

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Лысьвенский филиал федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»

Кафедра Технические дисциплины  
Направление подготовки 22.03.02 «Металлургия»  
направленность (профиль) «Обработка металлов и сплавов давлением»

Допускается к защите  
Доцент с обяз.зав. кафедрой ТД  
\_\_\_\_\_ Т.О. Сошина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

на тему: Анализ причин возникновения дефектов холоднокатаного проката  
в процессе подготовки полосы на предприятии ООО «ММК - ЛМЗ».  
Разработка мероприятий по их устранению.

Студент Суворов А.В. / \_\_\_\_\_ /

Состав ВКР:

1. Пояснительная записка на \_\_\_\_\_ стр.
2. Графическая часть на \_\_\_\_\_ листах.

Руководитель Кайгородов В.А. / \_\_\_\_\_ /

Лысьва, 2020г.

## Реферат

Бакалаврская выпускная квалификационная работа содержит: стр. 55, рисунков 27, таблиц 8, источников 10.

### ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ.

Объект исследования: загрязнённый раствор дрессировочной жидкости Gerolub 915 M с правильно растяжной машины (ПРМ).

Цель работы: Снижения влияния дефектов ООО «ММК-ЛМЗ» на качество холоднокатаного плоского проката с защитным покрытием.

В результате исследования выявлено проблема по качеству при переработке металла загрязнённого проката с цеха №5 ПАО «ММК». Определены проблемы оборудования в частности ПРМ вызванные переработкой загрязненного проката образуя дефект и выхода из строя оборудования. Проведены лабораторные исследования загрязнения дрессировочной жидкости (СОЖ) из циркуляции охлаждения и очистки кассет ПРМ от твёрдых загрязнений с обрабатываемой полосы. Разработаны мероприятия по устранению дефекта и не стабильной работе оборудования. Было выбрано потребное оборудование. Разработана оптимальная схема очистки загрязнённого раствора дрессировочной жидкости (СОЖ) из циркуляции охлаждения и очистки кассет ПРМ от твёрдых загрязнений. Сформированы требования мер безопасности работы с выбранным оборудованием.

					<i>ВКР.2020-Р</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Повышение качества выпускаемого окрашенного проката ООО «ММК-ЛМЗ».....	4
2 Описание дефекта «продольные темновые полосы» на прокате.....	23
3 Правильно растяжная машина SUNDWIG GMBH, Германия. Описания работы...	27
4 Характеристики, предназначение дрессировочной жидкости Gerolub 915 (СОЖ)...	43
5 Проблемы по качеству при переработке металла загрязнённого проката с цеха №5 ПАО ММК.....	43
6 Лабораторные исследования загрязнённой дрессировочной жидкости (СОЖ).....	45
7 Магнитные сепараторы для очистки дрессировочной жидкости.....	49
8 Выбор магнитного сепаратора.....	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	54
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	55

					<i>ВКР.2020-ПЗС</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		2

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных тенденций современного этапа развития черной металлургии является постоянное повышение требований к качеству готовой продукции, которое выражается как в ужесточении требований к уже регламентируемым характеристикам, так и в появлении дополнительных ранее не контролируемых показателей качества. Внедрение высоких технологий и освоение новых видов продукции - одна из основных концепций успешного развития ООО «ММК-ЛМЗ»

Сегодня ООО «ММК-ЛМЗ» – единственный в России производитель электролитически оцинкованного проката и проката с полимерными покрытиями на его основе. Электролитический способ цинкования позволяет точно регулировать толщину осаждённого слоя цинка в большом диапазоне, создавать одностороннее или двустороннее покрытие, формировать дифференцированную толщину цинкового покрытия.

Актуальность темы ВКР состоит в том, что одним из важнейших факторов роста эффективности производства является улучшение качества выпускаемой продукции.

Повышение качества выпускаемой продукции расценивается в настоящее время, как решающее условие конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках.

Конкурентоспособность продукции во многом определяет престиж предприятия. Качество продукции относится к числу важнейших критериев функционирования предприятия в условиях относительно насыщенного рынка и преобладающей неценовой конкуренции.

Повышение технического уровня и качества продукции определяет темпы научно – технического прогресса и рост эффективности производства в целом, оказывает существенное влияние на интенсификацию производства повышение технического уровня производства и качества продукции. Определяет темпы технического прогресса и конкурентоспособность отечественных товаров и жизненный уровень населения страны.

Цель работы:

Снижения влияния дефектов ООО «ММК-ЛМЗ» на качество холоднокатаного плоского проката с защитным покрытием.

					<i>ВКР.2020-ВВ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		3









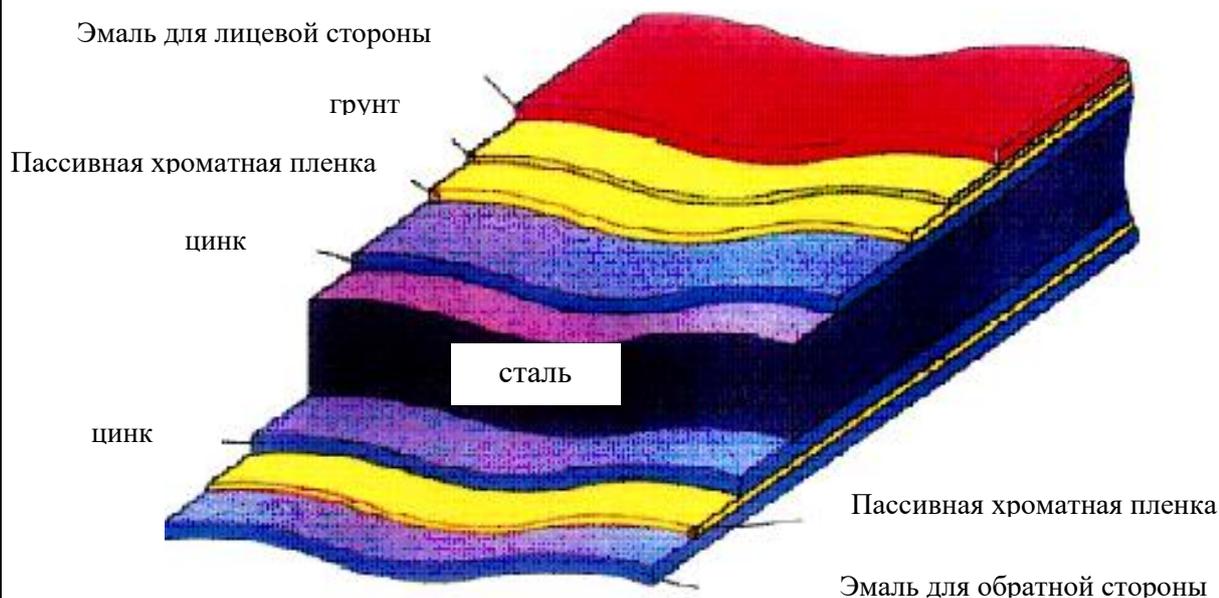


Рисунок 1. Стальной электролитически оцинкованный прокат с полимерными покрытиями марки ЭОЦПп

Основными производителями таких лакокрасочных материалов являются компании Beckers, Akzo Nobel, BASF, PPG и др.

### 1.3. Технологический процесс

Окрашиванием профилированных оцинкованных листов является более экономичным за счет:

- непрерывности действия и высокой производительности линии;
- исключения потерь лакокрасочных материалов и органических растворителей, неизбежных при окраске готовых изделий;
- сокращение потребления растворителей в результате использования лакокрасочных материалов с высоким сухим остатком.

Выбираем технологический процесс окраски стального проката в рулоне.

### 1.4. Технологическая схема

Технологическая схема производства стального оцинкованного окрашенного проката состоит из следующих узлов:

- разматывающее устройство;
- сварочное устройство;
- накопитель полосы;
- тянущие ролики;
- агрегат для подготовки поверхности (щелочное обезжиривание, щётки-мойки, активация);
- ванны для промывки;

- агрегат для цинкования;
- ванны для хроматирования;
- ванны для промывки;
- сушка;
- валковые машины для нанесения лакокрасочного покрытия на верхнюю и нижнюю стороны полосы;
- сушильные камеры;
- охлаждение;
- натяжные ролики;
- сматывающее устройство;
- Преимущества данной технологической схемы:
- возможность полной автоматизации всех технологических стадий и контроль производства;
- отсутствие операции межоперационного хранения;
- возможность двухсторонней окраски полосы проката;
- возможность сокращения времени сушки до 30-100 с при
- ПТМ 200 - 250 °С;
- возможность получения равномерных по толщине покрытий с одинаковыми декоративными и защитными свойствами по всей окрашиваемой поверхности.

### **1.5. Лакокрасочный материал**

Производство окрашенного проката требует применения лакокрасочных материалов, которые отличаются от традиционных ЛКМ способом нанесения, коротким временем сушки и высокой вязкостью. К лакокрасочным материалам предъявляются жёсткие требования:

- высокая адгезия;
- высокие показатели эластичности и способность к деформации, обеспечивающие возможность последующей переработки;
- хорошие защитные свойства и атмосферостойкость;
- высокая сопротивляемость к загрязнениям;
- высокая прочность к царапанью и истиранию;
- сохранение защитных и декоративных свойств в течение длительного времени (более 10 лет).

Этим требованиям отвечают эпоксидные, полиэфирные, поливинилиденфторидные и поливинилхлоридные, акриловые, полиуретановые органорастворимые лакокрасочные материалы. Но среди них также существуют отличия. Например, эпоксидные ЛКМ обладают высокой адгезией к металлу и хорошей эластичностью, но являются нестойкими к действию УФ-излучения. Покрытия на основе акриловых ЛКМ обладают высоким атмосферо-, цвето-, и светостойкостью, но их применение ограничивается не очень высокими деформационными свойствами. По химстойкости и атмосферостойкости (свыше 20 лет), а также способности к высоким деформациям не имеют себе равных поливинилиденфторидные

					<i>ВКР.2020-ОР.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						9
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



подложки противоположны. Эти машины предпочтительней использовать для получения толстослойных покрытий.

Для нанесения грунтовки на лицевую сторону полосы проката и эмали на обратную сторону выбираем двухвалковую машину двухсторонней

окраски с подачей ЛКМ питающим валком из ванночки и нанесением грунтовки прямой ротацией, эмали – обратной ротацией.

Для нанесения покрывной эмали на лицевую сторону полосы проката выбираем трёхвалковую машину обратной ротации с подачей ЛКМ питающим валком из ванночки.

Режим отверждения покрытия является одним из важнейших факторов, определяющих его качество. Продолжительность сушки зависит от типа ЛКМ и скорости движения полосы.

Сушильные конвективные печи могут быть горизонтального и вертикального расположения. Более экономически выгодными являются горизонтальные печи, обеспечивающие равномерность распределения температуры на покрытии.

В каждой зоне находится камера сгорания, в которой происходит сгорание природного газа и смешение продуктов сгорания со свежим воздухом, забираемым через фильтры из цеха, а также циркуляционный вентилятор для подачи смеси из камеры сгорания в печь через обдувные щелевые сопла сверху и снизу полосы.

### 1.7. Характеристика металла (основы)

В качестве основы для изготовления электролитически оцинкованного окрашенного проката используется рулонный прокат толщиной 0,2-1,5 мм шириной 1250 мм холоднокатаный из качественной углеродистой стали по ГОСТ 16 523-97:

марок 08 ПС; 08 КП; 10 ПС; 10 КП;  
 группы прочности К 260 В; К 270 В;  
 высокой отделки поверхности (группа II);  
 глубокой вытяжки (Г);  
 нормальной точности изготовления по ширине (БШ) и толщине (БТ).  
 Химический состав марок по ГОСТ 1050-74.

Таблица 1 – Механические свойства проката

Группа прочности	Временное сопротивление $\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение $\delta_n$ , %, не менее	Изгиб на 180° (d-диаметр оправки)	Глубина лунки, мм, не менее
К 206 В	260-380 (27-39)	26	d=0 (без прокладки)	8,4
К 270 В	270-410	25	d=0	8,4







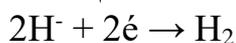
Струйная промывка  
 Электрохимическое цинкование  
 Струйная промывка с улавливанием электролита  
 Щёточно-моечная обработка  
 Струйная промывка  
 Струйное хроматирование  
 Струйная промывка  
 Сушка полосы  
 Нанесение органических материалов в камере плакирования №1  
 Конвекционная сушка  
 Охлаждение полосы воздухом  
 Охлаждение полосы водой  
 Нанесение органических материалов в камере плакирования №2  
 Конвекционная сушка  
 Охлаждение полосы воздухом  
 Охлаждение полосы водой  
 Смотка в рулон

1) Электрохимическое обезжиривание.

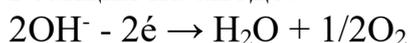
Назначение обезжиривания – удаление с поверхности полосы всех жировых загрязнений, препятствующих образованию качественного цинкового покрытия.

Электрохимическое обезжиривание происходит за счёт отрыва жиров с поверхности полосы выделяющимися пузырьками газа.

Реакция на катоде:



Реакция на аноде:



Электрохимическое обезжиривание полосы осуществляется в двух рабочих ваннах в щелочном растворе состава с массовой концентрацией, г/л:

Натрий едкий технический по ГОСТ 2263-79 или ТУ2132-185-00203312-99	30-50
Тринатрийфосфат технический по ГОСТ 201-76	30-60
Режимы обезжиривания:	
Температура, °С	75(+10/-5)
Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	6-15
Скорость циркуляции раствора в одной ванне, л/мин	700
Сила тока на ваннах, кА	3,7-3,8

2) Щёточно-моечная обработка.

После обезжиривания полоса подвергается щёточно-моечной обработке, с целью удаления с поверхности остатков жировых загрязнений (омылённых жиров) и обезжиривающего раствора.

Объём воды в баке, л, не менее	1300
Температура промывочной воды, °С	75±10
Скорость циркуляции воды, л/мин	1800





%, сурьма (6 – 8) %. ГОСТ 1089-82Е.

Длина рабочей части анода (1500 – 1550) мм.

Электролит цинкования непрерывно циркулирует между двумя питательными баками и ваннами. Обеспечена постоянная фильтрация электролита без давления.

Корректирование электролита в процессе работы должно производиться по результатам химического анализа.

9) Струйная промывка с улавливанием электролита цинкования.

Промывка производится в трех ваннах струйным способом по принципу противотока. Каждая ванна должна иметь свою циркуляционную систему.

Температура промывочной воды, °С 65 ±10

Скорость циркуляции воды в одной промывочной ступени, л/мин 1800

Для промывки полосы использовать чистый конденсат, поступающий с выпарной установки, и техническую воду, которые подаются в питательный бак. Ежемесячно во время профилактического ремонта агрегата производить чистку питательного бака и ванн от шлама.

10) Щёточно-моечная обработка.

При щёточно-моечной обработке происходит удаление порошкообразного цинка с кромок и других твердых частиц с поверхности полосы.

Температура промывочной воды 10-30<sup>0</sup>С. Вода подается из питательного бака в щёточно-моечную машину. В бак вода подается из магистрали.

11) Струйная промывка.

Промывочная вода в ванну подается из питательного бака вода подается с последующей струйной промывки .

– Температура промывочной воды, °С 50 ±10

– Скорость циркуляции воды, л/мин. 1800

12) Струйное хромирование

Назначение хромирования – создание тончайшей хроматной пассивной пленки для повышения коррозионной стойкости цинкового покрытия и для улучшения адгезии органических покрытий.

Хромирование осуществляется в двух рабочих ваннах в растворе состава с массовой концентрацией, г/л;

– Ангидрид хромовый технический по ГОСТ 2548-77 14 ± 5

– Натрий серноокислый технический по ГОСТ 7318-77 70 ±20

– рН 2,5-6,0

Режим хромирования:

– Температура раствора, °С 45 ±5

– Скорость циркуляции раствора, подаваемого в одну

– ванну, л/мин., не менее 1800

13) Струйная промывка.

Промывка производится в двух ваннах струйным способом по принципу противотока. Каждая ванна должна иметь свою циркуляционную систему.

- Температура промывочной воды в 1 ванне, °С не регламентируется
- Температура промывочной воды во 2 ванне, °С 50 ± 10
- Скорость циркуляции воды в одной промывочной ступени, л/мин. 1800

Вода подается в питательный бак из магистрали.

#### 14) Сушка полосы.

Сушка производится путём обдува горячим воздухом в сушильной камере. Температура сушки 50-60°C

Воздух засасывается вентилятором из цехового помещения, нагревается в теплообменнике и через сопла подается на полосу.

#### 15) Нанесение полимерных покрытий.

Нанесение полимерного материала производится на двух- и трёхвалковых машинах в двух камерах лакирования (окрашивания). Исходная вязкость лакокрасочного материала является рабочей. Перед подачей в ванночку валковой машины лакокрасочный материал необходимо перемешать в бочке в течение 15 минут на быстроходной мешалке с частотой вращения 800 об/мин. Из бочки в ванночку валковой машины лакокрасочный материал подается насосом, при этом обязательно фильтрование.

Для фильтрования необходимо использовать полотно иглопробивное ФРНК арт.935513 ТУ 17-1183-74 или другие материалы, обеспечивающие качественное фильтрование.

#### 16) Нанесение органических покрытий в камере лакирования №1.

Нанесение грунта F310 на лицевую и эмали E 203 на обратную сторону полосы производится на двухвалковой машине по режимам:

способ нанесения	F310	E203
	синхронный	
реверсивный		
скорость вращения погружного ролика, м/мин	10	10
скорость вращения наносящего ролика, м/мин	20	45
толщина мокрого слоя, мкм	20	35

Регулировка требуемой толщины покрытия производится за счет изменения величины зазора между погружным и наносящим валками и подналадкой окружных скоростей вращения этих валков.

#### 17) Конвекционная сушка

Сушка полимерного покрытия производится в пятизонной конвекционной сушильной печи. Нагрев полосы осуществляется смесью горячего воздуха с продуктами горения природного газа. Температура воздуха в каждой зоне устанавливается в зависимости от толщины металла,

скорости движения полосы и пиковой температуры на металле (ПТМ) для данного полимерного материала. (Пиковая температура – наивысшая температура металла в процессе сушки полосы, обеспечивающая высыхание).

Температура сушки грунтовки и эмали обратной стороны для достижения ПТМ 224 °С по зонам составляет, °С: 190-250-290-305-270

#### 18) Охлаждение полосы воздухом

Охлаждение полосы воздухом осуществляется в камере воздушного охлаждения. Камера разделена на три самостоятельные секции, в которые охлаждающий воздух нагнетается тремя вентиляторами, обеспечивающими подачу воздуха не менее 3,3 м<sup>3</sup>.

Охлаждающий воздух засасывается через фильтры из цехового помещения.

#### 19) Охлаждение полосы водой

Охлаждение полосы обессоленной водой осуществляется в камере водяного охлаждения. Камера разделена на три зоны. Каждая зона оборудована душирующими регистрами. В первой зоне полоса охлаждается тонкораспыленным водяным туманом. Во второй и третьей зонах – методом струйного полива из сопел. С поверхности охлаждаемой полосы вода стекает в питательные ванны. Вода непрерывно циркулирует между питательными ваннами и циркуляционным баком через холодильник.

#### 20) Нанесение органических покрытий в камере лакирования № 2

Нанесение эмали F618 на лицевую сторону полосы производится при помощи трёхвалковой машины по режимам:

способ нанесения	F 618 реверсивный
скорость вращения погружного ролика, м/мин	70
скорость вращения калибровочного ролика, м/мин	10
скорость вращения наносящего ролика, м/мин	50-55
толщина мокрого слоя, мкм	65-70

Погружной валок, вращаясь, захватывает из ванночки полимерный материал, толщина слоя которого определяется зазором между погружным и калибровочным валком, переносит ЛКМ на наносящий валок, а тот на движущуюся полосу. Регулировка требуемой толщины покрытия производится за счёт изменения величины зазора между погружным и калибровочным валками и подналадкой скоростей вращения этих валков.

#### 21) Конвекционная сушка

Сушка полимерного покрытия F 618 аналогична сушке полимерного покрытия F 310 и E 203, п.17.

Температура сушки эмали лицевой стороны для достижения ПТМ 232 °С по зонам составляет, °С: 180-255-290-310-290.

Охлаждение полосы воздухом производится по п.18

					ВКР.2020-ОР.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

22) Охлаждение полосы водой производить по п.19

23) Смотка проката в рулоны

На выходном участке производится смотка полосы в рулон следующих размеров:

внутренний диаметр, мм	500 ±10 и 600 ±10
наружный диаметр, не более	1200
масса рулона, т, не более	7,5

### 1.9 Контроль производства и управления технологическим процессом

Измерение контролируемых параметров производится приборами и методами испытаний, перечень которых приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Метрологическое обеспечение

Контролируемый параметр	Применяемые средства измерения и испытания					
	Наименование	Тип	Диапазон измерения	Цена деления	Класс точности	ГОСТ, ТУ
1	2	3	4	5	6	7
Скорость движения полосы, м/мин	Тахогенератор постоянного тока в комплекте с вольтметром		0-60	2,5	2,5	-
Натяжение полосы, кА	Амперметр		0-150 0-150	10 12,5	1,5 1,5	
Массовая концентрация раствора обезжиривания, г/л: -натр едкий технический -тринатрийфосфат технический	Анализ по аттестату № 73-78-85					
Массовая концентрация раствора активации, г/л: -кислота серная техническая -сульфат железа	Анализ по аттестату № 73-103-85					

Температура растворов, оС	Двойной термопреобразователь сопротивления в комплекте с логометром		0-100	2	1,5	
			0-30 0-20 0-2,5	1 1 0,1	2,5 2,5	
			0-10 0-6 0-1,5	0,5 0,2 0,05	2,5 2,5 1,5	
Расход воды, л/мин	Плотность тока, А/дм <sup>2</sup>	Амперметр	0-30	0,2		ТУ 25-1819.0021-90
Толщина цинкового покрытия, мкм	Сила тока, кА	Амперметр				9.302-90
Вязкость ЛКМ, сек	Вискозиметр с диаметром сопла 4 мм Секундомер	ВЗ 246  СОС пр-1-2-000	0-30	0,2		8420-74  ТУ 25-1819.0021-90
Толщина мокрого слоя, мкм	Колесо «Эриксена»		0-50 0-125	5		Сертификат от 21.10..99.
Толщина сухого слоя, мкм	Микрометр	ММСс	0-50	0,00 2		Р 51694-2002
Температура в сушильных печах, оС	Термопреобразователь ТХАУ	ТХАУ 4	0-800			
Длина полосы в рулоне, м	Измеритель длины-колесо,					

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.2020-ОР.ПЗ

Лист

22

	датчик-ДИФ, счётчик-КРС2					
Масса рулона, т	Весы	РС10Ш 13	0,5-10	0,00 3,5	±0,00 5	

## 2. ОПИСАНИЕ ДЕФЕКТА «ПРОДОЛЬНЫЕ ТЕНЕВЫЕ ПОЛОСЫ» НА ПРОКАТЕ

При переработке на агрегатах полимерных покрытий №3 и №4 ООО ММК ЛМЗ холоднокатаного проката производства листопрокатного цеха № 5 Магнитогорского металлургического комбината (далее ЛПЦ №5 ООО ММК) в качестве основы был выявлен на конечной стадии готовой продукции дефект «продольные теневые полосы».

Дефект поверхности присутствовал как на лицевой (рис. 2), так и на обратной сторонах в виде окрашенного проката с полимерным покрытием в виде теневых полос шириной ~ до 5 мм во всю длину образца, расположенных строго вдоль направления проката. Дефект двусторонний: на обратной стороне присутствуют зеркально-симметрично расположенные полосы.

Данный дефект был классифицирован и выявлена, причина возникновения. Для классификации с поверхности образцов с дефектом было снято цинковое и полимерные покрытия. По результатам исследования установлено, что дефект присутствует на металлической основе также в виде теневых полос на обеих сторонах проката.

В ходе исследования причин возникновения дефекта установлено, что дефект теневые полосы являются «отпечатком» от налипших сажистых загрязнений с правящих и транспортных роликов правильно растяжной машин (далее ПРМ) агрегатов полимерных покрытий №3 и №4 ООО ММК-ЛМЗ.

Причиной налипания сажистых загрязнений на правящие и транспортные ролики ПРМ явилось переработка загрязнённого проката, поставляемого с ЛПЦ №5 ПАО ММК с большой степенью загрязнённости поверхности проката (с загрязнённостью более 0,3 грамм /м<sup>2</sup>)





Полосы  
загрязнений

Рисунок 3. Продольные полосы загрязнений на правленной полосе после ПРМ



Загрязнение  
на  
правильных  
роликах

4. Загрязнения на роликах ПРМ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.2020-ОР.ПЗ

Лист

25

Переработка загрязненного металла, присутствие сажистых загрязнений на полосе ведёт к не качественной подготовке полосы перед покрытием, нарушению адгезии цинкового электролитического покрытия при последующем этапе производство электро-оцинкованной полосы с полимерным покрытием, что является браком и экономически нецелесообразно. Не качественная продукция будет не реализована в запланированном объёме.

Кроме того, при переработке загрязнённого металла требуется интенсификация подготовки (очистки) полосы перед нанесение покрытия, что подразумевает усиленные режимы очистки полосы, увеличение расхода моющих средств, пара, воды и других химикатов.

При переработке загрязнённого металла ведут к многим последствиям выхода из строя технологического оборудования, к чему приведёт к не запланированным затратам.

При переработке загрязнённого металла, основной «удар» от загрязнённого холоднокатаного проката приходится именно на ПРМ, так как она является первым технологических оборудование в технологической цепочке агрегата цинкования и полимерных покрытий агрегатов №3 и №4 ООО ММК-ЛМЗ.

При обработке (прохождении) полосы холоднокатаного проката через агрегат, большая часть сажистых загрязнений в виде шламистых частиц смываются с узлов и оборудования ПРМ дрессировочной жидкостью, подаваемой на правящие ролики ПРМ посредством регистра с форсунками. Далее загрязнённый раствор дрессировочный жидкости попадает в виде взвешенной суспензии в фильтрующее устройство ПРМ в раствор дрессировочной жидкости и далее в накопительный (рециркуляционный) бак. Фильтрующее устройство ПРМ представляет собой «лоток» с установленным рулоном фильтрующего элемента, с автоматическим механизмом обновления участка фильтрования. Данная система фильтрации ранее эффективно справляется с незначительным загрязнением дрессировочной жидкости, и рассчитана для фильтрации загрязнений поступающей с полосой не более 0,04 грамма /м<sup>2</sup>. После фильтрации дрессировочная жидкость насосом подаётся посредством регистров и форсунок на правящие для моющего эффекта и охлаждения поверхности ролики ПРМ.

Было выявлено на фильтре из слива ПРМ в фильтровальную установку содержание загрязнений 350-400 мг/л в виде конгломерата (FeO) и тонкодисперсного осадка черного цвета.

После многократной циркуляции дрессировочной жидкости, приводило к сильному загрязнению установленных форсунок на регистрах. Где дальнейшая работа ПРМ эксплуатируется без дрессировочной жидкости в дальнейшем происходило засорение регистров и форсунок, что неминуемо вело к остановке агрегата для их чистки, так как работа без подачи дрессировочной жидкости ведет к перегреву правящих роликов ПРМ и выходу её из строя.

					<i>ВКР.2020-ОР.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

### 3. ПРАВИЛЬНО РАСТЯЖНАЯ МАШИНА SUNDWIG GMBH ГЕРМАНИЯ

#### 3.1 Описание работы правильно растяжной работы

Встроенная в линию растяжная правильная машина состоит из пары приводных S-образных натяжных роликов, покрытых резиной на входе и выходе правильно растяжной машины. Скорость приводов вращения S-образных роликов регулируется в зависимости от требуемой ширины, толщины, марки проката.

За счет разности скоростей вращения S-образных роликов на входе и выходе в правильно растяжные машины создается натяжение полосы с относительным растяжением 0-1,8%. Для обеспечения правки полосы или длины растяжения.

Над движущейся полосой находится шарнирно подвешенная правящая кассета с комплектом поддерживающих и правящих роликов, выполненных из высоколегированной стали с высокой твердостью.

Шарнирный механизм привода кассеты с помощью гидроцилиндров позволяет опускать правящую кассету на движущую полосу, с необходимой степенью «заглубления» в зависимости от сортамента и марки проката.

Степень заглубления обеспечивает изгиб полосы по правящему ролику относительно и создаёт правящий эффект при растяжении с изгибом в правильно растяжной машине (рис.5).

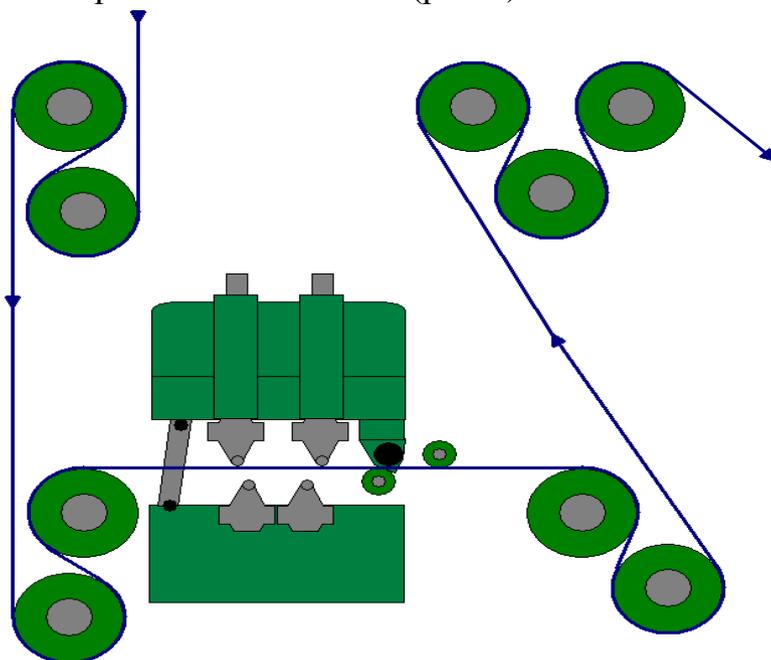


Рисунок 5. Правильно растяжная машина (ПРМ)

Для обеспечения охлаждения роликов правящей кассеты испытывающих значительный нагрев в точке контакта с движущей полосой в зону контакта подаётся насосами дрессировочная жидкость и распыляется с помощью форсунок. Также за счёт своих специальных свойств дрессировочная жидкость обеспечивает частичное удаление загрязнений с полосы и коррозионную защиту до прохождения до следующей операции.

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



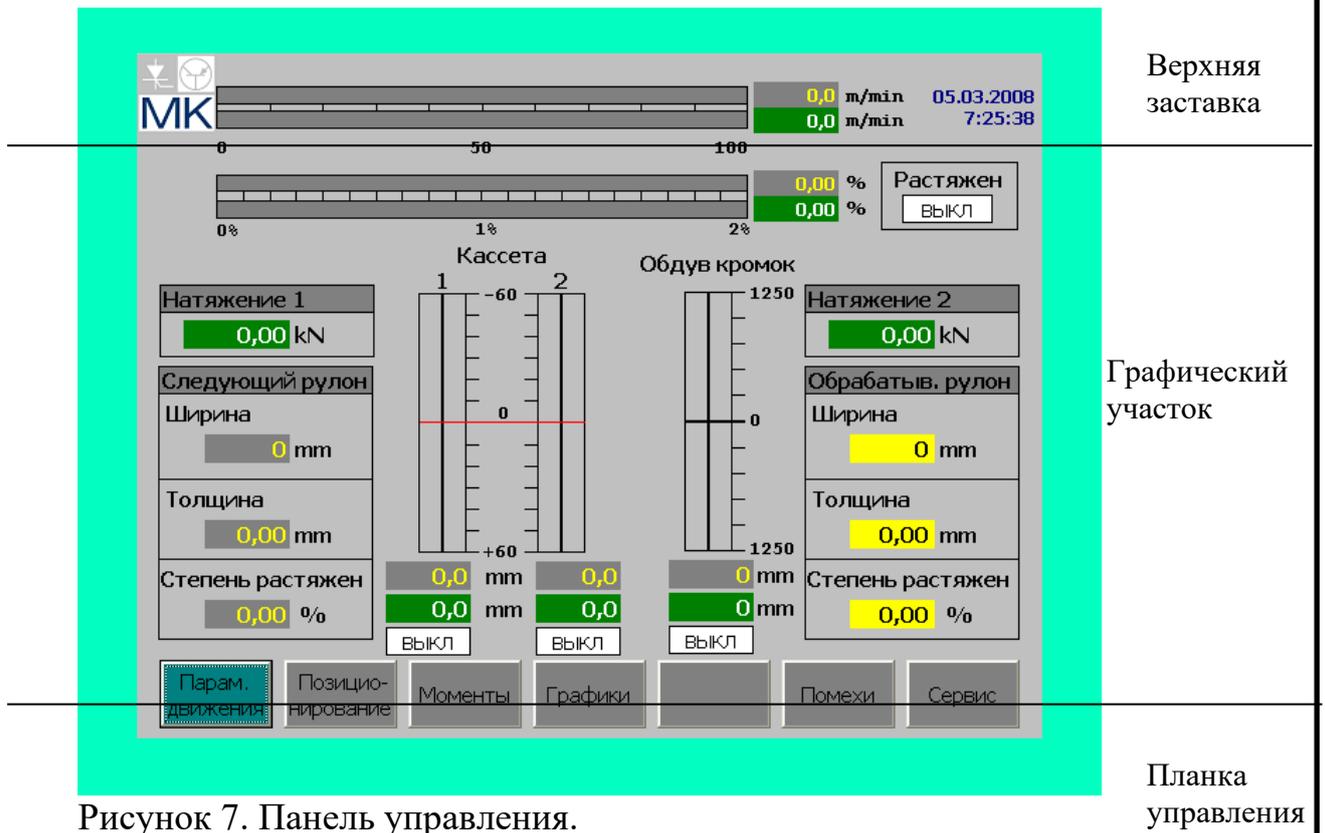


Рисунок 7. Панель управления.

Верхняя заставка (рис.8) и нижняя планка (рис.9) управления имеются на всех окнах.

Структура всегда идентична, актуализируются только значения. В сравнении с ними, графический участок всегда заполняется переменным содержанием.

В головной части находятся строка сообщения об ошибках, скорость линии, а также дата и время

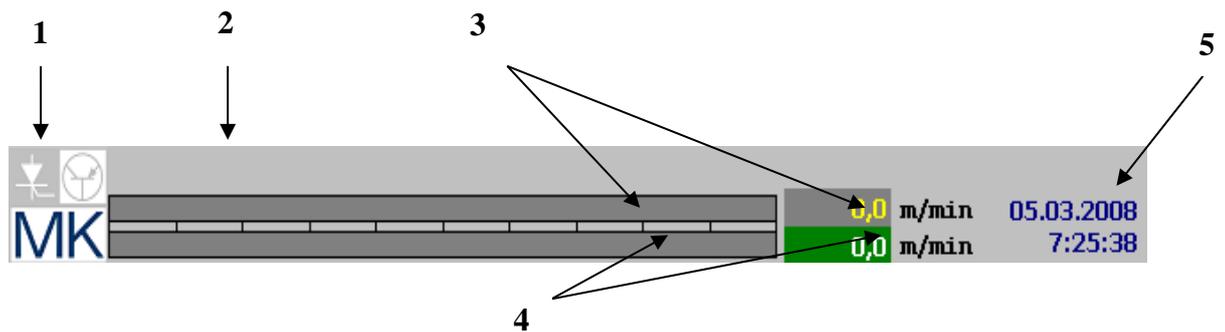


Рисунок 8. Верхняя заставка управления

Изображенные элементы:

1. Фирменный логотип
2. Строка сообщений с индикацией последней помехи
3. Заданная скорость движения линии. Изображена в виде балки и цифры



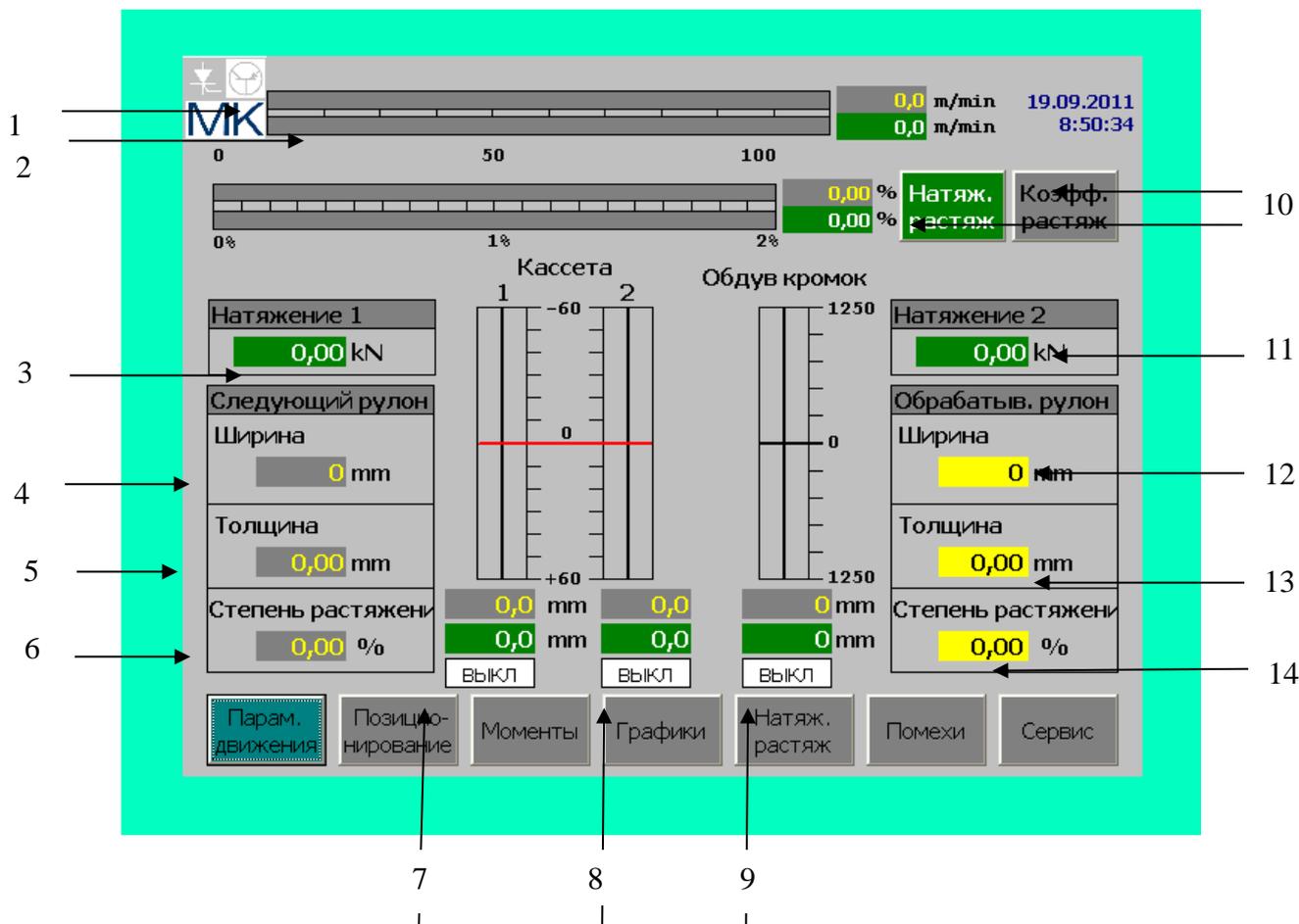


Рисунок 10. Важнейшие параметры движения

Изображенные элементы:

1. Заданное значение растяжения. Представлено в виде балки и цифры в процентах.
2. Измеренное значение растяжения. Представлено в виде балки и цифры в процентах.
3. Измеренное значение натяжения за машиной правки в kN.
4. Ширина полосы в машине правки в mm. (Обрабатываемый рулон)
5. Толщина полосы в машине правки в mm. (Обрабатываемый рулон)
6. Заданное значение степени растяжения в процентах (Обрабатываемый рулон).
7. Ширина установки сопел для обдува кромок.
8. Заданное значение высоты кассеты 2 (правка).
9. Заданное значение высоты кассеты 1 (гибка).
10. Вкл/выключение функции растяжения
11. Измеренное значение натяжения в машине правки в kN.
12. Ширина полосы в машине правки в mm. (Следующий рулон)
13. Толщина полосы в машине правки в mm. (Следующий рулон)
14. Заданное значение степени растяжения в процентах (Следующий рулон).

Кнопкой «Позиционирование» вызывается соответствующее окно.

Здесь имеется возможность задать параметры позиционирования установки (рис.11) обдува кромок и кассет.

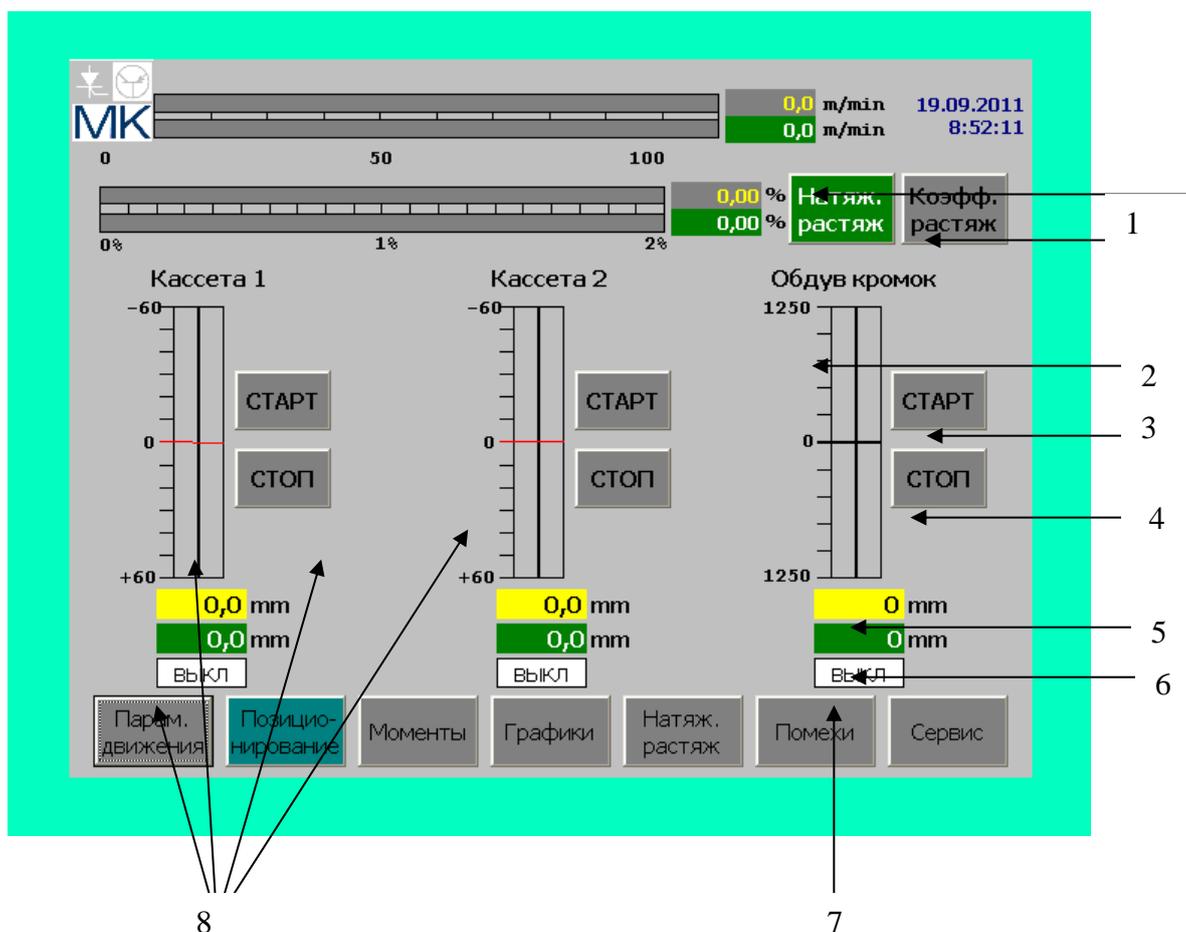


Рисунок 11. Параметры позиционирования установки

Изображенные элементы:

1. Выбор и состояние режимов работы правильно-растяжной машины.
2. Заданное и измеренное значение положения ширины обдува кромок.
3. Заданное значение положения ширины обдува кромок в mm.
4. Истинное значение положения ширины обдува кромок в mm.
5. Статус позиционирования ширины обдува кромок.
6. Кнопка СТАРТ позиционирования ширины обдува кромок.
7. Кнопка СТОП позиционирования ширины обдува кромок.
8. Индикация и функции положения кассет аналогичны вышеописанному для обдува кромок.

Последовательность шагов при позиционировании:

1. Занести в поле заданных значений необходимую величину положения.
2. Нажать кнопку СТАРТ.
3. Привод начинает движение в нужном направлении
4. При достижении заданной позиции процесс позиционирования

заканчивается.

5. Процесс позиционирования в любой момент можно прекратить, нажав на кнопку СТОП.

Кнопкой «Моменты» вызывается соответствующее окно. В нем отображаются крутящие моменты четырех тормозных роликов и трех роликов натяжения (рис.12).

Как дополнительная информация тут же отображены измеренные натяжения.

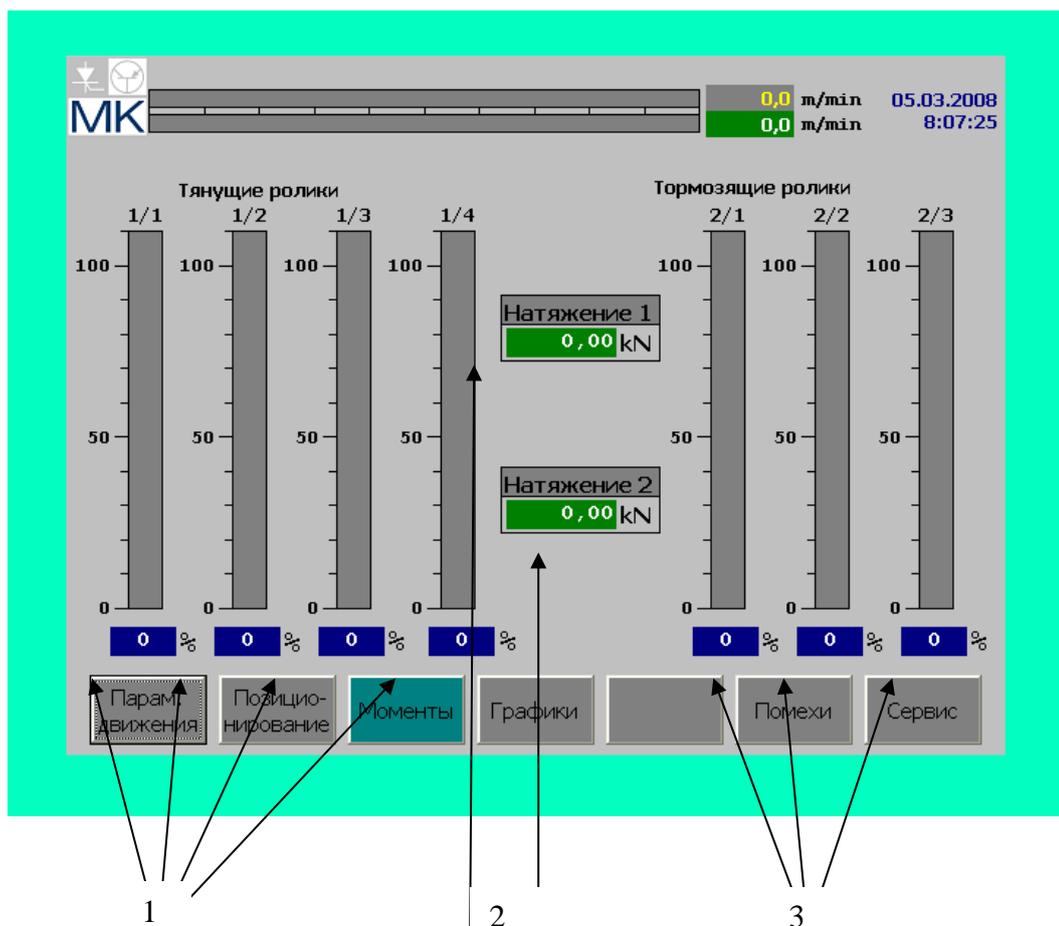


Рисунок 12. Крутящие моменты четырех тормозных роликов и трех роликов натяжения

Изображение элементов:

1. Истинное значение моментов роликов натяжения. Представлено в виде балки и цифры в процентах.

2. Истинное значение натяжения в машине правки в kN.

3. Истинное значение моментов роликов торможения. Представлено в виде балки и цифры в процентах.

Цвета при изображении моментов:

Зеленый привод тянет.

Синий привод тормозит.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Кнопкой «Графики» вызывается соответствующее окно. В нем отображаются графики крутящих моментов четырех тормозных роликов и трех роликов натяжения (рис.13), а также скорость линии.

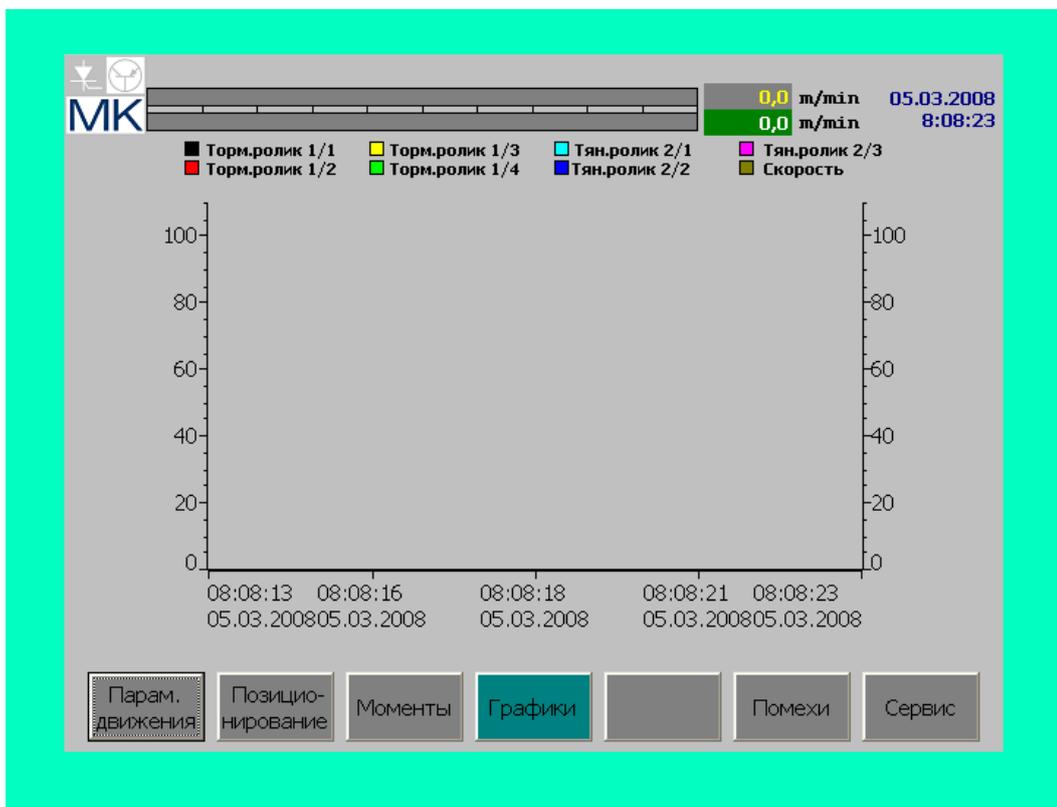


Рисунок 13. График крутящих моментов четырех тормозных роликов и трех роликов натяжения

Кнопкой «Помехи» вызывается соответствующее окно. В нем перечислены возникшие помехи и предупреждения (рис.14).

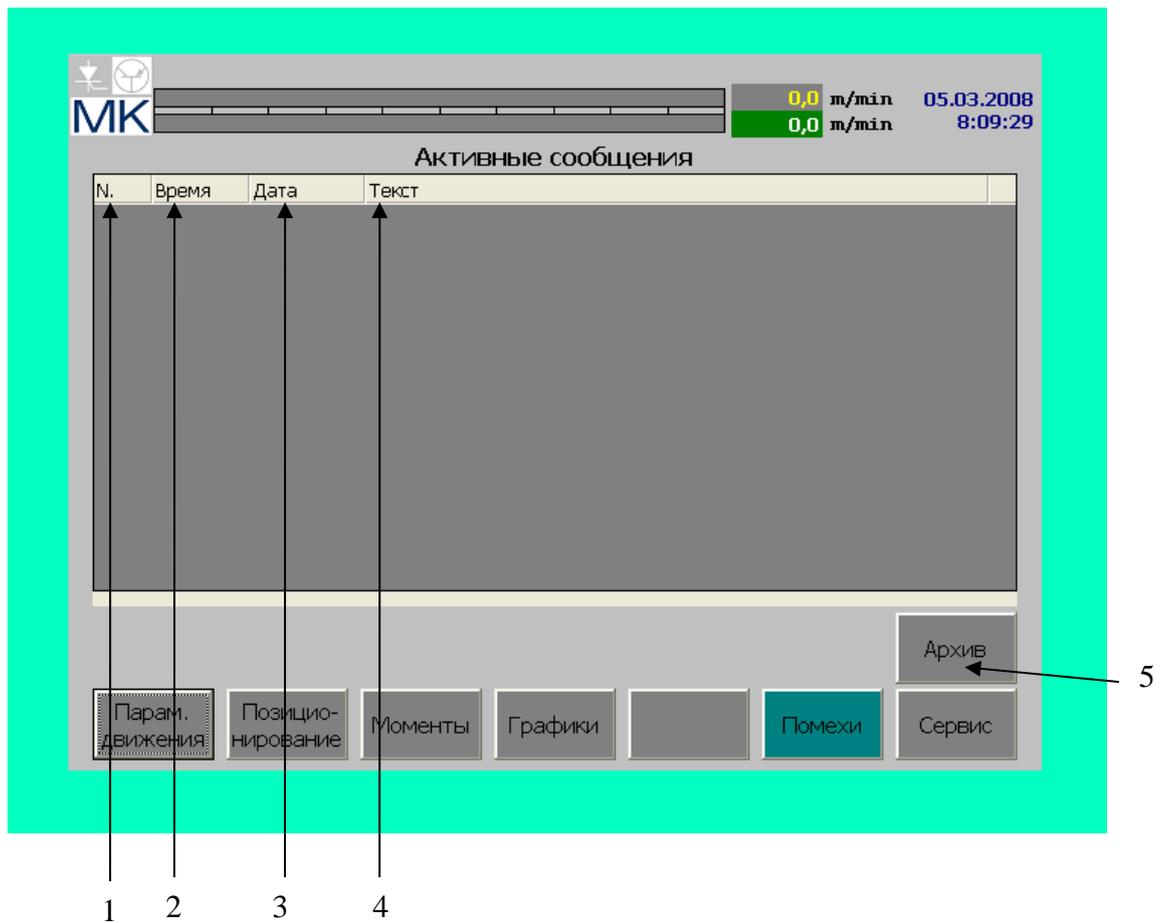


Рисунок 14. Возникшие помехи и предупреждения

Отраженная информация:

1. Номер сообщения. Формируется системой.
2. Время возникновения этой ситуации.
3. Дата возникновения этой ситуации.
4. Текстовое пояснение возникшей неисправности. При этом всегда для облегчения поиска указывается место, где неисправность возникла.
5. Кнопкой «Архив» вызывается архив возникавших неисправностей. Кнопкой «Архив» вызывается соответствующее окно.

В архиве сохраняются последние 500 возникших сообщений о неисправностях.









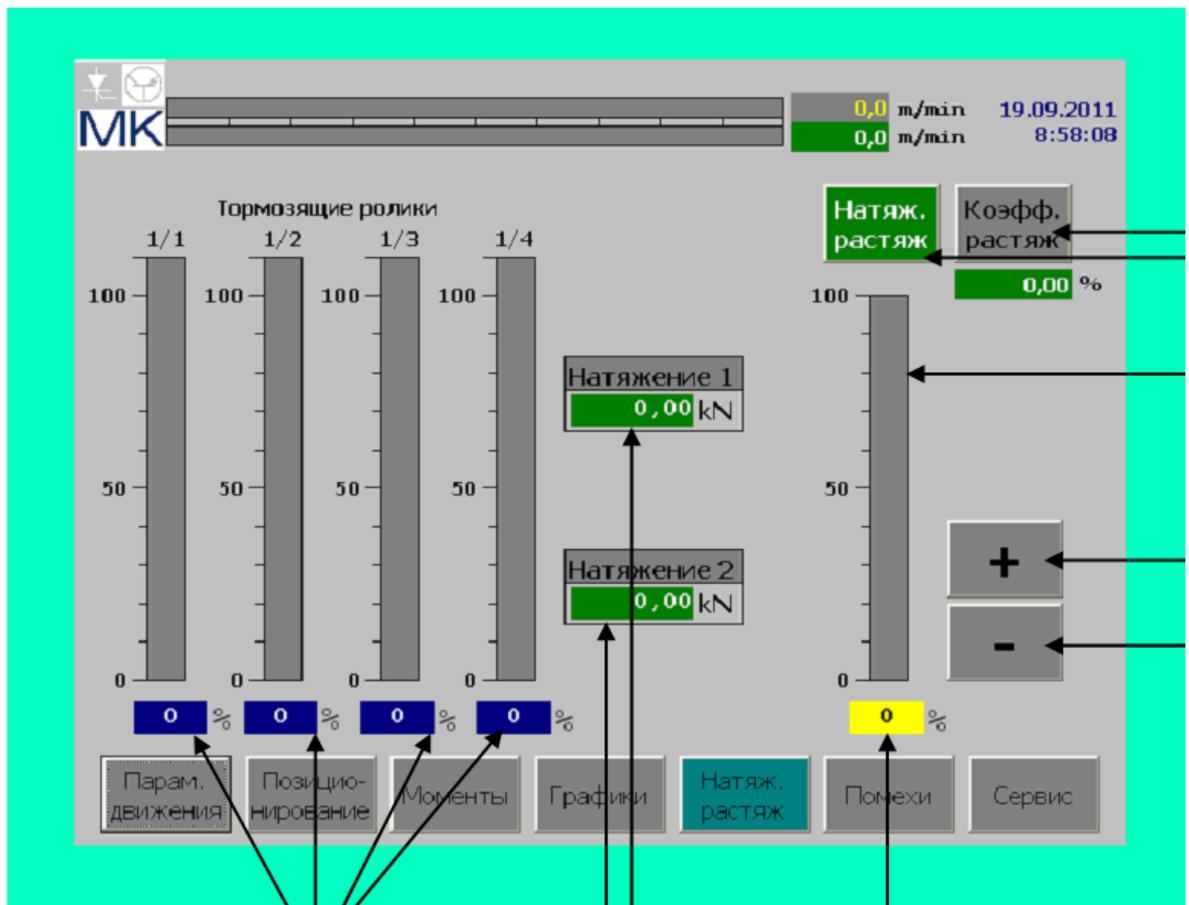


Рисунок 19. Моменты торможения

Изменяя момент торможения (рис.19) (нажимая кнопки «+» или «-»)

наблюдать за фактической степенью растяжения в

Фактическую степень растяжения установить согласно таблицы 6, 7.

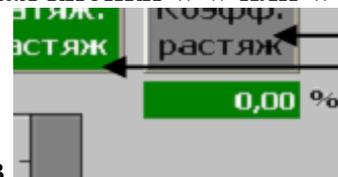


Таблица 6. Фактическая степень растяжения установки

№ п/п	Степень растяжения, %	1. Уменьшение ширины, мм
1	0,05	Отсутствует возможность выставить такие степени растяжения
2	0,1	
3	0,2	
4	0,26-0,36	0
5	0,37-0,44	1
6	0,45-0,55	2
7	0,6	Не рекомендуется задавать степень растяжения свыше 0,6 % во избежание обрывов полосы
8	0,7	
9	0,8	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

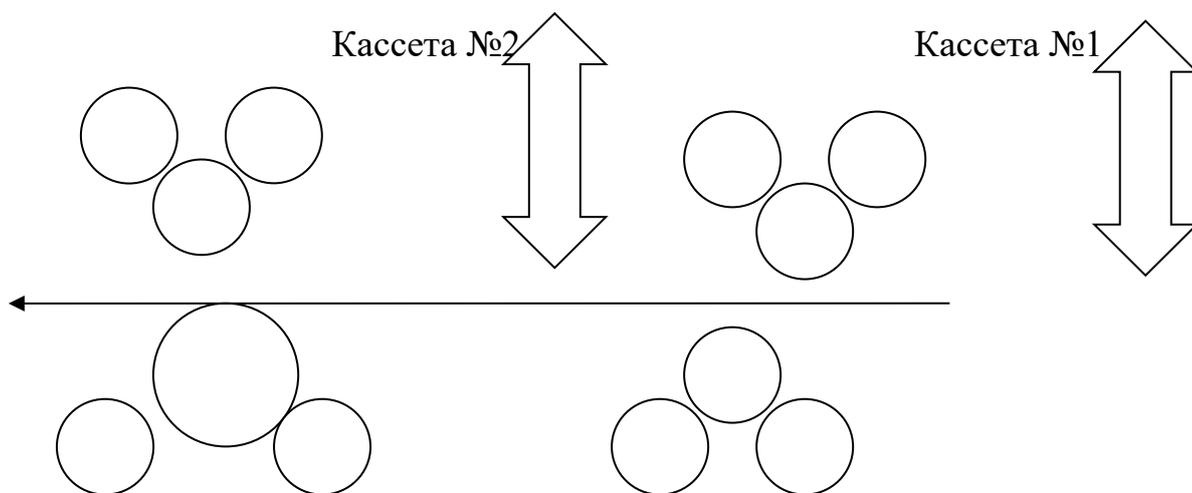


Рисунок 20. Заглубление кассет

Таблица 7. Фактическая степень растяжения установки

Номер кассеты	Изменение положения	Изменение поперечного сечения проката на выходе из ПРМ
Кассета №1	Опускание	
	Подъем	
Кассета №2	Опускание	
	Подъем	







Рисунок 21. Сажистые загрязнения

При дрессировке к загрязнениям добавлялись частицы разрушенных оксидных пленок с поверхности отдельных полос, не восстановленных полностью в азотной атмосфере печей, а также остатки рабочего раствора дрессировочной жидкости, повышавшие липкость всей субстанции.

В процессе правки в линии, загрязнения с полосы переходили на натяжные и правильные ролики, постепенно накапливались на рабочих поверхностях роликов поверхностях, тем самым создавая темные полосы-отпечатки на правленной полосе после ПРМ.

### **5.1 Проблемы оборудования, в частности ПРМ вызванные переработкой загрязнённого проката**

При переработке загрязнённого холоднокатанного проката ЛПЦ № 5 ООО «ММК», основной «удар» приходится на ПРМ. Рассмотрено, что при обрабатывании полосы холоднокатаного проката, твёрдые загрязнённые шламистые частицы попадают в фильтрующее устройство ПРМ в раствор дрессировочной жидкости.

В дальнейшем при многократной циркуляции дрессировочной жидкости, через фильтрующее устройство ПРМ, происходило загрязнение форсунок регистров, где препятствовало подаче дрессировочной жидкости.

В процессе правки в ПРМ «в сухую» загрязнения с полосы переходили на транспортные, натяжные и правильные ролики, постепенно накапливались на поверхностях, образуя количества сажистых загрязнений. В связи с этим оборудование, как правило, эксплуатирующее в условиях повышенных нагрузок и скоростей, выходило из строя и приводило к аварийным остановам и к не плановым ремонтам.

Причиной выхода из строя роликов правящего устройств явились налипшие и застрявшие частицы обрабатываемого металла в корпусах подшипников.

Также зафиксированы частицы на оборудования, привнесенные полосой или попавшие в рабочую зону агрегата. К их числу можно отнести

идентифицированные металлические частицы размером  $\sim 0,3 \div 0,5$  мм из и углеродосодержащая фаза.

Данная проблема приводит к снижению качеству выпускаемой продукции и выхода из строя ПРМ роликов, к низкому ресурсу правящих кассет и постоянные замены оборудования, к не плановым ремонтам.

## 6. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАГРЯЗНЁННОЙ ДРЕССИРОВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ

В ходе всей работы были разработаны мероприятия по их устранению: -оптимальную схему очистки загрязнённого раствора дрессировочной жидкости из циркуляции охлаждения и очистки кассет ПРМ от твёрдых загрязнений с обрабатываемой полосы холоднокатаного проката.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

1. Определить содержание и вещественный состав загрязнений;
2. Определить эффективность фильтрования загрязнённого раствора дрессировочной жидкости через ткань, фильтрующую (ТУ17 РСФСР 529814-80), применяемую на фильтровальной установке ПРМ.

Дополнительно проведён химический анализ загрязнений на собранных с элементов конструкций правящих кассет ПРМ. Результаты химического анализа загрязнений на собранных с элементов конструкций правящих кассет ПРМ представлены в таблице 8.

Таблица 8. Результаты химического анализа загрязнений на собранных с элементов конструкций правящих кассет ПРМ

№образца	Массовая доля элементов, %					
	C(углерод)	S(сера)	Fe(железо) общ.	FeO(оксид железа II)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (оксид железа III)	Fe мет.
1	12,93	0,29	64,2	34,0	1,35	36,9

По результатам исследования установлено, что загрязнения, собранные с элементов конструкций правящих кассет ПРМ представляют собой в большей своей части соединения железа, как в чистом виде, так и в виде соединений. Загрязнения представляют собой конгломерат из сажи, частично мелких спрессованных окисленных металлических частиц (FeO) и остатков технической смазки с дрессировочных станков. Также в составе конгломерата встречались единичные металлические частицы.

Объект исследования – загрязнённый раствор -дрессировочной жидкости Gerolub 915 M с ПРМ.

Предмет исследования – ткань фильтрующая (ТУ17 РСФСР 529814-80) партии поступления №67287 от 05.06.09, поставщик ООО “Гарант-Регион” и отработанной с фильтровальной установки ПРМ.

Методы исследования: определение содержания твёрдых частиц

									Лист
									45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

растворе взвешиванием отфильтрованного осадка после промывки и сушки до постоянного веса, магнитная сепарация высушенного осадка, мокрая магнитная сепарация твёрдой фазы непосредственно из растворов дрессировочной жидкости химический анализ осадка, фильтрование при атмосферном давлении, визуальный.

Пробы загрязнённого раствора дрессировочной жидкости представляют жидкости с взвешенным тонким шламистым осадком чёрного цвета, практически полностью осаждаемым при отстаивании в виде плотного вязкого осадка. Масляная фаза на поверхности раствора визуально не обнаружена.

Ткань фильтрующая ТУ17 РСФСР 529814-80 представляет нетканое клееное полотно белого цвета. Как видно из фотографии фрагмента ткани на (рис.22) материал пористый с геометрически неупорядоченной структурой.



Рисунок 22. Фрагмент ткани фильтровальной

При переработке загрязнённого металла, основной «удар» от грязного х/к проката приходится на ПРМ.

Водный раствор дрессировочной жидкости от твёрдых сильномагнитных загрязнений, представляющий тонкодисперсные металлизированные железосодержащие взвешенные в водном растворе частицы шлама с концентрацией порядка 400 мг/л.

Источник загрязнения – холоднокатаный полосовой прокат. Раствор циркулирует в контуре охлаждения (очистки) кассет правильно-растяжной машины.

Содержание взвешенных частиц в исследованных пробах растворов Gerolub 915 М составило 350-400 мг/л. Отфильтрованные осадки представляют чёрные тонкодисперсные продукты.

Осадки были исследованы методами магнитной сепарации с использованием ручного лабораторного магнита и фазового анализа с применением солянокислого разложения. Установлено:

- в высушенном осадке практически весь материал магнитный (рис.23);

					ВКР.2020-ИЧ.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

- до 90% осадка представлено тонкими порошкообразными металлизированными частицами железа (о чём свидетельствует выделение водорода при обработке осадка кислотой) и, предположительно, его оксидов (магнетит);

- твёрдый остаток кислотного разложения немагнитный, представлен, предположительно, углеродистыми веществами (графит) - продуктами термического разложения смазочных масел.



Рисунок 23. Вид сухого осадка из раствора дрессировочной жидкости при магнитной сепарации

При очистке исследуемых проб загрязнённого раствора дрессировочной жидкости с помощью ручного лабораторного магнита достигнуто извлечение загрязнений в магнитную фазу до 98%.

На (рис.24) проиллюстрированы возможности очистки раствора дрессировочной жидкости на примере пробы с повышенным загрязнением из сборника фильтровальной установки ПРМ.



3. Возможна очистка раствора дрессировочной жидкости магнитной сепарацией до 98% по твёрдому продукту в пересчёте на массу высушенного осадка.

Ткань фильтрующая (ТУ17 РСФСР 529814-80) партии №67287 не соответствует по тонкости фильтрации (ГОСТ 29104.23-91) дисперсности твёрдых частиц загрязнений чёрного проката цеха и поэтому не пригодна для фильтрации загрязнённого раствора СОЖ на фильтровальной установке ПРМ.

Требуемый уровень фильтрации составляет порядка 10-20 мкм.

В связи с тем, что загрязнения дрессировочной жидкости в основе своей представляют собой соединение железа как чистом виде, так и в виде магнитных соединений было предложено применить для очистки дрессировочной жидкости от шлама магнитный сепаратор.

## **7. МАГНИТНЫЕ СЕПАРАТОРЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ДРЕССИРОВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ**

Магнитные и электромагнитные сепараторы, предназначенные для обогащения руд, обладающих магнитными свойствами, а также для очистки различных немагнитных материалов от магнитных примесей.

Обязательные требования к магнитным и электромагнитным сепараторам, направленные на обеспечение их безопасности для жизни, здоровья обслуживающего персонала и охраны окружающей среды.

Сепараторы должны изготавливаться следующих типов:

- 1) ПБМ - магнитные барабанные мокрого обогащения сильномагнитных руд;
- 2) ПБС - магнитные барабанные сухого обогащения сильномагнитных руд и нерудных материалов;
- 3) ЭВМ - электромагнитные валковые мокрого обогащения слабомагнитных руд и нерудных материалов;
- 4) ЭВС - электромагнитные валковые сухого обогащения слабомагнитных руд и нерудных материалов;
- 5) ЭРМ - электромагнитные роторные мокрого обогащения слабомагнитных руд и нерудных материалов.

### **6.1. Технические требования магнитных сепараторов**

Сепараторы должны соответствовать требованиям настоящего стандарта и технической документации, утвержденной в установленном порядке.

Сепараторы типов ПБМ, ЭВМ и ЭРМ должны изготавливаться климатических исполнений УХЛ4 и О4, типов ПБС и ЭВС - У3 и Т3 по ГОСТ 15150.

Сепараторы климатических исполнений О4 и Т3 должны соответствовать требованиям ГОСТ 15151.

					<i>ВКР.2020-ИЧ.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

Конструкцией сепараторов всех типов должны быть предусмотрены:

- 1) равномерное распределение питания по длине рабочей части барабана, валка;
- 2) съем магнитного продукта с рабочего органа;
- 3) возможность подключения сепаратора к системе автоматического или дистанционного управления;
- 4) возможность отбора проб конечных продуктов обогащения;
- 5) возможность замены рабочих органов, быстроизнашивающихся сборочных единиц и деталей в производственных условиях;
- 6) возможность осмотра сепаратора во время его остановки и непосредственного или косвенного наблюдения за работой барабанов, валков, роторов, разгрузочных устройств и привода;
- 7) защита рабочей зоны от попадания в нее случайных предметов;
- 8) смазка подшипников без снятия барабана, валка, ротора и разборки подшипникового узла;
- 9) защита подшипников от проникновения в них пульпы, пыли и вытекания из них смазки; для сепараторов типов ПБМ и ПБС; возможность поворота магнитной системы с указанием положения магнитной системы; для сепараторов типа ПБМ:
  - 1) возможность компоновки агрегатов в технологической линии из двух или более однобарабанных сепараторов;
  - 2) доступ к внутренней полости ванны для выпуска пульпы и очистки ванны;
  - 3) защита внутренней полости барабана от проникновения пульпы;
  - 4) возможность установки электропривода к однобарабанным сепараторам в правом или левом исполнениях; для сепараторов типа ЭВС: возможность регулирования рабочего зазора между валками и полюсными наконечниками; для сепараторов типа ЭВМ: защита катушек от попадания на них пульпы; для сепараторов типа ЭРМ: очистка и замена ферромагнитных деталей.

## 8. ВЫБОР МАГНИТНОГО СЕПАРАТОРА

В качестве магнитного сепаратора дроссировочной жидкости был рассмотрен вариант использования сепараторов серии ДМД производства АО «КЕМЕТ» (г. Санкт-Петербург) (рис.25).

Сепараторы серии ДМД комплектуются несколькими ферромагнитными дисками, которые улавливают твердые загрязнения, присутствующие в смазочно-охлаждающей жидкости. Важной особенностью является практически нулевая стоимость эксплуатации. Сепараторы ДМД имеют производительность от 50 до 400 л/мин. Габариты самого компактного в линейке - ДМД 50: 160х370 мм х 3”.

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						



Рисунок 25. Магнитный сепаратор серии ДМД

Принцип работы магнитного сепаратора серии ДМД: смазочно-охлаждающая жидкость от работающей машины по соединительной трубе подается в распределительную ёмкость сепаратора дрессировочной жидкости, где расположены магнитные диски. На магнитных дисках извлекаются намагничивающиеся загрязнения, очищенная смазочно-охлаждающая жидкость собирается в напорный бак контура циркуляции дрессировочной жидкости.

Металлические частицы, собранные дисками, накапливаются в лоток, по которому затем отходы перемещаются в специальный бак (рис.26).

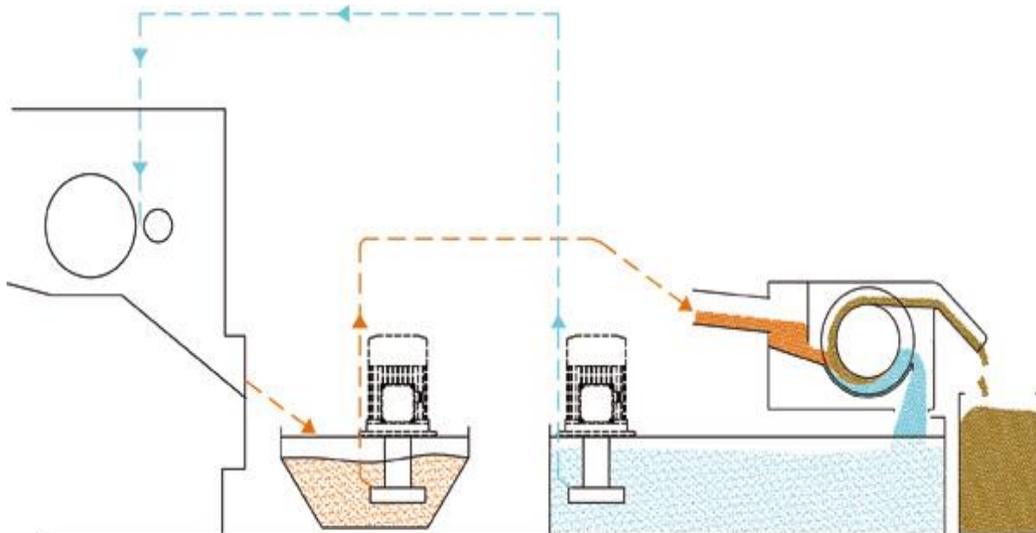


Рисунок 26. Схема магнитной сепарации

### 8.1. Порядок работ по очистке и запуску, остановке магнитного сепаратора

Магнитный сепаратор (фильтр DEMAG) – предусмотрен для очистки

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.2020-СЧ.ПЗ				

очищенная смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) загрязнённой магнитными частицами. Для смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) используются вращающиеся магнитные диски. Жидкость, проходя через намагниченные диски, оставляет на них все металлические (железные) загрязнения.

Магнитный сепаратор установлен на фильтровальные установки правильно-растяжной машины агрегата. (Магнитный сепаратор-фильтр DEMAG) состоит (рис.27) из:

1. Мотор-редуктор червячного типа.
2. Магнитный барабан именно на этот элемент оседают ферромагнитные частицы. Состоит из постоянных магнитов, смонтированных на немагнитную опору. Постоянные магниты и соответствующая опора, смонтированы на вал, который передаёт движение.
3. Станина - это опорная и несущая часть всех других компонентов, из которых состоит магнитный сепаратор (фильтр). Сконструирована из электросварного стального листа.
4. Скребки с лотком удаления шлама - это элементы, которые во время вращения барабана захватывают частицы, отложившиеся на лотке, и направляют их наружу.

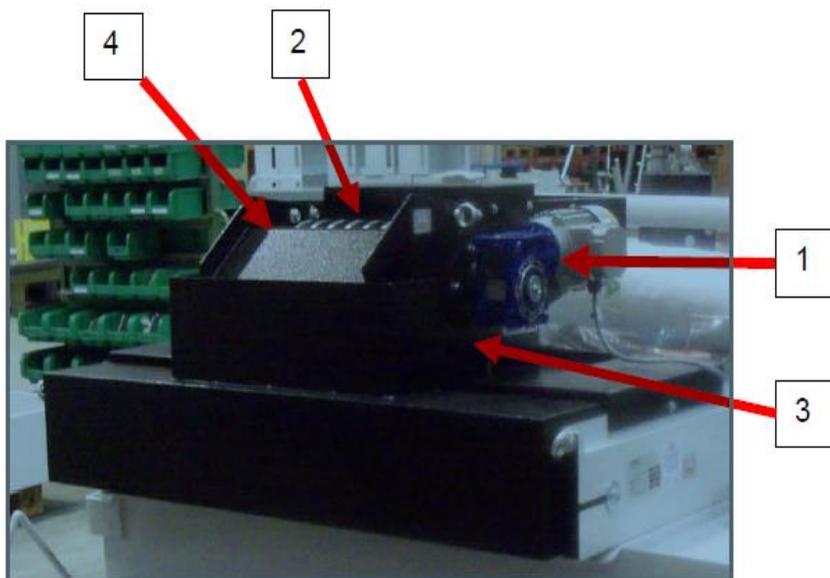


Рисунок 27. Магнитный сепаратор (фильтр DEMAG)

Требования техники безопасности:

Оператор должен выполнять требования безопасности согласно инструкции по охране труда (ИОТ 10.1.044-16) и технологической инструкции ТИ 25371.33002.

Дополнительные меры безопасности при работе магнитного сепаратора:

- электрическое подключение магнитного сепаратора должен проводить только квалифицированный электрик и при отсутствии напряжения на оборудовании.

					<i>ВКР.2020-СЧ.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАБОТЕ

В данной выпускной квалификационной работе бакалавра для снижения влияния дефекта на примере ООО «ММК-ЛМЗ» на качество холоднокатаного плоского проката с защитным покрытием сделано следующее:

Выявлено проблема по качеству при переработке металла загрязнённого проката с цеха №5 ПАО «ММК».

Определены проблемы оборудования в частности ПРМ вызванные переработкой загрязненного проката образуя дефект «теневые полосы».

Проведены лабораторные исследования загрязнения дрессировочной жидкости (СОЖ) из циркуляции охлаждения и очистки кассет ПРМ от твёрдых загрязнений с обрабатываемой полосы.

Разработаны мероприятия по устранению дефекта и не стабильной работе оборудования. Разработана оптимальная схема очистки загрязнённого раствора дрессировочной жидкости (СОЖ) из циркуляции охлаждения и очистки кассет ПРМ от твёрдых загрязнений магнитной сепарацией.

В результате работы был выбран магнитный сепаратор серии ДМД. По результату выбора магнитной сепарации загрязнённого раствора дрессировочной жидкости с помощью сепаратора достигнуто извлечение загрязнений до 80%, что привело к стабильной работе оборудования и исчезновению дефекта «теневые полосы».

Сформирован порядок работ по очистки и запуску, останову сепаратора. Схематически показан принцип работы магнитного сепаратора серии ДМД.

Сформированы требования мер безопасности работы с магнитным сепаратором.

					<i>ВКР.2020-3.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

