



# Автоматизация машины непрерывного литья заготовок

**МНЛЗ**

# Машина Непрерывного Литья Заготовок (МНЛЗ)

Машина непрерывного литья заготовок (МНЛЗ)-металлургический агрегат для разливки стали. Жидкая сталь непрерывно заливается в водоохлаждаемую фурму, называемую кристаллизатором. Перед началом заливки в кристаллизатор вводится специальное устройство с замковым захватом («затравка»), как дно для первой порции металла. После затвердевания металла затравка вытягивается из кристаллизатора, увлекая за собой формирующийся слиток. Поступление жидкого металла продолжается и слиток непрерывно наращивается. В кристаллизаторе затвердевают лишь поверхностные слои металла, образуя твёрдую оболочку слитка, сохраняющего жидкую фазу по центральной оси. Поэтому за кристаллизатором располагают зону вторичного охлаждения, называемую также второй зоной кристаллизации. В этой зоне в результате форсированного поверхностного охлаждения заготовка затвердевает по всему сечению. Этот процесс слиткообразования является способом получения слитков неограниченной длины. В этом случае по сравнению с разливкой в изложницы резко уменьшаются потери металла на обрезку концов слитков, которые, например, при литье спокойной стали составляют 15—25 %. Кроме того, благодаря непрерывности литья и кристаллизации, достигается полная равномерность структуры слитка по всей его длине.

Во время кристаллизации формирующийся слиток металла постоянно перемещается вверх-вниз относительно кристаллизатора посредством небольших цилиндров, расположенных в ручье. Это позволяет уменьшить количество трещин — дефектов. Вокруг каждого ручья создаётся сильное электромагнитное поле, которое позволяет формировать надлежащую кристаллическую структуру заготовки.

# Конструктивные и технологические особенности МНЛЗ

Особенностью конструкции радиальных машин является изгиб определённым радиусом технологической оси с оборудованием. Изогнута вертикальная ось симметрии и самого кристаллизатора, формирующего непрерывнолитую заготовку (слиток). После выхода из кристаллизатора слиток попадает в жесткий направляющий канал зоны вторичного охлаждения, состоящий из роликовых секций, с охлаждающей системой водяных форсунок. В процессе кристаллизации заготовка проходит 1/4 окружности определённого радиуса технологической оси МНЛЗ. Радиус изгиба технологической оси МНЛЗ рассчитывается таким образом, чтобы переход заготовки в горизонтальное положение происходил только после полной кристаллизации её сердцевины. В криволинейных МНЛЗ используется переменный радиус изгиба технологической оси и не исключено попадание жидкой фазы в горизонтальной участок машины. Поэтому такие машины применяются для отливки слябов больших размеров сечения. Строительная высота радиальных и криволинейных МНЛЗ в 2-3 раза меньше вертикальных машин, что положительно отражается на сооружении участков разливки сталеплавильных цехов.

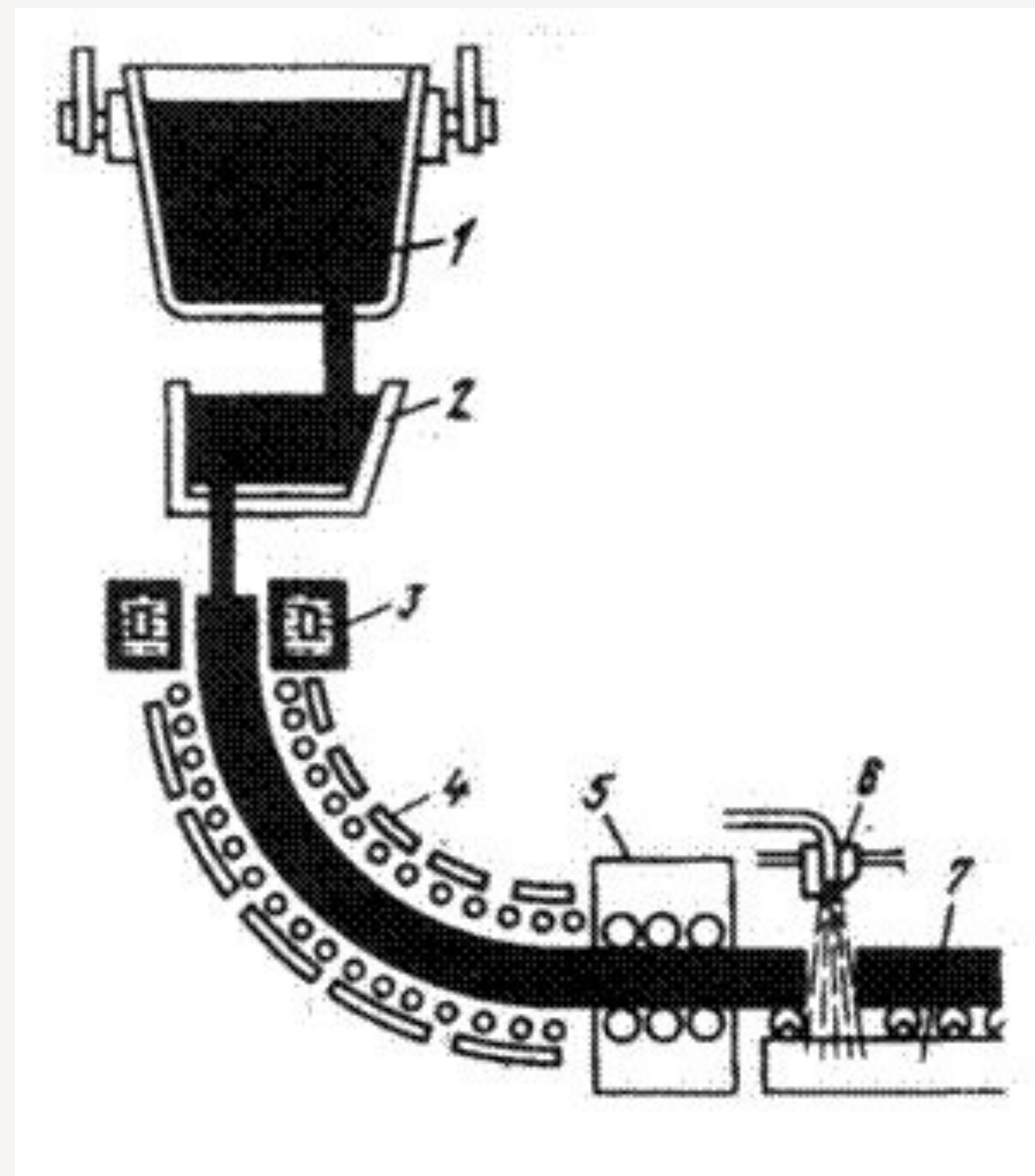


Схема радиальной МНЛЗ

- |                               |                            |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. Сталеразливочный ковш      | 5. Правильно тянущая клеть |
| 2. Промежуточный ковш         | 6. Газорезка               |
| 3. Кристаллизатор             | 7. Уборочный рольганг      |
| 4. Зона вторичного охлаждения |                            |

# Автоматизация непрерывной разливки стали

В работе машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) можно выделить три режима: гидравлический, связанный непосредственно с разливкой жидкого металла и наполнением кристаллизатора; тепловой, определяющий кристаллизацию и охлаждение непрерывного слитка; энергосиловой, характеризующий работу всех механизмов и приводов МНЛЗ.

# Гидравлический режим

Металл к МНЛЗ от сталеплавильного агрегата подается в сталеразливочных ковшах. Поступление металла из этих ковшей в промежуточный ковш происходит через разливочный стакан, перекрываемый для регулирования расхода металла стопорным или скользящим затвором (поворотного или шибберного типа).

Промежуточный ковш должен обеспечивать подачу стабильной струи жидкого металла и возможность регулирования поступления металла в кристаллизатор.

Кроме того, промежуточный ковш позволяет вести разливку одновременно в несколько кристаллизаторов (ручьев).

Первая задача управления гидравлическим режимом заключается в поддержании постоянного уровня металла в промежуточном ковше, обеспечивающем стабильное состояние струи металла и, следовательно, одинаковое, качество разливки.

Решается эта задача путем изменения подачи металла из сталеразливочного ковша при регулировании расхода металла стопорным или скользящим затвором.

Подача металла из промежуточного ковша в *кристаллизатор* производится в основном двумя способами: открытой струей через данные стаканы с регулированием расхода металла стопорным или скользящим затвором и закрытой струей через данные погружные стаканы (опущенные в кристаллизатор ниже уровня металла). Регулирование расхода металла в этом случае может производиться как при первом способе или за счет изменения уровня металла в промежуточном ковше (стопорный или скользящий шибберный затворы служат только запорными устройствами). Второй способ обеспечивает отсутствие брызг и охлаждения металла и поэтому лучшее качества слитка. Разрабатываются и другие способы регулирования истечения металла. Например, при электромагнитном способе вокруг разливочного стакана размещаются индукционные катушки, взаимодействие магнитных полей которых с металлом вызывает сужение струи металла и его торможение, что изменяет в итоге расход жидкого металла.

Вторая, наиболее важная задача управления гидравлическим режимом состоит в поддержании постоянного уровня металла в кристаллизаторе. Этот уровень в процессе разливки должен находиться в довольно узких заданных пределах, что обусловлено следующими причинами: превышение уровня может привести к переливу металла через верх кристаллизатора; понижение уровня ниже допустимого предела приводит к получению тонкой корочки слитка, ее разрыву и прорыву жидкого металла под кристаллизатором. Значительные колебания уровня металла нарушают также стабильность охлаждения слитка в кристаллизаторе, изменяют условия кристаллизации и сказываются на качестве слитка. Решается эта задача путем изменения подачи металла в кристаллизатор стопорным или скользящим затворами промежуточного ковша. Другой вариант заключается в изменении скорости вытягивания слитка при примерно постоянной подаче металла из промежуточного ковша. Может применяться и комбинированное управление с использованием обоих управляющих воздействий.

Рассмотренные особенности и задачи управления гидравлическим режимом относятся к установившемуся режиму работы МНЛЗ. Вместе с тем определенное время занимают режимы работы МНЛЗ, связанные с ее пуском и остановкой.

В пусковой период главным является гидравлический режим заполнения металлом промежуточного ковша, а затем кристаллизатора. Заполнение промежуточного ковша производится при полном открытии затвора сталеразливочного ковша до номинального уровня с последующей выдачей сигнала на открытие затворов промежуточного ковша и включением регулятора уровня металла в промежуточном ковше.

# Тепловой режим

В этом режиме кристаллизатор должен обеспечивать максимальный теплоотвод от затвердевающего металла для быстрого формирования достаточно прочной оболочки слитка, чтобы она не разрушалась под действием ферростатического давления жидкого металла при выходе слитка из кристаллизатора. Основные требования к тепловому режиму кристаллизатора и слитка сводятся к следующему:

- расход охлаждающей воды в кристаллизаторе должен исключать ее перегрев, вызывающий отложение солей и ухудшение теплоотвода от слитка;
  - при выходе слитка из кристаллизатора толщина твердой оболочки должна быть достаточной для исключения прорыва металла из середины слитка;
  - распределение интенсивности теплоотвода на длине и периметру слитка должно обеспечивать отсутствие больших градиентов температур и недопустимых термических напряжений, вызывающих образование трещин в оболочке слитка.
- На теплообмен между слитком и кристаллизатором и, следовательно, на формирование твердой оболочки слитка влияют очень многие факторы: марка стали, температура металла, скорость разливки, конструктивные параметры кристаллизатора и др. Наибольшее значение имеют конструктивные особенности кристаллизатора: размеры граней, конусность и толщина стенок, режим охлаждения. Из всех перечисленных параметров для данного кристаллизатора переменным является режим охлаждения (расход и температура охлаждающей воды) и именно он является управляющим воздействием на режим кристаллизации слитка.

Изменение теплового потока в определенной степени соответствует изменению температуры поверхности слитка, которая быстро падает до 800-900 °С в начальный момент, затем немного возрастает при отходе оболочки от стенок кристаллизатора и далее остается примерно постоянной.

Основной целью управления первой стадией кристаллизации слитка является получение достаточно толстой и прочной оболочки слитка на выходе из кристаллизатора.

Основная соотношения: скорость разливки – расход охлаждающей воды.

Основной целью управления первой стадией кристаллизации слитка является получение достаточно толстой и прочной оболочки слитка на выходе из кристаллизатора.

Основная соотношения: скорость разливки – расход охлаждающей воды.

Управление первой стадией кристаллизации сводится к управлению тепловым режимом кристаллизатора, заключающемуся в стабилизации перепада температур воды на выходе и входе в каналы кристаллизатора (при постоянной скорости вытягивания слитка) путем изменения расхода воды. Величина перепада температур выбирается максимальной по предельно допустимой температуре нагрева воды по условиям отложения солей.

Вторая стадия кристаллизации в зоне вторичного охлаждения определяет внутреннюю структуру и, в конечном итоге, качество непрерывно литого слитка. Поэтому автоматизации этого процесса должно уделяться большое внимание. Управление второй стадией кристаллизации осуществляется путем изменения интенсивности охлаждения поверхности слитка. При чрезмерно интенсивном охлаждении температура оболочки слитка падает до 200...300 °С, и при этом деформации переходят из пластической в упругую область, что может вызвать появление трещин. С другой стороны, недостаточная интенсивность охлаждения и, следовательно, низкая скорость роста оболочки может вызвать раздутие слитка из-за внутреннего ферростатического давления.

В современных МНПЗ применяется *форсуночно-роликовая система* вторичного охлаждения, при которой по всей длине зоны вторичного охлаждения устанавливаются опорные ролики, предотвращающие раздутие слитка. Такая конструкция позволяет снизить интенсивность охлаждения и поддерживать температуру поверхности слитка в пределах 600...700 °С, т. е. в области пластических деформаций. Вода в такой системе охлаждения подается между роликами с помощью форсунок, обеспечивающих хорошее распыление жидкости.

Таким образом, задачей управления вторичным охлаждением слитка является создание условий, предотвращающих чрезмерное охлаждение оболочки слитка и вместе с тем обеспечивающих равномерное затвердевание слитка с окончанием затвердевания по всей его толщине к концу зоны вторичного охлаждения.

Единственным управляющим воздействием при постоянной скорости вытягивания слитка служит расход охлаждающей воды и его распределение по секциям зоны вторичного охлаждения. Поскольку количество тепла, которое нужно отобрать у слитка, пропорционально скорости разливки, то и расход воды должен быть практически пропорционален этой скорости, т. е. целесообразно применение системы регулирования

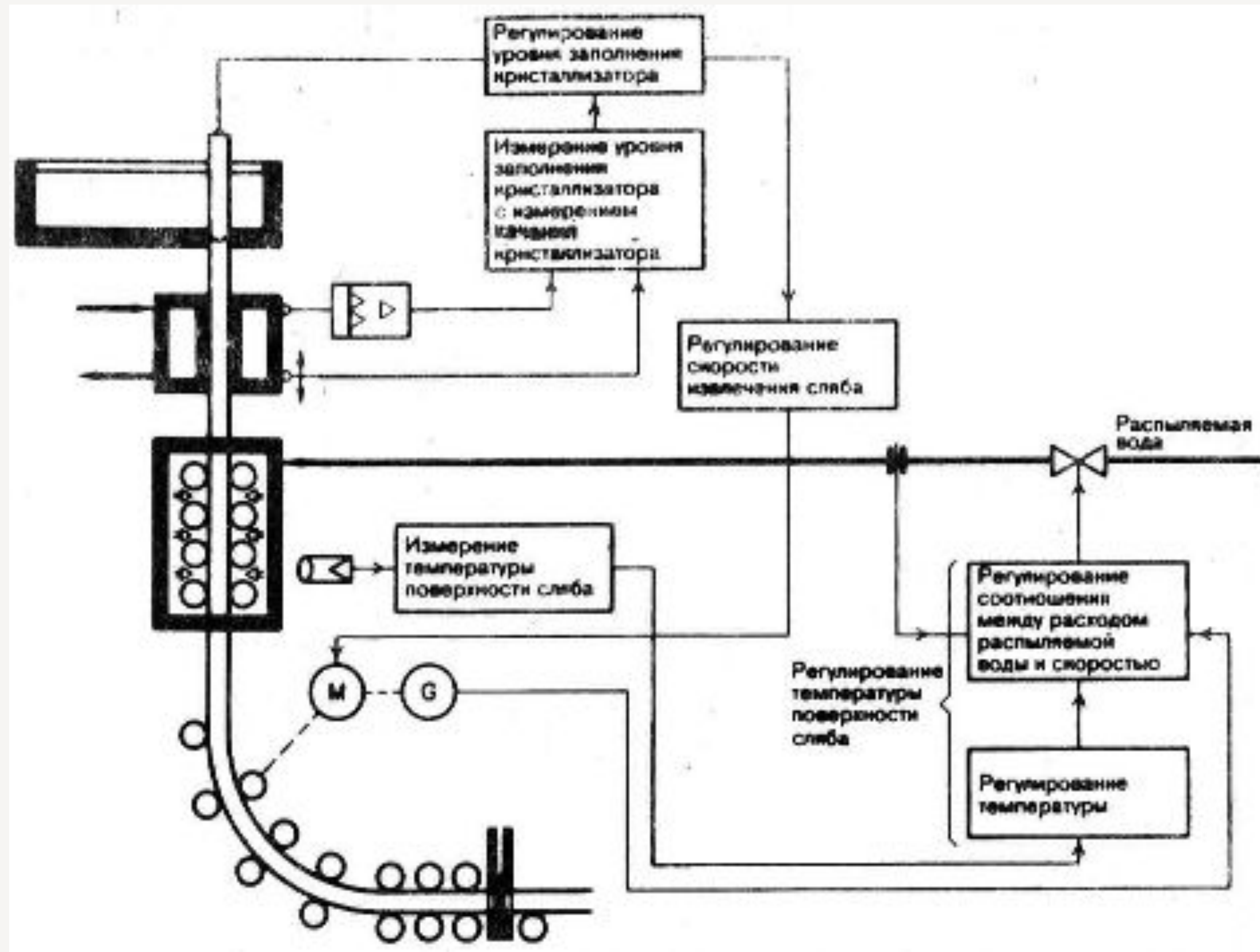
# Энергосиловой режим

Качество оболочки слитка после кристаллизатора, отсутствие трещин и разрывов определяются не только тепловым режимом процесса кристаллизации, но и усилением вытягивания слитка из кристаллизатора. В процессе вытягивания слитка между его поверхностью и стенками кристаллизатора возникают значительные силы трения, которые могут привести к «зависанию» верхней части слитка и его разрыву. Для предотвращения этого явления на современных МНЛЗ применяют движущиеся (качающиеся) кристаллизаторы. В течение примерно 3/4 времени цикла кристаллизатор перемещается вниз на 15...25 мм со скоростью, равной или несколько превышающей скорость вытягивания слитка, и после этого возвращается в верхнее положение со скоростью в 2-3 раза большей. Возникает задача управления энергосиловыми режимами МНЛЗ, в частности стабилизации усилия вытягивания слитка, с помощью изменения подачи смазки в кристаллизатор (смазкой служат различные масла или парафин).

МНЛЗ представляет собой многоагрегатный комплекс с большим количеством электрических, пневматических и гидравлических приводных устройств. Основные механизмы (качание кристаллизатора, тянущие и правильные клетки, платформа газорезки, перемещение резака и др.) имеют электрические приводы, что связано главным образом с необходимостью изменения скорости в широких пределах. Существует задача управления, связанная с пуском этих приводов в начале разливки в определенной последовательности, изменения их скорости и синхронизация в процессе работы. Например, после получения мерной длины слитка включается механизм передвижения платформы газорезки в направлении перемещения слитка, и скорость синхронизируется со скоростью вытягивания слитка; одновременно включается механизм передвижения резака в поперечном направлении. После завершения резки, резак и платформа отводятся в первоначальное положение.

К управлению энергосиловым режимом следует отнести системы изменения ширины сляба в процессе разливки. Регулирование осуществляется изменением положения боковых стенок кристаллизатора со скоростью до 100 мм/мин с помощью нескольких гидроцилиндров, управление работой которых осуществляется микропроцессором.

Очень важной задачей оптимального управления конечной фазой разливки, косвенно связанной с энергосиловым режимом (последовательность выключения отдельных механизмов), является максимизация выхода мерных заготовок из имеющейся массы жидкого металла. Наиболее простой способ разливки заключается в подаче металла из промежуточного ковша во все ручьи (кристаллизаторы) МНЛЗ вплоть до полного его расходования. В этом случае немерные остатки могут достигать большой величины, а их количество равно числу ручьев. Оптимальное управление заключается в выборе количества ручьев в зависимости от остатка металла в промежуточном ковше и расхода металла на получение заготовки мерной длины. При этом может получиться, что окончание разливки производится (в четырехручьевых МНЛЗ) в четыре, три, два и даже один кристаллизатор. При такой системе управления немерный остаток может быть только в одном ручье, что обеспечивает максимальный выход мерных заготовок.



# Схема автоматизации МНЛЗ

Машины непрерывной разливки стали требуют совершенной системы автоматического контроля и регулирования. Отклонения от установленного режима разливки, могут приводить к снижению уровня производительности агрегата, ухудшению качества металла и самой непрерывнолитой заготовки, возникновению аварийных ситуаций в работе МНЛЗ. АСУ ТП способствуют устранению возмущающих воздействий, обеспечивают наиболее рациональный технологический режим разливки стали и безопасную работу агрегата.



Компенсация влияния "качания" кристаллизатора осуществляется с помощью сигнала индуктивного датчика. Для повышения надёжности работы МНЛЗ и определения конца разливки металла, контролируется появление шлакового слоя (барьера) в кристаллизаторе. Измерительное устройство, с помощью точечного радиоактивного излучателя и счетчика, устанавливает наступление этого момента.

Температура поверхности слитка измеряется с помощью оптических пирометров. Пирометры устанавливаются в защитном кожухе, охлаждаемом водой. Оптика обдувается сжатым воздухом, который кроме того, защищает место визирования на металл от воды и тумана. Цветной пирометр обеспечивает точное измерение температуры поверхности слитка только в тех случаях, когда не менее 50% поля визирования находится вневодной и паровой завесы. В системе регулирования уровня стали в кристаллизаторе с помощью стопора промковша используется привод с импульсным шаговым устройством управления и регулятор с характеристикой ПИ, генерирующий импульсы, длительность которых коррелируется с уровнем металла (при небольших рассогласованиях заданного и фактического уровня стали базовая длительность импульсов составляет 60мс). В случаях невозможности стабилизации уровня металла стопорным механизмом, включается контур П-регулирования, посредством изменения скорости вытягивания слитка из кристаллизатора. Кратковременные колебания результатов измерений, являющихся следствием различной толщины окалины на поверхности слитка, неравномерности распределения воды системой вторичного охлаждения слитка или возникновения паровой (водяной) завесы на месте измерения, устраняются посредством элементов сглаживания поступающих в систему сигналов измерителей температуры. При уходе конца слитка из зоны контроля температуры, регуляторы отдельных секций вторичного охлаждения последовательно отключаются.

Положение за датчика регулятора определяет режим охлаждения начальной части (переднего конца) следующего слитка. При прерывании процесса разливки стали по различным причинам, устройства предельных (аварийных) сигналов обеспечивают работу регуляторов для создания такого технологического режима, в котором сохраняется образовавшаяся корочка (оболочка) и предотвращается попадание жидкой стали в систему опорных роликов, участка вторичного охлаждения металла.

Визуальный контроль с помощью промышленного телевидения позволяет обслуживающему персоналу МНЛЗ наблюдать различные "критические" (особо опасные по эксплуатационной надёжности) участки технологической линии разливки металла (криволинейный участок, участок разделения холодной "затравки" от горячего слитка и другие), находящиеся на большом расстоянии друг от друга и от рабочих мест обслуживающего персонала (например, операторов МНЛЗ).

Благодаря использованию современных управляющих вычислительных машин (УВМ), в системах автоматизированного управления работой МНЛЗ реализуются:

- централизованный и допусковой контроль технологических параметров разливки;
- оптимизационные расчёты для управления режимом литья, вторичным охлаждением и раскрытием непрерывного слитка;
- протоколирование процесса разливки и порезки металла;
- обмен информацией с АСУ ТП плавки и системой автоматизированного управления производством АСУ ТП сталеплавильного цеха.



Thanks you  
for watching