

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОМЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени П.О.СУХОГО»

Кафедра: «Металлургия и технологии обработки материалов»

Отчет
по преддипломной практике

специальность

1-42 01 01 Metallургическое производство и материалобработка
специализация

1-42 01 01-01 02 Электрoметаллургия черных и цветных металлов

Выполнил студент группы
МЛ-51:

_____ Арещенко А.В.

Руководитель от ВУЗа
к.т.н. доцент:

_____ Одарченко И.Б.

Руководитель от предприятия: _____ Зазян А.С.

Оценка _____

Дата _____

Гомель 2022

Содержание

Введение.....	2
1.Краткая характеристика предприятия.....	6
2. Внепечной обработки стали на установке «печь-ковш».....	9
3. Производство металлокорда.....	13
4. Улучшение качества кордовой стали путем электромагнитного перемешивания металла в кристаллизаторе МНЛЗ	20
5. Описание технологического процесса разливки стали на МНЛЗ-2.....	25
Заключение.....	32
Список используемой литературы.....	33

Введение

РУП «БМЗ» является одним из крупнейших поставщиков металлокорда не только в страны СНГ, но и страны дальнего зарубежья. Ведущие производители шин Австрии, Германии, Швеции, Венгрии, Македонии, Польши, Люксембурга, Словении и США являются основными потребителями нашей продукции металлокорда. Металлокорд — латунированный трос различных конструкций используется, как армирующий материал для шинной, резино-технической и других важнейших отраслей промышленности.

Производство металлокорд - одно из наиболее высокотехнологичных и наукоёмких направлений в металлургии, которое появилось и получило развитие во второй половине XX века только в экономически развитых странах. Количество производителей металлокорда ограничено, но имеет тенденцию к расширению. Характерным для ситуации на рынке металлокорда является тот факт, что его производство постоянно возрастало даже во время спада в мировом автомобилестроении. Это объясняется спецификой автомобильного рынка и эволюцией шинной промышленности /16/.

Динамично развивающееся автомобилестроение постоянно предъявляет новые требования к автопокрышкам и, в частности, к усиливающим их армирующим материалам. Поэтому наблюдается постоянное увеличение потребления металлокорда за счёт снижения производства шин диагональной конструкции и так называемой «радиализации» шинного рынка.

Стабилизация экономики в Восточной Европе и России позволяет прогнозировать увеличение потребления грузовых шин. По данным ФГУП НИИШП, к 2005 г. ёмкость шинного рынка России увеличиться на 12,5%, а к 2010г.- на 41-42%. Таким образом, имеются все предпосылки для дальнейшего увеличения объёма производства металлокорда.

Годовой выпуск металлокорда в России в 2001 г. по сравнению с предыдущем вырос на 5500 т, в Украине – на 3900 т. Несмотря на это, члены СНГ вынуждены были закупать металлокорд у крупнейших зарубежных производителей, поскольку БМЗ не мог увеличить свои поставки в СНГ, так как

он не должен терять отвоеванные позиции на поставку металлокорда в страны Европы и Америку. В связи с этим на заводе приняли решение о проведении реконструкции сталеплавильного и метизного производства для увеличения выпуска металлокорда. Основными задачами и целями реконструкции определены /16/:

- внедрение современных высокоэффективных конструкций металлокорда на шинных заводах СНГ;
- освоение промышленного производства сверхвысокопрочного металлокорда для ведущих мировых шинных компаний;
- снижение себестоимости и увеличение качества выпускаемого металлокорда для повышения его конкурентоспособности;
- разработка и внедрение новых, современных, энергосберегающих технологий по выплавке и изготовлению кордовых марок сталей.

Развитие шинной промышленности идет по пути снижения металлоемкости изделий, повышения износостойкости и предельно допустимой нагрузки, снижения гистерезисных и улучшения экономических потерь. При этом мировая практика указывает на расширение объемов применения в качестве армирующего материала металлокорда, в значительной мере определяющего эксплуатационные характеристики, долговечность и стоимость изделий.

Развитие конструкций металлокорда направлено на получение все большей прочности, компактности, низкого фреттинга, более полного затекания резины в нить, на снижение стоимости и повышение технологичности.

Указанный комплекс задач стимулирует создание новых материалов, перспективных конструкций металлокорда, новых технологий и оборудования для его изготовления. В центре внимания всех изготовителей металлокорда стоят вопросы снижения производственных затрат, что стимулирует проведение работ по уменьшению обрывности латунированной проволоки, разработке новых материалов, совершенствование конструкций корда и технологии его изготовления.

РУП «БМЗ» совместно с сотрудниками ИЦМ АН Беларуси и НИИ разработал и внедрил в производство компактные конструкции металлокорда такие, как 2х 0,30 NT. Данный металлокорд прошел стендовые и ускоренно-дорожные испытания шин, армированных этим металлокордом и показал достаточно высокое качество на соответствие мировым стандартам. Этот металлокорд поставляется ведущей фирме по производству шин «Гудьер».

Сейчас на мировом рынке для армирования шин используются компактные конструкции металлокорда. С целью расширения сортамента и чтобы удержаться на мировом рынке, а также не потерять одного из основных потребителей, которой является фирма «Гудьер» были разработаны (совместно с фирмой) и изготовлены опытные образцы компактного металлокорда следующих конструкций: 2х 0,30 NT и 2+7х 0,23 свитый из латунированной проволоки с пределом прочности 970 - 1130 Н/мм² из стали 80К. В 2002 году были сделаны опытные поставки, которые были одобрены фирмой «Гудьер».

Задачей данного дипломного проекта является, разработка технологии получения кордовой стали высокого качества в ЭСПЦ-1, путём усовершенствования технологических режимов выплавки, внепечной обработке и разливки высокопрочной кордовой стали, на примере марки 80К.

В центре внимания всех изготовителей металлокорда стоят вопросы снижения производственных затрат, что стимулирует проведение работ по уменьшению обрывности латунированной проволоки, разработке новых материалов и совершенствовании технологии плавки.

В данном проекте предлагается отказаться от существующей схемы производства кордовой катанки ЭСПЦ-2 – стан №850 - стан №150 и перейти на схему ЭСПЦ-1 – стан №150, тем самым исключить передел осуществляемый на стане №850. Это позволит снизить себестоимость производства кордовой катанки, тем самым увеличив её конкурентоспособность на рынке металлокорда. Для этого, предлагается разработать технологию выплавки кордовой стали в ДСП-2, с применением агрегата “печь-ковш” без вакуумирования и последующей разливкой на МНЛЗ-2, с получением заготовки сечением 125х125 мм в ЭСПЦ-1.

Осуществить на практике данный замысел стало возможным с завершением работы по монтажу установки ковш-печь в ЭСПЦ-1, технологический пуск которого состоялся 20 сентября 2002 г. С освоением установки производство стали на БМЗ возрастёт до 1,7 млн т. в год. Реализация данного проекта, наряду с повышением производительности, сделает возможной выплавку стали для металлокорда в условиях ЭСПЦ-1, а это в свою очередь даст возможность увеличить производство кордовой катанки для продажи на внешнем рынке, тем самым повысив рентабельность РУП «БМЗ».

Такое решение проблемы очень актуально на фоне недавнего влияния кризиса 1998 года в Юго-Восточной Азии, когда несмотря на вводимые квоты, произошло падение цен на металлопродукцию и отдельные виды продукции обесценились на 30%. Уровень рентабельности РУП БМЗ в 2001 г. упал с 22 до 3,4%. К сентябрю 2002 года завод вышел на уровень рентабельности 14%. Смотри в будущее, у нас есть все основания полагать, что после ввода в эксплуатацию ковша-печи в ЭСПЦ-1, а также реализации запланированных мероприятий по сокращению затрат и освоению новых высокоэффективных видов продукции, завод выйдет на стабильную работу с уровнем рентабельности 20% и более.

1 Краткая характеристика предприятия.

Республиканское унитарное предприятие «Белорусский металлургический завод» (БМЗ) - современное предприятие черной металлургии, находится в городе Жлобине, в Республике Беларусь. Географическое положение г.Жлобина, развитая сеть железных дорог, пролегающих с севера на юг и с востока на запад, а также необходимость обеспечения западных регионов СССР металлопродукцией для предприятий стройиндустрии и машиностроения способствовали тому, что выбор о строительстве мини-завода пал именно на Белорусский металлургический завод, с сооружением его инофирмами «под ключ».

РУП «Белорусский металлургический завод» (БМЗ) спроектировано, построено и оснащено фирмами «Фест-Альпине», «Шлеман-Зимаг», «Даниели» и др. в 1984 г. РУП «БМЗ» производит квадратную, круглую, трубную заготовку и арматуру по внутренним и зарубежным стандартам, а также катанку, уголок, швеллер, металлокорд для шин, проволоку бортовую, сварочную, проволоку для рукавов высокого давления, общего назначения и пр.

В настоящее время РУП «Белорусский металлургический завод» ежегодно производит более 1,4 миллиона тонн стали, около 900 тысяч тонн сортового и конструкционного проката с марочным составом более 50 легированных, низколегированных, конструкционных и углеродистых марок стали, 50 тысяч тонн металлокорда, 13 тысяч тонн бортовой проволоки, более 25 тысяч тонн проволоки РМЛ и около 35 тысяч тонн стальной проволоки.

Технологическая структура производства

Сталеплавильное производство:

В состав сталеплавильного производства входят: копровый цех (КЦ) и два электросталеплавильных цеха (ЭСПЦ - 1; ЭСПЦ - 2).

Состав копрового цеха: отделение по переработке лома, отделение производства извести, отделение шлакопереработки.

Состав электросталеплавильного цеха ЭСПЦ – 1: печное отделение, оборудованное двумя стотонными дуговыми печами с трансформатором 75 МВ·А, отделение разливки, в состав которого входят две разливочные шестиручьевые машины радиального типа с сечением кристаллизатора 125х125мм, комплекс оборудования по футеровке, сушке и разогреву сталеразливочных и промежуточных ковшей, склад заготовок.

Состав электросталеплавильного цеха ЭСПЦ - 2: печное отделение, оборудованное одной стотонной дуговой электропечью с трансформатором 75 МВ·А, отделение разливки, оборудованное одной разливочной четырехручьевой машиной вертикально-радиального типа с сечением кристаллизаторов 250х300 мм и 300х400 мм, участок внепечной обработки стали, оборудованный установкой печь-ковш и двумя вакууматорами: циркуляционного и камерного типа, комплекс оборудования по футеровке, сушке и разогреву вакууматора, стальковшей и промковшей, склад заготовок.

Прокатное производство

Прокатное производство представлено сортопрокатным цехом, имеющим в своем составе: сортовой стан “850”, мелкосортный стан “320” и проволочный стан “150”.

Состав сортового стана “850”: подогревательная печь, нагревательная печь, гидросбив, реверсивная клеть, пила горячей резки, холодильник, колодцы замедленного охлаждения.

Состав мелкосортного стана “320”: нагревательная печь, черновая, промежуточная и чистовая группы, трасса термического упрочнения проката, делительные ножницы, холодильник, участок упаковки и маркировки проката, ножницы холодной резки. Состав проволочного стана “150”: нагревательная печь, черновая и две промежуточные группы, десятиклетевой проволочный стан, линия двухстадийного охлаждения катанки, участок упаковки и маркировки катанки.

Метизное производство

В состав метизного производства завода входят два сталепроволочных цеха с производством металлокорда: СтПЦ-1 с ПМК («Micord») и СтПЦ-2 с ПМК («Pluscord»), а также сталпроволочный цех №3 (СтПЦ-3) с участком товаров народного потребления.

СтПЦ-1 и СтПЦ-2 оснащены: линиями травления и бурирования катанки, агрегатами патентирования и латунирования проволоки, станами для волочения проволоки на сухой и жидкой смазке, машинами одинарной и двойной свивки пряжей и металлокорда, а также оплеточными станками. В СтПЦ-1 имеется агрегат бронзирования, для производства бортовой проволоки.

СтПЦ-3 оснащен: станами для волочения на сухой смазке, гвоздильными автоматами, станками для производства товаров народного потребления.

В состав вспомогательных цехов завода входят: цех ремонта металлургического оборудования; цех ремонта электрометаллургического оборудования, цех ремонта энергетического оборудования; энергетический цех; газокислородный цех; автотранспортный цех; цех железнодорожного транспорта; цех благоустройства и складское хозяйство.

Источники жизнедеятельности завода.

Электроэнергия подается по линиям 330 кВ с предприятия «Гомельэнерго» на заводские подстанции «Сталь», «Корд», «Прокат» с последующим распределением по цехам завода. Газ поступает по трубопроводам с предприятия «Гомельгаз». Техническая вода поступает с реки Днепр, после использования отстаивается, фильтруется и вновь поступает в технологический процесс. Питьевая вода поступает со скважины. Горячая вода для отопления производственных помещений и административного комплекса поступает с котельной, расположенной на территории завода, работающей на газу или на мазуте. Сырье и материалы поступают на завод железнодорожным и автомобильным транспортом из стран СНГ и дальнего зарубежья.

2 Внепечная обработка стали на установке «печь-ковш»

Агрегат «ковш-печь» предназначен для проведения технологических операций по раскислению, легированию, модифицированию и рафинированию металла, а также для усреднения металла по температуре и химическому составу, подогреву до требуемой технологией разливки температуры. Агрегат оборудован трансформатором мощностью 15 МВ·А, механизмом подъема свода; порталом; механизмами перемещения электродов; короткой сетью для передачи тока от выводов вторичных обмоток трансформатора до рабочих концов электродов; системой отбора и очистки газов.

Для проведения технологических операций используется:

- система вдувания порошкообразных материалов с погружной фурмой «Velco»;
- система донной продувки металла инертными газами через продувочные пробки стального ковша;
- трайбаппараты для ввода порошковой проволоки; система подачи сыпучих материалов, включающая 4 бункера, весы – дозатор и течку для транспортировки материалов в стальной ковш через сводовое отверстие.

По прибытию ковша на установку “печь-ковш”, в последовательности, определяемой диалогом АСУТП "Начало плавки", вводятся данные о плавке. После подключения продувочных фурм к трассе регулируется подача аргона. Производится визуальная оценка интенсивности продувки металла. Продувка металла аргоном устанавливается с расходом до 300 л/мин и не должна приводить к выбросам металла и шлака из стального ковша и оголению зеркала металла.

Продолжительность продувки составляет 3 – 5 мин. Такое время необходимо для модификации неметаллических включений, так как в первые 3 минуты удаляется в шлак около 90% всех включений, в последующее 8 время остальные 10%. Далее опускается свод, производится измерение температуры стали для последующего выбора степени напряжения.

Степень напряжения в пределах от 1 до 3 устанавливается для поддержания температуры, а в пределах от 3 до 6 – для нагрева металла.

После перемешивания металла не менее 5 минут аргоном, включая продувку на УДМ, производится отбор пробы на химический анализ. Химический состав металла после выпуска должен соответствовать нижним значениям марочного состава стали, за исключением содержания серы.

После включения установки “печь-ковш” проводится наведение основного слоя шлака присадками извести в количестве 500 - 700 кг, плавикового шпата 150 - 200 кг и раскисляющей смеси 100-150 кг. Толщина слоя должна быть не более 200 мм. Присадка шлакообразующих для наведения основного шлака производится через установку для вдувания в металл порошкообразных материалов “Velco” и/или систему высотных бункеров путем присадки кусковой извести и плавикового шпата концентрата в соотношении 3:1. Скорость подачи шлакообразующих через установку “Velco” регулируется и устанавливается в пределах 100-150 кг/мин, таким образом, чтобы предотвратить выбросы металла и шлака из сталеразливочного ковша. Погружную фурму следует опускать на максимально возможную глубину стальковша с расходом инертного газа от 150 до 300 л/мин, при этом расход газа через донные фурмы устанавливается минимальным. Продолжительность наведения рафинирующего шлака составляет от 5 до 15 минут.

Раскисление шлака производится раскисляющей порошковой проволокой с наполнителем, в состав которого входит силикокальций (СК30, 25, 15), для модификации глиноземистых включений. Силикокальций вводится с помощью трайбаппарата, в виде наполнителя порошковой проволоки с оболочкой из алюминия, порциями массой от 15 до 30 кг в количестве до 100 кг на плавку. Основность шлака в ковше после раскисления должна поддерживаться в пределах от 3 до 5. Скорость ввода проволоки на трайбаппарате устанавливается от 3,0 до 3,5 м/с. Расход проволоки в метрах определяется согласно таблице 2.1.

Масса плавки, т.	Массовая доля алюминия в металле, %			
	0,003	0,004	0,005	0,006
	Расход силикокальцевой проволоки, м			
100	125	167	208	250
105	131	175	219	262
110	137	183	229	275
115	144	192	240	287
120	150	200	250	300
125	156	208	260	312

Таблица 2.1 Расход проволоки в метрах.

В период нагрева металла проводится доводка его по химическому составу присадками науглероживателя и ферросплавов. Корректировку стали по углероду будем осуществлять порошковой проволокой из углеродосодержащего материала с оболочкой из алюминия, с помощью трайбаппарата. При корректировке стали по содержанию химических элементов во время отдачи ферросплавов в ковш расход инертного газа необходимо увеличить на 30–50 л/мин (но не более 300л/мин.) и выдержать не менее 5 минут. Затем отбирается проба на полный химический анализ. При присадке материалов в ковш происходит снижение температуры.(Рис. 2.1).

Ориентировочное снижение температуры при присадке 100кг материалов:

- известь и плавиковый шпат - 2,5 °С ;
- науглероживатель - 4,5-5,0 °С ;
- ферромарганец - 1,6 °С ;
- ферросилиций - 0,5 °С.

После присадки порошковой проволоки, металл в стальковше продувается не менее 3-х минут, затем с требуемой температурой 1505 - 1520оС передается на МНЛЗ-2. При разливке стали методом “плавка на плавку” допускается снижение температуры металла в стальковше перед началом разливки на 10-15 °С (кроме 1-й плавки в серию). Основанием для назначения плавки служит температура металла в промежуточном ковше.

3 Производство металлокорда

Использование металлокорда для армирования автошин позволяет увеличить срок их службы, обеспечить безопасность и экономичность. Мировое производство металлокорда в настоящее время составляет 1,3 млн т. Масса металлокорда в стандартной радиальной шине составляет 8,9 %, а бортовой проволоки — 4,7 %. Потребление металлокорда определяется следующими основными факторами: общей ситуацией на мировом автомобильном рынке; новыми конструкциями шин и металлокорда.

Металлокорд, используемый в покрышках пневматических автомобильных шин, а также шлангах (рукавах) высокого давления и конвейерных лентах, по существу является тонким стальным канатом, свитым из наитончайших и тончайших (диам. 0,15-0,35 мм) высокопрочных и высоковыносливых проволок с латунным (чаще всего) или цинковым покрытием, которое обладает более высокой адгезией к резине, чем сталь, и, кроме того, защищает сталь от коррозии. Для производства металлокорда используют специальную, особо чистую высококачественную нелегированную сталь, поставляемую в виде прецизионной катанки, прокатанной по режиму "High-tech" ("Хай-тэк") с регулируемым охлаждением. Начато также использование микролегированных сталей.

В ФРГ одной из фирм-изготовителей металлокорда является "Thyssen Stahl" ("Тиссен Шталь"), которая в отличие от других фирм производит его из стали собственной выплавки и катанки диам. 5,5 мм собственного изготовления /7/. Фирма производит сталь двух марок с фирменным названием Stahlcord (Шталькорд) с номинальным содержанием углерода 0,7 и 0,8 % соответственно.

В связи с необходимостью повышения ходимости шин и уменьшения их массы, что должно обеспечить снижение расхода топлива, фирма перешла на изготовление более высоко-прочного чем стандартный, металлокорд - типа НТ (аббревиатура от High Tensile — высокая прочность) и ведет разработку и освоение технологии производства супер (типа SHT), ультра (типа UHT) и даже ультра-ультра (типа UUNT) высокопрочных металлокордов. При этом диаметр проволок и соответственно самого металлокорда из них (а также и масса всего

изделия) могут быть значительно снижены.

Для изготовления проволок для стандартного металлокорда, имеющего временное сопротивление $\Sigma_B=2700-3175 \text{ Н/мм}^2$, используют сталь с 0,7 % С и 0,8 % С для типа SHT ($\Sigma_B = 3175-3400 \text{ Н/мм}^2$). Для получения металлокорда типов SHT ($\Sigma_B=3400-3600 \text{ Н/мм}^2$), УНТ ($\Sigma_B=3600-4000 \text{ Н/мм}^2$) и УУНТ ($\Sigma_B=4000 \text{ Н/мм}^2$) необходимы стали с содержанием углерода от 0,8 до 1 %.

Катанку для изготовления проволоки, из которой свивают металлокорд, фирма - "Тиссен Шталь" производит на проволочном стане завода в Дуйсбург-Хохфельде. Предпосылкой для удовлетворения высоких требований к качеству готового металлокорда является обеспечение высокой степени равномерности свойств по длине и поперечному сечению, что достигается обязательным соблюдением следующих условий;

- очень узкие пределы содержания всех элементов в химическом составе стали как данной плавки, так и между плавками;
- возможно низкое содержание в стали примесей (серы, фосфора, мышьяка и других) и остаточных элементов (хрома, меди, молибдена, никеля и других) и особенно — алюминия, обнаруживаемых обычно лишь в виде следов;
- минимальное и регулируемое содержание неметаллических включений в стали по их видам форме, размерам и количеству;
- минимизация сегрегации отдельных элементов и, особенно, — углерода;
- незначительное обезуглероживание катанки и хорошие показатели качества ее поверхности;
- равномерные по длине и поперечному сечению микроструктура и механические свойств катанки.

Производство металлокорда осуществляется под строгим контролем на всех технологических переделах. Сталь Шталькорд для металлокорда фирма

"Тиссен Шталь" выплавляет на своем металлургическом заводе в Рурорте. Чугун после обработки, для снижения до заданного минимального уровня содержания серы и фосфора, заливают в 140-т кислородный конвертер вместе со специально подобранным ломом. Продукт с очень низким содержанием примесей (особенно фосфора и серы) и остаточных элементов, а также относительно низким содержанием кислорода раскисляют сплавами высокой чистоты без применения алюминия во время выпуска плавки в разливочный ковш.

В 1991 г. для внепечной обработки стали фирма ввела в эксплуатацию в Рурорте специально построенный металлургический центр с ковшом-печью. В настоящее время фирма "Тиссен Шталь" применяет два способа внепечной обработки:

- донную продувку расплава в разливочном ковше аргоном, что обеспечивает оптималь

- ные условия для отделения включений от стали;

- обработку расплава в ковше-печи.

Благодаря обработке в ковше-печи количество неметаллических включений в стали уменьшается еще на 75 %. Сталь разливают в блюмы размером 265x385 мм на шестиручьевой УНРС криволинейного типа (радиус 12 м) с электромагнитным перемешиванием, работа которой контролируется ЭВМ.

Значительные сегрегации фосфора и углерода в стали приводят при охлаждении прокатанной из нее катанки к образованию мартенсита и/или вторичного цементита, из-за чего в процессе волочения такой катанки на проволоку в ней образуются внутренние трещины, которые при дальнейшей переработке этой проволоки вызывают обрывы. В то время как сегрегацию фосфора можно в значительной степени устранить путем снижения содержания фосфора в стали, для уменьшения сегрегации углерода требуются специальные меры.

С этой целью при производстве металлокорда типа НТ фирма применила способ системы электромагнитного перемешивания. Усовершенствование МНЛЗ позволило улучшить качество боковой поверхности слитка для заготовки сечением 300x400 мм, а также обеспечить сепарацию неметаллических

включений и увеличить вдвое их концентрацию в приосевой зоне по сравнению с зоной, расположенной на 1/4 диагонали поперечного сечения слитка. Расчеты показали, что внедрение данного технического решения позволит уменьшить на 15 % количество неметаллических включений, поступающих в слиток через мениск, улучшить качество поверхности и уменьшить глубину осцилляционных рисок в 1,5 раза.

Интенсивные работы по усовершенствованию технологии и оборудования на всех переделах производства стали и катанки, а также изготовления тончайшей проволоки и свивки ее в металлокорд обеспечили значительное улучшение качества готовой продукции.

Институтом металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН и Московским государственным вечерним металлургическим институтом, были проведены работы по теме исследования раскисления кордовой стали [2]. В данной работе была поставлена цель -разработать оптимальный вариант раскисления кордовой стали металлическими раскислителями с одновременным использованием шлаков различного состава на основе извести.

В качестве объекта исследования была выбрана кордовая сталь следующего состава: 0,56 % C; 0,25 % Si; 0,8 % Mn; 0,15 % Cr. Для раскисления применяли алюминий, кальций, цирконий, сплавы 40 % Al- 60 % Ca и 70 % Si - 30 % Ca. Металл плавил под шлаками следующих составов: 90 % CaO-10 % CaF₂; 70 % CaO-30 % CaF₂; 60 % CaO-40 % Al₂O₃.

Плавки проводили в лабораторной индукционной печи с кварцевым водоохлаждаемым корпусом. Металл массой 200 г загружали в корундовый или цирконовый тигель, который помещали в графитовый тигель, а последний располагали внутри защитного корундового тигля. Металл расплавляли в атмосфере очищенного аргона. Состав кордовой стали получали сплавленном в тигле чистых металлов с добавкой необходимого количества углерода. После расплавления металла наводили шлак заданного состава в количестве около 3 г. Состав шлакообразующей смеси выбирали так, чтобы ее компоненты соответствовали составу образующихся оксидов.

После расплавления шлака через специальные устройства в металл вводили раскислители. Температуру металла поддерживали около 1873 К. По ходу плавки отбирали пробы металла, в которых определяли содержание кислорода на приборе ТС-436 фирмы Лесо.

Минимальные содержания кислорода, ниже 0,001 %, получены в образцах, раскисленных цирконием. Раскисление силикокальцием (плавка IV) не позволило получить содержание кислорода менее 0,002 %. Применение алюмокальция и Са приводит только к кратковременному понижению содержания кислорода - при последующей выдержке концентрация кислорода возрастает. Сравнение пяти образцов показывает, что минимальное содержание кислорода достигалось в образцах, раскисленных кальцием и цирконием (II-1, V-3). Во всех образцах присутствуют включения силикатов независимо от типа раскислителей и несмотря на то, что в использованных шлаках кремнезем не содержался (таблица 3.1).

Таблица 3.1 - Тип включений в образцах кордовой стали

№ об	Раскислитель, %	Состав шлака, %	Содержание кислорода общее, %	Вид включения	[% O] во включении	Доля кислорода, %	
						связанн	в растворе
IM	Ca	90CaO-	0,00060	$Al_2O_3 \cdot SiO$	0,00019	31,5	14,0
				$CaO \cdot SiO_2$	0,00033	55,0	14,0
II	Al	60CaO-	0,0007	$Al_2O_3 \cdot SiO$	0,00015	19,3	18,0
				Al_2O_3	0,00049	62,8	18,0
I-2	40Al-	90CaO-CaF ₂	0,00340	$CaO \cdot Al_2O$	0,00018	6,5	6,0
				Al_2O_3	0,00194	70,8	6,0
				$CaO \cdot SiO_2$	0,00047	17,0	6,0
IV-	70Si-	70CaO-	0,00245	Al_2O_3	0,00073	32,7	15,0
				$CaO \cdot SiO_2$	0,00041	18,4	15,0
				$CaO \cdot Al_2O$	0,00075	33,6	15,0
V-	Zr	70CaO-	0,00056	$Al_2O_3 \cdot SiO$	0,00008	22,2	33,0
				ZrO_2	0,00016	44,4	33,0

Установлено влияние различных раскислителей на содержание кислорода в кордовой стали. Минимальное содержание кислорода достигнуто при раскислении цирконием 0,00056 %. После проведения раскисления большая часть кислорода находится в связанном виде в составе оксидных

неметаллических включений, от 67 до 94 %, и меньшая часть остается в металлическом расплаве. Остаточное содержание растворенного кислорода соответствует равновесной растворимости относительно данной концентрации раскислителя. Состав неметаллических включений адекватен типу применяемых раскислителей.

На заводе фирмы "Бритиш стил" в Тиссайте в течение многих лет в качестве стандартной системы измерения температуры применяли систему "Хереус электро-найт пози-терм" с разовым погружением термопар. Фирма "Хереус электро-найт" разработала в последнее время систему для непрерывного измерения температуры и на заводе фирмы "Бритиш стил" в Тиссайте провели испытания /5/.

В результате испытаний на всех трех установках непрерывной разливки завода в Тиссайте было установлено следующее: положение термопары является важным фактором. Лучшие результаты были получены при расположении термопары на глубине 510 мм, около выходного отверстия промежуточного ковша (на середине отрезка между стопором и боковой стенкой, и при этом обеспечивается легкий доступ для операторов; срок службы термопары составляет около 20 ч, при этом расходы на систему "Электро-найт контитерм" сравнимы с расходами на систему "Хереус электро-найт позитерм". Применение порошка для изоляции жидкой стали играет важную роль в обеспечении легкого удаления термопары в конце серийной разливки и при замене промежуточного ковша в ходе разливки; новая система обеспечивает более достоверные данные о реальной температуре стали.

При использовании системы "Электро-найт контитерм" повысился выход годной продукции установки непрерывной разливки, что связано с меньшим намерзанием металла и меньшим количеством бракованных слабов. Благодаря использованию системы "Электро-найт контитерм" снизилось количество стали, возвращаемой в кислородный конвертер, поскольку обеспечивается более точная обратная связь при прослеживании температуры стали в сталеразливочных ковшах, и при этом можно более точно регулировать температуру подаваемой стали в соответствии с реальным перегревом металла в ходе серийной непрерывной

разливки. По мере того, как было обеспечено непрерывное поступление данных о температуре стали в реальном масштабе времени, уменьшилось количество бракованного металла и количество прорывов, и это связано со своевременным предупреждением об уменьшении или увеличении перегрева стали в критические периоды такие, как периоды замены сталеразливочного ковша, изменения марки стали, замена промежуточного ковша в ходе разливки, и при этом можно обеспечить более точное регулирование скорости разливки; можно более точно контролировать изменение перегрева стали и принять нужные меры.

Эти фирмы считают, что в дальнейшем надо обеспечить автоматическое регулирование скорости разливки в зависимости от температуры стали в промежуточном ковше, а также автоматическую подачу охлаждающей проволоки в сталь в промежуточном ковше для нужного регулирования температуры. В дальнейшем намечено обеспечить увеличение срока службы термопары и уменьшение производственных издержек.

Таким образом, обеспечение системы автоматического регулирования скорости разливки, в зависимости от данных непрерывного измерения температуры и системы автоматической подачи охлаждающей проволоки, и соединение этих систем с существующей динамической системой вторичного охлаждения (она уже регулирует скорость подачи воды в зависимости, от скорости разливки), приведут к созданию интегрированной замкнутой системы, которая в свою очередь обеспечит самое высокое качество поверхности заготовки, качество внутренней части заготовки, производительность и безопасность работы установки непрерывной разливки

4 Улучшение качества кордовой стали путем электромагнитного перемешивания металла в кристаллизаторе МНЛЗ

Электромагнитное перемешивание металла в кристаллизаторе является одним из наиболее эффективных способов улучшения качества поверхности и макроструктуры непрерывнолитых сортовых заготовок. Как показал опыт, электромагнитное перемешивание препятствует росту столбчатых кристаллов, обеспечивая существенное увеличение зоны равноосных кристаллов середине заготовки, т.е. вызывает повышение равномерности и измельчение структуры. Уменьшается также число усадочных дефектов осевой части заготовки /8/. Поскольку перемешивание выравнивает состав кристаллизующегося металла, при ЭМП заметно уменьшается зональная осевая ликвация, особенно в заготовках квадратного и близкого к нему сечений.

ЭМП в кристаллизаторе часто применяют и для улучшения частоты поверхности заготовки. При этом оно создаёт либо потоки вокруг оси заготовки, либо потоки, направленные на поверхности металла от стенок кристаллизатора к оси заготовки; это предотвращает затягивание шлаковых частиц между стенками кристаллизатора и затвердевающим металлом. Поверхность заготовки получается чистой от шлаковых включений. В данном техническом проекте предлагаю установить кристаллизатор ЭМП для отливки заготовок сечением 125 x125мм показанный на рисунке 4.3, который можно установить на МНЛЗ без изменения конструкции существующей рамы механизма качания кристаллизатора и устройств подвода и отвода воды /8/.

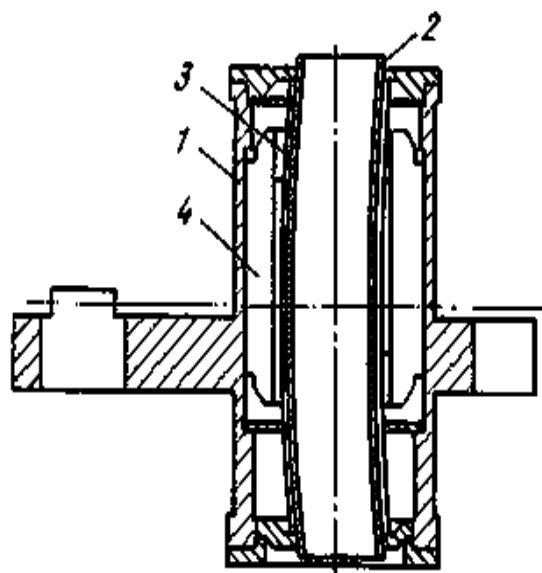


Рисунок 4.1. - Схема кристаллизатора – ЭМП для отливки кордовой стали

- 1 - корпус с торцевыми крышками;
- 2 - медная гильза;
- 3 - рубашка для охлаждающей воды;
- 4 - блок полюсов электромагнитного перемешивающего устройства с межполюсными соединениями и гибкими токопровода.

В корпус кристаллизатора встроено электромагнитное перемешивающее устройство в виде четырехполюсного статора двухфазного исполнения; при этом корпус кристаллизатора выполняет функции ярма статора /6/. Катушки ЭМП вращают жидкую фазу вокруг продольной оси заготовки и имеют следующие характеристики: сила тока-700А; рабочая частота кристаллизаторной катушки-1-5 Гц, финальной катушки-3-13 Гц. Финальная катушка имеет 5 рабочих положений по разливочной дуге - в диапазоне 5182-10766 мм от кристаллизатора.

Эффективность электромагнитного перемешивания в кристаллизаторе зависит от скорости движения расплава, при этом оптимальная скорость должна быть более некой минимальной величины, при которой шлак и неметаллические включения начинают центрифугу-

гироваться к центру мениска, и не превышать определенную максимальную величину во избежание глубокого завихрения поверхности мениска, препятствующего удалению шлака.

Известно, что на скорость потоков расплава влияет индукция магнитного поля. Теоретически рассчитать оптимальную скорость движения расплава чрезвычайно сложно.

Распределение магнитной индукции в поперечном сечении кристаллизатора показано на рисунке 4.4

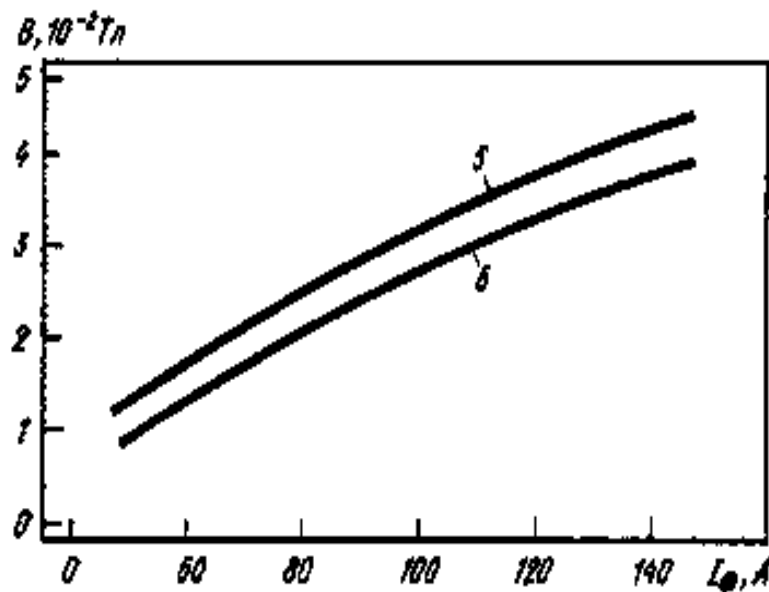


Рис 4.2. - Зависимость магнитной индукции от номинальной силы тока при частоте 5 и 6 Гц.

По данным расчёта скорость потоков расплава составляет 0,33-0,39 м/с (таблица 4.5.) и хорошо коррелирует с данными работы, в которой по результатам промышленных исследований рекомендуется линейная скорость потоков расплава 0,35-0,4 м/с. Следовательно, параметры перемешивателя рассчитаны правильно и могут обеспечить требуемую интенсивность перемешивания металла.

Таблица 4.1. - Скорость потоков расплава при различных параметрах перемешивателя.

Показатель	Частота питающего тока (при силе фазного тока 114 и 130А)					
	2	3	4	2	3	4
	(114)	(114)	(114)	(130)	(130)	(130)
Индукция магнитного поля, Тл	0,044	0,037	0,029	0,048	0,041	0,032
Скорость потоков расплава, м/с	0,33	0,36	0,33	0,35	0,39	0,36

Кристаллизатор прошел промышленные испытания для литья заготовок сечением 125x125 мм /6/. Применение катушек, ЭМП значительно изменило условия затвердевания стали в кристаллизаторе и массопереноса в двух фазной зоны, в результате расширяется зона равноосных кристаллов и приостанавливается рост столбчатых кристаллов. При электромагнитном перемешивании металла в кристаллизаторе точечная неоднородность снизилась на один балл, в 1,5-2 раза уменьшились количество и балл подкоркового пузыря, толщина поверхностного слоя, чистого от неметаллических включений, увеличилась до 14 -15 мм; с 7-8 в серийных заготовках. В 1,5-2 раза уменьшилось количество и балл подкоркового пузыря (рис.4.3,а), а также максимальный диаметр пузыря и максимальная глубина его залегания 2-2,5 раза (рис.4.3,б); наряду с этим в 2-2,5 раза увеличилось количество поверхностного пузыря (рис.4.3,в), однако при нагреве заготовок перед прокаткой поверхностный пузырь практически весь удалился с окалиной. При прокатке партии заготовок, отлитых с ЭМП, выход проволоки по классу «П» составил 85,2% , а из обычного металла (без применения ЭМП) 73,7% /6/.

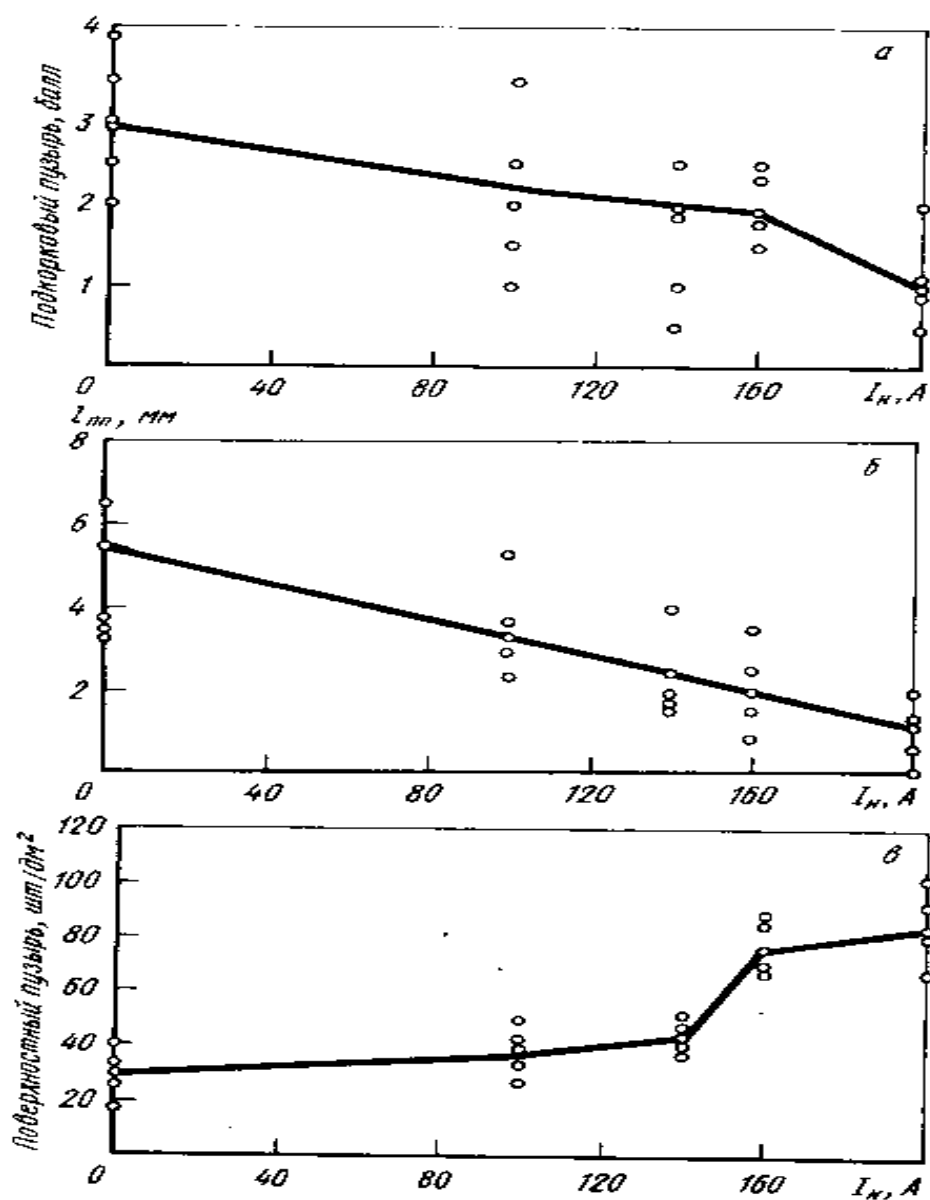


Рис 4.3. - Влияние номинальной силы тока перемешивания на размер подкоркового пузыря (а), максимальную глубину его залегания (б) и количество поверхностного пузыря (в).

5 Описание технологического процесса разливки стали на МНЛЗ -2

Подготовка МНЛЗ - 2 к разливке металла

Подготовка МНЛЗ-2 к разливке металла включает в себя /29/:

- подготовку первичной зоны охлаждения;
- подготовку системы вторичного охлаждения;
- проверку элементов поддерживающей системы секций вторичного охлаждения;
- подготовку работы механического, энергетического и электрического оборудования, приборов КИПиА и АСУТП, связи;
- подготовку ручья к разливке.

Подготовку и проверку исправного состояния затравки производят на участке ее хранения. Затравка должна быть очищена, иметь исправное крепление головки, а места соединения прошприцованы. Головка затравки должна иметь исправный паз, боковые щеки - без задиров и плотно подогнанные к корпусу головки. При повреждении головки и чрезмерном прогаре паза она должна быть заменена.

Углы кристаллизатора промазываются массой следующего состава (объемных частей): 3 части алюмосиликатного мертеля с 1 частью воды. Стенки кристаллизатора промазываются графитом с добавлением технического или рапсового масла в соотношении 1:1.

На разливочной площадке подготавливаются аварийные емкости для слива остатков металла и шлака из промковша. Все емкости должны быть сухими и очищенными от шлака и скрапа.

Шлакообразующая смесь подается на МНЛЗ-2 в специальных контейнерах или в бумажных мешках. Каждая партия шлаковой смеси проверяется на химический состав и влажность. Химический состав используемых смесей указан в приложении А.

На разливочную тележку устанавливается подготовленный промковш, зафутерованный, согласно предлагаемой технологии. Для разогрева футеровки и

погружных стаканов до температуры не менее 900 °С включаются горелки. Продолжительность разогрева промковша не должна превышать 4-х часов.

Сталеразливочный ковш с металлом после внепечной обработки с заданной температурой разливки по команде мастера или начальника смены подается на подъемно-поворотный стенд МНЛЗ-2. К штоку шиберного затвора ковша закрепляется гидроцилиндр и производится контрольное опробование работы шиберов.

Далее отключаются горелки разогрева промковша, закрываются стопора и производится визуальный осмотр состояния футеровки промковша. С помощью гидроцилиндров промковш поднимается в крайнее верхнее положение, тележка перемещается в положение разливки, погружные стаканы центрируются относительно каждого ручья, радиактивный излучатель ставится в положение "открыто".

Разливка стали

По команде мастера открывают шиберный затвор стальковша. В случае не поступления металла при открытом шиберном затворе канал сталеразливочного стакана прожигается с помощью кислородного копия. Длина загнутого конца копия должна быть не более 500 мм.

Защита струи металла из стальковша в промковш производится с помощью огнеупорной погружной трубы, которая закрепляется в манипуляторе. Подача инертного газа (аргона) в погружную трубу производится перед открытием шиберов стальковша. Расход инертного газа должен поддерживаться в пределах 25-40 л/мин по показаниям индикатора «Advisor A70» с постоянным световым сигналом зеленого цвета, разливка с сигналом красного цвета запрещается.

Защита струи металла из промковша в кристаллизатор осуществляется с помощью погружного стакана. При разливке кордовых марок сталей применяются кварцевые прямоточные или глуходонные погружные стаканы.

Стойкость кварцевых стаканов при разливке стали с массовой долей [Mn] не более 0,80 % должна составлять:

- при разливке из промежуточного ковша на 6-х ручьях - не более 3 плавов (замену стаканов производить на третьей плавке);
- при разливке из промежуточного ковша на 4-х ручьях - не более 2 плавов (замену стаканов производить на второй плавке);

Для защиты зеркала металла в промежуточном ковше используются утеплители: зола рисовой шелухи, зола рисовой лузги, утеплитель марок П-2, П-3, поставляемые в расфасованном виде по 6 и 10 кг. Присадка утеплителя в промковш производится после наполнения его металлом в количестве от 5 до 7 т. Удельный расход утеплителя для первых плавов в серии должен составлять от 0,4 до 0,6 кг, для последующих от 0,2 до 0,4 кг на одну тонну жидкой стали. Влажность утеплителей не должна превышать 1 %.

При достижении массы металла в промковше от 12 до 15 т приступают к открытию ручьев в следующей последовательности: от крайних (1,6) к средним (3,4). Уровень металла в промковше доводится до рабочего, что соответствует 700 мм его высоты, при этом масса металла в промковше должна быть не менее 18,0 т. При замене стальковша не допускается снижение массы металла в промковше менее 12 т.

Кристаллизатор наполняется металлом на высоту приблизительно 150 мм от верхнего среза плиты. В процессе наполнения кристаллизатора прирабатывают стопора и перед пуском ручья дают на зеркало металла шлакообразующую смесь.

Включается осцилляция и, убедившись, что слиток отделился от стенок кристаллизатора, начинают вытягивать его со скоростью от 0,2 до 0,3 м/мин с последующим плавным переходом на рабочую скорость 1,9 м/мин.

После запуска всех ручьев и поднятия металла в кристаллизаторах до рабочего уровня (от 75 до 95 мм от верха плит кристаллизатора) промковш опускают до погружения стакана в металл на 80-120 мм.

После выхода на рабочую скорость от 1,7 до 1,9 м/мин включается система автоматического поддержания уровня металла в кристаллизаторе (САПУ).

Колебание уровня металла в кристаллизаторе должно быть ± 5 мм от заданного значения; уровень заполнения металла в кристаллизаторе (от 75 до 80%) должен поддерживаться в течение всей разливки.

Все марки стали разливаются с применением системы автоматического поддержания уровня металла в кристаллизаторе (САПУ) и при включенных катушках электромагнитного перемешивания. Режим работы катушек ЭМП в кристаллизаторе при разливке кордовых марок сталей, устанавливается следующий: - сила тока 450 А; - частота 2 Гц.

Измерение температуры металла в промковше производится непрерывно. При температуре металла в промковше на верхнем пределе допуска, разливка производится со скоростью равной нижнему температурному пределу допуска для соответствующей марки стали и сечения заготовок.

Установка расхода воды в кристаллизаторы, по зонам вторичного охлаждения (ЗВО), рапсового масла осуществляется в соответствии с данными таблицы 4.1.

Таблица 5.1. Группы охлаждения для стали 80К.

Марки стали	Группа охлаждения	Расход воды на охлаждение при скорости разливки 1,5-3,1 м/мин, л/мин				Расход рапсового масла, мл/мин
		первичная зона	вторичная зона			
			А	В	С	
С содержанием углерода 0,20-0,85%	3	1000-1500	20-95	60-198	40-182	40

В процессе разливки расход воды на кристаллизатор регулируется автоматически в пределах от 1000 до 1500 л/мин, расход воды по секциям вторичного охлаждения также регулируется автоматически в зависимости от скорости разливки (в диапазоне) от 1,5 до 3,1 м/мин в соответствии с рисунками 1, 2, 3.

Расход рапсового масла устанавливается на каждом ручье МНЛЗ-2 в автоматическом режиме в соответствии с нормами. При разливке плавков с использованием новых гильз кристаллизаторов на первой плавке, а также при подвешивании металла в кристаллизаторе допускается увеличение расхода рапсового масла до 100мл/мин.

Отделение затравки производится механизмом отделения, далее затравка переводится в позицию хранения. Размер обрезки головной части блюма составляет 600-700 мм, а хвостовой части 1200-1700 мм. Порез заготовки на мерную длину осуществляется, согласно задания производственного отдела.

По окончании разливки плавки шиберный затвор сталеразливочного ковша закрывается и ковш снимается с подъемно-поворотного стенда. Продолжая разливку, в промежуточный ковш добавляется 0,2-0,4 кг утеплителя на 1 т жидкой стали. За 1 м до мерной длины заготовки скорость на ручье снижается от 0,2 до 0,3 м/мин. После выхода заготовки из кристаллизатора скорость на ручье доводится до рабочей. Излучатель переводится в положение "закрыто". Разливка на ручьях прекращается с учетом получения кратных заготовок и остатка металла в промковше массой от 3 до 5 т. После закрытия шибера и разливки 5 т металла (соответствует опорожнению ковша на 1/2 его высоты) производят последовательное закрытие стаканов-дозаторов по схеме 1,6-2,5-3,4 с помощью стопоров-моноблоков. Стаканы-дозаторы закрываются в момент получения мерной заготовки на ручье. На двух последних, оставшихся ручьях, металл разливается до появления шлака.

Разливка металла по способу "плавка на плавку"

Количество плавков, разливаемых методом "плавка на плавку" через один промковш, определяется состоянием его футеровки, стопоров и стаканов. Промежуточный ковш перед сменой сталеразливочного ковша наполняется металлом до максимально допустимой высоты.

Сталеразливочный ковш с очередной плавкой должен быть подан на подъемно-поворотный стенд МНЛЗ-2 до окончания разливки предыдущей плавки. Смена стальковшей осуществляется путем вращения стенда

Технология замены промежуточного ковша включает в себя следующие операции:

- при остатке металла в промковше от 3-х до 5-ти т закрываются стопора и прекращается вытягивание блюмов;
- промковш перемещается в нерабочее положение;
- толщина шлакового покрытия в кристаллизаторе доводится до 60-70 мм (визуально);
- расход воды в первичной зоне устанавливается минимальный - 1100 л/мин;
- закрывается вода на вторичное охлаждение;
- переводится в положение разливки предварительно подготовленный промковш;
- производится запуск МНЛЗ-2.

На период остановки ручья катушка ЭМП в кристаллизаторе отключается.

При нарушении технологии разливки кордовых марок стали, а именно: несоответствии ТК и приложений к ним по применяемым ШОС, опускание уровня металла в кристаллизаторе ниже 75%, опускание уровня металла в промковше ниже 12т в течение более 5 минут, разливка кордовых марок без САПУ и катушек ЭМП - в паспорте посадки плавки делается отметка на проведение испытаний на макро при удвоенном количестве проб. В паспорте посадки делается отметка, обо всех нарушениях по технологии внепечной обработки и разливки стали.

Отбор проб и измерение температуры металла

По ходу разливки стали разливщик, обслуживающий шибер стальковша, отбирает из промковша три пробы металла для определения химсостава, после отливки 15-20, 45-55 и 85-90 т. Все пробы маркируются в соответствии с заявкой

контролера ОТК в последовательности их отбора номерами 81, 82, 83 и отправляются по пневмопочте в ЦЗЛ на экспресс-анализ. При горячем посаде плавки назначаются по 81 пробе. Проба 82 является основной маркировочной, пробы 81, 83 - контрольные.

Измерение температуры металла в стальковше производится сверху через шлак перед постановкой его на поворотный стенд. Контроль температуры металла в промковше производится в течение всей разливки с помощью прибора непрерывного изамерения. Термопару погружают в металл на глубину не менее 200 мм.

Заключение

Изучил в практических условиях металлургические процессы, принципы работы технологического оборудования металлургического предприятия. Практически изучил средства механизации, защиты и автоматизации технических объектов, технологических процессов плавки и разливки металла, термической обработки сплавов. Приобрёл практические навыки по обслуживанию, ремонту и профилактике оборудования. Приобрёл практические и теоретические знания по производственным технологиям и оборудованию в металлургической отрасли. Закрепил знания и умения, полученные в процессе практики.

Список используемой литературы

1. БМЗ на рубеже XXI века. В.В. Филиппов. // Сталь. – 2001. – № 6.
2. Воскобойников В.Г., Кудрин В.А, Якушев А.М. Общая металлургия. Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1998.- 751с.
3. Поволоцкий Д. Я., Кудрин В.А., Вишкарёв А.Ф. Внепечная обработка стали – М.: «МИСИС», 1995. – 256 с.
4. Попандопуло И. К., Михневич Ю.Ф. Непрерывная разливка стали. – М.: Металлургия, 1990. – 296 с.
5. Григорьев В.П., Нечкин Ю.М., Егоров А.В. и др. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства. – М.: МИСИС, 1995. – 512с.
6. ТИ 840-С-20-2000. Внепечная обработка углеродистой, легированной конструкционной стали. Технологическая инструкция - Жлобин, 2000.
7. ТИ 840-С-03-2000. Выплавка стали в 100 - тонной дуговой электропечи №3. Технологическая инструкция- Жлобин, 2000
8. ТИ 840-С1-08-2002. Непрерывная разливка стали на МНЛЗ-3. Технологическая инструкция-Жлобин, 2002.
9. Малькевич М.М., Вербовой И. В., Бурчков Л. П. Пособие общественного инспектора по охране труда.- 2-е изд. перераб. и доп. СП-б., Универсал, 2001.- 45с.
10. Общая инструкция по охране труда для работающих на РУП «БМЗ». БТИ 33-01-2000. г. Жлобин, 2000. 72с.
11. Инструкция по охране труда для сталеваров, подручных сталевара ДСП-1. БТИ 59-01-2001. г. Жлобин, 2001.