

**Козлов Т. Р.***инженер**Филиал № 1 «АМК» ООО «ЮГМК», г. Алчевск, ЛНР,***Вишневский Д. А.***д.т.н, доцент,***Козачишен В. А.***к.т.н, доцент**Донбасский государственный технический институт, г. Алчевск, ЛНР*

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ВЕЛИЧИНЫ КОНУСНОСТИ УЗКИХ ПЛИТ КРИСТАЛЛИЗАТОРА СЛЯБОВОЙ МНЛЗ**

Кристаллизатор является важнейшей частью МНЛЗ. Он определяет геометрические параметры непрерывно литой заготовки, а также в большей степени её качество. В слабовых МНЛЗ применяются кристаллизаторы со сборными медными плитами на общей раме. Это позволяет изменять положение узких плит, тем самым, изменяя ширину разливаемого сляба. Конструкция кристаллизатора МНЛЗ-1 ОАО «АМК» позволяет изменять ширину сляба в пределах 1000–1800 мм не только при переподготовке МНЛЗ, но и в процессе разливки, так как оснащен гидравлическими приводами позиционирования и датчиками положения [1].

Участок разливки стали ККЦ ОАО «АМК» выполняет разливку металла различных марок сталей и ширин сляба. После разливки серии плавок низкокремнистых марок типа SAE 1006, SAE1008 МНЛЗ-1 может сразу перестроиться на разливку S355, 09Г2С. Однако при таком переходе у технологического персонала возникают сложности с выбором величины конусности узких плит.

Для более подробного изучения влияния конусности кристаллизатора на процесс непрерывной разливки стали рассмотрим определённые случаи и проанализируем их.

После разливки марок сталей с содержанием марганца более 1 % и скоростями разливки 1,2–1,4 м/мин при этом конусность кристаллизатора выбрана 1 % на длину широких плит 900 мм, следующий заказ SAE 1006 с содержанием марганца 0,4–0,6 % и скоростями разливки 1,5–1,9 м/мин был разлит с той же конусностью. После разливки технологический персонал при осмотре кристаллизатора обнаружил выработку узких плит в нижней части (рис. 1) и вывел из эксплуатации плиты, не достигнувшие окончания регламентного пробега.

При выполнении заказа 09Г2С начали прогрессировать продольные трещины по широкой грани (рис. 2). Некоторые из них настолько раскрывались, что приводили к прорывам и остановкам МНЛЗ-1 на время устранения аварий. При этом конусность кристаллизатора выбиралась 0,9 %. Технологическим персоналом было принято решение настраивать кристаллизаторы при разливке 09Г2С с конусностью 1 %, чтобы сжать плотнее узкими плитами сляб и не дать трещинам развиваться.

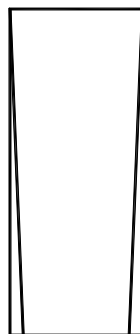


Рисунок 1 — Износ узких плит кристаллизатора

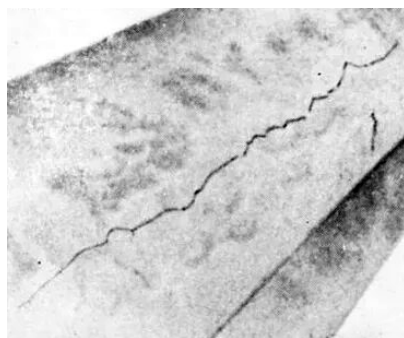


Рисунок 2 — Продольная трещина по широкой грани сляба

При выполнении заказа на товарный металл марки Q235 технологический персонал ориентировался при работе на сталь Зсп по схожести химического состава и других свойств (конусность 0,9 %). Часть заказа выполнялась с микролегированием титаном. Именно в этой части заказа появились продольные трещины по широкой грани. Увеличение конусности до 1 % позволило сократить количество трещин.

При разливке заказа марки стали S275JR которая относится к группе нелегированных низкоуглеродистых сталей, конусность принималась 0,9 %. На участке отделки при огневой зачистке наблюдалось увеличение обработки по продольным трещинам широкой грани. При этом ширина сляба по заданию максимально возможная 1800 мм. В данном случае также пришлось прибегнуть к увеличению конусности до 1 %.

Стоит обратить внимание, что при корректировке конусности с целью локализации продольных трещин технологическим персоналом после каждой серии выполнялся осмотр узких плит в нижней части. Неравномерного износа не наблюдалось.

Правильно подобранная величина конусности плит кристаллизатора должна идеально повторять усадку заготовки по длине кристаллизатора в течение всего времени нахождения металла в кристаллизаторе, обеспечивая равномерный теплоотвод между стенками кристаллизатора и заготовкой. Такая настройка позволит увеличить срок службы плит.

При выбранной избыточной конусности кристаллизатора плиты кристаллизатора в процессе разливки пережимают непрерывно литую заготовку в нижней части, что приводит к росту интенсивности износа плит кристаллизатора, увеличению усилий вытягивания заготовки, нестабильности приводов, возникновению дефектов.

При выбранной недостаточная конусность кристаллизатора к низу кристаллизатора зазор между плитами кристаллизатора увеличивается. Из-за чего возникают продольные трещины на широких гранях заготовки, в зависимости от увеличения величины зазора продольные трещины раскрываются ниже кристаллизатора и могут привести к прорыву корочки сляба. Также может наблюдаться избыточный расход ШОС или других смазок кристаллизатора.

В данный момент на МНЛЗ-1 ККЦ ОАО «АМК» для конкретного задания на разливку стали, конусность узких плит кристаллизатора определяется с учётом трёх факторов:

– времени нахождения непрерывно литой заготовки в кристаллизаторе (по скорости разливки);

- ширины сляба (величина фронта кристаллизации);
- свойству марки стали к усадке (химический состав).

Третий фактор разделяется на две подгруппы:

- по содержанию марганца;
- по содержанию элементов ( $Ti, B, Nb, V, W, Mo, Ni$ ) измельчающих зерно за счет модификации (создание дополнительных центров кристаллизации).

Наиболее важным фактором при определении конусности является время нахождения металла в кристаллизаторе. Имея данные о максимальных и минимальных значениях скорости разливки и конусности кристаллизатора заложенные при проектировании эксплуатируе-

мого агрегата можно составить для обслуживающего персонала таблицу соотношений данных величин. Для составления программы можно воспользоваться формулами:

Время нахождения металла в кристаллизаторе:

$$t = \frac{H - h}{V_{\text{ц}}},$$

где  $H$  — высота плит кристаллизатора, мм;  $h$  — уставка уровня металла в кристаллизаторе (расстояние от мениска до верхнего среза плит), мм;  $V_{\text{ц}}$  — целевая (средняя) скорость разливки, м/мин.

$$V_{\text{ц}} = (V_2 + V_1) / 2,$$

где  $V_1$  и  $V_2$  — минимальная и максимальная скорости для заданной марки стали.

При обнаружении продольных трещин в процессе разливки можно изменить время нахождения металла в кристаллизаторе, изменив скорость разливки или изменив уставку уровня металла в кристаллизаторе.

Зависимость величины конусности от скорости разливки:

$$K_{\text{СК}} = K_{\text{max}} - \frac{V_{\text{ц}} - V_{\text{min}}}{G_v} \varphi_k,$$

где  $K_{\text{max}}$  — максимально возможная конусность кристаллизатора, %;  $V_{\text{min}}$  — минимально возможная скорость разливки для агрегата, м/мин;  $G_v$  — минимальный шаг изменения скорости разливки, м/мин;  $\varphi_k$  — шаг изменения конусности, %.

$$\varphi_k = (K_{\text{max}} - K_{\text{min}}) / n,$$

где  $K_{\text{min}}$  — минимально возможная конусность кристаллизатора, %;  $n$  — число циклов изменения скорости во всём диапазоне скоростного режима МНЛЗ.

$$n = (V_{\text{max}} - V_{\text{min}}) / G_v.$$

Таким образом, зависимость величины конусности от скорости:

$$K_{\text{СК}} = K_{\text{max}} - \frac{V_{\text{ц}} - V_{\text{min}}}{G_v} \times \frac{K_{\text{max}} - K_{\text{min}}}{V_{\text{max}} - V_{\text{min}}} G_v = K_{\text{max}} - \frac{V_{\text{ц}} - V_{\text{min}}}{V_{\text{max}} - V_{\text{min}}} \times (K_{\text{max}} - K_{\text{min}}).$$

Рассмотрим влияние химического состава стали при настройке МНЛЗ, показателем легирования при выборе основных параметров разливки является содержание марганца, поэтому расчет строится следующим образом:

$$K_{\text{mn}} = K_{\text{min}} + \frac{Q_{\text{ц}} - Q_{\text{min}}}{Q_{\text{max}} - Q_{\text{min}}} \times (K_{\text{max}} - K_{\text{min}}),$$

где  $Q_{\text{min}}$  — минимальное содержание марганца в разливаемом сортаменте, %;  $Q_{\text{max}}$  — максимальное содержание марганца в разливаемом сортаменте, %;  $Q_{\text{ц}}$  — целевое содержание марганца для заданной марки стали, %.

$$Q_{\text{ц}} = (Q_1 + Q_2) / 2,$$

где  $Q_1$  и  $Q_2$  — минимальное и максимальное содержание марганца для заданной марки стали.

Свое влияние на усадку сляба в кристаллизаторе оказывает геометрия слитка. Соотношение ширины слитка к толщине не учитываем, ведем расчет только по ширине заготовки.

$$K_{\text{ш}} = K_{\text{min}} + \frac{H_3 - H_{\text{min}}}{H_{\text{max}} - H_{\text{min}}} \times (K_{\text{max}} - K_{\text{min}}),$$

где  $H_{\text{min}}$  — минимальная ширина сляба для МНЛЗ, мм;  $H_{\text{max}}$  — максимальная ширина сляба для МНЛЗ, мм;  $H_3$  — ширина сляба для конкретного задания, мм.

При расчете конусности кристаллизатора необходимо учитывать наличие или отсутствие в заказе на определённую марку стали микролегирования. Для этого вводится коэффициент микролегирования  $K_{\text{микро}}$ .

При наличии в химическом составе элементов: *Ti, B, Nb, V, W, Mo, Ni*  $K_{\text{микро}} = 1,1$ ; при отсутствии микролегирования  $K_{\text{микро}} = 1$ .

Конусность кристаллизатора определится выражением:

$$K = \frac{K_{\text{СК}} + K_{\text{мп}} \times K_{\text{микро}} + K_{\text{ш}}}{3}.$$

При вводе в программу, созданную на основе данных формул, параметров разливаемого металла можно получить размер конусности кристаллизатора, которая будет повторять величину усадки заготовки в кристаллизаторе.

Выводы. В условиях производства МНЛЗ-1 ККЦ было исследовано влияние конусности плит кристаллизатора на процессы непрерывной разливки стали. В зависимости от изменений условий разливки вносились корректировки величины конусности плит кристаллизатора в пределах 10 % от номинальной величины. При этом наблюдалось влияние данных изменений на характер проявления поверхностных дефектов заготовки и динамику износа плит кристаллизатора. Опытным путем было выявлено, что на величину усадки сляба в кристаллизаторе влияют следующие факторы: скорость разливки, химический состав разливаемой стали, геометрия слитка. Комплексный подход к расчету и выбору величины конусности плит кристаллизатора улучшает качество заготовки, увеличивает стойкость плит кристаллизатора, снижает усилия приводов вытягивания заготовки МНЛЗ, уменьшает расход ШОС для кристаллизатора.

### Список литературы

1. Смирнов, А. Н. Непрерывная разливка стали / А. Н. Смирнов, С. В. Куберский, Е. В. Штепан. — Донецк : ДонНТУ, 2011. — 482 с.