

ПРОМЫШЛЕННОЕ ОСВОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МНЛЗ В УСЛОВИЯХ МОЛДАВСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА

Волков А.В. (СЗАО «Молдавский металлургический завод», г.Рыбница)

Рассмотрены преимущества использования математической модели при управлении зонами вторичного охлаждения МНЛЗ, затронуты вопросы реализации модели в условиях единой АСУТП сталеплавильного производства, показаны результаты экспериментов по определению коэффициентов теплоотдачи зон вторичного охлаждения.

В настоящее время наиболее распространенным способом управления охлаждением НЛЗ является управление по графикам: зависимостям расхода воды от скорости разливки для заданных марок стали. При отлаженной технологии и стабильном химическом составе металла этого вполне достаточно. Но при появлении новых марок стали или изменении исходных параметров металла или МНЛЗ требуется проведение отдельных исследовательских работ для определения новых графиков охлаждения. Кроме того, на предельных скоростях разливки при колебании химического состава и температуры металла существующие графики могут не обеспечивать требуемое охлаждение НЛЗ, что приводит к ухудшению качества заготовки.

Использование математической модели процесса разливки при управлении охлаждением НЛЗ позволяет сократить время ввода новых марок стали и стабилизировать качество заготовок при изменении входных параметров разливки (температуры, химического состава, зон охлаждения), повысить серийность разливки.

Наиболее полную и точную информацию о состоянии НЛЗ можно получить, используя численные методы при моделировании процесса разливки. Но и здесь есть свои сложности:

- Слабо изучены зависимости теплофизических свойств стали (теплоемкость, теплопроводность, плотность) от химического состава и температуры;
- Сложности при замерах температур поверхности НЛЗ внутри зон охлаждения, необходимых для настройки параметров модели;
- Кроме того, на точность вычислений большое влияние оказывает выбор и реализация численного метода расчета;
- Большой объем вычислений даже при наличии быстродействующих машин накладывает определенные ограничения на точность рас-

четов, поскольку необходимо обеспечить работу модели в режиме реального времени.

В настоящее время на Молдавском Metallургическом Заводе разработана математическая модель процесса охлаждения НЛЗ и создана программа управления ЗВО с ее использованием.

В основу модели заложен Метод Конечных Элементов с расчетом по схеме Кранка-Николсона, позволяющий достигнуть точности расчетов менее 5 %. Параметры теплообмена в зонах вторичного охлаждения и кристаллизаторе определялись экспериментально, с учетом существующих зависимостей. Так, например, теплоотдача в кристаллизаторе определялась как экспоненциальная зависимость теплового потока от времени [1], а коэффициент теплоотдачи ЗВО определялся как линейная зависимость от плотности орошения [2].

Внешний вид программы расчета температурного поля НЛЗ представлен на рис. 1. На рабочем окне отображаются:

- фактические и расчетные значения расхода воды по зонам охлаждения;
- расчетные температуры поверхности слитка в контрольных точках;
- расчетные температуры начала и конца кристаллизации стали;
- текущий химический состав металла;
- расчетная глубина жидкой фазы;
- текущая скорость разливки,
- температура металла в сталь-ковше;
- фактический замер температуры пирометром.

Исходными данными для математического расчета являются химический состав и температура металла, скорость разливки и расходы воды в зонах охлаждения.

После расчета температуры по длине заготовки происходит сравнение полученных значений с заданным (или рассчитанным по критериям качества) температурным профилем, по результатам сравнения происходит корректировка расхода воды на ЗВО. На больших скоростях при вероятности появления жидкой фазы во время реза выдается предупреждение и рекомендация снизить скорость разливки.

Модель адаптируется к заготовкам любого размера и профиля.

Настройка на конкретную МНЛЗ происходит с использованием стационарно установленных пирометров, расположенных по длине заготовки. Как правило, позиции установки соответствуют окончанию каждой зоны охлаждения. Настраиваемыми параметрами являются коэффициенты теплоотдачи ЗВО и кристаллизатора. Пример такой настройки для условий МНЛЗ-2 Молдавского металлургического завода представлен на рисунках 2 и 3.

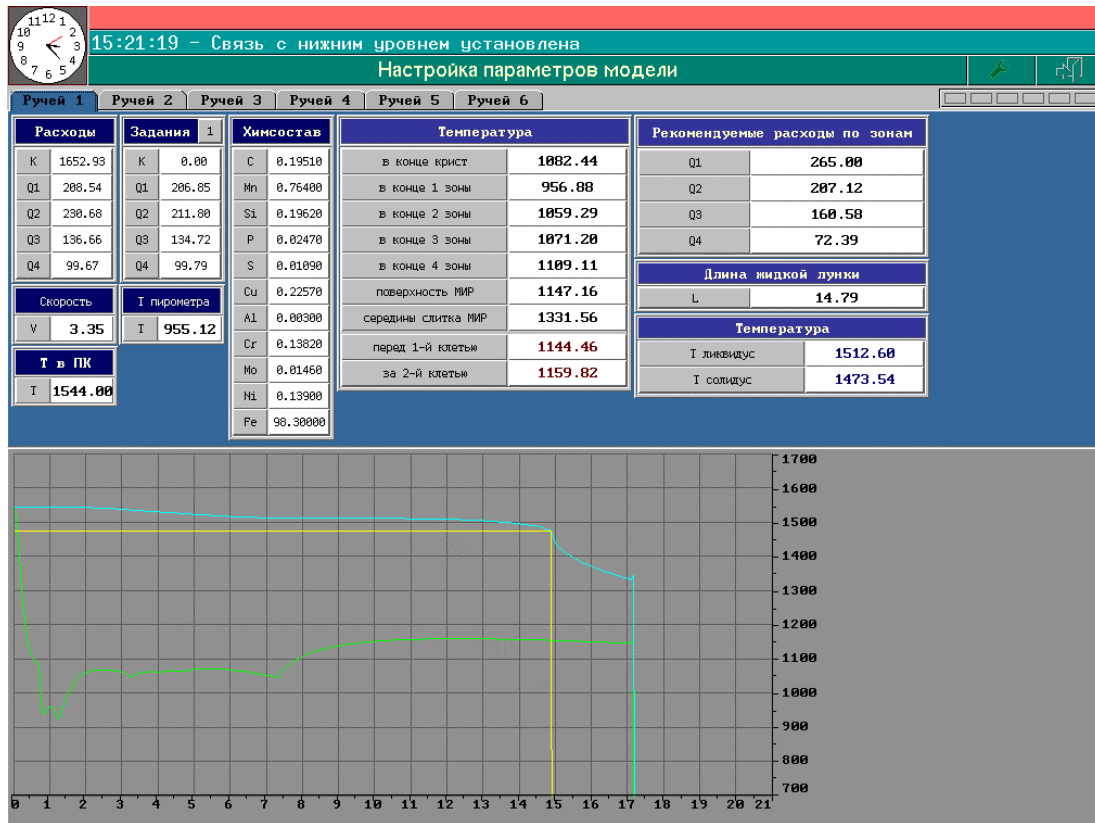


Рисунок 1 – Рабочее окно программы расчета температурного поля НЛЗ. (голубая линия – температура сердцевины слитка; зеленая линия – температура поверхности слитка; желтая линия – протяженность жидкой фазы по длине НЛЗ)

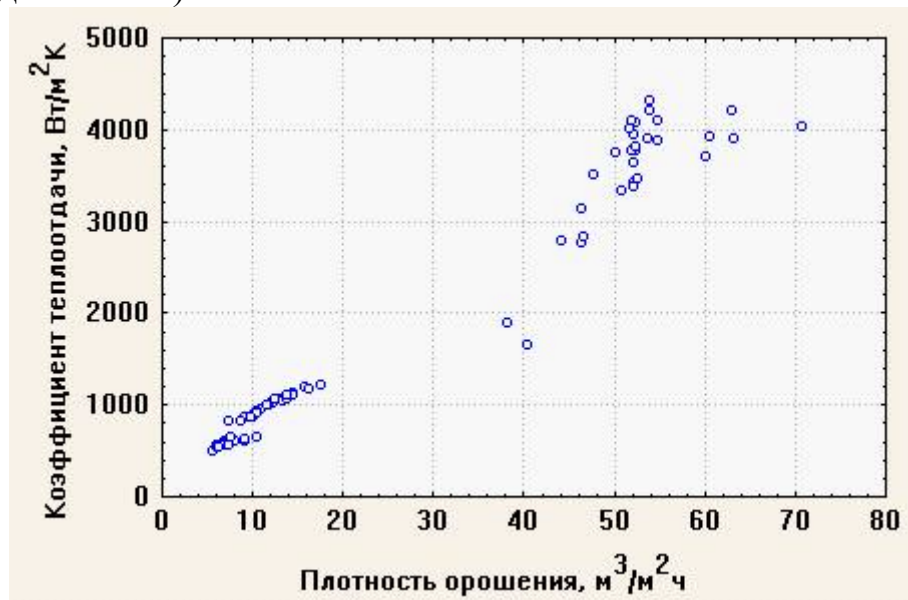


Рисунок 2 – Экспериментальное определение зависимости коэффициента теплоотдачи ЗВО от плотности орошения

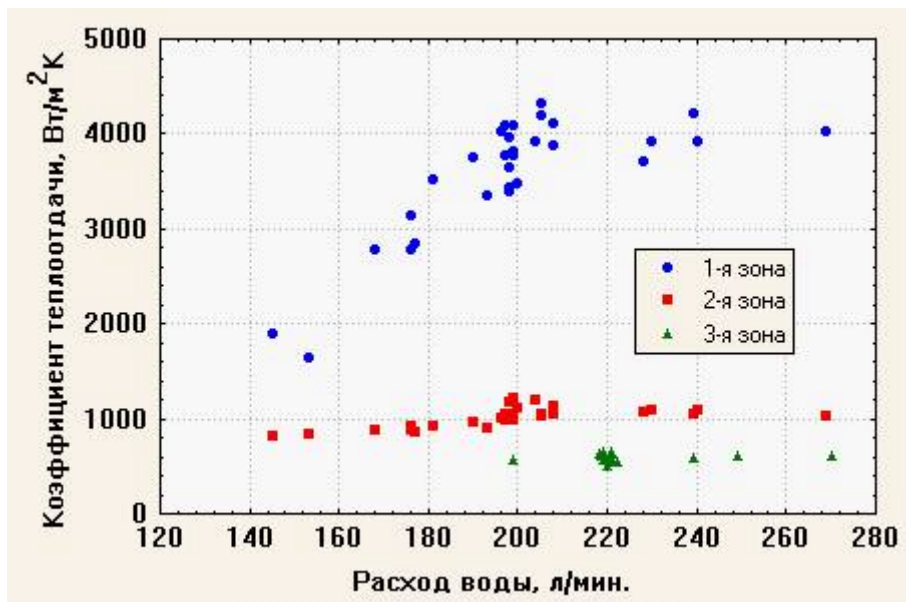


Рисунок 3 – Экспериментальное определение зависимости коэффициента теплоотдачи ЗВО от расхода воды на ЗВО

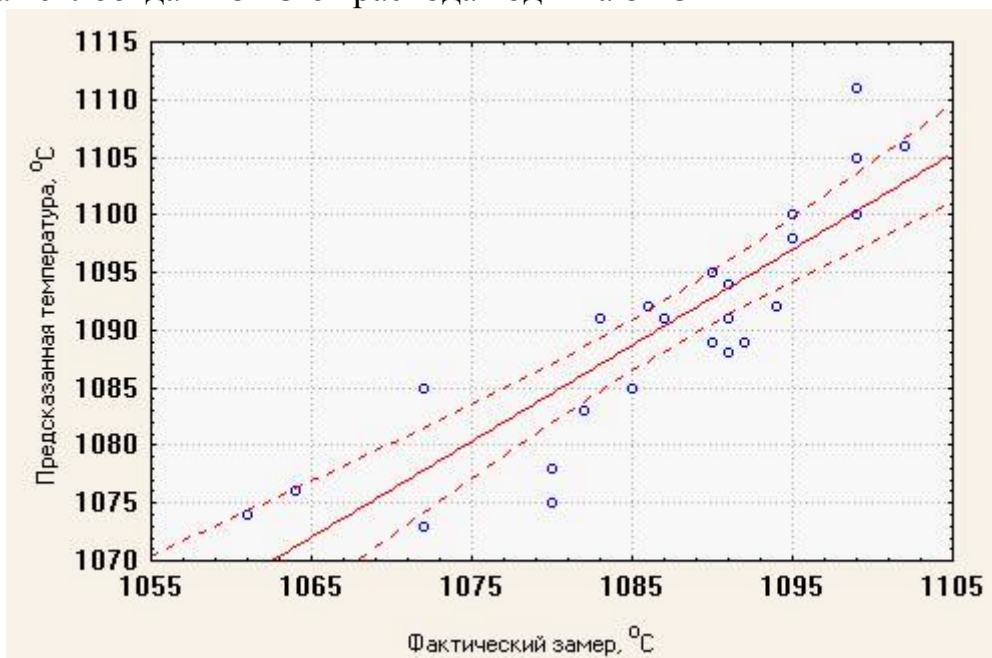


Рисунок 4 – Корреляционная зависимость между фактической и расчетной температурами (коэффициент корреляции: $r = 0.88$)

Достоверные результаты расчета позволяют широко использовать модель в автоматизированной системе управления предприятием.

К возможным областям ее применения относятся:

- повышение качества НЛЗ за счет оптимизации теплообмена в зонах охлаждения;
- использование результатов расчета температуры и толщины корки металла при управлении мягким обжатием заготовки;
- контроль качества и отбраковка слитков по соблюдению режимов разливки;

- рекомендации по выбору скорости разливки при работе в единой АСУ ЭСПЦ для обеспечения серийности плавков.
- расчет температуры НЛЗ для горячего посада в нагревательную печь при работе с прокатным цехом в режиме прямой выдачи заготовок.

В настоящее время модель настроена на работу с низко- и среднеуглеродистыми марками стали. О качестве ее работы можно судить по рис.4. После проведения дополнительных исследований теплофизических параметров металла область применения модели будет расширена и на высокоуглеродистые марки стали.

В результате выполненных исследований установлено, что для водяного форсуночного охлаждения коэффициент теплоотдачи ЗВО линейно зависит от плотности орошения до значения $40 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$, а выше $55 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$ он стабилизируется. Использование математической модели при управлении зонами вторичного охлаждения позволяет стабилизировать качество НЛЗ и повысить серийность разливки.

Список литературы

1. Л. Шмрга «Затвердевание и кристаллизация стальных слитков» М: Металлургия, 1985 г.-248 с.
2. В.А. Емельянов «Тепловая работа машин непрерывного литья заготовок», М.: Металлургия, 1988г.-141 с.