

*Грязнов В. Д.*  
*студент гр. МЧМ-14-2м,*  
*Куберский С. В.*  
*к.т.н., проф., зав. каф. МЧМ,*  
*Ковальчук А. В.*  
*студент гр. МЧМ-14-2м*  
*ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР*

## **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕЛИВА СТАЛИ В ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОВШ**

Наличие металлического остатка (стали) в сталеразливочном ковше приводит к уменьшению выхода годного металла, что влечет за собой увеличение себестоимости продукции и снижает ее конкурентоспособность.

На основании ранее проведенных исследований [1, 2] установлено, что на завершающем этапе перелива стали из сталеразливочного ковша образуется вихревая воронка, которая затягивает покровный шлак в металлопроводку и транспортирует его в промежуточный ковш. При этом часть шлака под действием мощных конвективных потоков может попасть в кристаллизатор. Особенно часто это происходит при разливке на МНЛЗ последней в серии плавки. Попадание печного шлака в кристаллизатор вызывает изменение химического состава и свойств шлакообразующей смеси находящейся на его поверхности, что приводит к нарушению процесса формирования оболочки непрерывнолитой заготовки, ее качества и увеличивает вероятность возникновения прорывов. С целью недопущения подобных ситуаций при появлении шлака в струе перелив стали прекращают, а оставшийся в ковше металл сливают в шлаковую чашу. Следует отметить, что из практики работы кислородно-конвертерного цеха (ККЦ) Филиала № 12 ЗАО «Внешторгсервис» (АМК) известны случаи прекращения перелива стали из сталеразливочного ковша емкостью 300 т из-за появления в струе частиц шлака при остатке в нем стали до 10 т, что приводит к значительному снижению выхода годного металла.

С целью снижения шлакометаллического остатка в сталеразливочном ковше в работе [3] было проанализировано влияние технологических параметров процесса получения непрерывнолитой заготовки на количество шлака попадающего в промежуточный ковш в результате образования вихревой воронки в конце перелива стали. В результате проведенных исследований установлено, что время начала развития процесса воронкообразования зависит от:

- физических свойств разливаемой стали определяемых ее химическим составом и температурой;
- продолжительности цикла внепечной обработки стали на агрегате ковш-печь (АКП);
- массовой скорости перелива металла из сталеразливочного ковша, которая зависит от площади проходного сечения металлопроводки регулируемой шиберным затвором.

С целью снижения массы шлакометаллического остатка в сталеразливочном ковше с использованием его физической модели было исследовано влияние дросселирования металлопроводки в конце перелива на момент начала образования вихревой воронки. В качестве жидкости моделирующей сталь использовалась вода, гранулы пе-

нопласта моделировали шлак, а запорно-регулирующая арматура в виде шарового крана позволяла управлять расходом жидкости по аналогии с шиберным затвором.

На первом этапе исследований было установлено, что большее время выдержки жидкости в модели до перелива, а также уменьшение массовой скорости ее истечения способствуют более позднему образованию вихревой воронки и затягиванию в нее гранул пенопласта, а, следовательно, меньшему остаточному объему жидкости в модели. Это можно объяснить двумя факторами. Во-первых, большая выдержка жидкости способствует некоторому снижению интенсивности образовавшихся после наполнения емкости циркуляционных потоков, что по аналогии может позитивно влиять на потоки, образующиеся в объеме металлического расплава в результате аргонной продувки его при обработке на АКП. Во-вторых, уменьшение проходного сечения канала, через который переливается жидкость, снижает интенсивность развития циркуляционных потоков, что также способствует более позднему воронкообразованию.

Серия экспериментов по моделированию процесса перелива с использованием традиционной технологии позволила установить, что при истечении жидкости через полностью открытый канал шарового крана, затягивание гранул пенопласта в образующуюся вихревую воронку происходит при среднем остатке жидкости в модели в объеме 3,5 л.

Для снижения интенсивности вихревых потоков, которые возникают в процессе наполнения модели жидкостью и усиливаются в процессе ее истечения, было исследовано влияние на их интенсивность и развитие, а, следовательно, и на остаточный объем жидкости до образования воронки временного прекращения перелива и последующего перелива с меньшим массовым расходом. Для моделирования такой ситуации при остаточном объеме жидкости в модели 4 л при котором не образуется вихревая воронка производили полное перекрытие канала шарового крана, а через 10 с открывали его на половину площади проходного сечения. При таком способе перелива затягивание гранул пенопласта в вихревую воронку происходило при среднем остатке жидкости в модели в объеме 1,5 л, т. е. уменьшилось более чем в 2 раза.

На основании полученных экспериментальных данных была предложена новая технология заключительного этапа перелива стали из сталеразливочного ковша для условий ККЦ АМК, которая заключается в следующем:

- при окончании перелива металла из сталеразливочного ковша емкостью 300 т (остаток 25–30 т) производили максимально возможное наполнение промежуточного ковша;

- при остатке в сталеразливочном ковше 5–10 т стали с целью снижения интенсивности циркуляционных потоков в объеме оставшегося металла и более позднего образования вихревой воронки шиберный затвор перекрывали на 8–10 с;

- после выдержки шиберный затвор открывали на половину проходного сечения сталеразливочного стакана, и перелив стали продолжали до появления шлака в струе.

Результаты опытных переливов стали из сталеразливочного ковша в условиях ККЦ АМК по традиционной и предложенной технологии представлены в таблице. Для анализа были приняты временные промежутки продолжительностью в 10 суток и учитывались шлаковые чаши, заполненные шлакометаллическим остатком с одной МНЛЗ, а чаши, поступающие с разливочного пролета после разливки стали в изложницы во внимание не принимались.

Остатки металла и шлака после разливки ковша сливаются в шлаковую чашу, которая после наполнения транспортируется на шлаковый двор, где происходит разделение шлаковой и металлической составляющих. Средний вес металлического остатка в шлаковой чаше составил 4,27 т и 5,54 т для нового и традиционного спо-

соба перелива стали соответственно. Учитывая тот факт, что в шлаковую чашу сливается шлакометаллический расплав из четырех ковшей то средний вес металлического остатка в одном ковше при использовании предложенной технологии составляет 1,07 т, тогда как при традиционном способе перелива 1,39 т.

Таблица — Сравнительные результаты количества металлического остатка кантуемого в шлаковую чашу при использовании различных технологи перелива

№ суток	Технология перелива:			
	традиционная		новая	
	количество шлаковых чаш	~ вес металлического остатка, т	количество шлаковых чаш	~ вес металлического остатка, т
1	1	5	3	11
2	2	12	2	8
3	4	22	1	5
4	2	10	2	7
5	4	23	2	9
6	2	12	2	9
7	2	9	3	14
8	1	7	1	4
9	1	5	3	15
10	3	17	3	12
Итого:	22	122	22	94

Таким образом, использование предложенной технологии позволяет увеличить выход годного в среднем на 0,32 т на плавку (~1 кг/т) или на 0,1 %, что при средней стоимости тонны сляба на мировом рынке 470 \$/т обеспечивает экономический эффект 0,47 \$/т или практически 31 руб./т при стоимости доллара 65,8 руб. Ожидаемый годовой экономический эффект при плановом производстве на АМК в объеме 2 млн т составит около 62 млн руб./год.

В заключении необходимо отметить, что не смотря на относительно высокую эффективность предложенная технология имеет и свои недостатки. Главным из недостатков на наш взгляд является уменьшение стойкости шибберных затворов в результате более интенсивной их работы. Причем при низком качестве затворов возможен ранний выход их из эксплуатации, что становится причиной выведения из оборота сталеразливочных ковшей. Поэтому при широкомасштабном внедрении предложенной технологии необходимо уделять пристальное внимание этому важному фактору. Кроме того, в ходе дальнейших исследований необходимо проанализировать более широкий временной интервал прекращения дозирования жидкости из модели сталеразливочного ковша.

#### Библиографический список

1. Смирнов, А. Н. Некоторые аспекты возникновения прилипания и прорывов корочки непрерывнолитого сляба в кристаллизаторе / А. Н. Смирнов, С. В. Куберский, Е. Н. Максаев // *Электрометаллургия*. — 2013. — № 9. — С. 13–21.
2. Смирнов, А. Н. Влияние неметаллических включений на подвисяние и прорыв оболочки непрерывнолитого слитка в кристаллизаторе МНЛЗ / А. Н. Смирнов, Е. Н. Максаев, С. В. Куберский, В. Г. Ефремова // *Процессы литья*. — 2015. — № 4. — С. 22–30.
3. Куберский, С. В. Влияние эффекта воронкообразования на параметры процесса непрерывной разливки стали / С. В. Куберский, Е. Н. Максаев // *Сб. научн. тр. ДонГТУ*. — № 4. — 2016. — С. 61–68.