

Лекция 44

Тема: Сущность и преимущества непрерывного развития стали. Типы машин непрерывного литья заготовок. Назначение и устройство основных узлов МНЛЗ

План лекции

1. Сущность и преимущества непрерывной разливки стали
2. Типы машин непрерывной разливки стали
3. Схема затравки для отливки непрерывного слитка

Сущность непрерывной разливки. Современное состояние непрерывной разливки в мире и на Украине. Преимущества и недостатки непрерывного литья.

Непрерывная разливка стали является одним из важнейших элементов современного сталеплавильного производства, обеспечивая значительную экономию металла, энергоресурсов, улучшение экологии и повышение качества металлопродукции.

Целью непрерывной разливки стали, является получение заготовок высокого качества – однородных как в пределах одной разлитой плавки, так и по сечению, свободных от сегрегации и усадочной раковины, с мелкозернистой, благоприятной для дальнейшей обработки первичной структурой, с хорошей поверхностью, незначительными отходами.

Идеи непрерывной разливки с некоторыми допущениями технического характера впервые были сформулированы в патентах Дж. Селлера (1840 г.), Ж. Лэинга (1843 г.) и Г. Бессемера (1846 г.). Однако в этих патентах (как и во многих последующих) отсутствовал принцип сообщения кристаллизатору возвратно-поступательных движений в ходе разливки стали.

Генри Бессемеру удалось, при помощи его первой разливочной машины, состоящей из 2-х вращающихся валков, где металл кристаллизовался, а затем подвергался деформации, получить короткую листовую полосу.

Идея была усовершенствована и позволила разработать машины непрерывного литья цветных металлов через охлаждаемые водой, неподвижные изложницы. Сначала непрерывную разливку применяли лишь при литье меди и алюминия.

Сложность освоения непрерывной разливки стали была связана с ее теплофизическими свойствами при высокой температуре: низкой теплопроводностью, высокой температурой плавления и др.

При применении к стали методов, разработанных для непрерывного литья цветных металлов, были выявлены основные недостатки процесса:

- более высокое трение;

- прилипание корки слитка к стенкам гильз;
- обрывы корки слитка под кристаллизатором.

В 1933 г. Юнганс впервые применил вертикальное качательное движение кристаллизатора, что позволило нивелировать выявленные недостатки, дало ход дальнейшему развитию процесса непрерывной разливки стали.

Первые полупромышленные установки (в основном вертикального типа) были сооружены в 1946 г. - на заводе в г. Лоу Мур (Великобритания), в 1948 г. – на фирме “Бабкок и Уилкок” (Бивер Фолс, США), в 1950 г. – на фирме Маннесманн АГ (Дуйсбург, Германия) [2]. На этих машинах сначала отливали столб металла, после чего его резали на мерные длины.

В СССР первая опытная МНЛЗ вертикального типа ПН-1-2 проекта ЦНИИЧерМет была сооружена в 1945 г. и предназначалась для отливки заготовок круглого и квадратного сечения (до 200 мм). Первая наклонная МНЛЗ была сооружена на заводе “Серп и молот” в конце 1949 года (машина М.Ф. Голдобина) на которой в течение 5 лет было отлито 9500 т стали. В 1951 году в мартеновском цехе Бежецкого машиностроительного завода была сооружена еще одна опытно-промышленная машина непрерывной разливки наклонного типа для отливки квадратной заготовки.

С 1951 года на заводе “Красный Октябрь” начала работать первая в СССР установка непрерывной разливки вертикального типа. В бывшем СССР наблюдалась тенденция к строительству преимущественно слябовых МНЛЗ, а в развитых зарубежных странах (Япония, США и особенно Италия) большее число МНЛЗ предназначалось для отливки мелких сортовых заготовок, что объясняется быстрым ростом и развитием мини-заводов, неотъемлемым элементом которых являются сортовые МНЛЗ.

На сортовых и блюмовых машинах отливают квадратные заготовки и прямоугольные с небольшим отношением сторон (до 600х670 мм), а также круглые и полые заготовки, фасонные блочные, шести-восьмигранные слитки. Максимальное сечение слябов составляет 250х3200 мм, а диаметр круглых заготовок 600мм.

Конкурентоспособность продукции отечественной черной металлургии низка в основном из-за высокого расхода материальных и энергетических ресурсов. Это подтверждается например, расходом стали на готовый прокат который в конце 90-х годов составлял около 1250 кг/т, против 1047 кг/т в Японии и 1045 кг/т в Германии, а потребление энергии более чем на 30% выше, чем в отмеченных странах.

Такие отличия связаны в основном с низкой долей непрерывной разливки, нерациональной структурой сталеплавильного производства (большая доля мартеновской стали), отсталым техническим уровнем прокатного производства, низким содержанием железа в железорудной части доменной шихты (на 5% меньше чем в Японии) и др.

Принцип непрерывной разливки (НР) заключается в том, что жидкая сталь из сталеразливочного ковша поступает в промежуточный ковш, а далее в интенсивно охлаждаемую, сквозную форму прямоугольного, квадратного или круглого сечения – кристаллизатор, где происходит частичное затвердевание непрерывно вытягиваемого слитка и образуется оболочка заполненная жидкой сталью по форме и сечению, отвечающая готовой заготовке. Частично затвердевшая заготовка с помощью транспортирующей системы – тянущей клетки поступает в зону вторичного

охлаждения, где происходит полное затвердевание заготовок. Затвердевший слиток режется на мерные длины и с помощью рольганга или других транспортных средств направляется в прокатный цех или на склад.

При подготовке МНЛЗ к разливке в каждом кристаллизаторе с помощью специального устройства – затравки устраивается сплошное дно. Верхний конец затравки, имеющий пазы, вводится в кристаллизатор, ее противоположный конец находится в зацеплении с тянущим устройством. По мере наполнения кристаллизатора металл затекает в пазы и, быстро затвердевая, образует прочное сцепление с затравкой. Затем включается тянущее устройство и частично затвердевший металл (твердая оболочка с жидкой сердцевиной) вытягивается в зону вторичного охлаждения.

Для образования прочной оболочки – корки металла стенки кристаллизатора изготавливаются из материала, обладающего высокой теплопроводностью, и интенсивно охлаждаются водой. Для уменьшения трения между коркой (оболочкой) твердого металла и стенками кристаллизатора, предотвращения смачивания стенок кристаллизатора жидкой сталью и создания нейтральной или восстановительной атмосферы, на поверхность металла в кристаллизаторе вводят твердую или жидкую смазку в виде различных масел, углеводородов, а также могут использоваться экзотермические, или теплоизолирующие шлаковые смеси. Наряду с этим для предотвращения разрыва оболочки и прилипания корки металла к стенкам кристаллизатора последний совершает возвратно-поступательное движение (качание) с помощью специальных механизмов.

Из кристаллизатора, как уже указывалось, частично затвердевший слиток попадает в зону вторичного охлаждения, которая состоит из опорных элементов и устройств, обеспечивающих охлаждение слитка. Опорные элементы должны предотвращать деформацию оболочки слитка и искажение ее формы под действием ферростатического давления. Охлаждение осуществляется обычно орошением поверхности слитка водой, расход которой зависит от разливаемой марки стали и скорости вытягивания слитка.

После того как полностью затвердевший слиток в месте соединения с затравкой выходит из тянущего устройства, затравка отсоединяется от слитка и убирается специальным механизмом, а слиток поступает в устройство для резки. По окончании разливки остатки слитка выводятся из машины, убирается промежуточный ковш, проводится контроль и настройка действия механизмов и системы охлаждения, затем вновь вводится затравка.

В середине 60-х годов конструкции машин непрерывного литья стали были достаточно простыми и 80 % слябовых, блюмовых и сортовых установок были вертикальными. В дальнейшем их начали заменять криволинейные машины, и в середине семидесятых годов около 80 % слябовых, 70 % блюмовых и сортовых установок, вводимых в эксплуатацию, были криволинейного типа.

Далее началось внедрение установок более сложной геометрии – с применением постепенного распрямления и изгиба слитка. Такое развитие отражало потребность в более производительных машинах, более высоких скоростях разливки и тенденцию к применению машин большей длины.

В настоящее время преимущества непрерывного литья стали широко признаны. Данным способом разливается около 85 % производимой в мире стали, а общее число установок составляет 1750 штук при количестве ручьев более 5500

штук. Ожидается, что практически полное оснащение предприятий черной металлургии МНЛЗ произойдет, примерно, к 2020 г.

Установки для непрерывной отливки заготовок различных типоразмеров работают более чем в 90 странах мира. Для ведущих мировых производителей стали доля метода непрерывной разливки в общем объеме производства стальной заготовки имеет следующие значения: Япония – 96-97%, США – 93-94%, Китай – 54-55%, страны ЕС – 95-96%, страны СНГ – 35-37% (в том числе Россия – 45-50%, Украина – 20-22%), Бразилия – 72-74%, Индия – 42-43%.

Анализируя путь, который прошла непрерывная разливка стали в течение последних 40-45 лет, следует выделить несколько решающих этапов.

На первом этапе (50-е - середина 60-х годов XX века) осуществлялась теоретическая проработка и промышленное оформление способа непрерывной разливки стали, что позволило создать объективные предпосылки для уверенного выхода на рынок новых технологий.

Второй этап (60-е - начало 70-х годов) характеризуется быстрым внедрением МНЛЗ на многих металлургических заводах промышленно развитых стран мира. В этот период производителям МНЛЗ пришлось конкурировать с консервативным, но сравнительно дешевым, процессом разливки стали в слитки. Со временем показатели, достигаемые при непрерывной разливке стали, заметно превзошли лучшие показатели разливки в слитки.

Третий этап (70-е - 80-е годы) характеризуется двумя основными тенденциями: реконструкция сталеплавильных цехов с целью их оснащения МНЛЗ и адаптация процесса МНЛЗ к различным типам заготовки, используемым в прокатном производстве (сортовая заготовка и блюм, сляб, фасонная заготовка, круг и т.п.). Но стратегически более важное значение приобрела тенденция строительства новых сталеплавильных цехов и металлургических заводов со 100% непрерывной разливкой стали, в первую очередь, на слябы и блюмы с использованием доводки металла в ковше с целью ее рафинирования, модифицирования и легирования. Наиболее значимым было совмещение слябовых и блюмовых машин непрерывной разливки стали с кислородными конвертерами, внедрение в производство различных конструкций МНЛЗ, технологий разливки, комплексных систем автоматизации.

Четвертый этап (80-90-е годы) характеризуется снижением темпов роста объемов производства стали в мире и практически полным отсутствием прироста в ведущих металлургических странах. Сравнение объемов производства стали в десяти ведущих странах мира, свидетельствует о том, что в последнее десятилетие основной прирост был достигнут, главным образом, за счет КНР и Южной Кореи.

Производство слябов толщиной 180-350 мм осуществляется, главным образом, с применением технологической схемы: доменная печь – конвертер – внепечная обработка – непрерывная разливка – прокатный стан. Вместе с тем в последнее десятилетие все большее применение получают МНЛЗ для отливки слябов средней (100-150 мм) толщины и тонких слябов (около 50-60 мм и менее). На Японию, США, КНР, Германию, Корею и Россию приходится более двух третей общего объема производства слябов в мире. Сейчас в мире насчитывается более 500 (свыше 700 ручьев) слябовых МНЛЗ.

Сегодня предпочтение отдается МНЛЗ с вертикальным кристаллизатором, что обеспечивает повышение качества заготовки при одновременном увеличении

производительности 1,4-1,5 раза; криволинейная схема технологической линии МНЛЗ имеет многоточечные загибы и разгибы; предусматривается возможность изменения ширины заготовки в процессе разливки; увеличивается емкость проковша до 40-50 тонн; используется непрерывный замер температуры металла в проковше и в отдельных зонах движения заготовки; расширяется применение подогрева металла в проковше; часть операций по доводке стали переносится в проковш (продувка аргоном, обработка порошковой проволокой, подогрев металла и т.п.); ужесточаются требования к защите стали от вторичного окисления; все большее распространение получает технология "мягкого" обжатия металла в ЗВО; применяется электромагнитное перемешивание металла ниже кристаллизатора; уменьшается диаметр поддерживающих роликов в ЗВО; используется система автоматического контроля уровня металла в кристаллизаторе и автоматической подачи ШОС в кристаллизатор.

Получают распространение литейно-прокатные модули для разливки слябов средней толщины, обеспечивающие высокое качество продукции, получение слябов шириной свыше 2500 мм, уменьшение затрат энергии и металла в ходе последующего прокатного передела и пр. Тонкие слябы могут иметь ограниченное применение в силу сравнительно низкого качества. Однако в этом случае появляется возможность создания мини-заводов по производству небольших объемов листового проката в удаленных от основных производителей листа странах. В настоящее время таких МНЛЗ насчитывается чуть более сорока, из которых около двух третей находится в США и развивающихся странах.

Непрерывная разливка стали *на сортовую заготовку* сечением 100-180 мм связана с распространением мини-заводов, так как обеспечивает значительно возросшую производительность электропечей. Развитию этого направления способствовало: повышение производительности МНЛЗ за счет увеличения числа ручьев (до 6-8) при повышении скорости разливки; повышение качества заготовки за счет автоматизации процесса разливки; создание модулей в составе ЭДП, печиков и МНЛЗ.

Современная сортовая МНЛЗ имеет: производительность на один ручей – до 250 тыс.т стали в год; скорость разливки – до 6 м/мин; закрытую струю; удлиненный параболический кристаллизатор; 2 и более точек разгиба заготовки, 4-6 (иногда 7-8) ручьев, 3 или 4 секции ЗВО (последняя вода-воздух); электромагнитное перемешивание в кристаллизаторе; автоматический контроль уровня металла в кристаллизаторе; гидравлический механизм качания кристаллизатора.

Производство крупных заготовок прямоугольного, квадратного, круглого и фасонного (балка) сечений развивается в последние годы в направлении повышения качества заготовки при повышении производительности МНЛЗ. Мировое производство непрерывнолитых блюмов оценивается на уровне 120-130 млн. т в год. На начало 1998 г. в мире насчитывалось примерно 270 блюмовых МНЛЗ, около 45 машин для разливки крупной фасонной заготовки и 90-95 машин для получения круглой заготовки.

В последнее время также полностью оформилась тенденция создания комбинированных МНЛЗ, позволяющих одновременно разливать несколько различных сечений заготовок.

Марочный сортамент разливаемых сталей охватывает практически всю продукцию современного прокатного и частично кузнечно-штамповочного

производства, начиная от рядовых сталей для изготовления строительных профилей и арматуры до продукции специального назначения.

На современных установках непрерывного литья стали обычно разливается 1 млн. и более тонн стали в год.

Преимущества установок непрерывного литья стали по сравнению с разливкой стали в изложницы обусловлены следующим:

– **снижение капиталовложений** (за счет сокращения площадей под оборудование на 30-35%, а в некоторых случаях до 50%). При традиционном способе разливки металл выплавляется в печи, слитки отливаются в изложницы после чего охлаждаются и после извлечения направляются в нагревательные колодцы для нагрева под прокатку на блюминге (слябинге) в заготовки. Непрерывная разливка предполагает выплавку стали в печи, отливку заготовок на МНЛЗ и их охлаждение. Таким образом, отпадает необходимость в большом парке изложниц и сталеразливочных тележек, в применении стрипперных кранов и стационарных машин для извлечения слитков из изложниц, установок для охлаждения и подготовки составов с изложницами, в установке центровых и поддонов. В отличие от обычного способа разливки стали, непрерывная разливка позволяет отливать со значительной скоростью заготовку высокого качества и относительно небольшого сечения, что устраняет необходимость в установке обжимного стана и выполнения целого ряда дополнительных операций по обработке металла. Использование МНЛЗ дает возможность поэтапного развития предприятий. Рентабельная работа блюминга или слябинга возможна лишь при значительном объеме производства. МНЛЗ могут быть построены для любого объема производства. Последующее расширение мощностей может быть достигнуто в результате сооружения соответствующего числа МНЛЗ;

– **экономия сырьевых и энергетических ресурсов** (расход электроэнергии сокращается на 75-80 % по сравнению с обычной технологией). При производстве катанных заготовок, имеющих сечение, равное сечению непрерывнолитой слитка, в процессе нагрева под прокатку расходуется 90% всей энергии, которая требуется на передел обычных слитков в полуфабрикат, в зависимости от технологии нагрева (холодный или горячий всад в нагревательную печь). Таким образом, непрерывная разливка позволяет сокращать расход энергии на 605 МДж/т заготовки при доле горячего всада слитков 90% и на 1547 МДж/т при доле холодного всада 100%;

– **высокая производительность;**

– **оптимальное сочетание с работой прокатных станов.** На современных листовых станах масса рулона достигает 270 кг на 1 см ширины. Для современных станов производительность ограничивается необходимостью крупных слитков для получения слябов большой массы. Это возможно в результате увеличения его толщины, ширины и высоты, что в свою очередь требует увеличения высоты разливочных площадок, подкрановых путей, глубины колодцев, грузоподъемности кранов.

МНЛЗ решает эту проблему;

– **высокое качество продукции** (повышение кристаллической однородности слитка, снижение уровня ликвации). По мере увеличения массы обычных слитков возрастает ликвация элементов, как в поперечном, так и в продольном направлении. В слитках МНЛЗ сечение которых близко к обжатой заготовке ликвация в поперечном сечении развита слабо, а в продольном отсутствует. Повышается

кристаллическая однородность слитка, измельчаются неметаллические включения. Все это способствует получению однородных механических свойств по длине катанного металла и сокращению коэффициентов запаса при расчетах металлоконструкций на прочность, что даст дополнительную экономию металла. Грани непрерывнолитых заготовок прямолинейны, что трудно достичь при прокатке обычного слитка. Это облегчает транспортировку, складирование, нагрев и дальнейшую обработку заготовок;

- **повышение выхода годного металла** (за счет серийной разливки, снижения величины обрезки металла) **на 10-20%**;

- **сокращение обслуживающего персонала на 20% человеко-часов на одну тонну слябов**;

- **улучшение экологической обстановки.** Запыленность воздуха на “канаве” гораздо выше, а на МНЛЗ ниже ПДК. Содержание СО на “канаве” выше, в 70% проб МНЛЗ не обнаружено, а в 30% ниже ПДК. Практически исключается загрязнение воды так как охлаждающая вода используемая для кристаллизатора и механизмов МНЛЗ циркулирует по замкнутым оборотным системам водоснабжения, а для очистки воды расходуемой на зону вторичного охлаждения применяются отстойники и флотационные устройства;

- **улучшение условий труда.** Устраняются такие тяжелые работы как уборка скрапа и боя огнеупоров, укладка сифонных проводок, установка изложниц, процесс непрерывной разливки стали, может быть полностью автоматизирован. При обычной разливке рабочие подвергаются воздействию значительных потоков лучистой энергии, брызг расплавленного металла, продуктов сгорания смазки изложниц, пыли огнеупорных материалов.

Не смотря на очевидные преимущества процесса непрерывного литья можно отметить некоторые факторы сдерживающие его повсеместное применение. Имеются определенные трудности при разливке полуспокойных и кипящих сталей, некоторых марок автоматных, легированных и нержавеющей сталей. Особенно это характерно производству толстых листов. Среди этих факторов можно выделить следующие:

- **определенная минимальная степень обжата в зависимости от марки стали и толщины сляба.** По опыту многих исследователей для сталей большинства марок при производстве листов с необходимой структурой и качеством поверхности требуется обеспечивать как минимум четырехкратное обжатие.

Стали отдельных марок требуют больших обжатий для удовлетворения более жестких требований и в том случае, если сталь склонна к образованию дефектов поверхности в процессе непрерывной разливки;

- масса сляба не позволяет получать весьма тяжелые листы;

- заказы на небольшие партии металла ограничивают экономические преимущества непрерывной разливки.

Классификация МНЛЗ, конструкция и назначение их основных узлов. Сталеразливочный стенд. Промежуточный ковш.

По типу заготовки МНЛЗ делятся на слябовые, блюмовые и сортовые. Заготовки, отливаемые на слябовых машинах, имеют форму поперечного сечения в

виде прямоугольника с соотношением длинной стороны к короткой более 3...4. На блюмовых и сортовых МНЛЗ отливают заготовки в виде круга, квадрата или прямоугольника с малым отношением сторон. Заготовки с размером стороны больше 200 мм обычно называются блюмами, с меньшим размером – сортовыми заготовками.

По принципу работы различают установки непрерывной разливки и полунепрерывного литья. На машинах непрерывной разливки слиток режется на заготовки мерной длины, что позволяет разливать плавки сериями методом плавка на плавку. При полунепрерывном литье длина заготовки обусловлена конструктивными особенностями – ходом механизма вытягивания, который выбирается из соображения упрощения и удешевления машины в данных условиях производства. Порезка слитка, если это необходимо, осуществляется вне машины.

По составу различают одно- и многоручьевые МНЛЗ. Увеличение производительности установки достигается разливкой металла из сталеразливочного ковша в несколько кристаллизаторов. Обычно сортовые машины имеют четыре – восемь ручьев, а слябовые – два. В последнее время изготавливаются слябовые машины с четырьмя ручьями.

Непрерывные слитки из разных ручьев могут вытягиваться с помощью тянущих клетей общим приводом или с установкой привода на каждый ручей. Недостатком машин с общим приводом является возможность выхода ручья из строя в процессе разливки при неполадках. Поэтому в современных машинах каждый ручей, как правило, оборудуется собственным приводом.

По характеру движения кристаллизатора различаются следующие типы МНЛЗ:

- с неподвижным кристаллизатором (к ним относится горизонтальная МНЛЗ);
- с возвратно-поступательным движением, когда кристаллизатор определенный период движется одновременно со слитком или, опережая его, а затем возвращается в начальное положение (к этому типу машин относится основное количество установок непрерывной разливки стали);

- с кристаллизатором,двигающимся со скоростью слитка, что обеспечивает отсутствие скольжения оболочки слитка относительно кристаллизатора и, следовательно, трения между ними, а также снижает вероятность разрыва оболочки при высоких скоростях разливки, (к этому типу МНЛЗ относится так называемая роторная машина, где скорость разливки в 2...3 раза выше, чем скорость на обычных установках).

По расположению технологической оси установки непрерывной разливки стали делятся на машины с постоянной кривизной оси до окончания затвердевания слитка и машины с технологической осью на участке затвердевания слитка переменной кривизны.

К машинам с постоянной кривизной технологической оси относятся:

- вертикальные и вертикальные с изгибом, изгиб слитка осуществляется после полного затвердевания для вывода технологической оси в горизонтальное положение.

Ограничением для эксплуатации вертикальных МНЛЗ являются малые скорости разливки и соответственно производительность установок. Это обусловлено тем, что с ростом скорости литья возрастает металлургическая длина (глубина лунки жидкого металла), а увеличение металлургической длины

вертикальных машин ведет к росту ферростатического давления жидкой фазы и нагрузок на опорные элементы системы зоны вторичного охлаждения. Все это приводит к значительному росту массы оборудования, строительству глубоких колодцев или высоких башен. Опыт эксплуатации вертикальных МНЛЗ показывает, что их целесообразно применять при металлургической длине установки, не превышающей 12...14 м;

- радиальные, имеющие постоянный радиус кривизны на участке затвердевания металла. В этом случае металлургическая длина МНЛЗ при том же ферростатическом давлении увеличивается в $\pi/2$ раз, вследствие чего возрастает скорость разливки и производительность машины;

- наклонно-прямолинейные и наклонно-радиальные. Значительное снижение высоты машины и следовательно ферростатического давления позволяет значительно уменьшить массу оборудования МНЛЗ и соответственно его стоимость;

- горизонтальные МНЛЗ. Технологическая ось машины располагается под углом 7...12° к горизонтам. Имеет те же преимущества, что и наклонные машины.

К машинам с технологической осью переменного радиуса относятся:

- криволинейные МНЛЗ с радиальным кристаллизатором, имеющие кристаллизатор и часть зоны вторичного охлаждения с постоянной кривизной и участок переменной кривизны, где происходит плавное выпрямление с жидкой сердцевинной. Такие машины при общей высоте (как вертикальные, так и радиальные) могут иметь значительно большую длину (до 40 м) и соответственно более высокую производительность;

- криволинейные МНЛЗ с вертикальным кристаллизатором, в которых после небольшого вертикального участка зона вторичного охлаждения (ЗВО) имеет участок изгиба слитка, радиальный участок и участок выпрямления слитка. Выпрямление слитка может проводиться после его полного или частичного затвердевания.

Следует отметить, что в странах СНГ в настоящее время преимущественно эксплуатируются радиальные и криволинейные МНЛЗ. В конвертерных цехах, как правило, устанавливаются криволинейные МНЛЗ, а в электросталеплавильных цехах, выплавляющих стали более сложных марок, радиальные. В мартеновских цехах небольшой производительности устанавливаются горизонтальные МНЛЗ. Проектируется установка в ряде цехов криволинейных МНЛЗ с вертикальным кристаллизатором, наклонно-радиальных и роторных МНЛЗ.

На МНЛЗ первых конструкций разливку стали, производили с использованием разливочного крана, обеспечивающего перемещение ковша и его удержание в период заполнения металлом промежуточного ковша. Такой способ практически не применим для отделений с несколькими машинами из-за длительного задерживания разливочных кранов и необходимости увеличения их числа, трудности организации грузопотоков сталеплавильного цеха.

На современных МНЛЗ для разливки применяют **сталеразливочные стенды**, которые не только обеспечивают выполнение всех необходимых операций, но и создают большую автономность машин, позволяют осуществить передачу ковшей из одного пролета здания в другой, обеспечивают более оперативное управление при возникновении неполадок в работе и лучшее наблюдение за процессом заполнения промежуточных ковшей и кристаллизаторов.

По конструкции и принципу работы сталеразливочные станды разделяют на два типа – мостовые и поворотные. В зависимости от связи между движениями ковшей различают станды с одновременным и раздельным вертикальными перемещениями. Более предпочтительно использование стандов снабженных индивидуальными механизмами вертикального перемещения ковшей, которые обеспечивают большую гибкость и безопасность в работе. В последнее время отечественные машины все чаще оборудуются поворотными стандами.

Сталеразливочный подъёмно-поворотный станд представляет собой стационарно установленное двухпозиционное устройство подъёмно-поворотного типа.

Станд предназначен для размещения на нем сталеразливочных ковшей, передачу их из резервного положения в положение разливки и обратно, подъема и опускания ковшей при разливке, а также для непрерывного взвешивания ковшей с металлом.

Конструкция станда обеспечивает перемещение сталеразливочного ковша при аварийном отключении электроэнергии с помощью резервного привода.

Станд спроектирован таким образом, что может выдержать любую комбинацию нагрузок, а именно:

- один рычаг с полным ковшом и один без нагрузки;
- один рычаг с полным ковшом и другой с пустым ковшом;
- оба рычага с наполненными ковшами.

На разливочной площадке обычно располагаются две полупортальные **тележки для промежуточных ковшей**.

Тележка служит для удержания промежуточного ковша при разливке и его перемещения из резервной позиции в рабочую.

В резервной позиции тележки осуществляется центровка, разогрев футеровки промежуточного ковша и разогрев каналов дозаторов.

Механизмы тележки промковша обеспечивают подъём, опускание и центрирование промежуточного ковша в направлении продольной оси МНЛЗ. Тележки оборудованы устройствами, обеспечивающими непрерывное взвешивание промковша.

На балке тележки под промковшом устанавливаются отсечные поворотные желоба.

Конструкция и вместимость **промежуточного ковша** в значительной степени определяют стабильность процесса разливки стали и качество слитка.

Промежуточный ковш обеспечивает поступление металла в кристаллизатор с определенным расходом и, обеспечивая хорошо организованную струю, позволяет разливать сталь в несколько кристаллизаторов одновременно и осуществлять серийную разливку методом плавка на плавку при смене сталеразливочных ковшей без прекращения и снижения скорости разливки. Промежуточный ковш является буферной емкостью, так как с его помощью согласовывается поступление металла из сталеразливочного ковша в кристаллизатор. При этом обеспечиваются усреднение поступающей порции металла и предотвращение попадания шлака в кристаллизатор. Конструкция промежуточного ковша должна обеспечивать минимальные потери теплоты.

Наилучшая организация струи истекающего металла из промежуточного ковша обеспечивается при поддержании уровня металла в ковше, равном 600...700

мм. Более высокий уровень металла в ковше излишне турбулизует струю металла, а меньший делает ее менее наполненной, уменьшает время пребывания металла в ковше и затрудняет работу при разливке металла сериями. Наличие шлака в промежуточном ковше создает опасность попадания его в кристаллизатор. Поэтому в промежуточном ковше особенно при смене сталеразливочных ковшей необходимо иметь запас металла слоем 250...300 мм для предотвращения образования воронок при истечении металла.

Запас металла, находящийся между двумя уровнями, должен обеспечивать смену сталеразливочных ковшей без изменения скорости разливки.

За время, которое металл находится в промежуточном ковше, происходит не только перемешивание металла, но и некоторая очистка стали от неметаллических включений. Поэтому на отечественных МНЛЗ с учетом разливки методом плавки на плавку металл в промежуточном ковше находится в течении 5...10 мин. В последние годы для получения более чистого металла по неметаллическим включениям и обеспечения требуемого температурного режима продолжительность нахождения металла в ковше увеличивают за счет повышения вместимости промежуточного ковша путем увеличения уровня металла в нем до 800...1100 мм и даже 1300 мм.

Постоянство расхода металла может обеспечиваться или соответствующим размером канала стакана-дозатора при соответствующем уровне металла в ковше, или изменением размера отверстия при постоянном уровне металла.

Промежуточный ковш выполняется сварным из стальных листов, футеруется огнеупорными материалами. Для уменьшения тепловых потерь он снабжен крышкой, футерованной кирпичом или набивной огнеупорной массой. В ряде случаев применяют цельнометаллические крышки, изготовленные из слябов или плит. В крышках имеются отверстия для ввода защитной трубы, через которую поступает металл из сталеразливочного ковша в промежуточный, и отверстия для установки горелок для разогрева ковша.

Для уменьшения воздействия статических и динамических нагрузок, воздействия термических напряжений металлические стены, как правило, выполняются ребристыми. В области воздействия струи металла из сталеразливочного ковша увеличена толщина корпуса, кроме того, корпус имеет наружное кольцо жесткости, в котором закреплены цапфы для транспортировки ковша.

Струя металла регулируется обычно стопорным механизмом. В последнее время для этой цели начинают использовать шиберные затворы.

Для предотвращения перелива металла через край ковша при аварийной ситуации ковш снабжен сливным носком, позволяющим направить избыточный металл в аварийную емкость.

Промковш обеспечивает возможность следующих вариантов разливки стали:

- безстопорная разливка;
- разливка со стопорами;
- разливка металла открытыми струями;
- разливка с погружными стаканами;
- разливка с защитой струй металла сильфоном.

Промежуточный ковш так же, как и сталеразливочный, может футероваться штучными огнеупорными материалами или иметь монолитную футеровку. Тип футеровки зависит от марки разливаемой стали,

наличия огнеупорных материалов и требуемой стойкости футеровки.

Футеровка промежуточных ковшей состоит, как правило, из трех слоев: теплоизоляционного, арматурного и рабочего. Теплоизоляционный слой снижает тепловые потери и температуру корпуса ковша, что препятствует его тепловой деформации и позволяет улучшить условия труда на рабочей площадке.

В качестве теплоизоляционного слоя в зависимости от условий разливки используется асбестовый лист, легковесные огнеупорные материалы и шамотный кирпич. Арматурный слой защищает металлический корпус от воздействия жидкого металла и выполняется обычно из шамотного кирпича. Рабочий слой футеровки может выполняться из шамотного, высокоглиноземистого или периклазового кирпича. Для увеличения стойкости футеровка рабочего слоя может подвергаться торкретированию или может быть покрыта защитным слоем.

Ковши небольшой вместимости могут выполняться с набивной футеровкой.

В зоне падения струи металла из сталеразливочного ковша устанавливается так называемая отбойная плита, которая изготавливается из плавленного муллита или периклаза.

Для обеспечения необходимого температурного режима при разливке и снижения тепловых потерь футеровка промежуточных ковшей разогревается перед разливкой до 1200...1500 °С, а иногда и выше. Это требует наличия на рабочей площадке специально оборудованного стенда (резервной позиции) и ухудшает экологические условия работы.

В последнее время все более широко применяются так называемые холодные промежуточные ковши, т.е. промежуточные ковши без предварительного нагрева. В качестве рабочего слоя используются изоляционные плиты толщиной 25...30 мм, изготовленные из волокнистых материалов на основе оксида кремния (80...90%SiO₂) или периклаза (70...85% MgO) и связки. Использование такой футеровки позволяет не подвергать футеровку предварительному нагреву благодаря высокому теплоизолирующему эффекту плит. Нагреваются только разливочные стаканы, стопоры и защитные трубы. Потеря температуры металла в начале разливки в зависимости от типа МНЛЗ только на 5...10% выше, чем при использовании обычных ковшей. Хорошие экономические показатели при использовании холодных ковшей обеспечиваются хорошей стойкостью против эрозии теплоизоляционных плит. Стойкость таких ковшей составляет 8...10 плавов. Кроме того, в значительной степени снижаются затраты на выполнение футеровки ковша. В этом случае футеровка выполняется, как правило, из штучных огнеупорных материалов (обычно шамотных). Днище промежуточного ковша засыпают ровным слоем песка, на который укладывают донные плиты. Затем на эти плиты устанавливают боковые стенки. Швы обмазываются и уплотняются быстротвердеющей обмазкой. Зазор между изоляционными плитами и футеровкой засыпается песком. Плиты прижимаются к стенкам промежуточного ковша с помощью распорных прутков или труб.

Использование таких ковшей позволяет резко сократить затраты труда на их ремонт.

Стабильность процесса непрерывной разливки, являющаяся одним из главных условий получения высококачественной заготовки, во многом определяется работой **дозировочных устройств** промежуточного ковша. Специфика процесса непрерывной

разливки стали предъявляет повышенные требования, которым должны удовлетворять эти устройства. Эти требования сводятся к следующему:

- дозирующее устройство должно давать хорошо организованную стабильную струю металла;
- материал должен минимально взаимодействовать с расплавленной сталью;
- конструкция устройства должна быть простой и надежной в эксплуатации.

Конструкция и материал дозирующего устройства промковша определяется химическим составом разливаемой стали, массой плавки, массовым расходом металла в единицу времени и способом подвода металла в кристаллизатор.

При постоянном металлостатическом напоре и постоянном удельном расходе струя жидкости, свободно вытекающая из стакана-дозатора в днище ковша более компактна и имеет более длинный сплошной участок, чем у струи, вытекающей из стакана-дозатора большего диаметра при условии подтормаживания струи стопором. Поэтому, при непрерывной разливке должно быть, по возможности, обеспечено свободное истечение струи при условии поддержания постоянного уровня металла в промежуточном ковше и применения износостойких стаканов-дозаторов.

В реальных условиях разливки происходит некоторое изменение диаметра стакана, вследствие его размыва или зарастания. В канале существует трение жидкого металла о стенки, а при входе металла в канал стакана происходит сжатие струи. Все эти факторы необходимо учитывать.

На многих МНЛЗ разливка производится без применения стопорных и шиберных затворов. Поскольку функции регулирования расхода металла при этом отпадают, диаметр канала дозатора промковша, даже при высокой продолжительности разливки, должен оставаться практически неизменным. Скорость разливки до конца процесса должна повышаться незначительно.

Это означает, что диаметр канала дозатора промковша при разливке не должен изменяться.

Если учесть, что скорость струи в канале дозатора может достигать 4,5 м/с, то можно представить, какие высокие требования предъявляются к материалу дозатора.

Стаканы-дозаторы, в зависимости от конкретных условий разливки могут быть изготовлены из шамота, муллитокорунда, корунда, цирконя, оксида циркония, периклаза и других материалов.

Одним из самых надежных материалов для изготовления стаканов-дозаторов промежуточного ковша является диоксид циркония.

При использовании дозаторов из диоксида циркония наблюдается тенденция к уменьшению их размеров, что обусловлено экономическими соображениями, или применению комбинированных материалов. Такие стаканы-дозаторы могут быть изготовлены из двух материалов. Причем, отдельно изготовленные детали из разных материалов, при сборке узла, соединяются с помощью высокостойкого мертеля (например, на хромфосфатной связке) или запрессовываются одна в другую.

Когда необходима высокая стойкость к химическому воздействию и разрушению, то есть в случаях, когда требуется длительная разливка низкоуглеродистых сталей с высоким содержанием кислорода, автоматных, кремний – марганцовистых сталей, диоксид циркония обеспечивает необходимые свойства.

Диоксид циркония представляет собой стабилизированный тонкокерамический материал, пористость которого точно соответствует заданной. Благодаря этому удается предотвратить образование трещин

Погружные стаканы предназначены для защиты металла на участке промежуточный ковш - кристаллизатор. Для сортовых машин используются погружные стаканы с прямым выходом, а для слябовых – с выходами под разными углами. Изготавливаются погружные стаканы из плавленого кварца с 99,5% SiO₂. Они обладают хорошей термостойкостью, но плохо противостоят эрозии при разливке сталей, содержащих [Mn]>1%. Для таких сталей используют корундографитовые стаканы. Для уменьшения подсоса воздуха в процессе разливки и подачи аргона в струю металла за рубежом изготавливаются погружные стаканы с пористыми вставками. А для улучшения их стойкости в шлаке они снабжаются защитными кольцами из оксида циркония или нитрида бора.

Для установки погружных стаканов между промежуточным ковшом и кристаллизатором на каждом ручье МНЛЗ служит манипулятор погружных стаканов.

Стопор для промежуточного ковша изготавливается из металлических стержней или труб с защитой из высокоглиноземистых катушек. Пробка стопора изготавливается обычно из шамотографитового или корундографитового материала. В последнее время широкое распространение получили монолитные стопоры, изготовленные из огнеупорного блока. В качестве материала для изготовления монолитного стопора используются графитошамотные или графитокорундовые материалы.

Стопорное устройство промежуточного ковша состоит из стопора, вилки, направляющей трубы, в которой перемещается ползун. У правильно подготовленного ковша стопорное устройство при разливке стали обеспечивает:

- плавное и быстрое поднимание и опускание стопора;
- полное перекрытие струи;
- плотную, ровную, без перекосов вытекающую струю.

Стопорное устройство позволяет регулировать расход металла из промежуточного ковша как вручную с помощью рычага, так и с использованием дистанционного управления (гидравлического или электрического).

Традиционно стопор состоит из металлического стержня, футерованного огнеупорными трубками. В нижней части металлический стержень защищен огнеупорной пробкой, которая крепится к нему с помощью резьбы или анкерным болтом. Наиболее простое и надежное крепление достигается при резьбовом соединении.

Стопорные стержни для промежуточных ковшей изготавливают пустотелыми с внутренним охлаждением сжатым воздухом, что необходимо при серийной разливке.

Наиболее распространены стопорные механизмы с гидравлическим приводом. Устройство состоит из насосной станции, гидравлических цилиндров, соединительной гидроарматуры.

Такие недостатки наборных стопоров из шамотных трубок, как размягчение стопорного стержня, его расплавление в результате проникновения стали в швы стопорных трубок, неточная их установка, неправильная сушка и установка стопора, могут приводить к аварийной разливке. Ненадежная работа таких стопоров послужила поводом для создания монолитного стопора. Этот стопор состоит из одного огнеупорного блока, поэтому в стопоре отсутствуют швы.

В зависимости от условий работы можно использовать монолитный стопор одно- или многоразового использования. Стопоры, изготовленные методом изостатического прессования, следует использовать при очень большой продолжительности разливки, так как они экономичны только в этих случаях. Монолитные стопоры пластического прессования можно, в зависимости от условий разливки, использовать один или несколько раз.

При разливке стали на блюмовых машинах регулирование скоростью разливки осуществляют с помощью монолитных стопоров и разливочных стаканов, получаемых методом изостатического прессования, в основном из корундографитовой массы. При этом характеристики изделий специально приспособляют к соответствующим требованиям, которые часто бывают чрезвычайно высокими. В этой связи, важными условиями являются, обработка стали кальцием и непрерывная разливка в течение продолжительного времени. Для выполнения этих требований, методом изостатического прессования, изготавливают композитные изделия, составляющими которых являются периклазографитовые, цирконографитовые, корундографитовые участки.

Для обеспечения качества металла большое значение приобретает эффективная защита струй и поверхности жидкого металла от вторичного окисления на всем пути от сталеразливочного ковша до кристаллизатора.

В настоящее время, защита металла от окисления, осуществляется за счет применения **погружаемых огнеупорных труб и стаканов, сифонов, шлакообразующих смесей, газовой защитной атмосферы.**

В свою очередь, огнеупорные материалы и шлаки могут быть источниками загрязнения неметаллическими включениями отливаемой заготовки, поэтому к их составу и свойствам предъявляют специальные требования.

Огнеупоры, идущие на изготовление погружаемых в металл труб и стаканов, должны обладать хорошей износостойкостью, термостойкостью и высоким сопротивлением к резким изменениям температуры.

Для того, чтобы предотвратить повторное окисление металла и поглощение им азота из окружающей атмосферы, участок струи стали между сталеразливочным и промежуточным ковшами должен быть надежно защищен.

Защита струи металла между сталеразливочным и промежуточным ковшами, обычно, осуществляется с помощью корундографитовых труб, полученных методом изостатического прессования с высокой сопротивляемостью термическим ударам.

Защитные трубы позволяют, также, уменьшить потери температуры и обеспечить прямую струю стали в промежуточный ковш без разбрызгивания и без оголения зеркала металла.

Особенно большое значение имеет конструкция механизма присоединения защитной трубы к шиберному затвору стальковша, которая должна гарантировать их газоплотное соединение.

Применение защитной трубы на участке «стальковш – промковш» обеспечивает:

- повышение качества стали за счет:
- значительного снижения вторичного окисления струи металла;
- снижения турбулентности струи;
- ограничения затягивания шлака в металл;
- улучшения всплывания неметаллических включений в ковше.

– снижение образования настывлей в промковше и увеличение срока службы футеровки;

– повышение безопасности работ за счет исключения брызг металла во время разливки.

Погружной огнеупорный стакан, устанавливаемый на участке промковш - кристаллизатор и примыкающий к дозатору промковша, выполняет следующие функции:

– предотвращение вторичного окисления стали;

– направление струи металла в кристаллизатор.

Погружной стакан применяется совместно со стопорным устройством промковша.

Основная часть стакана изготовлена из корундографитового материала. Стакан полностью покрыт глазурью, за исключением наружной поверхности верхней части, примыкающей к дозатору. Кроме того, для предотвращения термоудара во время разогрева и охлаждения снаружи, погружной стакан покрыт слоем волокнистого теплоизоляционного материала.

Одним из эффективных методов защиты струй металла от окисления на участке промковш – кристаллизатор, для мелкосортных МНЛЗ, является укрытие с помощью сифонов.

Сифон крепится к днищу промежуточного ковша и изготовлен из огнеупорной силикатной ткани типа Alufix 1400. Устройство сифонной защиты включает непосредственно сам сифон, сшитыми металлическими кольцами, приспособление для крепления сифона к днищу промковша и складывания сифона по типу «гармошки», а также устройство для подачи инертного газа в его полость.

После запуска ручьев МНЛЗ и стабилизации процесса разливки стали (при автоматическом режиме поддержания уровня металла в кристаллизаторе), сифон раскрывается и в его полость осуществляется подача аргона, что обеспечивает изоляцию струи металла от контакта с воздухом.

Рекомендуемый расход аргона в полость сифона – 5 м³/ч.

Затравка предназначена для образования временного «дна» в кристаллизаторе перед началом разливки и последующего вытягивания со сцепленной заготовкой тянущей - правильной машины. Головка затравки имеет профиль, позволяющий захватить и потянуть за собой затвердевающий слиток. Поперечное сечение головки, затравки на 1-2,5 мм меньше сечения рабочей полости кристаллизатора. Головка затравки соединена с корпусом, имеющим длину, достаточную для достижения уровня тянущих клетей или специальных валков, приводящих в движение затравку и слиток. После прохождения затравкой тянущих устройств валки захватывают непосредственно сам слиток. Затравка отделяется от слитка и удаляется.

Конструкция узла сцепления головки затравки со слитком обеспечивает возможность автоматического их разделения после выхода затравки из тянущей - правильной машины с помощью специального механизма.

На радиальных МНЛЗ применяют затравки двух типов – жесткие дугообразные и гибкие (цепные) которые вводятся в кристаллизатор с помощью специальных машин.

Жесткие затравки относительно просты в изготовлении. Они накладывают специфические требования на способ отделения головки от заготовки и на конструкцию ТПМ. Недостатком жесткой затравки является их постепенная раскатка и изменение кривизны. Это усложняет эксплуатацию МНЛЗ.

Жесткие затравки представляют собой дугообразный брус, по форме сечения одинаковый с отливаемым слитком и изогнутый по дуге окружности с радиусом кривизны технологической оси машины. Ввод жесткой затравки в кристаллизатор производят снизу через роликовые проводки. Такие затравки используют на машинах литья сортовых заготовок.

На многих сортовых машинах используется цепная затравка с пружинным ужесточением шарниров. Затравка содержит также ограничители взаимного поворота звеньев: от прямолинейного в разогнутом состоянии до изогнутого с радиусом МНЛЗ. Эти ограничители имеют достаточную прочность для переноски затравки краном. Конструкция головки затравки связана с технологией заведения, заделки в кристаллизаторе, установке уплотнительного пластмассового жакета и холодильника, а также способа сцепления и отделения от заготовки. Устройство для уборки и хранения затравки выполняется индивидуально для каждого ручья и располагается за гидравлическими ножницами. В этом случае удовлетворительно решается вопрос аварийного отделения затравки при приварке головки. Так как на МНЛЗ разливаются заготовки различных сечений, затравка комплектуется головками требуемых сечений и переходными звеньями соответствующих размеров.

Затравки цепного типа также применяют в радиальных и криволинейных МНЛЗ, предназначенных для литья слябов. В зависимости от податливости звеньев цепные затравки могут быть с жесткими и раздвижными звеньями. Область применения затравок с жесткими звеньями – МНЛЗ с гидравлическими механизмами перемещения и прижатия роликов. Использование затравок с раздвижными звеньями обычно является вынужденным, в случае установки на МНЛЗ приводной проводки с пружинным прижатием роликов к слитку.

Затравка с раздвижными звеньями конструкции УЗТМ имеет звенья шарнирно связаны между собой осями. Для быстрой замены головки ее соединение с крайним звеном выполнено двумя короткими осями на ригельных планках. Вдоль всей затравки расположены четыре резинотканевых рукава, помещенных между неподвижными и подвижными пластинами звеньев. Перемещение подвижных пластин ограничивается болтами. Подачу воздуха в рукава (надувку затравки) осуществляют через коллекторы, снабженными запорными клапанами. Для захвата затравки крюком в хвостовой части предусмотрена проушина.

Затравки с жесткими звеньями отличает простота конструкции и надежность в работе. Недостатками затравок являются: быстрый выход из строя резинотканевых рукавов и потеря ими герметичности; недостаточное усилие прижатия звеньев к роликам, что обычно требует увеличения числа приводных роликов в проводке.

Подачу и ввод затравки в кристаллизатор, ее отсоединение от слитка и уборку после протягивания по роликовым проводкам, как и удержание в нерабочем положении, производят специальными машинами, часто в комплексе со вспомогательными механизмами. Затравку вводят в кристаллизатор двумя способами - сверху и снизу, которые и определяют два типа машин.

В комплекс оборудования, обеспечивающего цикличное перемещение затравки, входят машина для подачи и ввода затравки в кристаллизатор, качающийся

рольганг и механизм для отсоединения затравки от слитка. Машина выполняет следующие операции: принимает на свой рольганг затравку, транспортирует ее к МНЛЗ и задает в кристаллизатор. Качающийся рольганг предназначен для приема затравки, выходящей из роликовой проводки МНЛЗ, ее удержания в нерабочем положении и передачи на машину. Эти операции осуществляются соответственно при верхнем, горизонтальном и нижнем положениях качающегося рольганга. Гидравлический механизм, служащий для отсоединения затравки от слитка, выполняет эту операцию в процессе их движения.

Другая машина представляет собой тележку, снабженную механизмом передвижения, неприводным рольгангом и цепным механизмом перемещения затравки. Машина передвигается по рельсовому пути, расположенному на рабочей площадке. Механизм передвижения состоит из электродвигателя, тормоза и коническо-цилиндрического редуктора, соединенного с приводным скатом. Рольганг машины выполнен с двумя параллельными рядами коротких роликов, расположенных на прямолинейном и дугообразном участках рамы. Ряды роликов образуют между собой зазор, в который помещена верхняя ветвь замкнутой пластинчатой цепи, снабженной захватом. Последняя отклоняющими роликами копирует профиль рольганга. Приводная звездочка получает вращение от электродвигателя через комбинированный редуктор. Цепь при движении захватывает хвостовую часть затравки и выдает ее на рольганг машины.

Качающийся рольганг состоит из рамы с двумя параллельными рядами непрерывных роликов, задающих роликов с рычажно-пневматическим механизмом прижима верхнего ролика, опоры и двух качающихся гидроцилиндров механизма наклона. При подаче на качающийся рольганг затравка зажимается рычажно-пневматическим механизмом между верхним приводным и нижним неприводным задающими роликами. Приводной ролик получает вращение от электродвигателя через планетарный редуктор. В горизонтальном положении качающийся рольганг удерживается пневматическим стопорным механизмом. Механизм отсоединения затравки от слитка состоит из одноплечего рычага с роликом, поворачиваемого гидроцилиндром.

Недостатком рассмотренной машины является отделение от нее операции подъема затравки, которая выполняется сложным и металлоемким качающимся рольгангом.

Для резки движущегося непрерывнолитого слитка на мерные длины и обрези головной и донной части применяют **передвижные машины газовой резки, ножницы и машины импульсной резки.**

Наибольшее применение получили машины газовой резки, обладающие простой конструкцией, небольшой металлоемкостью и возможностью быстрой замены вышедших из строя узлов. Однако они имеют существенный недостаток - значительные потери металла в шлам при резке (1-2%) и большой расход ацетилена и кислорода.

Ножницы не имеют этих недостатков и бывают двух типов – качающиеся гидравлические и машины импульсного (ударного) действия.

На складе заготовок предусмотрены площади для размещения штабелей заготовок, а также крановое оборудование для погрузки заготовок в вагоны.

Маркировку заготовок производят на торце заготовок методом клеймения. Размеры символов зависят от размера сечения, качества торца и количества символов.

Содержание клейма: номер плавки, номер ручья, порядковый номер заготовки. При разливке «плавка на плавку» отдельно помечаются переходные заготовки. При разливке высококачественных марок стали предусматривается отбор и маркировка темплетов в потоке агрегата. Для этой цели предусмотрена специальная газорезка. Система управления маркировочной машины является зависимой от АСУ МНЛЗ.

Вопросы для самоконтроля:

1. Преимущества непрерывной разливки перед разливкой сверху и сифонным способом
2. Расскажите об устройстве кристаллизаторов машин непрерывной разливки стали ?
3. Какие типы машин непрерывной разливки стали существуют?
4. Назовите один из недостатков МНЛЗ вертикального типа
5. Для снижения высоты МНЛЗ вертикального типа какие проектируются установки?
6. Что представляет собой затравка?
7. Сущность непрерывной разливки.
8. Назовите назначение кристаллизатора ?
9. Как и где маркируют заготовки?
10. Для резки движущегося непрерывнолитого слитка, какие ножницы применяют

Используемая литература :

И.И Борнатский «Производство стали» стр. 375 – 378

Модуль № 17

Лекция 140 (36)

Тема: Особенности технологии непрерывной разливки

План лекции:

- 1. Особенности непрерывной разливки**
- 2. Основные технологические приемы, обеспечивающие получение непрерывной заготовки высокого качества**
- 3. Структура непрерывнолитой заготовки**

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ

1) Разливка стали непрерывным способом имеет ряд существенных особенностей, главные из которых следующие:

1) в отличие от разливки в изложницу разливка в кристаллизатор машины непрерывного литья заготовок производится непрерывно, соответственно металл непрерывно перемешивается в кристаллизаторе, что влияет на условия всплывания включений, развитие ликвации и пр., непрерывно при ударе струи о поверхность металла в кристаллизаторе образуются брызги, на поверхности металла возникает волновое движение жидкости;

2) наличие дополнительного участка, на котором большая поверхность

металла контактирует с окружающим воздухом (поверхность струи, вытекающей из промежуточного ковша в кристаллизатор), может вызывать дополнительное вторичное окисление металла;

3) в отличие от случая разливки стали в изложницу боковые поверхности слитка, кристаллизующегося при непрерывной разливке, подвергаются более интенсивному охлаждению, что в принципе должно благоприятно сказаться на структуре отливаемой заготовки. Вместе с тем в самом кристаллизаторе успевает образоваться лишь сравнительно тонкая корочка слитка, основная масса металла кристаллизуется ниже кристаллизатора, в зоне вторичного охлаждения. Поэтому даже небольшая трещина в образующейся закристаллизовавшейся корочке может вызвать аварийный прорыв металла или, во всяком случае, получение заготовки с неудовлетворительной поверхностью.

Обычно за время прохождения металла через кристаллизатор удается отвести менее $1/5$ общего количества тепла, выделившегося в процессе кристаллизации слитка, по мере повышения производительности установки это количество становится все меньше. Поэтому прочность образующейся корочки, которая зависит от качества металла, имеет при непрерывной разливке особое значение. Так, например, содержание в металле серы, вполне допустимое в случае разливки в изложницы, оказывается чрезмерным в случае непрерывной разливки (сера оказывает особо заметное отрицательное влияние на прочность металла при высоких температурах).

4) сечение непрерывнолитой заготовки обычно существенно меньше сечения слитка, отлитого в изложницу; следовательно, для получения равных размеров готового проката суммарное обжатие при прокатке металла, отлитого непрерывным способом, меньше, чем металла, отлитого в изложницу. Между тем известно, что в процессе обработки металла давлением уменьшаются в размерах или вообще исчезают многие внутренние дефекты слитка, измельчается и становится более однородной структура металла, уменьшается балл, характеризующий наличие неметаллических включений, повышаются показатели механических характеристик;

5) разливка плавки через разливочные стаканы небольшого диаметра, обычно применяемые в промежуточных ковшах, продолжается в два-три раза дольше, чем разливка в крупные изложницы, поэтому требуется использовать металл с более высокой температурой. Перегрев металла связан с насыщением металла газами и т. п., влияние перегрева сильно сказывается на развитии ликвационных явлений. Исследования, показали, например, что при повышении перегрева над точкой ликвидуса с 5 до 20°C степень ликвации серы увеличилась с 16 до 60%, а степень ликвации γ -марганца — с 0 до 8%. Площадь зоны равноосных кристаллов при этом уменьшилась с 35 до 15%, соответственно увеличились раз-, меры дендритов.

Основные технологические приемы

2) Основные технологические приемы, обеспечивающие получение непрерывнолитой заготовки высокого качества, соответственно должны отвечать следующим основным требованиям:

- а) высокое качество металла, разливаемого непрерывным способом;
- б) возможно более низкий перегрев (над ликвидусом) металла, поступающего в кристаллизатор;
- в) защита металла от вторичного окисления и от попадания шлаковых частиц;
- г); перемешивание кристаллизующегося металла
- д) обработка давлением кристаллизующейся заготовки. Заготовки, полученные непрерывной разливкой, имеют, как правило, более однородную кристаллическую структуру, чем обычные слитки.

3) СТРУКТУРА НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ

Структура заготовки состоит обычно из зон:

- 1) зоны мелких беспорядочно ориентированных кристаллов (корка слитка). Толщина этой зоны в зависимости от условий разливки и интенсивности охлаждения колеблется в пределах 10—20 мм;

2) зоны столбчатый кристаллов;

3) осевой зоны равноосных беспорядочно ориентированных кристаллов с повышенной концентрацией ликватов и следами усадочных явлений. При малых размерах заготовки ψ) интенсивном охлаждении третьей зоны может не быть.

Так же, как и при разливке в изложницы, при охлаждении и кристаллизации линейные размеры (сечение) непрерывнолитого слитка, уменьшаются, это учитывается формой кристаллизатора (небольшая конусность) и изменением расстояния между направляющими валками (роликами). Развитие ликвационных явлений в непрерывнолитом слитке ограничено малым Бременем кристаллизации, а зональная ликвация сведена к минимуму, однако все же химическая и кристаллическая неоднородность наблюдается и в непрерывном слитке и это учитывается при организации технологии.

Вопросы для самоконтроля:

- 1. Какие особенности технологии непрерывной разливки стали вы знаете ?***
- 2. Перечислите основные технологические приемы, обеспечивающие получение непрерывной заготовки высокого качества***
- 3. Из каких зон состоит структура заготовки ?***
- 4. Назовите в какой зоне основная масса металла кристаллизуется***
- 5. При ударе струи о поверхность металла, что образуется в кристаллизаторе***
- 6. В каком случае получается заготовка с неудовлетворительной поверхностью ?***
- 7. Как сера влияет на прочность металла при высоких температурах ?***
- 8. От чего зависит толщина зоны мелких беспорядочно ориентированных кристаллов ?***

Используемая литература: Кудрин стр. 439 – 441

