Ю. В. Гребнев, В. Ф. Жаркова, Н. В. Маркина, Д. Ю. Гребнев

**РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА РАЗЛИВКИ
УГЛЕРОДИСТОЙ И ВЫСОКОМАРГАНЦЕВОЙ СТАЛИ**

Волгоградский государственный технический университет

e-mail: mitlp@vstu.ru

Рассматривалась возможность использования изолирующих шлакообразующих смесей для снижения теплопотерь, основой которых служил высокодисперсный углеродосодержащий материал (ВУМ), являющийся отходом производства первичного алюминия.

Ключевые слова: шлакообразующие смеси, высокодисперсный углеродосодержащий материал, разливка металла, теплопотери.

Yu. V. Grebnev, V. F. Zharkova, N.V. Markina., D. Yu. Grebnev

**REGULATION OF THE TEMPERATURE REGIME FOR
CASTING CARBON AND HIGH-MANGANESE STEEL**

Volgograd State Technical University

The possibility of using insulating slag-forming mixtures based on highly dispersed carbon-containing material (VUM), which is a waste product of primary aluminum production, to reduce heat loss was considered.

Keywords: slag-forming mixtures, highly dispersed carbon-containing material, metal casting, heat loss.

Большинство литейных цехов в настоящее время работают нестабильно [1]. Крупные заказы, обеспечивающие стабильную работу плавильного и формовочного отделений, поступают редко. В основном литейные цеха работают над мелкими заказами, изготавливая отливки разной категории сложности, веса и химического состава.

Время разливки металла из стенового ковша при изменении номенклатуры отливок может изменяться на 300 %. При медленной разливке

металл теряет температуру и для сохранения жидкотекучести необходимо перегревать расплав перед выпуском из плавильной печи.

В условиях сталелитейного цеха Волгоградского тракторного завода в стеновой ковш из печи ДСП-6 сливалось от 4,5 до 6,5 тонн жидкой стали. Металл из ковша разливался в формы на трех автоматических линиях конструкции Ниитракторосельхозмаш за 20–25 минут. При падении объемов производства изготовление форм проводили на одной автоматической линии.

Время разливки металла из стенового ковша увеличилось до 50 минут. Первые формы заливались «перегретым» металлом. Последние порции металла разливались по литейным формам с температурой ниже рекомендуемой. В результате значительно увеличился брак отливок и слив «холодного» металла в изложницы.

Особо сложное положение сложилось при производстве детали «звено гусеницы» из чув-

ствительной к температурным режимам плавки и разливки высокомарганцевой стали 110Г13Л. Брак отливки детали «звено гусеницы» по причинам «спай» возрос на 15 %. Слив «холодного» металла в изложницы достиг 18 % от веса плавки.

Расплавленный металл в ковше теряет до 80 % тепла за счет конвективных воздушных потоков от зеркала металла (рис. 1).

Рис. 1. Схема теплопотерь в стеновом ковше при разливке стали 110Г13Л:
1 – металлический кожух; 2 – асбестовый лист; 3 – огнеупорный кирпич; 4 – набивная футеровка

Было предложено для снижения теплопотерь использовать изолирующие шлакообразующие смеси уже опробованные при выплавке стали 110Г13Л в электродуговых печах ДСП-6 с водоохлаждаемым сводом [2, 3].

Основой теплоизолирующих смесей служил высокодисперсный углеродосодержащий материал (ВУМ), который является отходом производства первичного алюминия.

ВУМ – это высушенный шлак, который образуется в установках мокрой газоочистки Волгоградского алюминиевого завода. Объем углеродистого шлака достигает до 100 тонн в месяц при условии производства алюминия 40000 тонн в год.

Химический состав материала, % в.ч.:

С (аморфное состояние, сажа)	– 60... 65;
NaAlSi ₃ O ₈	– 14...16;
Al ₂ O ₃ · SiO ₂	– 12...14;
CaCrF ₆	– 5...7;
MeS	– до 1,0

Насыпной вес просушенного углеродосодержащего материала до 200 кг/м³.

ВУМ при контакте с жидким металлом обладает высокой термостойкостью, низкой теплопроводностью, хорошо растекается по зеркалу жидкого металла. Постепенно сгорая, мате-

риал выделяет тепло. Коэффициент теплопроводности ВУМ при средней температуре 50 °С равен 0,08–0,15 ккал/м·ч·град).

При изучении влияния ВУМ, как теплоизолирующего и шлакообразующего материала, на процесс разливки сталей 45ФЛ и 110Г13Л главным критерием было снижение температуры металла за определенный период. Измерялось снижение температуры в градусах за одну минуту.

Расход высокоуглеродистого материала для утепления жидкой стали 45ФЛ и 110Г13Л был одинаковым и составил 4-5 кг на тонну жидкой стали или в среднем 25 кг материала на стеновой ковш.

Высокоуглеродистый материал присаживался лопатами в стеновой ковш после слива в него расплава, в момент, когда печной шлак всплывал на поверхность жидкого металла. Жидкий печной шлак препятствовал насыщению стали углеродом.

Замер температуры металла начинался в момент слива металла из стенового ковша в третий по порядку малый разливочный ковш. К моменту заполнения третьего разливочного ковша, металл в стеновом ковше полностью прогревал футеровку, температура металла ста-

билизировалась. Замер температуры проводился в каждом разливочном ковше вплоть до полной разливки металла из стенового ковша.

Всего было проконтролировано в эксперименте 13 плавов стали 45ФЛ и 21 плавка стали 110Г13Л. Результаты замеров температур сравнивались с такими же замерами температуры контрольных плавов стали, разливаемых по действующей технологии.

Замер температур проводился путем погружения в металл платино-родиевой термопары в замкнутом керамическом колпачке. Погрешность измерения $\pm 5^\circ\text{C}$.

Температура расплава в стеновом ковше составляла:

сталь 45ФЛ – $1580...1600^\circ\text{C}$;
сталь 110Г13Л – $1480...1520^\circ\text{C}$.

Усредненные значения снижения температуры расплава в стеновом ковше составили для контрольных плавов, разливаемых по действующей технологии под печным шлаком:

сталь 45ФЛ – $3,1^\circ\text{C}/\text{мин}$;
сталь 110Г13Л – $2,4^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Усредненные значения снижения температуры расплава в стеновом ковше при использовании ВУМ в качестве теплоизолирующего материала составили для экспериментальных плавов:

сталь 45ФЛ – $0,9^\circ\text{C}/\text{мин}$;
сталь 110Г13Л – $0,7^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Из вышеприведенных данных видно, что под теплоизолирующей смесью металл можно разливать в три раза дольше без снижения его качества и экономических потерь (рис. 2).

Рис. 2. Скорость снижения температуры расплава сталей 45ФЛ и 110Г13Л в стеновом ковше с печным шлаком и теплоизолирующим шлаком, град/мин

Разливка стали 45ФЛ на литейном конвейере (автоматической линии) под печным шлаком в течение 40 минут приведет к снижению температуры расплава на $120...130^\circ\text{C}$, что критично скажется на механических и технологических свойствах металла, уровне брака отливок и экономических показателях.

В то же время разливка стали 45ФЛ в течение 40 минут под теплоизолирующим шлаком приведет к снижению температуры металла всего на 36°C .

Все показатели механических и технологических свойств сталей 45ФЛ и 110Г13Л в экспериментальных плавках несколько выше, чем в контрольных. Отмечено заметное снижение уровня брака отливки детали «звено гусеницы» по таким дефектам как горячая трещина и спай. Регулирование температуры разливки стали 110Г13Л по-

зволило снизить брак по причинам заливки форм «перегретым» и «холодным» металлом (рис. 3).

Также отмечена экономия электроэнергии на тонну жидкой стали:

45ФЛ – 11 кВт/час ;
110Г13Л – 13 кВт/час .

В ходе экспериментальных работ было отмечено, что присадка ВУМ в электродугую печь и в стеновой ковш сопровождается выделением большого количества пыли (в основном углерода в виде сажи). Пыль разносится по плавильному отделению.

Для предотвращения выделения пыли в высокоуглеродистый шлак добавлялось жидкое стекло в количествах $2...3\%$ и материалы смешивались. Только после смешивания шлама ВУМ с жидким стеклом он сушился, пока содержание влаги не составляло $0,6...0,8\%$.

Рис. 3. Уровень брака детали «Звено гусеницы», %:
Э – экспериментальная плавка; К – контрольная плавка

Присадка ВУМ с отвержденным жидким стеклом в электродугую печь и стендовый ковш практически не приводит к выделению пыли. Все остальные функции ВУМ сохраняются. ВУМ хорошо теплоизолирует жидкий металл в электродуговой печи и стендовом ковше.

Применение теплоизолирующего шлака на основе высокодисперсного углеродистого материала позволит в 2–3 раза увеличить продолжительность разливки без снижения качества расплава, снизить уровень брака и сэкономить электроэнергию.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дибров, И. А. Литейное производство – прогресс машиностроения / И. А. Дибров // Литейщики России. – № 8. – 2019. – С. 13–24.
2. Шлаковый режим плавки высокомарганцевой стали в электропечи с водоохлаждаемым сводом / Ю. В. Гребнев, А. А. Егоров, В. В. Шлепин, И. Е. Афонин, Н. Г. Краева // Литейное производство. – 2000. – № 4. – С. 26–27.
3. Разработка ресурсосберегающей технологии выплавки высокомарганцевой стали / Н. А. Кидалов, Ю. В. Гребнев, В. Ф. Жаркова, Е. А. Гусакова, Ю. С. Бурлакова // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 15 (118) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2008. – С. 136–138.