

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Южно-Уральский государственный университет (НИУ)»  
Базовая кафедра металлургического производства

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой,  
кандидат технических наук  
\_\_\_\_\_ В.А. Пашнев  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СПЛАВА 82К3ХСР

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ  
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ – 22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР

Консультант  
Безопасность жизнедеятельности  
(доцент)  
\_\_\_\_\_ А.В. Стрюков  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Руководитель проекта  
(доцент)  
\_\_\_\_\_ А.В. Стрюков  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Автор проекта  
студент группы ДО-489  
\_\_\_\_\_ И.Е. Крылов  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Нормоконтролер  
(старший преподаватель)  
\_\_\_\_\_ Н.С. Хардукаш  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.

Челябинск 2017 г

## АННОТАЦИЯ

Крылов И.Е. Оборудование и технология производства сплава 82К3ХСР – Челябинск ЮУрГУ, Базовая кафедра МП; 2017 59 с., 21 табл., 3 ил., библиогр. список – 10 наим., 3 прил., 4 л. чертежа ф. А1, 2 л. плакатов ф. А1.

Задача выпускной работы – познакомиться с оборудованием и технологией производства сплава 82К3ХСР в условиях ПАО «Ашинский метзавод».

В работе рассмотрен сплав 82К3ХСР, его назначение, физические и магнитные свойства. Также рассмотрена технология выплавки аморфизирующегося сплава и лигатур для него, и применяемые шихтовые материалы, описано применяемое оборудование и необходимые огнеупорные материалы. Кроме того рассмотрен контроль качества выпускаемой продукции.

В расчетной части выбраны технологические параметры выплавки и нормирование технологических процессов, произведены расчеты материального баланса плавки 82К3ХСР, тепловой расчет печи ИСВ-0,6, расчет энергоемкости оборудования.

В работе рассмотрены пути совершенствования технологии производства, описаны зарубежные аналоги сплава 82К3ХСР, а также охрана труда и техника безопасности на производстве.

					<b>22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР</b>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Крылов И.Е.</i>			<b>Оборудование и технология производства сплава 82К3ХСР</b>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Стрюков А.В.</i>					6	59
<i>Реценз.</i>						<b>ЮУрГУ Базовая кафедра МП</b>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Хардукаш Н.С.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Пашнев В.А.</i>						

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	9
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	11
1.1 Назначение выплавляемого сплава. Описание сплава.....	11
1.1.1 Магнитные и физические характеристики аморфной и нанокристаллической ленты 82К3ХСР (CoBSiCrFe) .....	11
1.1.2 Технические требования предъявляемые к аморфной ленте.....	11
1.2 Технология получения аморфной ленты в ЭСПЦ-1 на ПАО «Ашинский метзавод» .....	12
1.2.1 Выбор шихты для выплавки.....	13
1.2.2 Выбор огнеупорных материалов.....	15
1.2.3 Выплавка лигатуры для аморфизирующихся сплавов.....	15
1.2.4 Выплавка аморфизирующихся сплавов.....	17
1.2.5 Технология плавки в печи ИСВ-0,6.....	18
1.2.6 Разливка аморфной ленты.....	20
1.2.7 Режимы термической обработки аморфной ленты типа В.....	24
1.2.8 Контроль качества продукции.....	25
1.2.8.1 Описание и работа комплекса ММК-С-100-5.....	26
1.2.8.2 Описание и работа УКМП-0.5-100.....	29
2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....	32
2.1 Технологические параметры выплавки.....	32
2.2 Материальный баланс плавки 82К3ХСР.....	33
2.3 Тепловой расчёт печи.....	37
2.4 Расчёт энергоёмкости оборудования.....	43
2.5 Нормирование технологических процессов.....	44
3 МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ.....	45
3.1 Требования к слиткам-заготовкам.....	45
3.2 Требования к геометрическим параметрам ленты.....	45
3.3 Основные направления совершенствования методов получения аморфной ленты и изделия из неё .....	46
4 ЗАРУБЕЖНЫЕ АНАЛОГИ СПЛАВА 82К3ХСР .....	48
5 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЕ СРЕДЫ.....	50
5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	50
5.2 Мероприятия по снижению вредных и опасных производственных факторов .....	51
5.3 Влияние параметров микроклимата производственного цеха на самочувствие человека .....	53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	56

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

ПРИЛОЖЕНИЯ.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ А СХЕМА ВАКУУМНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ ИСВ-0,6.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ Б РАЗЛИВОЧНАЯ УСТАНОВКА «УРАЛ».....	58
ПРИЛОЖЕНИЕ В ЗАВИСИМОСТЬ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ПЛАВКИ .....	59

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВВЕДЕНИЕ

Чёрная металлургия является важной отраслью народного хозяйства и играет важнейшую роль в создании материально-технической базы страны.

Плавка черных металлов в индукционных печах имеет ряд преимуществ перед плавкой в дуговых печах, поскольку исключается такой источник загрязнения, как электроды. В индукционных печах тепло выделяется внутри металла, а расплав интенсивно перемешивается за счет возникающих в нем электродинамических усилий. Поэтому во всей массе расплава поддерживается требуемая температура при наименьшем угаре по сравнению со всеми другими типами электрических плавильных печей. Индукционные плавильные печи легче выполнить в вакуумном варианте, чем дуговые.

Принцип работы печи основан на поглощении электромагнитной энергии материалом загрузки, размещенной в тигле печи. Нагрев и расплавление металлической шихты происходят вследствие наведения электрического тока путем электромагнитной индукции от магнитного поля, создаваемого индуктором, подключенным к источнику переменной ЭДС. При прохождении тока в кусках шихты происходит разогрев их до оплавления и образования жидкой ванны. При получении жидкой ванны наибольшая плотность тока имеет место на периферии металлической загрузки в слое, прилегающем к стенкам тигля, а наименьшая — в центральной части загрузки. Почти вся поглощаемая энергия выделяется в слое металла, толщина которого равна глубине проникновения тока. Выделение энергии зависит от частоты тока, геометрических соотношений диаметра тигля и диаметра индуктора, размеров и электрофизических свойств шихтового материала. Поскольку при изменении температуры изменяются как геометрические размеры сплавляемых друг с другом кусков металла, так и их магнитная проницаемость и удельное электрическое сопротивление, то частота тока выбирается из условий оптимального режима плавки, при которых процесс расплавления идет наиболее быстро.

Однако важнейшее достоинство индукционных печей, обусловленное генерацией тепла внутри расплавленного металла, становится недостатком при использовании их для рафинирующей плавки. Шлаки, имеющие очень малую электропроводность, нагреваются в индукционных печах от металла и получаются со сравнительно низкой температурой, что затрудняет проведение процессов рафинирования металла. Это обуславливает использование индукционных плавильных печей преимущественно в литейных цехах. Кроме того, высокая стоимость высокочастотных питающих преобразователей сдерживает применение высокочастотных плавильных печей.

Конструкция и схема питания индукционной печи существенно зависят от наличия или отсутствия железного сердечника. Поэтому индукционные печи рассматриваются далее в соответствии с этим признаком.

Аморфными называют металлы и металлические сплавы, у которых отсутствует дальний порядок в расположении атомов. Они получили также название металлических стёкол или некристаллических сплавов. Для их

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР				

приготовления используются различные методы, в основе которых лежит быстрый переход компонентов сплава из жидкого или газообразного состояния в твердое. При этом затвердевание происходит настолько быстро, что атомы вещества оказываются замороженными в тех положениях, которые они занимали, находясь в жидком состоянии. Существуют убедительные свидетельства, как структурные, так и следующие из различных свойств, того, что в большинстве аморфных металлических сплавов действительно существует ближний порядок, т.е. порядок в расположении ближайших соседей атомов, но отсутствует дальний порядок

Роль металлических изделий с аморфной структурой получает всё большее распространение в связи с освоением космоса, развитием атомной энергетики, радиоэлектроники, тяжёлой промышленности, военного производства и многого другого. В связи с этим особую роль отводится аморфным сплавам и металлам.

В аморфных металлических изделиях из-за отсутствия кристаллической решётки отсутствуют дефекты присущие изделиям с кристаллической структурой, такие как: кристаллическая анизотропия, дислокация и вакансии, границы зерен и блоков, двойники и другие.

Аморфные металлические изделия, независимо от концентрации компонентов, представляет собой однофазную систему, состоящую из пересыщенного твердого раствора, атомная структура которого аналогична атомной структуре переохлажденного расплава. Вследствие этого они обладают высокой микро- и макрооднородностью – в них отсутствуют такие источники фазовой неоднородности, как избыточные фазы, ликвация, различного рода сегрегации, то есть сильно отличающиеся по атомному строению и химическому составу объемы.

Установлено, что вследствие повышенных магнитных свойств аморфные изделия являются перспективными материалами для изготовления сердечников больших трансформаторов. Необычное сочетание их магнитных и механических свойств может быть использовано в головках записывающих устройств в некоторых типах магнитопроводов в электронике, а также в разнообразных датчиках. Таким образом, будущее изделий с аморфной структурой как материалов для различных магнитных приборов можно считать обеспеченным. Помимо этого, металлические аморфные изделия на основе Ni производятся в течение нескольких лет в виде фольги, используемой в качестве припоев. В отличие от ранее применявшихся для этих целей материалов цельнометаллическая аморфная фольга не содержит, каких либо связующих добавок, что обеспечивает большую прочность паяных соединений, более высокие точность и скорость сборки.

В данной работе рассматривается технология производства аморфизирующегося сплава 82К3ХСР в условиях ПАО «Ашинский метзавод», а также производится расчет баланса плавки, режимов работы, тепловой расчет и расчет энергоёмкости печи ИСВ-0,6.

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР					

# 1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## 1.1 Назначение выплавляемого сплава. Описание сплава

### 1.1.1 Магнитные и физические характеристики аморфной ленты 82К3ХСР (CoBSiCrFe)

Магнитопроводы марки 82В имеют прекрасные характеристики для работы в качестве магнитных сердечников трансформаторов тока и различных высокочувствительных магнитных датчиков взамен прецизионных кристаллических магнитомягких сплавов типа пермаллоев.

Кроме этого существует возможность контролировать форму петли гистерезиса, тока, напряжения и индукции при помощи автоматизированного программного комплекса «K2S». Физические и магнитные характеристики ленты сплава 82К3ХСР представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Физические и магнитные характеристики ленты сплава 82К3ХСР

Характеристики	82В
Толщина ленты, мкм	25
Магнитная индукция (H= 100 А/м), Тл	0,42
Магнитная проницаемость (H=0,05 А/м)	150000
Коэрцитивная сила (H=20 А/м), А/м	0,2
Коэффициент прямоугольности $B_r/B_s$ (H=80 А/м)	0,7
Удельные потери (0,2 Тл, 20 кГц), Вт/кг	2
Максимальная проницаемость	1500000
Температура кристаллизации, °С	530
Плотность ленты, г/см <sup>3</sup>	7,7
Твердость Н, ГПа	10
Удельное электрическое сопротивление, ОмхМх10 <sup>-6</sup>	1,4
Константа магнитострикции ppm	0,0
Макс, температура длительного применения, °С	110
Температура Кюри, °С	180

### 1.1.2 Технические требования, предъявляемые к аморфной ленте из сплава марки 82К3ХСР

Химический состав (таблица 1.2) сплавов является технологическим параметром изготовителя и браковочным признаком не является. Готовая лента характеризуется по магнитным и физическим свойствам. Ниже в таблице 1.3 приведены приёмосдаточные магнитные свойства лент различных типов.

Таблица 1.2 - Аморфизирующиеся сплав 82К3ХСР и лигатура для него

Марка сплава и лигатуры	Содержание легирующих элементов, масса, %						
	В	Si	Ni	Cr	Mo	Mn	Fe
82К3ХСР	2,5-3,2	8,4-9,1	-	2,8-3,4	-		3,3-4,3
КБ (лигатура кобальт-бор)	5,0-9,0	-	-	-	-	-	-

Таблица 1.3 - Приёмосдаточные магнитные свойства ленты типа Т марки 82К3ХСР

Марка сплава	Класс	Магнитная индукция В800 при напряженности магнитного поля 800 А/м, Тл	Коэрцитивная сила по индукции НС при напряженности магнитного поля 5 А/м, А/м	Магнитная проницаемость $\mu$ при напряженности магнитного поля 0,1 А/м	
		не менее	не более	не менее	
				мГн/м	Гс/Э
82К3ХСР	I	0,70	0,6	13	10000
	II	0,73	0,5	13	10000

### 1.2 Технология получения аморфной ленты в ЭСПЦ-1 на ПАО «Ашинский метзавод»

Технологический процесс получения аморфной ленты является сложнейшей и трудоёмкой операцией, от точности, проведения которой сильно зависит качество готовой продукции. Для получения аморфной ленты используется металл, выплавляемый в индукционных вакуумных печах. Плавка в вакуумных индукционных печах позволяет получать сталь и сплавы с малым содержанием газов, неметаллических включений и примесей цветных металлов, легировать сплав любыми элементами, в том числе обладающими высоким сродством к кислороду, без их потерь на окисление.

В целом технология получения аморфной ленты состоит из следующих этапов:

- выплавка лигатуры для аморфизирующихся сплавов;
- выплавка аморфизирующихся сплавов;
- получение аморфной ленты;
- термообработка аморфной ленты.

На рисунке 1.1 схематично изображена технологическая цепочка получение аморфной ленты.



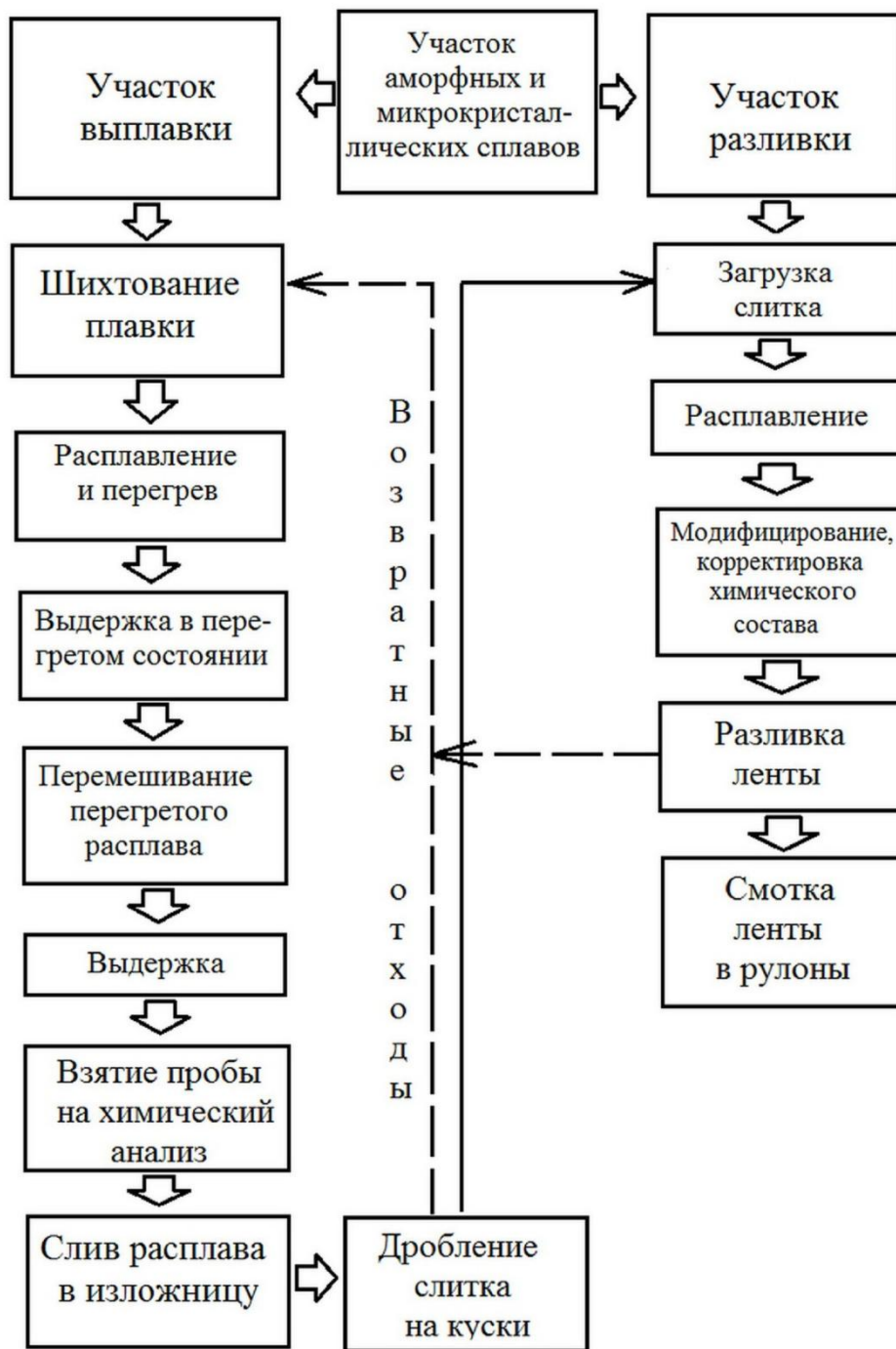


Рисунок 1.1 – Технологическая схема производства тончайшей аморфной ленты марки 82К3ХСР

### 1.2.1 Выбор шихты для выплавки

Для выплавки сплава 82К3ХСР и лигатуры для него используются шихтовые материалы в соответствии с таблицами 1.4-1.7 Допускается в качестве шихтовых материалов использовать отходы слитков, ленты, магнитопроводов, если известна марка сплава.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР

Лист

13

Таблица 1.4 – Химический состав кобальта

Co	Fe	Ni	Mn	Cu	C	Ti	Si	S	P	Al	сумма примесей
Осн.	≤ 0,40	≤ 0,30	≤ 0,07	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,005	≤ 0,2	≤ 0,004	≤ 0,005	≤ 0,08	≤ 1,10

Рекомендуется использовать кобальт марки К0, К1, К1Ау, К1А по ГОСТ 123.

Таблица 1.5 – Химический состав бора

B	C	Mg	сумма примесей
≥ 95,00	≤ 2,00	≤ 0,50	≤ 2,50

Рекомендуется использовать бор кристаллический (спеченный) по ТУ 113-12-11.106.

Таблица 1.6 – Химический состав кремния

Si	Fe	Ca	Al	сумма примесей
Осн.	≤ 0,70	≤ 0,60	≤ 0,70	≤ 2,00

Рекомендуется использовать кремний кристаллический марки Кр 00, Кр0, Кр1 по ГОСТ 2169.

Таблица 1.7 – Химический состав хрома

Cr	Fe	Cu	Si	C	Al	S	P	сумма примесей
Осн.	≤ 0,60	≤ 0,02	≤ 0,40	≤ 0,03	≤ 0,70	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 1,80

Рекомендуется использовать хром электролитический марки ЭХ1, ЭХ0 по ТУ 14-5-76, хром металлический Х98,5; Х99 по ГОСТ 5905.

Производится входной контроль шихтовых материалов в соответствии с СТП 018-21. Поступившие в цех шихтовые материалы должны сопровождаться сертификатом качества.

От каждой новой партии кобальта отбирается проба с плоской поверхностью, позволяющей вписать в неё окружность диаметром 25 мм, высотой не более 65 мм, весом не более 500 г. Проба доставляется в лабораторию с биркой содержащей название шихтового элемента, дату приемки, номер партии. Делается запись в журнале приемки проб по форме ВЗ-22-05-01. В случае если размеры шихтовых материалов не позволяют обеспечить требования к пробе согласовать с инженером лаборатории вид пробы и количество материала.

## 1.2.2 Выбор огнеупорных материалов

В таблице 1.8 показаны применяемые смеси огнеупорных материалов для изготовления футеровки печи ИСВ-0,6.

Таблица 1.8 - Смеси, применяемые для изготовления тиглей

№ смеси	Наименование изделия или смеси	Наименование материала, марка	Фракция, мм	Масса содержания компонента в смеси, %
1	буферная смесь для подины печи «ИСВ-0,6 НИ-НЗ»,	порошок периклазовый плавленный ПППЛ 95	5 - 3	60 - 65 %
		порошок периклазовый плавленный ПППЛ 95	3 - 1	30 - 35 %
		стекло натриевое жидкое	-	3 - 7 %
2	набивная футеровка печи «ИСВ-0,6 НИ-НЗ»	масса огнеупорная муллитокорундовая на фосфатной связке МКФ-90	-	100 %
3	смесь для воротника и сливного носка печи «ИСВ-0,6 НИ-НЗ»	порошок периклазовый плавленный ПППЛ 95	5 - 3	55 - 50 %
		порошок периклазовый плавленный ПППЛ 95	3 - 1	30 - 35 %
		стекло натриевое жидкое	-	3 - 7%
		порошок огнеупорной глины ПГБ	-	15 - 20 %

Также для связки используется стекло натриевое жидкое.

## 1.2.3 Выплавка лигатуры для аморфизирующихся сплавов

Выплавка лигатуры для аморфизирующихся сплавов, является первой стадией процесса производства аморфной ленты. На этой стадии, производят выплавку сплава (лигатуры) железо-бор, никель-бор это делается в виду того, что бор очень сложно растворить в больших количествах. Данную выплавку производят на индукционной вакуумной печи ИСВ-0,04. Масса выплавляемой лигатуры около 40 кг. Плавка ведётся в вакууме при температуре 1500<sup>0</sup> С около 3 часов. После получения сплава его проверяют на химический состав, при помощи спектрального анализа. Если он не удовлетворяет требованиям, то плавку дошихтовывают и так повторяют до тех пор, пока не уложатся в нужный химический состав.

В таблице 1.9 представлены характеристики вакуумной индукционной печи ИСВ-0,04.

Таблица 1.9 - Характеристика вакуумной индукционной печи ИСВ-0,04 ПФ-И2

Параметр	Значение
Мощность потребляемая, кВт/ч	160
Номинальная вместимость тигля, т	0,04
Мощность генератора, питающего плавильную печь, кВт	120
Напряжение, В	
а) питающей цепи	380
б) контурной цепи	500
в) цепи управления	220/380
Частота, Гц	
а) питающей цепи	50
б) контурной цепи	2400
Число фаз	
а) питающей цепи	3
б) контурной цепи	1
Температура перегрева металла, °С	1650
Предельный вакуум в холодной печи, Па.	$5133 \times 10^{-3}$
Максимальное избыточное давление защитного газа, атм.	0,1
Производительность по расплавлению и перегреву, т/ч	0,12
Удельный расход электроэнергии на расплавление и перегрев, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}}$	1100
Максимальное число заливаемых форм	1
Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	7
Габаритные размеры электропечи, мм	
Длина	5600
Ширина	5200
Высота	4000
Масса электропечи, т	10

После загрузки шихтовых материалов в тигель электропечи, закрывается крышка подвижной части и производится вакуумирование рабочего пространства до разряжения  $5133 \cdot 10^{-3}$  Па ( $5 \cdot 10^{-3}$  мм рт.ст.) при помощи вакуумной системы.

От источника питания подаётся напряжение на индуктор электропечи, производится нагрев и расплавление шихты.

После расплавления шихты проводится окончательное рафинирование и выдержка расплава при остаточном давлении  $5133 \cdot 10^{-3}$  Па ( $5 \cdot 10^{-3}$  мм рт.ст.)

При помощи механизма наклона производится наклон печи на 90 градусов и слив расплава из тигля в изложницу.

										Лист
										16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР

Завершается рабочей цикл напуском воздуха в рабочее пространство электропечи, перемещением подвижной части и удалением слитка.

#### 1.2.4 Выплавка аморфизирующихся сплавов

Основные технические данные электропечи ИСВ-0,6 представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 - Основные технические данные электропечи ИСВ-0,6

Наименование параметра	Технические данные	
	номинальные	фактические
Ёмкость электропечи, т	0,6	0,5
Мощность рабочей частоты, кВт	500	500
Потребляемая мощность, кВт	740	740
Установленная мощность, кВт	1240	1240
Рабочая частота, Гц	1100	1100
Частота питающей сети, Гц	50	50
Число фаз питающей сети	3	3
Число фаз контура	1	1
Напряжение питающей сети, В	6000	6000
Напряжение контура, В	800	800
Напряжение силовых цепей, В	380	380
Напряжение цепей управления, В	220	220
Температура перегрева металла, °С, максимальная	1700	1600
Предельное остаточное давление в холодном состоянии в камере плавильной, Па (мм, рт.,ст.)	0,133(1·10 <sup>-3</sup> )	0,13
Удельный расход электроэнергии, кВт·ч/т	1400	1400
Скорость расплавления и перегрева, т/ч	0,24	0,2
Максимальные размеры литейной посуды, мм		
Длина	1400	1400
Ширина	700	700
Высота	1600	1600
Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	30	25
Масса электропечи, т	95	95
Габариты электропечи, мм		
Длина	10645	10595-10695
Ширина	11295	11245-11345
Высота	7560	7510-7610
Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	30	25

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР

Лист

17

Следующим этапом является выплавка требуемой марки сплава, из которого в последующем и будет получена лента. Плавку производят в печи ИСВ-0,6, масса выплавляемого сплава в котором примерно 500 кг. Плавку производят в вакууме при температуре  $1500^{\circ}\text{C}$  около 6-9 часов.

Если плавка не соответствует химическому составу, делают дошихтовку и так повторяют, пока не уложатся в нужный химический состав. Взятие пробы и дошихтовку проводят под вакуумом. После того как достигнут требуемый химический состав, плавка считается законченной и полученный металл сливается в изложницу, в которой он остывает в течение 1 часа в полном вакууме.

Данная электропечь (Приложение А), полунепрерывного действия позволяет проводить серию плавов без нарушения вакуума в плавильной камере. Схема вакуумной индукционной печи ИСВ-0,6 показана на рисунке 8. Плавка металла происходит в индукционной электропечи 2, которая помещена в плавильную камеру 1. Разливка металла производится в изложницу 4, которая устанавливается на перемещающуюся тележку 8 и подаётся в плавильную камеру при помощи привода и цепной передачи.

Плавильная камера 1 представляет собой вертикальный водоохлаждаемый цилиндр с помещёнными внутри индукционной электропечью 2 и приводом наклона 19. Сверху плавильная камера закрыта эллиптической крышкой 10 имеющая возможность приподниматься и откатываться по рельсам в сторону от плавильной камеры. На крыше установлены: поворотная колонна 14, с подвешенным на ней загрузочной камерой 9 для загрузки шихтовых материалов, камерой термоустройства 15 для измерения температуры металла в тигле и взятия проб, и гляделки 18 для наблюдения за процессом плавки.

Для подачи тележки 8 с изложницей 4 без нарушения вакуума в плавильной камере, предусмотрена шлюзовая камера 6, состоящая из камеры и двух технологических затворов 5 и 7.

Для создания вакуума в плавильной камере и в шлюзовой камере предусмотрена вакуумная система с элементами контроля вакуума.

Охлаждаемые элементы электропечи питаются от трёх коллекторов, позволяющих регулировать расход воды и контролировать её наличие и температуру.

Электропитание индукторов индукционной электропечи осуществляется от преобразователя частоты ППЧВ-500-1,0-6000 и конденсаторной батареи для компенсации реактивной мощности.

Управление электропечи в целом производится со щитов управления расположенных на рабочей площадке электропечи и площадках цеха.

### 1.2.5 Технология плавки в печи ИСВ-0,6

Загрузка шихтовых материалов производится вручную, аккуратно опуская шихту в тигель не повредив футеровку. При загрузке сначала на дно тигля подаётся лигатура (для создания лужи так, как её температура плавления меньше), затем загружается основа сплава (железо или кобальт) по периметру так, чтобы

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР					

образовался контур, и сверху грузят лигирующие элементы (медь, ниобий, никель,). Чем, меньше фракции шихтовых материалов, тем быстрее будет происходить плавление.

Нагрев шихтовых материалов загруженных в тигель начинается после создания вакуума в плавильной камере печи, чтобы не допустить окисления шихты.

Универсальным переключателем на щите управления включается возбуждение генератора. Ток возбуждения регулятором устанавливается с таким расчетом, чтобы напряжение генератора составляло около 30% от номинального значения. При этом напряжении производится подбором числа включенных конденсаторов переменной конденсаторной батареи в расчете на обеспечение в цепи генератора емкости коэффициента мощности  $\cos\varphi = 0,9$ . Затем регуляторам возбуждения устанавливается мощность порядка 50% номинальной. Через некоторое время после включения, когда электрический режим печи стабилизируется, устанавливается номинальная мощность. В процессе нагрева шихты необходимо постоянно следить за показаниями измерительных приборов контролируемых режим работы генератора повышенной частоты, не допуская превышения номинальных данных по току и напряжению. Коэффициент мощности должен поддерживаться опережающим и равным 0.9.

Перед включением возбуждения необходимо проверить расход воды в цепях охлаждения индуктора гибких кабелях и конденсаторной батареи. Расход воды в цепи охлаждения индуктора должен быть отрегулирован с таким расчетом чтобы температура воды на выходе из индуктора не превышала 50% С

Для сокращения времени расплавления нагрев металла следует вести плавку на максимальной мощности. По мере расплавления шихтовых материалов необходимо следить за оседанием шихты. Нельзя допускать образования «мостов». В случае необходимости образовавшийся «мост» пробивается ломиком установленным на верхней крышки плавильной камеры. При использовании лома необходимо отключать возбуждение генератора. Для устранения больших «мостов» или «настылей» допускается их подплавлять наклоном плавильной печи.

Догрузка шихтовых материалов в тигель печи производится при помощи загрузочной корзины. В загрузочную корзину можно поместить не больше 300кг шихты. Загрузка в тигель последующих порций шихты проводится так же, как и загрузка первой корзины. Догрузку шихты необходимо производить внимательно; не допуская полного расплавления находящихся в тигле материалов; так как загрузка шихты в жидкий металл может вызвать выброс жидкого металла из тигля и повредить загрузочную корзину.

Дегазация расплавленного металла и нагрев его до заданной температуры.

В процессе нагрева шихтовых материалов в тигле происходит частичная дегазация металла в твердом состоянии. В процессе расплавления происходит полная дегазация металла в жидком состоянии.

После полного расплавления шихтовых материалов и дегазации металла производится нагрев металла до заданной температуры. Перегрев ведется на

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

максимальной мощности. Если в процессе перегрева начинается чрезмерно интенсивное разбрызгивание металла; то во избежание образования настывшей на воротнике тигля и выбросов металла из тигля необходимо снизить мощность. Если и это не прекращает разбрызгивания металла; то следует прекратить временно откачку из плавильной камеры; перекрыть затворы. Если же и эти меры не приводят к успокоению металла; то следует дать небольшое давление инертного газа в плавильную камеру.

Температурные данные при выплавки сплава 82К3ХСР и лигатуры для него приведены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 - Температура перегрева, выдержки и слива сплава 82К3ХСР и лигатуры кобальт-бор

Марка сплава или лигатуры	Температура перегрева, °С	Температура выдержки, °С	Температура слива, °С
82К3ХСР	1480 ±10	1400 ±10	1130 ±10
КБ	1550 ±10	1450 ±10	1250 ±10

При достижении металлом заданной температуры мощность снижается до величины, обеспечивающей поддержание неизменной температуры металла.

Выдержка металла при постоянной температуре проводится при пониженной мощности. В этот период происходит окончательная дегазация металла, осуществляется его раскисление и удаление летучих примесей. Продолжительность выдержки зависит от качества шихтовых материалов, рода сплава и технологии процесса.

Вместе с тем длительная выдержка металла может привести к загрязнению сплава в результате контактных реакций с футеровкой и ускоренному износу тигля.

Слив металла в изложницу производится включением механизма наклона индукционной электропечи. При сливке металла следует вести непрерывный визуальный контроль за заполнением разливочной воронки металлом, не допуская перелива.

Немедленно после слива металла, не допуская заметного охлаждения тигля, следует очистить тигель от остатков металла и шлака. Эта операция производится с помощью шарнирного устройства, снабженного скребком. Одновременно с зачисткой производится тщательный осмотр тигля, устанавливающий возможность дальнейшего проведения плавки. Если состояние тигля вызывает опасения, то дальнейшая его эксплуатация не разрешается. Требуется замена плавильного узла.

### 1.2.6 Разливка аморфной ленты

Затем полученный слиток колется при помощи кувалд или гидравлического пресса и подается на разливочную машину «Сириус 150 - 002М» или «УРАЛ -



100», где он согласно технологической карте взвешивается и загружается в тигель. После того как тигель загружен, приступают к подготовке диска-холодильника: производят его проточку и шлифовку. Чем точнее будет сделана эта операция, тем выше будет качество готовой ленты.

Рассмотрим технологию производства аморфной ленты на примере разливочной установки «УРАЛ - 100 »

После того как тигель загружен, приступают к подготовке диска-холодильника: производят его проточку и шлифовку. Далее производят установку на разливочный мостик сопла и кварцевой трубки, по которой расплавленный металл будет подаваться на диск-холодильник, а также проверяют зазор отсекаателя ленты и настраивают камеры контроля зазора сопла, которые в процессе плавки будут автоматически удерживать заданный зазор.

Всё время пока ведётся подготовка, тигель находится в режиме плавки, после окончания, которой производят последний контрольный отбор пробы на химический анализ (при разливки сплавов на кобальтовой основе), устанавливают затвор и выставляют зазор между соплом и нулевой точкой литейного диска, а печь переводят в горячий режим, после чего всем процессом начинает управлять автоматика. Которая, регулируя подачу газа аргона в плавильную камеру разливочной установки, осуществляет подачу расплава на вращающийся диск холодильника, с которого уже готовая лента удаляется при помощи отсекаателя.

Разливочная установка «Урал-100» или установка индукционная плавильная УИПВ-250-2,4-0,15 (Приложение Б) состоит из: рамы подъема 13, блока конденсаторов 3, трансмиссии 12, 4-х направляющих, тоководов водоохлаждаемых (гибких) 4, тоководов водоохлаждаемых (жестких), печи плавильной индукционной 1 (ППВИ-0,15), источника питания (ТПЧР-250-2,4), пульта дистанционного управления 11.

Установка индукционная плавильная УИПВ-250-2,4-0,15 предназначена для выплавки и последующего литья из сплавов на основе кобальта и железа аморфных лент на диск – холодильник под низким давлением, в среде защитного газа (аргон).

Структура условного обозначения:

УИПВ – установка, индукционная, плавильная, вакуумная;

250 – мощность источника питания (Max), кВт;

2,4 – частота номинальная, кГц;

0,15 – вместимость тигля, т.

Рама перемещения представляет собой сварную металлоконструкцию из двух блоков, сваренных из труб квадратного сечения. Привод рамы перемещения осуществляется двумя мотор-редукторами.

Рама подъема предназначена для установки печи плавильной, блока конденсаторов, а также 4-х гаек винтов. Рама подъема представляет собой сварную металлоконструкцию из труб квадратного.

Трансмиссия состоит из механизмов деталей предназначенных для передачи крутящего момента от мотор-редуктора механизма подъема к винтам и состоит из двух конических редукторов.

										22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							21

Тоководы водоохлаждаемые (жёсткие) предназначены для подачи электроэнергии от источника питания ТПЧР-250-2,4 к тоководам водоохлаждаемым (гибким), расположенным в клипсах шлеппера и представляют собой сварную конструкцию из медных труб диаметром 20 мм, пластин и штуцеров для присоединения рукавов охлаждения.

Тоководы водоохлаждаемые (гибкие) предназначены для подачи электроэнергии от тоководов (жёстких) к блоку конденсаторов, располагаются по шлепперу и представляют собой электрическое изделие, состоящее из наконечников, штуцеров из медного сплава и проводов марки МГ95 расположенных в дюритовых рукавах.

Установка индукционная плавильная УИПВ-250-2,4-0,15 предназначена для выплавки и последующего литья прецизионных кобальтовых и железных сплавов в виде аморфных лент на диск – холодильник под низким давлением, в среде защитного газа (аргон).

Основные параметры и технические характеристики установки УИПВ-250-2,4-0,15

Номинальное количество выплавляемого металла, кг	120
Мощность источника питания (Мах), кВт	250
Число фаз питающей сети	3
Число фаз контурной цепи	1
Номинальная частота контурной сети, кГц	2,4
Номинальное напряжение питающей сети, В	380
Максимальная температура расплава до разливки, °С до	500
Продолжительность расплавления шихты, час	1,0
Давление инертного газа, Мпа	0,15
Давление охлаждающей воды, Мпа	0,25–0,40
Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	12
Габаритные размеры (длина x ширина x высота), мм	1265 x 1240 x1682
Вес установки, кг	5850

Порядок работы при разливки ленты на разливочной установки «Урал»

Загрузка шихтовых материалов:

- индукционную печь 1 устанавливают в зоне «плавки» подняв её с рамой подъёма 13 на 750 мм, при этом малая крышка должна находиться на уровне рабочей площадки на отметке +1600 мм;

- снять малую крышку;

- повернуть рукоятку «заслонки защитной» в положение «открыто»;

- подготовленная к загрузке шихта, сухая и очищенная от грязи, аккуратно укладывается в тигель;

- перед началом работы необходимо проверить расход и температуру выходящей воды во всех цепях водоохлаждения;

Ведение плавки:

- повернуть рукоятку «заслонки защитной» в положение «Закрыто»;

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

- нагрев шихты, загруженной в тигель, производится нажатием кнопки «Нагрев-Пуск» на панели пульта дистанционного управления 11; регулировка мощности нагрева - регулятор частота; нагрев металла производится до достижения температуры, заданной технологической инструкцией;

- в процессе ведения плавки необходимо постоянно проверять расход и температуру охлаждающей воды во всех цепях охлаждения, чтобы температура охлаждающей воды на выходе не превышала 50<sup>0</sup>С; при необходимости догрузить шихту в тигель;

- для контроля температуры расплава в малой крышке предусмотрены штуцеры для термодатчиков и смотровое окно для визуального контроля;

- после окончания плавки опустить индукционную печь с рамой на 750 мм вниз и переместить её на расстояние 2830 мм в зону разливки металла.

Разливка металла:

- отключить нагрев;

- на позиции разливки металла поднять раму подъёма с печью на 1500 мм, и соединить с фланцем литейной машины;

- подать аргон в камеру давлением 0,15 МПа, при этом происходит разливка металла через кварцевую трубку диаметром 15 мм, на диск – холодильник литейной машины;

- при окончании разливки металла отсоединить фланец литейной машины;

- опустить раму подъёма с печью вниз на расстояние 1500 мм и переместить её на 2380 мм в исходное состояние в зону плавки.

Данные при разливки ленты на «Урале».

Литейный диск установки разливки аморфной ленты «Урал» представляет собой бронзовое кольцо, которое устанавливается на алюминиевую ступицу и приводится во вращение электродвигателем через ременную передачу.

Параметры установки разливки аморфной ленты «Урал»:

Наружный диаметр диска	1020 мм
Наружный диаметр ступицы	860 мм
Ширина диска	200 мм
Масса литейного диска	420 кг
Масса ступицы	200 кг
Скорость диска при проточке	28 м /с
Скорость диска при разливке	20 м /с
Время проточки	900 с
Время шлифовки	300 с
Время разливки	300с
Глубина резания при проточке	0,02 мм
Подача резца	0,03 мм /об

### 1.2.7 Режимы термической обработки аморфной ленты типа В

Для испытаний изготавливается тороидальный витой образец с внутренним диаметром от 15 до 45 мм, наружным диаметром до 50 мм и высотой до 35 мм. Указанный образец подвергается термической обработке, заключающейся в нагреве образца в предварительно разогретой до заданной температуры  $T_1$  в печи с воздушной атмосферой и однородным распределением температуры с заданной скоростью  $V_1$ , выдержке при заданной температуре в течении заданного времени  $t$  и охлаждении вне печи на воздухе с заданной скоростью  $V_2$  до комнатной температуры. Режимы термической обработки аморфной ленты типа В представлены в таблице 1.12.

Таблица 1.12 – Режимы термической обработки для ленты типа В из сплава 82К3ХСР

Марка сплава	Класс	Температура нагрева $T_1$ , °С	Скорость нагрева $V_1$ , °С/с не менее	Время выдержки в печи $t$ , мин	Скорость охлаждения $V_2$ , °С/мин не более
82К3ХСР	I	$440 \pm 20$	1,0	30 – 60	20
	II	$440 \pm 20$	1,2	30 – 60	15

Сборка магнитопроводов.

После термомагнитной обработки магнитопроводы подвергаются проверке по магнитным характеристикам, после чего годные магнитопроводы передаются на сборку.

Процесс сборки заключается в помещение магнитопровода в жесткий каркас, предохраняющий его от воздействий внешней среды (влаги, агрессивные среды), а также от механических воздействий.

Каркасы изготавливают из поливинилхлорида, либо из полиамида, либо из стеклотекстолита. Пространство между магнитопроводом и каркасом (внутри каркаса) заполняют силиконовым герметиком, который служит одновременно для склеивания, и как демпфирующий материал.

Собраные в каркас магнитопроводы после высыхания герметика (2-3 часа).

Обматывают термоусадочной лентой ЛТЭ, затем помещают в печь (при  $T = 150^\circ\text{C}$ , на 20-40 мин.) для усадки ленты ЛТЭ, что придает изделию дополнительную жесткость.

Обмотанные сердечники вновь подвергают проверке на магнитные характеристики, после чего годные изделия маркируют в соответствии с принятыми стандартами. Примерный вид маркерочной бирки представлен на рисунке 1.3.

										Лист
										24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР					

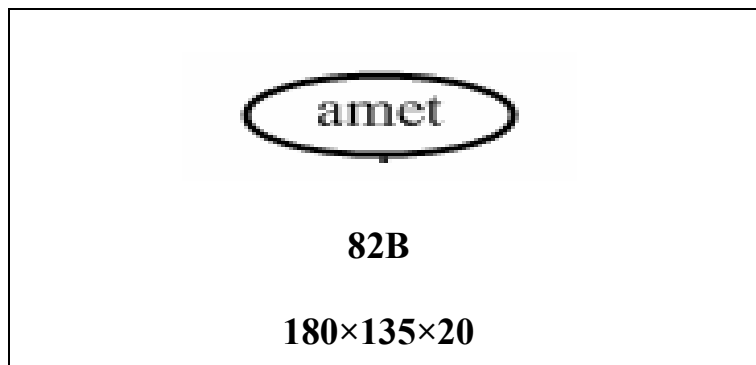


Рисунок 1.3 – Маркировочная бирка(включает в себя торговую марку производителя,марку магнитопровода, типоразмер магнитопровода)

### 1.2.8 Контроль качества продукции

Вся продукция ЭСПЦ-1 проходит тщательный технологический контроль на каждом переделе. Для этого цех оснащён современным измерительным оборудованием.

В процессе шихтования плавки материалы взвешиваются на электронных весах.

В процессе выплавки одним из важнейших параметров является температура расплава, которая замеряется посредством термопар и термодатчиков. Вторым важнейшим параметром при выплавке является химический состав. Его определяют следующим образом: из расплава специальным пробоотборником берётся контрольная проба, которая после остывания доставляется в лабораторию аморфных сплавов (ЛАС) -участок ЦЗЛ при цехе, где при помощи фотоэлектрических вакуумных установок ДФС-41 и ДФС-51(посредством спектроскопии) с высокой точностью и достаточно быстро определяют химический состав расплава.

В процессе разлива аморфной ленты также важна температура нагрева расплава, которую измеряют, как и при выплавке, термопарой с термодатчиком. Важными характеристиками разлитой ленты являются ширина (измеряется штангенциркулем) и толщина (измеряется индикаторным многооборотным микрометром типа МИГ).Сразу после окончания разлива отбирается контрольная проба ленты для испытаний на магнитные свойства.

Эти испытания производятся в ЛАС следующим образом: из образца ленты навивается магнитопровод стандартного образца и подвергается термомагнитной обработке, после чего на установке ММК-С-100-5 измеряются

основные магнитные характеристики (магнитная индукция, магнитная проницаемость, коэрцитивная сила) и делается вывод о качестве данной партии ленты. Все измерения отображаются в протоколе, который сопровождает партию ленты вместе с другими документами на протяжении всего технологического пути.

									22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						25

Для изучения структуры металла в ЛАС имеются поляризационный микроскоп AMPLIVAL и автоматический структурный анализатор EPIQUAT.

На участке отделки ленты при навивке магнитопроводов их размеры определяются с помощью штангенциркуля или рулетки, вес навитых магнитопроводов определяется на элеткронных весах. Во время термомагнитной обработки магнитопроводов в температура электропечах измеряется термопарой с термодатчиком. Магнитные характеристики готовых магнитопроводов измеряются на установке УКМП-0.5-100.

#### 1.2.8.1 Описание и работа комплекса ММК-С-100-5

Комплекс предназначен для определения магнитных характеристик сердечников, изготовленных из магнитомягких материалов (аморфных сплавов, прецизионных сплавов, электротехнических сталей и т.д.), а также накопления и обработки результатов измерений.

Комплекс обеспечивает определение статических магнитных характеристик в соответствии с ГОСТ 8.377 и ГОСТ 12119.1.

Комплекс обеспечивает определение динамических магнитных характеристик при частоте перемагничивания до 100 Гц в соответствии с МИ 1918-88.

Комплекс не предназначен для работы в условиях воздействия повышенной концентрации пыли и интенсивных механических воздействий.

Комплекс отнесен к виду климатического исполнения УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150.

Состав комплекса приведен в таблице 1.13.

Таблица 1.13 - Состав комплекса ММК-С-100-5

Обозначение	Наименование	Количество
K2S.000010.301	Измерительный блок БИТП-02	1
K2S.000010.401	Силовой блок БС-02	1
	Управляющая ЭВМ	1
K2S.000010.101	Комплект кабелей.	1
K2S.000010.201	CD-диск с программным обеспечением	2
K2S.000010.001ПС	Комплект эксплуатационных документов в составе: - паспорт - руководство по эксплуатации	1
K2S.000010.001РЭ		1

Структурная схема комплекса приведена на рисунке 1.4. Подключение управляющей ЭВМ и силового блока к электрической сети 220В осуществляется кабелями с проводом заземления 3 и 4 соответственно. Подключение управляющей ЭВМ к измерительному блоку осуществляется с помощью нуль-

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

модемного кабеля 1. Подключение силового блока к измерительному блоку осуществляется с помощью кабеля 2 и провода заземления 5.

При работе с комплексом используются следующие органы управления:

- клавиатура управляющей ЭВМ;
- выключатели сетевого электропитания управляющей ЭВМ и силового блока;
- выключатель источника тока намагничивания в силовом блоке (используется для отключения источника тока намагничивания при возникновении внештатных ситуаций);

- клеммы для подключения намагничивающей обмотки «ДТ» (вход датчика тока) и «ВУ» (выход усилителя);

- клеммы для подключения измерительной обмотки «О» (общий вывод), «100» (вход диапазонов 10/100 мкВб) и «2000» (вход диапазона 2000 мкВб);

- центральный стержень измерительного блока, соединенный с клеммой «ВУ».

Принцип действия комплекса заключается в следующем:

- подключение оператором измеряемого сердечника по двухобмоточной схеме;

- ввод оператором исходных данных;

- запуск цикла измерения;

- формирование тока намагничивания;

- преобразование ЭДС измерительной обмотки в сигнал, пропорциональный магнитному потоку, и измерение мгновенных значений тока намагничивания и магнитного потока;

- определение параметров сердечника расчетным методом;

- сохранение результатов измерений в базе данных (при необходимости);

- вывод результатов измерений на печать или в виде отдельных файлов (при необходимости).

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

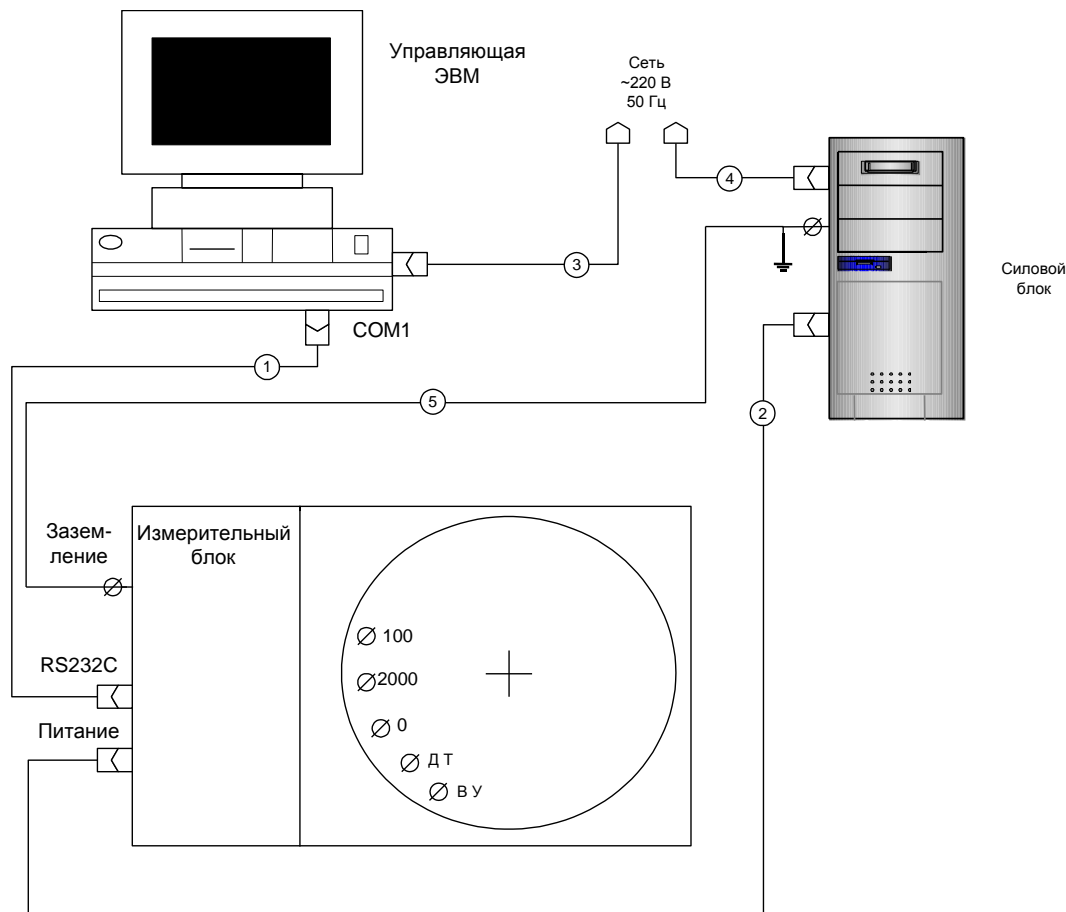


Рисунок 1.4 - Структурная схема комплекса ММК-С-100-5

Работа с программным обеспечением управляющей ЭВМ содержит следующие этапы:

- подготовка данных;
- проведение измерений;
- обработка результатов и формирование отчетов.

На этапе подготовки данных вводится информация об образце, выбирается режим измерения. При этом имеется возможность ввода части данных в виде заранее подготовленных шаблонов (программ измерения).

Этап проведения измерений полностью автоматизирован. В зависимости от возможностей управляющей ЭВМ и выбранного режима длительность цикла измерения может продолжаться от нескольких секунд и более. После завершения измерений на экран монитора автоматически выводятся полученные результаты в виде графиков и численных значений.

Этап обработки результатов и формирования отчетов включает операции занесения полученных результатов в базу данных, печати отчетов, экспорта данных в другие программы для последующей обработки.



### 1.2.8.2 Описание и работа УКМП-0.5-100

Установка предназначена для проведения измерений магнитных и электрических характеристик магнитопроводов, необходимых для обеспечения качества продукции на этапах технологического и приемосдаточного контроля.

Установка обеспечивает определение динамических магнитных характеристик при частоте перемагничивания до 100 Гц в соответствии с ГОСТ 12119.4 и ГОСТ 12119.5.

Установка в целом не предназначена для работы в условиях воздействия повышенной концентрации пыли и интенсивных механических воздействий, если в качестве управляющей ЭВМ используется персональный компьютер.

Конструктивное исполнение измерительного блока установки обеспечивает степень защиты от попадания посторонних предметов и влаги не ниже IP40 и допускает длительную эксплуатацию в цеховых условиях, предполагающих воздействие следующих дополнительных факторов:

- запыленности;
- загрязненности электропроводящей крошкой, например, обломками аморфной ленты;
- диапазона температур от плюс 10 до плюс 40 °С;
- вибрации;
- случайных механических воздействий (удары по корпусу, деформирующие усилия до 500 Н).

Перечень определяемых параметров:

- амплитуда тока намагничивания;
- амплитуда магнитодвижущей силы;
- амплитуда напряженности магнитного поля;
- амплитуда магнитного потока;
- амплитуда магнитной индукции;
- амплитудная относительная магнитная проницаемость;
- мощность потерь;
- удельная массовая мощность потерь;
- удельная объемная мощность потерь;
- угол потерь;
- коэффициент формы напряжения на измерительной обмотке;
- остаточная магнитная индукция;
- приращение магнитной индукции;
- коэффициент прямоугольности петли гистерезиса;
- коэрцитивная сила;
- коэффициент индуктивности.

Состав установки приведен в таблице 1.14.

										Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР					

Таблица 1.14 Состав установки УКМП-0.5-100

Обозначение	Наименование	Количество
K2S.000100.301	Измерительный блок	1
	Управляющая ЭВМ	1
K2S.000100.101	Комплект кабелей.	1
K2S.000100.201	CD-диск с программным обеспечением	1
K2S.000100.001ПС	Комплект эксплуатационных документов в составе: - паспорт	1
K2S.000100.001ТО	- техническое описание и инструкция по эксплуатации	1

Принцип действия установки заключается в следующем:

- подключение оператором измеряемого сердечника по двухобмоточной схеме;
- выбор оператором из списка номера партии и программы измерения;
- формирование тока намагничивания;
- измерение тока намагничивания и преобразование ЭДС на измерительной обмотке в магнитный поток;
- определение параметров сердечника расчетным методом;
- сохранение результатов измерений в файлах данных;
- вывод результатов измерений в виде отдельных файлов или, при необходимости, на печать.

Функции составных частей комплекса.

Измерительный блок обеспечивает подключение измеряемого сердечника, осуществляет измерение тока намагничивания и преобразование ЭДС на измерительной обмотке в магнитный поток, обеспечивает взаимодействие с управляющей ЭВМ, формирует ток намагничивания в диапазоне от 0,1 до 100 мА.

Силовой блок является источником питания измерительного блока и формирует ток намагничивания в диапазоне от 0,02 до 5 А.

Управляющая ЭВМ обеспечивает ввод исходных данных, выбор режимов измерения, управление процессом измерения, расчет параметров сердечников по результатам измерений, сохранение результатов измерений в базе данных, вывод результатов измерений. Для уменьшения влияния электромагнитного излучения на точность измерений рекомендуется применение ЖКИ монитора.

Программное обеспечение управляющей ЭВМ состоит из нескольких программных модулей, объединенных единой графической оболочкой, имеет русифицированный графический интерфейс и работает под управлением операционной системы Windows (Windows 98, Windows 2000, Windows XP), сервера баз данных SYBASE SQL Anywhere версии не ниже 5.0, программы EXCEL, установленных на персональном компьютере с процессором не хуже чем

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР

Pentium III - 800, объемом оперативной памяти не менее 256МБ, объемом накопителя типа HDD не менее 10ГБ.

Работа с программным обеспечением управляющей ЭВМ содержит следующие этапы:

- подготовка данных;
- проведение измерений;
- обработка результатов и формирование отчетов.

На этапе подготовки данных вводится информация об образце, выбирается режим измерения. При этом имеется возможность ввода части данных в виде заранее подготовленных шаблонов (программ измерения).

Этап проведения измерений полностью автоматизирован. В зависимости от возможностей управляющей ЭВМ и выбранного режима длительность цикла измерения может продолжаться от нескольких секунд и более. После завершения измерений на экран монитора автоматически выводятся полученные результаты в виде графиков и численных значений.

Этап обработки результатов и формирования отчетов включает операции занесения полученных результатов в базу данных, печати отчетов, экспорта данных в другие программы для последующей обработки.

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР				

## 2 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

### 2.1 Технологические параметры выплавки

Технологический процесс выплавки аморфизирующегося сплава марки 82К3ХСР на агрегате ИСВ-0,6 состоит из четырёх этапов:

- загрузка шихты в печь и вакуумирование;
- нагрев шихты до состояния расплава, перегрев расплава до заданной температуры и выдержка при этой температуре;
- выдержка расплава при определённой температуре;
- слив расплава в изложницу.

При загрузке шихты в печь контролируются параметры:

- размер кусков (армко-железо загружается в виде цилиндров диаметром 30-100 мм, длиной не более 800мм, размер кусков остальных компонентов шихты не должен превышать 50 мм) является важным параметром вследствие ограниченного объёма тигля, кроме того наиболее плотное заполнение тигля ведет к увеличению тепловой эффективности плавки;
- масса каждого компонента шихты (неточная развесовка компонентов загрузки приводит к необходимости дошихтовки (дошихтовок) в процессе плавки, что существенно увеличивает время одной плавки).

Контролирующими приборами и инструментами на этом этапе являются электронные весы, штангенциркуль, рулетка.

После того как все шихтовые материалы будут помещены в тигель печи, крышку печи герметично закрывают и включают вакуумный насос, который создаёт вакуум, поэтапно удаляя воздух до давления 0,13 Па за 15 минут.

Важно создать вакуум до начала нагрева садки, чтобы исключить окисление её компонентов.

После достижения необходимого вакуума начинается процесс нагрева. Нагрев шихты ведётся плавно и непрерывно до тех пор, пока визуально вся садка не будет расплавлена (70 минут). Нагрев останавливают при достижении температуры перегрева - 1500°C и выдерживают на этой температуре 30 минут. После получасовой спокойной выдержки проводят получасовое перемешивание расплава посредством электромагнитного поля создаваемого перемешивающими витками индуктора. Выдержка и перемешивание перегретого металла необходима для растворения тугоплавких компонентов шихты и для более глубокого рафинирования расплава.

После окончания перемешивания перегретого расплава, его температуру снижают до 1420°C и перемешивают при этой температуре 30 минут, затем берут пробу для химического анализа. В течение времени, которое производится химический анализ взятой пробы (не более 30 минут), продолжается перемешивание расплава при температуре 1420°C. Выдержка и перемешивание расплава при этой температуре важна для его полнейшей дегазации.

После получения положительного заключения по химическому составу из лаборатории производят слив расплава в разъемную чугунную изложницу

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР				

(приложение). Слив металла в изложницу через разливочную воронку производится включением механизма наклона индукционной электропечи. Изложница после заполнения 1 час остаётся в вакууме, после чего на тележке выкатывается из плавильной камеры и далее остывает на воздухе. Нахождение металла в вакууме первый час после слива необходимо для исключения окисления поверхности слитка.

## 2.2 Материальный баланс плавки 82К3ХСР

Химический состав аморфизирующегося сплава 82К3ХСР представлен в Шихтовые материалы и их химический состав приведены в таблице 2.1

На выплавку конкретного сплава или лигатуры выбирают шихтовые материалы для плавки и вписывают их состав в шихтовую карту технологического паспорта, после чего в нижней части таблицы вписывается заданный химический состав сплава.

Подсчитывают массу чистых элементов в сплаве, необходимых на плавку:

$$m_A = \frac{K_A \cdot M_3}{100}, \quad (1)$$

где  $m_A$  – масса элемента «а» на плавку, кг;

$K_A$  – заданная концентрация элемента «А» в сплаве, масс.%

$M_3$  – масса плавки (загрузки), кг

Расчет шихты производят последовательно в порядке увеличения количества вариантов набора шихтовых компонентов, содержащих рассчитываемый элемент. (Чаще всего для аморфных сплавов расчет производится по бору.)

Рассчитывают количество первого компонента шихты по основному элементу (чаще всего по бору):

$$m_1 = \frac{M_A}{\mu_A} 100, \quad (2)$$

где  $m_1$  – количество первого компонента шихты, кг;

$\mu_A$  – содержание элемента «А» в первом компоненте шихты, масс.%

Полученный результат вписывают в строку первого компонента в столбце «масса на загрузку».

Если в первом компоненте есть другой легирующий элемент, рассчитывают количество элемента «Б», вносимого в шихту первым компонентом:

$$m_B^1 = \frac{M_1}{100} \mu_B^2, \quad (3)$$

									Лист
									33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР				

где  $m_B^1$  – количество элемента «Б», вносимого в шихту первым компонентом, кг;  
 $\mu_B^2$  – содержание элемента «Б» во втором компоненте шихты, масс. %.

Рассчитать количество второго элемента шихты по второму основному элементу «Б»:

$$M_2 = \frac{m_B - m_B^1}{\mu_B^2} 100, \quad (4)$$

Аналогичным образом рассчитывают количество третьего, четвертого и т.д. компонентов, вносящих легирующие элементы в сплав.

После расчета всего количества легирующих компонентов в сплаве, рассчитывают количество основы сплава (растворителя):

$$M_0 = M_s - M_1 - M_2 - \dots - M_i, \quad (5)$$

где  $M_0$  – количество основы шихты, кг;

$M_i$  – количество  $i$ -го компонента шихты, кг

Результаты расчета вносят в шихтовую карту технологического паспорта.

Расчёт шихты ведём по массе конечного продукта  $\approx 500$  кг.

Используя формулу (1) рассчитываем массу чистых элементов в сплаве:

$$M_B = \frac{3 \cdot 500}{100} = 15 \text{ кг},$$

$$M_{Si} = \frac{8,7 \cdot 500}{100} = 43,5 \text{ кг},$$

$$M_{Cr} = \frac{3 \cdot 500}{100} = 15 \text{ кг},$$

$$M_{Fe} = \frac{3,8 \cdot 500}{100} = 19 \text{ кг};$$

$$M_{Co} = 500 - 15 - 43,5 - 15 - 19 = 407,5 \text{ кг}.$$

С помощью формулы (2) рассчитываем требуемое количество лигатуры КБ (кобальт-бор) по бору:

$$M_{KB} = \frac{15}{7} \cdot 100 = 214,3 \text{ кг}.$$

По формуле (3) определяем массу остальных элементов вносимых лигатурой КБ:

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$M_{Co} = 214,3 \cdot 0,909 = 194,8 \text{ кг},$$

$$M_{Fe} = 214,3 \cdot 0,008 = 1,71 \text{ кг},$$

$$M_{Ni} = 214,3 \cdot 0,006 = 1,29 \text{ кг},$$

$$M_C = 214,3 \cdot 0,003 = 0,64 \text{ кг},$$

$$M_{Si} = 214,3 \cdot 0,004 = 0,86 \text{ кг}.$$

Находим массу кремния Кр-1, необходимую для шихтования используя формулу (2):

$$M_{Kp1} = \frac{43,5 - 0,86 - 0,41}{98,5} \cdot 100 = 42,87 \text{ кг}.$$

Определяем количество железа вносимого с Кр-1:

$$M_{Fe} = 42,87 \cdot 0,006 = 0,26 \text{ кг}.$$

Находим требуемую массу хрома ЭХ-1:

$$M_{ЭХ1} = \frac{15}{98,2} \cdot 100 = 15,27 \text{ кг}.$$

Рассчитываем массу других компонентов вносимых с ЭХ-1:

$$M_{Fe} = 15 \cdot 0,006 = 0,09 \text{ кг},$$

$$M_{Al} = 15 \cdot 0,007 = 0,1 \text{ кг}.$$

Находим требуемую массу армко-железа:

$$M_{Ж} = \frac{19 - 1,71 - 0,26 - 0,09 - 0,86}{99,9} \cdot 100 = 16,1 \text{ кг}.$$

Находим массу кобальта К-1:

$$M_{К1} = \frac{407,5 - 194,8}{99} \cdot 100 = 214,85 \text{ кг}.$$

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Рассчитываем массу других компонентов вносимых с К-1:

$$M_{Si} = 214,85 \cdot 0,002 = 0,43 \text{ кг},$$

$$M_{Fe} = 214,85 \cdot 0,004 = 0,86 \text{ кг},$$

$$M_{Ni} = 214,85 \cdot 0,003 = 0,64 \text{ кг}.$$

Результаты расчёта масс компонентов шихты заносим в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Масса элементов, вносимых шихтовыми материалами, кг

Компоненты шихты, кг.	Cr	Fe	Si	B	C	Ni	Co
КБ – 214,3 кг.		1,71	0,86	15	0,64	1,29	194,8
ЭХ-1 – 15,27 кг	15,27	-	-	-	-	-	-
Армко-железо – 16,1 кг.	-	16,1	-	-	-	-	-
Кр-1 – 42,87 кг.	-	0,26	42,61	-	-	-	-
К-1 – 214,85 кг	-	0,86	0,43	-	-	0,64	212,82
Всего – 503,4 кг.	15,27	18,93	43,9	15	0,64	1,93	407,62
Всего, 100 %	3,03	3,76	8,72	2,98	0,13	0,38	80,97

Плавка ведётся на «чистых» материалах, следовательно в печь попадает бесконечно малое количество оксидов и прочих загрязнений, которым при расчётах пренебрегаем.

Плавка ведётся в условиях глубокого вакуума (0,13 Па), следовательно имеет место почти полное отсутствие кислорода, поэтому окисления в печи не происходит. Однако, малое количество элементов имеющих большое сродство к кислороду (углерод и кремний) окисляется тем кислородом, который остаётся и небольшое количество шлака образуется. При сливе готового сплава в изложницу и его кристаллизации шлак скапливается в верхней части слитка непосредственно под воронкой. Эта часть слитка в последствии отдаётся на переплав.

Принимаем, что кремний окисляется на 5% за плавку, а углерод – на 3%. Тогда потери кремния составят:

$$43,9 \cdot 0,05 = 2,19 \text{ кг}.$$

При этом образуется 4,68 кг.  $SiO_2$ , которые переходят в шлак.  
Потери углерода составляют:

$$0,64 \cdot 0,03 = 0,019 \text{ кг}.$$



При этом образуется 0,04 кг. СО (не СО<sub>2</sub>, так как имеет место недостаток кислорода), которые удаляются вакуумным насосом.

Также в шлак переходит Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> из футеровки в количестве 0,12 кг. за плавку.

Кроме того имеют место потери кобальта на испарение в количестве 0,2% за плавку и потери всего расплава при разбрызгивании (настыли) в количестве 0,75 кг за плавку.

Материальный баланс плавки сплава 82К3ХСР представлен в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Материальный баланс плавки сплава 82К3ХСР

Поступило	кг.	Получено	кг.
Армко-железо	16,1	Слиток	497,07
Лигатура КБ	214,3	Шлак	4,8
Хром ЭХ-1	15,27	Настыли	0,75
Кобальт К-1	214,85	Испарённый кобальт	0,85
Кремний марки Кр-1	42,87		
Футеровка	0,12	Угарный газ	0,04
Всего	503,51	Всего	503,51

### 2.3 Тепловой расчёт печи

Объём тигля:

$$V_T = \frac{G}{\gamma'_C}, \quad (6)$$

где  $G$ -вес садки, кг.;

$\gamma'_C$  -плотность сплава в расплавленном состоянии, кг/м<sup>3</sup>.

$$V_T = \frac{500}{7300} = 0,068 \text{ м}^3.$$

Активная мощность, переданная в садку:

$$P_{a2} = \frac{G \cdot i_0}{864 \cdot \tau_1 \cdot \eta_T}, \quad (7)$$

где  $i_0$  -теплосодержание при температуре плавления, ккал/кг.;

$\tau_1$  -время плавки, час;

$\eta_T$  -тепловой КПД печи.

$$P_{a2} = \frac{500 \cdot 637,63}{864 \cdot 4,5 \cdot 0,8} = 102,5 \text{ кВт.}$$

Полезная активная мощность затраченная на нагрев:

$$P_{a2н} = P_{a2} \cdot \eta_T = 102,5 \cdot 0,8 \text{ кВт.}$$

Тепловые потери:

$$P_{aT} = 102,5 - 82 = 20,5 \text{ кВт.}$$

Тепловые потери через стенку тигля:

$$\phi_{cm} = (T_p - T_s) 10^{-3} \left( \frac{\sum_{i=1}^N \ln \frac{D_{i+1}}{D_i}}{\frac{2\pi\lambda_i h_m + 1}{\alpha s_{m.o}}} \right)^{-1}, \quad (8)$$

где  $T_p$  – температура внутренней стенки футеровки тигля, равная температуре жидкого металла, К;

$T_B$  – температура воды, охлаждающей индуктор, К;

$D_1 = D_{м.ср}$  – средний внутренний диаметр тигля, м;

$N$  – число слоев стенки тигля, включая электроизоляционную обмазку и рабочую стенку трубки индуктора, омываемую охлаждающей водой;

$\lambda_i$  – теплопроводность  $i$ -го слоя, Вт/м·К;

$\alpha$  – коэффициент конвективной теплоотдачи в системе охлаждения индуктора, Вт/м<sup>2</sup>·К. Принимаем  $\alpha$  равным 2,8 Вт/м<sup>2</sup>·К;

$s_{m.o}$  – площадь теплоотдающей поверхности охлаждения индуктора, м<sup>2</sup>.

Определяем внешние диаметры слоев футеровки стены тигля, м:

$$D_1 = 0,28 + 2 \cdot 0,05 = 0,38,$$

$$D_2 = 0,38 + 2 \cdot 0,005 = 0,39,$$

$$D_3 = 0,39 + 2 \cdot 0,005 = 0,40 = D_{em}$$

Задаем распределение температур по границам слоев, К:

$$T_{ср1} = 0,5(1770 + 800) = 1285;$$

$$T_{cp2} = 0,5(800 + 420) = 610;$$

$$T_{cp3} = 0,5(420 + 320) = 370.$$

Оцениваем средние теплопроводности слоев, Вт/м·К:

$$\lambda_1 \approx 0,8;$$

$$\lambda_2 \approx 0,2;$$

$$\lambda_3 \approx 0,7.$$

Поскольку соотношение внешних и внутренних диаметров цилиндрических слоев футеровки стены тигля составляет:

$$\frac{D_1}{D_m} = \frac{0,38}{0,28} \approx 1,36 < 1,8;$$

$$\frac{D_2}{D_m} = \frac{0,39}{0,38} \approx 1,03 < 1,8;$$

$$\frac{D_3}{D_m} = \frac{0,40}{0,39} \approx 1,02 < 1,8,$$

Тепловое сопротивление  $(R_T)_i$ , К/Вт, каждого цилиндрического слоя высотой  $h=h_m=0,36$  м определяем с учетом средней площади  $(s_p)_i$ , м<sup>2</sup>:

$$s_{p1} = 3,14 \cdot 0,5(0,28 + 0,38) \cdot 0,36 = 0,373;$$

$$s_{p2} = 3,14 \cdot 0,5(0,38 + 0,39) \cdot 0,36 = 0,435;$$

$$s_{p3} = 3,14 \cdot 0,5(0,39 + 0,40) \cdot 0,36 = 0,447;$$

$$R_{T1} = \frac{0,05}{0,8 \cdot 0,373} = 0,168;$$

$$R_{T2} = \frac{0,005}{0,2 \cdot 0,435} = 0,058;$$

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$R_{T2} = \frac{0,005}{0,7 \cdot 0,447} = 0,016.$$

Приняв температуру охлаждающе воды в индукторе  $T_b=315$  К, определим тепловые потери через футеровку стены тигля :

$$\Phi_{ст} = \frac{(1770 - 315)10^{-3}}{0,168 + 0,058 + 0,016} = 6,29 \text{ кВт.}$$

Тепловые потери излучением с зеркала ванны жидкого металла определяем по закону Стефана-Больцмана

Приведенную степень черноты  $\varepsilon_{1-\varepsilon}$  определяем с учетом степени черноты жидкого металла  $\varepsilon \approx 0,45$  и коэффициента диафрагмирования  $\psi$ . Для круглого отверстия с соотношением

$$\frac{A}{B} = \frac{D_m}{h_m - h_m} = \frac{0,28}{0,50 - 0,36} = 2\psi \approx 0,65$$

и

$$\varepsilon_{1-\varepsilon} = 0,45 \cdot 0,65 = 0,29$$

тепловые потери излучением с открытого зеркала ванны составляют:

$$\Phi_o = 0,29 \cdot 5,67 \cdot 10^{-11} \cdot 1770^4 \cdot (0,25 \cdot 3,14 \cdot 0,28^2) = 11,85 \text{ кВт.}$$

Тепловые потери через подину тигля определяем по формуле:

$$\Phi_{под} = (T_p - T_{\varepsilon 2})10^{-3} \left( \sum_{i=1}^N \left( \frac{\delta}{\lambda s_p} \right)_i + \frac{1}{\alpha_2 s_{m.o}} \right)^{-1}, \quad (9)$$

где  $\alpha_2$  - коэффициент теплоотдачи с теплоотдающей поверхности, обращенной вниз, который для вакуумных ИТП принимают согласно формуле:

$$\alpha_u = \frac{\varepsilon \sigma_0 (T_{m.o}^4 - T_{\varepsilon}^4)}{(T_{m.o} - T_{\varepsilon})}, \quad (10)$$

где  $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$  - постоянная Стефана-Больцмана;

$\varepsilon$  - степень черноты.

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

Приняв для условий данного расчета  $T_{в2}=295\text{К}$  и  $T_{т.о}=400\text{К}$ , находим

$$a_{\Sigma} = 16,11 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Для расчета принимаем  $a \approx 12$ .  $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ . Зная конструкцию футеровки подины тигля, определяем средние (расчетные) площади каждого слоя с учетом увеличения теплоотдающих поверхностей из-за конечных размеров плоской стенки. В данном расчете принято,  $\text{м}^2$ :

$$s_{p1} = 0,062;$$

$$s_{p2} = 0,127;$$

$$s_{p3} = 0,177;$$

$$s_{p4} = 0,242;$$

$$s_{m.o} = 0,270.$$

Задаем распределение температур по границам слоев, К:

$$T_1 = 1250;$$

$$T_2 = 1180;$$

$$T_3 = 980;$$

$$T_4 = T_{m.o} = 400.$$

Определяем средние значения температуры слоев, К:

$$T_{cp1} = 0,5(1770 + 1250) = 1550;$$

$$T_{cp2} = 0,5(1250 + 1180) = 1215;$$

$$T_{cp3} = 0,5(1180 + 980) = 1080;$$

$$T_{cp4} = 0,5(980 + 400) = 690.$$

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

Оцениваем средние значения теплопроводности слоев футеровки, Вт/м·К:

$$\lambda_1 \approx 0,9;$$

$$\lambda_2 \approx 0,22;$$

$$\lambda_3 \approx 0,9;$$

$$\lambda_4 \approx 0,12.$$

Определяем тепловые сопротивления, К/Вт:

$$R_{m1} = \frac{0,08}{0,9 \cdot 0,062} = 1,13;$$

$$R_{m2} = \frac{0,005}{0,22 \cdot 0,127} = 0,18;$$

$$R_{m3} = \frac{0,08}{0,9 \cdot 0,177} = 0,50;$$

$$R_{m4} = \frac{0,04}{0,12 \cdot 0,242} = 1,38;$$

$$R_{m5} = \frac{1}{12 \cdot 0,27} = 0,31.$$

Тепловые потери через футеровку подины тигля:

$$\Phi_{\text{под}} = \frac{(1770 - 295) \cdot 10^{-3}}{1,43 + 0,18 + 0,5 + 1,38 \cdot 0,31} = 2,31 \text{ кВт.}$$

Суммарные тепловые потери составляют:

$$\Phi_{\Sigma} = 6,29 + 11,85 + 2,31 = 20,45 \text{ кВт.}$$

Активная мощность, необходимая для компенсации тепловых потерь  $\Phi_{\Sigma}$ , составит согласно формуле:

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР				

$$P_{T.П} = (1,1 \div 1,2) \phi_{\Sigma}, \quad (11)$$

$$P_{T.П} = 1,1 \cdot 20,45 = 22,5 \text{ кВт.}$$

## 2.4 Расчёт энергоёмкости оборудования

Энергоресурсами, которые потребляет ИСВ-0,6 в процессе плавки являются вода, охлаждающая индуктор и электроэнергия, потребляемая вакуумным насосом, цепями управления, вспомогательными механизмами (механизм открывания и отката крышки, привод поворотной колонны, привод наклона печи и другие) и преобразователем питающим индуктор печи (электроэнергия идущая непосредственно на плавку).

Зная расход воды в час (таблица 2.3), рассчитываем потребление охлаждающей воды за плавку:

$$25 \cdot 4,5 = 112,5 \text{ м}^3.$$

В приложении В представлен график изменения потребляемой преобразователем печи мощности в течение времени плавки.

Чтобы рассчитать суммарную потреблённую мощность, нужно найти площадь фигуры образованной осями координат и графиком, предварительно пересчитав проценты в киловатты. Согласно таблице 1.11, удельная потребляемая мощность – 1400 кВт·ч/т, следовательно при весе загрузки  $\approx 500$  кг. потребляемая мощность равна:

$$1400 \cdot 0,5 = 700 \text{ кВт/ч.}$$

Тогда суммарная мощность потребляемая преобразователем равна:

$$P_{\Sigma} = \left( \frac{140 + 385}{2} \right) \cdot 1,5 + 385 \cdot 2 + 280 \cdot 1 = 1443,75 \text{ кВт/ч.}$$

Мощность, потребляемая вспомогательными устройствами за время плавки приблизительно равна 3,5 кВт/ч.

Мощность потребляемая вакуумным насосом, который работает в течение всего времени плавки равна:

$$37 \cdot 4,75 = 175,75 \text{ кВт/ч.}$$

Таким образом полная потребляемая мощность в процессе плавки приблизительно равна 1,62 МВт/ч.

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

## 2.5 Нормирование технологических процессов

Нормирование труда на ПАО «Ашинский метзавод» производится руководствуясь следующими документами: Трудовой кодекс РФ, Коллективный договор между профсоюзом и работодателем, положение об оплате труда на ПАО «Ашинский метзавод», нормы труда (оперативные и укрупнённые комплексные), приказы, распоряжения, стандарты и прочая документация издаваемая в пределах предприятия.

Рассмотрим нормирование технологического процесса на примере процесса разлива аморфной ленты марки 2НСР на агрегате «Сириус».

Нормированное сменное задание для бригады из трёх человек – 4 партии аморфной ленты. Норма времени определяется как сумма отдельных элементов затрат рабочего времени:

$$N_{вр} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{отл} + T_{пз} + T_{пт}, \quad (12)$$

где  $T_o$  – основное время,

$T_v$  – вспомогательное время,

$T_{обс}$  – время обслуживания рабочего места,

$T_{отл}$  – время на отдых и личные надобности,

$T_{пз}$  – подготовительно-заключительное время,

$T_{пт}$  – время неустраняемых перерывов, предусмотренных технологией и организацией производственного процесса.

Норма времени на производство одной партии ленты – 1,85 часа (111 минут).

В норму времени включается:

- приемка слитка и загрузка тигля – 3 мин.;
- подготовка расплава – 34 мин.;
- подготовка литейного диска (проточка и шлифовка) -21 мин.;
- подготовка сопла, сборка литейного узла, настройка зазора – 12 мин.;
- перегрев расплава, выдержка, расшлаковка – 18 мин.;
- процесс литья – 10 мин.;
- смотка ленты в рулоны – 37 мин.;
- разборка литейного узла, очистка агрегата – 7 мин.

Важно учесть, что некоторые мероприятия (например, подготовка расплава, подготовка диска) выполняются одновременно разными членами бригады.

									Лист
									44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР				



### 3 МЕРОПРИЯТИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ

#### 3.1 Требования к слиткам-заготовкам

Слитки-заготовки должны иметь прямоугольный профиль, толщина слитка должна быть от 5 до 50 мм.

Поверхность слитков-заготовок должна иметь металлический блеск. Окисление поверхности, а также ее загрязнение инородными материалами, не допускается. Все загрязнения поверхности должны быть удалены обработкой металлической щеткой. Слитки с глубоко окисленной поверхностью переплавляются. По краям слитка в изложнице допускаются цвета побежалости.

Излом слитков аморфизирующихся сплавов и лигатур должен быть однородным и не содержать неметаллических включений, определяемых визуально. В изломе слитков не должно наблюдаться выделений интерметаллических соединений в виде боридов и силицидов. Куски слитков сплавов и лигатур, содержащие локализованные включения, отбраковываются и повторно переплавляются.

Химический состав слитка сплава 82К3ХСР и лигатуры кобальт-бор представлен в таблицах 3.1.

Таблица 3.1 - Аморфизирующиеся сплав 82К3ХСР и лигатура для него

Марка сплава и лигатуры	Содержание легирующих элементов, масса, %						
	B	Si	Ni	Cr	Mo	Mn	Fe
82К3ХСР	2,5-3,2	8,4-9,1	-	2,8-3,4	-		3,3-4,3
КБ (лигатура кобальт-бор)	5,0-9,0	-	-	-	-	-	-

Содержание С в сплавах не должно превышать 0.2%.

#### 3.2 Требования к геометрическим параметрам ленты

Ленту из аморфных и нанокристаллических сплавов изготавливают методом скоростной закалки плоской струи расплава.

Лента выпускается с обрезной и необрезной кромкой. Ширина ленты с необрезной кромкой 20-150 мм.

Таблица 3.2 - Предельные отклонения от номинальной заданной ширины и предпочтительный ряд ширин для ленты с необрезной кромкой

Диапазон ширины, мм	Предельные отклонения по ширине от номинальной заданной ширин.	Предпочтительный ряд номинальных ширин в указанном диапазоне.
От 20 до 25	$\pm 0,3$	20,25
Св. 25 до 50	$\pm 0,5$	28,30,35,40,45,50

Лента шириной свыше 50 мм может иметь большие отклонения по ширине.

5. Лента выпускается по 3 группам точности по толщине.

1 высокая

2 повышенная

3 нормальная

Таблица 3.3 - Группы точности выпускаемой ленты

Группа точности	Предельная максимальная толщина ленты, мм	Предельная поперечная разнотолщинность ленты, мм
1	0.029	0.004
2	0.032	0.005
3	0.035	0.006

Группа точности ленты обязательно оговаривается между потребителями и изготовителями при оформлении заказов. Кромка для ленты с обрезной и необрезной кромкой должна быть гладкой, разрывы кромки не допускается.

### 3.3 Основные направления совершенствования методов получения аморфной ленты и изделия из неё

В настоящее время производство аморфной ленты основывается на использовании в основном пяти сплавов: сплавы типа 2НСР, 30КСР, 82К3ХСР, 84КХСР, 5БДСР. Ввиду того, что эти сплавы были разработаны уже более 12 лет назад, лента из них не может быть использована в появившихся в последнее время новых изделиях. Постоянно изменяющиеся запросы рынка требуют быстрого реагирования на них путем разработки новых металлов и сплавов.

В цехе были разработаны и предложены мероприятия по повышению эффективности деятельности цеха за 2012 год, которые заключаются в:

- внедрение в производство новых проотборников, для взятия пробы, при выплавки аморфизирующихся сплавов на печи ИСВ-0,6. Сократило время выплавки с 9...10 часов до 6...7 часов, что увеличило производительность на 20%;

						22.03.02.2017.382.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			46

- использование при разливки ленты сопел различной ширины, вследствие чего лента после разливки сразу используется для изготовления магнитопроводов, минуя порезку. Уменьшились возвратные отходы с участка порезки на 10%.

- изменение графика работы цеха с двух бригадного пяти дневного на четырёх бригадный круглосуточный, в связи с этим производительность цеха увеличилась на 50%;

- внедрение новых технологических процессов: безабразивная ультразвуковая финишная обработка поверхности диска-холодильника агрегатов разливки позволит снизить себестоимость на 321,2 т.руб. в год, за счет улучшения качества поверхности диска, что в свою очередь позволит увеличить выход годной ленты на каждой разливке на 1% или на 713 кг. в год, кроме этого еще улучшатся условия труда разливщиков (уменьшится медная пыль).

- повышение эффективности использования материальных и топливно-энергетических ресурсов, снижение себестоимости: Снижение расходного коэффициента на 5% по цеху дал экономию металла на 712,1 т.рублей снижение расхода вспомогательных материалов (вата каолиновая, сопла керамические, трубки кварцевые, круги алмазные, каркасы) до уровня норм позволило снизить себестоимость на 148,2 т.руб.; снижение расхода материалов для изготовления каркасов позволило сэкономить 133 т.руб.

- улучшение качества продукции: реконструкция печи для термообработки крупногабаритных магнитопроводов позволило снизить количество брака на 3%;

- отработка технологии пропитки магнитопроводов с применением новых пропиточных материалов, с целью улучшения качества пропитанных магнитопроводов позволило снизить количество брака на 10%;

- отработка технологии электроалмазной резки магнитопроводов позволило снизить количество брака на разрезных магнитопроводов на 1%

- снижение себестоимости на 2% по цеху за год дало экономию 1044,3т.руб.

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

#### 4 ЗАРУБЕЖНЫЕ АНАЛОГИ СПЛАВА 82К3ХСР

Зарубежные аналоги сплава 82К3ХСР – это сплавы Metglas 2714А и 2705М .  
Лента из сплава Metglas 2705М применяется для изготовления:

- гибкое электромагнитное экранирование;
- магнитные датчики;
- магнитопроводы для высокочастотных трансформаторов;
- магнитные переключатели.

Преимущества сплава:

- около нулевая магнитострикция;
- высокая проницаемость и квадратная петля гистерезиса без отжига
- средняя индукция насыщения

Лента из сплава Metglas 2714А применяется для изготовления:

- импульсных источников питания в
- магнитных усилителях;
- полупроводниковых устройствах подавления шума;
- высокочастотных трансформаторов;
- высокочувствительных согласующих трансформаторов;
- ультра-чувствительных датчиков тока;
- экранирования;
- магнитных датчиков.

Преимущества сплава:

- чрезвычайно низкие потери в сердечнике;
- сверхвысокая проницаемость;
- высокий коэффициент прямоугольности - низкая коэрцитивная сила;
- отличная устойчивость к коррозии;

В таблице 4.1 приведен примерный химический состав сплавов Metglas 2714А и 2705М

Таблица 4.1 – Примерный химический состав сплавов Metglas 2714А и 2705М, %

Сплав	В	Со	Fe	Мо	Ni	Si
2705М	1-5	75-85	1-5	1-5	1-5	3-7
2714А	1-5	75-90	7-13	-	1-5	7-13

В таблице 4.2 приведены физические и электромагнитные свойства ленты из сплавов Metglas 2714А и 2705М.



## 5 ОХРАНА ТРУДА И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЕ СРЕДЫ

### 5.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

В электросталеплавильном цехе имеют место различные опасные и вредные производственные факторы: физические (наличие движущихся машин и механизмов, материалов; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов, и воздуха рабочей зоны; опасный уровень напряжения в электрической цепи; различные излучения); химические (общетоксические, проникающие через дыхательные пути, пищеварительную систему, кожный покров); психофизиологические (физические перегрузки, нервно-психические перегрузки).

В таблице 5.1 указаны состояния условий труда на рабочем месте сталевара электропечи.

Таблица 5.1 - Состояния условий труда на рабочем месте сталевара электропечи

Фактор		Классы условий труда						
		1 класс оптимальный	2 класс допустимый	3 класс - вредный				4 класс опасный
				3.1 1 степени	3.2 2 степени	3.3 3 степени	3.4 4 степени	
Химический				+				
Физические	Аэрозоли		+					
	Шум		+					
	Вибрация		+					
	Неионизирующие излучение		+					
	Ультразвук		+					
	Микроклимат		+					
Тяжесть труда				+				
Напряженность труда			+					
Общая оценка условий труда				+				

Анализ вредных производственных факторов, влияющих на организм человека в ЭСПЦ-1, показал что класс условий труда соответствует классу 3.1.

По результату аттестационной комиссии на рабочих местах в ЭСПЦ-1 показал, что концентрация вредных веществ в воздухе составляет 2,4 мг/м<sup>3</sup>. Для 3 класса средняя смертельная зона при введении в желудок составляет 151-5000

мг/кг. Средняя смертельная доза при нанесении на кожу составляет 501-2500 мгкг.

В зоне острого действия концентрация составляет 32 мгм<sup>3</sup>. Отнесения вредного вещества классу опасности производим по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

## 5.2 Мероприятия по снижению вредных и опасных производственных факторов

Для обеспечения безопасных условий труда на участке выплавки ЭСПЦ-1 приняты следующие меры:

- весь персонал участка соответствует требованиям допуска к выполнению работ по специальности;
- весь персонал участка проинструктирован всеми предусмотренными видами инструктажей;
- весь персонал участка обучен и аттестован по правилам охраны труда и технологическим инструкциям;
- весь персонал участка обеспечен инструкциями по безопасному проведению работ и технологическими инструкциями, знает и выполняет их;
- весь персонал участка обеспечен средствами индивидуальной и коллективной защиты, правильно их применяет;
- все помещения и оборудование участка находятся в строгом соответствии техническому регламенту по охране труда и промышленной безопасности.

Обозначим вредные и опасные производственные факторы и меры для их снижения.

### 1 Электрический ток.

Источниками электрической опасности в электросталеплавильном отделении являются: тоководы, электрические сети в цехе, электрические сети подводящие электричество к трансформатору (~10кВ); устройства, машины, технологическое оборудование и приборы, использующие для своей работы электрический ток.

Для снижения опасности поражения электрическим током в ЭСПЦ-1 применена изоляция токоведущих частей, блокировки открывания щитков, электроустановок, сплошное сетчатое ограждения подвижных тоководов на печах ИСВ-0,04 и ИСВ 0,6, а также обучение и аттестация обслуживающего персонала по электробезопасности соответствующему классу 2 до 1000 В.

### 2 Шум и Вибрация.

Главным источником шума в ЭСПЦ-1 является преобразователь тока высокой частоты, технологическое оборудование, системы вентиляции, п, системы вентиляции, пневмо- и гидроагрегаты.

Нормирование шума осуществляется по ГОСТ 12.3.003-89. Устанавливает классификацию шума на рабочем месте, общие требования к защите от шума на рабочих местах, шумовым характеристикам машин, механизмов, средств транспорта и другого оборудования. В соответствии с замерами шума на рабочих местах, проводимых раз в квартал, цех относят к классу опасности 3.

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Для снижения уровня шума механического преобразователя тока высокой частоты необходимо поменять на более современный тиристорный преобразователь частоты. Также необходимо водяные насосы и компрессорную станцию установить в изолированном помещении.

### 3 Опасные механические факторы.

Источником механических травм в ЭСПЦ могут являться: мостовые краны (перемещающие грузы), незащищенные подвижные элементы производственного оборудования, острые кромки, заусенцы и шероховатости на поверхности изделий и оборудования. К перечисленным выше источникам можно добавить воздействия, связанные с коррозией металлов, являющейся причиной ослабления прочности конструкции и способствующей внезапному ее разрушению; действием нагрузок при подъеме тяжестей и т.д.

Другими причинами получения механических травм могут являться падения на скользком полу, падение с высоты или неустойчивого, колеблющегося основания, технологический транспорт, передвигающийся по цеху и др.

### 4 Химические факторы (вредные вещества).

Производство электростали связано с выбросами в окружающую атмосферу цеха вредных веществ (пыль, газов, паров и т.д.), вредно влияющих на организм человека. Пары, газы, жидкости, аэрозоли, химические соединения, смеси при контакте с организмом человека могут вызывать изменения в состоянии здоровья или заболевания. К этим веществам можно отнести оксид кремния, оксид железа и другие оксиды и соединения металлов. Воздействие вредных веществ на человека может сопровождаться отравлениями и травмами.

Результатом вдыхания человеком пыли являются пневмосклерозы, хронические пылевые бронхиты, пневмонии, туберкулезы, рак легких. При попадании их в органы дыхания, помимо изменений в верхних дыхательных путях и легких, развивается острое и хроническое отравление.

Для уменьшения содержания концентрации вредных веществ в рабочей зоне в ЭСПЦ-1 используются системы вытяжки производства фирмы СовПлим.

Технические мероприятия по охране труда включают в себя:

- Наличие в цехе четкой системы проходов с выделением зон для пешеходного движения с необходимой разметкой, указателями и освещением, с устройством переходных галерей и мостиков над опасными участками;

- Наличие предупредительных сигналов и плакатов в особо опасных местах;

- Поддержание на рабочих местах влажности, температуры и скорости движения воздуха и содержания в нем пыли и вредных веществ, что достигается устройством систем отопления, аспирационных систем, прочной механической вентиляции, естественной аэрации здания;

- Поддержание уровня освещенности;

- Соблюдение правил электробезопасности в соответствии со строительными нормами и правилами (СНиП) и "Правилами устройства электроустановок" (ПЭУ), в том числе расположение электроустановок, прокладки электросетей, устройству заземлений, ограждений;

										Лист
										52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР					



- Соблюдение правил пожаробезопасности путем обеспечения при сооружении цеха СНиП 11-2-80 “Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений”;

- Соблюдение взрывобезопасности в соответствии с ГОСТ 12.1.010-86 “Взрывобезопасность. Общие требования”;

- Наличие эвакуационных выходов из здания цеха и его отделений.

Использование специальной одежды, соответствующей характеру выполняемой работы, и индивидуальных средств защиты.

Во время работы сталевары и их подручные обязаны носить предусмотренную нормами спецодежду, обувь, средства индивидуальной защиты.

Средства индивидуальной защиты служат для защиты рабочих от вредных и опасных факторов производственного процесса. Работающие в электросталеплавильном цехе обеспечены ими согласно штатному расписанию на основании отраслевых норм:

- суконные брюки, куртка ГОСТ 12.4.045-87;

- ботинки кожаные ГОСТ 12.4.092-87;

- вачеги ГОСТ 19724-87;

- каска ГОСТ 12.4.128-83;

- светозащитные очки ГОСТ 12.4.013-85;

Во время работы брюки и куртка должны носиться на выпуск, куртка должна быть застегнута на все пуговицы. Разрешается работать только в исправной спецодежде и спец. обуви.

Применение индивидуальных средств защиты обязательны при выполнении следующих работ:

- респираторы - при уборке мусора, при выгрузке материалов и смесей, при наведении порядка на участке, и др. работ;

- защитные очки - при взятии проб, при расколки слитка, при уборке;

- ношение касок обязательно для всех работников ЭСПЦ-1;

- во избежание ожогов глаз запрещается смотреть без светозащитных очков на расплав жидкого металла, особенно во время перегрева.

### 5.3 Влияние параметров микроклимата производственного цеха на самочувствие человека

Соблюдение взрывобезопасности в ЭСПЦ-1 соответствует ГОСТ 12.1.010-86 «Взрывобезопасность и общие требования», в соответствии с эти ЭСПЦ-1 относится к категории «Г». В цехе используется автоматическая сигнализация оповещения, пожарные гидранты и огнетушители.

По степени ущерба, наносимого окружающей среде, металлургия занимает третье место, отличаясь высокой ресурсоемкостью и, как следствие большими отходами.

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Значительная доля сил и средств, расходуемых на защиту окружающей среды в ЭСПЦ-1 ПАО «Ашинский метзавод», связана с защитой воздушного бассейна. Эта защита осуществляется по следующим основным направлениям:

1 Защита от так называемых "организованных" видимых загрязнений и выбросов в виде отходящих (из агрегатов) газов и находящихся в их составе пыли, копоти, дыма через трубу или газоотсасывающие устройства;

2 Борьба с так называемыми "неорганизованными" загрязнениями, выделяемыми в атмосферу в процессе перевозки, перемещения, складирования сыпучих материалов и металлошихты, а также в процессе транспортировки и перелива, жидкого чугуна, стали и др.;

3 Борьба с невидимыми загрязнениями токсического характера. Пылегазовые выбросы предприятий черной металлургии составляют 10-15% от общих выбросов промышленности в целом. В этих выбросах содержится пыль, SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>S, фенолы, сероуглероды, бензопирены.

Охрана водного бассейна. Кроме расхода воды на чисто технологические цели приходится также учитывать и промышленные стоки. Поверхностный сток с поверхности металлургических предприятий в основном загрязнен взвешенными веществами и нефтепродуктами. До недавнего времени поверхностный сток с застроенных территорий относили к категории "условно чистых" вод. Однако при повышении требований к качеству сбрасываемых вод дождевые и талые воды не подлежат сбросу без предварительной очистки.

Оборотный цикл водоснабжения ЭСПЦ-1 предназначен для бесперебойного обеспечения водой требуемого качества и параметров потребителей ЭСПЦ-1.

Вода после охлаждения в теплообменниках собирается в камере охлажденной воды (кессоне), затем снова используется для охлаждения тоководов и индукторов электропечи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной работе рассмотрена технология производства аморфизирующегося сплава 82К3ХСР в условиях ПАО «Ашинский метзавод» на вакуумной индукционной печи ИСВ-0,6. Произведен тепловой, расчет баланса плавки, и расчет энергоемкости работы печи ИСВ-0,6.

Проанализировав деятельность ЭСПЦ можно сделать вывод об уникальности данной продукции, незначительного количества конкурентов и появления существенного спроса на отдельные виды продукции, таких как магнитопроводы.

В настоящее время эффективность деятельности цеха высокая и при этом имеется положительная тенденция к её повышению, причина этого в том, что в связи с развитием электронной и машиностроительной промышленности увеличивается спрос на продукцию цеха. При анализе объемов наглядно видно приросты производства за последние годы.

В настоящее время на данную продукцию поступает заказов выше производственной мощности, что ставит вопрос о расширении производства наращивания мощностей, для удовлетворения потребностей покупателей.

Основные задачи, стоящие перед цехом на 2013 год, это:

Увеличить производственную мощность для выполнения в срок поступающих заказов. Так как динамика роста производства и прогноз на 2017 год показывает увеличение загрузки цеха до 20 - 22 тонн в месяц.

Четко определить срок изготовления единицы продукции за определенный период времени для согласования сроков поставки потребителю в зависимости от объема заказа.

Развитие технологического процесса направленного на удовлетворение требований потребителей позволяет развиваться цеху в нужном направлении, а также повышать эффективность своей деятельности.

					22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

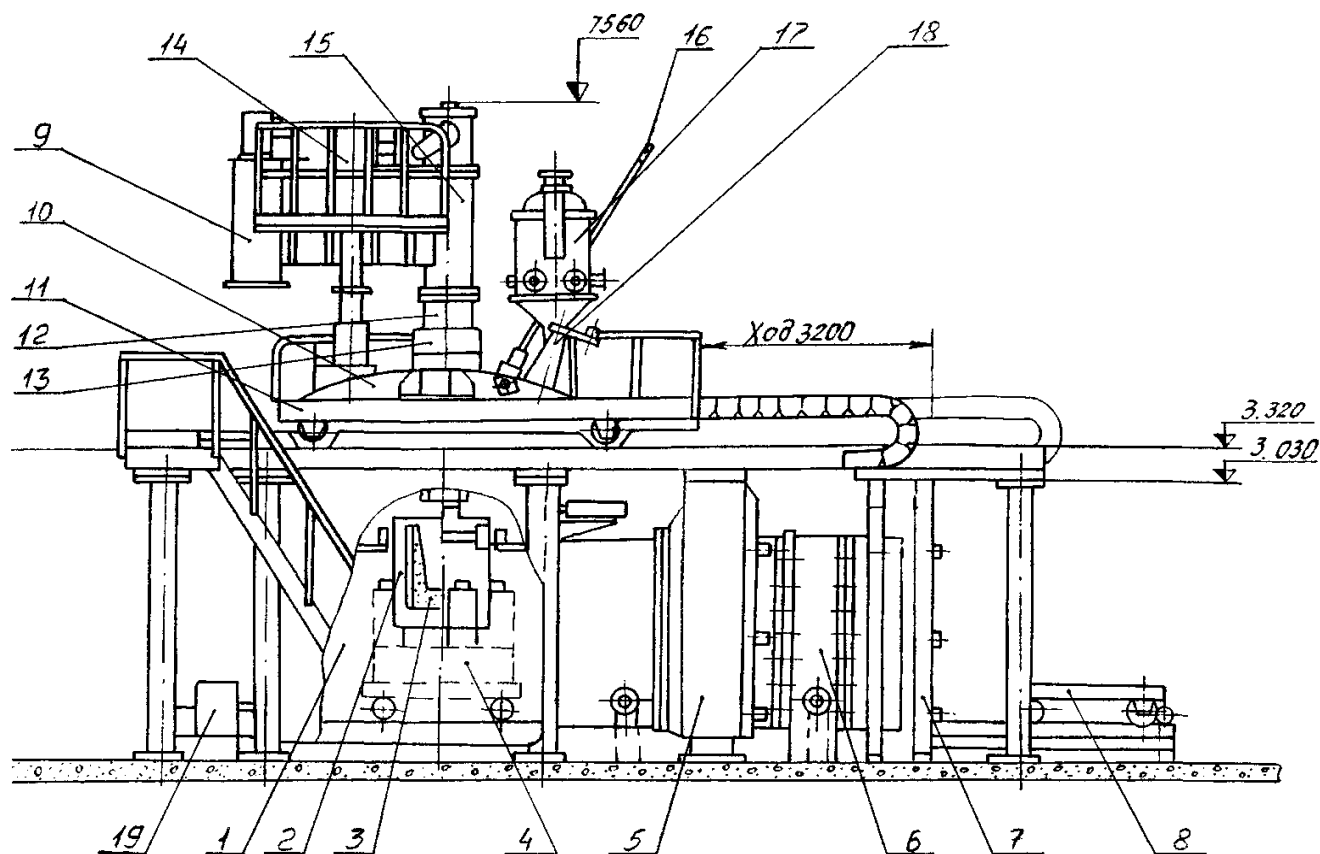
- 1 Судзуки, К. Аморфные металлы / К. Судзуки, Х. Фудзимори, К. Хасимота, под редакцией Ц. Масумото, перевод с японского Полякова Е.И. –Лет Ме Принт, 2012, 334 стр.;
- 2 ТИ 123-А-22-2002. Выплавка аморфизирующихся сплавов и специальных лигатур в печи ИСВ-0,6 НИ-НЗ. – ПАО “Ашинский метзавод”, 2002 г.;
- 3 ТИ 123-А-01-2011. Выплавка аморфизирующихся сплавов и специальных лигатур в печи ИСВ-0,04 ПФ-И2. – ПАО «Ашинский метзавод», 2011 г.;
- 4 Metglas: Магнитные материалы - [http://www.metglas.com/products/magnetic\\_materials.html](http://www.metglas.com/products/magnetic_materials.html);
- 5 ПАО "Ашинский метзавод". - [http:// www.amet.ru](http://www.amet.ru);
- 6 Иванова, Л.И., Индукционные тигельные печи: учебное пособие / Л.И.Иванова, Л.С.Грובה, Б.А.Сокунов, С.Ф.Сарапулов. - Екатеринбург: Изд-во УГТУ - УПИ, 2002 г.. 87 стр;
- 7 Медведев, В.Т. Охрана труда и промышленная экология / В.Т. Медведев, С.Г. Новиков, А.В. Каралюнец, Т.Н. Маслов. - М: Академия, 2006 г., 416 с;
- 8 Митько, В.М. Охрана труда в машиностроении: учебник : [по укрупненной группе специальностей 150000 "Металлургия, машиностроение и материалобработка"] / В.М.Митько. - Академия, 2012 г., 248 стр.;
- 9 Лузгин, В.П. Теория и технология металлургии стали. Энергетика, технология и экология сталеплавиельных процессов: учебно-методическое пособие / В.П. Лузгин. – МИТИС, 2010 г., 66 стр.;
- 10 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности / С.В. Белов – М.: «Высшая школа», 2002, 356 стр.

						22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			56

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### СХЕМА ВАКУУМНОЙ ИНДУКЦИОННОЙ ПЕЧИ ИСВ-0,6



1 - плавильная камера; 2 - индукционная электропечь; 3 - тигель; 4 - изложница; 5 - затвор (между плавильной и шлюзовой камерой); 6 - шлюзовая камера; 7 - затвор; тележка для изложницы; 9 - загрузочная камера; 10 - крыша плавильной камеры; 11 - площадка для отката крыши; 12 - промежуточный патрубков; 13 - затвор (между плавильной камерой и камерами загрузочной и термоустройства); 14 - поворотная колонна; 15 - камера термоустройства; 16 - ломик; 17 - дозатор; 18 гляделки; 19 - привод наклона индукционной печи

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

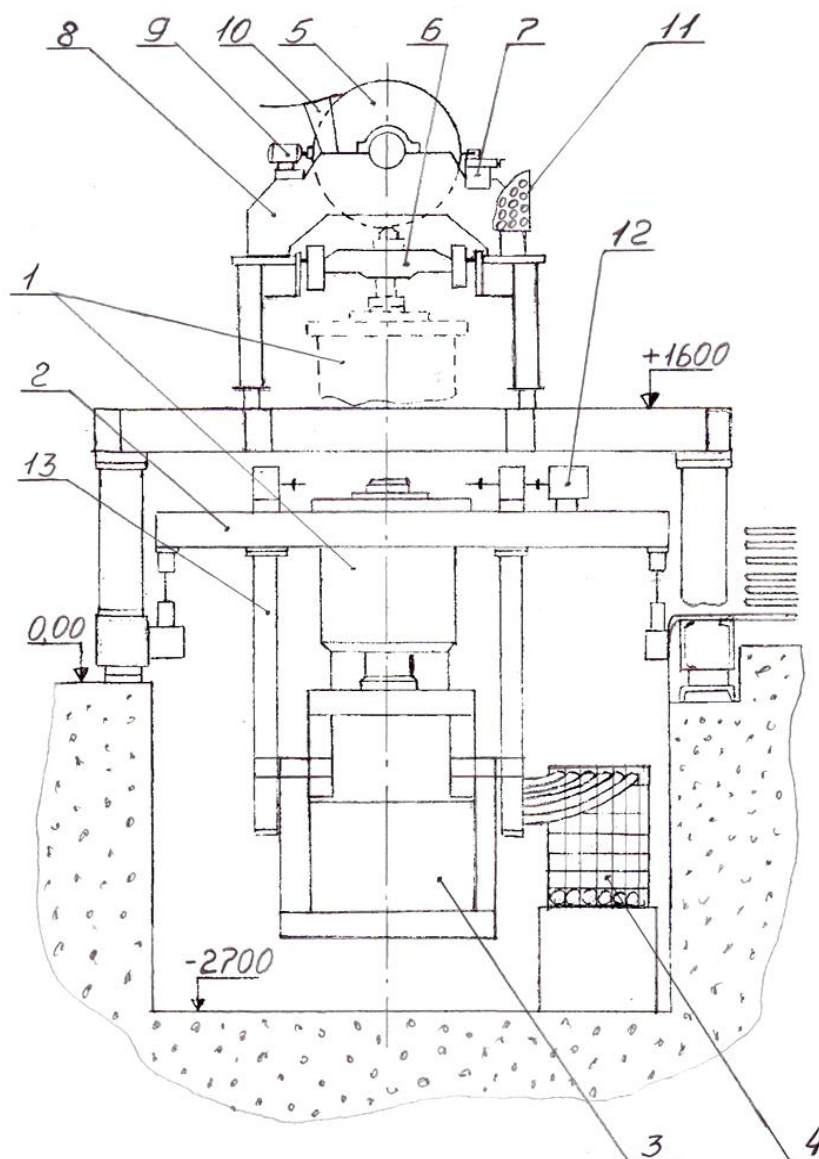
22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР

Лист

57

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### РАЗЛИВОЧНАЯ УСТАНОВКА «УРАЛ»



- 1- установка индукционной печи, 2 – рама, 3 – блок конденсаторов, 4 – водоохлаждаемые тоководы, 5 – диск холодильник, 6 – литейный мостик, 7 – механизм проточки диска, 8 – литейная станция, 9 – механизм шлифовки диска, 10 – отсекатель ленты, 11 – пульт управления, 12 – трансмиссия, 13 – рама подъёма

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

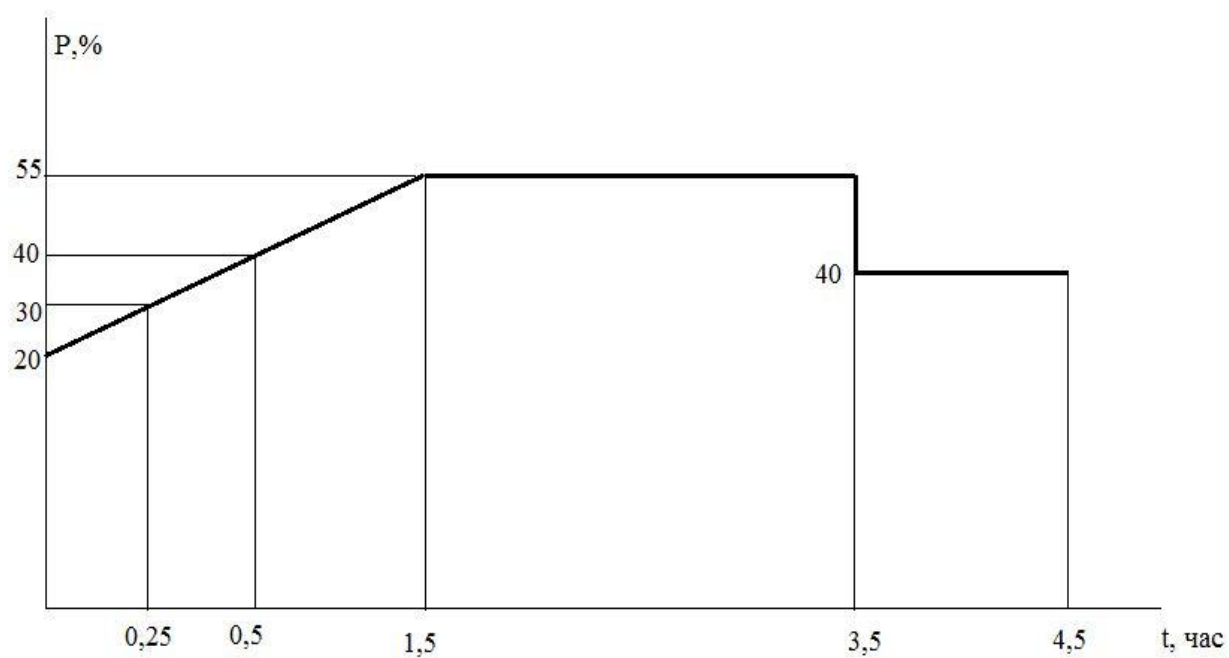
22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР

Лист

58

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

### ЗАВИСИМОСТЬ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ ПЛАВКИ



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

22.03.02.2017.382.00 ПЗ ВКР

Лист

59