

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт

Факультет материаловедения и металлургических технологий
Кафедра процессов и машин обработки металлов давлением

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ /Радионова Л.В./

_____ 2020 г.

***РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ
ФОЛЬГИ ОЛОВО-СВИНЕЦ-ОЛОВО ТОЛЩИНОЙ 0,05 ММ***

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА

ЮУрГУ – 22.03.02 – 2020 – 309 – 00.00.00 ПЗ

Нормоконтролер
к.т.н., доцент

Пелленен Анатолий Петрович
_____ 2020 г.

Руководитель работы
к.т.н., доцент

Пелленен Анатолий Петрович
_____ 2020 г.

Автор работы
студент группы П-438

Левакин Андрей Алексеевич
_____ 2020 г.

Челябинск
2020

АННОТАЦИЯ

Левакин А.А. Разработка технологии получения биметаллической фольги олово-свинец-олово толщиной 0,05 мм. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, МиМТ, П-438, 51 с., библиогр. список- 7 наим.

Данная выпускная квалификационная работа выполнена с целью разработки технологии получения биметаллической фольги олово-свинец-олово толщиной 0,05 мм.

Выполнен литературный обзор используемой схемы и оборудования для изготовления биметаллических слоистых заготовок. Изобретена технология, которая позволяет получить фольгу олово – свинец – олово толщиной 0,05 мм в лабораторных условиях ЮУрГУ с применением заготовки ООО НПО «РосАнтикор».

Проделанные расчеты показали, что режимы деформации выполнимы на стане ХПЛ – 200 ЮУрГУ(НИУ).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФОЛЬГИ.....	6
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОИСТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ.....	16
3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЛАКИРОВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ ОЛОВО-СВИНЕЦ-ОЛОВО И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ООО НПП “РОСАНТИКОР”	25
4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОЛЬГИ ОЛОВО-СВИНЕЦ-ОЛОВО В УСЛОВИЯХ ЮУРГУ	35
5. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОБЖАТИЙ И ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПЛАКИРОВАНИИ И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ПРОКАТКИ ФОЛЬГИ.....	37
6. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКАТКИ ФОЛЬГИ НА СТАНЕ 200 ХПЛ ЮУРГУ	44
7. ТЕХНОЛОГИЯ РЕЗКИ ФОЛЬГИ НА ТРЕБУЕМЫЕ ШИРИНЫ.....	46
8. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
9. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	50

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время главным курсом экономики и машиностроения во всём мире является сокращение металлоёмкости всевозможных производственных решений.

С такой целью сталкиваются инженеры целого мира, которые работают дабы усовершенствовать структуры металлических материалов, чтобы в конечном итоге увеличить производство их экономичных видов и материалов нового поколения. К материалам нового поколения относят биметаллы или слоистые металлические композиции (материалы, состоящие из двух или нескольких различных металлов), которые объединяют в себе свойства составляющих и получивших новые качества, превосходящие качество исходных металлов.

Биметаллы позволяют увеличить надёжность и долговечность различных деталей и конструкций, а также уменьшить затраты для их производства, в результате экономии дорогостоящих цветных металлов. Кроме этого, эти материалы открывают новые возможности для разработки более совершенных конструкций, деталей, приборов и аппаратов.

В данной работе была разработана технология получения биметаллической фольги олово – свинец – олово толщиной 0,05 мм. На Лондонской бирже, цена на свинец 1726 \$/тн, а на олово 16930 \$/тн, поэтому данная технология разработана с целью экономии дорогостоящего цветного металла – олова. Фольга олово – свинец – олово позволяет сохранить все полезные свойства олова, при этом снижая расход этого материала. Применяется в химической и электронной промышленности, а также на оборонных предприятиях.

Подшипниковые материалы, могут содержать как олово, так и свинец, сплав металлов с никелем, кальцием, очень износостойки.

При добавлении висмута и сурьмы в объеме 0,5 % степень аллотропного превращения снижается почти до 0, это означает, что белое олово можно считать полностью стабильным. Здесь следует отметить, что сплав олова и свинца используется для той же цели, но только в меньшей степени.

Чистый расплавленный свинец не скользит по поверхности, не смачивая ее, но сплав с оловом позволяет получить высококачественное покрытие. Если необходимо уменьшить зазор в подшипниковом масле и улучшить рабочие условия деталей, используется поверхностное покрытие из олова или свинцовых сплавов.

Сплав с 90% свинца, 5% олова и 5% сурьмы используется в качестве полуслоя для покрытия поверхности, не содержащей углерода. Состав сплава влияет на текучесть материала, которая варьируется в зависимости от соотношения компонентов. Олово и свинец прекрасно дополняют друг друга и делают их сплав незаменимым для производства.

1. ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФОЛЬГИ.

Фольга представляет собой тонкий прокатанный металл (листы или ленты), толщина которого зависит от типа и состояния, и может варьироваться в широком диапазоне от 0,001 до 0,05 мм. Изготовление фольги состоит из трех главных этапов: отливки слитков, прокатки слитков на ленточную заготовку и прокатки фольги из ленточной заготовки. Отлив слитков происходит в литейном цехе, в заготовительном прокатном цехе прокатывается ленточная заготовка, фольга в фольгопрокатном цехе.

1.1. Отливка слитков.

Шихтовый материал должен быть чистым и на поверхности не должно содержать влаги и масла. Остатки масла и отходы от ленты, тонкая фольга и стружка в виде крошки с большой окисленной поверхностью не могут использоваться в виде шихтового материала без предварительного переплава в чушки. В электрических, нефтяных, мазутных или газовых плавильных печах происходит плавка шихты. Металл, который получают в плавильных печах, очищается от окислов, неметаллических включений и растворенных в нем газов. Наличие неметаллических включений и газов в слитке приводит к образованию пузырьков в ленточной заготовке и сквозных отверстиях (дырчатости) на фольге. Сегодня передовые отечественные предприятия применяют метод непрерывного и полунепрерывного литья, который заменил старый метод отливки слитков в чугунные и водоохлаждаемые изложницы, который не мог обеспечить получение здорового слитка и вызывал образование дырчатости в тонкой фольге.

Использование этих методов обеспечивается благодаря рулонному способу производства ленты и фольги непосредственно из заготовки. Отлитые слитки разрезают на мерные длины, которые нужны для последующей прокатки.

1.2. Прокатка ленточной заготовки.

Технология изготовления ленточной заготовки для прокатки фольги включает в себя нагрев слитков, их горячую прокатку, холодную прокатку ленты до определенной толщины, отжиг, перемотку, резку и контроль ленты.

1.2.1. Нагрев слитков.

В начале горячей прокатки, слитки нагревают в электрических методических печах, процесс нагрева в этих печах происходит непрерывно. Холодные слитки загружаются с одной стороны печи, перемещаются вдоль печи, нагреваясь до необходимой температуры и выгружаются с противоположной стороны. Слитки также можно нагревать в нефтяных и газовых печах.

Однако, надо отдать должное электрическим печам, в которых металл равномерно нагревается и поверхность слитка получается незагрязненной продуктами сгорания. А также существуют нагревательные печи конвейерного типа, в них слитки укладываются не на отдельных поддонах, а на непрерывно двигающуюся цепь, изготовленную из жаропрочной стали. В этом случае слитки укладываются отдельно на цепь по одной штуке и продвигаются вместе с ней по всей длине печи.

1.2.2. Горячая прокатка слитков.

Горячую прокатку предварительно нагретых слитков можно выполнять на двух-, трех- и четырех валковых прокатных станах различной конструкции и мощности. Слитки прокатывают в несколько проходов с различными обжатиями. Конечная толщина заготовки при горячей прокатке зависит от типа металла или сплава и конструкции прокатного стана. Поскольку сопротивление деформации металла уменьшается с ростом температуры, рекомендуется проводить горячую прокатку при максимальной температуре, установленной для этого металла, но без перегрева. Повышение температуры в начале прокатки позволяет прекратить ее также при более высокой температуре, в результате чего протекает процесс рекристаллизации и металл сохраняет нужную пластичность, которая необходима для дальнейшего процесса холодной прокатки.

1.2.3. Холодная прокатка заготовки.

После горячей прокатки осуществляется процесс холодной прокатки ленточной заготовки для фольги без промежуточного отжига, происходит на двух- или многовалковых прокатных станах. Холодная и горячая прокатка могут быть совмещены. Количество смазки играет важную роль в получении чистой ленточной заготовки, которая остается на поверхности после прокатки. Смазка концентрируется в основном на кромке, и, следовательно, на станах, в которых производится прокатка с маслом, устанавливаются специальные дисковые ножи, чтобы разрезать кромки сразу же после выхода ленты из валков. Обрезаемая кромка, которая загрязнена маслом, наматывается на специальные катушки, установленные за намоточный барабан. В дополнение к технологической смазке, на высоких скоростях прокатки, используется эмульсия, из-за того, что валки и прокатываемая лента при этой скорости быстро нагревается. Для того, чтобы избежать образования коррозионных пятен, которые вызывают разрыв фольги во время последующих прокаток, эмульсия удаляется с поверхности ленты. Эмульсия удаляется сжатым воздухом, который проникает на поверхность ленты под давлением не ниже 4 – 6 атмосфер.

1.2.3. Отжиг.

Отжиг ленты происходит в электрических печах сопротивления или в муфельных нефтяных печах. Необходимо, чтобы отжиг был равномерным. После отжига рулоны разбраковывают на перемоточной машине, одновременно обрезая кромки.

1.2.4. Разбраковка ленты и виды брака.

К прокатанной и отожженной ленте предъявляют следующие требования:

- На поверхности ленты не должно быть белых, темных, шероховатых пятен, вызывающих коррозию, глубоких царапин, плен, трещин, пузырей, заката металла, рванин и задиров, а также полос от материала (бельтинга), используемых на прижимах ленточных прокатных станов.
- На поверхности ленты допускаются: небольшая волнистость, если она не препятствует плотной намотке рулона, мелкие пятна от выгоревшей смазки, неглубокие царапины, отпечатки, вмятины и риски.
- Лента должна быть равномерно обрезана по ширине без заусенцев и рванин. Смещение витков не должно превышать 3 мм, разрывы ленты в рулоне не допускаются.
- Лента должна быть пластичной, что достигается при хорошем отжиге.

На ленточной заготовке могут встретиться следующие виды брака:

- Несоответствие геометрических размеров, как по толщине, так и по ширине. Это приводит к неравномерной выкатке фольги, волнистой кромке и обрывам.
- Повреждение и загрязнение поверхности ленточной заготовки. Нижняя часть от рольганга, а верхняя от пыли. Поверхностные дефекты выявляются в виде дырчатости и в виде отверстий, расположенных в строчечном порядке по направлению прокатки.
- Неравномерность механических свойств и микроструктуры происходит на отожженной ленте, когда разница температур в отжигательных печах превышает 30 градусов по высоте (особенно вредны – волнистость, складки и обрывы ленты), ширине или длине садки. В случае неравномерного отжига рулонов происходит неравномерная рекристаллизация по толщине или высоте рулона, размер зерна и механические свойства одного и того же рулона получаются не одинаковы.

1.2.6. Технология производства фольги рулонным способом.

На специальных фольгопрокатных станах, фольгу прокатывают рулонным способом.

Схема фольгопрокатного стана приведена на рисунке 1.

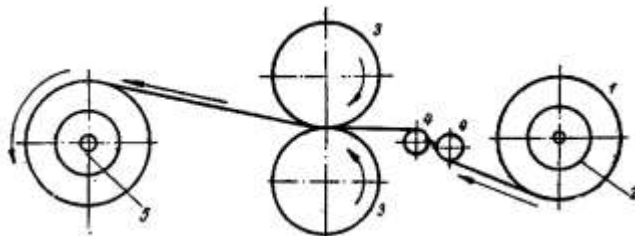


Рисунок 1 – Схема фольгопрокатного стана

1 – рулон; 2, 5 – моталки; 3 – валки фольгопрокатного стана; 4 – направляющие ролики.

Заготовка в виде плотно намотанных рулонов используется для прокатки фольги, что исключает возможность проворачивания и взаимного перемещения отдельных витков ленты в рулоне, если она натянута во время прокатки. При проворачивании и перемещении витков в рулоне возникают задиры, потертости и риски, которые нарушают целостность и чистоту поверхности фольги. Чтобы получить рулоны с плотно намотанными лентами, рулоны перематывают на перемоточной машине без обрезки или с обрезкой кромок. Можно объединить процесс перемотки и прокатки непосредственно на прокатном стане.

Еще в 60-е годы в СССР была разработана технология производства фольги олово – свинец – олово рулонным способом, в настоящее время в России уже не используется данная технология. Фольга производится толщиной 0,05 мм и изготавливается из сплава состава:

99% Pb, 1% Sb. Этот сплав плакируется оловом. На рисунке 2 представлен технологический процесс изготовления фольги.

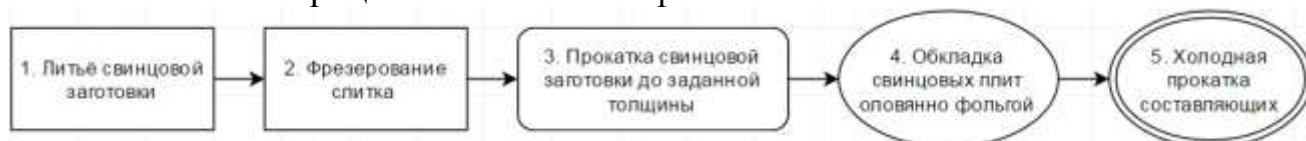


Рисунок 2 – Технологический процесс изготовления свинцовой фольги, плакированной оловом

Рассмотрим каждый процесс более подробно.

1. Шихта может состоять из: от 50 до 70% свинца, отходов свинца и отходов обрезков плакированного свинца, а также из сурьмянистой лигатуры. Шихту расплавляют в железном котле или графитовом тигле, из которого отливают слитки размером 50x300x500 мм.

2. Слитки фрезеруют для удаления складок и неровностей с поверхности. Толщина каждого слитка после фрезеровки составляет 36 мм.

3. Затем слитки в холодном состоянии прокатываются до размеров 10x400x1350 мм за 5 проходов по следующей схеме (таблица 1). Прокатка толщиной с 16 мм до 10 мм обычно выполняется в три прохода, согласно схеме 16 – 13 – 11,5 – 10 мм. Количество проходов зависит от скорости прокатки и степени обжатия.

В процессе прокатки валки нагреваются до 60 – 80° без использования смазки. Прокатка выполняется на двухвалковых станах с валками размером 350x600 мм.

Таблица 1 – Схема холодной прокатки свинцовых слитков с толщины 36 мм на 10 мм.

№ прохода	Операция	Толщина, мм		Абсолютное обжатие, %	Относительное обжатие, %	Ширина полосы, мм
		начальная	конечная			
1	Прокатка	36,0	27,0	9,0	25,0	500
Поворот на 90°						400
2	Прокатка	27,0	20,5	6,5	24,1	400
3	Прокатка	20,5	16,0	4,5	21,9	400
4	Прокатка	16,0	12,5	3,5	21,9	400
5	Прокатка	12,5	10,0	2,5	20,0	400

Требования, которые предъявляются к фольге:

- На фольге не должно быть никаких недокатов и перекатов. Для этого необходимо следить за обжатием фольги при прокатке, шлифовкой валков и за выбором состава смазки.
- На фольге не должно быть вытянутой кромки. Она может появиться в результате перекоса валков, в случае нарушения режима охлаждения валков по длине бочки.
- На фольге не должно быть зарезов (складок). Для этого необходимо следить за обжатием и натяжением ленты.
- На фольге не должно быть морщин. Они могут возникать из-за перекоса оси моталки относительно валкам, эксцентричной установки шпули, перекоса накладного ролика и не правильной шлифовки валков.
- Не должно быть смещения витков на фольге. Для этого нужно следить за креплением шпули на моталках.
- На фольге не должно быть обрывов. Для этого нужно следить за натяжением и за равномерной подачей смазки.
- На фольге не должно быть отпечатков. Они могут образовываться, когда пыль, песчинки, грязная смазка попадают на поверхность валков.
- На фольге не должно быть дырчатости, или сквозных отверстий.

4. Свинцовые плиты толщиной 10 мм устанавливают между двумя листами оловянной фольги толщиной 0,2 мм, тем самым образуя пакеты для дальнейшей прокатки. Длина оловянных листов l_1 должна быть равной $l_1=3l$, где l – длина свинцовой полосы. Для приведённого выше размера плит длина оловянных листов будет равняться $l_1 = 3 \cdot 1350 = 4050$ м. Это явление можно объяснить тем, что свинец удлиняется при прокатке в значительно большей степени, чем олово.

Ширина пакетов B_1 должна быть $B_1 = B + 30$ мм, где B – ширина свинцовой полосы. То есть ширина пакетов будет равна $B_1 = 400 + 30 = 430$ мм.

5. Холодная прокатка проводится после формирования пакетов олово – свинец – олово. Первый проход выполняется с большим обжатием (55 – 65%), чтобы обеспечить хорошее соединение между оловом и свинцом. Очень важно, чтобы валки были чистыми. Прокатка происходит на двухвалковых станах 230х600 (рисунок 3) [3]. Технические характеристики стана приведены в таблице 2. Схема прокатки приведена в таблице 3.

Во втором и последующих проходах в качестве смазки используют бензин или эмульсию (18% мыла, остальное – вода). Эмульсию нагревают до 40-50°. Следующее обжатие толщины с 0,6 мм до 0,05 мм проводят на фольгопркатных станах по схеме, приведённой в таблице 4. В качестве смазки используется бензин или эмульсия. Последний проход при прокатке до готового размера производят только с бензином.

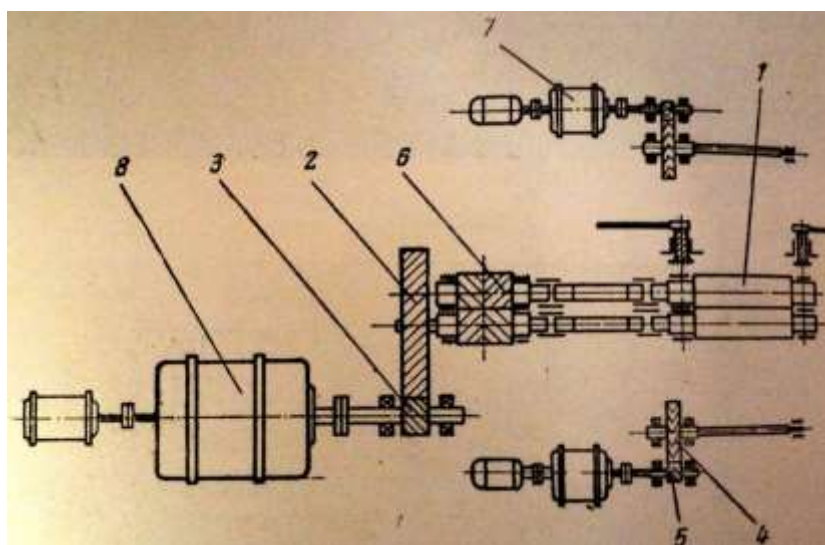


Рисунок 3 – Кинематическая схема модернизированного фольгопркатного стана 230х600:

- 1 – прокатные валки; 2, 3 – шестерни; 4, 5, 6 – шевронные шестерни;
7-электродвигатель моталки; 8 – электродвигатель стана

Таблица 2 – Характеристика электродвигателя двухвалкового фольгопрокатного стана.

Тип стана	Размер валков, мм		Главный двигатель (клет)			Скорость прокатки, м/мин
	Диаметр	Длина рабочей части	Мощность, кВт	Число оборотов в минуту	Напряжение	
Модернизированный отделочный	230	600	65	1570	220	0-300

Таблица 3 – Схема холодной прокатки плакированных пакетов свинец – олово с толщиной 10,4 мм на 0,6 мм.

№ прохода	Толщина, мм		Абсолютное обжатие, мм	Относительное обжатие, %
	начальная	конечная		
1	10,40	4,00	6,40	61,6
2	4,00	2,00	2,00	50,0
3	2,00	1,00	1,00	50,0
4	1,00	0,6	0,40	40,0

Таблица 4 – Схема холодной прокатки фольги свинец – олово с толщиной 0,6 мм до 0,05 мм.

№ прохода	Толщина, мм		Абсолютное обжатие, мм	Относительное обжатие, %
	начальная	конечная		
1	0,60	0,28	0,32	53,3
2	0,28	0,14	0,14	50,0
3	0,10	0,07	0,03	30,0
4	0,07	0,05	0,02	28,6

Из-за массовой обрывности концов фольги, в настоящее время в России не используется ни одна существующая технология производства биметалла в рулонах, поскольку отсутствует оборудование с необходимыми техническими характеристиками.

1.2.7. Оборудование для прокатки фольги.

Фольгопрокатные станы могут быть двухвалковые, четырехвалковые, шестивалковые, двенадцативалковые, двадцативалковые. Они в свою очередь могут быть нереверсивные (прокатка только в одном направлении) и реверсивные (прокатка в двух направлениях). Фольгопрокатные станы показаны на рисунках 4 и 5. Каждый прокатный стан состоит из трех основных частей: рабочей клетки; передаточных механизмов – редуктора с шестеренной клетью и электродвигателя.

Конструкции фольгопрокатных станов неодинаковы. Рабочая клетка состоит из двух стальных станин, между которыми расположены валки, находящиеся в одной вертикальной плоскости. Станины рабочей клетки установлены на плитовину. Валки с подшипниками качения установлены в подушки, которые размещены в проемах станины. Чтобы правильно установить валки и изменить расстояние между ними, в станине было установлено нажимное устройство.

Валки – важнейший элемент фольгопрокатного стана. Они приводятся во вращение от главного привода. Поверхность валков обладает повышенной твердостью, это предотвращает появление отпечатков, а также увеличивает срок службы. Помимо твердости валки должны обладать достаточным пределом прочности, предотвращающий их от поломок.

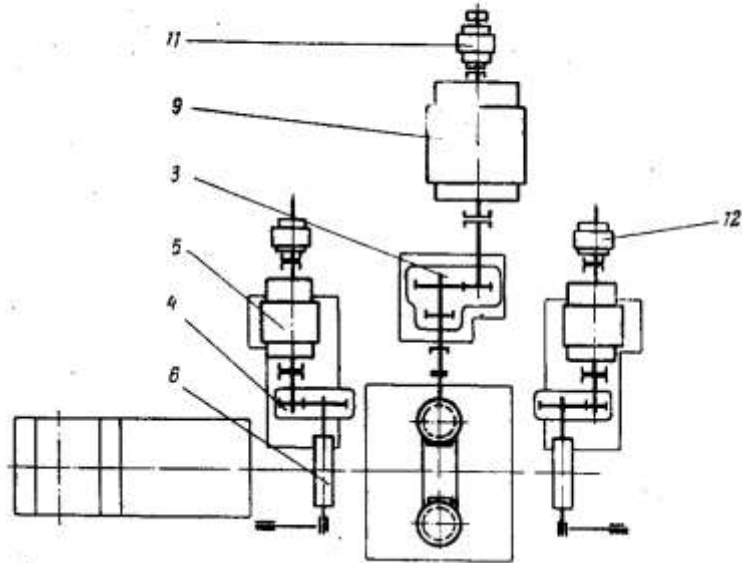
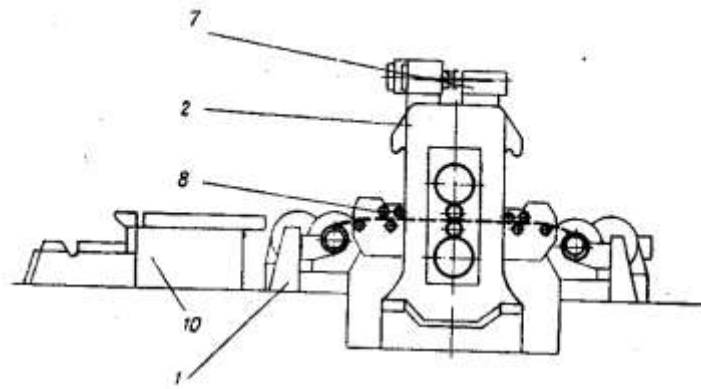


Рисунок 4 – Кинематическая схема четырехвалкового реверсивного фольгопрокатного стана 160/450x750

1 – откидная подшипниковая опора; 2 – рабочая клеть; 3 – комбинированный редуктор; 4 – редуктор привода моталок; 5 – двигатель сматывающего и наматывающего устройства; 6 – шпуля; 7 – нажимное устройство; 8 – датчик скорости прокатки; 9 – двигатель стана; 10 – перемоточно-правильный аппарат; 11, 12 – тахогенераторы

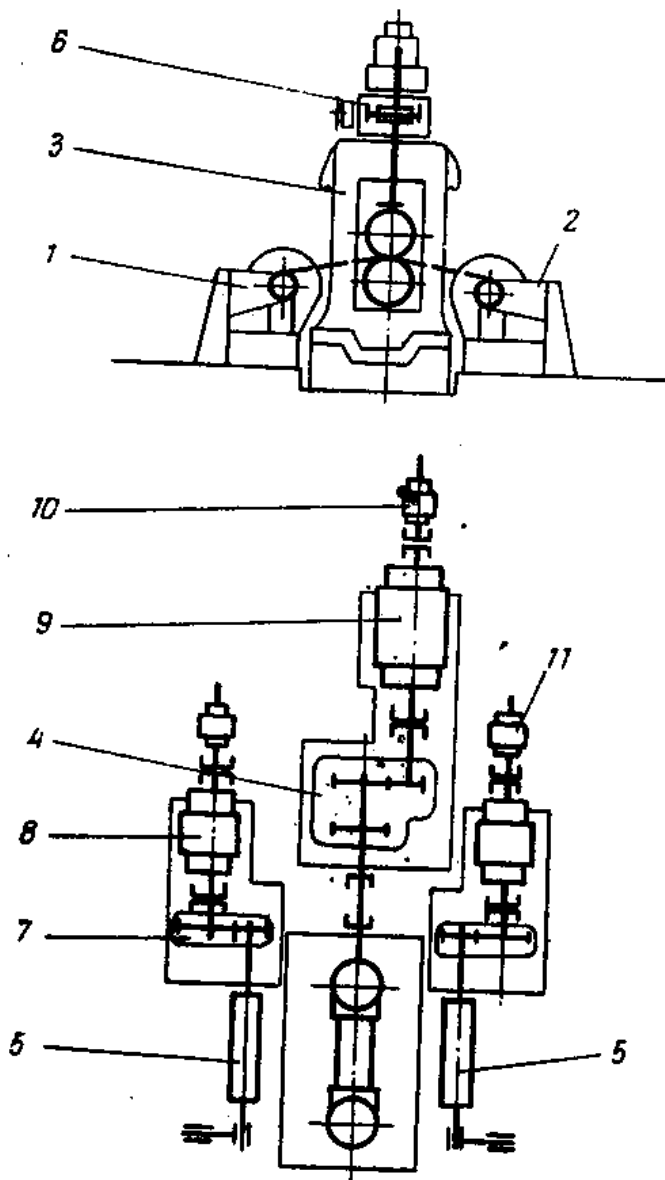


Рисунок 5 – Кинематическая схема фольгопрокатного стана 320x750 с редуктором закрытого типа:

1,2 – откидные подшипниковые опоры; 3 – рабочая клеть;
 4-комбинированный редуктор; 5 – моталки; 6 – нажимное устройство;
 7-редуктор привода моталки; 8 – электродвигатель привода моталки;
 9 – электродвигатель главного привода; 10 – тахогенератор главного привода; 11 – тахогенератор двигателя привода моталки

Важной деталью прокатного стана являются подшипники. В них вращаются шейки прокатных валков, которые должны быть защищены от износа. В процессе прокатки подшипники подвергаются большому удельному давлению, поэтому их конструкция очень важна для прокатных валков. Моталки используются для создания требуемого натяжения фольги, а также для контроля толщины прокатываемой фольги путем изменения натяжения.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СЛОИСТЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИЙ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ.

Наиболее часто встречающиеся методы получения биметаллов включают в себя, сварка взрывом, обработка давлением (холодная и горячая прокатка), литье. Такие методы, как пайка, сварка (холодная, ультразвуковая), наплавка встречаются редко.

Рассмотрим подробнее метод холодной прокатки (тема данной работы связана с получением листов свинцовой фольги, плакированной оловом).

Благодаря высокой производительности и эргономичности, метод холодной прокатки наиболее распространенный при плакирование фольги.

Холодная прокатка является одной из самых перспективных способов производства биметаллов, она обладает большими техническими и экономическими достоинствами.

Схема технологического процесса приведена на рисунке 6.



Технологический процесс изготовления фольги холодным плакированием.

2.1. Подготовка исходных составляющих к плакированию.

Для получения биметаллов при холодной прокатке, при необходимости исходную заготовку подвергают травлению, обезжириванию и зачистке контактных поверхностей до металлического блеска.

После этого начинается сборка пакета: складываются составляющие, совмещая их контактные поверхности. Благодаря заклепкам скрепляют передний конец пакета.

2.1.1 Очистка поверхности заготовки.

На поверхности основного и плакирующего слоя присутствуют органические вещества, которые недопустимы при плакировании. Для удаления загрязнений с поверхности заготовок используют обезжиривание щелочными растворами с использованием эмульгаторов или термическим способом (заготовку помещают в печь с защитной средой, где происходит выгорание загрязнителей). Затем следует травление и механическая очистка контактных поверхностей (металлическими щётками, абразивными составами, дробью и др.). Самым распространённым применением получилась очистка металлическими щётками (диаметр проволоки $d=0,5$ мм и из стали У8), поскольку процесс очистки более выгодный и производительный (рис. 7).



Рисунок 7 – Дисковая проволочная металлическая щётка.

Проволочные дисковые щётки собраны в пакет таким образом, чтобы ширина пакета была равна ширине рулона или пакета биметалла. Средства для очистки контактных поверхностей составляющих биметалла, скатанных в рулоны, представлена на рисунках 8 и 9.

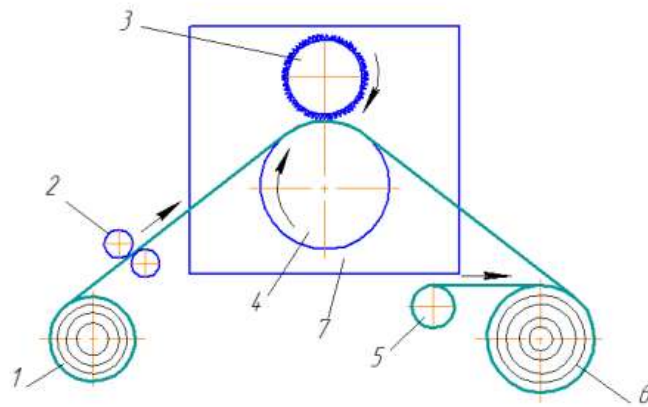


Рисунок 8 – Схема установки для односторонней зачистки составляющих слоистых металлов в рулоне: 1 - размотыватель с рулоном ленты; 2 – задающее устройство; 3 – барабан со щетками; 4 – прижимной барабан; 5 – размотыватель с защитной бумагой или пленкой; 6 – наматывающий барабан; 7 – бункер.

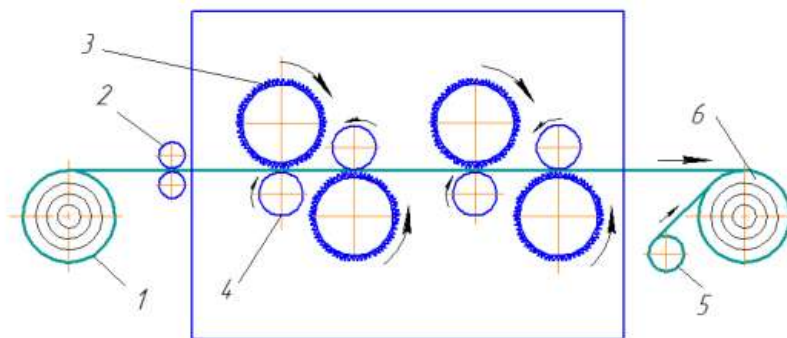


Рисунок 9 – Схема установки для двусторонней зачистки составляющих слоистых металлов в рулоне: 1 - размотыватель с рулоном ленты; 2 – задающее устройство; 3 – барабан со щетками; 4 – прижимной барабан; 5 – размотыватель с защитной бумагой или пленкой; 6 – наматывающий барабан.

Иногда подготовительные операции включают в себя не только очистку контактных поверхностей, но также путем придания им определённой шероховатости поверхности. Например, предварительная прокатка заготовок в валках с рифлёной поверхностью. Кроме того, для защиты поверхностей от образования дефектов во время плакирования может быть вставлена эластичная лента (прокладка), между поверхностью плакирующего слоя и прокатным валком. Подготовительные операции включают, нагрев компонентов перед плакированием. Это уменьшает обжатие в плакировочном проходе, а также улучшает пластические характеристики одного или нескольких компонентов. Нагрев осуществляется электрическим током, индукционным или контактным способом.

2.2 Плакирование и термообработка.

Двух-, трех- и пятислойные полосы можно получить при плакировании способом холодной прокатки (рис.10).

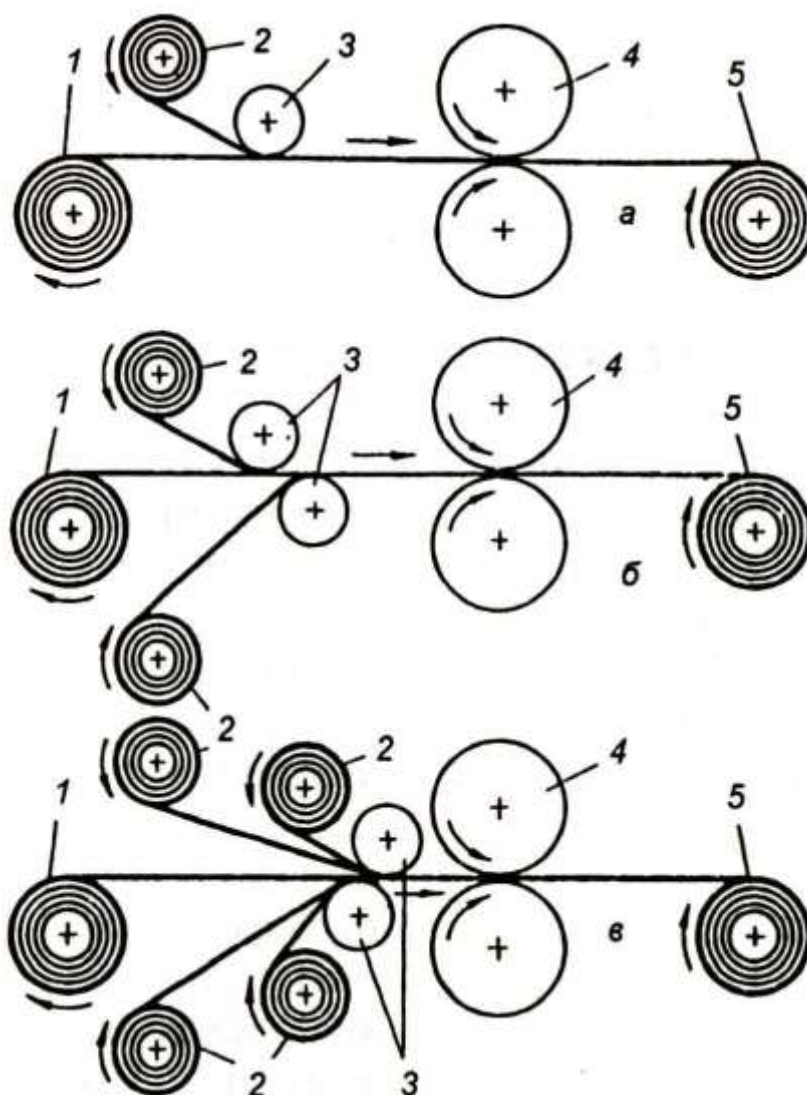


Рисунок 10 – Схема получения двухслойной (а), трёхслойной (б) и пяти-
слойной (в) полосы методом холодной прокатки в рулоне:

1 – разматыватель с рулоном полосы основного слоя; 2 – разматыватель с рулоном полосы плакирующего слоя; 3 – направляющие ролики; 4 – рабочие валки прокатного стана; 5 – моталка с рулоном многослойной полосы.

Операцию плакирования проводят за один проход с большим обжатием (50-80%). При совместной холодной прокатке в валках равного диаметра, как правило, деформируются все слои, но и бывают случаи, когда прочное соединение происходит только при деформировании мягкого слоя (рис. 11) [2].

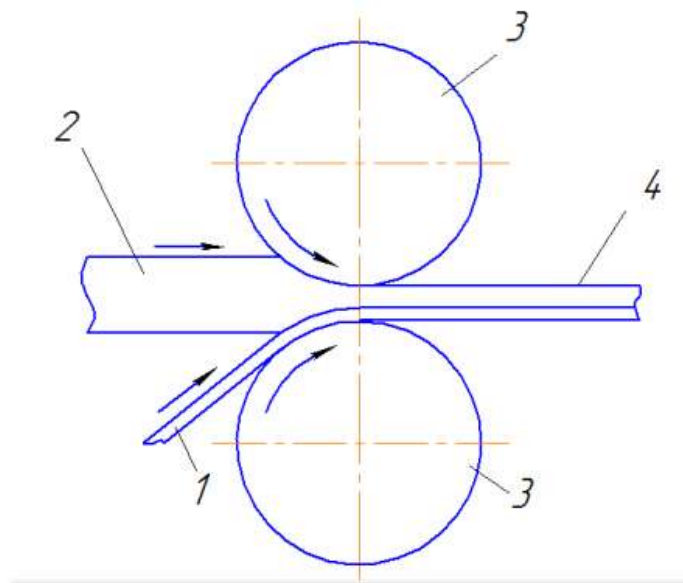


Рисунок 11 – Получение биметаллов при деформации составляющей биметаллической композиции: 1 - твердая; 2 – мягкая; 3 – прокатные валки; 4 – биметалл.

Слоистая полоса, выходящая из валков сматывается в рулон с помощью моталки. Таким образом, операция сборки слоистой заготовки происходит в непрерывном режиме и гарантирует высокую стабильность процесса.

Как правило, все слои деформируются, но могут быть случаи, когда этого недостаточно, сильное соединение возникает при деформации только одной, более мягкой составляющей. Неравномерность послойных деформации оказывает большое влияние при прокатке несимметричных пакетов, что приводит к изгибу слоистого подката на выходе из валков. Это явление можно предотвратить установкой различной скорости вращения рабочих валков или используя валки разных диаметров (рис. 12) [2].

Материал с наибольшим сопротивлением деформации размещают со стороны меньшего валка. Благодаря этому производят более глубокое проникновение деформации в этом слое. В результате чего, неравномерность деформации по высоте пакета уменьшается.

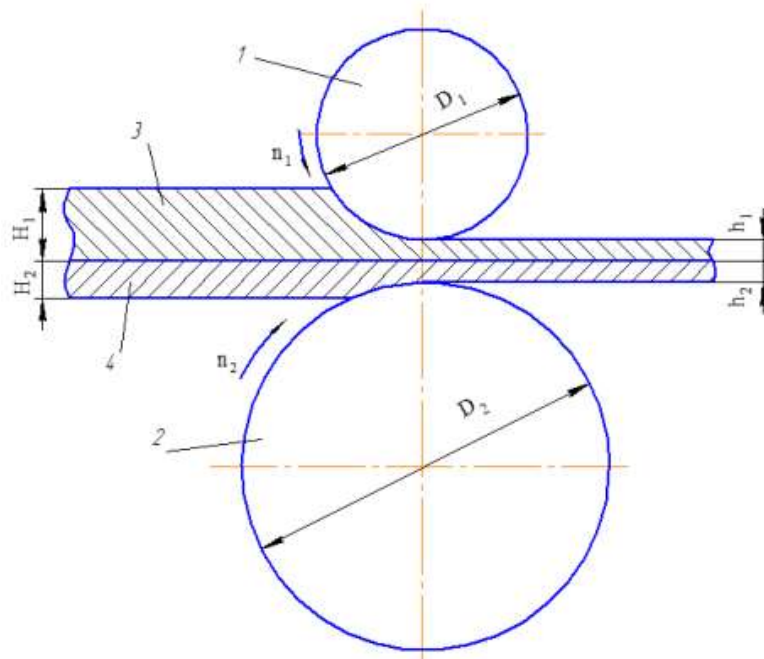


Рисунок 12 – Получение биметаллов прокаткой в валках разного диаметра:
1 и 2 – рабочие валки; 3 и 4 – слои композиции.

Полоса материала, имеющая более высокое сопротивление деформации, должна быть размещена со стороны валка меньшего диаметра, что приведет к более равномерному распределению деформации по высоте пакета. Угловая скорость валков подбирается из соотношения, вытекающего из условия равенства секундных смещённых объёмов [2]:

$$\frac{\varepsilon_1 h_1}{\varepsilon_2 h_2} = \frac{n_1 d_1}{n_2 d_2} \quad (1)$$

где $\varepsilon_1 \varepsilon_2$ – относительные обжатия слоёв композиции; $h_1 h_2$ – толщины слоёв после прокатки; $d_1 d_2$ – диаметры валков; $n_1 n_2$ – угловые скорости валков.

В процессе плакирования в очаг деформации (между валком и поверхностью полосы), обычно подается технологическая смазка, но ее попадание на контактные поверхности неизбежно приводит к непривару. Капельная подача смазки осуществляется на верхнюю полосу, а на нижнюю при помощи упругого валика, причем смазка наносится только на среднюю часть поверхности полосы.

Твердое покрытие, например цинковое, которое было ранее нанесено на наружную поверхность исходной полосы, может служить смазкой, значение заключается в следующем:

1. Уменьшение внешнего трения металла в стальных валках и снижение сопротивления металла деформации.
2. Регулировка величины обжатия и получение прокатываемой фольги заданной толщины.
3. Предохранение валков от налипания на них металла, вызывающего появление отпечатков на ленте (заготовке) или на фольге при прокатке.
4. Охлаждение валков, разогревающихся при прокатке в результате деформации металла
5. Придание блеска поверхности прокатываемой фольги.

Минеральные и растительные масла, керосин, бензин и олеиновую кислоту используют в качестве смазки при прокатки фольги.

На скоростных станах, где требуется интенсивное охлаждение валков, используются специальные эмульсии, которые поглощают тепло, выделяемое в процессе прокатки, быстрее, чем обычные масла и позволяют поддерживать определенную температуру валков. Эмульсии выбирают такого состава, которые могут одновременно использоваться для смазки фольги и для охлаждения валков, не вызывая при этом коррозии ленты и обеспечивая необходимую вытяжку при прокатке.

К наиболее важным свойствам смазки для прокатки фольги можно отнести: вязкость (свойство жидкости, которое оказывает сопротивление перемещению ее частиц относительно друг друга) и температура вспышки (температура, при которой пары масла, нагреваясь при определенных условиях, создавая с окружающим воздухом смесь, которая вспыхивает при поднесении к ней пламени).

Требования к смазке:

1. Обеспечить необходимое обжатия.
2. Не оставлять коксующих остатков после отжига на поверхности фольги, которые вызывают слипание отдельных витков между собой
3. Не содержать свободных щелочей, кислот и влаги, вызывающих коррозию фольги во время ее хранения, а также механической примеси.

Поверхность фольги должна быть чистой, гладкой и обезжиренной.

После операции холодного плакирования биметалл еще не обладает достаточной прочностью соединения слоёв. Требуемая прочность достигается следующей операцией –термической обработкой.

Режим термообработки влияет на качество получаемого биметалла, в частности на прочность соединения слоёв. Это более длительная операция, часто ей можно определить насколько производительно производство биметаллов. Некоторые материалы позволяют исключить термообработку из технологического цикла. В таком случае сразу после плакирования биметаллическую заготовка прокатывается до готового размера, что значительно повышает производительность и экономичность процесса. Кроме того, биметалл, в зависимости от технологии, сматывается в рулоны или осуществляется его продольная или поперечная резка, после чего он маркируется и отправляется на проверку. Осмотр готового биметалла происходит на контрольно-перемоточном агрегате, в котором ведется визуальный двухсторонний осмотр и автоматический контроль толщины и ширины ленты. Дефекты автоматически закрашиваются, а затем при последующей перемотке их вырезают. Проверенный биметалл упаковывается и отправляется на склад готовой продукции. Максимальную производительность и стабильность качества биметалла гарантируется схемой непрерывного технического процесса (рис. 13) [2]. Она включает в себя стыковую сварку конца предыдущего рулона исходной полосы с началом последующего перед его входом в агрегаты подготовки (ванны обезжиривания, травления и т.п.). Непрерывность процесса обеспечивается запасом лент исходных материалов в петленакопителях, установленных за стыкосварочными агрегатами.

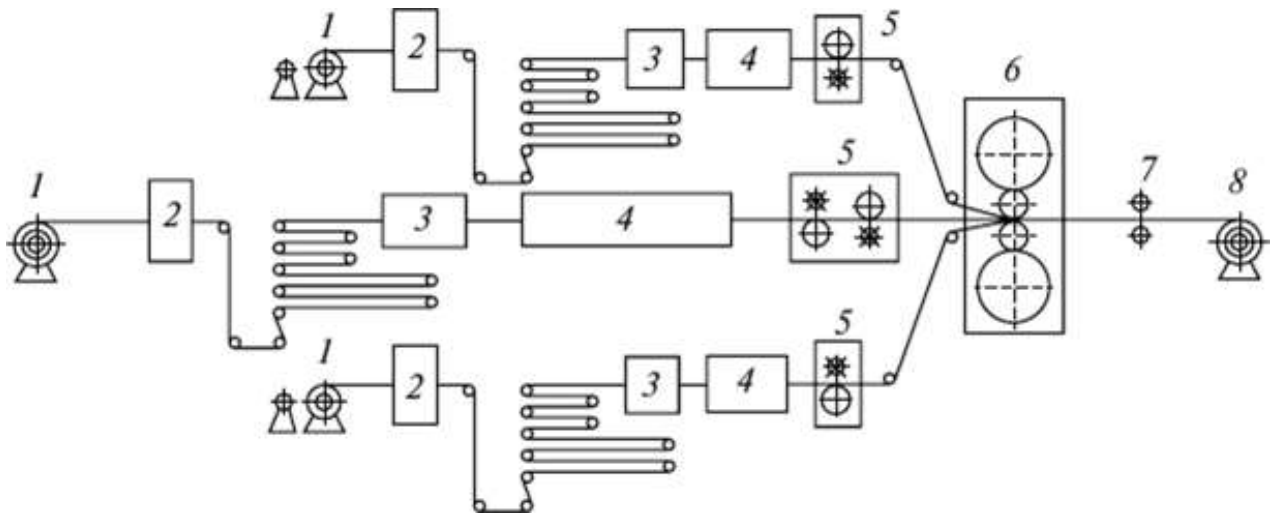


Рисунок 13 – Схема непрерывного процесса производства биметаллов с помощью холодного плакирования:

1 – размотчики; 2 – стыкосварочные агрегаты; 3 – ванны обезжиривания; 4 – ванны травления; 5 – зачистные машины; 6 – стан холодного плакирования; 7 – ножницы; 8 – моталка.

2.3 Термическая обработка.

Режим термической обработки оказывает решающее влияние на качество получаемой слоистой композиции, особенно на соединение слоев. Термическая обработка является самой длительной операцией в производственном цикле получения биметаллических полос методом холодной прокатки. Поэтому правильный выбор режима термообработки является одним из основных факторов на пути создания наиболее эффективной схемы производства биметалла в целом. Наиболее распространенными операциями термообработки, являются диффузионный отжиг и рекристаллизационный. Диффузионный отжиг проводится, как правило, после холодного плакирования, для повышения прочности сцепления компонентов биметалла. Рекристаллизационный отжиг обычно проводят после окончательной холодной прокатки на заданный размер. Обычно отжиг проводят в колпаковых печах, но в промышленных условиях рекомендуется использовать протяжные печи, так как они позволяют использовать более высокие температуры и кратковременные нагревы.

3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЛАКИРОВАНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ ОЛОВО-СВИНЕЦ-ОЛОВО И ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ В УСЛОВИЯХ ООО НПП “РОСАНТИКОР”.

3.1. Технические требования, предъявляемые к фольге.

ГОСТ 18394-73 «Фольга свинцовая, плакированная оловом и оловянная»

устанавливает определённые технические требования на производство данного биметалла. Настоящий стандарт распространяется на свинцовую фольгу, плакированную оловом, и оловянную фольгу (в виде листов), используемую в электропромышленности, приборостроительной и других отраслях промышленности, а также в оборонных предприятиях. Согласно техническим требованиям ГОСТа должны соблюдаться следующие условия [1].

Фольга изготавливается в соответствии с требованиями данного стандарта. Листы оловянной фольги изготавливаются из сплава олова не ниже марки О2 по ГОСТ 860 с добавкой сурьмы не ниже марки Су2 по ГОСТ 1089. (Химический состав марок указан в таблице 5).

В листах свинцовой фольги, плакированной оловом, основным слоем должен быть свинец не ниже марки С3 по ГОСТ 3778 с добавкой сурьмы в количестве от 1.9 до 3.1 % (не ниже марки Су2 по ГОСТ 1089) и олова в количестве от 1.0 до 3.0 % (не ниже марки 02 по ГОСТ 860) [7].

Таблица 5.

В процентах

Массовая доля элемента				
Основной компонент		Примеси, не более		
Sb сурьма	Sn олово	Pb свинец	Cu медь	Всего свинца и меди
1,90-3,10	Остальное	0,50	0,05	0,50

Листы свинцовой фольги плакируют с обеих сторон слоем олова. Для плакировки применяют сплав олова с сурьмой, соответствующий по химическому составу оловянной фольге. Толщина плакирующего слоя с каждой стороны фольги должны быть одинаковой и сумма обоих плакирующих слоев должна составлять от 5 % до 8 % толщины листа фольги. По согласованию потребителя с изготовителем допускается плакирующий слой из олова марки 03 по ГОСТ 860 с содержанием сурьмы от 1.9 до 3.1 %. меди — до 0.2 % и свинца — до 3 %.

Размеры и масса листов фольги по требованиям ГОСТ 18394-73.

Таблица 6 – Размеры и масса листов фольги.

Размер, мм					Теоретическая масса 1 м фольги (по номинальным размерам), г				
Толщина	Пред. откл. по толщине	Ширина	Длина	Пред. откл. по ширине и длине	оловянной	свинцовой, плакированной оловом			
0,015	-0,005	От 70 до 450	От 150 до 575	±3	109,5	166,5			
0,020					146,0	222,0			
0,025					182,5	277,5			
0,030					219,0	333,0			
0,035					255,5	388,5			
0,040					292,0	444,0			
0,045					328,5	499,5			
0,050					365,0	555,0			
0,060	-0,010							438,0	666,0
0,070								511,0	777,0
0,080					584,0	888,0			
0,090					657,0	999,0			
0,150	-0,030				1095,0	1665,0			
0,210					1533,0	2331,0			

Плакирующий слой олова не должен отделяться от свинцовой основы.

Поверхность листов фольги должна быть освобождена от загрязнений, которые затрудняют ее осмотр, а также гладкой. С одной стороны, поверхность листа фольги должна быть блестящей, с другой стороны, приемлема матовость. Не должно быть никаких включений на поверхности листов, плен, прорывов, зажимов, вмятин, следов коррозии и отверстий, видимых при рассмотрении против света.

Допускаются небольшие отдельные отверстия, видимые при взгляде на свет, без использования увеличительных устройств, не имеющие строчечного расположения или местного скопления; полосы от смазки не более чем на 10 % общего количества листов: жировые пятна, легко удаляются органическими растворителями. Качество поверхности может быть определено на основе стандартных образцов, согласованных между производителем и потребителем, утвержденных определенным образом.

Листы фольги должны быть обрезаны в пачке ровно под прямым углом. Угол среза не должен выводить листы за предельные отклонения по ширине и длине. Листы фольги должны свободно отделяться один от другого [7].

3.2 Технология производства фольги пакетным способом.

Данная технология производства была успешно освоена в ООО НПО «РосАнтикор» в г. Челябинске при непосредственном участии сотрудников кафедры "Процессы и машины обработки металлов давлением" ЮУрГУ(НИУ). На рисунке 14 схематично представлен технологический процесс производства свинцовой фольги, плакированной оловом.



Рисунок 14 – Схема технологического процесса производства свинцовой фольги, плакированной оловом, на ООО НПО «РосАнтикор».

1. Свинцовые и оловянные заготовки отливаются в электро-печах сопротивления «Накал». Футеровка печи – тигельное покрытие, содержащее графит. Печь может нагреваться до 1000°C . Свинец используется не менее класса С1 с добавлением сурьмы 2% и олова не менее 2% по массе не менее класса 02. Плавление происходит при температуре $t = 330^{\circ}\text{C}$ для свинца и $t = 235^{\circ}\text{C}$ для олова. Таким образом получают свинцовые слябы размером $50 \times 600 \times 600$ мм и слябы олова с размером $20 \times 200 \times 200$.
2. Затем слябы индивидуально прокатываются до толщины $h = 20$ мм – свинец, $h = 0,4$ мм - олово на двухвалковом реверсивном стане Дуо – 1400 (рисунок 15). Стан оснащён бандажированными чугунными валками с размером 710×1400 , а также гильотинными ножницами с поперечным сечением резки. Длина реза ножниц составляет 1,5 м.

Далее все операции прокатки осуществляются на стане 710x1400, приведенном на рис. 15, имеющем следующие технологические свойства:

- Максимальное усилие прокатки – 6 МН;
- Максимальный крутящий момент – 1,5 МН·м;
- Общая масса клетки – 910 т;
- Номинальный диаметр бочки валка – 710 мм;
- Длина бочки валка – 1400 мм;
- Диаметр шейки валка – 480 мм;
- Длина шейки валка – 568 мм;
- Расстояние между осями нажимных винтов – 2000 мм;
- Материал валка – чугун-ЛПХНМА-74;
- Опоры валка выполнены на подшипниках качения №1077996;
- Нажимное устройство – электромеханическое;
- Скорость прокатки – 1 м/с;
- Общая длина стана – 18 м;
- Расстояние от рабочих валков до поперечной резки – 12 м.

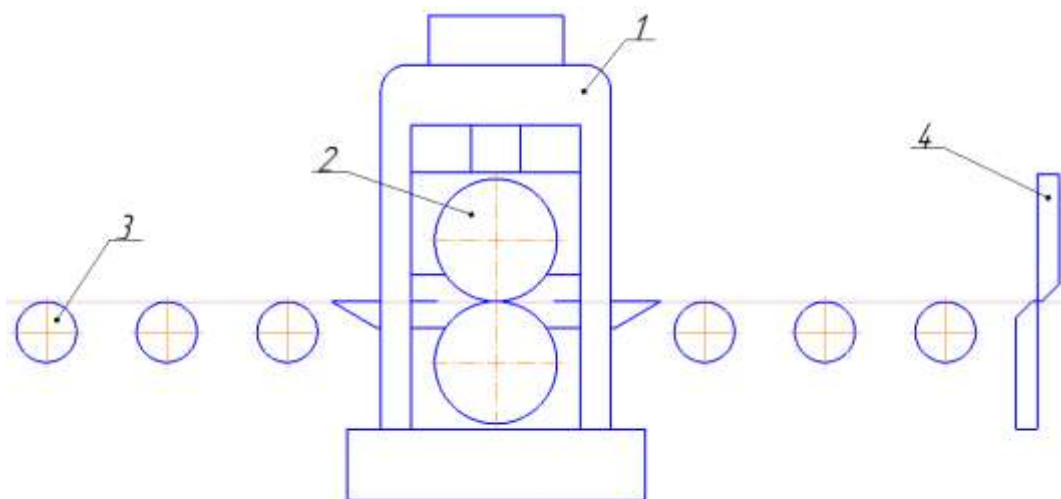


Рисунок 15 – Схема стана Дуо – 710x1400:

1 – станина; 2 – рабочие валки; 3 – транспортные рольганги; 4 – ножницы гильотинные поперечной резки.

3. После предварительной прокатки происходит зачистка заготовок. Зачистка производится вручную с помощью дисковых проволочных металлических щёток (рис. 7) [3].
4. После зачистки контактных поверхностей осуществляется сборка пакета, как показано на рис. 16.

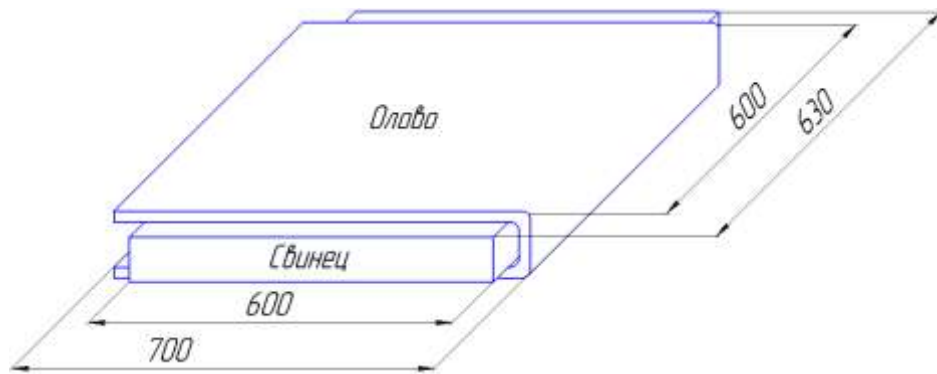


Рисунок 16 – Схема пакета олово - свинец – олово.

Характеристика заготовок:

Олово: $b = 600$ мм, $l = 700$ мм.

Свинец: $b = 630$ мм, $l = 600$ мм.

5. Пакет прокатывают реверсивно за два прохода, по ГОСТу, общая толщина плакирующих материалов составляет от 5 до 8%. Прокатывается с толщины $h = 20,8$ мм до $h = 17,8$ мм, абсолютное обжатие 3 мм, это обеспечит плотное прилегание олова к свинцу.

Затем пакет сваривают прокаткой с толщины $h = 17,8$ мм прокатывают до толщины 8 мм с относительным обжатием за проход 55 %.

Исходные параметры: $h_0 = 17,8$ мм, $h_1 = 8$ мм, $b = 630$ мм.

Абсолютное обжатие: $\Delta h = h_0 - h_1$.

Проход проходит без натяжения полосы, то для нахождения усилия прокатки можно использовать формулу:

$$P = \frac{bl2h_H}{\Delta h(\delta-1)} 2K \left[\left(\frac{h_H}{h_1} \right)^\delta - 1 \right];$$

$$l = \sqrt{\Delta h R};$$

$$\delta = \frac{2fl}{\Delta h};$$

$$K = 0,57 \sigma_s;$$

$$h_H = h_1 \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (\delta^2 - 1) \left(\frac{h_0}{h_1} \right)^\delta}}{\delta + 1} \right]^{\frac{1}{\delta}};$$

где l – длина дуги захвата;

K – предел текучести

R – радиус валка;

b – ширина ленты;

h_H – толщина прокатываемого листа в нейтральном сечении;

$f = 0,08$ – коэффициент трения между прокатываемым металлом и валками;

$\sigma_s = 20$ МПа – сопротивление деформации свинца с содержанием сурьмы 2 – 2,5% и олова практически одинаковы, поэтому можно принять их равными 20 МПа.

Крутящий момент на валках:

$$M_B = \psi l P, \quad \text{где } \psi = 0,2.$$

Тогда энергосиловые параметры для первого прохода будут составлять:

$$\Delta h = 17,8 - 8 = 9,8 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{9,8 \cdot 355} = 58,9 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 58,9}{9,8} = 0,96.$$

$$K = 0,57 \cdot 2 = 1,14 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2};$$

$$h_H = 8 \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (0,96 - 1) \left(\frac{17,8}{8}\right)^{0,96}}}{0,96 + 1} \right]^{\frac{1}{0,96}} = 7,68 \text{ мм.}$$

$$P = \frac{630 \cdot 58,9 \cdot 2 \cdot 7,68}{9,8(0,96 - 1)} \cdot 2 \cdot 1,14 \left[\left(\frac{7,68}{8}\right)^{0,96} - 1 \right] = 133283,69 \text{ кгс}$$
$$= 1307,06 \text{ кН}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 58,9 \cdot 1307,06 = 15397,16 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

После этого полученную биметаллическую полосу прокатывают реверсивно по следующим режимам деформации:

$$8 \rightarrow 6,5 \rightarrow 4,7 \rightarrow 2,9 \rightarrow 1,1 \rightarrow 0,4 \text{ мм}$$

Прокатка с $1,1 \rightarrow 0,4$ мм за один проход, далее полоса складывается в пакет толщиной $h = 0,8$ мм, предварительно смазывая оловянные поверхности ламповым маслом, чтобы исключить возможность сваривания олова во время следующих обжатий. После этого проката, за 1 проход до толщины 0,4 мм. Затем происходит разборка пакета. Толщина каждой полосы 0,2 мм.

Первый проход:

Исходные параметры: $h_0 = 8$ мм, $h_1 = 6,5$ мм, $b = 630$ мм.

Абсолютное обжатие: $\Delta h = h_0 - h_1$.

Проходы проходят без натяжения полосы, для нахождения усилия прокатки можно использовать формулу:

$$P = \frac{bl2h_H}{\Delta h(\delta-1)} 2K \left[\left(\frac{h_H}{h_1} \right)^\delta - 1 \right];$$

$$l = \sqrt{\Delta h R};$$

$$\delta = \frac{2fl}{\Delta h};$$

$$K = 0,57\sigma_s;$$

$$h_H = h_1 \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (\delta^2 - 1) \left(\frac{h_0}{h_1} \right)^\delta}}{\delta + 1} \right]^{\frac{1}{\delta}};$$

где l – длина дуги захвата;

K – предел текучести

R – радиус валка;

b – ширина ленты;

h_H – толщина прокатываемого листа в нейтральном сечении;

$f = 0,08$ – коэффициент трения между прокатываемым металлом и валками;

$\sigma_s = 20$ МПа – сопротивление деформации свинца с содержанием сурьмы 2 – 2,5% и олова практически одинаковы, поэтому можно принять их равными 20 МПа.

Крутящий момент на валках:

$$M_B = \psi l P, \quad \text{где } \psi = 0,2.$$

Тогда энергосиловые параметры для первого прохода будут составлять:

$$\Delta h = 8 - 6,5 = 1,5 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{1,5 \cdot 355} = 23,07 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 23,07}{1,5} = 2,46.$$

$$K = 0,57 \cdot 2 = 1,14 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2};$$

$$h_H = 6,5 \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (2,46^2 - 1) \left(\frac{8}{6,5}\right)^{2,46}}}{2,46 + 1} \right]^{\frac{1}{2,46}} = 6,89 \text{ мм.}$$

$$P = \frac{630 \cdot 23,07 \cdot 2 \cdot 6,89}{1,5(2,46 - 1)} \cdot 2 \cdot 1,14 \left[\left(\frac{6,89}{6,5}\right)^{2,46} - 1 \right] = 31276,58 \text{ кгс}$$

$$= 306,71 \text{ кН}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 23,07 \cdot 306,71 = 1415,15 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Второй проход

Исходные параметры: $h_0 = 6,5 \text{ мм}, h_1 = 4,7 \text{ мм}, b = 630 \text{ мм.}$

Тогда энергосиловые параметры для первого прохода будут составлять:

$$\Delta h = 6,5 - 4,7 = 1,8 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{1,8 \cdot 355} = 25,27 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 25,27}{1,8} = 2,24.$$

$$h_H = 4,7 \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (2,24^2 - 1) \left(\frac{6,5}{4,7}\right)^{2,24}}}{2,24 + 1} \right]^{\frac{1}{2,24}} = 5,17 \text{ мм.}$$

$$P = \frac{630 \cdot 25,27 \cdot 2 \cdot 5,17}{1,8(2,24 - 1)} \cdot 2 \cdot 1,14 \left[\left(\frac{5,17}{4,7}\right)^{2,24} - 1 \right] = 38710,08 \text{ кгс}$$

$$= 379,61 \text{ кН}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 25,27 \cdot 379,61 = 1918,54 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Третий проход

Исходные параметры: $h_0 = 4,7 \text{ мм}, h_1 = 2,9 \text{ мм}, b = 630 \text{ мм.}$

$$\Delta h = 4,7 - 2,9 = 1,8 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{1,8 \cdot 355} = 25,27 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 25,27}{1,8} = 2,24.$$

$$h_H = 2,9 \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (2,24^2 - 1) \left(\frac{4,7}{2,9} \right)^{2,24}}}{2,24 + 1} \right]^{\frac{1}{2,24}} = 3,36 \text{ мм.}$$

$$P = \frac{630 \cdot 25,27 \cdot 2 \cdot 3,36}{1,8(2,24 - 1)} 2 \cdot 1,14 \left[\left(\frac{3,36}{2,9} \right)^{2,24} - 1 \right] = 32814,53 \text{ кгс} = 321,8 \text{ кН}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 25,27 \cdot 321,8 = 1626,37 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Четвёртый проход

Исходные параметры: $h_0 = 2,9 \text{ мм}$, $h_1 = 1,1 \text{ мм}$, $b = 630 \text{ мм}$.

$$\Delta h = 2,9 - 1,1 = 1,8 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{1,8 \cdot 355} = 25,27 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 25,27}{1,8} = 2,24$$

$$h_H = 1,1 \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (2,24^2 - 1) \left(\frac{2,9}{1,1} \right)^{2,24}}}{2,24 + 1} \right]^{\frac{1}{2,24}} = 1,54 \text{ мм.}$$

$$P = \frac{630 \cdot 25,27 \cdot 2 \cdot 1,54}{1,8(2,24 - 1)} 2 \cdot 1,14 \left[\left(\frac{1,54}{1,1} \right)^{2,24} - 1 \right] = 56149,29 \text{ кгс} = 550,6 \text{ кН}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 25,27 \cdot 550,6 = 2782,73 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Пятый проход

Исходные параметры: $h_0 = 1,1 \text{ мм}$, $h_1 = 0,4 \text{ мм}$, $b = 630 \text{ мм}$

$$\Delta h = 1,1 - 0,4 = 0,7 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{0,7 \cdot 355} = 21,33 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 21,33}{0,7} = 4,87.$$

$$h_H = 0,4 \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (4,87^2 - 1) \left(\frac{1,1}{0,4}\right)^{4,87}}}{4,87 + 1} \right]^{\frac{1}{4,87}} = 0,63 \text{ мм.}$$

$$P = \frac{630 \cdot 21,33 \cdot 2 \cdot 0,63}{0,7(4,87 - 1)} \cdot 1,14 \left[\left(\frac{0,63}{0,4}\right)^{4,87} - 1 \right] = 87904,29 \text{ кгс} = 862,04 \text{ кН}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 21,33 \cdot 862,04 = 3677,46 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Таблица 7 – Полученный расчет проката полосы.

№ прохода	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	P, кН	M_B , Н·м
1	8	6,5	1,5	306,71	1415,15
2	6,5	4,7	1,8	379,61	1918,54
3	4,7	2,9	1,8	321,8	1626,37
4	2,9	1,1	1,8	550,6	2782,73
5	1,1	0,4	0,7	862,04	3677,46

После окончательной прокатки листы фольги раздваиваются, режутся вручную до нужного размера с помощью ножниц для резки металла.

Одним из важнейших качественных показателей фольги является ее толщина. Толщина ленты и фольги измеряются с помощью микрометром МЛ - 10 мм. Микрометр располагается как можно дальше от краёв листа, чтобы обеспечить максимальную точность при проверке толщины листа.

Фольга хранится в сухом помещении при нормальной температуре. Попадание влаги на поверхности листов не допускается, так как это может привести к коррозии, поэтому листы закрыты полиэтиленовыми упаковками. Хранение осуществляется на деревянных поддонах.

4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФОЛЬГИ ОЛОВО-СВИНЕЦ-ОЛОВО В УСЛОВИЯХ ЮУРГУ.

4.1 Разработка технологии получения фольги олово-свинец-олово.

В настоящее время, чтобы получить фольгу олово-свинец-олово необходимо использовать технологию получения фольги пакетным способом.

Оборудование ООО НПО «РосАнтикор» позволяет изготавливать фольгу толщиной до 0,09 мм только пакетным способом. Сегодня имеется большая потребность в производстве фольги меньшей толщины.

В связи с этим было решено рассмотреть возможность получения фольги толщиной до 0,05 мм в ЮУрГУ на имеющемся оборудовании кафедры МиПОМД.

В лаборатории кафедры установлен универсальный стан ХПЛ – 200, схема которого приведена на рисунке 17. Стан имеет следующую техническую характеристику (таблица 8).

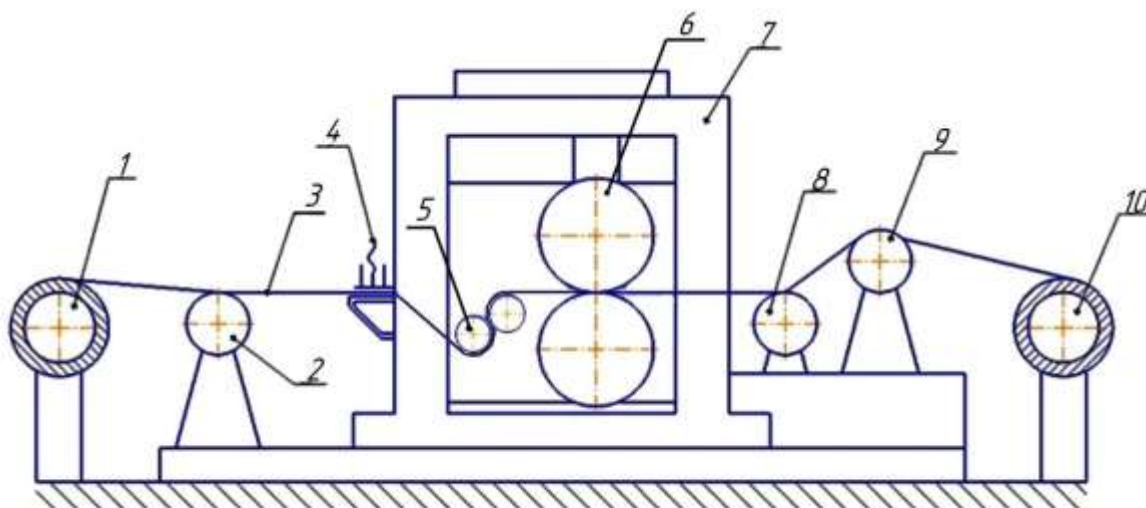


Рисунок 17 – Схема универсального стана ХПЛ – 200:
1 – разматыватель; 2 – задняя моталка; 3 – полоса; 4 – прижим;
5 – направляющие ролики; 6 – валки; 7 – рабочая клеть;
8 – передняя моталка;
9 – фрикционная моталка; 10 – концевая моталка.

Таблица 8 – Техническая характеристика стана ХПЛ – 200 ЮУрГУ.

В варианте Дуо:	
Диаметр рабочих валков d	180 мм
В варианте Кварто:	
Диаметр рабочих валков d	60 мм
Диаметр опорных валков D	250 мм
Приводные валки:	Опорные
Длина бочки валка L	200 мм
Скорость прокатки	до 1 м/с
Максимальная ширина ленты	145 мм
Максимальное натяжение ленты	9,8 кН
Максимальное усилие прокатки	392 кН
Охлаждение валков	Эмульсия на основе эмульсола Э-2Б

На основании оборудования, имеющегося в ООО НПО «РосАнтикор» и ЮУрГУ, для прокатки фольги на толщину 0,05 мм целесообразно использовать биметаллическую заготовку олово – свинец – олово следующих параметров:

- 1) толщина – 4 мм;
- 2) ширина – 145 мм;
- 3) длина – 2000 мм;
- 4) масса – 13 кг.

В условиях ООО НПО «РосАнтикор» полосу длиннее 2000 мм в настоящее время изготовить невозможно.

Заготовку, получаемую с ООО НПО «РосАнтикор», предполагается прокатывать по следующим проектным режимам деформации:

$$4 \rightarrow 1,9 \rightarrow 0,6 \rightarrow 0,3 \rightarrow 0,15 \rightarrow 0,08 \rightarrow 0,05 \text{ мм.}$$

Такой режим обжатий был определён из анализа режимов деформации в разделе 1, таблица 3,4. При этом заготовку с толщины 4 мм до 1,9 мм предполагается прокатывать без натяжения концов ленты. Последующая прокатка до толщины 0,3 мм осуществляется с натяжением концов ленты реверсивно.

5. РАСЧЕТ РЕЖИМОВ ОБЖАТИЙ И ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ФОЛЬГИ.

5.1 Расчёт энергосиловых параметров при прокатке фольги олово – свинец - олово на толщину 0,05 мм.

В современных непрерывных и реверсивных станах происходит в основном обычный процесс прокатки, в котором схема очага деформации, представленная на рисунке 18, симметрична относительно линии прокатки, а диаметры и окружные скорости рабочих валков одинаковы. Схема валка стана ХПЛ-200 представлена на рисунке 19.

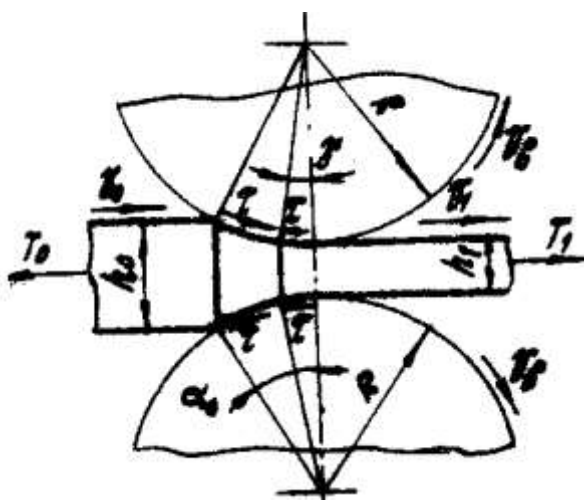


Рисунок 18 – Схема очага деформаций.

Расчет энергосиловых параметров необходим, если необходимо выбирать компоновки валкового узла и тип стана для определения надежности и долговечности работы различных элементов и узлов, определения режимов деформации, расчета производительности стана и в общем для оценки эффективности того или иного способа прокатки.

Расчеты начинаются с первого прохода. Рассчитываются значения геометрических, кинематических и энергосиловых параметров прокатки. Выполним расчеты энергосиловых параметров, для оценки возможности реализации проектных режимов деформации, а именно: усилие прокатки, крутящие моменты на валках и натяжения полосы.

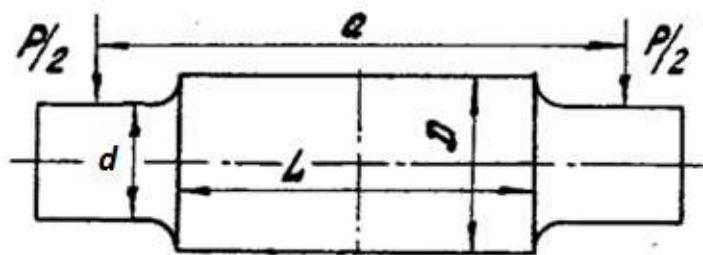


Рисунок 19 – Схема валка ХПЛ-200.

Первый проход:

Исходные параметры: $h_0 = 4$ мм, $h_1 = 1,9$ мм, $b = 145$ мм.

Абсолютное обжатие: $\Delta h = h_0 - h_1$. (2)

Так как первый проход проходит без натяжения полосы, то для нахождения усилия прокатки можно использовать формулу (3) [4]:

$$P = \frac{bl2h_H}{\Delta h(\delta-1)} 2K \left[\left(\frac{h_H}{h_1} \right)^\delta - 1 \right]; \quad (3)$$

$$\text{Длина дуги захвата: } l = \sqrt{\Delta h R}; \quad (4)$$

$$\delta = \frac{2fl}{\Delta h}; \quad (5)$$

$$\text{Предел текучести: } K = 0,57 \sigma_s; \quad (6)$$

Толщина прокатываемого листа в нейтральном сечении:

$$h_H = h_1 \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (\delta^2 - 1) \left(\frac{h_0}{h_1} \right)^\delta}}{\delta + 1} \right]^{\frac{1}{\delta}} \quad (7)$$

где l – длина дуги захвата;

K – предел текучести

R – радиус валка;

b – ширина ленты;

h_H – толщина прокатываемого листа в нейтральном сечении;

$f = 0,08$ – коэффициент трения между прокатываемым металлом и валками;

$\sigma_s = 20$ МПа – сопротивление деформации свинца с содержанием сурьмы 2 – 2,5% и олова практически одинаковы, поэтому можно принять их равными 20 МПа.

Кроме того известно, что свинец и олово в процессе пластической деформации практически не упрочняются, так как имеют низкую температуру рекристаллизации, поэтому металлы подвержены явлению атермического разупрочнения. Начало рекристаллизации свинца – олова начинается при 20°C [5].

Крутящий момент на валках:

$$M_B = \psi l P, \text{ где } \psi = 0,2 \text{ [5].} \quad (8)$$

Тогда энергосиловые параметры для первого прохода будут составлять:

$$\Delta h = 4 - 1,9 = 2,1 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{2,1 \cdot 90} = 13,74 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 13,74}{2,1} = 1,05.$$

$$K = 0,57 \cdot 2 = 1,14 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2},$$

$$h_H = 1,9 \left[\frac{1 + \sqrt{1 + (1,05^2 - 1) \left(\frac{4}{1,9}\right)^{1,05}}}{1,05 + 1} \right]^{1,05} = 1,94 \text{ мм.}$$

$$P = \frac{145 \cdot 13,74 \cdot 2 \cdot 1,94}{2,1(1,05 - 1)} 2 \cdot 1,14 \left[\left(\frac{1,94}{1,9}\right)^{1,05} - 1 \right] = 3712 \text{ кгс} = 36,4 \text{ кН}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 13,74 \cdot 3712 = 10200,6 \text{ кгс} \cdot \text{мм} = 102 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Второй проход:

Исходные параметры: $h_0 = 1,9 \text{ мм}, h_1 = 0,6 \text{ мм}, b = 145 \text{ мм.}$

Второй и последующие проходы будут проходить с натяжением, поэтому для нахождения усилия прокатки будут использоваться формулы [4]:

$$P_{cp} = \frac{1}{\Delta h} \left\{ \xi 2K \frac{h_0}{\delta - 2} \left[\left(\frac{h_0}{h_H}\right)^{\delta - 2} - 1 \right] + \xi 2K \frac{h_1}{\delta + 2} \left[\left(\frac{h_H}{h_1}\right)^{\delta + 2} - 1 \right] \right\} \quad (9)$$

$$P = P_{cp} \cdot b \cdot l \quad (10)$$

$$\text{Относительное обжатие: } \xi = 1 - \frac{0,3\sigma_s}{2K}, \quad (11)$$

где $\sigma_0 = \sigma_1 = 0,3\sigma_s$.

$$h_H = \sqrt[2\delta]{h_0^{\delta-1} \cdot h_1^{\delta+1}} \quad (12)$$

Натяжение полосы до и после прохода:

$$T_0 = \sigma_0 \cdot h_0 \cdot b \quad (13)$$

$$T_1 = \sigma_1 \cdot h_1 \cdot b \quad (14)$$

Тогда энергосиловые параметры для первого прохода будут составлять:

$$\Delta h = 1,9 - 0,6 = 1,3 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{1,3 \cdot 90} = 10,81 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 10,81}{1,3} = 1,33.$$

$$h_H = \sqrt[2 \cdot 1,33]{1,9^{1,33-1} \cdot 0,6^{1,33+1}} = 0,69 \text{ мм.}$$

$$\xi = 1 - \frac{0,3 \cdot 2}{2 \cdot 1,14} = 0,74.$$

$$P_{\text{Ф}} = \frac{1}{1,13} \left\{ 0,74 \cdot 2 \cdot 1,14 \frac{1,19}{1,33-2} \left[\left(\frac{1,9}{0,69} \right)^{1,33-2} - 1 \right] + 0,74 \cdot 2 \cdot 1,14 \frac{0,6}{1,33+2} \left[\left(\frac{0,69}{0,6} \right)^{1,33+2} - 1 \right] \right\} = 1,89 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 18,9 \text{ МПа}$$

$$P = 1,89 \cdot 145 \cdot 10,81 = 2962,48 \text{ кгс} = 29,05 \text{ кН.}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 10,81 \cdot 2962,48 = 6405 \text{ кгс} \cdot \text{мм} = 64 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$T_0 = 0,3 \cdot 2 \cdot 1,9 \cdot 145 = 165,3 \text{ кгс} = 1,62 \text{ кН.}$$

$$T_1 = 0,3 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 145 = 52,2 \text{ кгс} = 0,51 \text{ кН.}$$

Третий проход:

Исходные параметры: $h_0 = 0,6 \text{ мм}, h_1 = 0,3 \text{ мм}, b = 145 \text{ мм.}$

$$\Delta h = 0,6 - 0,3 = 0,3 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{0,3 \cdot 90} = 5,2 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 5,2}{0,3} = 2,77.$$

$$h_H = \sqrt[2 \cdot 2,77]{0,6^{2,77-1} \cdot 0,3^{2,77+1}} = 0,37 \text{ мм.}$$

$$P_{\text{сп}} = \frac{1}{0,3} \left\{ 0,74 \cdot 2 \cdot 1,14 \frac{0,6}{2,77-2} \left[\left(\frac{0,6}{0,37} \right)^{2,77-2} - 1 \right] + 0,74 \cdot 2 \cdot 1,14 \frac{0,3}{2,77+2} \left[\left(\frac{0,37}{0,3} \right)^{2,77+2} - 1 \right] \right\} = 2,53 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 25,3 \text{ МПа}$$

$$P = 2,53 \cdot 145 \cdot 5,2 = 1908 \text{ кгс} = 18,7 \text{ кН.}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 5,2 \cdot 1908 = 1984 \text{ кгс} \cdot \text{мм} = 19,84 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$T_0 = 0,3 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 145 = 52,2 \text{ кгс} = 0,51 \text{ кН.}$$

$$T_1 = 0,3 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 145 = 26,1 \text{ кгс} = 0,26 \text{ кН.}$$

Четвёртый проход:

Исходные параметры: $h_0 = 0,3 \text{ мм}$, $h_1 = 0,15 \text{ мм}$, $b = 145 \text{ мм}$.

$$\Delta h = 0,3 - 0,15 = 0,15 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{0,15 \cdot 90} = 3,67 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 3,67}{0,15} = 3,91.$$

$$h_H = \sqrt[2 \cdot 3,91]{0,3^{3,91-1} \cdot 0,15^{3,91+1}} = 0,19 \text{ мм.}$$

$$P_{\text{сп}} = \frac{1}{0,15} \left\{ 0,74 \cdot 2 \cdot 1,14 \frac{0,3}{3,91-2} \left[\left(\frac{0,3}{0,19} \right)^{3,91-2} - 1 \right] + 0,74 \cdot 2 \cdot 1,14 \frac{0,15}{3,91+2} \left[\left(\frac{0,19}{0,15} \right)^{3,91+2} - 1 \right] \right\} = 3,4 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 34 \text{ МПа}$$

$$P = 3,4 \cdot 145 \cdot 3,67 = 1809 \text{ кгс} = 17,74 \text{ кН.}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 3,67 \cdot 1809 = 1328 \text{ кгс} \cdot \text{мм} = 13,28 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$T_0 = 0,3 \cdot 2 \cdot 0,3 \cdot 145 = 26,1 \text{ кгс} = 0,26 \text{ кН.}$$

$$T_1 = 0,3 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 145 = 13 \text{ кгс} = 0,13 \text{ кН.}$$

Пятый проход:

Исходные параметры: $h_0 = 0,15 \text{ мм}$, $h_1 = 0,08 \text{ мм}$, $b = 145 \text{ мм}$

$$\Delta h = 0,15 - 0,08 = 0,07 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{0,07 \cdot 90} = 2,51 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 2,51}{0,07} = 5,74.$$

$$h_H = \sqrt[2 \cdot 5,74]{0,15^{5,74-1} \cdot 0,08^{5,74+1}} = 0,1 \text{ мм.}$$

$$P_{cp} = \frac{1}{0,07} \left\{ 0,74 \cdot 2 \cdot 1,14 \frac{0,15}{5,74-2} \left[\left(\frac{0,15}{0,1} \right)^{5,74-2} - 1 \right] + 0,74 \cdot 2 \cdot 1,14 \frac{0,08}{5,74+2} \left[\left(\frac{0,1}{0,08} \right)^{5,74+2} - 1 \right] \right\} = 4,57 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 45 \text{ МПа}$$

$$P = 4,57 \cdot 145 \cdot 2,51 = 1663 \text{ кгс} = 16,31 \text{ кН.}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 2,51 \cdot 1663 = 835 \text{ кгс} \cdot \text{мм} = 8,35 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$T_0 = 0,3 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 145 = 13 \text{ кгс} = 0,13 \text{ кН.}$$

$$T_1 = 0,3 \cdot 2 \cdot 0,08 \cdot 145 = 6,96 \text{ кгс} = 68,25 \text{ Н.}$$

Шестой проход:

Исходные параметры: $h_0 = 0,08 \text{ мм}, h_1 = 0,05 \text{ мм}, b = 145 \text{ мм}$

$$\Delta h = 0,08 - 0,05 = 0,03 \text{ мм.}$$

$$l = \sqrt{0,03 \cdot 90} = 1,64 \text{ мм.}$$

$$\delta = \frac{2 \cdot 0,08 \cdot 1,64}{0,03} = 8,75.$$

$$h_H = \sqrt[2 \cdot 8,75]{0,08^{8,75-1} \cdot 0,05^{8,75+1}} = 0,06 \text{ мм.}$$

$$P_{cp} = \frac{1}{0,03} \left\{ 0,74 \cdot 2 \cdot 1,14 \frac{0,08}{8,75-2} \left[\left(\frac{0,08}{0,06} \right)^{8,75-2} - 1 \right] + 0,74 \cdot 2 \cdot 1,14 \frac{0,05}{8,75+2} \left[\left(\frac{0,06}{0,05} \right)^{8,75+2} - 1 \right] \right\} = 5 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}^2} = 50 \text{ МПа}$$

$$P = 5 \cdot 145 \cdot 1,64 = 1189 \text{ кгс} = 11,66 \text{ кН.}$$

$$M_B = 0,2 \cdot 1,64 \cdot 1189 = 390 \text{ кгс} \cdot \text{мм} = 3,9 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$T_0 = 0,3 \cdot 2 \cdot 0,08 \cdot 145 = 6,96 \text{ кгс} = 68,25 \text{ кН.}$$

$$T_1 = 0,3 \cdot 2 \cdot 0,05 \cdot 145 = 4,35 \text{ кгс} = 42,66 \text{ Н}$$

Минимальная толщина полосы при диаметре рабочих валков $d = 180$ мм определяется по формуле [6]:

$$h_{\min} = \frac{d \cdot f \cdot \lambda (1 - \vartheta^2) (\sigma_{sc} - \sigma_H)}{0,26 \cdot E_B} \quad (15)$$

Где

f – коэффициент трения в очаге деформации;

$$f = 0,08;$$

λ – вытяжка полосы в последнем проходе;

$$\lambda = 1,6;$$

σ_{sc} – среднее по очагу деформации сопротивление деформации материала полосы;

$$\sigma_{sc} = 2 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2};$$

σ_H – среднее натяжение полосы;

$$\sigma_H = 0,3 \sigma_{sc} = 0,6 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2};$$

E_B – модуль упругости материала валка;

$$E_B = 21000 \frac{\text{кг}}{\text{мм}^2};$$

ϑ – коэффициент Пуассона;

$$\vartheta = 0,3.$$

$$h_{\min} = \frac{180 \cdot 0,08 \cdot 1,6 (1 - 0,09) (2 - 0,6)}{0,26 \cdot 21000} = 0,0015 \text{ мм.}$$

Суммарная упругая деформация валков должна быть меньше толщины фольги на выходе из очага деформации. В противном случае прокатка практически невозможна, так как для того, чтобы с деформировать фольгу необходимо преодолеть упругую деформацию валков на краях бочек. В общем случае резко возрастает усилие прокатки и достигает максимально возможного на стане.

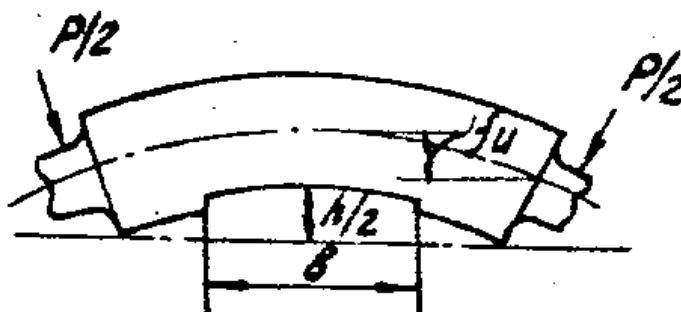


Рисунок 20 – Схема контакта валков на края бочек
b-ширина ленты.

Окончательные результаты расчётов приведены в таблице 9.

Таблица 9-Результаты расчетов режимов обжатий и энергосиловых параметров.

№ прохода	h_0 , мм	h_1 , мм	Δh , мм	λ	P_{cp} , МПа	P, кН	M_B , Н·м	T_0 , кН	T_1 , кН
1	4	1,9	2,1	2,1	-	36,4	102	-	-
2	1,9	0,6	1,3	3,16	18,9	29,05	64	1,62	0,51
3	0,6	0,3	0,3	2	25,3	18,7	19,84	0,51	0,26
4	0,3	0,15	0,15	2	34	17,74	13,28	0,26	0,13
5	0,15	0,08	0,08	1,87	45,7	16,31	8,35	0,13	0,07
6	0,08	0,05	0,03	1,6	50	11,66	3,9	0,07	0,04

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что изготовление биметаллической фольги олово – свинец – олово на универсальном прокатном стане ХПЛ – 200 с использованием заготовки «РосАнтикор» по данным режимам обжатия представляется возможным.

Максимальное усилие прокатки стана – 392 кН.

Максимальное усилие при прокатке фольги – 36,4 кН.

Максимальное натяжение ленты на стане – 9,8 кН.

Максимальное натяжение ленты при прокатке – 1,62 кН.

6. ТЕХНОЛОГИЯ ПРОКАТКИ ФОЛЬГИ НА СТАНЕ 200 ХПЛ ЮУРГУ.

6.1 Технологические операции при прокатке фольги на стане ХПЛ–200.

Опытная прокатка фольги на двухвалковом стане ХПЛ-200 с толщины 4 мм до толщины 0,05 мм проводилась по проектному режиму деформации:

$$4 \rightarrow 1,9 \rightarrow 0,6 \rightarrow 0,3 \rightarrow 0,15 \rightarrow 0,08 \rightarrow 0,05 \text{ мм}$$

В первом проходе была осуществлена раскатка полосы карточным способом, поскольку конструктивные особенности стана не позволяют проводить прокатку с натяжением концов полосы. Полосы прокатывались на сухих валках, без смазки. При небольшом количестве смазки захват металла валками не осуществляется, происходит пробуксовка валков.

Во втором проходе прокатка происходила с разматывателя. После того, как передний конец полосы был помещен в валки стан останавливался, и происходило, заднее натяжение полосы с помощью прижима. Затем стан включался. Передний конец заправлялся в переднюю моталку при отключённом стане. После создания переднего натяжения осуществлялась дальнейшая прокатка полосы. Во втором проходе смазка не применялась,

когда полоса прокатывалась с 1,9 до 0,6 мм. Полоса сматывалась с моталки на шпулю концевой моталки.

В третьем проходе с толщины полосы 0,6 мм до толщины 0,3 мм прокатку осуществляли с помощью охлаждающей эмульсии. Кроме того, эмульсия подавалась на валки со стороны входа полосы в валки. Эта особенность охлаждения валков и их смазки при прокатке объясняется тем, что после ее выхода на полосе не было эмульсии. Если эмульсия остается на полосе, когда происходит ее смотка на концевую моталку, то, как правило, она высыхает и образовавшийся налет остается на полосе, что снижает качество поверхности. Кроме того, поскольку, эмульсия на полосе высыхает не равномерно по всей ширине, это приводит к различным коэффициентам трения в очаге деформации по ширине и к образованию волнистости из-за неравномерности обжатий полосы.

Четвертый проход с толщины 0,3 мм до 0,15 мм происходит с разматывателя (как второй и третий проходы). Прокатка также происходит с подачей эмульсии и последующей смоткой ленты на шпулю концевой моталки.

Пятый проход с толщины 0,15 мм до толщины 0,08 мм также осуществляется с разматывателя. Заднее натяжение ленты создается прижимом. Исходя из конструктивных особенностей стана переднее натяжение ленты создается фрикционной моталкой. Для смазки валков используются индустриальное масло И-20 и керосин (50% – масло, 50% – керосин).

Шестой проход с толщины 0,08 мм до толщины 0,05 мм осуществляется с предварительной перемоткой ленты с разматывателя на заднюю фрикционную моталку. Далее передний конец ленты помещается в предварительно поджатые валки. Следовательно, передний конец перемещается к барабану передней моталки, на котором закрепляется при выключенном стане. После запуска стана проводится регулировка переднего натяжения, чтобы устранить волнистости на кромках фольги. Кроме того, используется подогрев верхнего валка в середине бочки для устранения волнистости кромок фольги. Прокатка выполняется с подачей смазки, как в предыдущем проходе. После окончания прокатки в шестом проходе она сматывается на пластмассовую шпулю устанавливаемую на фрикционную моталку. Затем шпуля с фольгой устанавливается на заднюю фрикционную моталку. Далее полученная фольга отправляется на продольную резку для получения ширины фольги $b = 130$ мм.

После получения заготовок с ООО НПО «РосАнтикор» дальнейшая прокатка до толщины 0,05 мм будет происходить в условиях ЮУрГУ. Технологическая схема получения фольги представлена на рисунке 21.



Рисунок 21 – Технологическая схема получения биметаллической фольги в условиях ЮУрГУ.

После транспортировки с ООО НПО «РосАнтикор» заготовки 4x145x2000 подвергаются входному контролю как визуально, так и по геометрическим параметрам. Размеры контролируются с помощью микрометра МЛ-10 и металлической линейки.

7. ТЕХНОЛОГИЯ РЕЗКИ ФОЛЬГИ НА ТРЕБУЕМЫЕ ШИРИНЫ.

Резка фольги – это одна из отделочных операций, после прокатки фольги на готовый размер в том случае, когда фольга поставляется твердой (неотожженной), или за отжигом, если фольга поставляется в мягком (отожженном) состоянии. Резка может быть двух типов: обрезка кромок фольги и разрезка фольги на части вдоль на ширину, требуемую по заказу. В первом случае шпулю с рулоном устанавливают на дисковые ножницы, в процессе перематывания с одной моталки на другую обрезаются кромки шириной не более 10 мм с каждой стороны. Во втором случае, помимо обрезки кромок, рулон разрезается на части шириной 5 мм и более в зависимости от заказа. Схема резки фольги приведена на рисунке 22.

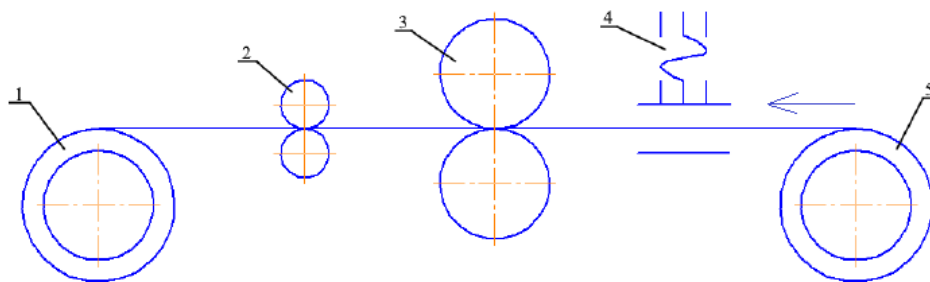


Рисунок 22 -Схема дисковых ножниц 1 – фрикционная моталка; 2 – ролики для устранения заусенцев; 3 – ножи диаметром 80 мм 4 – прижим; 5 – разматыватель.

Производительность дисковых ножниц зависит от толщины разрезаемой фольги и ширины рулонов. Чем толще фольга и чем шире рулоны, тем выше производительность при резке.

Опытная резка фольги толщиной 0,05 мм проводилась на дисковых ножницах с диаметром ножей 80 мм. Процесс резки выглядит следующим образом. Шпуля с фольгой устанавливается на фрикционный разматыватель. Фрикцион разматывателя настраивается так, что фольга самопроизвольно не разматывается. Затем передний конец фольги заправляется во вращающиеся ножи. Порезав 1 м фольги, передний конец при выключенных ножницах закрепляется на шпуле моталки.

Требуемое натяжение фольги создается прижимом и производится резка фольги. Образовавшаяся при резке обрезь сматывается на фрикционную моталку для обреза. Схемы верхнего и нижнего ножей приведены на рисунке 23. Чтобы предотвратить проколы фольги при попадании твердых частиц в ножи, на нижний нож устанавливается мягкая пористая резина, в отличие от резки стальной ленты, на которой используется твердая резина.

Опытная резка фольги толщиной 0,05 мм не вызывает особых затруднений.

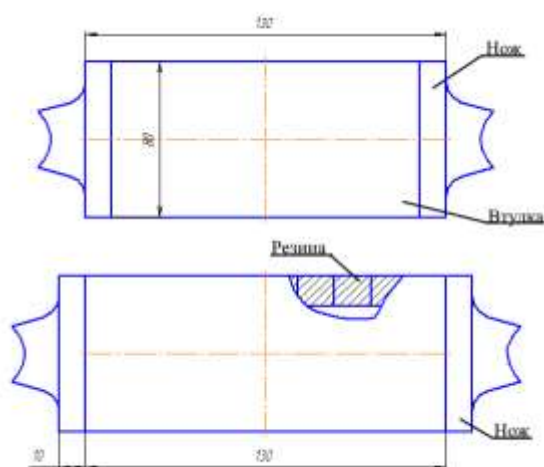


Рисунок 23 – Схемы верхнего и нижнего ножей.

После резки для ленты биметалла производится визуальный контроль и проверяется толщины рулона. Толщина проверяется микрометром МЛ-10. Если полоса соответствует требованиям ГОСТ 18394 – 73, то она пакуется и отправляется заказчику.

Резка фольги в мягком состоянии сопряжена с большими трудностями, поэтому во всех случаях, когда это возможно, рекомендуется производить резку в твердом состоянии с последующим отжигом.

Резка фольги является очень важной операцией, которая требует тщательной сборки верхних и нижних ножей без зазоров между ними. При резке также необходима очень тщательно заправлять фольгу в ножницы и на намоточные втулки. Малейшее отклонение в регулировании режима резки могут привести к обрыву одной, а вслед за ней – остальных лент.

Типичные виды брака при резке фольги и причины, их вызывающие:

1. При неправильном натяжении концов фольги могут возникать обрывы, а также при плохом состоянии кромки и значительной дырчатости фольги;
2. При низком натяжении фольги и при плохой установке шпули на барабане моталки происходит смещение витков;
3. Плохая намотка является результатом неправильного определения размеров втулок и волнистой фольги, поступившей на резку. При слабой намотке рулона втулка иногда выпадает;
4. На торцах рулона появляются заусенцы, когда используются тупые ножи и их неправильная установка, когда между верхним ножом и лезвием нижнего ножа образуется зазор. При этом поверхность реза иногда получается не светлой, а темной.
5. Перекосом оси моталки или неравномерным натяжением могут вызываться морщины.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана технология производства свинцовой фольги, плакированной оловом толщиной 0,05 мм. На основании полученных заготовок с ООО НПО «РосАнтикор» стало возможным получение такой фольги в лабораторных условиях ЮУрГУ рулонным способом, доказано, что все проделанные выше указанные расчёты режимов обжатий верны. Оказалось, что стан ХПЛ – 200 обладает более высокой достаточной мощностью, чем требуется для получения фольги олово – свинец – олово толщиной 0,05 мм.

Проектные режимы деформаций, которые были разработаны в данной работе, в настоящее время используются в лаборатории ЮУрГУ на стане ХПЛ - 200 при выполнении заказов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 18394 – 73. Фольга свинцовая, плакированная оловом и оловянная.
2. Биметаллы. Дмитриев Л.Н., Кузнецов Е.В., Кобелев А.Г., Чегодаев Ю.П., Шкляев В.Е., Войцеховский В.А. – Пермское книжное издательство, 1991.
3. Черняк, С.Н. Производство фольги / С.Н. Черняк, В.И. Карасевич – М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии, 1957.
4. Когос, А.М. Механическое оборудование волочильных и лентопрокатных цехов / А.М. Когос. – 2-е изд. – М.: Изд-во Металлургия, 1980. – 312 с.
5. Смирягин, А.П. Промышленные цветные металлы и сплавы / А.П. Смирягин, Н.А. Смирягина, А.В. Белова. – 3-е изд. – М.: Изд-во Металлургия, 1974. – 488с.
6. Агеев, Л.М. Проектирование с использованием ЭВМ параметров валковых узлов станов холодной прокатки: Учебное пособие / Л.М. Агеев, А.П. Пелленен, Е.А. Остсемин. – Челябинск: ЧПИ, 1990. – 82с.
7. ГОСТ 18394-73, Фольга свинцовая, плакированная оловом, и оловянная. Технические условия.