


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


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

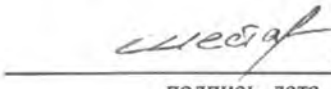
Бакалаврская работа

150700.62 - «Машины и технология обработки металлов давлением»
«Повышение эффективности технологии изготовления алюминиевого
профиля от снижения потерь от брака на прессовом участке ОА О ЛПЗ
«СЕГАЛ»»

Научный руководитель


27.06.16 С.В. Мишнёв
подпись, дата

Выпускник



27.06.16 С.В. Шестаков
подпись, дата

Красноярск 2016

Продолжение титульного листа БР по теме: «Повышение эффективности технологии изготовления алюминиевых профилей от снижения потерь от брака на прессовом участке ООО ЛПЗ «СЕГАЛ»»

Консультанты по
разделам:

Экономическая часть


подпись, дата

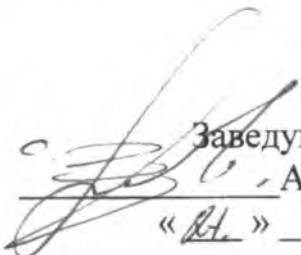
Демченко А.И.

Нормоконтролер


подпись, дата

Бусыгин С.Л.

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

 УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
А.И. Демченко
«11» 03 2016 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме Бакалаврской работы

Студенту _____ Шестаков Семен Вячеславович _____

Группа _____ МТ12-026 _____ Специальность _____ 150700.62 _____

«Машины и технология обработки металлов давлением»

Тема дипломной работы:

«Повышение эффективности технологии изготовления алюминиевого профиля от снижения потерь от брака на прессовом участке ООО ЛПЗ «СЕГАЛ»»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

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

Исходные данные для ВКР:

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., Головкин 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.

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР):

1. Введение.
2. Технологическая часть.
3. Специальная часть.
4. Экономическая часть
5. Литература

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

Лист 1. Продукция СЕГАЛ. Виды профиля

Лист 2. Классификация дефектов

Лист 3. Технологические параметры

Лист 4. Металлургические дефекты

Лист 5. Поверхностные дефекты

Лист 6. Дефекты геометрии профилей

Лист 7. Дефекты термической обработки

Лист 8. Технологические параметры и оборудование

Лист 9. Статистика брака на ЛПЗ «СЕГАЛ»

Лист 10. Расчёт экономической эффективности

Оглавление

Реферат	7
1 Введение.....	8
1.1 Крупнейшие производители алюминия в мире	9
1.2 Спрос	13
1.3 Потребление алюминия по отраслям.....	14
2 Общие сведения о компании Сиал	16
2.1 Основные источники сырья и главные потребители продукции.....	17
3 Технологическая часть.	22
3.1 Дефекты полуфабрикатов литейного и кузнечно-прессового производства.....	22
3.2 Дефекты деформационного происхождения.....	26
3.3 Дефекты литейно-деформационного происхождения.....	30
3.4 Дефекты термической обработки	36
3.5 Дефекты профилей, возникающие при прессовании и термообработке	39
3.5.1 <i>Металлургические дефекты</i>	39
3.5.2 <i>Поверхностные дефекты</i>	49
3.5.3 <i>Дефекты геометрии профилей</i>	51
3.5.4 <i>Дефекты термической обработки</i>	51
3.6 Система управления качеством профилей	55
4 Специальная часть	66
4.1 Основные виды дефектов при производстве алюминиевых профилей на примере ООО «ЛПЗ Сегал».....	66
4.2 Методы борьбы с дефектами.	Ошибка! Закладка не определена.
4.2.1 <i>Правка профилей растяжением</i> Ошибка! Закладка не определена.	
4.2.2 <i>Использование смазок и чистка контейнера</i> Ошибка! Закладка не определена.	
4.2.3 <i>Обработка поверхности профилей</i>	68
5 Экономическая часть.....	82
5.1 Статистика брака на производстве	82
5.2 Расчет экономической эффективности.....	82
Заключение	85
Список использованных источников	86

Реферат

Содержание бакалаврской работы включает в себя 101 страниц пояснительной записки и 10 листов графической части, представленные на формате А1. Задачами выпускной квалифицированной работы являются литературный обзор дефектов алюминиевых профилей и их классификации; проведение обзора по влиянию технологических параметров на структуру классификации дефектов алюминиевых профилей, а также разработка мероприятий по борьбе с дефектами при производстве алюминиевых профилей.

Актуальность выпускной квалификационной работы обусловлена фактором научно-технического прогресса, в результате которого происходит процесс модернизации и обновления выпускаемой продукции, развиваются формы организации производства, совершенствуются технология и управление производством.

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

1 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 необходимом 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.

1.1 Крупнейшие производители алюминия в мире

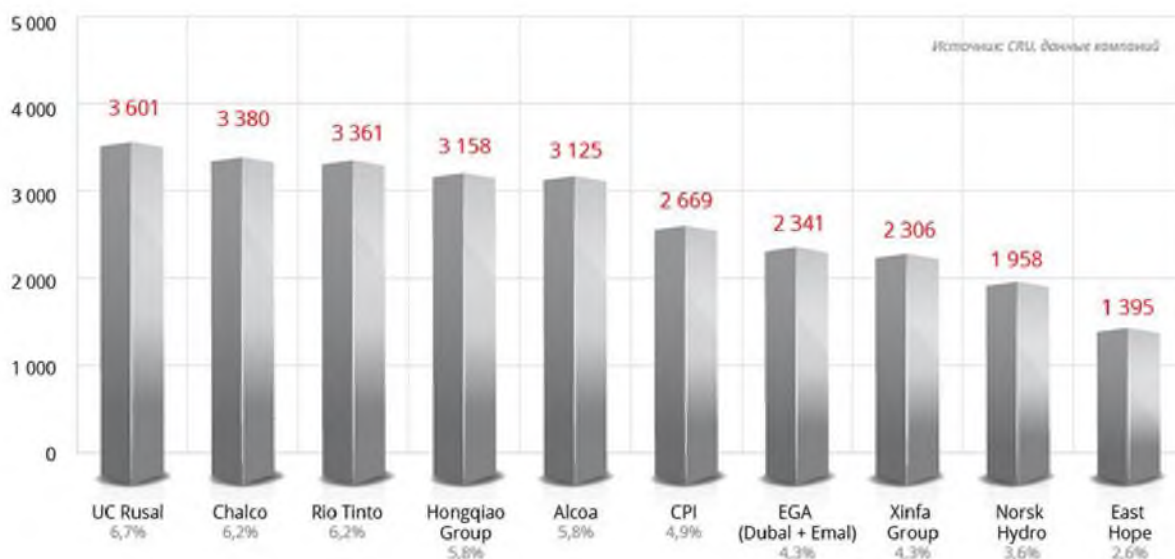


Рисунок 2 - Крупнейшие производители алюминия



На сегодняшний день крупнейшим производителем первичного алюминия в мире 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.

RioTinto

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.



Западную Европу в топ-листе производителей представляет норвежская Hydro. Компания тоже имеет более чем столетнюю историю: она была основана в 1905 году изначально для реализации проектов в гидроэнергетике и с тех пор выросла в крупный международный энергометаллургический холдинг.

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 машиностроении

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.

1.2 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.

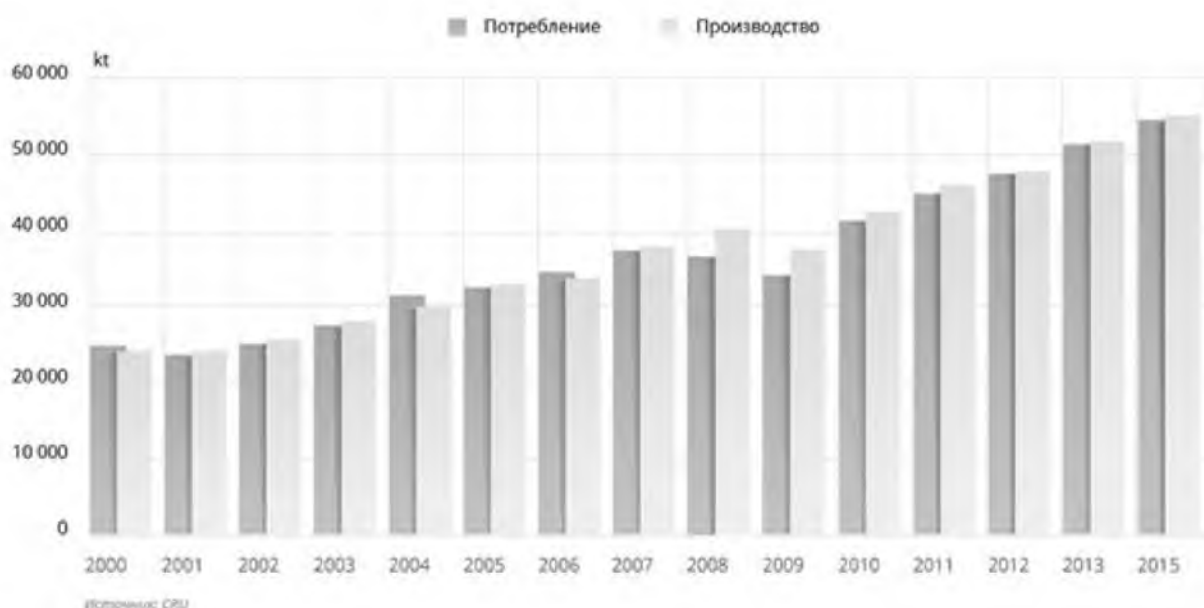


Рисунок 4 - Производство и потребление алюминия в мире

Вместе с тем рост потребления алюминия 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.

1.3 Потребление алюминия по отраслям

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

отдели, 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.

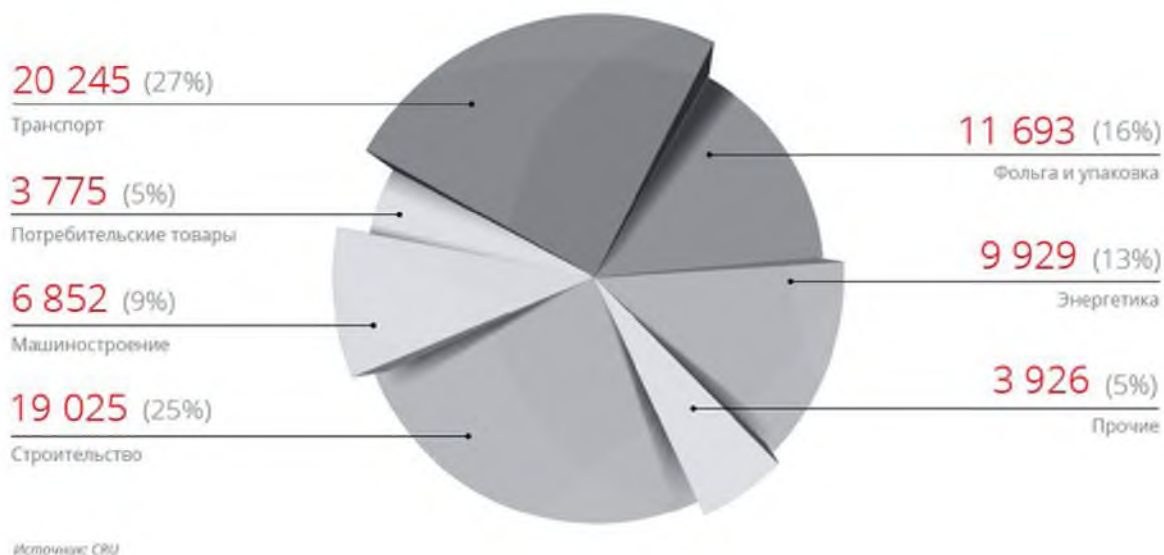


Рисунок 5 - Статистика потребления

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.

2 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 «КраАЗ», 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.

2.1 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 выплаваемого 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.

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 перепад 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:

-пресс усилием 2750-3(был открыт 1994г)

-пресс усилием 1200(был открыт 1999г)

-пресс усилием 2500(был открыт 1999г)

-пресс усилием 2150(был открыт 2012г)

-пресс усилием 2750-5(был открыт 2013г)

-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 станка 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 (PP, 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.

3 Технологическая часть.

3.1 Дефекты полуфабрикатов литейного и кузнечно-прессового производства

Шлаковые включения.

Шлаковые включения, попавшие в плоскость макрошлифа или излома слитка, имеют вид инородных вкраплений темного цвета. Размеры этих включений в слитках в направлении максимальной протяженности могут достигать нескольких миллиметров, однако более 5 мм встречаются редко.



Рисунок 6 - Шлаковые включения в изломе разрывного образца штамповки из сплава АК6

Включения в процессе деформирования при течении металла могут вытягиваться.

Внешний вид шлаковых включений в изломе разрывного образца штамповки из сплава АК6 показан на рис. 6. В данном случае включения не претерпели существенных изменений в процессе деформирования и выглядят так же, как и в изломе слитка.

Эффективным методом предупреждения попадания шлаковых включений в слиток является рафинирование расплава при транспортировке его из миксера в кристаллизатор [1].

Неметаллические включения.

Включения интерметаллидов представляют собой скопления первичных соединений алюминия с железом, никелем, хромом, титаном, марганцем, цирконием и другими металлами.

Обладая высокой твердостью, скопления интерметаллических включений не претерпевают существенных изменений при деформировании ковкой или штамповкой. В сильно деформированных участках включения могут вытянуться в цепочку (рис. 7). На макрошлифах или окончательно обработанных деталях они выглядят в виде локальных или вытянутых в цепочку скоплений темных точечных включений, а в изломе иногда может сохраниться их первоначальное кристаллическое строение.

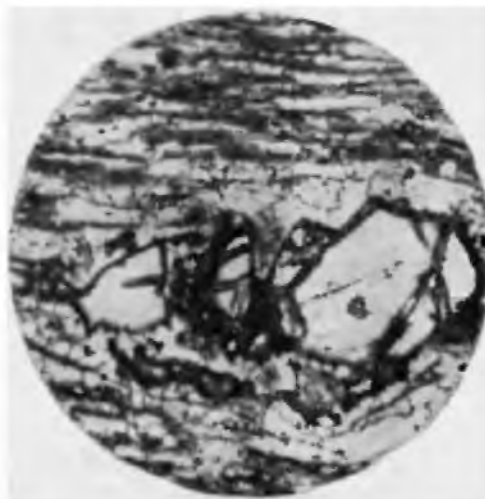


Рисунок 7 - Микроструктура штамповки из сплава В96ц с включениями интерметаллидов

Крупные скопления включений интерметаллидов, вышедшие на поверхность

штамповки, в местах с большой вытяжкой при деформировании могут привести к вспучиванию металла и его отслоению (рис. XX.3). Включения интерметаллидов значительно снижают механические свойства поковок и штамповок.

Меры по предупреждению образования включений интерметаллидов - ограничение содержания основных легирующих компонентов и примесей , а также подогрев литейного инструмента [2].

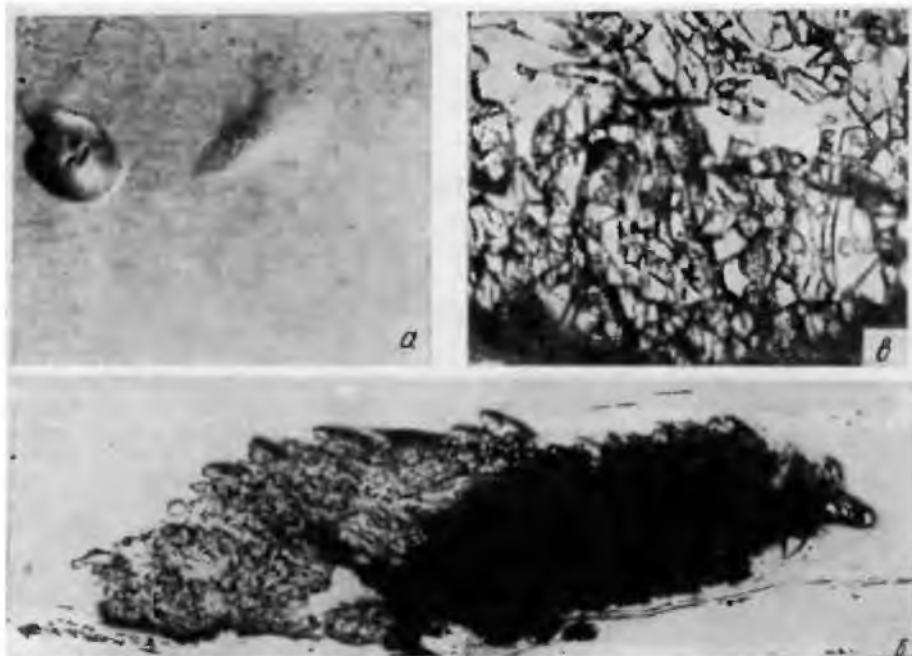


Рисунок 8 - Отслоение металла в зоне крупного скопления включений интерметаллидов на поверхности штамповки из сплава В96ц-3

Поверхностные трещины на поковках.

В процессе изготовления поковок на их поверхности могут образоваться трещины.

При большой глубине распространения трещин поковки, как правило, бракуют, а при незначительной - удаляют путем зачистки.

Причинами образования поверхностных трещин являются:

а) низкая пластичность слитка, обусловленная повышенной газонасыщенностью сплава, наличием примеси натрия, в особенности в сплавах с высоким содержанием магния (АМг5, АМг6) и разнотернистостью, в частности наличием веерной структуры (последняя наиболее часто наблюдается в слитках сплавов АМг6, В93, В95);

б) плохое состояние поверхности слитка - наличие на поверхности неслитин (рис. XX.4), ликватов, продольных мелких трещин, что особенно характерно для слитков сплава ВД17, неровностей от реза пилы.



Рисунок 9 - Макроструктура поковки из сплава типа АК6 с поверхностной трещиной, образовавшейся по месту расположения неслитины в слитке

Меры по предупреждению образования поверхностных трещин: снижение газонасыщенности, устранение веерной структуры, например, путем перемешивания жидкого металла в кристаллизаторе с помощью электромагнитного поля, снижение содержания натрия в сплавах АМг5, АМг6 обработкой расплава карналитовым флюсом, обточка слитков с расчетом, чтобы все дефекты были удалены с поверхности слитка.

3.2 Дефекты деформационного происхождения

Смещения.

Этот вид дефекта представляет собой искажение формы и размеров штамповки за счет смещения по плоскости разъема штампа одной части штамповки, формирующейся в верхней половине штампа, относительно другой части штамповки, формирующейся в нижней половине штампа. Возникают смещения при отсутствии достаточно точной фиксации одной половины штампа относительно другой. Неполное совпадение половин штампа происходит в связи с износом замков или других фиксирующих устройств штампов.

Прострелы.

Прострелы образуются в результате интенсивного течения металла в облой (или другую полость) у основания конструктивных элементов: ребер, бобышек, выступов, полок и обнаруживаются на макрошлифах (рис. 10).



Рисунок 10 - Макроструктура штамповки из сплава Д16ч с прострелом

В зоне расположения прострела наблюдается четкая структурная граница между слоями металла, интенсивно истекающими в облой и представляющими собой, как правило, грубо рекристаллизованную зону, и слоями, заторможенными гравюрой штампа, т. е. так называемой застойной зоной. Последняя имеет, в основном, однородную мелкозернистую

структуру. Как правило, в зоне расположения прострела наблюдается нарушение сплошности металла (рис. 11).



Рисунок 11 - Нарушение сплошности металла в зоне расположения прострела у штамповки из сплава АК6

Прострелы образуются, если имеется большой избыток металла при оформлении штамповки и его неправильное распределение в объеме штампов на предварительных переходах, а также при обильной смазке.

Основные меры по предупреждению образования прострелов:

- а) правильное проектирование переходных штампов, обеспечивающее необходимое распределение металла по сечению штамповки и удаление избытка металла;
- б) качественное нанесение смазки, желательно механизированное;
- в) правильный выбор радиусов сопряжений ребер (бобышек, выступов, полук) с полотном, расстояний между ребрами

Зажимы.

Зажимы обнаруживаются на поверхности поковок и штамповок и представляют собой местные несплошности металла, образующиеся в момент деформации, когда отдельные выступающие участки металла не растекаются под давлением инструмента, а приминаются к поверхности детали (Рис. 12).



Рисунок 12 - Поверхностные (а) и внутренние (б) зажимы на поковке

Зажимы на поковках появляются при наличии на поверхности острых выступов, глубоких впадин (забоин, вмятин, следов от керна, зачистки или захвата манипулятора), поверхностных трещин, а также при малых радиусах закругления ковочных бойков; на штамповках при нарушении геометрических соотношений между отдельными элементами ручья в заготовительных, предварительных и окончательных штампах, а также при наличии на поверхности острых выступов, глубоких впадин, поверхностных трещин.

Для предупреждения образования зажимов необходима тщательная зачистка углублений на торцах слитков, образовавшихся при обточке слитков, глубоких забоин, вмятин и трещин, а также соблюдение необходимых геометрических соотношений между отдельными элементами ручья в заготовительных, предварительных и окончательных штампах.

Внутренние трещины.

При определенных условиях деформирования в поковках могут образоваться внутренние (глубокие) трещины, которые располагаются внутри и не выходят на их поверхность (рис. 13). Эти трещины можно обнаружить на макрошлифах, а также с помощью ультразвукового и рентгеновского методов контроля.



Рисунок 13 - Внутренняя трещина в поковке из сплава АК8

Причины образования внутренних трещин:

1. Неравномерность деформации, имеющая место в особенности при изготовлении квадратных поковок на плоских бойках с применением кантовок на 90° после каждого обжатия [3]; трещины располагаются по «ковочному кресту», где неравномерность деформации достигает наибольшего значения.

2. Чрезмерно быстрый нагрев заготовки под ковку, когда наружный слой заготовки успевает нагреться до температуры печи, а середина остается еще холодной; в таком случае наружные слои металла расширяются больше, чем внутренние, в результате чего в середине заготовки создаются большие внутренние напряжения и заготовка разрушается.

3. Неполный прогрев заготовки на всю толщину, в результате чего в середине металл менее пластичен, чем снаружи.

Для предупреждения образования внутренних трещин необходимо применять правильные приемыковки, обеспечивающие более равномерную деформацию (применение степеней деформации не выше допустимых для данного сплава, обкатка со степенью деформации не выше 30% и др.), а также правильный нагрев заготовок перед ковкой.

3.3 Дефекты литейно-деформационного происхождения

Расслоения.

Расслоения в поковках и штамповках из алюминиевых деформируемых сплавов являются распространенным видом брака и представляют собой местные несплошности металла типа трещин. Эти дефекты резко снижают механические свойства (как правило, относительное удлинение), а также характеристики конструкционной прочности (пороговые значения сопротивления коррозионному растрескиванию, мало-, многоцикловую, усталость и др.) поперек направления волокна по толщине.

Расслоения появляются в строго определенной зоне, соответствующей максимальному течению металла при деформации, и возникают в местах сочетания высоких растягивающих напряжений и пониженной пластичности металла. Источниками снижения пластичности металла могут быть любые дефекты слитка или его структурные особенности.

Рассмотрим типичные виды расслоений, способы их обнаружения, источники возникновения и методы устранения [4].

Макронесплошности.

Макронесплошности обнаруживаются на макрошлифах в виде отдельных штрихов в зоне, имеющей сильно вытянутую волокнистую структуру; располагаются они точно по направлению течения металла (рис.14, 15).



Рисунок 14 - Макроструктура штамповки из алюминиевого сплава с макронесплошностями

В изломах изделий в плоскости, параллельной плоскости бойков и разъема штампов, макронесплошности выявляются в виде плоских притертых площадок самой разнообразной формы - от узких полосок до кругов площадью от нескольких долей квадратного миллиметра до нескольких десятков квадратных миллиметров (рис. 16). Площадки имеют различные цвета. В основном они блестящие и резко выделяются на сером фоне излома. Сравнительно редко встречаются дефекты темно-серого цвета с желтоватым или коричневым оттенком (рис. 17). Макронесплошности имеют раскрытие более 5 мм и хорошо обнаруживаются при ультразвуковом контроле [5].

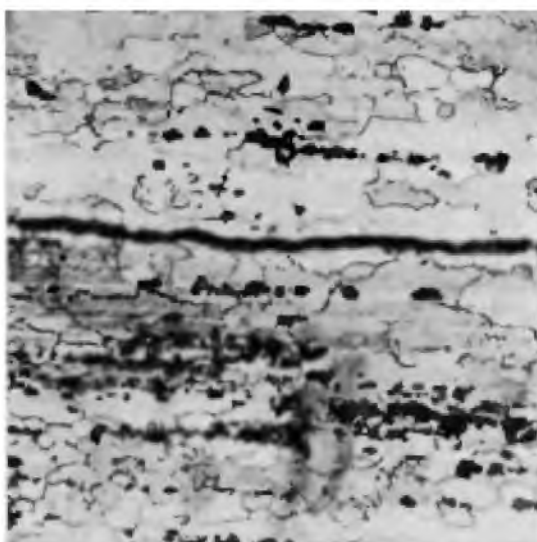


Рисунок 15 - Микроструктура штамповки из алюминиевого сплава с макронесплошностями

Имеются два источника возникновения макронесплошностей - окисные пленки, гидратированные или связанные с водородом, и поры в слитке, возникшие на частицах окислов или путем заполнения усадочных пор водородом. Макронесплошности почти всегда связаны с наличием водорода в металле.

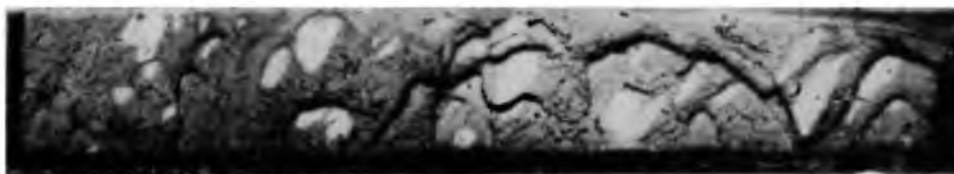


Рисунок 16 - Характерный вид излома штамповки из алюминиевого сплава с макронесплошностями блестящего цвета

Снижение содержания водорода и уменьшение загрязненности сплава окисными включениями являются главными средствами уменьшения пораженности поковок и штамповок макронесплошностями.



Рисунок 17 - Излом разрывного образца поковки сплава АМг6 с макронесплошностями темно-серого цвета с желтоватым оттенком

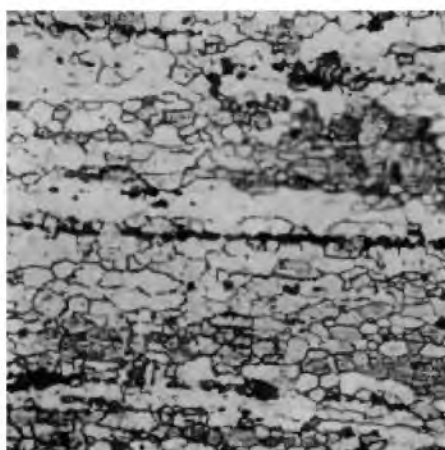


Рисунок 18 - Микроструктура штамповки из алюминиевого сплава с микронесплошностями

Повышению чистоты металла по неметаллическим и газовым примесям способствуют: вакуумирование расплава, непрерывное рафинирование расплава в струе при переливе из миксера в кристаллизатор, увеличение интенсивности охлаждения и направленности охлаждения при кристаллизации слитка, продувка расплава нейтральными газами, фильтрация через кусковые фильтры из корунда и ряд других мер.

При обработке давлением необходимо стремиться к более равномерной деформации и уменьшению локальных растягивающих напряжений в металле. Этому способствуют: применение прессов вместо молотов, осадка заготовок в закрытых штампах, снижение температуры и скорости деформации, уменьшение контактного трения, подпрессовка заготовок в закрытом контейнере и пр.

Микронесплошности.

Наряду с макронесплошностями, легко обнаруживаемыми ультразвуком и имеющих большое раскрытие и блестящую поверхность, в поковках и штамповках имеется большое количество более мелких (площадью 0.1-1 мм²), менее изученных дефектов, представляющих собой прерывистые волосообразные (в сечении) несплошности. Эти дефекты являются более тонкими расслоениями, которые состоят из отдельных участков, разъединенных неповрежденным металлом, расположенных цепочкой в направлении деформации (рис. 18). Такие расслоения имеют очень малое раскрытие (менее 5 мкм) и практически не обнаруживаются на макрошлифах при ультразвуковом контроле.



Рисунок 19 - Характерный вид излома поковок из алюминиевых сплавов с микронесплошностями серого цвета

Они выявляются в изломах в виде плоских площадок серого цвета, мало отличающегося от цвета остальной поверхности излома (рис. 19, 20). В ряде случаев в отдельных участках на матовой серой поверхности расслоений появляются блестящие площадки (рис. 21). Возникновению каждой такой площадки предшествует образование расслоения серого цвета.



Рисунок 20 - Излом разрывных образцов поковок из сплава АК6 с микронесплошностями серого цвета

Блестящие площадки появляются после сильной пластической деформации в местах наибольшего трения металла и наблюдаются в основном в штамповках, полученных за несколько технологических переходов, а также в поковках, изготовленных по сложным схемамковки.

Образование микронесплошностей связано с концентрационной (структурной) неоднородностью, возникающей в алюминиевых сплавах при добавке в них переходных металлов (Mg, Cr, Zr, V и др.) [6]. Неравномерно выделившиеся из пересыщенного твердого раствора дисперсные интерметаллидные фазы переходных металлов усиливают склонность сплава к образованию микронесплошностей при поковке и штамповке.

Для предупреждения образования микронесплошностей необходимо стремиться к снижению концентрационной (структурной) неоднородности, т. е. к более равномерному распределению дисперсных интерметаллидных фаз переходных металлов по объему матрицы. Для этого необходимо:

а) поддерживать содержание переходных металлов ближе к нижнему пределу по ГОСТ. ОСТ;

б) легировать сплавы двумя переходными металлами, имеющими разный характер ликвации, например марганцем, дисперсные интерметаллидные фазы которого выделяются в периферийных объемах дендритов, и металлом, интерметаллидные фазы которого выделяются в центральных объемах (Cr, Zr, V, Ti) [7].

в) использовать при изготовлении поковок и штамповок слитки большего диаметра (например, 550 мм вместо 240-390 мм), в которых степень развития концентральной неоднородности меньше вследствие уменьшения скорости кристаллизации;

г) применять межоперационную термомеханическую обработку при изготовлении поковок и штамповок.

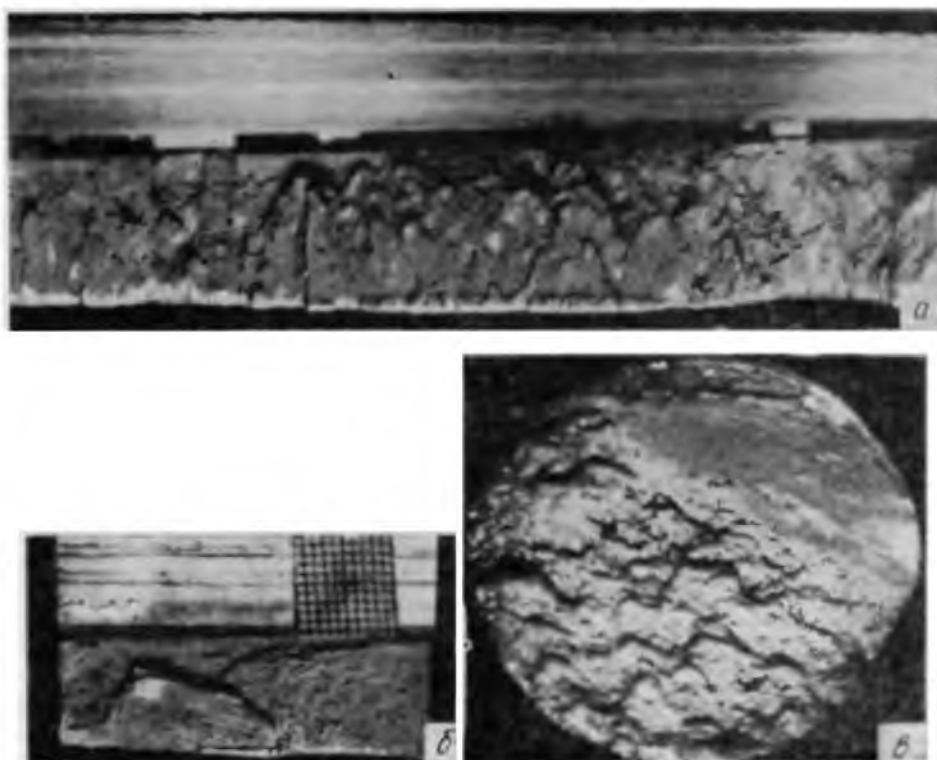


Рисунок 21 - Блестящие площадки на матовой серой поверхности микронесплошностей в изломах:

- а) – поковки из сплава АК6, изготовленной по четвертой схеме;
- б) – штамповки из сплава АК6
- в) Разрывного образца из штамповки из сплава АК6

3.4 Дефекты термической обработки

Пережог.

Пережог кованных и штампованных изделий возникает при термической обработке и связан с тем, что температура нагрева под закалку близка к температуре плавления эвтектики. Незначительный перегрев металла может привести к пережогу.

На начальной стадии пережог обычно внешне не проявляется. Иногда можно наблюдать снижение относительного удлинения сплавов. В этом случае пережог может быть определен только путем исследования

микроструктуры. На более поздних стадиях он может проявляться внешне в виде потемнения поверхности, образования пузырей или трещин.

Пережог поковок и штамповок из алюминиевых сплавов является недопустимым дефектом, так как может вызвать снижение механических и конструктивных свойств сплава. Этот дефект неисправим, поэтому все поковки и штамповки, у которых обнаружен пережог, бракуют.

Как правило, пережог получается при проведении окончательной термической обработки, когда по каким-либо причинам завышают температуру нагрева под закалку. Однако бывают случаи перегрева и возникновения связанного с этим пережога при нагревах под обработку давлением. Если при этом последующее деформирование проводят с малыми степенями деформации, то возникший пережог может сохраниться при больших степенях деформации прослойки оплавившейся эвтектики, залегающие по границам зерен, разрушаются, и дефект устраняется. В практике металлургического производства этим, однако, никогда не пользуются и при обнаружении пережога на любой стадии изготовления все заготовки или готовые поковки и штамповки, как правило, бракуют.

Закалочные трещины.

Закалочные трещины появляются вследствие очень резкого охлаждения изделия в холодной воде (из-за возникающих значительных внутренних напряжений) либо при сильном перегреве металла. Как правило, закалочные трещины возникают в массивных частях штамповок сложной конфигурации и не выходят на их поверхность. Последнее обстоятельство связано с тем, что очаг зарождения трещины находится в центральной зоне штамповки, где температура металла относительно высокая, а временное сопротивление металла сравнительно низкое. В первый момент образования трещины происходит резкое снижение растягивающих напряжений, которые становятся неспособными разрушить металл в поверхностной зоне штамповки, где он к тому же имеет более низкую температуру, а следовательно, и более высокие значения временного сопротивления. Вид

внутренних закалочных трещин на поперечном шлифе штамповки, из сплава АК8 показан на рис. 22.

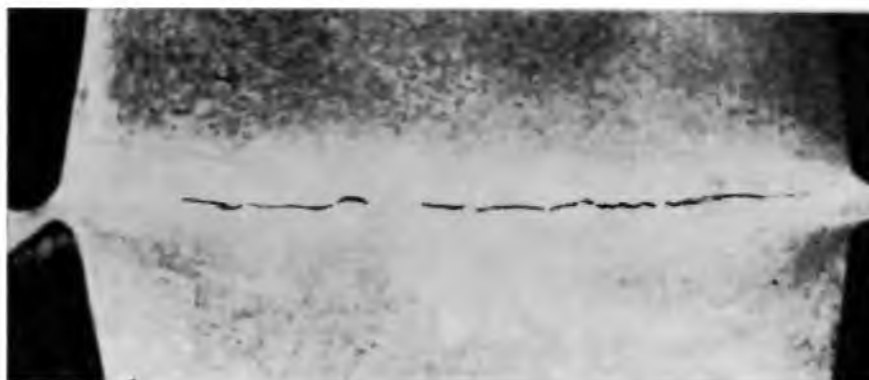


Рисунок 22 - Закалочная трещина в штамповке из сплава АК8

Внутренние закалочные трещины в штамповках, являясь скрытым дефектом, могут быть обнаружены при контроле ультразвуковым методом.

Так как меры борьбы с возникновением внутренних напряжений при закалке ограничены и не всегда эффективны, при проектировании штамповок необходимо избегать мест с резкими изменениями объемов металла.

Растравливание поверхности.

Растравливание поверхности по границам зерен (рис. 23), встречающееся чаще всего на штамповках из сплавов АК8 и АК8, является результатом взаимодействия водяных паров из атмосферы печи с металлом при нагреве под закалку.

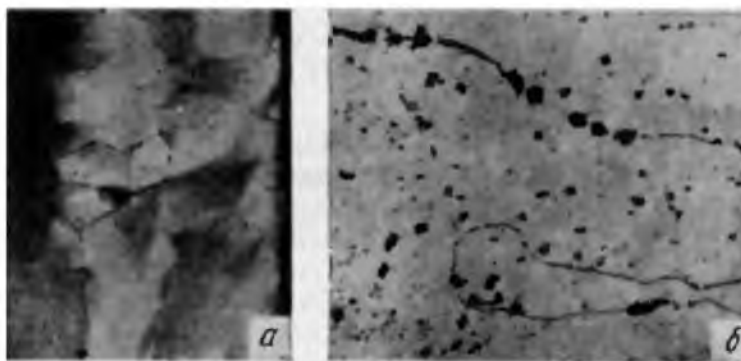


Рисунок 23 - Растравливание границ зерен штамповки из сплава АК8:

- а) – «растрав» на поверхности
- б) – микроструктура на участке «растрава»

Вследствие этого металл насыщается водородом, который в процессе Рекристаллизации оттесняется на границы растущих зерен и образует микроскопическую пористость вдоль границ. При обычном травлении штамповок в растворе щелочи границы зерен также растравливаются. Этот вид дефекта является окончательным браком, так как свидетельствует о большой газонасыщенности сплава.

3.5 Дефекты профилей, возникающие при прессовании и термообработке

3.5.1 Металлургические дефекты

Все дефекты прессового происхождения, можно разделить на две группы.

К первой группе относятся дефекты, образующиеся при деформации слитка в контейнере:

- дефекты, возникающие вследствие неравномерного характера течения металла (формирование потенциального объема крупнокристаллического ободка; образование утяжин, наслоений, запрессовок);

- дефекты, возникающие в результате попадания в полость контейнера воздуха, технологической смазки либо других загрязнений, приводящих к появлению пузырей и отслоений.

Ко второй группе относятся дефекты, образующиеся непосредственно в канале матрицы и при выходе из нее. Такими дефектами являются трещины типа "ерш", подкорковые елочные и локальные в зоне затрудненной деформации.

Крупнокристаллический ободок (ККО).

ККО может образовываться в периферийной зоне пресс-изделий (рис. 24) [6]. В большинстве случаев крупнокристаллический ободок проявляется после нагрева под закалку. Однако он может обнаруживаться и на термически необработанных полуфабрикатах под действием повышенной температуры при истечении через канал матрицы и последующем медленном охлаждении на воздухе. Наиболее подвержены такому дефекту сплавы АК4, АК4-1, В93 и иногда АМг2, АМг3.

Таблица 1 - Виды обработки термически упрочняемых сплавов

Обозначения по			Термообработка и особенности
ГОСТ 8617-81	ДСТУ Б В.2.6-3-95	АА	
без доп. знаков	без доп. знаков	F	Без дополнительной обработки. Степень нагартовки, качество термообработки и механические свойства не контролируются. Отливки в литом состоянии.
M	-	O	Отжиг (исключительно деформированных полуфабрикатов)
-	-	W	Закаленное состояние, нестабильное. Этой обработке подвергаются только естественно стареющие сплавы. Обозначение конкретизируется указанием длительности естественного старения, например W (0,5 ч)
T4	-	T1	Не полностью закаленные и естественно состаренные полуфабрикаты, в которых частичное растворение легирующих элементов происходит в процессе изготовления при повышенных температурах и фиксируется быстрым охлаждением.
-	-	T2	Отжиг (исключительно отливок) для улучшения пластичности и повышения стабильности размеров.
T	T	T3*	Закалка, холодная деформация и естественное старение. Холодная деформация после закалки для повышения прочностных характеристик или правка, влияние которой оговаривается в технической документации. Степень холодной деформации обозначается второй цифрой**.

Обозначения по			Термообработка и особенности
ГОСТ 8617-81	ДСТУ Б В.2.6-3-95	АА	
T	T	T4	Закалка и естественное старение. Холодная деформация после закалки отсутствует или влияние правки не оговаривается в документации.
T5	T5	T5	Не полностью закаленные и искусственно состаренные. Термообработка полуфабрикатов, изготавливаемых при повышенных температурах с последующим быстрым охлаждением с целью повышения прочности или стабильности размеров.
T1	T1	T6	Закалка и искусственное старение. Холодная деформация после закалки отсутствует или влияние правки не указано в технической документации.
-	-	T7	Закалка и перестаривание. Обеспечивает получение свойств за максимумом прочности на кривой старения с целью достижения стабильности размеров, более низкого уровня остаточных напряжений или повышенной коррозионной стойкости.
T1	T1	T8	Закалка, холодная деформация и искусственное старение. Холодная деформация с целью повышения прочности или правка, влияние которой оговаривается в технической документации. Степень холодной деформации обозначается второй цифрой**.
-	-	T9	Закалка, искусственное старение и холодная деформация. Холодная деформация для повышения прочности является конечной операцией.
-	-	T10	Неполная закалка, искусственное старение и холодная деформация. Обработка полуфабрикатов, изготовленных при повышенных температурах с последующим быстрым охлаждением, с целью повышения прочности.

*Между операциями, входящими в обработки от T3 до T10, может происходить естественное старение, продолжительность которого в ряде случаев должна контролироваться.

**Только для обозначений по Алюминиевой Ассоциации.

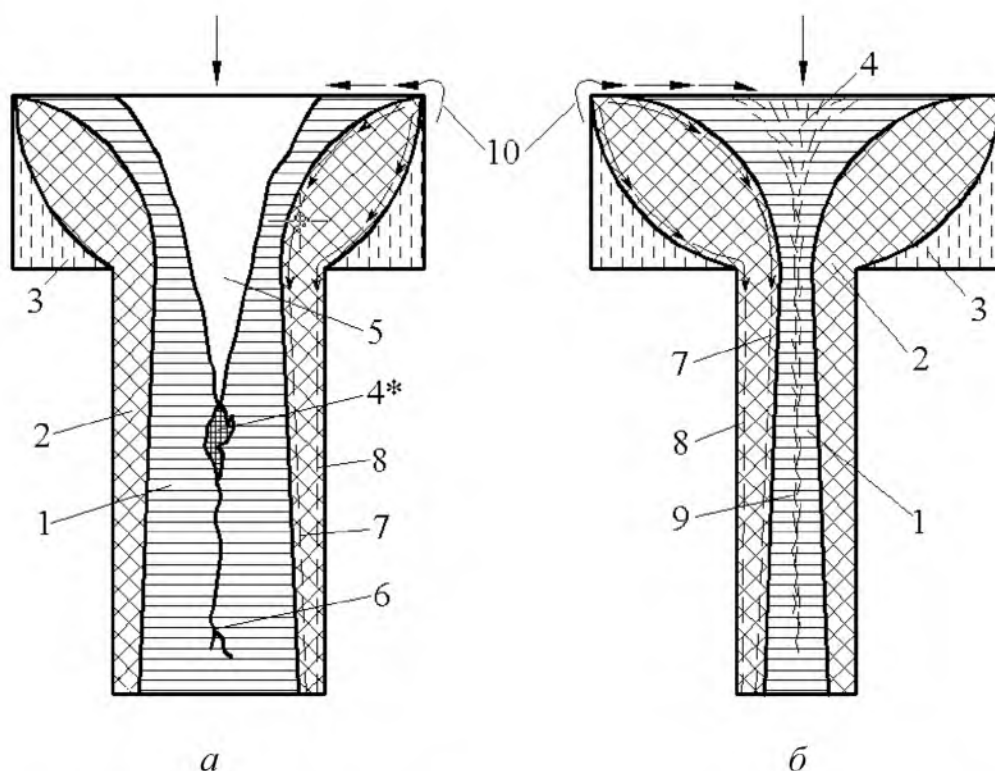


Рисунок 24 - Схема истечения металла из контейнера при прямом прессовании без смазки и образования дефектов прессового происхождения: *a* - $\lambda \leq 10 \div 15$; *б* - $\lambda > 15 \div 20$; 1 - центральный объем; 2 - потенциальная зона ободка; 3 - мертвый объем у матрицы; 4 - мертвый объем у пресс-шайбы; 4* - утяжина первого вида (центральная), запрессовка мертвого объема от пресс-шайбы; 5 - утяжина первого вида (воронкообразная); 6 - утяжина первого вида (глубинные окончания воронок); 7 - утяжина второго вида; 8 - наслоение; 9 - утяжина первого вида (центральная от внедрения загрязнений); 10 - направление течения поверхностных слоев слитка (показано стрелками)

Наличие такого ободка нежелательно из-за снижения прочностных свойств и ухудшения внешнего вида при анодировании. ККО представляет переходную область от зоны, подверженной влиянию интенсивной сдвиговой деформации, где протекает рекристаллизация, к зоне с меньшей неоднородностью структуры [100]. Как правило, ККО располагается симметрично в виде кольцевой зоны по всему периметру пресс-изделия (рис.

25,а) и вырастает от переднего к утяжинному концу. При асимметричном расположении каналов матрицы ККО в сечении изделия располагается с одной стороны в виде "полумесяца" или "подковы", обращенных в направлении втулки контейнера (рис. 25,б).

С целью устранения ККО может проводиться [6]:

- корректировка химического состава в пределах их стандарта;
- увеличение в несколько раз времени гомогенизации слитка.

Применение высокотемпературной гомогенизации нежелательно, т.к. такая термообработка вызывает интенсивную гетерогенизацию с выделением вторичных интерметаллидов переходных металлов;

- повышение температуры прессования. Благодаря повышению пластичности металла и снижению энергии, затрачиваемой на деформацию отдельных кристаллитов, возрастает температура начала рекристаллизации, и частично или полностью устраняется грубозернистая структура рекристаллизации в потенциальной зоне ободка;

- снижение температуры нагрева под закалку.

Утяжины.

Утяжины образуются в заднем конце прутка или профиля вследствие неравномерного течения металла по сечению заготовки, когда имеет место опережение центральных слоев относительно периферийных.

Утяжина первого вида имеет воронкообразную форму. Образуется она при прессовании с коэффициентом вытяжки менее 10-15 (рис. 26,а), когда мертвый объем у пресс-шайбы вовлекается в истечение центральным объемом до начала образования воронки.

Утяжина второго вида образуется при прессовании с коэффициентом вытяжки 15-25 и более в результате вихревого течения металла вдоль пресс-шайбы на завершающей стадии процесса (см. стрелки на рис. 24). Глубина ее распространения может достигать 1/3 длины пресс-изделия. Такая утяжина обычно повторяет конфигурацию пресс-изделия (рис. 26,б) и часто бывает пораженной расслоениями, сплошными или прерывистыми, как правило,

многослойными. В отличие от наслоения, располагающегося практически на одной глубине от поверхности, глубина залегания утяжин второго вида все более увеличивается по мере продвижения к заднему концу.

Наслоения.

Под наслоениями в пресс-изделиях подразумевают поверхностные макро- и микронесплошности. Глубина их залегания обычно составляет от сотых долей до нескольких миллиметров [6]. Наслоения иногда классифицируют как утяжину третьего вида или боковую утяжину. Наслоения первой группы визуально выявляются в виде местных вспучиваний и пленистых отслоений (рис. 27,*а*). Ко второй группе относятся наслоения, выявляемые только при макро- и микроанализе образцов пресс-изделий (рис. 27,*б*).

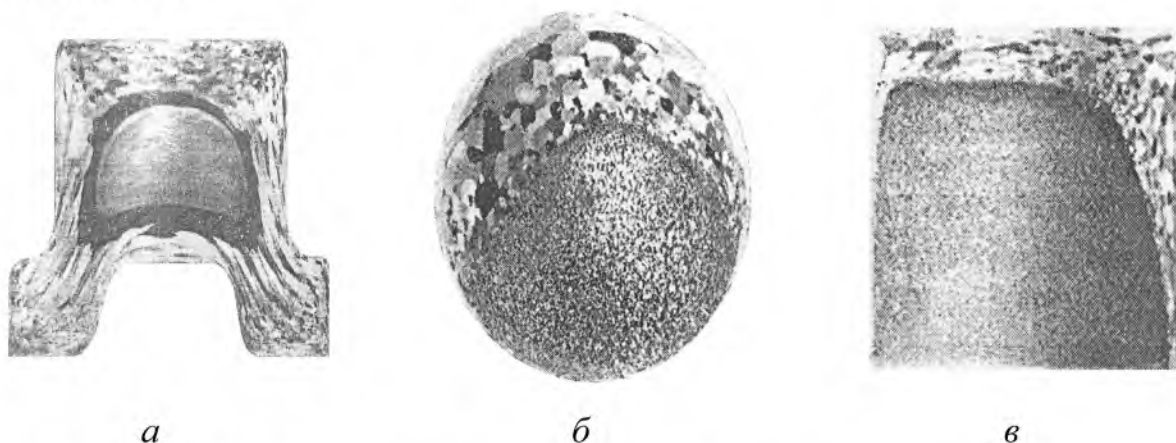
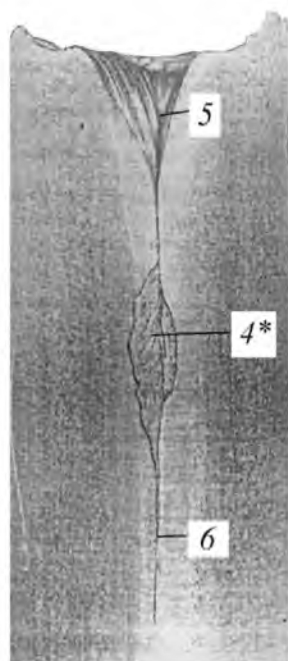
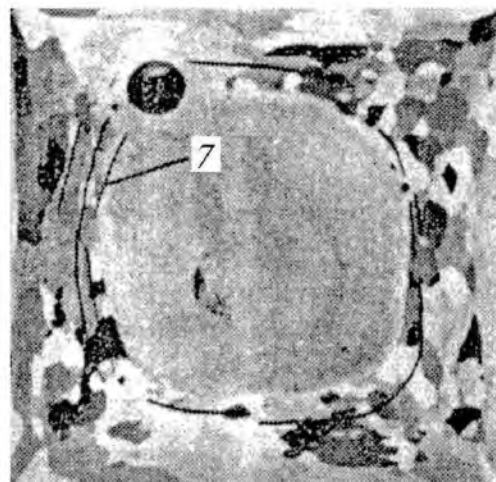


Рисунок 25 - Крупнокристаллический ободок при прессовании
в одну (*а*), две (*б*) и четыре (*в*) нитки

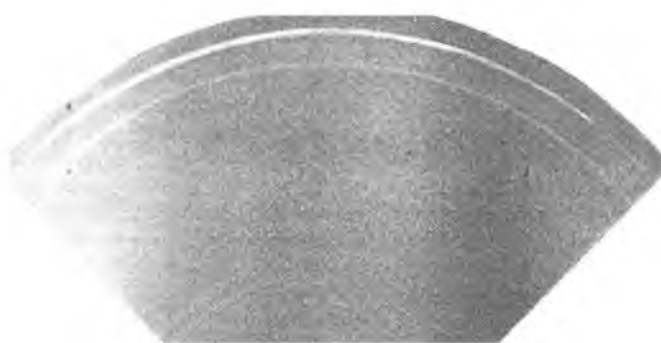


a

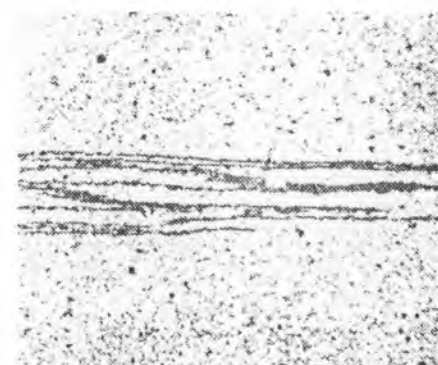


б

Рисунок 26 - Утяжины: *a* - первого вида (центральная);
б - второго вида (номера в соответствии с рис. 24)



a



б

Рисунок 27 - Наслоения: *a* - в виде концентрических линий, отличающихся по травимости от основного металла (АМг16), *б* - продольный шлиф с выраженными загрязнениями (АМг6)

Для устранения этого дефекта необходимо использовать тщательно подготовленные слитки без следов загрязнений поверхности и содержать в чистоте втулку контейнера (предотвращать попадание на ее поверхность смазки и предотвращать налипание металла).

Запрессовки.

Запрессовки представляют собой включения интерметаллидов или другого сплава, вовлеченные в процессе прессования в пресс-изделие, и являются частным случаем проявления утяжин или наслоений.

Основные меры борьбы с запрессовками такие же, как с утяжинами и наслоениями. Дополнительные меры: зачистка втулки контейнера контрольной пресс-шайбой при переходе с одного сплава на другой и применение обточенных слитков.

Пузыри.

Пузыри прессового происхождения разделяются на две группы: 1) образовавшиеся от наслоений, 2) образовавшиеся вследствие попадания воздуха из контейнера внутрь пресс-изделия.

При вскрытии пузырей и пленистых отслоений в их внутренней полости обнаруживаются продукты сгорания технологической смазки, графит, окислы металла и т.п.

Пузыри от наслоений (рис. 28,*а*) образуются на поверхности профилей в виде крупных пузырей или скоплений мелких тонкостенных пузырей, расположенных цепочкой на одной стороне полки профиля, или в виде отслоения. При образовании наслоений в результате попадания в них продуктов сгорания смазки также возможно образование пузырей. Давление газовой фазы в этой зоне может достигать 1 ГПа, в результате чего происходит вспучивание и вскрытие тонких поверхностных слоев, приводящее к образованию раковин.

Пузыри от запрессовки воздуха (рис. 28,*б*) образуются в результате запираания воздуха в угловой полости контейнера у матрицы. Этот воздух в последующем внедряется в поверхность заготовки и переходит в поверхностные слои профиля.

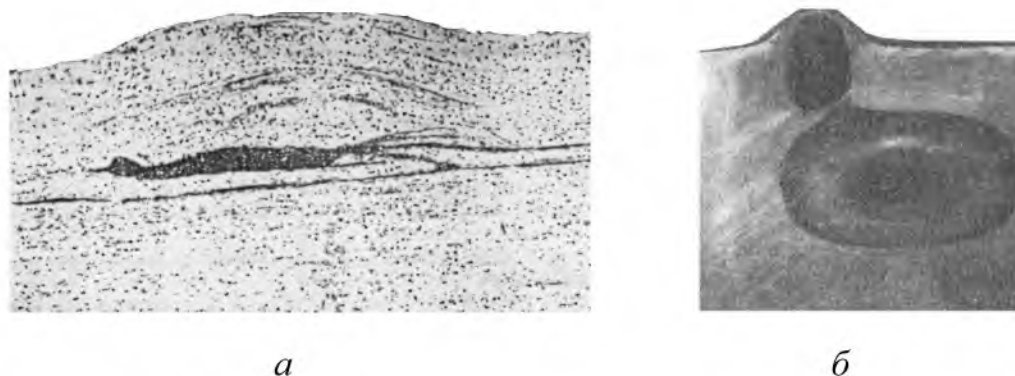


Рисунок 28 - Пузыри от наслоений (а) и запрессовки воздуха (б)

Меры борьбы с пузырями первой группы такие же, как и с наслоениями. Для устранения пузырей второй группы возможно применение градиентного нагрева, при котором воздух постепенно вытесняется из передней части полости контейнера к задней части. Этого же можно достичь, уменьшив зазор между контейнером и заготовкой [100].

Трещины.

Трещины прессового происхождения подразделяют на поверхностные типа "ерш", подкорковые "елочные" и внутренние локальные трещины (рис. 29).

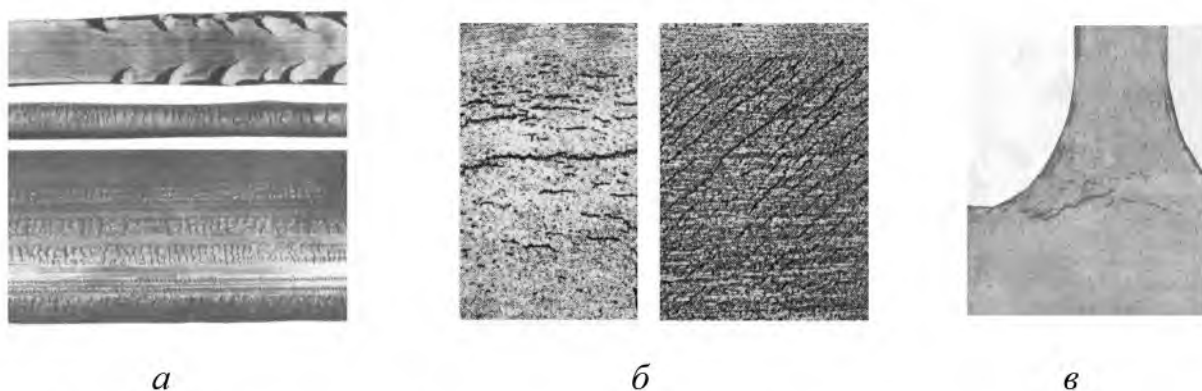


Рисунок 29 - Трещины прессового происхождения: поверхностные типа "ерш" (а), подкорковые "елочные" (б) и внутренние локальные (в)

Трещины типа "ерш" представляют собой поверхностные разрывы различного размера – от микронадрывов до полного разрушения профиля.

Такие трещины пересекают зерна и не располагаются по их границам [6]. Появляются "ерши" в результате неравномерности деформации при завышенных значениях температуры и скорости деформации, когда осевые слои металла опережают периферийные.

Подкорковые елочные трещины не выходят на поверхность пресс-изделия и носят транскристаллитный характер. По виду в поперечном макротемплете они напоминают наслоения. Эти трещины многослойные, располагаются равномерно по всему периметру. Образуются при прессовании через матрицы с сужающимся каналом или с большой толщиной калибрующего пояска – в этом случае растягивающие напряжения в поверхностном слое уменьшаются и даже могут перейти в сжимающие, а максимум растягивающих напряжений перемещается в подкорковые слои.

Избежать появления трещин типа "ерш" и подкорковых елочных можно строгим соблюдением допустимых температурно-скоростных параметров.

Внутренние локальные трещины являются следствием неправильного проектирования матриц в случае прессования профилей со значительной разницей в толщине элементов – из-за разницы вытяжек по элементам происходит локальный перегрев, иногда приводящий даже к пережогу. Сначала возникает сетка мелких внутренних трещин, которые затем соединяются в более крупную "магистральную", располагающуюся в направлении поперечной волокнистости. Трещины такого типа имеют интеркристаллитный характер, т.е. располагаются по границам зерен.

Расслоение продольного сварного шва.

Такой дефект возникает в полых профилях при прессовании через комбинированные матрицы (рис. 30). Причинами его является недостаточное время или давление на контакте смыкающихся под мостиком рассекателя слоев металла. Устранить его можно путем снижения скорости прессования (это приводит к увеличению времени контакта под давлением, хотя и несколько снижается температура на контакте); другой способ – изменение

конструкции матрицы: увеличение высоты сварочной камеры, уменьшение толщины пояска или увеличение расстояния от канала до стенки форкамеры (если таковая применяется) в области под мостиком рассекателя.



Рисунок 30 - Расслоение продольного сварного шва

3.5.2 Поверхностные дефекты

Механические повреждения возникают в результате неправильной эксплуатации инструмента и транспортировки профилей. К ним относятся риски, борозды, отметины, следы, задиры, вмятины и т.п. (рис. 31).

Риски.

Риски возникают в результате повреждения поверхности рабочего пояска матрицы. Причинами обычно является попадание неметаллических включений при разливке, а также неправильная эксплуатация и хранение матриц либо воздействие не растворившихся при гомогенизации интерметаллидов. Такой дефект устраняется путем зачистки и полировки пояска матрицы.

Образование рисков также возможно в результате налипания металла на рабочий поясок при прессовании с высокими скоростями истечения.

Шероховатость.

Шероховатость поверхности часто переходит в трещины и является результатом влияния трения металла о поверхность инструмента [100]. Повышенная шероховатость возникает при формировании крупнозернистой структуры.

Царапины.

Царапины возникают в результате воздействия выкрошившихся интерметаллидных частиц материала матрицы на поверхность профиля.

Поверхностная волнистость.

Поверхностная волнистость – возникает при наложении на матрицу вибрации, передаваемой от двигателя или насоса, а также при пульсирующей подаче жидкости от насосного привода.

Дефект типа «снежинка».

Дефект типа «снежинка» обнаруживается при анодировании на поверхности профилей из мягких термоупрочняемых сплавов и относится к неустранимому браку [100]. Причиной является засоренность плавки мельчайшими пленами оксидов из-за некачественного рафинирования расплава флюсом в плавильной печи или миксере.

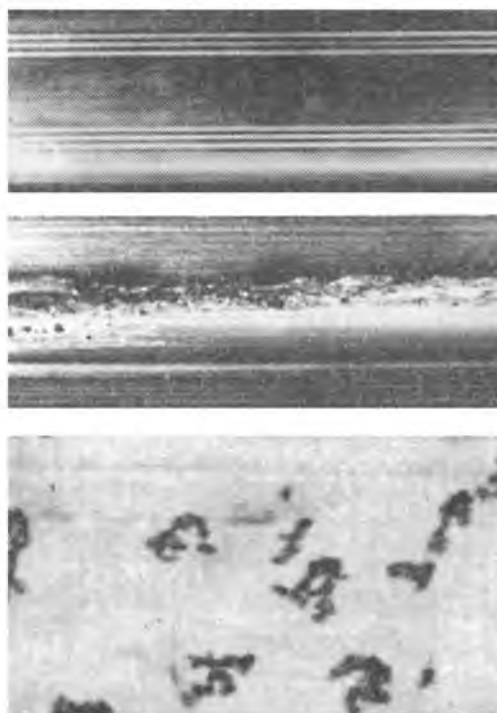


Рисунок 31 - Некоторые виды поверхностных дефектов:

а - риски; *б* - задиры; *в* - "снежинка"

В результате контакта профиля со столом прессы или выводным рольгангом на поверхности профиля могут появляться *графитовые следы* в виде серых или черных полос, желтые или коричневые *пятна от смазки*.

Прерывистые расслоения.

Прерывистые расслоения в виде темных прерывистых полос и штрихов являются следствием наличия в металле профиля шлаковых включений [100]. Устраняется дефект соблюдением технологии рафинирования и фильтрации расплава в литейном производстве.

Коррозия.

В некоторых случаях поверхность профилей подвергается воздействию точечной коррозии в результате химической и электрохимической реакции с окружающей средой. Возможно также появление пятен коррозии из-за окисления поверхности изделий вследствие наличия влаги из-за недостаточного обдува воздухом.

3.5.3 Дефекты геометрии профилей

Эти дефекты возникают как при прессовании, так и при термической обработке. Они могут быть устранимыми и неустраняемыми. Причинами изгиба и скручивания может быть неправильно спроектированный прессовый инструмент, плохая центровка прессы, неправильно назначенный температурно-скоростной режим и усилие натяжения пуллера.

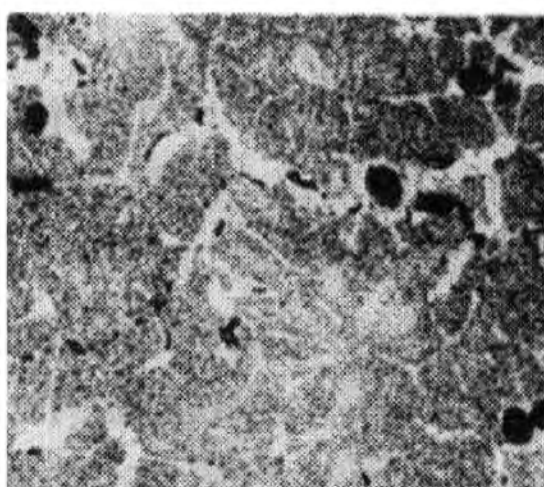
3.5.4 Дефекты термической обработки

Основными дефектами термической обработки алюминиевых сплавов являются пережог, трещины и пузыри.

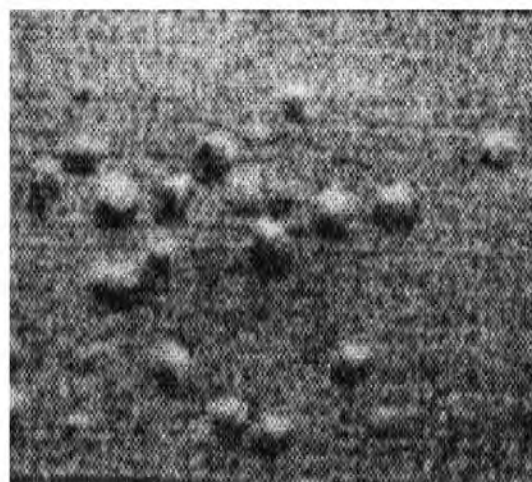
Пережог.

Пережог может иметь место при нагреве слитков перед прессованием или нагреве профилей перед закалкой выше температуры начала оплавления легкоплавких эвтектик, которые располагаются по границам зерен и внутри

них. Эвтектики внутри зерен при пережоге образуют глобулы (рис. 32,*а*). Грубые стадии пережога определяются визуально – на поверхности изделий имеется потемнение или даже почернение с наличием вздувшихся бугорков (рис. 32,*б*). При пережоге слитков в прессованных и затем закаленных пресс-изделиях большинство глобул имеет вытянутую форму, однако при прессовании с большими коэффициентами вытяжки (более 30) выявить пережог слитка в горячепрессованном состоянии становится затруднительным [6]. Глобулы, образующиеся при закалочном пережоге сфероидальны.



а



б

Рисунок 32 - Пережог: *а* - пример микроструктуры; *б* - пузыри от пережога

Закалочные трещины.

Закалочные трещины возникают под действием термических напряжений, возникающих при охлаждении пресс-изделия в воде. Вероятность образования этих трещин высока при разнотерности, наличии ККО и резких переходов сечений профиля [99]. Такие трещины могут возникнуть и на поверхности, и внутри изделия. Закалочные трещины обычно не проникают в основную часть изделия, имеющую мелкозернистую

нерекристаллизованную структуру, а локализуются по границам крупных зерен в области ККО.

Внутренние трещины.

Внутренние трещины возникают при закалке труднодеформируемых сплавов в самом теле профиля в виде сплошной или разветвленной сетки (рис. 33) и имеют интеркристаллитный характер. Такие трещины появляются, как правило, при закалке разнотолщинных профилей в холодную (менее 10°C) воду в местах концентрации напряжений. Устраняются путем повышения температуры воды. Вероятность их появления также снижается при правильном проектировании формы профиля и соблюдении режимов прессования и охлаждения.

Трещины также могут возникнуть при индукционном нагреве в результате перегрева периферийных слоев заготовки и возникающих при этом термических напряжений. Такие трещины тонки, волосовидны, имеют хордовое или извилистое направление.

Подкорковые пузыри.

Подкорковые пузыри (рис. 34) формируются в результате диффузии водорода к поверхностному слою алюминия от внутреннего или внешнего источника [3]. Внешним и основным источником водорода обычно является влага, содержащаяся на профилях. Поверхностные микродефекты оказываются концентраторами адсорбированной влаги. Кроме того, в металле профиля может содержаться некоторое количество растворенного водорода. Создание избыточного давления газа при нагреве металла приводит к возникновению пузырей. Подкорковые пузыри имеют строчечное расположение и отличаются тонкой стенкой (толщиной 0,05-0,2 мм) с чистой внутренней поверхностью.



Рисунок 33 - Внутренние трещины

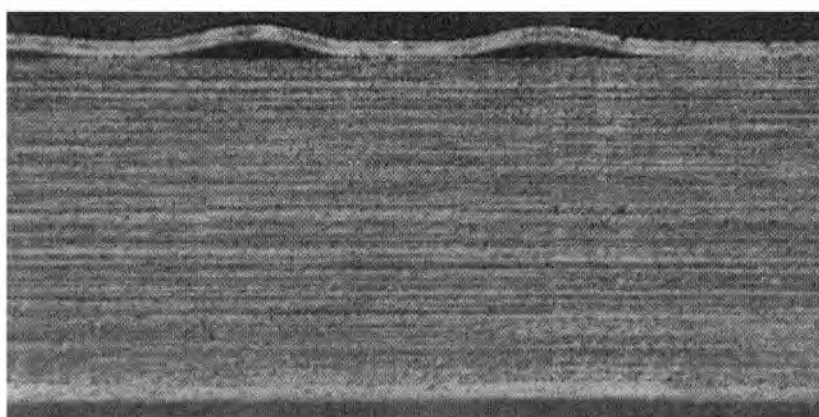


Рисунок 34 - Подкорковые пузыри

Вероятность образования пузырей повышается при увеличении значений таких факторов [3], как продолжительность и температура термообработки, размер зерна и содержание легирующих элементов (в частности магния в сплавах серии 7xxx, особенно подверженных этому дефекту).

Предупреждению образования подкорковых пузырей способствует:

- повышение качества поверхности профилей с целью снижения количества микродефектов путем улучшения конструкции матрицы и качества поверхности ее рабочего пояса;
- добавление в воду закалочного бака хромпика (концентрацией до 0,1-0,4%) для уплотнения поверхностной оксидной пленки;
- проветривание рабочего пространства печи для уменьшения концентрации паров воды.

3.6 Система управления качеством профилей

Качество – это ключевой фактор, определяющий конкурентоспособность продукции. Эффективные программы улучшения качества могут обеспечить существенное расширение рынка сбыта, увеличение производительности и снижение производственных затрат, поэтому в последнее время им уделяется все большее внимания.

Качество пресс-изделия полностью зависит от управления параметрами производственного процесса. Принципиально, что система управления качеством должна быть полной, то есть охватывать весь производственный цикл от литья заготовки до термической обработки (рис. 35) [3].

Главными параметрами системы управления качеством являются характеристики заготовки и матрицы, настройка и технологические параметры работы прессы, растяжной машины, пилы, а также термическая и поверхностная обработка профилей.

Технологические схемы производства профилей из мягких (низкой и средней прочности) и твердых (высокой прочности) сплавов имеют определенные отличия. На рис. 36,а показана принципиальная схема процесса изготовления пресс-изделий из мягких сплавов, а на рис. 36,б и в - из сплавов высокой прочности.

Система управления качеством подразумевает контроль определенной группы параметров на каждом этапе технологического процесса. Отображать контролируемые параметры целесообразней всего в табличной форме, которая получила название контрольного листа.

В контрольном листе при выплавке сплава и разливке заготовок для каждой плавки (дата, номер плавки, сплав, смена) указывают следующие параметры.

Шихта:

- чистый алюминий;

- легирующие элементы;
- лом;
- общая масса.

Плавильная печь:

- расход топлива;
- время плавления;
- температура;
- образование шлака;
- химический состав расплава.

Печь – миксер:

- способ флюсования;
- содержание водорода;
- рафинирующие добавки;
- температура.

Разливочный пролет:

- устройство управления;
- расход охлаждающей воды;
- скорость литья;
- температура воды;
- качество воды;
- температура разливки;
- время литья.

Гомогенизация:

- температура;
- время;
- скорость охлаждения.

Порезка и упаковка:

- клеймо номера плавки;
- длина заготовки;
- качество поверхности;

- отходы порезки;
- выход продукта, %;
- масса столбов.

Рассмотрим подробнее собственно процесс прессования. В табл. 2 приведен пример контрольного листа процесса прессования. Значимость различных параметров процесса прессования, приведенных в табл. 2, различна, однако, число этих параметров может быть еще увеличено для улучшения управления процессом и лучшей его воспроизводимости. Типичная блок-схема управления процессом прессования (собственно работы пресса), обеспечивающая оптимальное качество пресс-изделий, приведена на рис. 37.

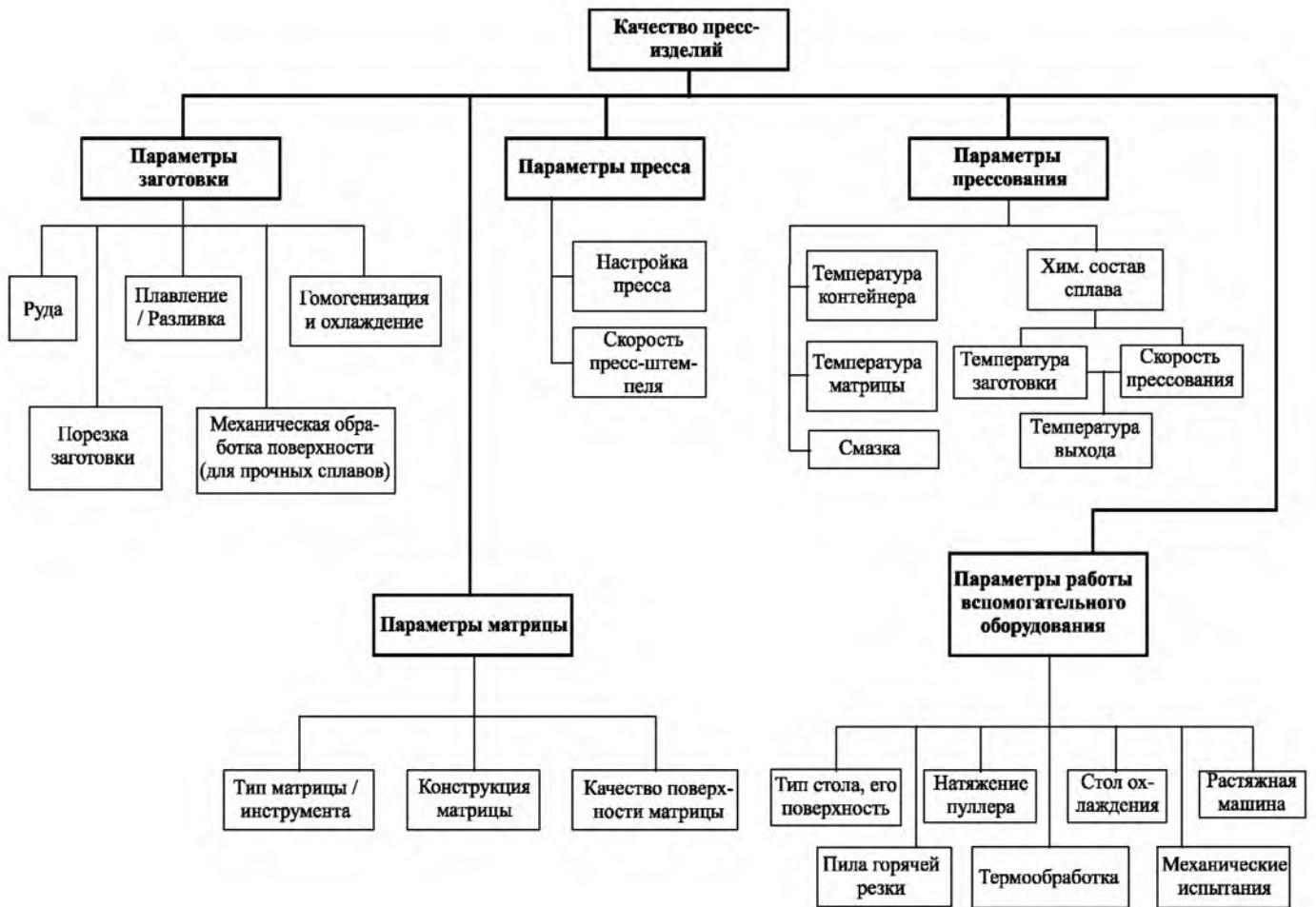
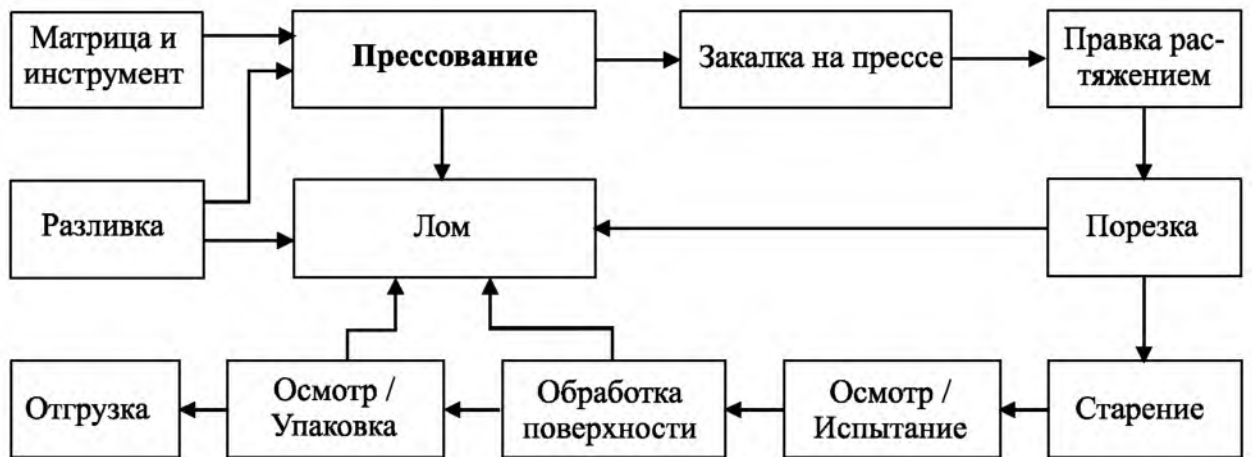
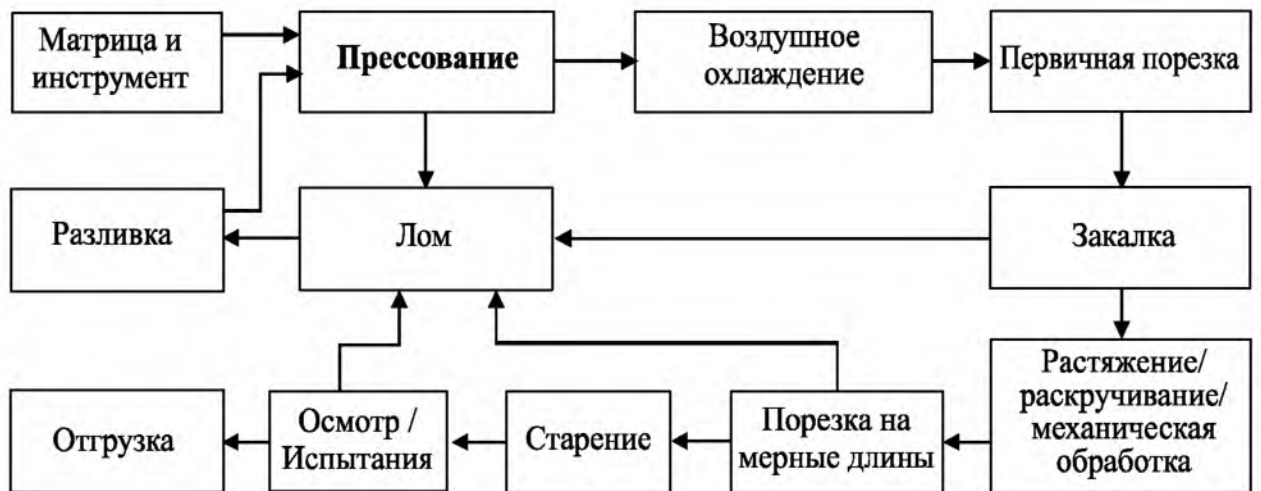


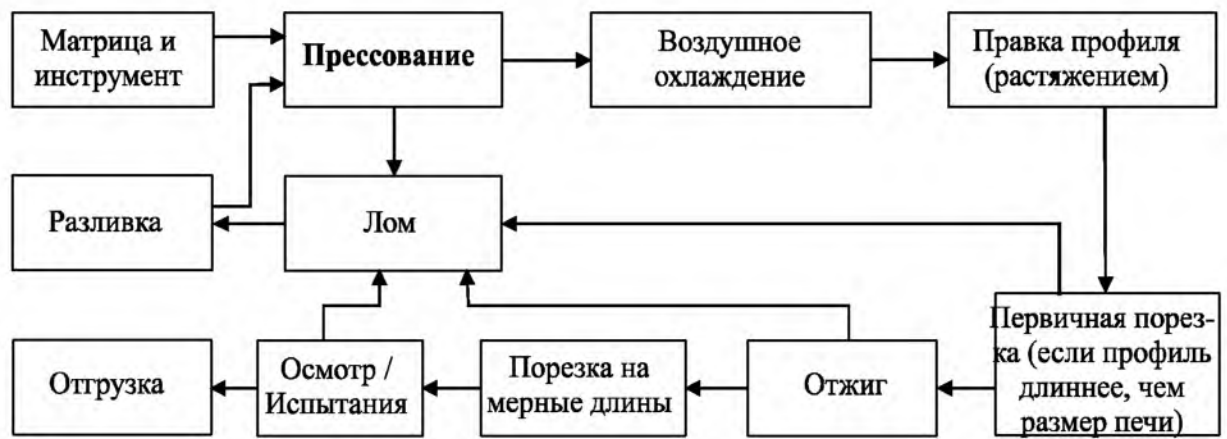
Рисунок 35 - Общая схема управления качеством профилей



a

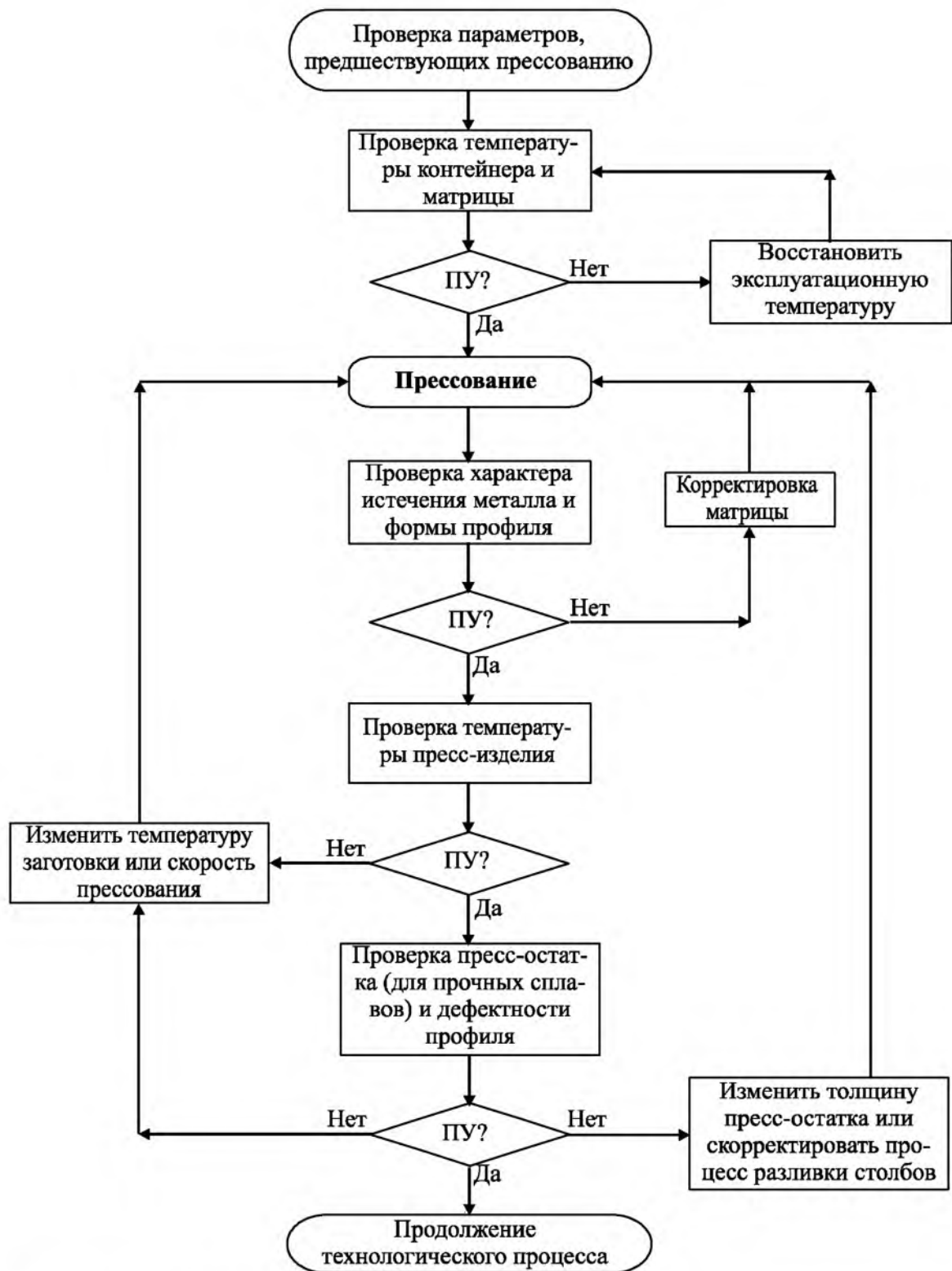


б



6

Рисунок 36 - Схема процесса изготовления пресс-изделий из сплавов низкой и средней (*a*), а также высокой (*б* и *в*) прочности



Примечание: "ПУ" – параметры удовлетворительны

Рисунок 37 - Блок-схема управления процессом прессования

Набор контролируемых операций, естественно, может быть различным в зависимости от специфики производства и типа сплава.

Таблица 2 - Типичный контрольный лист процесса прессования

Мощность пресса:	Средство для очистки контейнера: Да / Нет	Дата:
Оператор пресса:	Охлаждение азотом: Вкл./Выкл.	Смена:

Параметры	Характеристика матрицы (№ и тип)			
Пресс и вспомогательное оборудование				
Температура контейнера (заданная / действительная)				
Температура матрицы				
Скорость выходного стола				
Закалка на воздухе/ водовоздушная				
Скорость пуллера				
Тянущее усилие пуллера				
Прессование				
Количество каналов / вытяжка				
Номер плавки				
Длина заготовки				
Номер прессуемого профиля				
Температура заготовки (начальная / установившаяся)				
Давление прессования (начальное / установившееся)				
Давление отрезания пресс-остатка				
Скорость пресс-штемпеля				
Толщина пресс-остатка				
Длина профиля (расчетная / действительная)				
Время прессования				
Скорость прессования				
Температура выхода				
В начале цикла				
В середине цикла				
В конце цикла				
Комментарии:				

Одним из наиболее важных факторов, обеспечивающих качество даже для самых простых профилей, является конструкция матрицы. Необходимое звено в системе управления качеством составляет паспорт матрицы. В нем отражаются: мощность пресса, номер профиля, тип и габаритные размеры матрицы, размер контейнера, номер матрицы, ее изготовитель, количество

каналов, размеры или номер подкладки и опорного кольца (больстера). Кроме того, для каждого прессования отмечается дата, количество заготовок, марка прессуемого сплава, температура и длина заготовки, температура матрицы, скорость прессования, масса погонного метра, наличие азотирования, фамилия корректировщика и прочее. В примечания заносятся проводимые корректировки. На чертеже профиля корректировщик отмечает внесенные в конструкцию матрицы изменения.

На рис. 38 показана блок-схема контроля матрицы. Поскольку процесс прессования характеризуется многими параметрами, необходимо выдерживать близкую взаимосвязь между режимом прессования, в расчете на который была спроектирована матрица, режимом опрессовки и режимами, при которых будет эксплуатироваться матрица. Кроме того, может быть выполнен ряд экспериментов с учетом контрольного листа процесса прессования для определения наиболее приемлемых параметров процесса с точки зрения производительности и качества профилей для конкретного сплава и матрицы.

Правка растяжением и порезка играют важную роль в получении профиля с требуемой геометрией при максимальном выходе годного. Изменение величины удлинения при правке позволяет менять форму и размеры поперечного сечения профиля, хотя и в ограниченном диапазоне.

Управление процессом растяжения и порезки состоит в проверке размеров и массы погонного метра профиля с возможным изменением режимов работы пуллера, растяжной машины и прессы, а также в оценке выхода годного и возможному изменению длины заготовки.

В зависимости от вида сплава и термической обработки (см. выше) меняются контролируемые параметры и, соответственно, схема управления процессом с точки зрения получения оптимального качества. Схемы управления для некоторых способов термообработки приведены в работе [3].

Для увеличения коррозионной стойкости и улучшения внешнего вида готовый профиль обычно подвергают обработке поверхности. Она может

производиться механическим способом, анодированием, электрополировкой и простой покраской. В соответствии с имеющимся оборудованием и требованиями клиента, производитель выбирает способ обработки поверхности и самостоятельно разрабатывает для него систему управления качеством.

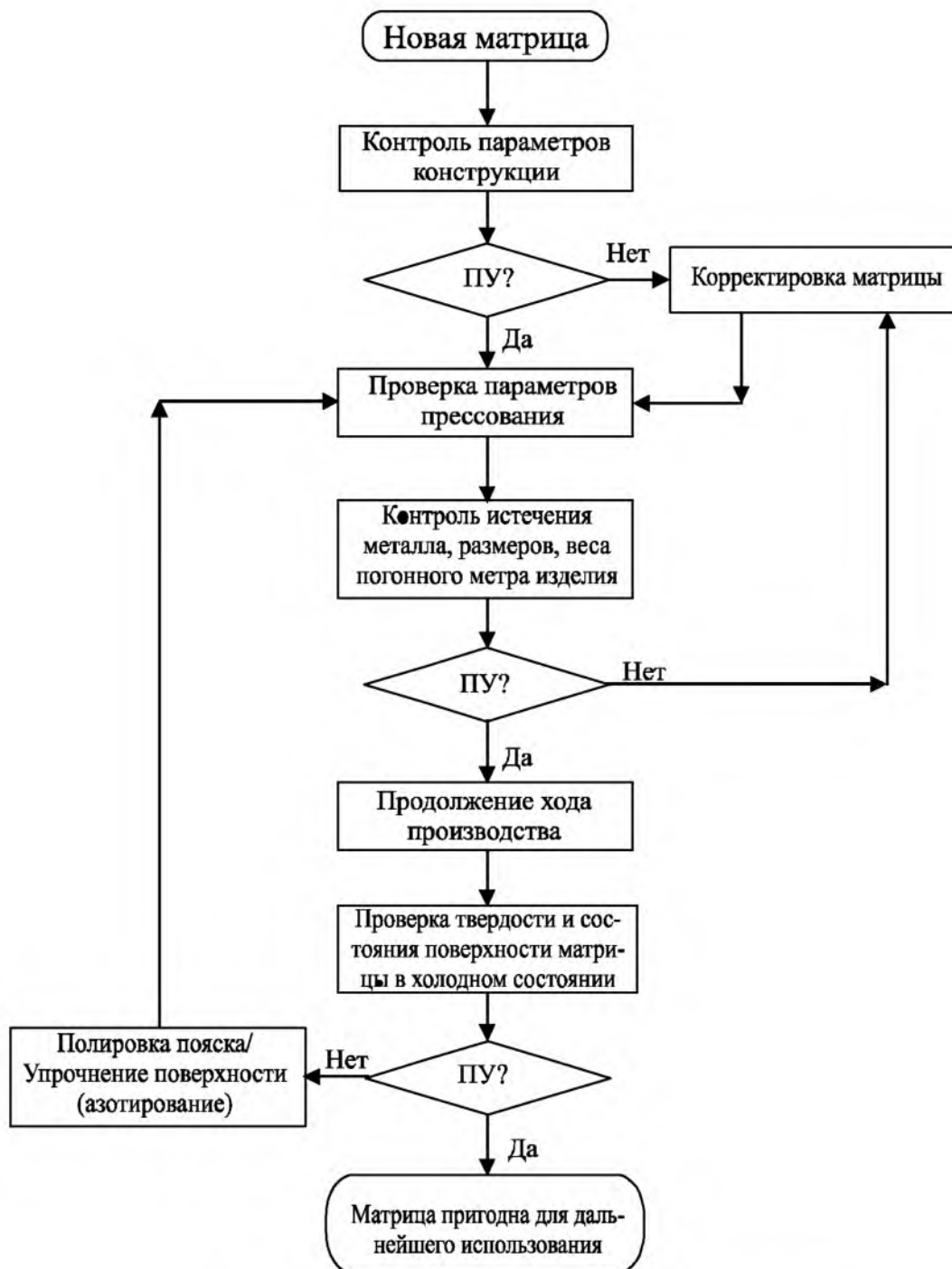


Рисунок 38 - Блок-схема контроля матрицы

4 Специальная часть

4.1 Основные виды дефектов при производстве алюминиевых профилей на примере ООО «ЛПЗ Сегал»

Раздел удален

Раздел содержит статистику и структуру брака на ООО «ЛПЗ Сегал»

4.2 Методы борьбы с дефектами

В соответствии со структурой брака раздел содержит методы борьбы с дефектами на ООО «ЛПЗ Сегал»

Раздел удален

Таблица 3 - Особенности применения различных смазок

Вид смазки	Преимущества	Недостатки
каустическая сода	хорошее удерживание на горячей поверхности, малое влияние на поверхность металла	не соответствует требованиям по охране окружающей среды
консистентные смазки	образует толстую смазочную пленку	образует вредный дым
графит/ сольвент	хорошо образует пленку на холодном металле	пожароопасна, может расслаиваться
графит/ масло	хорошо образует пленку на горячем металле при температурах более 540°C	образует вредный дым, может расслаиваться
графит/вода	не образует дыма, имеется возможность распыления	может расслаиваться и пузыриться
масляные эмульсии	легко наносятся, распыляются	образование дыма, пузырей, пятен, низкое сопротивление высоким температурам, плохо удаляются
парафинового	хорошее горячее и холодное	образование дыма, удаляются

Вид смазки	Преимущества	Недостатки
типа	смачивание, минимальное пузырение, обеспечивают граничный режим трения	пламенем, неудобны в эксплуатации
жирные масла	хорошее смазывание, могут распыляться	образуют сильный дым, пожароопасны
нитрид бора / вода	хорошее смазывание, может распыляться	высокая стоимость, может расслаиваться
сажа*	хорошее удаление	образует дым, СО; проблемы безопасности
водные суспензии	не образуют дыма, легко наносятся и удаляются, обеспечивают граничный режим трения	пузырятся при чрезмерной подаче, плохо смачивают горячий металл (при температуре более 540°С)

* применяется только для нанесения на задний торец заготовки

Если преимущественно имеет место граничный режим трения, то обычно получают поверхность лучшего качества, чем при преимущественно жидкостном режиме [7, 112]. Это объясняется тем, что при граничном режиме микровыступы поверхности деформируемого металла сглаживаются о поверхность инструмента.

Смазку торцевой поверхности пресс-шайбы рекомендуется производить перед прессованием каждой заготовки – часто используется нанесение сажи с помощью горелки. Кольцо матрицы, контейнера, механизм удаления пресс-остатка и ножницы горячей резки заготовок рекомендуют смазывать через несколько заготовок. При смазке пилы горячей резки в линии пресса важно использовать неокрашающие и негорючие жидкости.

Интенсивное налипание на инструмент при прессовании сплавов высокой прочности может привести к серьезному ухудшению качества профиля. Для того, чтобы минимизировать эту проблему, рекомендуется [3]:

- использовать блок очистки контейнера через каждые 15-20 заготовок либо при каждом изменении сплава;
- использовать скальпированную или обточенную заготовку;
- устанавливать соответствующую разницу температур между заготовкой и контейнером.

Блок очистки контейнера представляет собой цилиндр с проточкой, присоединяющийся к пресс-штемпелю. Очистка происходит путем срезания слоя материала (в основном окислов) с поверхности втулки контейнера при перемещении пресс-штемпеля в направлении прессования. Зазор в горячем состоянии между блоком и втулкой контейнера составляет 0,12-0,15 мм на сторону.

4.2.1 Обработка поверхности профилей

Во многих случаях прессованные алюминиевые профили применяются без специального защитного покрытия. При контакте с воздухом алюминий образует тонкую прозрачную оксидную пленку, которая естественным образом защищает поверхность. Однако этот оксид не является стабильным при низких величинах pH. Если требуется дополнительная защита поверхности профилей или к ней предъявляются повышенные эстетические требования, то производитель имеет большой выбор методов ее окончательной отделки.

В качестве основных операций для поверхностной обработки алюминиевых профилей с целью повышения коррозионной стойкости профилей и придания им товарного вида применяют анодирование (анодное оксидирование) и окраску. В некоторых случаях как самостоятельную операцию используют травление.

Практически любой метод отделки требует проведения очистки и специальной подготовки поверхности.

4.2.1.1 Очистка поверхности профилей

Операции анодирования или окраски предполагают проведение предварительной подготовки профилей, размещение их на стеллажах, обезжиривание, промывку, травление и осветление (деоксидация).

Предварительная подготовка подразумевает осмотр, удаление упаковки, если профили поступают для отделки с другого предприятия.

Перед размещением профилей на стеллажах может оказаться необходимой механическая полировка для удаления следов соприкосновения с поверхностью прессовой матрицы. Иногда возникает необходимость в удалении избыточной смазки (применявшейся при механической обработке) в обезжиривающих парах во избежание загрязнения промывочного раствора в линии анодирования.

Размещение на специальных стеллажах. Детали, подлежащие анодированию, должны иметь хороший электрический контакт с токонесущей рамой. Недостаточная площадь контакта с рамой или плохой контакт может придать пестрый (радужный, с разводами) внешний вид, привести к получению порошкообразного покрытия, плохому соответствию полученной окраски выбранному оттенку красителя, пережогу и прочим проблемам.

Положение обрабатываемой детали должно обеспечивать хорошее омывание раствором и предотвращать образование воздушных пузырей. Используются рамы из алюминиевых, титановых сплавов и комбинированные. Алюминиевые рамы должны очищаться после каждого цикла. Рамы из титана имеют большую стойкость, но они дороже и требуют большей площади контакта вследствие их меньшей электропроводности.

На этапе *обезжиривания* масла, смазки и другие загрязнения удаляются с поверхности профилей. Чаще всего используется щелочной обезжириватель с добавками ингибиторов. Кислотность раствора pH – от 9 до 11. Температура, при которой проводится обезжиривание, – 60...80°C. Слишком высокая температура и сильное перемешивание может вызвать повышенное образование пены и перенос ее на профили и раму.

Состав некоторых растворов, применяемых согласно [2] для обезжиривания, и режимы процесса приведены в табл. 4.

Таблица 4 - Технологические параметры процесса обезжиривания

Компоненты, их объемная концентрация	Температу	Время
--------------------------------------	-----------	-------

	ра ванны, °С	погружен ия, мин
гидроксид натрия (6-19%), фосфат натрия (0,2-1,0%)	60 – 80	0,5 – 10
гидроксид натрия (0,5-1,5%), фосфат натрия (2-15%), карбонат натрия (2-15%)	60 – 80	2 – 5
пирофосфат натрия и метасиликат натрия (в сумме 4-19%)	60 – 70	2 – 5
тринатрийфосфат и метасиликат натрия (в сумме 4-19%)	60 – 70	2 – 5
карбонат натрия (1-2%), метасиликат натрия (1-2%)	60 – 70	2 – 5
бура (6-10%), пирофосфат натрия (1-2%)	60 – 70	2 – 5

Промывка (один или несколько этапов) обычно производится после каждой рабочей ванны для того, чтобы удалить химикаты с поверхности профиля и предотвратить загрязнение раствора. Промывка производится в ваннах или обрызгиванием. Водопроводная вода обычно подходит для первых этапов, но на окончательном этапе промывки вода должна быть очень чистой, для того чтобы избежать проблем с адгезией и коррозией. Содержащиеся в жесткой воде соли (в первую очередь, кальция) после высыхания на профиле могут быть источниками коррозии и пузырей покрытия). Проводимость деионизированной промывочной воды должна быть не более 3 мСм/м. В ваннах не должно быть гальванических токов. Торцы ванн оборудуются изолирующими прокладками для рабочих штанг. Положительный эффект дает воздушное перемешивание раствора.

Травление производят с целью удаления оксидной пленки, снижения шероховатости поверхности, выравнивания цвета, выявления и последующего удаления поверхностных дефектов, которые на неотравленных изделиях более трудно различимы (плены, запрессовки металла, мелкие риски, задиры и др.).

Травление проводят не только как операцию, предшествующую анодированию либо нанесению конверсионного покрытия, но и как самостоятельный процесс.

Для травления используются растворы гидроксида натрия, гидроксида калия, тринатрийфосфата или карбоната натрия (в растворе один или несколько компонентов) при температуре 50–80°С [2]. Использование

свободных щелочных растворов (таких, как раствор NaOH) не рекомендуется для высокопрочных сплавов серий 2xxx и 7xxx в некоторых состояниях после искусственного старения вследствие опасности возникновения межкристаллитной коррозии.

При травлении под анодирование используют щелочные растворы: NaOH (40–60 г/л) либо NaOH (10–15 г/л), Na₂CO₃ (12–15 г/л), NaNO₃ (5–10 г/л). Температура растворов 30–60°C, время выдержки 2–5 мин. [102].

Толщина удаляемого слоя металла зависит от времени погружения, концентрации раствора и типа сплава. Удельная масса удаляемого с поверхности материала составляет 3–4 г/м².

Излишне высокая температура может вызвать "каустиковый пережог", неравномерное протравливание, которые обычно приводят к отбраковке изделия. При низкой концентрации часто добавляются малые количества (1–5%) глюконата натрия для удаления алюмината натрия, образовавшегося в травильном растворе. Это предотвращает осаждение твердого слоя гидроксида алюминия на стенках резервуара и трубах нагревателя.

Когда при травлении раствор достигает состояния, при котором начинает выпадать гидроксид алюминия, содержание свободного гидроксида натрия увеличивают, и поэтому травильные свойства раствора увеличиваются. При дальнейшем добавлении гидроксида натрия гидроксид алюминия может уйти в раствор. Равновесие в содержании этих компонентов зависит от температуры и концентрации раствора.

Обычно практикуется слив части или всего содержимого травильной ванны, когда концентрация растворенного алюминия достигает 55–75 г/литр и содержание гидроксида натрия – 40 г/литр [2]. При такой концентрации раствор становится вязким и трудно смываемым. В некоторых случаях с целью снижения затрат и поддержания постоянных условий травления используются системы регенерации каустика.

В случае, когда травление осуществляется как отдельный процесс, технология травления включает операции обезжиривания, травления,

осветления, промывку в теплой и холодной воде, сушку. При травлении в растворе гидроксида натрия содержание его составляет 170–200 г/л, температура раствора 50–70 °С, время травления 3–5 мин. [102].

Профили сушат в сушильных камерах при 60–80 °С или путем обдувки сжатым воздухом.

Осветление (деоксидация). В процессе осветления удаляется образующийся при травлении на поверхности профилей слой из оксидов (таких как оксид магния), интерметаллидов, кремния и др. компонентов, не растворимых в щелочном растворе. Эти примеси загрязняют раствор для анодирования и могут проявиться на готовых изделиях в виде темноватой пленки.

Осветление производится путем погружения в кислотный раствор, как правило, азотной кислоты (20–50% концентрации) или серной кислоты. Время погружения – от 30 сек до 5 мин в зависимости от толщины удаляемого слоя, состава раствора и типа сплава. Осветление обычно проводят при комнатной температуре. Многие производители применяют специальные составы, которые добавляют к азотной кислоте. В них входят хроматы для торможения процесса реоксидации поверхности профилей и соли фтора для удаления кремния.

Этот этап называют также нейтрализацией, поскольку в ходе его осуществляется нейтрализация каустической соды азотной или серной кислотами.

4.2.1.2 Анодирование

Анодирование – это электрохимический процесс, при котором на поверхности алюминия формируется прочная пористая оксидная пленка, обеспечивающая более надежную защиту поверхности по сравнению с естественной оксидной пленкой.

Анодирование позволяет значительно изменить и улучшить внешний вид алюминиевого профиля, повышает коррозионную стойкость профилей, придает поверхностному слою износостойкость, а также тепло- и электроизоляционные свойства, увеличивает прочность сцепления с поверхностью изделия лакокрасочного покрытия. Анодированный алюминий легко поддается очистке и выдерживает кратковременное воздействие таких температур, при которых чистый алюминий плавится.

Толщина оксидного покрытия, получаемого в результате анодирования, – от нескольких микрометров до 0,1 мм. Рекомендуемая толщина покрытий для эксплуатации внутри помещений – 10 мкм, для наружных архитектурных элементов – 15–25 мкм в зависимости от климатических условий.

Покрытие на 30–50% толще, чем слой замененного им металла, поскольку объем образовавшегося оксида больше объема заменяемого им металла.

Для анодирования изделие погружают в электролит и соединяют с положительным полюсом источника тока – анодом. При пропускании тока на аноде выделяется кислород, вследствие взаимодействия которого с алюминием на поверхности профиля образуется оксидная пленка.

Толщина и свойства анодного покрытия могут меняться в зависимости от сплава, использованного процесса анодирования и продолжительности цикла (ампер-часов).

Образование оксида распространяется внутрь, по направлению к источнику свежего металла. Типичная структура анодных покрытий – преимущественно ячеисто-пористая. На границе между металлом и оксидом лежит очень тонкий непористый пограничный слой.

Технологический процесс анодирования изделий включает следующие операции: обезжиривание, травление, промывку, осветление (эти операции рассмотрены выше), собственно анодирование, сушку и наполнение анодной пленки.

Анодирование. Наиболее распространен процесс обработки в растворе *серной кислоты*. Покрытия толщиной 2,5–25 мкм образуются при следующих параметрах процесса: концентрация кислоты 15–20%, температура 13–25°C, анодная плотность тока 0,8–1,6 А/дм², продолжительность обработки 10–60 мин., напряжение 13–24 В [116].

Обычно рекомендуется регулирование плотности тока (1,2–1,6 А/дм²), но на многих установках процесс ведется при постоянном напряжении. Перемешивание раствора (воздушное или механическое) необходимо для предотвращения местного перегрева и обеспечения равномерной температуры раствора во всем резервуаре.

Катодами служат пластины из свинца или нержавеющей стали. Для анодирования внутренней поверхности в полость профиля может быть введен дополнительный катод [102]. Существенное значение имеет размещение катода, особенно при обработке профилей большого сечения. Даже при том, что осаждение оксида самоограничено, ближайшие к катоду поверхности будут иметь анодное покрытие большей толщины. Если роль катода будет играть металлический резервуар, может оказаться необходимым избирательно закрыть некоторые участки неэлектропроводным материалом. Следует избегать загрязнения раствора хлоридами, фторидами, железом, медью, ртутью и пр.

Важным фактором получения качественного анодного покрытия является качество металла, вид сплава, термообработки, размер профилей. Табл. 5 демонстрирует различия в цвете пленки толщиной 25 мкм на поверхности различных алюминиевых сплавов после анодирования.

Таблица 5 - Влияние химического состава алюминиевого сплава на внешний вид анодной пленки [117]

Сплав	Вид пленки
Чистый Al	Светлый прозрачный
1100	Серебристо-серый
2014	Голубовато-желтый

3003	Бледно-коричневый
4043	Серый
5052	Серебристо-светло-желтый
5086	Серебристо-серый
6061	Желтый
6083	Серебристый непрозрачный

Если необходимо получить более плотное и толстое покрытие применяют т.н. "твердое" анодирование. Обработка производится в 10–15% растворе серной кислоты при температуре от 0 до 10°C и плотности тока 2–3,6 А/дм².

Хотя основным производственным процессом нанесения анодной пленки является обработка в растворе серной кислоты, могут использоваться и другие растворы. Рассмотрим кратко некоторые [116].

Обработка в растворе *хромовой кислоты*. Очень тонкое (3–8 мкм) сероватое покрытие, образующееся в хромовокислом электролите, – наносится обычно в 3–10%-ном растворе хромовой кислоты в течение 30–45 минут при напряжении 40 В. Хромовокислое анодирование дает более тонкие и менее устойчивые к истиранию по сравнению с образующимися в серноокислом электролите пленками покрытия. Иногда для некоторых высокопрочных термообрабатываемых сплавов алюминия используется процесс с более низким напряжением (22 В).

Обработка в растворе *щавелевой кислоты*. Дает характерную желтоватую окраску. Типичные условия процесса: 3%-ный раствор щавелевой кислоты, плотность тока – 1–2 А/дм², температура – 25–35°C, продолжительность 30–40 мин. Электропитание – переменный ток или постоянный, наложенный на переменный. Покрытие получается несколько более твердое и более коррозионностойкое, чем обычное серноокислое анодное покрытие той же толщины.

Обработка смесью растворов *серной и щавелевой кислот* при высокой плотности тока (2,4–2,6 А/дм²), низкой температуре (0–10°C) и высоком напряжении (75–100 В) дает покрытия толщиной 3–8 мкм. Получаются

"твердые" покрытия очень высокой плотности. Используются, когда есть необходимость в покрытиях чрезвычайно высокой износостойкости и коррозионностойкости.

Обработка растворами *органических кислот*. В широко используемых "интегральных" процессах применяют растворы органических кислот с концентрацией 9–10%, содержащие небольшое количество серной кислоты (для увеличения электропроводности). Рабочие условия: температура раствора 20–25°C, плотность тока 2,4 А/дм², напряжение до 75 В. Цвет покрытия: янтарный, бронзовый, черный. Толщина покрытия 10–30 мкм. Цвет варьируется в зависимости от состава алюминиевого сплава и технологии процесса, без введения вторичных красящих агентов. Получаемое оксидное покрытие – твердое, плотное, светопрозрачное и устойчивое к атмосферному воздействию.

Этот вид отделки теснит двухстадийный процесс электролитического окрашивания (см. ниже) благодаря экономии энергии, меньшей стоимости оборудования, большему выбору цветов и претензии на лучшую равномерность окраски и большую терпимость к различиям в материале.

Уплотнение – производится с целью повышения коррозионной стойкости – при этом происходит превращение аморфной формы оксида алюминия в более устойчивую кристаллическую, и закрываются поры в оксидной пленке. Для профилей из малолегированных алюминиевых сплавов уплотнение проводят в растворе бихромата калия (K₂Cr₂O₇) концентрацией 40–55 г/л (анодное покрытие приобретает желтый оттенок), а чтобы получить уплотненную бесцветную пленку – в деионизированной горячей воде при 85–95 °С в течение 20–30 мин. Анодную пленку на профилях из высоколегированных сплавов уплотняют путем добавки в раствор бихромата калия; температура раствора 90–95 °С, время наполнения 20–25 мин [102].

Темный налет на поверхности после уплотнения является довольно распространенным явлением. Количество его может быть различным в

зависимости от сплава, кислотности, чистоты воды, продолжительности уплотнения и других факторов. Этот налет может быть удален с помощью специальных присадок к растворам либо обтиркой [116].

Усовершенствование процесса анодирования. Развитие технологического процесса анодирования происходит в двух направлениях: расширении цветовой гаммы и сокращение расхода энергии.

Для достижения необходимого цвета покрытия могут использоваться три основных способа [117]:

1. Окрашивание с помощью органического красителя.

Алюминиевый сплав сначала подвергается анодированию в обычной сернокислотной ванне, затем окрашивается в отдельной ванне, содержащей органический краситель. Широкий диапазон цветов может быть получен за счет поглощения частиц органического красителя порами анодного покрытия. Однако, поскольку органический краситель располагается в устье пор (рис. 47,*a*), проблемы выцветания представляют собой главный недостаток этого способа.

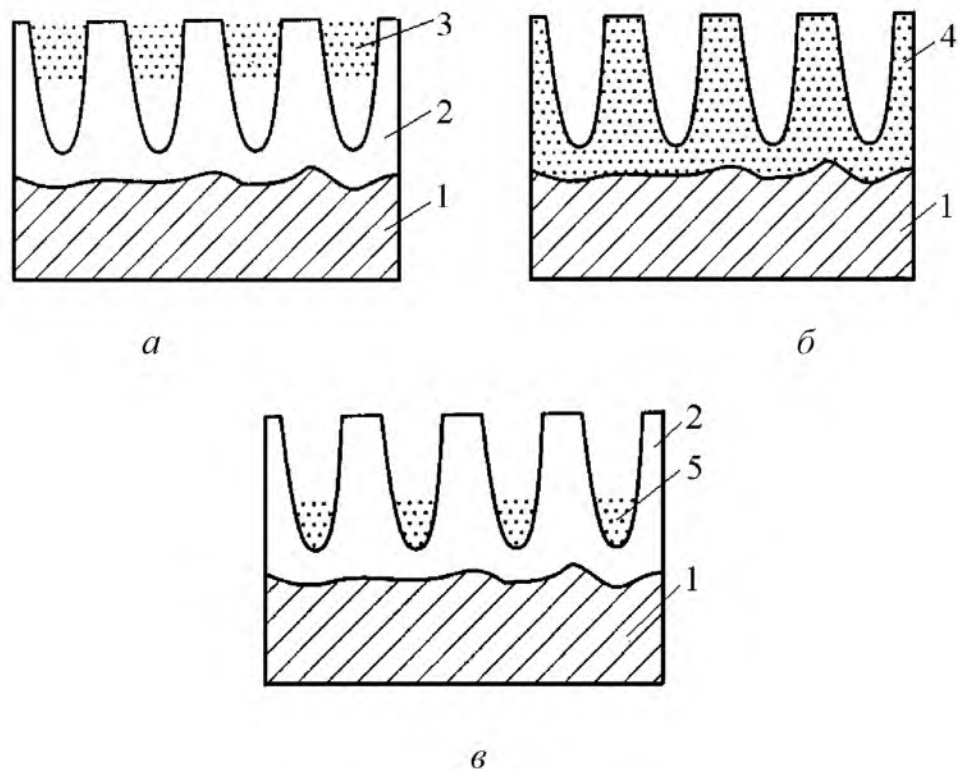


Рисунок 47 - Схема окрашивания анодного покрытия: *a* – с помощью органического красителя; *б* – в процессе анодирования; *в* – двухстадийное электролитическое окрашивание (1 – металлическая основа; 2 – оксидная пленка; 3 – органический краситель; 4 – цветная оксидная пленка; 5 – осажденный металл)

2. Окрашивание в процессе анодирования.

Для получения окрашенного анодного покрытия прямо в процессе анодирования (рис. 47,*б*) используется органическая кислота в сочетании с анодирующими электролитами. Особенности окрашивания с помощью различных кислот описаны выше. Глубина проникновения красителя зависит от толщины анодного покрытия. Основным недостатком этого процесса является очень высокий расход энергии для получения желаемой окраски.

3. Двухстадийное электролитическое окрашивание.

Двухстадийный процесс подразумевает обычное анодирование в растворе серной кислоты и последующее окрашивание. Он отличается от обработки органическими красителями или минеральными пигментами тем, что окрашивание осуществляется электрохимическим способом: в электролите неорганической соли под действием переменного тока происходит осаждение частиц металла (олова и др.) в поры сформировавшегося ранее анодного покрытия (рис. 47,*в*). Это вызывает проявление окраски в результате оптического эффекта - рассеивания света на порах.

Процесс позволяет получать покрытия в широком диапазоне цветов с высокой светостойкостью. Расход энергии ниже, чем при обычном анодировании, так как используется непродолжительное время низкие сила тока и напряжение. По данным [117], процесс электролитического окрашивания обеспечивает экономию электроэнергии на 82,6% по сравнению с окрашиванием прямо в процессе анодирования.

Например, для получения оттенков синего цвета типичные условия окрашивания таковы: температура 15-26°C, плотность тока 0,1–0,5 А/дм², напряжение переменного тока 5–25 В.

На рис. 48 представлена схема осуществления электролитического окрашивания светлого анодированного алюминия. Окраска производится в ванне, облицованной кислотоупорным токонепроводящим материалом, например, стекловолокном, резиной, поливинилхлоридом или полипропиленом. Электролит должен перемешиваться для поддержания температуры ванны в пределах $\pm 0,6^\circ\text{C}$. Для контрэлектродов обычно используются олово, нержавеющая сталь и графит. Электролит состоит в основном из сульфата олова, серной кислоты и органических присадок; кроме того, используются антиоксиданты для уменьшения окисления сульфата олова и различные присадки для усиления тона и глубины окраски.

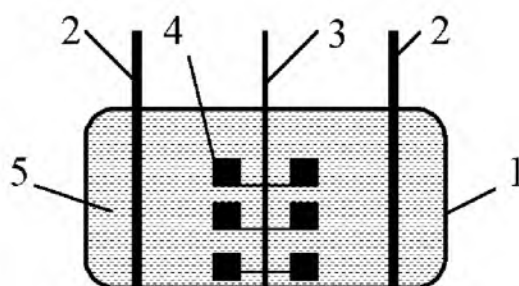


Рисунок 48 - Схема электролитического окрашивания:

1 – окрасочная ванна; 2 – контрэлектроды; 3 – центральный электрод; 4 – анодированный профиль; 5 – электролит

В качестве источника энергии при электролитическом окрашивании используется электрический ток, который может подводиться следующими способами.

- Обычный синусоидальный электрический ток может использоваться с большинством типов контрэлектродов и представляет собой простой в эксплуатации и наиболее экономичный вариант подачи энергии.

- Модулированный переменный ток – источник подачи такого тока обладает способностью производить волну переменного тока с регулированием подачи каждой полярности. Он программируется на три стадии процесса:

- постоянный ток только положительной полярности для предварительной обработки;
- одинаковые положительная и отрицательная полярности;
- более высокая отрицательная полярность.

Такая подача предотвращает перегрев поверхности металла, и появляющийся в результате его пережог обеспечивает высокую скорость окрашивания и глубину цвета.

- Постоянный / переменный ток обеспечивает предварительную обработку с использованием полной положительной половины волны, затем подается переменный ток с типичной синусоидальной формой волны.

- Переменный ток с переменным потенциалом, накладываемым на постоянный ток, дает возможность обрабатывать изделия небольшой толщины и сплавы с высоким содержанием меди, не увеличивая продолжительность процесса.

Существует также множество других схем подвода электрического тока, обеспечивающих равномерность окрашивания, высокую производительность и экономичность процесса.

4.2.1.3 Абразивная очистка

Абразивная очистка производится путем обдува поверхности профиля высокоскоростным потоком сухих металлических или неметаллических частиц. Этот вид обработки может применяться перед окраской не только для очистки, но и для получения декоративной матовой текстуры [2]. Если обработанный абразивом профиль подвергается анодированию, поверхность

приобретает серый цвет. В качестве абразива, как правило, используется промытый кварцевый песок или оксид алюминия. Характеристики абразивной обработки песком приведены в табл. 6. Сопло располагается под углом 90°.

Таблица 6 - Характеристики абразивной обработки песком

Размер частиц, мкм	Диаметр сопла, мм	Расстояние до поверхности, мм	Давление воздуха, кПа
20-60	10-13	300-500	205-620
40-80	10-13	200-350	205-620
100-200	6-13	200-350	205-515
Более 200	13	200-300	310

5 Экономическая часть

5.1 Статистика брака на производстве

На производстве ЛПЗ «СЕГАЛ» была взята статистика брака за одну смену от 02.02.2016г.

Результаты приведены в таблице 7.

Таблица 7 - Статистика брака на ЛПЗ «СЕГАЛ» за одну смену от 02.02.2016

Таблица удалена

В ходе анализа таблицы установлено, что брак составляет 10% от выпуска готовых алюминиевых профилей, не включая пресс-остаток и распрессовки.

5.2 Расчет экономической эффективности

Рассчитаем годовую программу выпуска готовых изделий:

$$m_1 = m_{\text{смена}} * 2 * 256 = 36 * 2 * 256 = 18420 \text{ тонн/год}$$

Без учета брака 10%, годовая программа выпуска готовых изделий составляет:

$$m_2 = 18420 * \frac{100}{90} = 20466 \text{ тонн/год}$$

В соответствие с внедряемыми мероприятиями, ожидается снижение брака на производстве на 4%.

С учетом брака 6%, годовая программа выпуска готовых изделий составляет:

$$m_3 = 18420 * \frac{100}{94} = 19238 \text{ тонн/год}$$

Стоимость алюминия на Лондонской бирже цветных металлов составляет 1602,50 доллар/тонна.

Курс доллара, по состоянию на 19.06.2016г. составляет 64,78 рублей.

Стоимость алюминия составляет:

$$Al = 1602,50 * 64,78 = 103809,95 \text{ руб/тонна}$$

Стоимость годового выпуска продукции без учета брака 10% рассчитывается по формуле:

$$C_2 = m_2 * Al = 20466 * 103809,95 = 2,125 \text{ млрд. руб}$$

Стоимость годового выпуска продукции с учетом брака 10% рассчитывается по формуле:

$$C_1 = m * Al = 18420 * 103809,95 = 1,912 \text{ млрд. руб}$$

Стоимость годового выпуска продукции с учетом брака 6% рассчитывается по формуле:

$$C_3 = m_3 * Al = 19238 * 103809,95 = 1,997 \text{ млрд/руб}$$

Экономическая выгода рассчитывается как разница между C_3 и C_1 :

$$C_{\text{выгода}} = 1,997 - 1,912 = 0,085 \text{ млрд. руб (85 млн.руб)}$$

Результаты расчётов приведены в таблице 8.

Таблица 8 - Расчёт экономической эффективности

	Выпуск без учета брака	Выпуск с учетом брака 10%	Выпуск с учетом брака 6%	Экономическая выгода
Выпуск, тонн/год	20466	18420	19238	818
Стоимость, млрд.руб	2,125	1,912	1,997	0,085

Заключение

Раздел удален

Содержит выводы

В соответствие с внедряемыми мероприятиями проведен расчёт экономической эффективности работы.

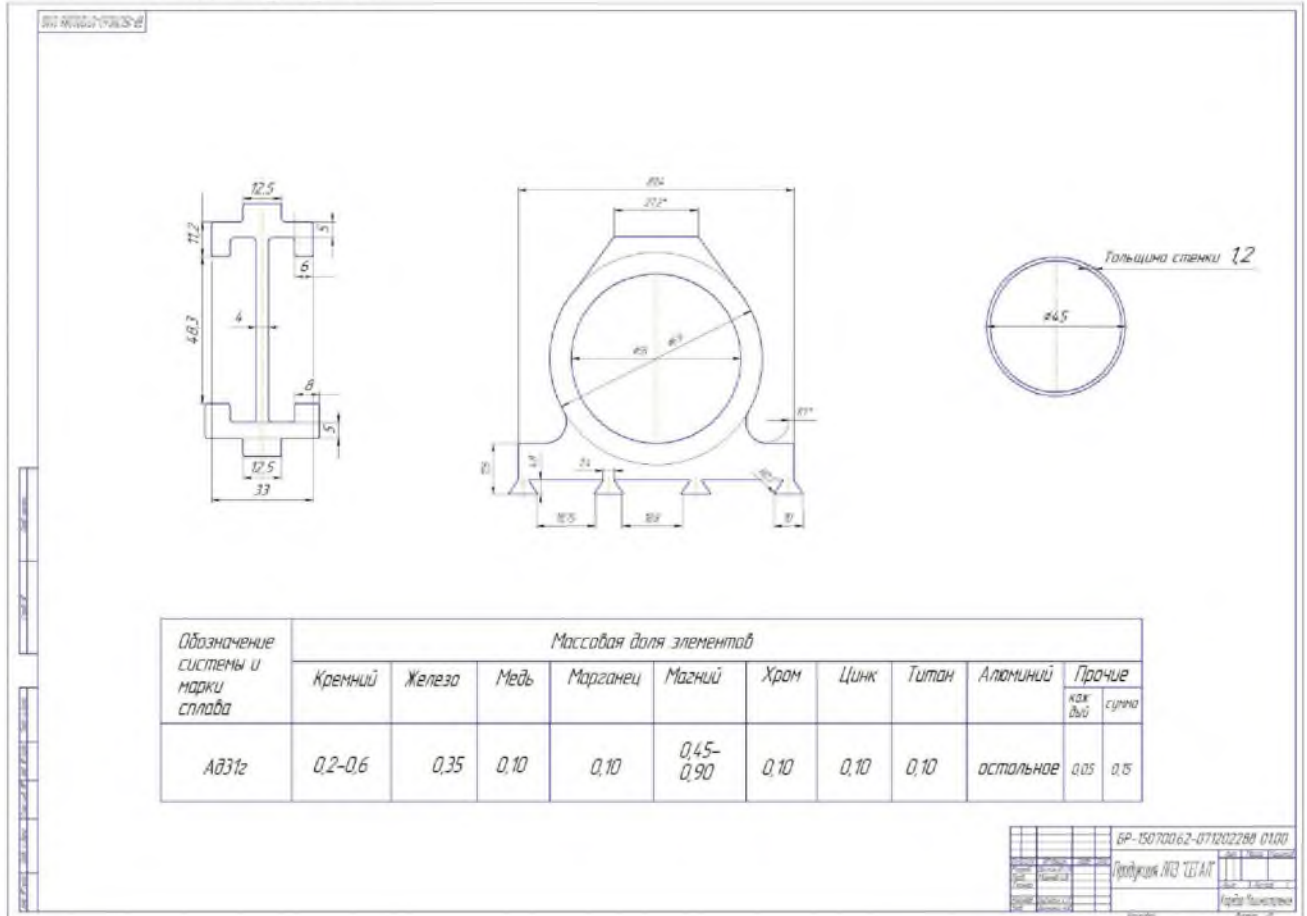
Список использованных источников

1. Габидулин Алексей Эрнестович. Прогнозирование структурного состояния и механических свойств прессованных полуфабрикатов из алюминиевых сплавов с использованием компьютерного моделирования: 05.16.01 Москва 2009 – 150с.
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. С.В. Беляев, И.Н. Довженко, Р.Е. Сколов, Э. А. Рудницкий, А.С. Пещанский. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ по дисциплине «Технология прессования». Красноярск 2007 – 310с.
4. М.В. Сторожев, Е.А. Попов. Теория обработки металлов давлением. Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб.и доп. М., "Машиностроение", 1977.
5. 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.

Приложение

Приложение 1. Графическая часть

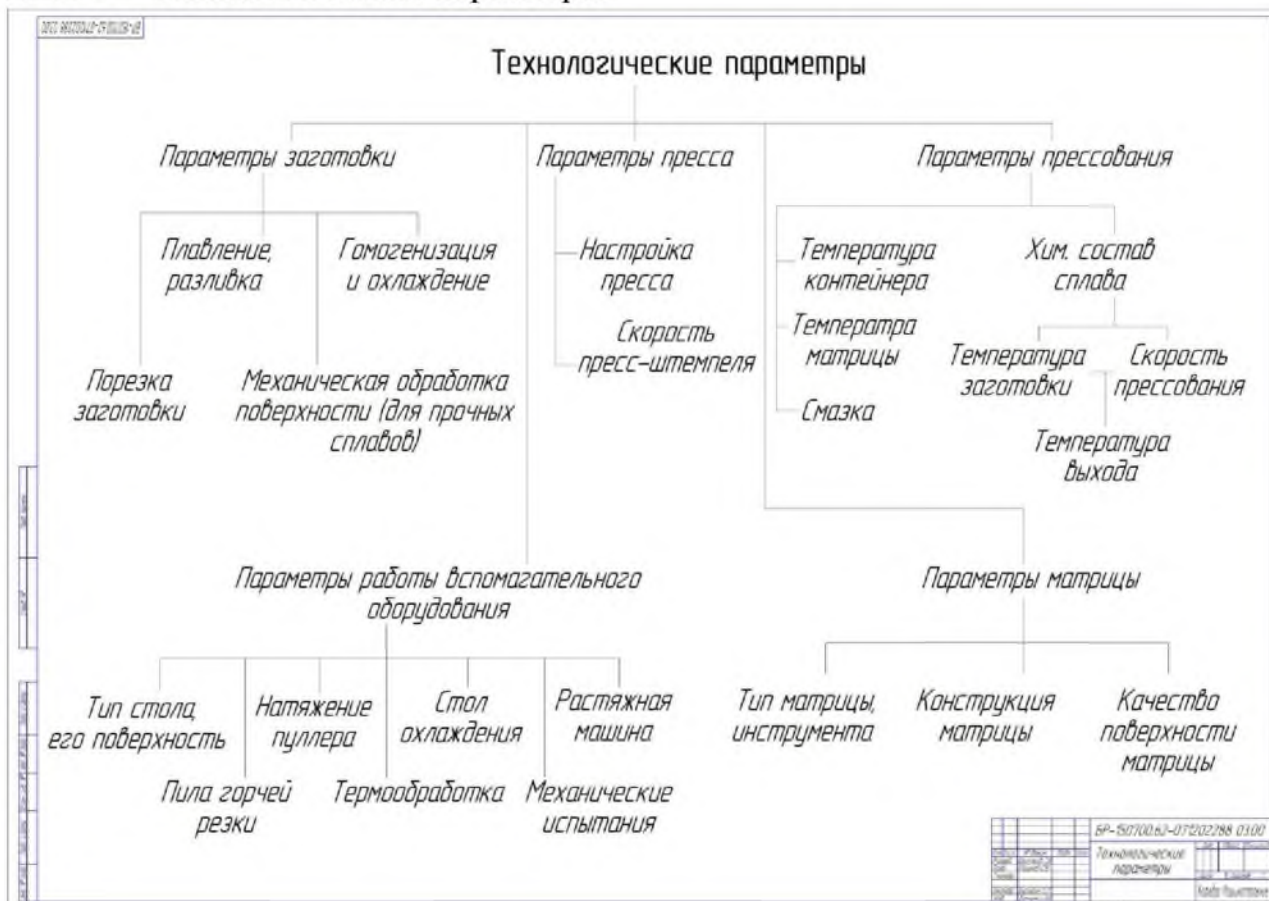
Лист 1 – Виды профиля



Лист 2 – Классификация дефектов




Лист 3 – Технологические параметры




Лист 4 – Металлургические дефекты

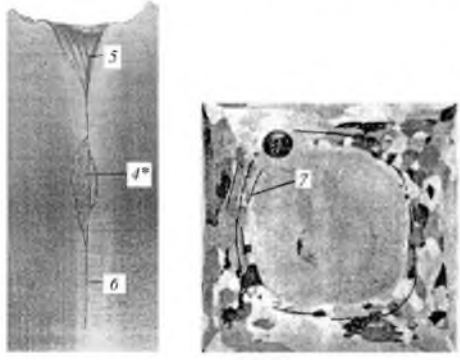
Металлургические дефекты



Крупнокристаллический ободок при прессовании в одну (а), в две (б) и четыре (в) нитки



Наслоение в виде концентрических линий, отличающихся по травимости от основного металла (AMg16)

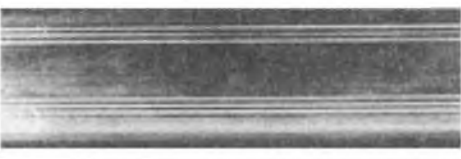

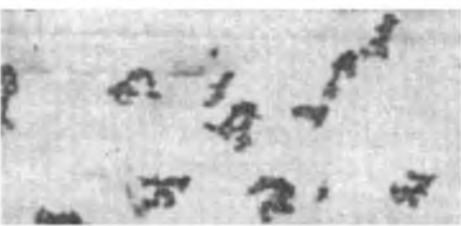
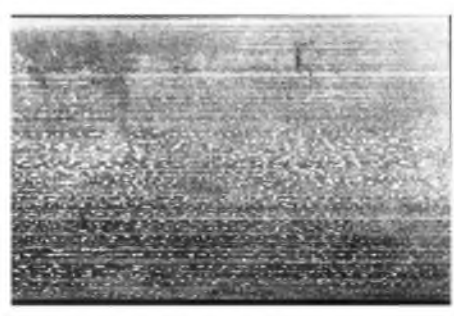


*Утяжины: а - первого вида (центральная);
б - второго вида*

№ документа	БР-150700.62-071202288 04.00
Наименование	Металлургические дефекты
Дата	
Исполнитель	Иванов И.И.
Проверенный	
Дата	

Лист 5 – Поверхностные дефекты деформации

Поверхностные дефекты

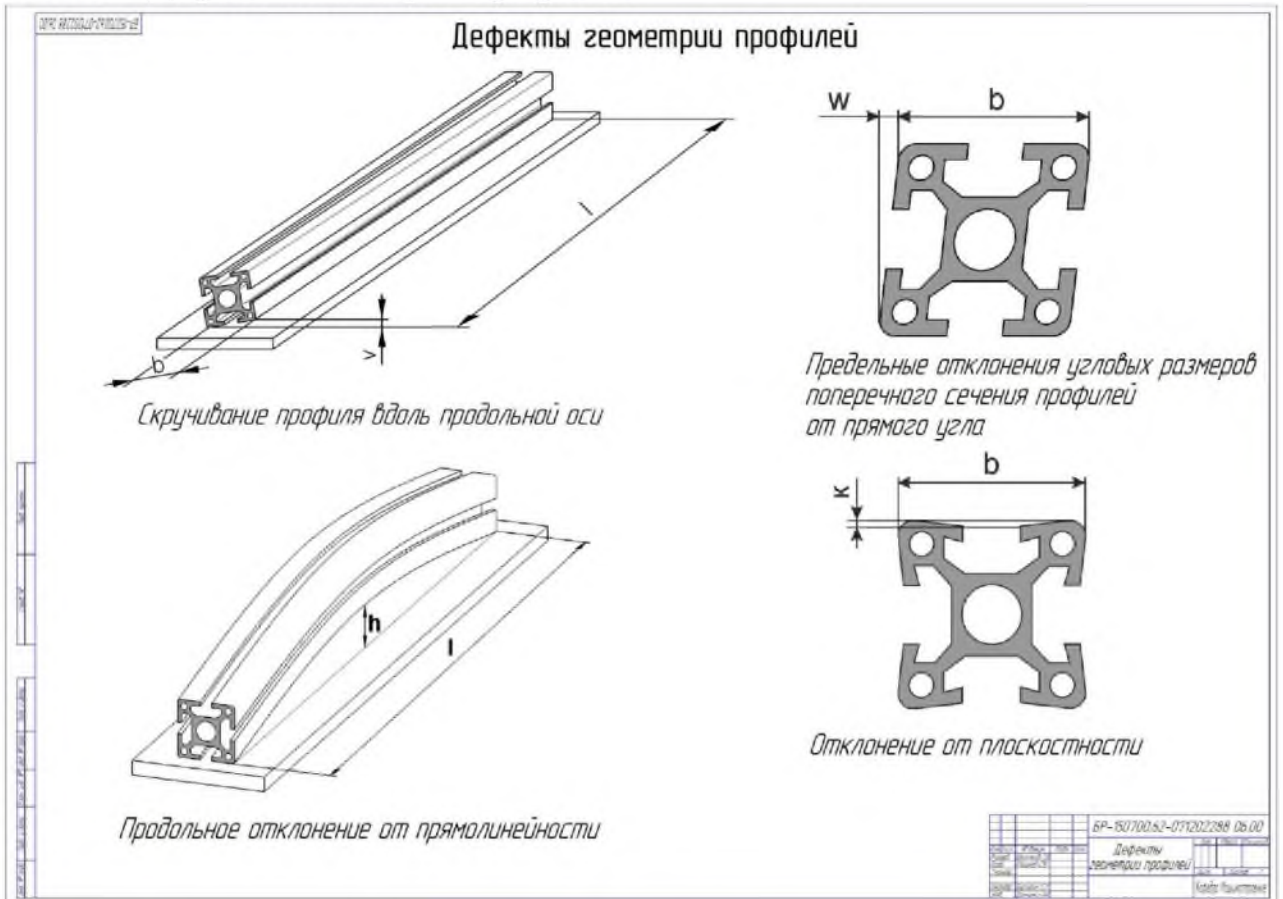





Общая атмосферная коррозия

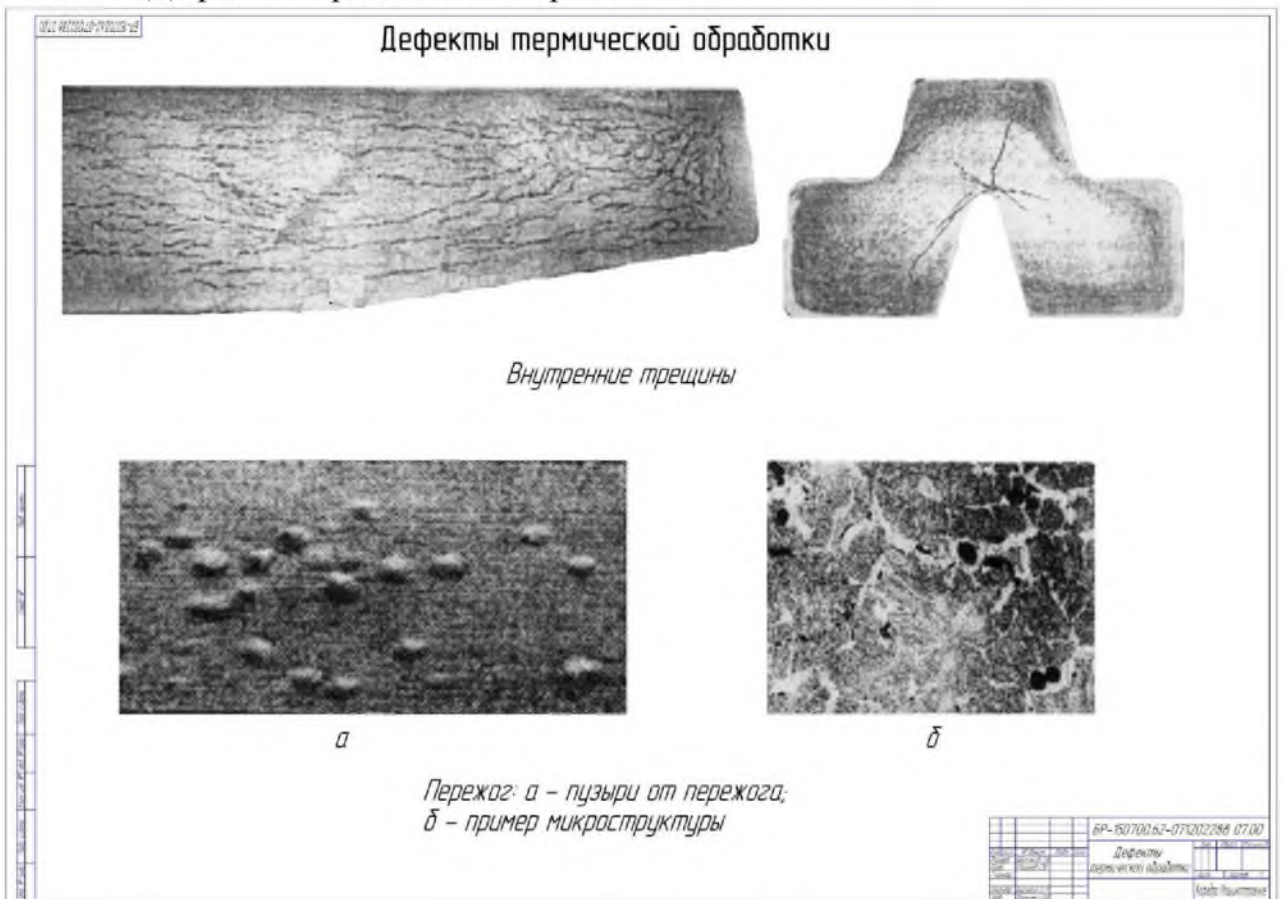
*Некоторые виды поверхностных дефектов:
а - риски; б - задиры; в - "снежинка"*

№ документа	БР-150700.62-071202288 05.00
Наименование	Поверхностные дефекты
Дата	
Исполнитель	Иванов И.И.
Проверенный	
Дата	

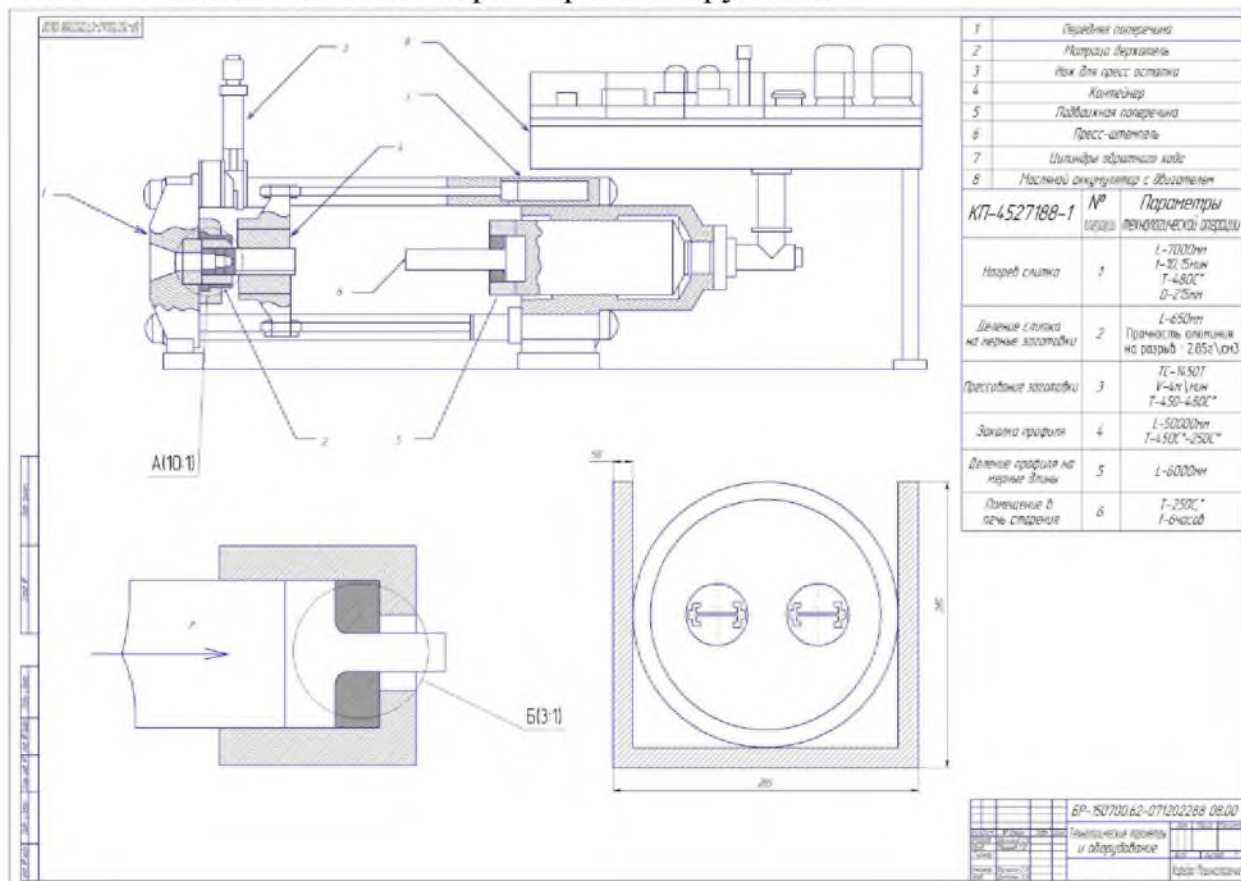
Лист 6 – Дефекты геометрии профилей



Лист 7 – Дефекты термической обработки



Лист 8 – Технологические параметры и оборудование



Лист 9 – Статистика брака

Лист удален

Лист 10 – Экономическая эффективность

Лист удален