

# Восстановление медных плит кристаллизаторов — новая технология в России

За последние двадцать лет использование машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) неуклонно возрастало. Практически все предшественники машин непрерывной разливки — блюминговые станы - в настоящее время демонтированы, так как использование МНЛЗ позволяет значительно повысить производительность, качество и экономическую эффективность. В настоящее время продолжается разработка новых конструкций машин, позволяющих производить слябы высшего качества, различных размеров и конфигурации при обеспечении высокой скорости разливки.

В процессе разливки стального сляба происходит интенсивный износ внутренних поверхностей кристаллизаторов, что выдвигает очень высокие требования к качеству поверхности медных плит. Медь представляет собой мягкий материал, при повышенных температурах твердость на ее поверхности снижается. Во время разливки температуры на поверхности меди достигают значений температуры размягчения или даже температуры рекристаллизации, что приводит к разрушению поверхности. Случайные элементы (Zn, Pb, Cd, S) бомбардируют поверхность меди, образуя сплав в зоне мениска. В результате появляются и развиваются трещины на поверхности меди вблизи мениска. Медь, прилипая к поверхно-

сти сляба, вызывает разветвленные трещины-«пауки».

Для решения этой проблемы существуют два возможных пути — улучшение качества меди с помощью использования специальных сплавов, либо применение покрытий. Физические свойства электролитического никеля: твердость, сопротивление износу и теплопроводность, позволяют успешно использовать его для восстановления широкого диапазона медных плит кристаллизаторов. В то же время медные плиты, изготовленные из экзотических сплавов, очень дорогие и требуют значительных затрат на их ремонт. Благодаря этим факторам, восстановление работоспособности плит с использованием никелевого покрытия становится экономически

выгодно. Кроме того, применение никелевого покрытия позволяет улучшить качество сляба, за счет уменьшения количества дефектов, так называемых «пауков».

Уже в начале 80-х годов 20-го столетия компания SMS Millcraft (г. Питсбург, США) представила первое поколение никелевых покрытий для сталелитейной промышленности в Северной Америке. С тех пор эта компания создала множество конструктивных решений усовершенствованных никелевых покрытий для литейных машин, работающих при очень высокой производительности и в условиях непрерывно меняющихся требований к продукции.

В Челябинске в 2009 году организовано новое совместное российско-германское предприятие ООО «СМС-Челтек», основная цель которого на первом этапе - восстановление медных плит кристаллизаторов МНЛЗ с использованием технологии и оборудования компании SMS Millcraft, входящей в группу компаний SMS.

Технология электролитического покрытия никелем компании SMS Millcraft использует собственные приемы электролитического покрытия, разработанные конкретно для нанесения никеля на разнообразные медные кристаллизаторы. Процедура покрытия сплавами никеля различной конфигурации и твердости производится без снятия медных плит с «рубашек охлаждения». Процесс восстановления состоит из трех этапов:

*I этап* — механическая обработка поверхностей, изношенных в процессе разливки;

*II этап* — восстановление при помощи никелевого покрытия;

*III этап* — механическая обработка, обеспечивающая требуемую конфигурацию плиты.

## Никелевые покрытия СМС ЧЕЛТЕК

МАРКА ПОКРЫТИЯ	ТВЕРДОСТЬ ПОКРЫТИЯ	УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ (ккал/м·час/°С)	ТЕПЛОПЕРЕДАЧА ПО СРАВНЕНИЮ С МЕДЬЮ	ПОКРЫТИЯ ПРЕИМУЩЕСТВА
H-VHN (BFS/NFS)	250-350 V	53	5.8:1	Хорошее сопротивление износу, может быть использован в зоне мениска при толщине до 0.030"
VHN (BFS/NFS)	175-225 V	55	5.6:1	Среднее сопротивление износу, экономичное, может быть использовано в зоне мениска при толщине до 0.040"

\* Удельная теплопроводность меди CDA 107 Cu — 315 ккал/м·час/°С и для премиум класса CrZn-Cu — 305 ккал/м·час/°С

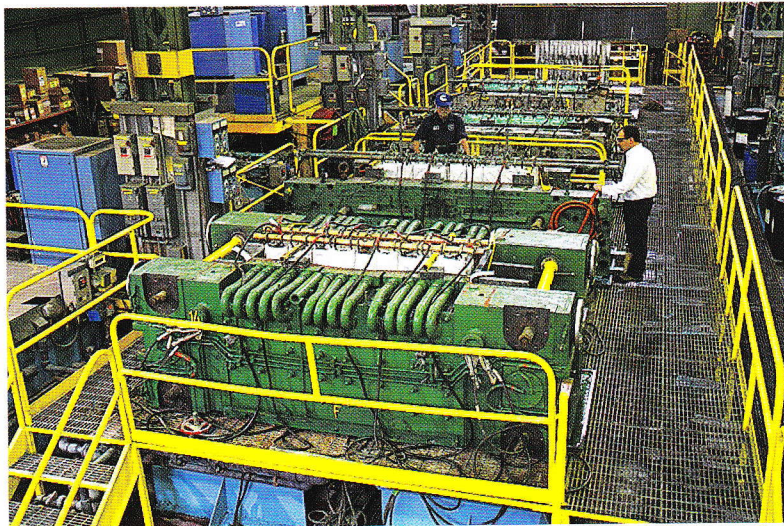


РИС 2.

### Конфигурации покрытий

SMS Millcraft в течение многих лет занимается техническим обслуживанием кристаллизаторов более 40 машин непрерывной разливки различных производителей на территории США и Канады. Наиболее распространенные виды покрытий представлены на рис. 1. Следует отметить, что параллельное покрытие заказчиками SMS Millcraft в настоящее время используется крайне редко, популярность же конических и ступенчатых покрытий примерно одинакова.

### Никелевые покрытия

Вскоре, после внедрения электролитического покрытия чистым никелем, появилось большое количество новых покрытий, в том числе Ni-Fe, Ni-Co, Ni-P, Ni-B, Ni-St, а также других сплавов никеля, с использованием различных органических веществ, способствующих увеличению твердости металла. Компания СМС-Челтек предлагает заказчикам следующие два вида покрытий.

VHN (никель с варьируемой твердостью) — это электролитическое никелевое покрытие, которое обеспечивает большую твердость в нижней части изна-

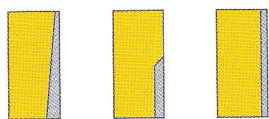


РИС 1.



РИС 3.

шиваемой поверхности медной плиты, чем в зоне мениска. Такое покрытие прекрасно предотвращает износ и отслаивание, замечательно защищает от коррозии и сохраняет постоянные физические свойства. Кроме того, это покрытие не имеет себе равных по пределу прочности на растяжение, температурному сопротивлению, пластичности и низкому внутреннему напряжению для различных значений твердости. Это покрытие обычно применяется для широких плит, однако СМС-Челтек использует аналогичный химический состав при покрытии опорных и лицевых поверхностей узких медных плит методом погружения в стандартной ванне.

H-VHN — это вариант более твердого состава покрытия, чем базовое VHN. Это покрытие более дорогое, но оно обладает более высоким сопротивлением износу. Покрытие H-VHN является сплавом никель-кобальт, который оптимизирован для обеспечения более высокой твердости, чем VHN, при этом уровень внутренних напряжений в покрытии обеспечивает возможность успешного применения его для медных плит кристаллизаторов МНЛЗ.

### Технология покрытия никелем

Технология покрытия никелем, предлагаемая СМС-Челтек, представляет собой специализированный процесс, который был оптимизирован для покрытия медных плит кристаллизаторов МНЛЗ, установленных в России. Технология представляет собой два отдельных процесса для покрытия медных плит кристаллизаторов:

- покрытие «в коробе» — это процесс, который более специализирован для покрытия широких плит, но может быть использован и при покрытии узких плит;
- покрытие «в ванне» — более традиционный процесс, который используют для покрытия узких плит.

### Покрытие «в коробе»

СМС-Челтек использует технологический процесс покрытия «в коробе», запатентованный SMS Millcraft (рис 2). Этот процесс позволяет покрывать никелем полностью собранный кристаллизатор («рубашка охлаждения» и медные плиты), предотвращая попадание химических компонентов покрытия на «рубашку охлаждения» или любые другие гидравлические или электрические соединения кристаллизатора. Такой процесс покрытия может быть использован для покрытия отдельных медных плит (без «рубашек охлаждения»), при этом плиты монтируются на поддерживающие опоры. При покрытии «в коробе» производится одновременное покрытие двух широких плит, выполняющих функцию двух стенок бака, в который подается никелевый раствор и из которого формируется покрытие.



РИС 4.



РИС 5.

### Покрывание в ванне

Технология СМС ЧЕЛТЕК покрытия в ванне (рис 3.) состоит из традиционных процессов покрытия, когда задняя сторона узкой плиты защищается от нежелательного покрытия, а затем плита опускается в специальную (запатентованную SMS Millcraft) ванну для никелевого покрытия. Размеры бака позволяют одновременно покрывать до 10 и более плит. Узкие плиты, до погружения в ванну для нанесения никелевого покрытия очищают, протравливают и промывают в традиционной промышленной станции. Как в случае покрытия «в коробе», так и при покрытии «в ванне» сам процесс покрытия длительный по времени. Время цикла покрытия зависит от толщины требуемого никеля, которая обычно не превышает 3 мм.

Типичный технологический процесс восстановления комплекта медных плит кристаллизаторов МНЛЗ состоит из следующих этапов:

- получение, очистка и проверка состояния кристаллизатора в сборе;
- демонтаж медных плит, очистка и проверка состояния «рубашки охлаждения»;
- химическая очистка задней поверхности медной плиты и замена уплотнений, монтаж медной плиты на опорной поверхности «рубашки охлаждения»;
- полная сборка и гидравлические испытания;
- подготовка и механическая обработка передней поверхности

Как в случае покрытия «в коробе», так и при покрытии «в ванне» сам процесс покрытия длительный по времени. Время цикла покрытия зависит от толщины требуемого никеля, которая обычно не превышает 3 мм

плиты для покрытия (цветная дефектоскопия мениска);

- Процедура покрытия: ступенчатое VHN или H-VHN никелевое покрытие нижней части плиты с толщиной до 3 мм, либо коническое H-VHN никелевое покрытие с конусом от 0,5 мм в верхней части плиты до 2 мм в нижней ее части;
- механическая обработка передней поверхности плиты после покрытия;
- гидростатические испытания и тест на термоудар;
- ручная полировка передней поверхности плиты до 0,8 Ra;
- очистка и покраска «рубашки охлаждения»;
- выходной контроль, оформление документации и подготовка к отправке.

### Измерительные калибры для настройки мнлз

При ремонте и настройке кристаллизаторов МНЛЗ очень удобны в использовании специально разработанные специалистами SMS Millcraft электронные конусные калибры TG-2 и специальные

калибры для измерения впадин и зазоров (рис 4. и рис 5.). Эти приборы отличаются высокой точностью и быстротой получения данных по степени износа поверхностей.

### Заключение

Открытие в России современного производства по применению никелевых покрытий при восстановительном ремонте медных пластин кристаллизаторов МНЛЗ позволит российским металлургическим заводам, имеющим в своем технологическом цикле машины непрерывной разливки стали, увеличить объем разливочной компании и в целом «наработку в тоннах» на комплект медных пластин кристаллизатора, улучшить качество готовой продукции МНЛЗ за счет защиты поверхности меди от образования трещин в зоне мениска, «смягчения» охлаждения кристаллизатора, уменьшения паутинообразного растрескивания на поверхности слябов за счет исключения переноса меди.

ООО «СМС-ЧЕЛТЕК»