.....	8
Спрос.....	12
Производство и потребление алюминия в мире.....	12
1. Общие сведения о компании Сиал	14
1.1 Основные источники сырья и главные потребители продукции	15
1.2 Структура производства Сиал	16
2. Закономерности изменения структуры и свойств полуфабрикатов.....	18
2.1 Выплавка сплавов алюминия.....	22
2.2. Разливка столбов с прямым охлаждением	24
2.3. Гомогенизация заготовки.....	30
3. Специальная часть.....	33
3.1 Алюминиевый сплав Ад 31г	33
3.2 Химический состав АД31 и физические свойства	33
4. Методика металлографического анализа.....	35
4.1 Металлографические исследования	35
4.2 Металлографические исследования	38
4.3 Виды металлографического анализа	39
4.4 Цели металлографического контроля	40
4.5 Оборудования для металлографического анализа	48
4.6 Дефекты макроструктуры	51
5. Экспериментальная часть	59
6. Экономическая часть	65
7. Заключение	71
Список использованных источников	72
Приложение 1. Графическая часть.....	73

Реферат

Содержание бакалаврской работы включает в себя 74 страниц пояснительной записки и 6 листов графической части, представленные на формате А1; 36 рисунков ; 11 таблиц. Задачами выпускной квалифицированной работы являются разработка проекта организации исследования и изучения алюминиевых слитков сплава Ад 31г ; провести литературный обзор; выбор реагента для макро-анализа и выбор основных технико-экономические показатели и их сравнение , а также разработка рекомендаций по совершенствованию технической подготовки производства алюминиевых сплавов. А так же провести исследования и внести усовершенствования в данной области дисциплины , для внедрения их в производство.

Актуальность данной выпускной квалифицированной работы заключается в том, что ввод в действие новых предприятий, расширение существующих, широкое внедрение различных видов изобретений во всех отраслях производств выдвигают проблему конкурентоспособности.

Предприятие должно обладать высокими техническими и экономическими показателями и базироваться на новейших достижениях современной техники. Поэтому исследования структуры металлов должно основываться на использовании современного конкурентоспособного машиностроительного оборудования.

Введение

Алюминиевый рынок делится на производителей первичного алюминия и сплавов на его основе – сегмент upstream, производителей алюминиевой продукции – сегмент downstream и производителей алюминия из вторичного сырья (переработка алюминия).



Рисунок 1 - Промышленность алюминия

Сегмент upstream – это не только производство первичного алюминия и сотен различных сплавов, но и вся сырьевая цепочка, которая предшествует этому процессу. Для производства алюминия требуется добыть боксит, переработать его в глинозем и доставить на алюминиевый завод. Крупнейшие мировые производители алюминия, как правило, представляют собой вертикально-интегрированные холдинги, включающие в себя бокситовые рудники и глиноземные заводы. Преимуществом вертикальной интеграции для крупных компаний является то, что они становятся независимыми от колебаний цен и многих других внешних факторов, обеспечивая себя сырьем в необхо-

димом объеме для непрерывного процесса производства алюминия. Небольшие производители, как правило, закупают сырье у внешних поставщиков.

Наибольшие запасы бокситов в мире сосредоточены в тропическом и субтропическом поясах Земли, поэтому основные объемы добычи обеспечивают страны Юго-Восточной Азии, Латинской Америки и Африки, а также Австралия. Как правило, в этих регионах расположено и производство глинозема, что позволяет экспортировать более сложный продукт с добавленной стоимостью.

Крупнейшие производители алюминия в мире 2015 год

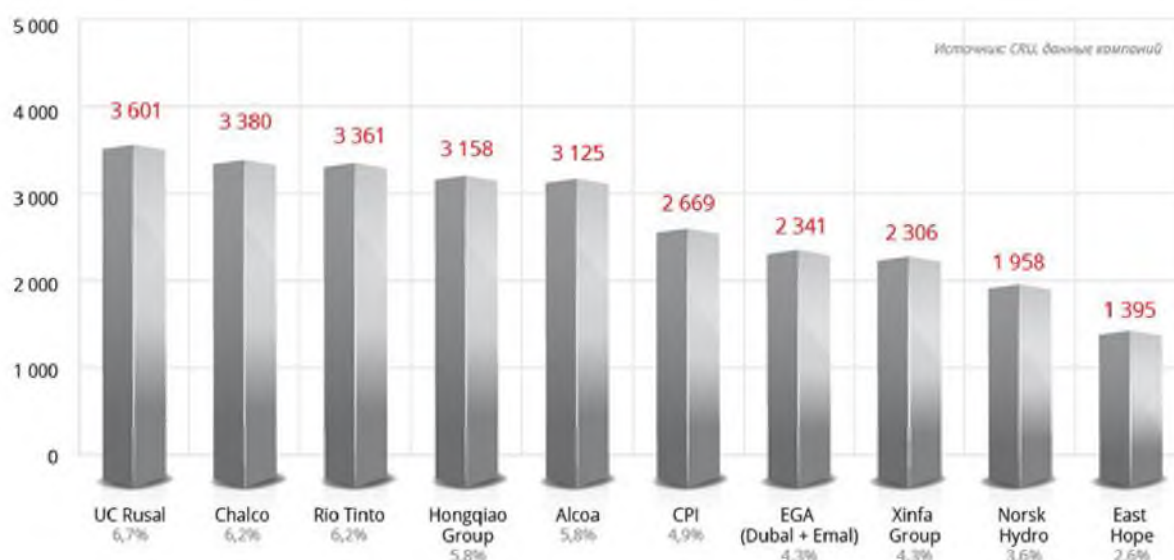


Рисунок 2 - Крупнейшие производители алюминия

На сегодняшний день крупнейшим производителем первичного алюминия в мире (Рисунок 2) является российская компания РУСАЛ, созданная в 2000 году. В ее состав входят предприятия по производству алюминия, глинозема и бокситов на территории России и Украины, а также иностранные активы, вошедшие в результате серии слияний и поглощений в 2000-х годах.



Старейшим производителем металла в мире, также входящим в ТОП-10, является американская Alcoa. Она была основана 1 октября 1888 года одним из изобретателей применяемой сегодня во всем мире технологии электролиза алюминия Чарльзом Мартином Холлом и называлась тогда Pittsburgh Reduction Company. В 1907 году название изменили на «Алюминиевую компанию Америки» (Aluminum Company of America), оно сохранилось до 1999 года, когда его официально сократили до Alcoa.



Еще один участник рейтинга – австралийско-британский концерн Rio Tinto, одна из крупнейших в мире диверсифицированных горнометаллургических компаний. В 2007 году она приобрела за рекордные \$38 млрд канадскую алюминиевую компанию Alcan (Aluminum Company of Canada Limited), что позволило ей стать одним из глобальных лидеров по производству алюминия. Кстати, Rio Tinto обошла Alcoa, которая также участвовала в борьбе за Alcan.

RioTinto

Западную Европу в топ-листе производителей представляет норвежская Hydro. Компания тоже имеет более чем столетнюю историю: она была осно-

вана в 1905 году изначально для реализации проектов в гидроэнергетике и с тех пор выросла в крупный международный энергометаллургический холдинг.



HYDRO

За последние несколько лет в список крупнейших upstream-производителей стремительно ворвалась целая плеяда китайских компаний – Chalco, Hongqiao, Xinfu, East Hope, и их доля постоянно растет. Сегодня китайский алюминиевый рынок является крупнейшим в мире по объемам производства, на него приходится около половины мирового объема. При этом свыше 90% алюминиевого производства в Китае обеспечивается энергией работающих на угле электростанций, создавая серьезную нагрузку на окружающую среду.

Еще одним крупным игроком рынка становятся компании из Ближнего Востока, такие как EGA (объединенные Dubal и Emal), Alba, Qatar Aluminium, Sohar Aluminium и другие. Все они обладают важным преимуществом: возможностью использовать для производства дешевую электроэнергию, получаемую при сжигании попутного газа нефтяных месторождений.

Наконец, быстро наращивают объемы производства компании из Индии – Hindalco, Vedanta и другие. По прогнозам, Индия может стать крупным экспортером алюминия на международный рынок, поскольку рост мощностей уже сегодня превышает объем внутреннего потребления.

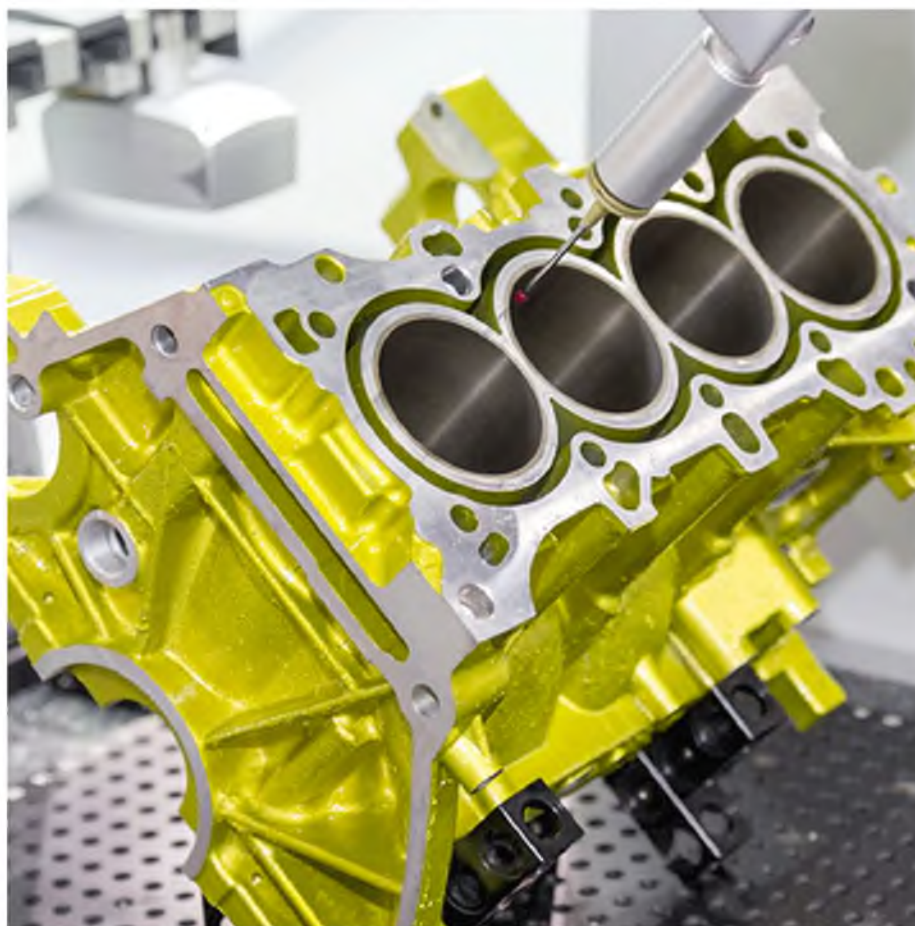


Рисунок 3 - Алюминий в машиностроение

Количество downstream-производителей в мире исчисляется тысячами. Их продукция – это огромный спектр товаров, начиная от алюминиевых полуфабрикатов и заканчивая готовыми алюминиевыми изделиями.

Среди крупнейших downstream-производителей – американские Novelis и Aleris, британская Rexam, европейские Constellium и SAPA и многие другие компании, производящие алюминиевые банки, фасадные материалы, части фюзеляжа и корпусов автомобилей, материалы упаковки, трубы, панели, профили и прочие виды огромного списка алюминиевой продукции.

В последнее время среди upstream-компаний наметилась тенденция к развитию собственных downstream-направлений, что позволяет им получать дополнительную прибыль. Например, Alcoa заявила, что взяла курс на трансформацию бизнес-модели и больше не будет являться чисто сырьевой компанией. Норвежская Hydro, оставаясь одним из лидеров по производству первичного металла, также является одним из ведущих европейских производителей downstream-продукции. Крупнейший производитель алюминия в мире РУСАЛ тоже имеет downstream-сегмент – производство всех видов алюминиевой фольги для нужд пищевой, строительной и электротехнической отраслей промышленности.

Спрос

Производство алюминия в мире из года в год увеличивается вслед за непрерывно растущим спросом на этот металл.

В среднем мировая потребность в алюминии увеличивается на 5-7% ежегодно. Так, мировое потребление первичного алюминия в 2014 году по сравнению с 2013 годом увеличилось на 7% – до 54,8 млн тонн. А по итогам 2015 года мировой спрос должен вырасти еще на 6% – до 58 млн тонн.

Производство и потребление алюминия в мире

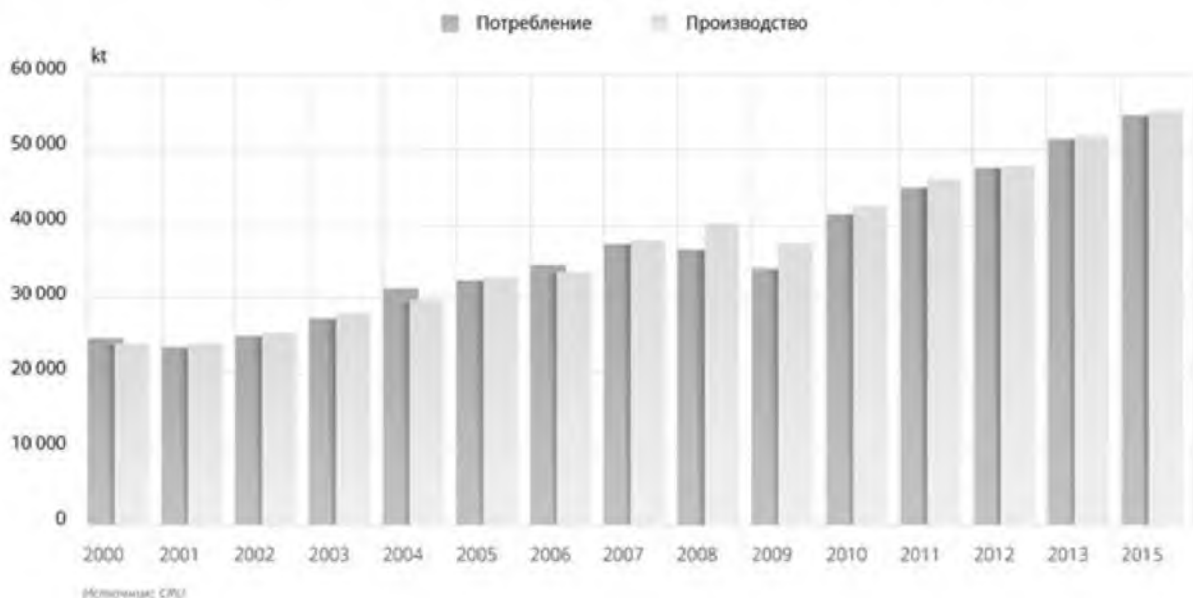


Рисунок 4 - Производство и потребление алюминия в мире

Вместе с тем рост потребления алюминия (Рисунок 4) происходит на фоне глобальной урбанизации и индустриализации. И если в странах с развитой экономикой уже достигнут высокий уровень экономического развития, то развивающиеся страны как раз весьма активно наверстывают упущенное.

Глобальный алюминиевый рынок сегодня можно условно разделить на две части: Китай и все остальные страны. За последнее десятилетие Китай продемонстрировал феноменальные темпы экономического роста, и в том числе стал крупнейшим в мире производителем и потребителем алюминия.

На КНР сегодня приходится половина всего мирового объема производства и потребления алюминия, ни одна другая страна не может приблизиться к Китаю по этому показателю. При этом все свои потребности в первичном металле Китай закрывает исключительно собственным же производством, поэтому чаще всего он рассматривается отдельно от мирового. В то

же время Китай активно наращивает экспорт алюминиевых полуфабрикатов, конкурируя на глобальном рынке с западными компаниями.

На втором и третьем местах по объемам потребления алюминия рынки Европы и США, где спрос исторически очень велик по причине высокого уровня промышленного развития экономик этих стран. Еще один крупный рынок Япония, не только страна с развитой экономикой, но и родина огромного количества технических новинок в сфере электроники и приборостроения. При этом Страна восходящего солнца импортирует весь необходимый ей первичный металл, совершенно не имея собственного алюминиевого производства. Причина в отсутствии на ее территории мощных и дешевых источников электроэнергии.

Также постоянный хороший прирост потребления показывают активно развивающиеся страны Юго-Восточной Азии.

Наибольшее количество алюминия идет на нужды транспортной и строительной отраслей экономики – в 2015 году на них пришлось 27 и 25% соответственно. Из алюминиевых сплавов делают детали фюзеляжа самолетов, части корпусов автомобилей и поездов, детали топливных систем, систем кондиционирования, части моторов, детали кресел и внутренней отделки, яхты и морские суда, космические шаттлы и твердое ракетное топливо. В наш век в моде легкость, скорость и надежность, а гарантировать все это может только алюминий.

Потребление по отраслям (тыс. тонн) рисунок 5.

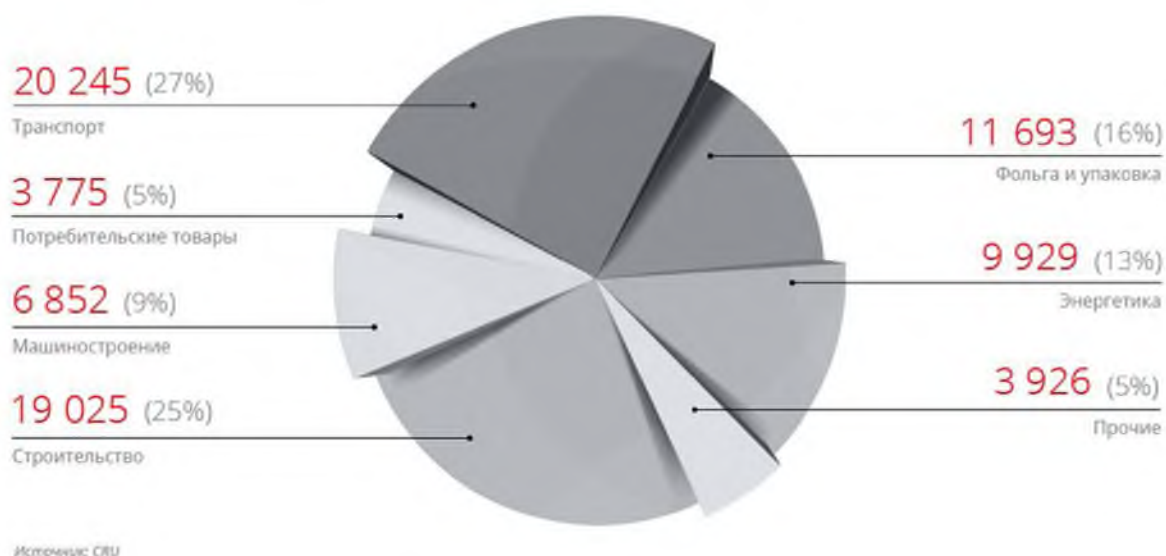


Рисунок 5 - Статистика потребления

В строительстве этот металл также завоевал весьма прочные позиции: без него не обходится ни один небоскреб, ни одно металлокаркасное здание, да и обычный жилой дом. Оконные и дверные панели, кровля, строительные каркасы, фасадные и несущие конструкции, элементы внешнего декора, сайдинги, лестницы, системы кондиционирования и отопления – все это сегодня

производится с использованием алюминия и сплавов на его основе. Следующими по объему отраслями использования являются упаковка и энергетика – 16 и 13%. Алюминий незаменим при производстве линий электропередач и телефонных проводов, радиолокаторов, конденсаторов и так далее. В сфере упаковки главные позиции занимают пищевая фольга и алюминиевая банка для напитков. В мире ежегодно производится более 200 млрд банок для напитков, ну и ничего более удобного и качественного, чем упаковка из алюминиевой фольги, человечество пока еще не придумало.

1. Общие сведения о компании СИАЛ

Группа обществ СИАЛ – это независимые юридические лица, отношения которых строятся на основе управленческих, организационных и хозяйственных договоров, участвующих в реализации совместных программ технологического, производственного и экономического развития. Становление группы обществ СИАЛ относится к началу 90-х годов. В это время в ее активах начали аккумулироваться пакеты акций крупных предприятий федерального и местного значения. К середине 90-х годов группа обществ СИАЛ уже являлось третьим, после государства и ОАО «КрАЗ», акционером одного из крупнейших в России предприятий по переработке алюминия – Красноярский металлургический завод (ОАО «КраМЗ»).

Со второй половины 90-х годов группа обществ СИАЛ самостоятельно занимается переработкой алюминия (сплавы, профиль, изделия из сплава и профиля), для чего были созданы производственно-торговые общества: ООО «ДАК», ООО «Торговая компания «Сегал» (в настоящее время Литейно-Прессовый Завод Сегал»), ООО «ТД «Профиль».

ООО «ЛПЗ «Сегал» является одним из крупнейших в России разработчиков и поставщиков системных алюминиевых профилей для строительных конструкций. Алюминиевые профили системы «СИАЛ» обладают широчайшими техническими возможностями, высокими качественными характеристиками, соответствующими международным стандартам. В номенклатуре основной продукции также алюминиевые сплавы, проволока алюминиевая, которая используется во всевозможных областях, начиная от энергетической области и заканчивая ремонтными работами; радиаторы отопления, навесные вентилируемые фасады «СИАЛ» и система профилей для крепления навесных вентилируемых фасадов. Также компания «ЛПЗ «Сегал», кроме широкого ассортимента продукции, предлагает партнерам:

- помощь в организации производства (дилерство) алюминиевых, строительных конструкций и торгового оборудования в регионах, из наших системных профилей и комплектующих;
- проектирование алюминиевых строительных конструкций для крупных и малых объектов;
- изготовление профилей любой конфигурации по чертежам и образцам заказчика, их покраска, анодирование.

Выгодное географическое положение позволяет оперативно решать любые вопросы деятельности от Владивостока до Санкт-Петербурга, от Норильска до Сочи. Мы сотрудничаем со многими компаниями в России, применяющими нашу продукцию и находящимися более чем в ста городах страны. Для удобства наиболее удаленных партнеров созданы консигнационные склады в Москве, Владивостоке, Ростове-на-Дону и Омске.

Миссия ООО «ЛПЗ «Сегал» – стать одним из локомотивов российской экономики, содействовать выходу из кризиса. "Смелые идеи, Абсолютное лидерство" – вот слагаемые успеха компании.

Деятельность ООО «ЛПЗ «Сегал» направлена на получение прибыли при непрерывном развитии и учете интересов общества и государства. «ЛПЗ «Сегал» делает ставку на профессиональное мастерство своих сотрудников, новаторство, инициативу и творческие усилия всего коллектива.

Количество работающих на территории завода 826 человек, количество инструментальщиков 43 человека, прессовщиков 145 человек.

1.1 Основные источники сырья и главные потребители продукции

Основной объем запасов и ресурсов бокситов(глинозема) сосредоточен в Красноярском крае на разведанных месторождениях Чадобецкой (Центральное, Ибджибдекское и Пуньское) и Приангарской (Порожнинское, Киргитейское, Верхнетуровское) групп.

Российская алюминиевая промышленность является наиболее преуспевающей из отечественных металлургических отраслей, являясь крупнейшим в мире экспортером алюминия. Из 20 млн выплавляемого в мире первичного алюминия на Россию приходится примерно 15% или 3 млн т. Из них более 75% приходится на алюминиевые заводы расположенные в Сибири.

Основным источником сырья для производства профилей являются алюминиевые слитки сплава АД31Г.

Основными потребителями алюминиевых профилей является строительная отрасль, нефтегазовая, электротехническая промышленность, транспортное машиностроение. На территории Красноярского края продукция завода применялась при строительстве и реконструкции таких значимых объектов промышленности и энергетики, социально-бытового назначения, культуры и спорта, как Саяно-Шушенская ГЭС, Речной флот, на строительных объектах "Гражданстрой", Детский дом Совмена, Шоколадная фабрика "Краскон", БКЗ, Ж/д вокзал, Ледовый дворец, Академия биатлона и др.

1.2 Структура производства Сиал

Количество цехов три:

- литейный
- прессовый
- сборочный

Оборудование прессового цеха:

1. Пресс

Алюминиевый профиль производится под действием продавливания материала (заготовки) через определенное отверстие в матрице, эта технология называется экструзией. Весь процесс производства разделяется на несколько этапов. Для начала прессования профилей, необходимо придать матрице(пресс форме) температуру прессования (450-480 градусов Цельсия), это делается в индукционных печах, с целью предотвратить пере падок температур при прессовании и продлить эксплуатационные свойства матрицы. На первом этапе прессования происходит прогревание оборудования производящее прессование и прогрев заготовок в специальной газовой печи. На втором этапе происходит прессование профиля. А на третьем этапе происходит резка материала и процесс старения готового материала. Очень важно на каждом из этих этапов очень тщательно контролировать работу и не отходить от положений и норм производства. При нарушении одного из этапов производства возникают дефекты и брак готовой продукции.

Всего прессов на территории завода шесть:

- 1-пресс усилием 2750-3(был открыт 1994г)
- 2-пресс усилием 1200(был открыт 1999г)
- 3-пресс усилием 2500(был открыт 1999г)
- 4-пресс усилием 2150(был открыт 2012г)
- 5-пресс усилием 2750-5(был открыт 2013г)
- 6-пресс усилием 1450-6(был открыт 2014г)

2. Линия «ОЕММЕ» (для изготовления комбинированных профилей)

Линия фирмы «ОЕММЕ» производства Италии предназначена для изготовления комбинированного профиля методом соединения двух (наружного и внутреннего) алюминиевых профилей одной марки сплава, с последующей закаткой соединительных элементов. В качестве соединительных элементов применяют термомосты (термовставки) из полиамида по ГОСТ31014, материала с более низкой теплопроводностью, в количестве 2-х профилей. Комбинированные профили предназначены для изготовления «теплых» конструкций (фасады, витражи, двери, окна).

Полиамидный профиль должен иметь температуру помещения.

Технологический процесс изготовления комбинированного профиля состоит из следующих этапов:

- приемка профилей полуфабрикатов;
- нанесение насечки на алюминиевых половинках комбинированного профиля на станке по нанесению насечки модели AS40Z;
- вставка полиамидного профиля в соответствующие пазы алюминиевого на станке для вставки, модель AS240I;
- закатка комбинированного профиля на станке для закатки с ЧПУ, модель AS260GA;
- проверка закатного профиля на сдвиг на испытательном приборе;
- если профиль прошел проверку на сдвиг, то разрешается запустить оставшееся количество профиля в работу, если испытания на сдвиг показали отрицательный результат, то необходимо откорректировать настройки станки для нанесения насечки и станка для закатки комбинированного профиля, и повторить цикл для одного профиля.

3. Линия «Trevisan» (для окрашивания профилей из алюминиевых сплавов порошковыми красками)

Общие требования:

-для окрашивания профилей использовать порошковые краски следующих типов:

- Полиэфирную (PE, PE) – для наружного применения;
- Эпоксиполиэфирную (MP) – для внутреннего применения.

Для окрашивания профилей использовать порошковые краски только одного производителя.

Линия состоит из туннеля предварительной подготовки, установки деминерализации и окрасочной системы.

В состав окрасочной линии входят:

- самоочищающаяся кабина напыления;
- центральная электропанель и панель порошкового центра;
- циклон;
- система чистки;
- питатель для краски (2 шт- по 120 кг);
- печь инфракрасного излучения;
- печь полимеризации;
- компрессор сжатого воздуха.

2. Закономерности изменения структуры и свойств полуфабрикатов

В прессовой линии используют длинные (4–7 м) круглые столбы, которые после нагрева режутся на короткие заготовки требуемой длины, направляемые в гидравлический пресс.

Стоимость и качество заготовки – важнейшие факторы, определяющие эффективность прессования профилей из алюминиевых сплавов. Современные производители используют литейную заготовку, получаемую на установках непрерывной (полунепрерывной) разливки жидкого алюминия.

Литье заготовок производят либо на заводе-производителе первичного алюминия, либо в цехах выплавки и разливки вторичного алюминия на заводах-производителях профилей экструзией, использующих отходы собственного производства и алюминиевый лом.

Способ непрерывного литья заготовок из алюминиевых сплавов через охлаждаемый водой неподвижный кристаллизатор широко используется в промышленности с 1939 года.

Основные технологические операции производства заготовок: загрузка сырья, плавление металла в плавильной печи, доводка плавки в печномиксере, дегазация металла, фильтрация металла, непрерывное литье заготовок, гомогенизация отлитых заготовок, контроль качества, порезка заготовок, механическая обработка поверхности заготовок (твердые сплавы), упаковка заготовок. Схема контроля качества процессов плавления и литья заготовок показана на рис. 2.1.

Для получения высокого качества и хорошей прессуемости заготовок необходимо учитывать следующие основные факторы [2 – 5].

Контроль состава сплава. Контроль компонентов сплава осуществляют оптическим эмиссионным спектрометром, образцы для которого берутся из печи до разливки. При необходимости производят корректировку состава сплава, вводя добавки и осуществляя перемешивание расплава. Кроме того, например, для сплава 6063 отношение содержания Mg и Si влияет на прессуемость больше других факторов, а даже малые количества таких примесей, как Fe и Na, могут иметь непропорционально большое отрицательное влияние.



Рисунок 6 - Схема осуществления контроля качества при производстве заготовок

Содержание водорода. Водород приводит к пористости столбов и следам пузырей на профилях, а также может приводить к скручиванию сварных соединений в конструкциях.

Уровень содержания водорода измеряют в куб. см на 1 кг металла.

Содержание водорода контролируют системой дегазации расплава в печи либо вне ее. Использование соответствующих флюсов в печи позволяет удалять оксиды из расплава и снизить содержание водорода в металле.

Температура металла при разливке. Повышение температуры разливки металла связано с повышением содержания водорода в столбах, так как растворимость водорода в жидком алюминии возрастает. Повышенная температура металла при разливке способствует также увеличению образования оксидов. Поэтому металл должен попадать в литейную машину с температурой всего на 30°C выше температуры плавления. Например:

Таблица 1 - Температура плавления и разливки

Система сплава	Температура плавления, °C	Температура разливки, °C
Al, AlMn	660	688
AlMg, AlMgSi	650	680
AlCuMg, AlMgCu	640	670

Скорость литья определяется размерами получаемых заготовок и типом сплава. Так, при разливке заготовки диаметром 178 мм скорость литья составляет 130 мм/мин, а при получении заготовки диаметром – 230 мм – 10,0 мм/мин.

Металлическая головка – расстояние по оси кристаллизующейся заготовки от дна жидкого металла до жидкой поверхности металла (лунка, «ЗУМПФ») - обычно составляет 50 мм.

Способы разливки. Современные способы разливки (Hot Top и Air Slip)

и простой способ разливки «с поплавком» не могут гарантировать высокое качество столбов без требуемой чистоты металла, правильного легирования и тщательного контроля температуры. При соблюдении технологии разливки можно получить столбы с хорошей прессуемостью при использовании любого способа. Однако только современные способы позволяют обеспечить очень малую зону сегрегации при литье заготовок, что важно для получения хорошей поверхности анодированных профилей.

Важное значение при получении заготовок высокого качества имеет и тип кристаллизатора. Материал для его изготовления должен быть легким, хорошо обрабатываемым и обладать высокой теплопроводностью. К таким материалам можно отнести сплавы 6061 и 5052, а также медь. Охлаждающая система обеспечивает первоначальное охлаждение водой кристаллизатора, а затем попадание ее на поверхность выходящей заготовки (рис. 7). Важно, чтобы вода увлажняла всю поверхность заготовки, стекая вниз.

Гомогенизация. Гомогенизацией при заданной температуре и выдержке с последующим быстрым и равномерным охлаждением достигают требуемой равномерной структуры сплава заготовки. Высокое качество заготовок позволяет получать профили с наибольшей производительностью.

Типичный цех разливки столбов, показанный на (рис. 8), включает следующее оборудование: 1 – загрузчик шихты; 2 – комбинированную печь (плавильню-миксер); 3 – металлопровод подачи жидкого металла к литейной машине; 4 – установку фильтрования металла; 5 – литейную машину; 6 – систему прямого водяного охлаждения; 7 – подъемный кран для выемки отлитых столбов; 8 – склад готовых столбов; 9 – загрузчик печи гомогенизации; 10 – печь гомогенизации; 11 – камеру охлаждения столбов; 12 – участок порезки столбов; 13 – очистительные сооружения.

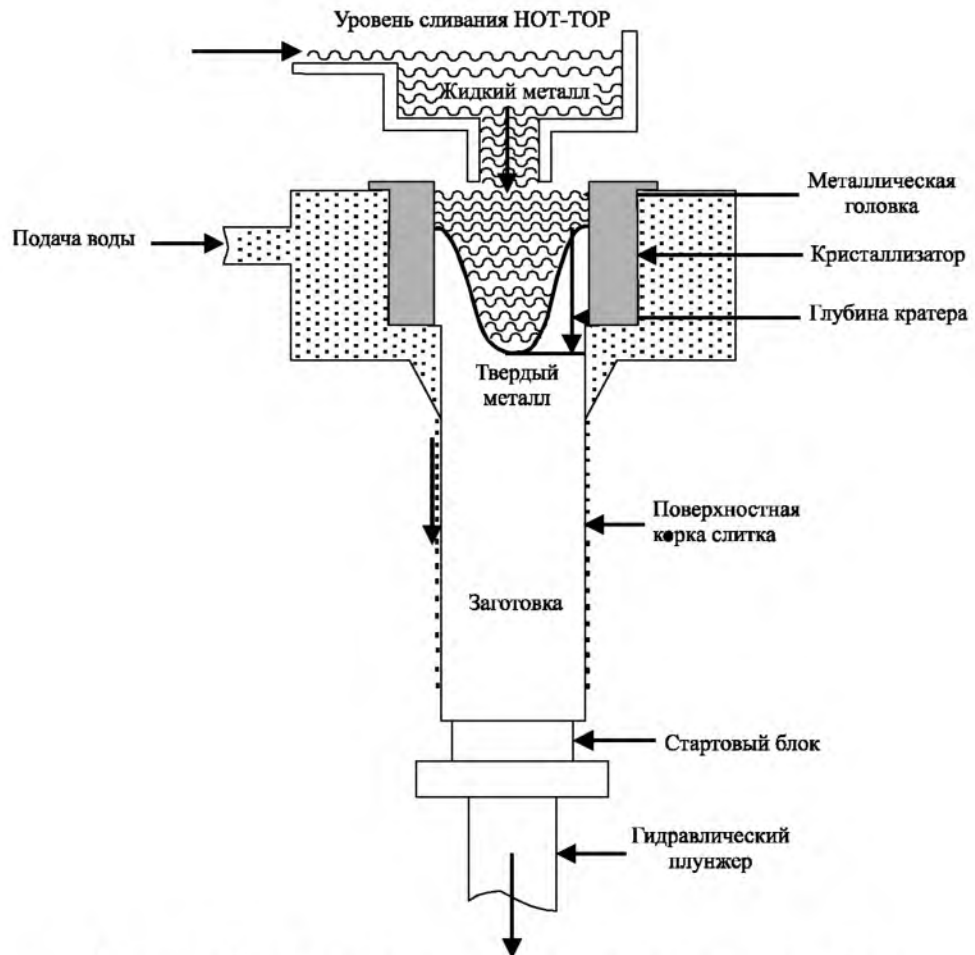


Рисунок 7 - Схема непрерывной разливки столбов (заготовок) с прямым охлаждением



Рисунок 8 - Типичный литейный цех производства заготовок для прессования

2.1 Выплавка сплавов алюминия

Выбор типа и количества печей для плавления алюминия и приготовления сплавов зависит, главным образом, от объемов производства. Применяют газовые и электрические (для малых объемов) печи.

При выплавке более 10000 т/год сплавов применяют две одноподовые печи: одну – для загрузки и плавления сырья, другую – для перемешивания расплава, доводки химического состава сплава и рафинирования. Плавильные печи обычно выполняют стационарными (рис. 9), а миксеры – наклоняющимися для облегчения перемешивания, снятия шлака, выливки металла и чистки печи.

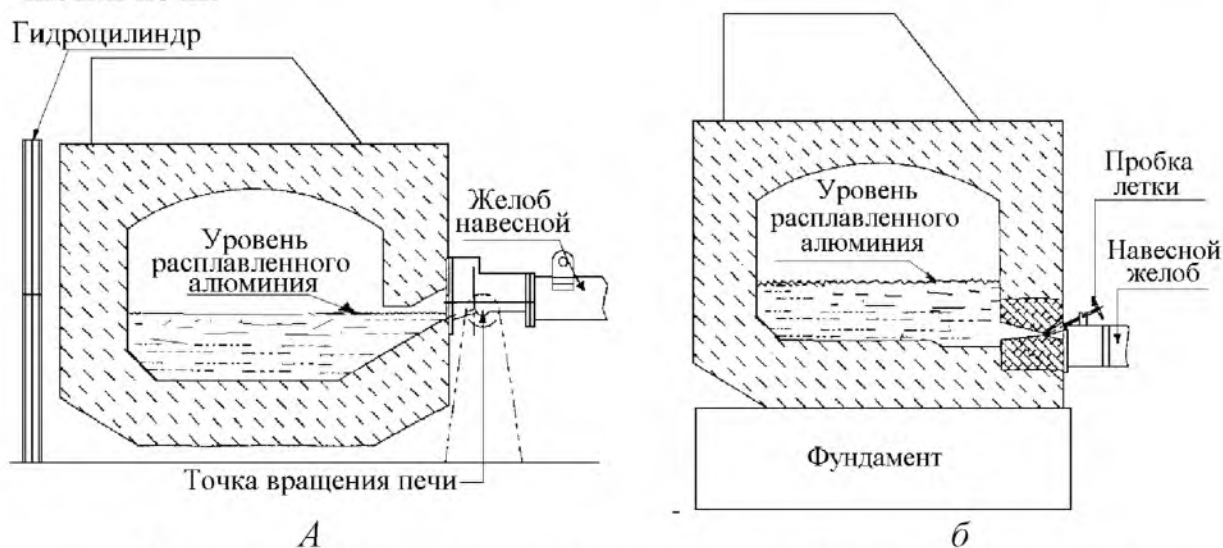


Рисунок 9 - Разрез печи для выплавки алюминиевых столбов:
а – наклоняющаяся печь; б – стационарная печь

Для малых объемов производства применяют одну двухподовую печь, выполняющую необходимые функции. После того, как вся загруженная шихта расплавлена, и печь заполнена на всю емкость, необходимо взять пробу для оценки на спектрометре содержания элементов в расплаве, примесей и добавок.

Контроль температуры расплава осуществляют с помощью погружной термопары в специальном кожухе. При выполнении операций (введение шихты, добавок, шлака) рекомендуется удалять термопару из расплава.

Перемешивание расплава осуществляют со дна вверх, не разрушая поверхностную оксидную пленку. Затем удаляют оксиды с поверхности расплава.

Шлак представляет собой смесь, главным образом, оксидов алюминия и других примесей, которые накапливаются в поверхностном слое расплава. Удаляют шлак перед каждой разливкой путем сбора его скребком с поверхности расплава в бункер. Шлак содержит до 60% алюминия.

Флюсование обеспечивает получение чистого металла и осуществляется введением в расплав флюсов (обычно смесь неорганических солей) в виде

порошка или таблеток, либо подачей газов по кремниево-карбидным трубам, погруженным в расплав, обеспечивая прохождение пузырей газа через расплав.

Для *дегазации* и выхода водорода требуется определенное время выстаивания расплава. Введение в этот период флюса помогает процессу дегазации и удалению неметаллических примесей. В этот период температура расплавленного металла должна поддерживаться на более высоком уровне для обеспечения высокой текучести алюминия и флюсов.

В настоящее время предпочтение отдается внепечной дегазации, при которой инертный газ (или смесь газов) продувается через жидкий металл в различных устройствах. Множество пузырьков прилипает к неметаллическим примесям и способствует выделению водорода в виде пузырей, которые всплывают на поверхность и удаляются.

Поточная флюсующая газовая система удаляет до 66% водорода и до 67% неметаллических частиц.

Водород относительно хорошо растворим в жидком ($\sim 1,4 \cdot 10^{-6}$) и твердом ($\sim 0,12 \cdot 10^{-6}$) алюминии. Попадая в металл с сырьем из атмосферы, он резко снижает качество отливаемых столбов. Однако применение специальных мер флюсования позволяет практически полностью удалить водород из жидкого металла. Несмотря на высокую эффективность вредного для здоровья хлора, в качестве флюсующих газов используют инертные газы либо их смесь с небольшими добавками хлора: 5 – 10% (с аргоном) либо чаще 0,5 – 2,5% (с азотом).

В практике используют четыре типа флюсов: покрывающие, чистящие, шлакующие и рефлексующие.

Измельчение зерна. При литье алюминиевых заготовок стремятся получить структуру металла с равномерной мелкой зернистостью. Размер зерна структуры заготовок определяется многими факторами, включая химический состав сплава, скорость кристаллизации и добавление модификаторов.

Ввод модификаторов производят подачей прутка в жидкий металл в металлопроводе перед установкой фильтрации.

Модификаторы (широко применяют сплав титана и бора) улучшают процесс литья, минимизируя напряжения, горячее растрескивание и водородную пористость.

Прессование полученной с применением модификаторов заготовки позволяет получать профили без повреждения поверхности, с лучшими механическими свойствами, с хорошим внешним видом поверхности профилей после химической и электромеханической окраски.

Система фильтрации. Расплавы алюминиевых сплавов могут содержать различные включения, которые ухудшают механические, физические свойства и прессуемость заготовок: оксиды (Al_2O_3 , MgO); шпинели (Mg_2AlO_4); бориды (TiB_2 , VB_2 , ZrB_2); карбиды (Al_3C_4 , TiC); интерметаллиды (MnAl_3 , FeAl_3 в крупных первичных формах); нитриды (AlN); включения огнеупоров.

Поточная система фильтрации – основа качества алюминиевого сплава. Фильтрация производится перед тем, как расплавленный металл попадает в литейную установку и выливается в кристаллизатор. При фильтрации металл протекает через пористое фильтрующее устройство, и включения задерживаются в системе фильтрации. Фильтрующий материал, чтобы выполнять свои функции, должен соответствовать требованиям прочности, огнестойкости, сопротивляемости температурному удару и коррозионной стойкости. При литье используются различные материалы для фильтров. Широкое применение получили в мировой практике фильтры из пористой вспененной керамики, которые устанавливаются в специальном коробе по ходу металлопровода.

Керамическая пена Selee (фильтр разработан в 1974 г) действует как глубоко-слоевой фильтр, где основная часть задерживаемых включений меньше, чем размер открываемой поры, и поэтому остается в глубине фильтра.

Керамические фильтры имеют конические стороны, по которым они уплотняются при установке в короб керамическими волокнистыми прокладками. Основное условие эффективной работы фильтра – предварительный его прогрев перед установкой.

2.2.Разливка столбов с прямым охлаждением

Дегазированный чистый металл подается по металлопроводам в литейную машину.

Широко применяется алюмосиликатная облицовка, которая в виде секций закрепляется в желобе на специальном растворе, а поверхность их покрывается специальным материалом, позволяющим после разливки легко отделить оставшийся алюминий.

Используют литейные машины вертикального и горизонтального типа. Наибольшее применение получили машины вертикального литья, устанавливаемые над литейной железобетонной ямой.

Литейная машина вертикального типа включает:

- бетонную шахту (яму) с водой глубиной, соответствующей длине отливаемых столбов;
- платформу для установки стартовых блоков заготовок («затравок»);
- механизм перемещения платформы (механический или гидравлический);
- литейный стол (устанавливаемый над ямой) с кристаллизаторами;
- систему водяного охлаждения;
- систему управления.

Количество необходимой охлаждающей воды может быть приблизительно определено как произведение величины 0,27 л/мм на длину пери-

метра отливаемого столба.

Необходимо помнить, что расплав алюминия содержит большую тепловую энергию. Поэтому существует опасность взрыва при контакте расплава с водой, а также ржавой сталью, незащищенным железобетоном.

Широко используются машины двух типов: механическая на тросах и гидравлическая. Они имеют одинаковые литейные столы и требуют наличия источника воды для осуществления затвердевания жидкого металла в кристаллизаторах. Наиболее дешевый и простой в эксплуатации тросовый тип литейных машин (рис. 10) имеет платформу, которая поднимается и опускается при помощи троса. Для регулирования натяжения троса с целью предотвращения его проскальзывания при малых нагрузках предусматривают натяжное устройство.

Особой простотой отличается тросовая машина «парашютного» типа.

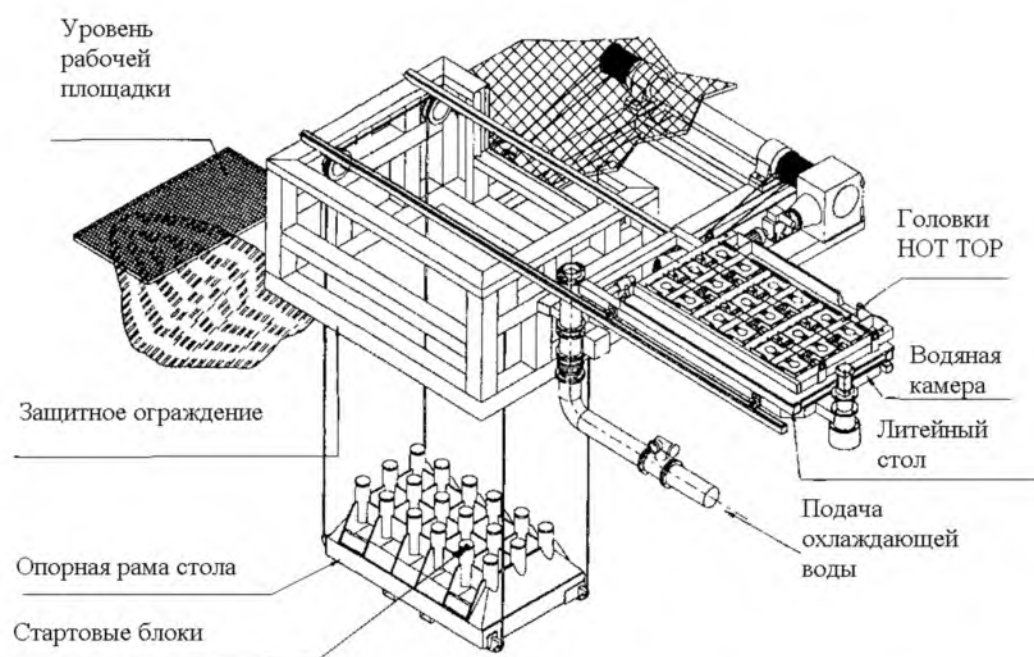


Рисунок 10 - Разливочная машина тросового типа

Гидравлические литейные машины применяют при весе разливки более 10 000 кг. Для подъема и опускания платформы используют гидравлические цилиндры.

Литейные столы и кристаллизаторы. Литейный стол вертикальной разливки, в который устанавливаются кристаллизаторы, имеет распределительные каналы для охлаждающей воды.

Имеется два типа столов: один, откатывающийся от колодца по рельсам, и другой, откидывающийся и опускающийся при помощи гидравлики. Важно иметь точное и жесткое расположение столов относительно платформы, чтобы кристаллизаторы и стартовые блоки совпадали с точностью до 0,1 мм.

Применяют два типа литейных столов для столбов – с разливкой с открытой головкой (open top casting) и разливкой с закрытой головкой или «хот

– топ» (closed or hot top casting).

На рис. 11 показана используемая во всем мире система литья и кристаллизатор с «поплавком и питающей трубкой».

Разливка с открытой головкой – хорошо проверенная технология, при которой оператор может наблюдать за уровнем металла на всех стадиях его подачи в кристаллизаторы. В случае возникновения проблем в каком-либо кристаллизаторе есть возможность закрыть трубку, питающую этот кристаллизатор, и продолжать разливку. Для смазки этих кристаллизаторов применяется плотный смазочный материал, специально подобранный для этого способа разливки.

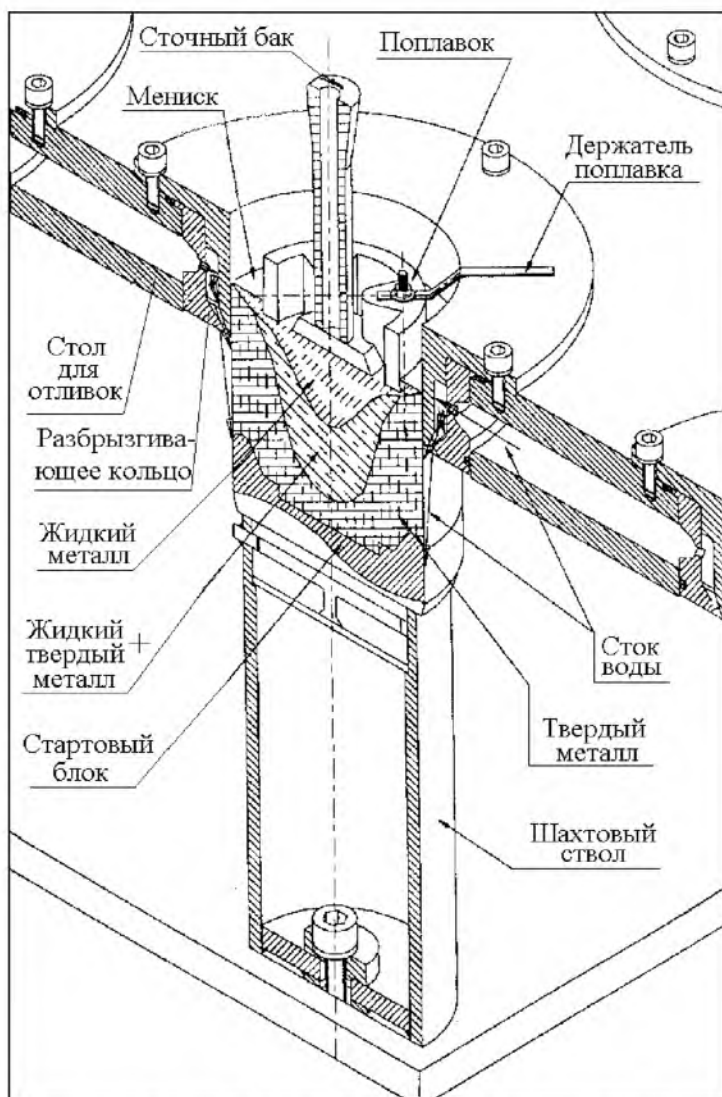


Рисунок 11 - Система литья столбов «с поплавком и питающей трубкой»

Для столбов диаметром 153 мм скорость разливки составляет 110 – 130 мм/мин.

Концепция литья MAXICAST HOT TOP (рис. 12) включает модульные, изготовленные без применения асбеста, предварительно отлитые огнеупорные секции, устанавливаемые на верхней стороне водяной коробки литейно-

го стола, которые могут легко заменяться без демонтажа соседних огнеупорных деталей. Сварная водяная коробка выполнена максимально прочной, чтобы обеспечить точную установку огнеупорных секций по отношению к кристаллизаторам. Кристаллизаторы устанавливаются снизу стола, чтобы позволить замену кристаллизаторов без демонтажа огнеупоров распределительной системы сверху. Водяная коробка обеспечивает подачу воды к каждому кристаллизатору с одинаковым давлением и расходом. Система распределения смазки имеет подводы к каждому кристаллизатору с тем, чтобы подавать к ним небольшое количество масла в ходе всего литья. Самоустанавливающиеся стартовые головки (затравки) допускают движение в плоскости x-y и поэтому не требуют ручной настройки. Это сокращает время подготовки к началу литья, а также минимизирует риск повреждения кристаллизаторов во время этой подготовки.

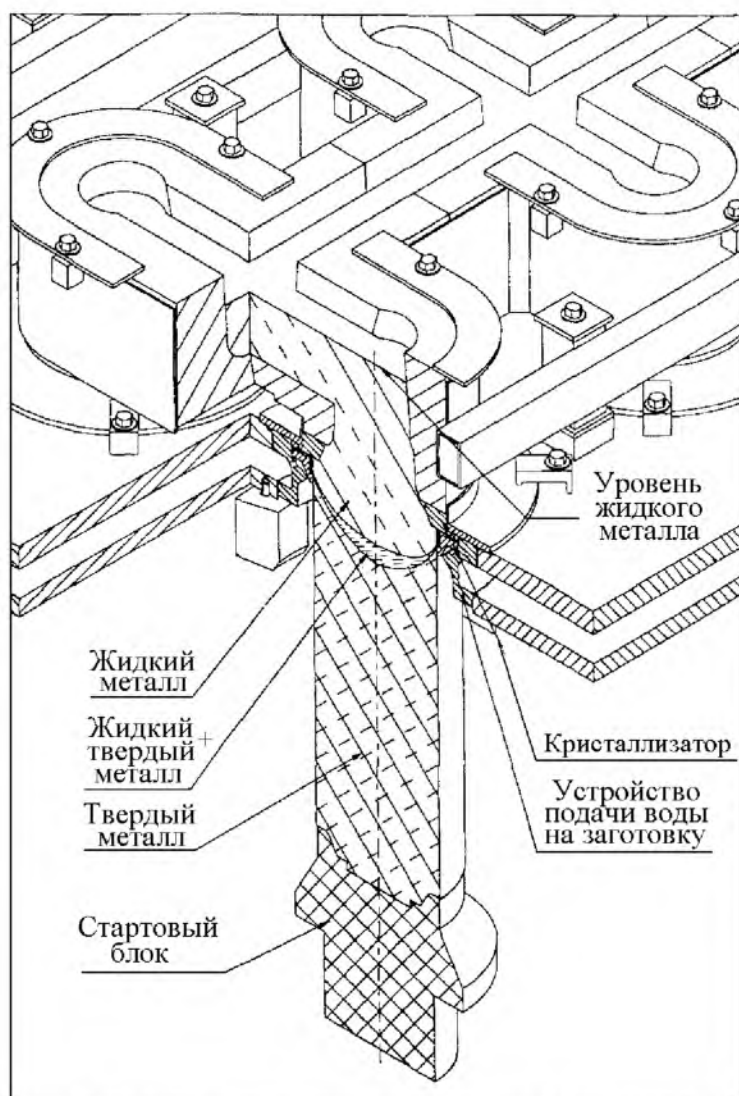


Рисунок 12 - Система литья столбов “MAXIC HOT TOP”

Технология литья AIRSLIP добавляется к оборудованию для технологии MAXICAST, позволяя производить столбы с отличной поверхностью и

высокими микроструктурными характеристиками. Технология AIRSLIP использует короткий кристаллизатор с проницаемым графитным кольцом в качестве литейной поверхности. Во время литья подается воздух (газ) с небольшими добавками масла, который образует воздушную прослойку, изолирующую и отделяющую расплавленный металл от кристаллизатора. Эта изолирующая воздушная прослойка обеспечивает гладкую литейную поверхность с минимумом подповерхностной сегрегации. В общем случае, длина кристаллизатора увеличивается со снижением скорости литья (увеличением диаметра столба). При наличии воздушной прослойки на всей поверхности графитного кольца один и тот же кристаллизатор может применяться в широком диапазоне скоростей литья.

Вода, выходящая из кристаллизатора для охлаждения столба, должна создавать достаточную ударную силу, чтобы разбивать образующуюся паровую пленку.

Поперечное сечение желобов должно быть выбрано таким, чтобы, с одной стороны, минимизировать время прохождения металла, а с другой стороны, избежать возникновения турбулентности его течения.

Снижению потерь тепла способствует также применение системы подогрева желобов и повышение температуры огнеупорного материала желобов при его первом контакте с расплавленным металлом.

Поскольку головки затравок входят в отверстие кристаллизатора только на 4 мм, совершенно недопустимо неконтролируемое смещение или резкое опускание платформы при старте литья. Движение платформы должно быть плавным и непрерывным в ходе всего литья.

Для равномерной подачи металла при старте литья важно, чтобы переключки на входе в кристаллизатор и затравки были точно установлены, а вода не попадала в кристаллизатор во избежание хлопков. Переключки для контроля течения металла устанавливаются в каждой литейной системе, обеспечивая поступление жидкого металла в каждый кристаллизатор с одинаковой скоростью и одновременное их заполнение. Затравки должны быть очищены от минеральных солей, снижающих теплопроводность при контакте с жидким металлом.

Последовательность действий при начале разлива столбов малых и больших диаметров аналогична. Величина расхода воды устанавливается на уровень, необходимый для старта. Включается подача масла и газа. Система распределения заполняется достаточным количеством металла для каждого кристаллизатора, и затем поднимаются переключки кристаллизаторов. Сразу после заполнения всех кристаллизаторов металлом расход воды увеличивается до номинального уровня, и включается «турбонаддув». В то же самое время нажимается кнопка начала литья, и скорость литья увеличивается до заданного уровня. В ходе литья необходимо тщательно контролировать уровень металла в системе распределения.

Установка переливных переключек в конце литейного стола может помочь предотвратить его переполнение. По окончании разлива скорость литья и расход воды должны быть снижены одновременно для сведения к ми-

нимому попадания воды на огнеупорную оснастку.

Большинство заготовок для экструдирования сегодня получают вертикальным полунепрерывным литьем. В 1989 г в Японии успешно реализована установка горизонтального непрерывного литья заготовок для сплава 6063 диаметром 178 мм и 230 мм. Скорость литья в 3 раза выше, чем при традиционном вертикальном литье. Хорошее качество поверхности получено при глубине чаши отстойника («ЗУМПФ»), составляющей половину диаметра отливаемой заготовки.

При производстве столбов используются следующие материалы, которые имеют ограниченный срок службы, а также смазочные и промывочные материалы, называемые расходными материалами.

Футеровка металлопровода. Материал – керамическое волокно из Al-SiO₂.

Пористый фильтр. Сменяемые тонкопористые элементы, вставляемые в корпус для удаления оксидных частиц и шлака из металла. Требуют предварительного прогрева газовой горелкой перед каждой разливкой.

Облицовка корпуса фильтра. Отливается из силиката алюминия с разделительной стенкой и рамой для установки фильтрующих элементов. Устанавливается в стальной корпус. Материал – отливка из керамического волокна AlSiO₂.

Керамические части литейного стола. Керамические части литейного стола могут быть различными в зависимости от конструкции «хот – топ», однако во всех системах используются керамические материалы для головных распределительных и переходных колец.

Покрытие для металлопровода и распределительной ванны. Такое специальное покрытие наносится в конце каждой разливки, после удаления настыля. Оно увеличивает срок службы футеровки и способствует полному удалению настыля.

Смазка для кристаллизаторов. Применяется смазка в начале каждой разливки или масло при постоянной подаче. Некоторые кристаллизаторы, имеющие графитовые вставки, в смазке не нуждаются.

Специальное покрытие на основе угля, дегтя, эпоксидной смолы. Для обеспечения безопасности стены колодца и прилегающего пола перед установкой литейной машины обрабатываются этим специальным покрытием. Наносится покрытие в несколько слоев на предварительно подготовленную поверхность.

Стены шахты (колодца) и конструкции машины должны проверяться по меньшей мере 1 раз в месяц. Достаточное количество материала для покрытия (на основе угля, дегтя и эпоксидной смолы) должно быть постоянно в наличии на складе. Необходимо внимательно изучать назначение и способ применения материала.

2.3. Гомогенизация заготовки

После разливки слитки подвергают отжигу в печи гомогенизации (рис. 13) для повышения однородности структуры и, как следствия, повышения пластичности металла. Гомогенизация представляет собой процесс диффузии в твердом состоянии, который обеспечивает распределение дисперсных частиц и уменьшает остаточные напряжения.

Гомогенизация столбов является обязательной и необходимой операцией перед прессованием из-за особенностей способа получения столбов. Некоторые компоненты при охлаждении поверхностного слоя сегрегируют из-за способа охлаждения (быстрого охлаждения наружных слоев и более медленного – внутренних).

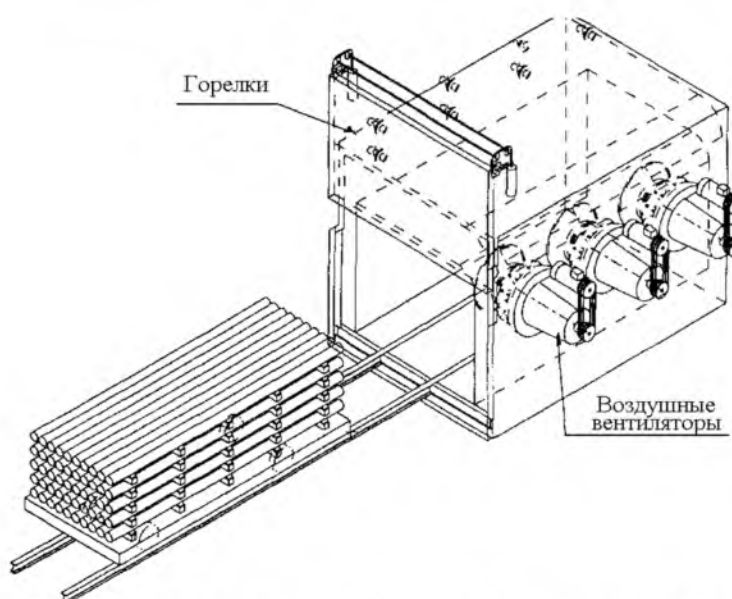


Рисунок 13 - Печь гомогенизации столбов

Условия для литья без гомогенизационной обработки дают продукт неудовлетворительного качества по следующим причинам:

- сегрегация на границах зерен, легкоплавкость эвтектики и хрупкие интерметаллические компоненты снижают обрабатываемость металла;
- перенасыщение растворов мелкодисперсных осадков сплавляемых элементов (например, Al_6Mn , $AlFeMn$ и Mg_2Si) увеличивает напряжение пластического течения при высокой температуре, и, таким образом, снижает прессуемость;
- определенные сплавляемые элементы, включая марганец, железо и цирконий, либо в расплаве, либо как мелкодисперсные составляющие, замедляют вторичную кристаллизацию. Этот эффект имеет большое значение при прессовании сплавов $AlMgSiMn$ для цветного анодирования;
- осажденный Mg_2Si в сплавах $AlMgSi$ во время охлаждения после непрерывного литья снижает закаливаемость прессуемого профиля и ухудшает качество сплавов с блестящей поверхностью;

- сегрегация на границах зерен (различие в концентрации растворенных сплавляемых элементов) приводит к прожилкам в фактуре поверхности после анодирования;
- гетерогенность осадка на границах зерен снижает качество блестящей поверхности профиля.

Эти эффекты могут быть частично или полностью ликвидированы при гомогенизации отлитых заготовок термообработкой. При гомогенизации температура столбов достигает точки, при которой достигается однородность распределения компонентов сплава в структуре металла.

Гомогенизация производится при температуре 450-560°C. После того, как эта температура установится во всех столбах, необходимо еще около 2,5 часов для получения однородной структуры. Количество Mg и Si в твердом растворе и, следовательно, количество осажденного Mg₂Si, во многом обусловлено темпами охлаждения после гомогенизации. Снижение скорости охлаждения увеличивает содержание осажденного Mg₂Si и снижает содержание Mg в твердом растворе.

При повышенных температурах диффузия протекает более интенсивно, и все отклонения в концентрации нивелируются. Чем выше температура гомогенизации, тем быстрее достигается гомогенность (однородность), и, следовательно, более эффективно протекает процесс. Однако температура гомогенизации не должна превышать наименьшую точку плавления фазы конкретного сплава, что может привести к локальному плавлению. Охлаждение столбов после гомогенизации очень важно для получения хорошей микроструктуры, а также конечных механических свойств профиля.

Контроль температуры в печи очень важен, отклонения не должны превышать ± 5°C. Достигается это постоянной циркуляцией нагретого воздуха или продуктов сгорания, температура которых измеряется, а результаты фиксируются и корректируются.

Топливом для печи гомогенизации может быть газ, мазут или электроэнергия. При наличии серы в газе или мазуте рекомендуется непрямой нагрев с помощью радиационных труб во избежание загрязнения металла столбов. Возможно прямое нагревание газом или мазутом, которые не содержат серу, что экономит расход топлива.

Время, в течение которого партия столбов достигает температуры гомогенизации, зависит от скорости циркуляции воздуха и мощности горелок.

Принципиальным при гомогенизации является применение принудительной конвекции как средства теплопередачи от воздуха к столбам. Важно также расположение столбов в печи. Количество заготовок в каждом ряду и расстояние между ними влияют на эффективность теплопередачи.

Загрузка столбов в печь может производиться либо с использованием тележки с термостойкими подшипниками, которая после загрузки вводится в печь, либо тележки, которая образует основание печи, а ее колеса находятся снаружи печи. В обоих случаях необходимо плотное закрывание загрузочных дверей и рабочего пространства печи. Если холодный воздух проникает в

печь, то ее термическая эффективность резко падает, и столбы не проходят должной обработки, увеличивая возможность появления последующих проблем при прессовании.

Охлаждение столбов так же важно, как сама гомогенизация. Неоднородное охлаждение столбов за необходимое время может привести к проблемам с их прессуемостью. Скорость охлаждения столбов должна быть достаточной для получения в них требуемой структуры, обеспечивающей хорошую прессуемость.

Тележка со столбами помещается в охлаждающий агрегат сразу после выгрузки из печи гомогенизации. После охлаждения столбы выгружаются с помощью вилочного подъемника или кран-балки и доставляются на площадку для резки на заготовки.

Режим гомогенизации и охлаждение после нее оказывают существенное влияние не только на прессуемость заготовок, но и на физические свойства готовых профилей и качество отделки поверхности. Имеются противоречивые сведения об эффекте охлаждения после гомогенизации. Считают, что высокая скорость охлаждения более предпочтительна.

В таблице 2.1 представлены режимы гомогенизации некоторых алюминиевых сплавов.

Таблица 2 - Режимы гомогенизации некоторых алюминиевых сплавов

Сплав	Температура гомогенизации, °С	Длительность выдержки (минимальная), ч
1060	560-580	6
1100	580-600	6
2014-2024	480-490	12
5052	550-560	12
5083, 5086	520-540	12
5454, 5456	550-560	6-8
6061	560-570	6
6063	560-580	6
6101	560-580	6
6463	560-580	6
7001	460-480	12
7075, 7079	470-480	12

3. Специальная часть

3.1 Алюминиевый сплав АД31г

Алюминий АД31 – это деформируемый давлением сплав, высокой пластичности и коррозионной стойкости. Кроме того сплав отлично сваривается, поддается глубокой вытяжки, а за счёт своей чистоты имеет хорошую теплопроводность и электропроводность. Благодаря этим свойствам его применяют для изготовления деталей, произведённых формовкой, глубокой вытяжкой и деталей рассчитанных для работы под небольшой нагрузкой, в том числе в агрессивной коррозионной среде. Также из него производят твёрдые шины в электротехнике.

3.2 Химический состав АД31 и физические свойства

Алюминий АД31 производится с химическим составом по ГОСТ 4782-97, и содержит всего около 2,35 % примесей, среди которых: железо, магний, кремний, цинк, марганец, титан, медь. АД31 – это авиалий (сплав системы Al – Mg – Si).

Таблица 3 - Химический состав сплава АД31г

Fe	Si	Mn	Cr	Ti	Al	Cu	Mg	Zn	Примесей
до 0.5	0.2 - 0.6	до 0.1	до 0.1	до 0.15	97.65 - 99.35	до 0.1	0.45 - 0.9	до 0.2	прочие, каждая 0.05; всего 0.15

Таблица 4 - Механические свойства при T=20°C материала АД31

Сортамент	Размер	Напр.	s_b	s_T	d_5	y	KCU	Термообработка
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Трубы, ГОСТ 18482-79			130	60	12			
Трубы, ГОСТ 18482-79			180	120	10			Закалка и искусственное старение
Пруток, ГОСТ 21488-97			90	60	15			
Пруток, ГОСТ 21488-97			135-195	70-145	8-13			Закалка и старение
Профили, ГОСТ 8617-81	до 100		196	147	10			Закалка и искусственное старение
Профили, ГОСТ 8617-81			127	69	13			

Таблица 5 - Физические свойства материала АД31 .

T	E 10 ⁻⁵	a 10 ⁶	L	ρ	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	0.71			2710		34.4
100		23.4	188		921	

Таблица 6 - Зарубежные аналоги материала АД31

США	Германия	Япония	Франция	Италия	Inter
-	DIN, WNr	JIS	AFNOR	UNI	ISO
AA6060 AA6063	3.2316 3.3206 AlMgSi0.5 AlMgSi0.8	6063	A- GS	P- AlSi0.4Mg	6063 AlMg0.7Si AlMgSi

Таблица 7 - Обозначения:

Механические свойства :	
σ _в	- Предел кратковременной прочности , [МПа]
σ _T	- Предел пропорциональности (предел текучести для остаточной деформации), [МПа]
δ ₅	- Относительное удлинение при разрыве , [%]
ψ	- Относительное сужение , [%]
KCU	- Ударная вязкость , [кДж / м ²]
НВ	- Твердость по Бринеллю , [МПа]
Физические свойства :	
T	- Температура, при которой получены данные свойства , [Град]
E	- Модуль упругости первого рода , [МПа]
α	- Коэффициент температурного (линейного) расширения (диапазон 20° - T) , [1/Град]
λ	- Коэффициент теплопроводности (теплоемкость материала) , [Вт/(м·град)]
ρ	- Плотность материала , [кг/м ³]
C	- Удельная теплоемкость материала (диапазон 20° - T), [Дж/(кг·град)]
R	- Удельное электросопротивление, [Ом·м]

4. Методика металлографического анализа

4.1 Металлографические исследования

Металлографические исследования - это система комплексных испытаний и анализов над микро- и макроструктурой металлических материалов. Металлографические исследования проводят в рамках металлографии, как одного из направлений в металловедении. Это классический способ исследования металлов, который начинается с подготовки образцов и заканчивается выводом аналитических результатов о структуре материала.

Металлография играет важную роль в таких областях промышленности, как:

- Автомобилестроение ;
- Металлургия ;
- Энергетика ;
- Аэрокосмическая промышленность;
- Атомная промышленность;
- Научно-исследовательские и другие изыскательские работы в научно-исследовательских центрах, лабораториях, университетах.

Металлографический анализ – это анализ структурообразования металлов и сплавов, то же, что и металлографическое исследование. Несмотря на то, что металлографический анализ и металлографическое исследование это синонимические понятия, во второе определение принято вкладывать более широкий смысл. Исходя из этого, можно сделать вывод, что металлографический анализ является одним из методов металлографических исследований.

Понятие "металлографический анализ" трактуют, как метод изучения микро- и макроструктуры металлов и сплавов с помощью визуального наблюдения при различном увеличении. То есть металлографический анализ это комплекс именно оптических исследований металлов и сплавов.

Любой металлографический анализ включает в себя четыре этапа:

- *Пробоотбор*
- *Пробоподготовка*
- *Собственно металлографический анализ*
- *Статистическая обработка результатов анализа.*

Под металлографическим анализом подразумевают изучение микро-структуры металлов и сплавов, а также их макроструктуры в условиях металлографической лаборатории при помощи специального оборудования, приспособлений и по специализированным методикам.

Основным инструментом металлографического анализа является металлографический микроскоп. В настоящее время существует большой вы-

бор специализированных металлографических микроскопов, ориентированных на те или иные производственные условия. Кроме того, получили широкое распространение полуавтоматические системы металлографического анализа изображений, включающие в себя цифровую камеру и программное обеспечение.

Пробоотбор металлов и сплавов имеет некоторые особенности.

Пробы жидкого (расплавленного) металла отбирают при разливе или же из уже разлитого металла после перемешивания и удаления шлака. Существует ряд методик пробоотбора жидкого (расплавленного) металла.

При отборе пробы* твёрдого металла (представленного в виде отливки) структура металла может быть неоднородной. Поэтому пробоотбор осуществляют в наиболее характерных зонах металлопродукции. Правила пробоотбора установлены соответствующими стандартами.

Пробоотбор для металлографии осуществляют огневым способом (автогеном) или холодным (на металлорежущих станках). Во время пробоотбора необходимо соблюдать меры, предохраняющие образцы от нагрева и наклёпа (которые могут привести к изменению структуры и свойств).

Пробоподготовка в металлографии, включающая в себя несколько этапов, повышает точность получаемых результатов. Главной задачей пробоподготовки является подготовка анализируемого вещества к дальнейшему исследованию. Благодаря пробоподготовке повышается безопасность исследования, ускоряется процесс тестирования и снижается погрешность итоговых значений.

Этапы пробоподготовки в металлографии:

- получение микрошлифа путем вырезки;
- получение гладкой поверхности на токарном или фрезерном станке;
- шлифование;
- полирование;
- анализ поверхности шлифа до травления;
- травление.

Шлифование - это механическая обработка металлического образца, при которой устраняются неровности перед полированием. При шлифовании сглаживаются поверхности хрупких и твердых материалов.

Расходные материалы для шлифования:

- твердый зернистый песок. Чем меньше зерна песка, тем меньше ямки на поверхности шлифа;
- более твердый наждак подходит для шлифования черных и цветных металлов;
- корунд и карборунд подходит для шлифования закаленной стали, бронзы;

- крокус или окись железа используют при шлифовании латуни, цинка и алюминия;
- полировальная или венская известь - для мягких металлов и сплавов.

Современное лабораторное оборудование для грубой шлифовки полностью автоматизируют данный процесс. Программируемые планарные станки позволяют автоматизировать процесс подготовки образцов с постоянным качеством.

Полирование - это финиш механической обработки материалов при помощи мелких абразивов. Основной сутью полирования является придание поверхности испытуемых образцов мельчайшей шероховатости и зеркального блеска. Добиться подобного результата в настоящее время не сложно, если при этом у вас есть полировальные станки. Возможно, также объединить шлифование и полирование, используя при этом шлифовально-полировальные станки от Metkon.

В металлографии обычно после шлифования и полирования проводят травление поверхности шлифа. Травление происходит путем подбора химических реактивов и дальнейшим их воздействием на заготовку. Таким образом, управляемо удаляют поверхностный слой материала. Это нужно для очистки от загрязнений, от жировой пленки, окиси и тому подобное.

И уже после этих пройденных этапов пробоподготовки наступают этапы анализа испытуемого материала:

- микроскопия;
- твердометрия.

Микроскопия - процесс распознавания структуры металла посредством оптических световых микроскопов. Это самые важные инструменты в металлографии. Все последующие анализы микроструктуры образцов начинаются именно с использованием микроскопов с регулирующим увеличением для большей эффективности получаемых результатов. Микроскопы бывают моно-, бино- и тринокулярные. Все современные световые микроскопы оборудованы в соответствии с последними технологическими тенденциями, что значительно ускоряет процесс распознавания состава и структуры материала.

Твердометрия или измерение твердости металла - это процесс распознавания физических свойств металла. Данная процедура дает возможность распознать свойство материала оказывать сопротивление проникновению в его состав другого тела, и, связанные с этим, возможные деформации.

4.2 Металлографические исследования

Металлографические исследования – это комплекс испытаний и аналитических мероприятий, направленный на изучение макроструктуры и микроструктуры металлов, исследование закономерностей образования структуры и зависимостей влияния структуры на механические, электрические и другие свойства металла (сплава).

При металлографическом исследовании выполняется ряд операций, в результате которых получают достоверные данные по качественному и количественному составу материала. Любое металлографическое исследование включает в себя четыре этапа:

1. Пробоотбор
2. Пробоподготовки
3. Собственно металлографический анализ
4. Статистическая обработка результатов анализа.

Общая погрешность результатов металлографического исследования равна сумме погрешностей на каждом из вышеназванных этапов, и, конечно же, при выполнении металлографического исследования необходимо стремиться к получению результата с минимальной погрешностью.

Помимо комплекса мероприятий пробоподготовки для оптических исследований (включает в себя пробоотбор, запрессовку, шлифовку, полировку и травление, подробнее см. Пробоподготовка), в металлографическое исследование обязательно входит процедура распознавания и анализа структуры с помощью микроскопии. Кроме того, сегодня сложно представить себе металлографические исследования без современных систем анализа изображения (программное обеспечение для металлографических лабораторий).

Очевидно, что наиболее характерным видом металлографического исследования является выявление микроструктуры металлов, затем анализ микроструктуры металлов (сплавов), а также анализ макроструктуры.

Однако к функциям металлографической лаборатории нередко относят также исследования механических свойств металлов и сплавов. В случаях, когда на предприятии нет отдельной службы, такой как лаборатория механических испытаний, к разряду металлографических исследований относят также такие испытания, как:

- Испытание на растяжение, сжатие;
- Ударные испытания;
- Измерение твёрдости металлов и сплавов;
- Определение микротвёрдости отдельных фаз.

В целях изучения закономерностей структурообразования в металлографических исследованиях также применяют термическую обработку сплавов, при этом используют самые разные виды и режимы термообработки: отжиг, нормализация стали, закалка, отпуск, старение, обработка стали холодом.

Оборудование для металлографических исследований

- Отрезные станки;
- Прессы для запрессовки;
- Оборудование для холодной заливки;
- Шлифовально-полировальные станки;
- Сушильные шкафы;
- Микроскопы в комплексе с системами анализа изображений;
- Твердомеры и Микротвердомеры;
- Печи, ванны, закалочные баки для термообработки.

4.3 Виды металлографического анализа

Строение металла можно условно изучить на микро-, макро- и рентгено анализы.

1. Макроанализ.

Макроструктуру материала изучают визуально без применения специального оборудования или при незначительном увеличении (под лупой). Осмотр помогает оценить структуру сплава после подготовки материала (шлифовка, травление) для дальнейшего исследования. С помощью макроструктурного анализа можно выявить:

- явные, сплошные дефекты заготовок, которые могут стать причиной разрушения вещества (усадочная пористость, пузыри газа, трещины, раковины);
- причины разрушения готовых деталей;
- вид излома;
- локализацию кристаллов и дендритов литья, их форму, размер;
- химическую неоднородность кристаллизованного или созданного с помощью термической или химической обработки металла;
- волокна деформированного сплава.

2. Микроструктурный анализ.

Метод предполагает изучение металла при увеличении в 50 - 2000 раз световым микроскопом, что позволяет увидеть частицы до 0,2 мкм. Метод возможен благодаря рассмотрению структуры в отраженном свете, поэтому образцами для исследования служат микрошлифы с полированной поверхностью, в которых можно увидеть микротрещины и неметаллические состав-

ные. Для эффективности анализа, поверхность предварительно травят специальными реактивами, состав которых зависит от испытуемого вещества.

Изучение микроструктуры помогает выявить форму и размер зерен, фазы и структуру вещества.

Использование электронных микроскопов с большим разрешением также возможно при исследовании металла. Их изображение появляется с помощью быстрого потока летящих электронных лучей (длина волн $0,04 - 0,12) \cdot 10^8$ см).

Просвечивающие микроскопы - проходя потоком электронов через изучаемый образец, дает картину неоднородного рассеивания электронов в структуре объекта.

Косвенные и прямые методы.

Косвенный анализ изучает не объект, а только его отпечаток, рельеф микрошлифа. Метод применяется с целью предупреждения повторного излучения, которое искажает картину.

Прямой - просветное изучение фольги (до 300 нм). Фольгу получают из испытуемого объекта. Растровые микроскопы помогают изучить поверхность объекта и имеют немного меньшую разрешающую способность. Изображение при испытании получают при излучении электронов вторичной эмиссии с поверхности, подвергаемой потоку первичных электронов.

3. Рентгенографический анализ.

Метод основан на изучении атомно-кристаллической структуры твердой решетки с помощью рентген волн. Анализ позволяет определить химическую связь сплава, локализацию дефектов и их концентрацию, структуру, свойства, тип твердых растворов, напряжение, плотность дислокаций.

4.4 Цели металлографического контроля

Целью металлографического контроля является выявление структурных особенностей слитка и фазового состава сплава. При этом изучаются следующие характеристики слитков:

- Литое зерно: размер, форма, степень однородности по сечению и (иногда) по длине слитка.
- Дендритный параметр: величина и степень однородности по сечению слитка.
- Однородность состава и микроструктуры по сечению слитка: степень зональной ликвации, распределение, морфология и состав избыточных фаз, соотношение в структуре долей α и β железосодержащих фаз.
- Поверхностная ликвационная зона: толщина и особенности структурного строения.
- Твердость: величина и степень однородности по сечению слитка.
- Дефекты: виды (трещины, неметаллические включения, пористость и др.), размеры, распределение по сечению слитка.

Для исследования структуры литого и гомогенизированного металла обычно используют световые микроскопы, которые могут давать увеличение до 2000 крат, что позволяет надежно выявлять фазы размером более 1 мкм, определять зеренную структуру алюминиевого твердого раствора, а также размер и характер распределения нерастворимых частиц. В тех случаях, когда требуется выявление очень мелких фаз, применяют электронную микроскопию, использующую длины волн в миллион раз короче средней длины волны белого света (0,55 мкм), что, соответственно, повышает разрешающую способность таких микроскопов. Осмотр макроструктуры и изломов слитков ведут невооруженным глазом или при небольших увеличениях с помощью лупы или бинокулярных микроскопов.

Важное место при исследовании структур слитков занимает отбор образцов и подготовка шлифов. В связи с тем, что вырезка металлографического образца обычно производится из большого объема металла, каким является слиток, необходима его представительность: образец должен быть типичным для данного объекта исследования, т. е. давать истинное представление о структуре этого объекта, а выбор места вырезки должен диктоваться целью исследования. Так, например, оценку однородности микроструктуры по сечению слитка следует проводить на образцах, отобранных в центре темплета, на расстоянии половины радиуса и на его периферии вне поверхностной ликвационной зоны (см. рисунок 14).



Рисунок 14 - Разметка разрезания образцов на темплете

Для определения же природы дефекта образец необходимо вырезать так, чтобы плоскость шлифа пересекала этот дефект. При изготовлении шлифа операции вырезки, шлифования и полировки образца должны осуществляться так, чтобы на его поверхности оставался минимальный слой искаженного и деформированного металла. При этом поверхность шлифа должна быть достаточно плоской, чтобы его можно было рассматривать при больших увеличениях. Поэтому при подготовке шлифов из слитков сплавов Ад 31г AL—Mg—Si, не отличающихся большой твердостью после гомогенизации, желательно механическую полировку заменять электрополированием, которое не создает слоя искаженного металла на поверхности образца.

В настоящее время существует большое разнообразие в оборудовании для высококачественного изготовления металлографических образцов. Например, компания МЕЛИТЭК (www.melytec.ru) поставляет в Россию такое

оборудование датской компании Struers — одного из мировых лидеров в области пробоподготовки для микроскопических исследований. Она же организовала центр по обслуживанию оборудования и обучению пользователей. Другая российская компания Политег-Мет (www.polyteg-met.ru) поставляет для металлографических лабораторий серию экономичного качественного оборудования «Полилаб», которое разработано для заводских условий и зарекомендовало себя как надежное, удобное в работе и доступное по цене. Компания также обеспечивает пользователей расходными материалами для металлографии датской компании AKASEL и немецкой компании CLOEREN Technology.



Рисунок 15 - Станок для автоматического шлифования образцов
BUEHLER

Самым распространенным и эффективным средством выявления макро- и микроструктуры является травление шлифа химическими реактивами различного состава. Действие реактива, используемого при травлении, заключается в том, что он по-разному растворяет различные структурные элементы, которые, отбрасывая тени при освещении поверхности шлифа, становятся отчетливо видимыми. Различают реактивы общего назначения, очерчи-

вающие границы зерен, дендритных ячеек и фазы, и реактивы специального назначения, позволяющие в результате избирательного травления отличить одни фазы от других вследствие их более интенсивного растворения или окрашивания.

Исследование макроструктуры слитков ведут на темплетях толщиной 20—25 мм после механической обработки их поверхности до чистоты RT — 6,3—10 мкм с применением щелочного или кислотного реактивов общего назначения :

- Щелочной реактив представляет собой 20 %-ный водный раствор NaOH. Для травления темплет погружают в реактив и выдерживают при комнатной температуре в течение 30-40 мин. При разогреве травильной ванны время выдержки сокращают. Затем следует промывка в проточной воде и осветление с целью удаления с поверхности темного налета продуктов взаимодействия сплава с реактивом. Для этого темплет на несколько секунд погружают в 50 %-ный водный раствор HNO_3 и затем промывают проточной водой и высушивают с помощью фильтровальной бумаги или в сушильном шкафу. При применении этого щелочного реактива необходимо контролировать концентрацию NaOH, ибо ее снижение до 10 % и менее может способствовать растраву темплетов, внешне имеющему большое сходство с пористостью, а попадание в растрав продуктов взаимодействия сплава с реактивом иногда принимают и за шлаковые включения.

- Из кислотных реактивов для обсуждаемых сплавов наиболее подходит реактив ВАМИ, содержащий 220 мл HNO_3 , 400 мл HCl , 300 мл H_2O и 50 г катодной меди в виде стружки. В связи с бурной реакцией растворения меди в концентрированной азотной кислоте его приготовление следует вести в вытяжном шкафу, добавляя в навеску меди небольшими порциями кислоту. В образовавшийся раствор небольшими порциями добавляют соляную кислоту и затем при постоянном перемешивании — воду. Для травления поверхность темплета протирают ватным тампоном, смоченным в реактиве, до выявления структуры, после чего поверхность промывают проточной водой. При появлении темного налета поверхность осветляют описанным выше способом.

Исследование макроструктуры позволяет выявить трещины и грубые поры, а также оценить форму зерен и степень их однородности по сечению слитка.

Размер зерна определяется при анализе микроструктуры. Для этого необходимо четко выявить границы между отдельными зернами на микрошлифе. Наилучшие результаты в этом отношении дает метод нанесения оксидных пленок на электролитически полированный шлиф с последующим его анализом в поляризованном свете, под действием которого оксидная пленка, покрывающая разные зерна, окрашивается в различные цвета, выявляя зерна. С этой целью шлиф в течение 1-3 мин подвергают сначала электролитической полировке в электролите, состоящем из 400 мл H_3PO_4 , 100 мл H_2SO_4 , 25 мл H_2O , 50 г Cr_2O_3 , при напряжении 15-20 В, плотности тока 0,8 А/см² и температуре электролита 70-90 °С . А затем его оксидирование ведут

в 1,8 %-ном водном растворе борафтористоводородной кислоты (HBF_4) при плотности тока $1,5 \text{ A/cm}^2$ и температуре электролита $20 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение примерно 20 с с катодом из любого алюминиевого сплава.

Средний линейный размер зерна D , оценивают методом линейного анализа (иногда его называют методом секущих), используемым в стереометрической металлографии :

$$D = L/n,$$

где L — суммарная длина секущих, мм; n — число зерен, пересеченных этими секущими.

Этим же методом оценивают и дендритный параметр $D_{\text{д}}$, как средний линейный размер дендритной ячейки, являющейся сечением отдельных ветвей дендритов. В этом случае в формуле в качестве величины n принимается число дендритных ячеек, пересеченных этими секущими. Для выявления строения зерна и границ дендритных ячеек, оконтуренных выделениями избыточных фаз, часто используют реактив Келлера, состоящий из 5 %-ного водного раствора HCl (1 часть), 5 %-ного водного раствора HNO_3 (1 часть), 5 %-ного водного раствора HF (2 части). Хорошие результаты при исследовании гомогенизированного металла дает применение реактива, состоящего из 30 мл HNO_3 (конц.), 20 мл 40 % водного раствора HCl , 5 мл 50 %-ного водного раствора HF , 30 мл H_2O .

Идентификация фаз является одной из основных целей исследования структуры с помощью световой микроскопии. Она становится возможной, благодаря присущей фазам разнице в оптических свойствах, травимости, в форме и расположении частиц, в микротвердости, полируемости и т.п. В таблице 8 представлены данные об особенностях выявления типичных для обсуждаемых сплавов фаз на полированных шлифах без травления и после обработки реактивами специального назначения.

Таблица 8 - Идентификация основных фаз в сплавах системы Al-Mg-Si с помощью световой микроскопии

Фаза	Характеристика фазы, наблюдаемой на шлифах		
	полированный шлиф без травления	после травления шлифа погружением на 15 мин в реактив: 0,5 мл HF, 1,5 мл HCl, 2,5 мл HNO ₃ , 95,5 мл H ₂ O	после травления шлифа протиранием 15 с реактивом: 0,5 мл HF, 99,5 мл H ₂ O
Mg ₂ Si	Серо-голубая. Быстро тускнеет на воздухе, покрываясь радужной пленкой	Меняет цвет от голубого до коричневого	Голубая
(Al ₈ Fe ₂ Si)	Серая с фиолетовым оттенком. Часто имеет вид китайских иероглифов шрифтообразной формы	Темнеет и становится темно-серой	Грязно-коричневая
Р (Al ₅ FeSi)	Светло-серая. Обычно имеет иглообразную форму	Светло-серая	Меняет цвет от красно-коричневого до черного

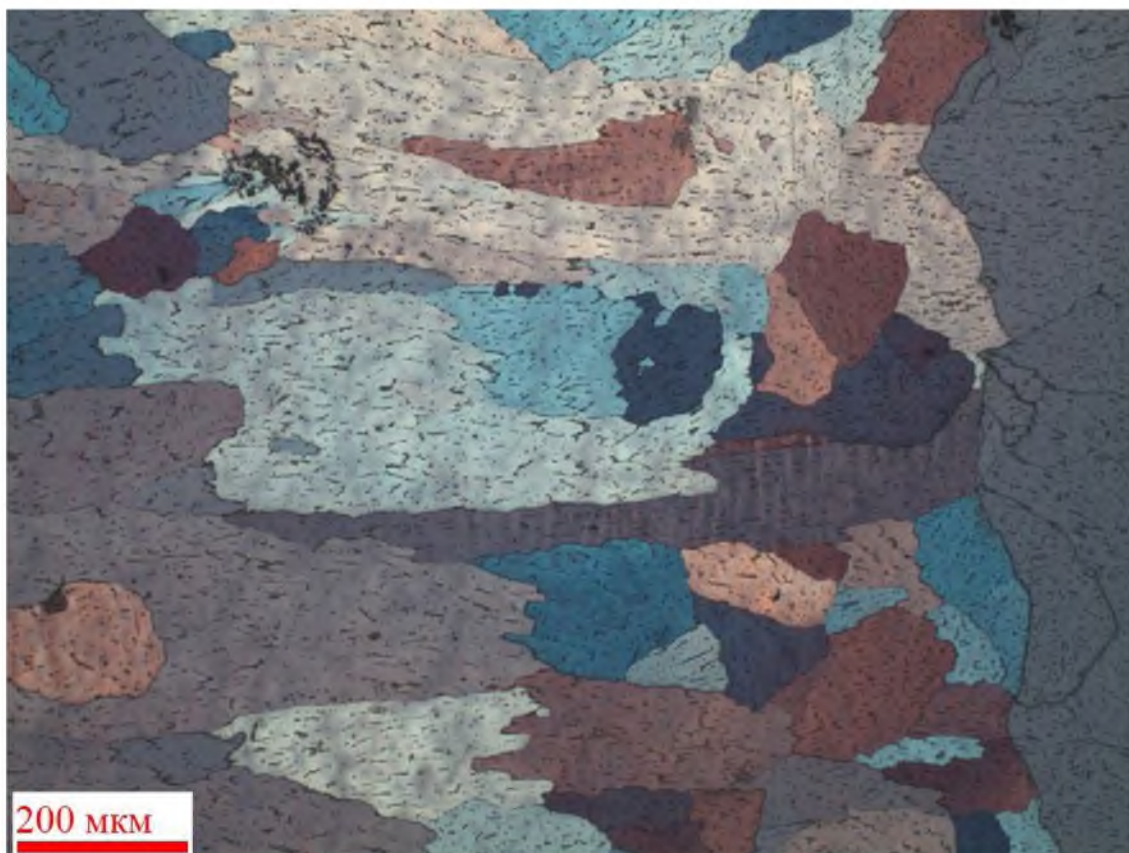


Рисунок 15 - Фото слитка сплава Al31г с различными фазами

Эти и другие фазы в сплавах, содержащих добавки марганца, меди, хрома, идентифицируют также химически при использовании сканирующего

просвечивающего электронного микроскопа, оборудованного микрозондом для рентгеновской энергодисперсионной спектрометрии.

Объемную долю фазы (Q_f (% объемн.) определяют из соотношения:

$$Q_f = 100\% \{L_f/L\},$$

где L_f — часть секущей, приходящейся на частицы этой фазы, мм.

В прошлые времена (рис.16) количественный анализ металлографических наблюдений проводили полностью вручную. Эта однообразная утомительная работа требовала больших усилий и затрат времени. Положение коренным образом изменилось с созданием автоматических анализаторов изображения.



Рисунок 16 - Прошлый век исследования металлографического анализа

Принцип их действия основан на том, что различные составляющие микроструктуры шлифа имеют разную отражательную способность и анализу подвергается сигнал, пропорциональный яркости отражения этих структурных составляющих. Для этого изображение исследуемой структуры, формируемое световым или электронным микроскопом, обрабатывается телекамерой, которая вырабатывает электронный сигнал, соответствующий яркости каждой точки анализируемого изображения. Этот сигнал подается одновременно на экран контрольного телевизора и детектор, который выделяет и оценивает импульсы, соответствующие оптической отражательной способности исследуемой структурной составляющей, и с помощью компьютера преобразует эти импульсы в выбранные измеряемые параметры микроструктуры, которые регистрируются показывающим прибором и печатающим устройством. Контрольный телевизор служит для наблюдения микроструктуры, выбора полей и контроля результатов измерений.

Существуют различные системы анализа изображений и разработанное для них программное обеспечение, основываясь на которых рядом компаний выпускаются автоматические приборы для количественной металлографии. Например, анализатор изображения «Квантимет-720» английской компании Cambridge Instruments, достаточно широко используемый российскими предприятиями, автоматически выбирает заданные структурные составляющие, оценивает их количество, классифицирует по размерам, форме, ориентации, оптической плотности, и выдает необходимые статистические характеристики. Многие металлофизические лаборатории отечественных научных и промышленных предприятий оснащены автоматическими анализаторами изоб-

ражения «Эпиквант» немецкой компании Karl Zeiss Jena, IBAS 2000 немецкой компании Opton, TAS plus немецкой компании Leitz и др. Российская компания SIAMS (www.siams.com) выпускает сравнительно недорогой программноаппаратурный комплекс SIAMS-700 для анализа изображений микроструктур, вполне пригодный для измерения в заводских условиях размера зерна, величины дендритного параметра и количественных характеристик фаз, пор и неметаллических включений в обсуждаемых алюминиевых сплавах.

Анализ микроструктуры позволяет изучить особенности структурного строения поверхностной ликвационной зоны слитка и легко определять ее толщину .

4.5 Оборудования для металлографического анализа

Металлорежущий станок для резки образцов из темплетов.



Рисунок 17 - Metallорежущий станок для резки образцов

Технические характеристики:

Электрическое питание: 380В/50Гц/3ф

Потребляемая мощность: 3.0 кВт

Скорость вращения круга: 2800 об/мин
Отрезной круг: Ø 254 мм
Максимальная глубина реза: 95 мм
Тормоз мотора: механический
Предметный стол: профилированный с 12 мм Т-образными слотами
Перемещение по оси Z: ручное
Освещение: две линейки по 5 светодиодов и один светодиодный светильник типа "гусиная шея"
Объём бака рециркуляции: 27 л (60 л с фильтром)
Уровень шума: < 76 dВ на расстоянии 1 м
Габариты станка: 600(Ш)х425(Г)х655(В) мм
(без рециркуляционной системы и аксессуаров)
Вес станка: 136 кг
Габариты металлического шкафа (опция): 920(Ш)х740(Г)х900(В) мм



Рисунок 18 - Светой микроскоп

Выбор типа микроскопа определяется спектром решаемых задач.

Изучение металлических шлифов предполагает наличие отражающего микроскопа. Расположение объективов (сверху или снизу) зависит от пробоподготовки и размера образцов. В случае, если оператор имеет возможность приготовить двухсторонний строго плоскопараллельный шлиф небольшого размера (например образец в холодной или горячей запрессовке), то вполне подойдёт прямой (с верхним расположением объективов) микроскоп. Но наиболее универсальным решением будет применение металлографического (инвертированного, с нижним расположением объективов) микроскопа. При

этом достаточно отшлифовать одну из доступных граней образца любой формы и размера.

Полуавтоматическая шлифовально-полировальная насадка AutoMet® обеспечивает поддержку до 6 образцов с центральной или индивидуальной нагрузкой, переменную скорость вращения в обоих направлениях и снабжена светодиодной индикацией режимов работы.



Рисунок 19 - Полуавтоматическая шлифовально-полировальная машинка

Технические характеристики:

Электрическое питание: 85-264В / 50-60Гц / 1ф / 1.63 кВт

Диаметр диска модели 250: Ø 8"(203 мм) / 10"(254 мм)

Диаметр диска модели 300: Ø 12"(305 мм)

Мощность мотора основания: 750 Вт

Скорость вращения круга: 10-500 об/мин с шагом 10 об/мин

Направление вращения круга: прямое/обратное

Мощность мотора насадки: 116 Вт
Скорость вращения насадки: 30-60 об/мин с шагом 10 об/мин
Направление вращения насадки: прямое/обратное
Центральная нагрузка: 20-260 Н
Индивидуальная нагрузка: 5-45 Н
Источник сжатого воздуха: 2-4 бар
Подсветка рабочей зоны: светодиодная
Функция паузы: есть
Охлаждение диска: есть
Водоснабжение: проточная вода или система рециркуляции на 90 л
Дозирующая система: PriMet™ (опция)

4.6 Дефекты макроструктуры

Целью литья с прямым охлаждением является производство заготовки с однородным химическим составом, благоприятной структурой металла и необходимой прочностью. Распространенными дефектами при этом являются: разрушение и трещинообразование, сегрегация, прорыв отливки, холодный заворот корки, пористость, рост зерна .

Разрушение и трещинообразование. При системе непрерывной разливки металл начинает затвердевать от внешней поверхности к центру, так как внешняя поверхность охлаждается водяным потоком. Из-за возникающего градиента температуры от поверхности к центру развиваются внутренние термические напряжения, которые могут вызывать трещины. Наиболее часто подвергаются разрушению и трещинообразованию сплавы AlCuMg, AlZnMgCu и иногда AlMgSi. Минимизирует эту проблему более медленное литье с минимально возможной температурой.

Литейные трещины в слитках, отлитых непрерывным методом, разделяются на горячие и холодные. Трещины, образовавшиеся в процессе кристаллизации, называются горячими. Трещины, возникшие после полного затвердевания слитка, – холодными. Холодные трещины обычно приводят к разрушению слитка, поэтому обнаружить их нетрудно.

Горячие трещины выявляются сложнее, так как они часто носят локальный характер и не поражают всего объема слитка. Литейные трещины в прессованных полуфабрикатах обычно бывают горячими.

Характерной особенностью горячих трещин в слитке является расположение их по границам зерен. В изломе они имеют темную, окисленную поверхность. Межкристаллитное расположение трещин объясняется тем, что горячие трещины образуются в полутвердой области лунки в процессе кристаллизации, когда наименее прочными оказываются границы зерен, еще частично сохранившие жидкую фазу.

С образования твердого скелета затвердевающих кристаллитов (дендритов) начинается линейная усадка слитка. Возникшие при этом напряжения,

усиленные нарушениями технологических параметров литья, приводят к образованию горячих трещин. Наименее прочными оказываются границы зерен, так как к ним в процессе кристаллизации отесняются легкоплавкие составляющие сплава.

Центральные трещины (рис. 20) в большей мере свойственны твердым алюминиевым сплавам (В95, Д16, АК8), хотя могут образоваться и при разливке более пластичных сплавов. Предупредить их образование можно понижением скорости литья, увеличением высоты кристаллизатора, обеспечением симметричной подачи расплава и равномерного охлаждения водой.



Рисунок 20 - Центральная трещина в поперечном сечении заготовки

Радиальные трещины располагаются в круглых слитках от наружной поверхности к центру, что связано с резким охлаждением периферийных слоев металла. Предупредить их появление можно повышением скорости литья и понижением высоты кристаллизатора.

Внутренние круговые трещины являются скрытыми и возникают в зоне изгиба переходной области лунки при большой разнице в скоростях охлаждения периферийной корки и среднего объема слитка. Применение низких кристаллизаторов снижает возможность образования круговых трещин.

Горячие трещины представляют собой надрывы на границах зерен, возникающие в полутвердой зоне лунки при температуре выше температуры солидуса. Если трещины достаточно тонкие, то происходит залечивание их при заполнении маточным расплавом, близким к эвтектическому.

Ликвационные дефекты. Ликвационные дефекты сопровождают процессы непрерывной разливки алюминиевых сплавов. Ликвационные дефекты пресованных изделий – наиболее многочисленны.

Выражаются они в неоднородности химического состава в ребристых участках слитка, которая может проявляться как в объеме отдельных зерен, так и всего слитка. Различают зональную (в макрообъемах слитка) и внутрикристаллитную или дендритную (в микрообъемах зерен) ликвацию. Зональную ликвацию разделяют на прямую и обратную, а также на ликвацию по удельным весам.

Внутридендритная ликвация в слитках непрерывного литья проявляется в значительной мере благодаря большим скоростям кристаллизации и, следовательно, подавления процессов диффузии как внутри образовавшейся твердой фазы, так и на границе твердой и жидкой фаз.

При наличии зоны столбчатых кристаллов в слитке применением высокотемпературной гомогенизации (для сплава АМц – при температуре до 620⁰С) можно устранить внутридендритную ликвацию.

Легирующие компоненты и примеси имеют различную скорость диффузии в литом алюминии (например, у марганца – низкая). Значительное обогащение поверхности слитка легирующими компонентами сплава и сопутствующими примесями называется обратной ликвацией.

На поверхности слитков непрерывного литья имеются ликвационные наплывы размерами от долей до десятков миллиметров. Особенности кристаллизации непрерывнолитого слитка таковы, что маточный расплав, располагающийся между ветвями кристаллизующихся дендритов, значительно обогащается легирующими компонентами и примесями. Эта жидкость имеет наиболее низкую температуру затвердевания и за счет содержания в ней легкоплавких эвтектик обладает достаточно высокой текучестью. Это создает предпосылки перехода ликвации в микрообъемах в ликвацию в макрообъемах и, в частности, в обратную ликвацию.

Обратная ликвация, как правило, приводит и к характерному дефекту слитков - ликвационным напльвам. Рассмотрим механизм их образования .

Первая корка затвердевшего металла при непрерывном литье образуется в кристаллизаторе выше пояса интенсивного охлаждения. Как только происходит смыкание ветвей дендритов (полутвердая область интервала кристаллизации), в образовавшейся корке начинается процесс сжатия, обусловленный линейной усадкой.

Между поверхностью затвердевшего слитка и стенкой кристаллизатора образуется воздушный зазор, ухудшающий теплоотвод, в результате чего скорость кристаллизации значительно уменьшается, и происходит вторичный разогрев затвердевшей корки за счет тепла расплава в лунке. Оплавление легкоплавких составляющих в междендритных каналах соединяет образовавшуюся жидкую фазу и расплав в лунке слитка. Возникшее металлостатическое давление в междендритных каналах выдавливает обогащенную легкоплавкими составляющими жидкость из корки в поверхностный слой слитка. При этом туда же проникает и часть жидкости из лунки. Маточный расплав в отдельных благоприятных местах прорывает окисную пленку и вытекает наружу в зазор между слитком и кристаллизатором [6]. Прорыв окисной пленки зависит как от ее прочности, так и от ее механических повреждений кристаллизатором.

Таким образом, появление на слитках непрерывного литья ликвационных напльвов является следствием оплавления затвердевшей корки на участке воздушного зазора между слитком и кристаллизатором с выдавливанием ликватов на поверхность слитка.

Для уменьшения проявления обратной ликвации в виде ликвационных наплывов необходимо: увеличивать скорость кристаллизации, применяя кристаллизаторы меньшей высоты; интенсивно охлаждать слитки водой; обеспечить равномерную подачу жидкого металла по периметру лунки через литейную воронку.

Микроструктура слитка из сплава Д16 характеризуется довольно равномерным распределением интерметаллидов, образующих тонкий ликвационный поверхностный слой глубиной до 0,30 – 0,45 мм (рис. 21). При большом увеличении ($\times 500$) хорошо видны скопления сложных интерметаллидов, содержащих медь, марганец, железо и кремний [6].

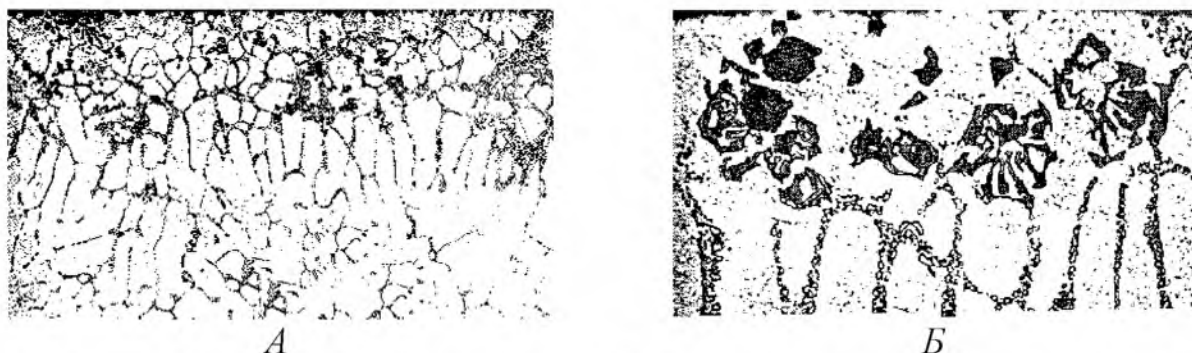


Рисунок 21 - Микроструктура подповерхностных слоев слитка из сплава Д16:
 $a - \times 100$; $b - \times 500$ [6]

Интерметаллические фазы всегда присутствуют во всех деформируемых алюминиевых сплавах, которые, как правило, достаточно дисперсны и равномерно распределены по объему пресс-изделий. Однако в ряде случаев наблюдаются первичные выделения крупных кристаллов интерметаллидов и их скопления, являющиеся недопустимым дефектом структуры.

Интерметаллиды – тугоплавкие химические соединения одного или нескольких легирующих компонентов и примесей с алюминием. Интерметаллические соединения образуются в виде первичных крупных кристаллов в том случае, если температура их кристаллизации выше температуры начала кристаллизации твердого сплава алюминия. Так, в сплаве В95 эти соединения образуются при повышенном содержании хрома и марганца – CrAl_7 , MnAl_6 ; в сплаве АК4 – при повышенном содержании железа и никеля – FeNiAl_9 , в сплаве АМц - при повышении суммарного содержания железа и марганца более 18% - FeMnAl_6 и др.

Начало зарождения первичных кристаллов интерметаллидов может происходить при приготовлении расплава в печи, отстаивании в миксере и в подающих металлопроводах (желобах) к распределительным воронкам.

Для предотвращения образования крупных интерметаллидов следует стремиться повышать скорость кристаллизации при разливке чушек лигатур. При непрерывном литье слитков необходимо не допускать образования настыва под дном распределительной воронки.

Одним из дефектов литых слитков являются светлые кристаллиты – обедненные легирующими компонентами зерна твердого раствора алюминия. Эти кристаллиты, как правило, располагаются в центральной части слитка и при деформации чаще разрушаются.

Для предупреждения появления светлых кристаллитов в структуре слитка необходимо регламентировать положение литейной воронки по высоте кристаллизатора, применять более тонкое и теплопроводное дно распределительной воронки и устанавливать в кристаллизатор предварительно хорошо прогретую воронку [6].

Еще одним дефектом, происхождение которого также связано с ликвационной неоднородностью слитка, является неслитина. Неслитина – дефект поверхности слитка в виде складки, распространяющейся на глубину от нескольких до десятков миллиметров (рис.22).

Механизм образования неслитин состоит в том, что при литье непрерывным методом в водоохлаждаемый кристаллизатор периферия мениска расплавленного металла соприкасается с холодными стенками кристаллизатора. При этом на ее поверхности начинается кристаллизация. Образовавшаяся застывшая корочка у края мениска опускается вместе со слитком. Продолжающаяся подача расплава в кристаллизатор приводит к возникновению гидростатического давления за счет перепада высот между периферией мениска и уровнем металла в средней части кристаллизатора. Вначале оно уравнивается и удерживается поверхностным натяжением пленки окиси алюминия на поверхности расплава. Развивающийся в этом направлении процесс приводит к прорыву окисной пленки. При этом расплав растекается к периферии кристаллизатора и наслаивается на уже затвердевшую корочку металла у поверхности мениска. Сваривания металла вблизи поверхности слитка не происходит, образуется складка.

Процесс образования неслитины повторяется с определенной периодичностью, приводящей к появлению на слитке серии складок, которые удаляются обточкой. Глубинные окончания складок приводят к появлению линий различной травимости на макрошлифах профилей.

Полное предотвращение появления неслитин возможно лишь при применении способа непрерывной разливки слитков в электромагнитный кристаллизатор [6].



Рисунок 22 - Неслитина на необточенном слитке сплава Д16

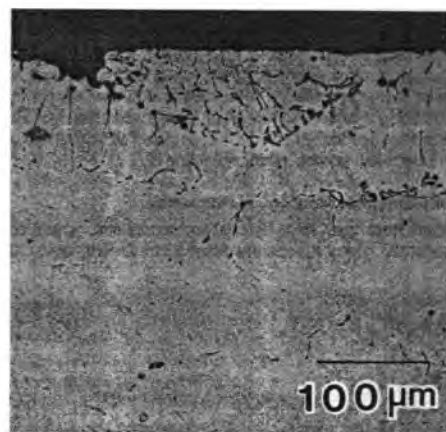


Рисунок 23 - Обратная сегрегация в заготовке из сплава 6063 диаметром 171 мм [5]

Неудовлетворительная структура слитка – один из источников возникновения дефектов в виде полос и прожилок при прессовании. Сегрегация (ликвация) на поверхности и раковины, присутствующие в микроструктуре заготовки, могут возникать на ранних стадиях застывания при литье с прямым охлаждением. В зарубежной литературе встречаются несколько иные наименования ликвационных дефектов в литой заготовке [2 – 5].

При обратной сегрегации (ликвации) высокая концентрация компонентов с низкой температурой плавления находится на поверхности. Главным фактором, вызывающим обратную сегрегацию, является сжатие сплава при затвердевании, в ходе которого жидкий металл, имеющий в центре заготовки высокую концентрацию компонентов с низкой температурой плавления, заполняет оставшиеся пустоты. В алюминиевых сплавах при застывании диаметр заготовки уменьшается примерно на 6%. Обратная сегрегация в некоторой степени имеет место практически во всех экструзионных заготовках. Эта область содержит грубые интерметаллиды, богатые железом, растворенным магнием и кремнием [5].

Прорыв отливки. Прорывом отливки называется такой дефект литья, когда расплавленный металл вытекает на затвердевшую внешнюю поверхность заготовки. Это является результатом проплавления сквозь тонкую застывшую корку слитка и вызывается горячим жидким металлом в центре. Обычно прорыв связан с литьем при повышенных скоростях.

Холодный заворот корки. Холодный заворот корки проявляется как морщины на внешней стороне заготовки. Морщины могут быть глубиной 3,0 – 6,5 мм. Проявление морщин вызвано литьем при относительно низкой скорости с резким охлаждением. При прямом охлаждении заготовку следует лить с достаточно высокой скоростью, чтобы избежать холодного заворота корки, но и достаточно медленно, чтобы избежать разрушения, прорыва корки и ликвации.

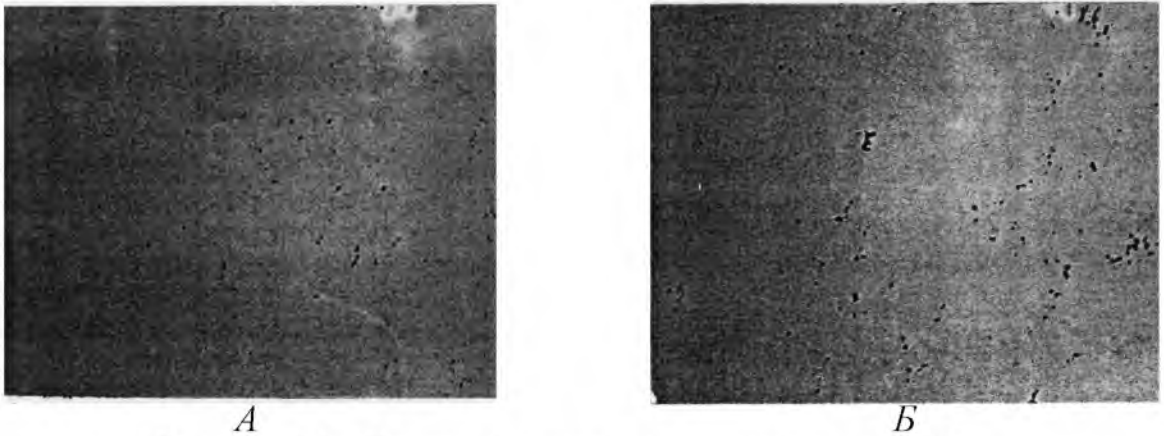


Рисунок 25 - Пористость заготовки из сплава 6463
в центре (а) и на поверхности (б), $\times 50$

Пористость. Типичный пример пористости показан в сплаве 6463 на рис. 25. Представлены микрофотографии двух участков поперечного сечения заготовки: в центре (а) и у поверхности (б) [6].

Другой пример, показывающий относительно крупные поры и пузыри (рис. 27), приведен на заготовке сплава 6063.

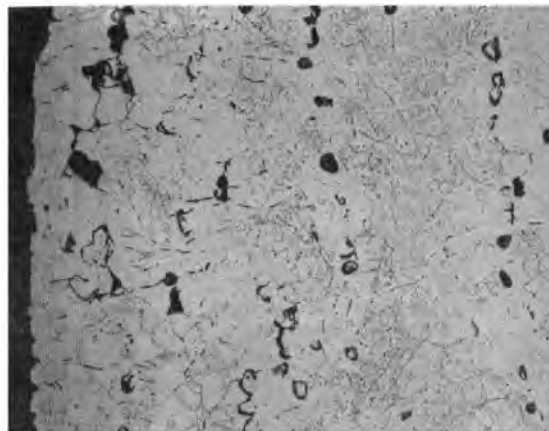


Рисунок 27 - Микроструктура поперечного сечения заготовки из
сплава 6063 в плоскости с большой пористостью, $\times 200$

Рост зерна. На рис. 28 ,а показан селективный рост зерна, который несколько отличается от показанного на рис. 28 ,б. В обоих случаях очевиден рост столбчатых зерен у поверхности заготовки сплава 3105. Другой образец заготовки, взятый из той же разливки, не показывает такого селективного роста зерна (рис. 28 в) даже после второй гомогенизации. Важно, что проблема неоднородного роста зерен не всегда имеет место и может быть связана с расположением отливаемого столба, из которого получена заготовка.

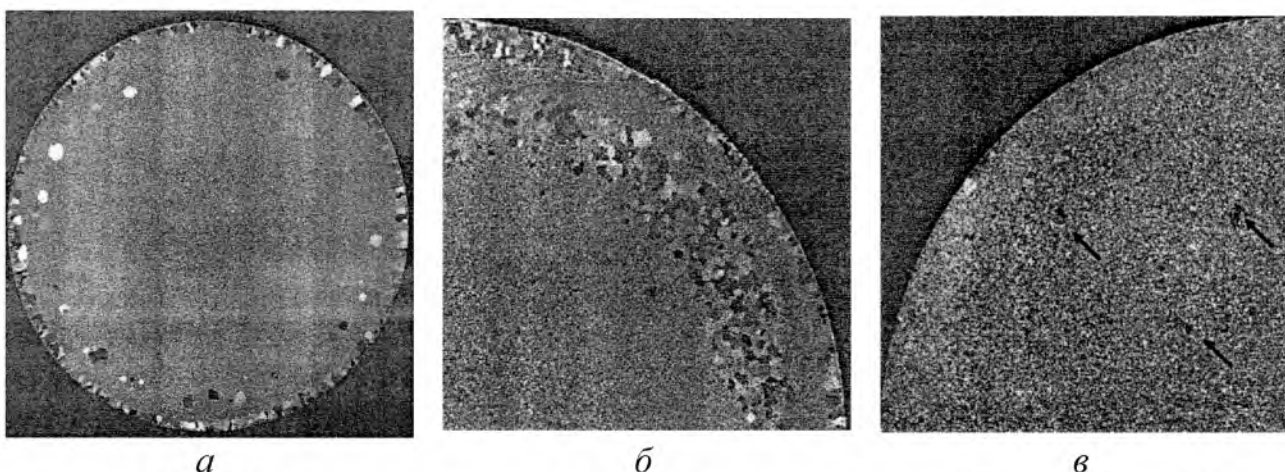


Рисунок 28 - Микроструктура поперечного сечения заготовки из сплава 3105 после двойной гомогенизации [5]: *а* – пример локального роста зерен; *б* – пример роста зерен в периферийном слое; *в* – без роста зерен

Неметаллические включения. Достаточно известными дефектами в заготовках прессованных полуфабрикатов являются различного рода неметаллические включения, которые обнаруживаются как на поверхности заготовок полуфабрикатов, так и внутри их. Поскольку неметаллические включения снижают механические свойства при статических, ударных и вибрационных нагрузках и нарушают в ряде случаев герметичность конструкций, то их присутствие в изделиях не допускается или же ограничивается [6].

Неметаллические включения в алюминиевых сплавах образуются в процессе плавки и литья слитков и представляют собой пленки окислов алюминия и некоторых других металлов, являющихся составной частью сплава (сложные окислы – шпинели), частицы флюсов, применяемых для обработки расплава, а в некоторых случаях частицы футеровки печи, миксера. Часто неметаллические включения являются сложными комбинациями перечисленных веществ.

По происхождению неметаллические включения в алюминиевых сплавах можно разделить на три группы: включения, образующиеся при взаимодействии расплавленного металла с газами, составляющими атмосферу плавильно-литейного агрегата; включения, источником которых являются продукты взаимодействия расплавленного металла с огнеупорными футеровочными материалами и отложения, образующиеся на стенках плавильно-литейных агрегатов; включения, попадающие в металл вместе с шихтой и плавильным инструментом, а также случайные загрязнения.

Для уменьшения загрязнения сплавов необходимо применять дополнительное рафинирование в миксере, отстаивание металла перед литьем, применение плавного (без разрушения поверхностной окисной пленки) перелива расплава в кристаллизатор, электрофлюсовое рафинирование и фильтрацию через стеклоткань.

5. Экспериментальная часть

Были взяты образцы с партий алюминиевых заготовок, вырезанные с периферии и центра темплета. Затем протравленные в химическом растворе NaCl 40% на 30 минут. Затем мы исследовали макроструктуру на фото 29-34.



Рисунок 29 - Опытный образец слитка А

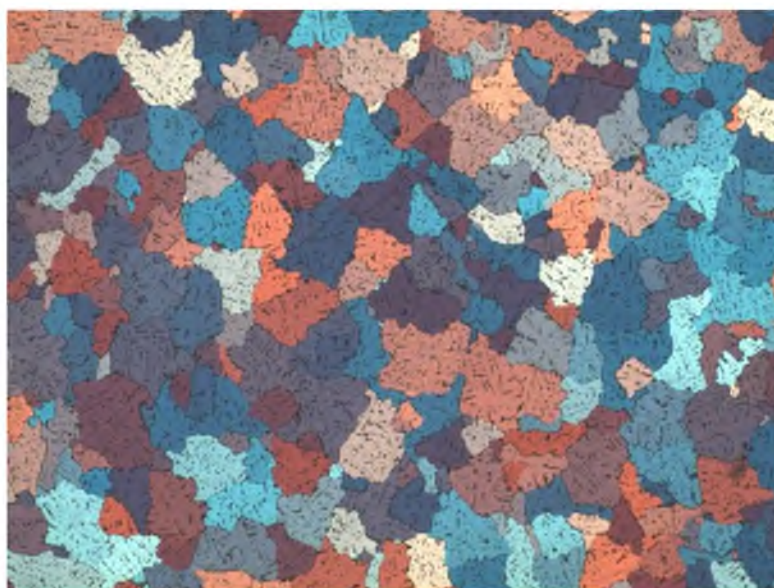


Рисунок 30 - Опытный образец слитка А его макроструктура

Эта образец был без явных дефектов. Зерна расположены равномерно.

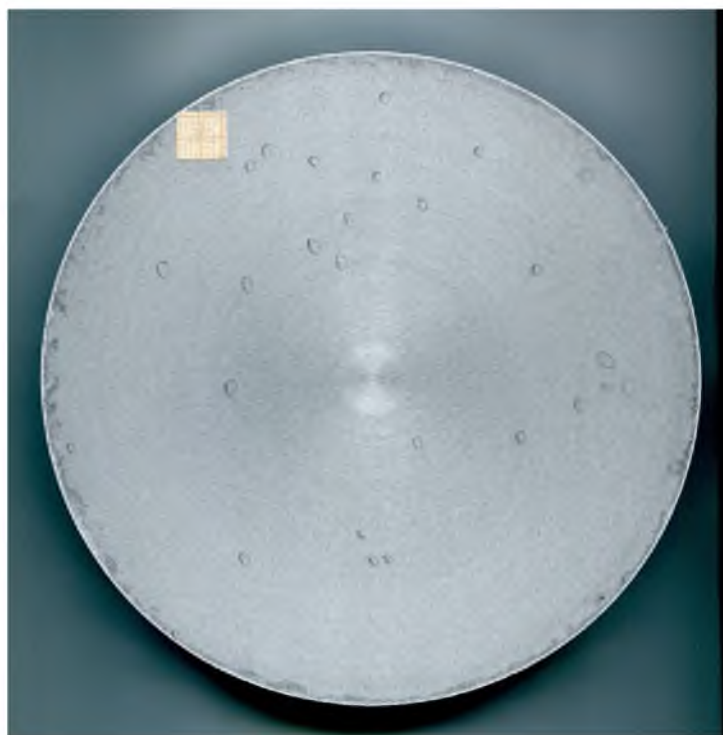


Рисунок 31 - Опытный образец слитка Б

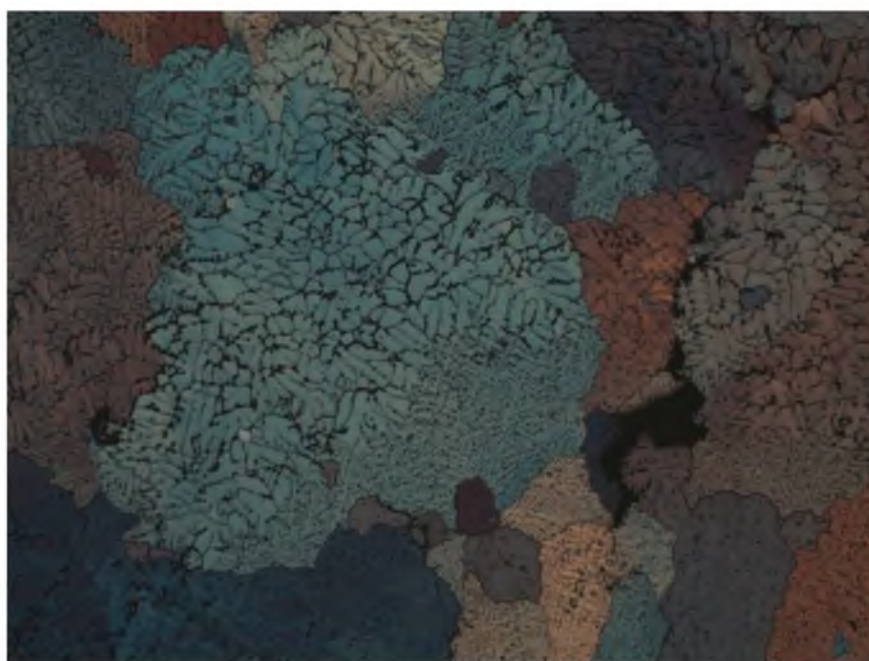


Рисунок 32 - Опытный образец слитка Б и его макроструктура

На макроструктуре слитка по всему сечению обнаружены неметаллические включения в количестве 27 шт (рис. 31).

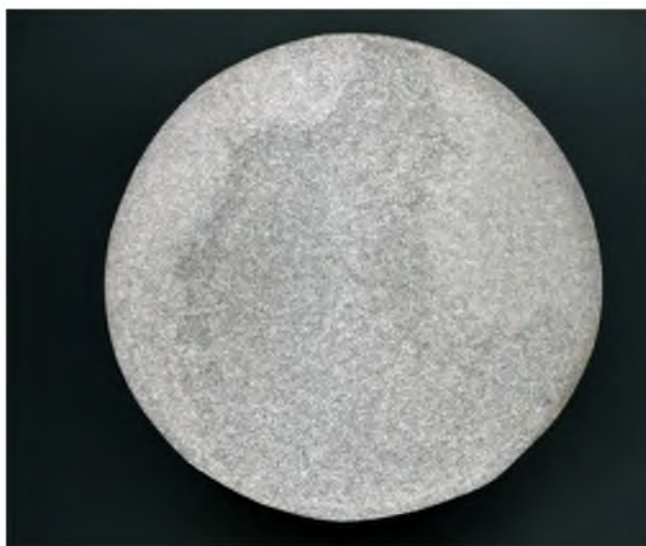


Рисунок 33 - Опытный образец слитка В

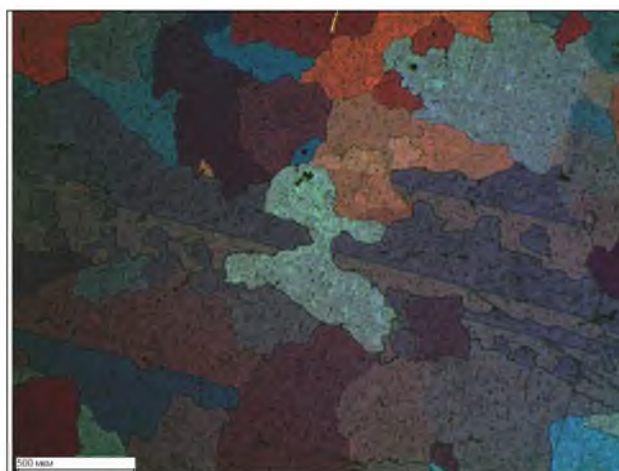


Рисунок 34 - Опытный образец слитка В и его макроструктура

Результаты исследований :

1 образец (Б). На макроструктуре слитка(рис. 31) по всему сечению обнаружены неметаллические включения в количестве 27 шт . Размер включений составляет 0,01-0,02 мм² (максимальная протяженность - 0,2 мм). Фактический размер включений составляет 0,02-0,15мм, количество на 1см² - 8-14шт. Выявленные включения могут оказывать отрицательное влияние на технологичность сплава при прессовании и качество поверхности профилей.

Глубина ликвационной зоны составляет 1,0-3,0 мм. Светловин, пористости не обнаружено.

2 образец (В). Проведенные исследования контроля качества слитка (рис. 33) Ø 215 мм сплава АД31А плавки 3-131 на соответствие требований показали:

1. Химический состав соответствует сплаву АД31А, не удовлетворяет требованиям ТУ по содержанию Ti (0,0038-0,010 %).

2. Макроструктура не соответствует требованиям Сегал" по размеру зерна (320-375 мкм (750-960 шт/см²). В структуре обнаружены веерные кристаллы.

3. Степень гомогенизации удовлетворительная.

4. В структуре темплета наблюдаются единичные неметаллические включения размером до 28 мкм.

3 образец . На структуре слитка(рис.29) по всему сечению не обнаружено дефекты макроструктуры. В структуре нет металлических и неметаллических включений.

Так же мы провели металлографический анализ готового изделия (рис.35)

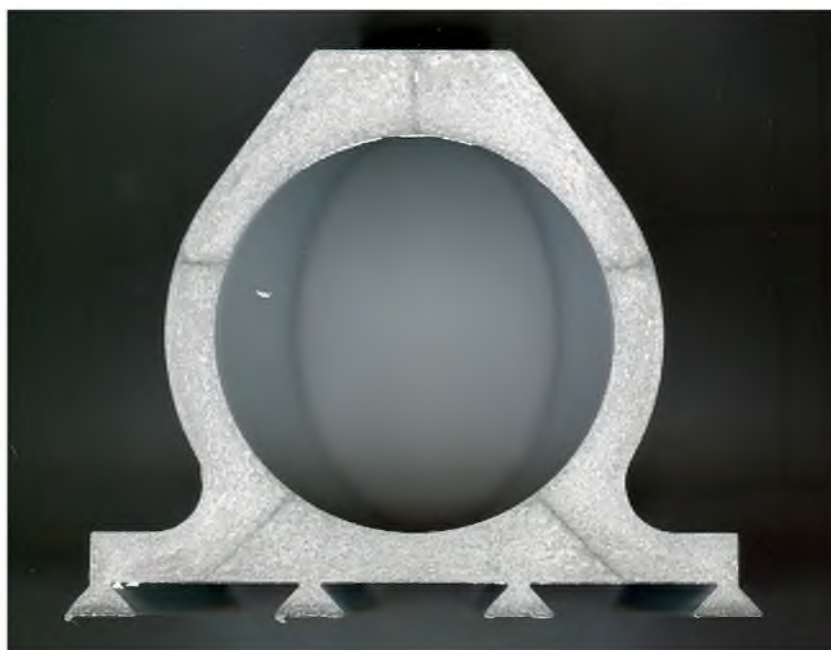


Рисунок 35 - Опытный образец готового изделия

На фото показаны сварные швы при технологической операции прессовании.

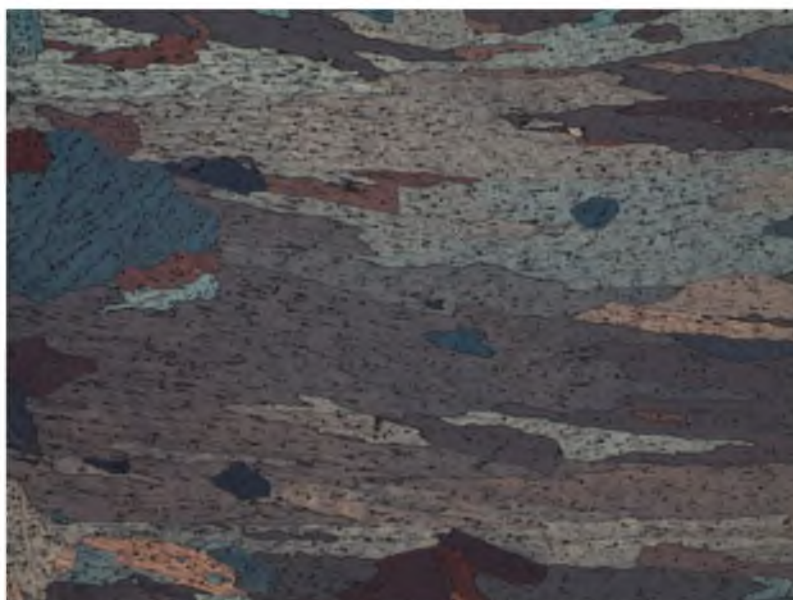


Рисунок 36 - Опытный образец готового изделия и его макроструктура

Выводы: дефекты макроструктуры не проходят после пластической деформации при прессованиях. Их нужно убрать на стадии литья заготовок.

Металлографические исследования: были взяты образцы из партии профилей с дефектами структуры в заготовке и без дефектов в паковке. Я произвел опыт на специально-растяжной машине. Результаты приведены на диаграммах измерений.

Диаграмма 1 - Диаграмма растяжения образца без дефекта макроструктуры

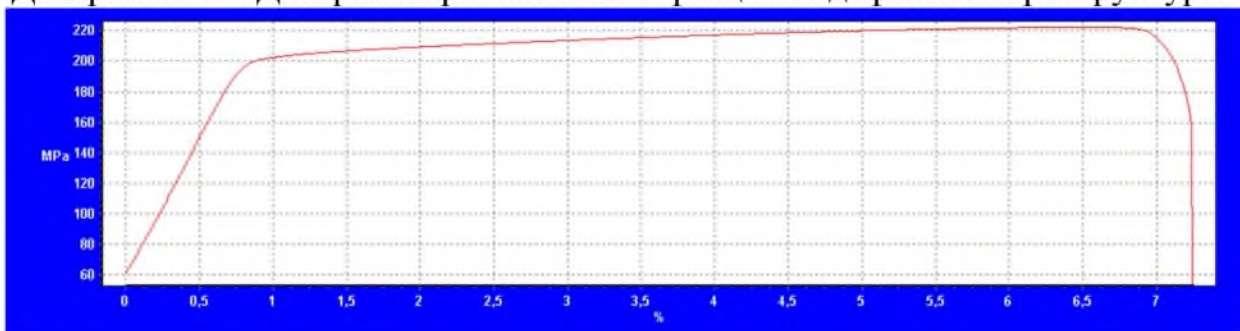
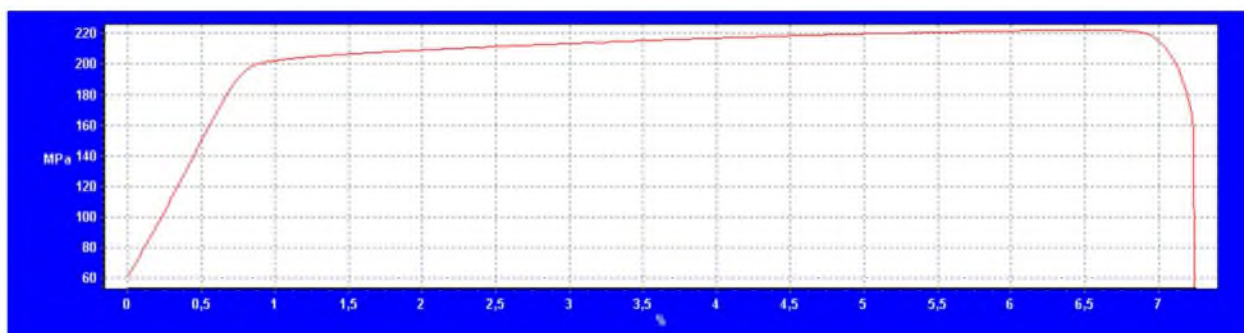


Диаграмма 2 - Диаграмма растяжения образца без дефекта макроструктуры



По данным результатам можно сделать вывод, что дефекты макроструктуры заготовок влияют на механические свойства готового изделия. Но показания физико-механических свойств готового изделия дефектного образца в предельно допустимых нормах.

6. Экономическая часть

Введение

Дипломная работа на тему «Исследования влияния структуры химического сплава Ад31 при прессований » относится к работе научно-исследовательского характера, которая является частью следующих видов исследований:

Функциональных, выполняемых с целью расширения научных знаний, познания явлений и закономерностей их развития, связанных с разработкой теоретических и экспериментальных основ проблемы безотносительно к тому или иному конкретному практическому применению с одинаковой вероятностью получения положительных или отрицательных результатов;

Поисковых, направленных на анализ результатов фундаментальных исследований с целью установления необходимости, возможности и целесообразности, а также путей использования найденных закономерностей и явлений в данной отрасли науки и техники для создания принципиально новых изделий, материалов, предметов потребления, технологий, методов управления и организации производства;

Прикладных, направленных на решение научных проблем с целью получения конкретного результата, используемого в опытно конструкторских разработках, в проектировании и непосредственно в практической деятельности предприятий и организаций.

В НИР по созданию технических средств, направленных на охрану окружающей среды, совершенствование учебного процесса и т.д. (в тех случаях, когда экономический эффект и эффективность от использования результатов НИР определить нельзя) исследуется область применения результатов НИР и проводится расчет затрат на НИР.

Составление сетевого графика выполнения НИР.

Перечень работ, проведенных в процессе исследования приведены в Таблице 9 – Перечень работ

№	Наименование	Т ож, дней
0	Получение задания	1
1	Литературно-патентный обзор	19
2	Разработка и выполнение 3 листов	15
3	Разработка конструкторской части	18
4	Разработка технологической части	20

№	Наименование	Т ож, Дней
5	Разработка и выполнение остальных листов	19
6	Расчет экологичности проекта	7
7	Расчет экономической части	15
8	Доработка чертежей и пояснительной записки	10



Расчет затрат на выполнение НИР

$$Z_{\text{НИР}} = C_{\text{НИР}} + K_{\text{НИР}}$$

где $Z_{\text{НИР}}$ - суммарные затраты на выполнение НИР, руб.;

$C_{\text{НИР}}$ - текущие затраты на выполнение НИР, руб.;

$K_{\text{НИР}}$ - единовременные затраты на выполнение НИР, руб..

Единовременные затраты состоят из вложений в лабораторное оборудование, аппараты, приборы, запасы материалов и другое, т.е. все то, что необходимо для выполнения НИР. При расчете единовременных вложений в оборудование для выполнения НИР технику следует определять их балансовую стоимость.

$$K_{\text{НИР}} = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5$$

Таблица 10 – Наименования оборудования

№ п/п	Наименование оборудования и другой техники	Модель	Балансовая стоимость, руб.	Наименование выполненных работ	Коэффициент Использования
1	Микроскоп	«Buehler24-01»	60000	Измерение и исследование образцов	0,7
2	Компьютер	ASUS «K501N»	25000	Измерение образцов	0,2
3	УЗЧС		500	Измерение образцов	0,02
4	Программы: Word, Excele	Microsoft Office 2007	350	Составление программ	0,02
5	Интернет		350	Поиск	0,02

где $K_{НИР}$ - единовременные затраты оборудования или другой техники.

$K_{НИР} = 60000 + 25000 + 500 + 350 + 350 = 86200$ руб По отношению к сфере производства текущие затраты на выполнение НИР называют предпроизводственными. Они включают стоимость следующих работ: постановка задачи НИР и разработка технического задания; теоретические исследования и обзоры; лабораторные и заводские исследования; проектирование и конструирование изделий, оборудования, оснастки, техпроцессов, являющихся объектом НИР; изготовление и доводка опытных образцов.

Затраты на перечисленные работы при выполнении НИР являются текущими.

Текущие затраты на выполнение НИР

Текущие затраты определяются по следующим статьям:

1. *Заработная плата производственного персонала.*
2. *Отчисления на социальные нужды.*
3. *Основные материалы*
4. *Командировочные расходы.*
5. *Накладные расходы.*
6. *Прочие расходы.*

Расчет заработной платы

$$C_{з/п} = C_{осн} + C_{доп}$$

$$C_{\text{осн}} = \sum_{i=1}^{\Pi} t_j * j * k_d$$

где t_j - трудоемкость изделия по нормам на i -ой операции, нормо-часы;
 j - часовая тарифная ставка для соответствующего разряда работы на i -ой операции, тыс. руб.;

k_d - коэффициент доплат (принимается от 1,5 до 1,6)

Таблица 11 – Зарплата работников

Работник	Трудоем- кость работы, мес.	Разряд	Тарифный коэффици- ент	Ставка по тарифу , руб.	Коэффици- ент районных затрат	Заработ- ная плата, руб
Научный руководи- тель со степенью док.наук	3	16	3,593	720	0,5	3880,44
Инженер	3	11	1,983	720	0,5	2141,64
Лаборант	3	5	1,133	720	0,5	1223,64

1) Научный руководитель со степенью док. наук

= размер тарифной ставки (оклад) первого разряда(=720руб.) x тариф-
 ный коэффициент 16-го разряда (=3,593) x районный и северный коэффици-
 ент (=20%+30%=50%)=3880,44 руб.

2) инженер

= размер тарифной ставки (оклад) первого разряда(=720руб.) x тариф-
 ный коэффициент 11-го разряда (=1,983) x районный и северный коэффици-
 ент (=20%+30%=50%)=2141,64 руб.

3) лаборант

= размер тарифной ставки (оклад) первого разряда(=720руб.) x тариф-
 ный коэффициент 5-го разряда (=1,133) x районный и северный коэффициент
 (=20%+30%=50%)=1223,64 руб.

$$C_{\text{осн}} = 3880,44 + 2141,64 + 1223,64 = 7246$$

Дополнительная заработная плата включает в себя выплаты установ-
 ленные законодательством и устанавливается в процентах от основной зарав-
 ботной платы (10 - 20 %).

$$C_{\text{доп}} = 0,2 \cdot 7246 = 1449,2$$

$$C_{з/п} = 7246 + 1449,2 = 8695,2$$

Отчисления на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды составляет 30 % от суммы полной заработной платы и включают в себя выплаты:

- Пенсионный фонд Российской Федерации - 22 процента;
- Фонд социального страхования Российской Федерации - 2,9 процента;
- Федеральный фонд обязательного медицинского страхования - 5,1 процента;

Сумма отчислений составит:

$$C_{отч} = 0,3 \cdot 8695 = 2608,5 \text{ руб.}$$

Страхование от несчастных случаев на производстве:

$$C_{н.с} = 0,2 \cdot 8695 = 1739 \text{ руб.}$$

Основные материалы:

$$C_{ом} = \sum n_m \cdot n_m \cdot c_m \cdot k_{тз} - Q_{отх} \cdot c_{отх}$$

где $C_{ом}$ - размер затрат на основные материалы;

k - количество видов материалов;

n_m - норма расхода i -го материала (в натуральных единицах измерения) на единицу продукции, кг;

c_m - цена i -го материала за единицу продукции, руб.;

$k_{тз}$ - коэффициент транспортно - заготовительных расходов (принимается от 1,03 до 1,05);

$c_{отх}$ - количество реализуемых (возвратных) отходов

Таблица 11 – Основные материалы

Наименование и марка материала	Норма расхода, кг	Оптовая цена, руб/кг	Количество реализуемых отходов, кг	Цена реализуемых отходов, кг	Суммарные затраты на материалы, рублей
Алюминий	11.5	60	-	-	690
Смола	3	110	-	-	330

Всего затрат:

$$C_{ом} = (690,0 + 330) \cdot 1,03 = 1326 \text{ руб.}$$

Затраты на вспомогательные материалы составляют 10% от затрат на основные материалы.

$$C_{ом} = 0,1 \cdot 1326 = 132,6 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления

Износ (амортизация) оборудования, приходящийся на единицу продукции по конкретной операции, рассчитывают по формуле:

$$A = (K_{об} \cdot \mu_j \cdot a) / 100$$

где A – амортизационные отчисления, руб. шт. ;
 $K_{об}$ – балансовая стоимость оборудования, руб. ; $K_{об} = 85000$ руб.
 μ_j – коэффициент занятости оборудования изготовлением продукции
 j -го наименования $\mu_j = 0,33$;

a - 16,6 норма амортизационных отчислений, % (по нормативам отрасли);

Амортизационные отчисления:

$$A = 85000 \cdot 0,33 \cdot 0,16 = 4488 \text{ руб.}$$

Накладные расходы.

Накладные расходы представляют собой оплату труда по управлению и обслуживанию НИР. Их принимают в размере 60-80% от суммы основной и дополнительной заработной платы.

$$Зн.р = 0,65 \cdot 8695 = 5651,75 \text{ руб}$$

Расходы на командировки.

Расходы на командировки принимают равными 50% от суммы основной и дополнительной заработной платы научно-производственного персонала.

$$Зк = 8695 \cdot 0,5 = 4347,5 \text{ руб.}$$

Ввиду того, что данная работа является научно-исследовательской, ограничимся составлением сметы затрат на НИР.

Смета затрат на выполнение НИР.

<i>№ n/n</i>	<i>Наименование статьи затрат</i>	<i>Сумма, руб.</i>
1.	Основные материалы	1326
2.	Вспомогательные материалы	132,6
3.	Основная заработная плата	7246
4.	Дополнительная заработная плата	1449,2
5.	Отчисления на социальные нужды	2608,5
6.	Страхование от несчастных случаев на производстве	1739
7.	Амортизационные отчисления	4488,0
8.	Накладные расходы	5651,75
9.	Расходы на командировки	4347,5
Итого:		31517,05

7. Заключение

В ходе литературного обзора исследована структура классификации дефектов, установлена связь между технологическими параметрами и структурой дефектов.

Целью выпускной квалификационной работы были исследования макро и микроструктур алюминиевых слитков, а так же деформированного готового изделия на основе использования металлографического анализа.

В ходе выполнения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Проведен литературный обзор про методы металлографического анализа.
2. Методика металлографического анализа.
3. Выявление основных металлургических дефектов по литературному обзору .

Основные выводы выпускной квалификационной работы:

1. Металлургические дефекты связанные отклонением, от технологий литья не убираются в ходе технологической операции прессование.
2. Влияние металлургических дефектов, таких как ликвационная неоднородность и неметаллические включения, не повлияли на механические свойства готового изделия с сравнением образца взятого из нормализованной структуры слитка удовлетворяющие требованиям данного завода.
3. В соответствии с проведением мероприятиями проведен расчёт экономические затраты на исследования.

Список использованных источников

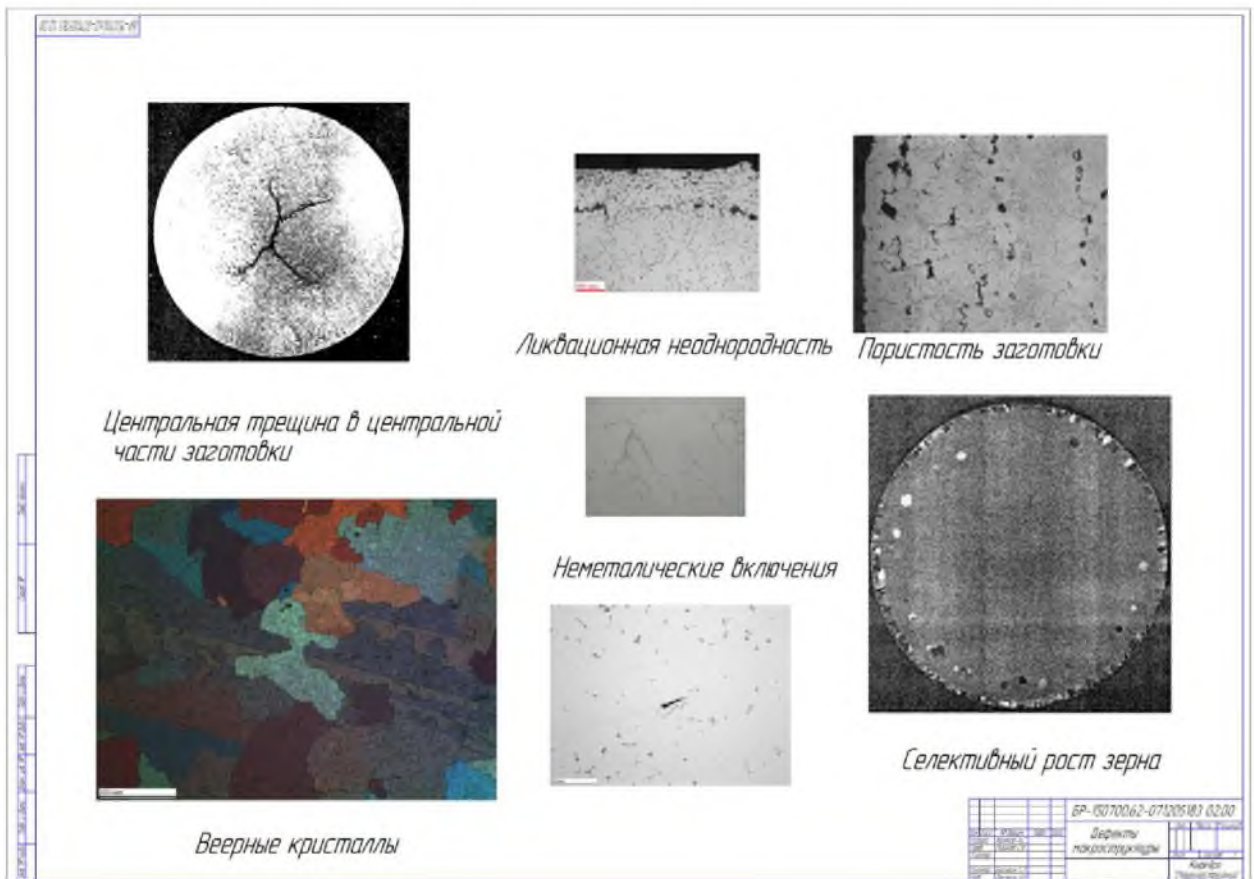
1. Технология прямого прессования алюминиевых профилей
2. М.В. Сторожев, Е.А. Попов. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб.и доп. М., "Машиностроение", 1977.
3. Данченко В.Н., Миленин А.А., Головки А.Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов. Теория и технология. Днепропетровск: ДНВП; Системные технологии; 2001. 448 с.
4. Смирнов-Аляев Г.А. Сопротивление материалов пластическому деформированию. –М.: Машгиз, 1978. – 368 с.
- Дуглас, Алтан. Конструирование и технология машиностроения. – М.: Мир, 1975, т. 97, № 1, с. 71-80.
5. Потелов, Владимир Васильевич диссертация ... доктора технических наук : 05.11.07 Москва 2009
6. Лунин, Дмитрий Юрьевич диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.07 Курск 2012
7. Гомогенизация заготовки . Данченко В.Н., Миленин А.А., Головки А.Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов
8. Выплавка сплавов алюминия - Данченко В.Н., Миленин А.А., Головки А.Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов.
9. ПРОИЗВОДСТВО ЗАГОТОВОК ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ. Данченко В.Н., Миленин А.А. ,Головки А.Н. Производство профилей из алюминиевых сплавов

Приложение 1. Графическая часть.

Лист 1. Оборудования и виды для металлографического анализа



Лист 2. Чертеж исходной заготовки и готовых изделий после прессования.



Лист 3. Структуры дефектов в алюминиевых столбах

Обозначение системы и марки сплава	Массовая доля элементов									
	Кремний	Железо	Медь	Марганец	Магний	Хром	Цинк	Титан	Алюминий	Прочие
										мг % сумма
АД31г	0,2-0,6	0,35	0,10	0,10	0,45-0,90	0,10	0,10	0,10	остальное	0,05 0,15

БР-150700.62-071205183 03/00
Чертеж заготовки и профиля
Академический институт

Лист 4. Дефекты макроструктуры алюминиевых сплавов по опытным данным.

Структура алюминиевого слитка АД31 без дефектов

Структура алюминиевого слитка АД31 с дефектом
Ликвационная неоднородность

Структура алюминиевого слитка АД31 с дефектом
Неметаллические включения

Макроструктура алюминиевого слитка АД31 без дефектов (50x - середина)

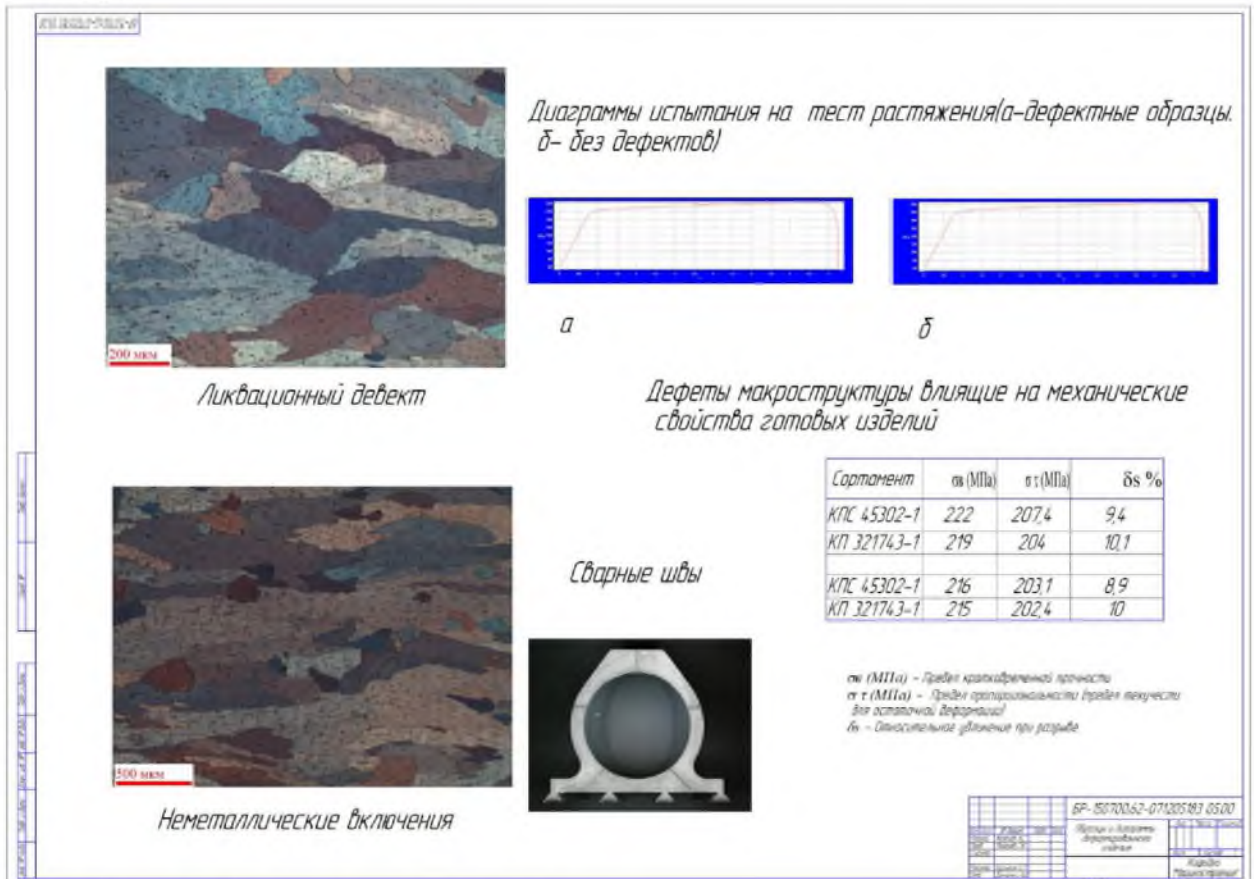
Макроструктура алюминиевого слитка АД31 с дефектом (100x - середина)

Макроструктура алюминиевого слитка АД31 без дефектов (50x - периферия)

Макроструктура алюминиевого слитка АД31
Ликвационная неоднородность (100x - периферия)

БР-150700.62-071205183 04/00
Образцы слитков из разных партий
Академический институт

Лист 5. Дефекты деформационной структуры по опытным данным.
Выводы.



Лист 6. Смета затрат на НИР

