

УДК 621.74.047:669.046.58**Е.В. Штепан, А.В. Шабловский****ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ШОС ДЛЯ ОТЛИВКИ ЗАГОТОВКИ НА СОРТОВОЙ МНЛЗ**

Проведен анализ особенностей отливки сортовой заготовки под ШОС. Проведен сравнительный анализ разливки с использованием ШОС для сортовых и блюмовых МНЛЗ. Показано, что ШОС для отливки сортовой заготовки отличаются от ШОС для блюмовой заготовки более высокой скоростью плавления.

Ключевые слова: шлакообразующая смесь, сортовая заготовка, скорость разливки, расчетная скорость плавления смеси

Постановка задачи

Современные потребители металлургической продукции непрерывно предъявляют повышенные требования к ее качеству. Во многих случаях выполнение этих требования обеспечивается использованием метода разливки закрытой струей с применением шлакообразующих смесей (ШОС). При этом использование ШОС для получения сортовой заготовки сопряжено с рядом трудностей и требует особого внимания, как к составу смеси, так и к технологии применения.

Анализ публикаций по теме исследования

История развития шлакообразующих смесей (ШОС) в Украине насчитывает около 50 лет и началась она с освоения в 1961 г. на Донецком металлургическом заводе первой в мире четырехручьевого слябовой МНЛЗ. Подача металла в кристаллизатор производилась открытой струей. В качестве ШОС использовался высокозольный скрытокристаллический графит марки ГЛС-3 с зольностью 18..25%.

Графит подавался по двум торцам кристаллизатора вручную совком или специальной устройством, приводившимся в действие за счет энергии качания кристаллизатора. В месте падения струи зеркало металла было оголенным [1].

За истекший период были освоены десятки новых МНЛЗ и применительно к ним сотни рецептурных составов ШОС для отливки непрерывнолитой заготовки: слябов, блюмов, круглой и сортовой из всего многообразия производимого сортамента стали. Однако, в связи с тем, что на Украине первая сортовая МНЛЗ была введена в эксплуатацию только в 1999 г (ЗАО "ММЗ "ИСТИЛ (Украина)) у отечественных специалистов не было достаточного опыта производства ШОС для отливки сортовой заготовки сечением 100-150 мм, поэтому при ее отливке до 2010г использовались только импортные ШОС [6].

Формулировка целей статьи

Целью настоящего исследования является выбор рациональных параметров ШОС для получения сортовой заготовки.

Основная часть

Особенностью отливки сортовой заготовки являются повышенная скорость вытягивания заготовки (1,7÷4 м/мин) и минимальная площадь контакта ШОС с разливаемой сталью, в связи с тем, что расстояние от погружного стакана до стенки кристаллизатора может не превышать 25мм.

Приведенные (табл.1) основные характеристики порошкообразных ШОС фирмы «Metallurgica» (Германия), рекомендуемых для отливки сортовой заготовки и блюмов по теплофизическим характеристикам и химическому составу достаточно близки, что не объясняет их назначения применительно к конкретным условиям разливки.

Таблица 1 – Характеристики порошкообразных смесей фирмы Metallurgica

Характеристики смесей	Марка смесей Scorialit (Metallurgica)					
	Блюм (320x430мм, $V_{разл}=0,5-0,7$ м/мин)			Сорт (■130мм, $V_{разл}=1,8-2,0$ м/мин)		
	176/ALM3	C 163-79/H	C 189/E 2	C 661/B	C 126	C 162
[C] стали, %	0,08-0,15	≤0,6	≥0,6	0,06-0,10	≤0,40	≥0,40
CaO+ MgO	29,5-31,5	24,5-26,5	18,5-20,5	29,5-31,5	27,5-29,5	23,5-25,5
CaO+ MgO / SiO ₂	1,15±0,06	0,98±0,06	0,60± 0,06	0,95±0,06	0,85±0,06	0,94±0,06
SiO ₂	25,0-27,0	25,5-27,5	30,0-32,0	31,5-33,5	32,0-34,0	25,5-27,5
MgO						
Al ₂ O ₃	3,5-5,0	11,5-13,5	4,5-6,0	4,5-5,5	5,0-6,5	11,0-13,0
MnO	2,5-3,5	≤0,2	≤0,1	≤0,2	≤0,3	≤0,1
Fe ₂ O ₃	1,5-2,5	3,5-5,0	1,0-2,5	1,0-2,0	0,5-1,5	3,0-4,0
F ⁺	3,5-5,0	5,5-7,0	3,5-5,0	3,4	4,0-5,0	3,0-5,0
Na ₂ O+K ₂ O	4,0-5,5	2,5-4,0	9,5-11,5	2,5-3,5	2,5-4,0	3,0-4,5
CO ₂	2,5-4,0	≤1,5	5,0-6,0	1,5-2,5	1,5-2,5	≤1,5
C	20,5-22,5	20,0-22,0	23.-25,0	20,5-22,5	21,0-23,0	20,0-21,5
Насыпная плотность	0,6-0,8	0,65-0,85	0,7-0,9	0,75-0,85	0,8-1,0	0,65-0,85
T	1080±30	1190±30	1000±30	1150	1225±30	1160±30
T	1150±30	1290±30	1080±30	1270	1260±20	1210±20
T	1170±30	1335±30	1130±30	1310	1300±20	1260±20
Вязкость						
T=1400	1,2	4,2	3,0	4,0	4,2	3,1
T=1300	2,1	9,5	5,6	7,8	8,4	6,7
T=1200	4,0	24,0	11,3	16,8	18,5	16,2

При непрерывной разливке стали выполнение шлаком своих смазочных функций напрямую зависит от количества просочившегося шлака в зазор между слитком и кристаллизатором, толщины жидкого слоя шлака в

этом зазоре и вязкости шлака (точнее ее температурной зависимости). Количество поступающего жидкого шлака в зазор между слитком и кристаллизатором характеризуется величиной расхода ШОС, который обычно выражается либо в расчете на единицу площади поверхности Q_s (кг/м²), либо в количестве на тонну разливаемой стали Q_t (кг/т), последнее удобно использовать в экономических расчетах.

По данным [2] удельный расход ШОС при разливке сортовой заготовки колеблется в пределах 0,07...0,15 кг/м², для блюмов – 0,15...0,30 кг/м², для круга – 0,20...0,25 кг/м², для слябов – 0,25...0,60 кг/м². Величина удельного расхода ШОС, главным образом, определяется толщиной жидкого слоя шлака между поверхностью заготовки и стенкой кристаллизатора. По разным оценкам оптимальная толщина жидкого слоя шлака в зазоре для сортовой заготовки равна 0,04...0,05 мм, для круга – 0,08...0,10 мм, для блюма – 0,08...0,15 мм, а для сляба – 0,15...0,23 мм. Приведенные данные свидетельствуют, что при отливке сортовой заготовки удельный расход (кг/м²) и толщина оптимальной жидкой прослойки жидкого шлака (мм) применяемых ШОС наименьшие (примерно в 2 и 4 раза ниже, чем при отливке блюмов и слябов, соответственно).

Эти данные, характеризующие удельные расходы применяемых ШОС, также не позволяют оценить принципиальное отличие ШОС для отливки сортовых заготовок от блюмовых и слябовых ШОС.

Опыт применения ШОС свидетельствует, что с увеличением скорости разливки отливки блюмовой и слябовой заготовок одного сечения из стали близкого марочного состава удельный расход ШОС (Q_t (кг/т)) уменьшается.

Данные работы [3], приведенные на рисунке 1 свидетельствуют, что при прочих равных условиях с увеличением скорости разливки в 2 раза удельный расход применяемой ШОС (Q_t (кг/т)) уменьшается в 1,7-1,9 раз.

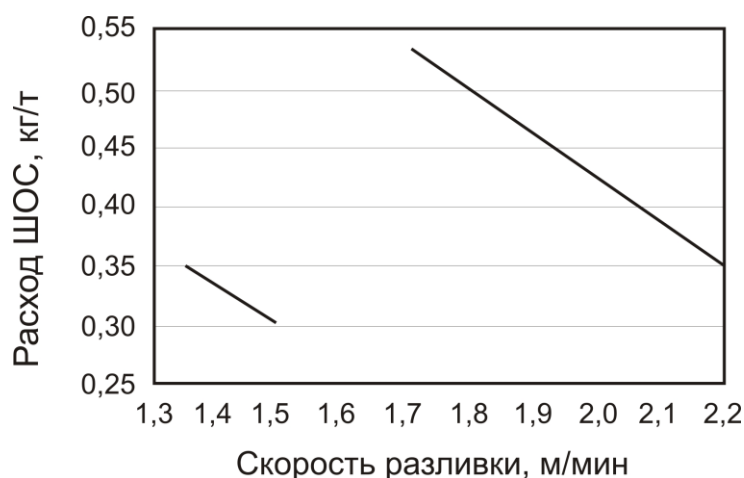


Рисунок 1 – Влияние скорости разливки на расход флюса

Скорости отливки сортовой заготовки (1,7- 4,5 м/мин) в 3-20 раз выше, чем (с блюмовой (0,2- 1,2м/мин) .

Результаты расчета удельной поверхности $S_{уд}$ ($м^2/т$) непрерывнолитой заготовки свидетельствуют, что с уменьшением сечения заготовки ее поверхность увеличивается. У заготовки $\square 300мм$ $S_{уд} = 1,71м^2/т$ заготовки, $\square 200$ - $2,56 м^2/т$, $\square 100мм$ - $5,13м^2/т$.

Приведенный анализ особенностей отливки сортовой заготовки свидетельствует, что для отливки сортовой заготовки меньших сечений необходимо использовать более высокорасходные ШОС.

Результаты расчета удельной поверхности $S_{уд}$ ($м^2/т$) непрерывнолитой заготовки свидетельствуют, что с уменьшением сечения заготовки ее поверхность увеличивается. У заготовки $\square 300мм$ $S_{уд} = 1,71м^2/т$ заготовки, $\square 200$ - $2,56 м^2/т$, $\square 100мм$ - $5,13м^2/т$.

Приведенный анализ особенностей отливки сортовой заготовки свидетельствует, что для отливки сортовой заготовки меньших сечений необходимо использовать более высокорасходные ШОС.

В работах [4-6] приведены данные о расходе Q_t (0,3-1,35кг/т) применяемых ШОС ОАО НПП «Техмет» близкого химического состава для конкретных условий их применения (непрерывнолитые заготовки $\square 120$ - 500мм, скорости разливки 0,07-2,5м/мин) с указанием расчетных скоростей плавления при их использовании, $кг/(м^2 \cdot с)$, которые сведены в таблицу 2.

Приведенные в таблице 2 данные свидетельствуют, что, при близком химическом составе и теплофизическим характеристикам, приведенные смеси более, чем в 10 раз отличаются расчетной скоростью плавления ($0,0139 кг/(м^2 \cdot с)$ для $\square 500мм$, отливаемом со скоростью 0,07-0,12 м/мин и $0,143 кг/(м^2 \cdot с)$ для $\square 120мм$, отливаемом со скоростью 0,17-0,2,5 м/мин).

Выводы

Таким образом, приведенный анализ особенностей разливки сортовой заготовки под ШОС показывает, что ШОС для отливки сортовой заготовки отличаются от ШОС для блюмовой заготовки более высокой скоростью плавления. Это обуславливает использование новых материалов для их производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Кондратюк А.М. Совершенствование процесса непрерывной разливки стали. / А.М. Кондратюк, С.П. Ефименко // Интенсификация и повышение эффективности металлургического производства. – К.: Техника, 1978.- С. 90-130.
2. Douby P.H. Lubricftion and oscillation of the mold – two intinally related parameters / P.H.Douby, W.H.Emling, R.Sobolewski // Fachberichte Huttenpraxis, Metallweiterverarbeitung.- 1987.- V. 25.- No. 8.- P. 668-675.

Таблица 2 - Характеристики порошкообразных смесей ОАО НПП «Техмет»

Источник информации	[3]	[4]	[5]	
Марки смесей	ТСК-К-25(Д)	ТСК-К-20(БА)	ТСК-К-20(С1)	ШОС-Т-4-3(В)
Сечение заготовки, мм	□500	□250	□120 /140	□120/140
С стали, %	0,50	0,45	0,20	0,60
Скорость разливки, м/мин	0,07-0,12	1,0	1,7-2,5	1,7-2,5
Расход смеси, кг/т	1,33	0,38	0,3-0,4/0,4-0,5	0,3-0,4/0,4-0,5
Расчетная скорость плавления, кг/(м ² · с)	0,0139	0,059	0,143	0,143
CaO	21,0 – 1,8	20,0– 25,0	22-25	20-23
CaO / SiO ₂	0,87 – ,91	0,8-0,95	0,85-0,95	0,6-0,7
SiO ₂	24,2 – 4,0	23,0– 26,0	23-26	30-35
MgO			1-4	1-4
Al ₂ O ₃		6,0- 12	8-12	3-7
MnO		0–3,0	≤0,1	≤0,1
Fe ₂ O ₃			2-6	2-4
F ⁺	5,85-6,82	5,1-6,1	5-7	4-6
Na ₂ O+ K ₂ O	3 – 5	3,0– 5,0	4-7	8-12
C	25,8 – 27,0	20,0– 23,0	19,5	17,8
Насыпная плотность	0,82	≤0,9	0,7-0,9	0,7-0,9
T		1079	1085	1060
T		1094	1100	1090
T		1179	1126	1120
Вязкость				
T=1400		2,5	1,8	2,0
T=1300		5,0	2,8	4,0
T=1200		14,0	8	11,0

- Moore A. An Overview for the Requirements of Continuous Casting Mould Fluxes / A.Moore, R.J.Phillips, Y.R.Gibbs // FOSECO Inc. 1991 Steelmaking Conference Proceedings: <http://www.foseco-steel.com/steel/home/index.php>
- Моняков В.И. Выбор шлакообразующей смеси при непрерывной разливке стали 45ХГМА. / В.И.Моняков, Е.А.Коболев, В.А.Шабловский [и др.] // Сталь.- 2011, №10. – С.16-18.
- Шумаков М.А. Шлакообразующие смеси ТСК для кристаллизатора МНЛЗ ЗАО «АзовЭлектроСталь». / М.А.Шумаков, В.В.Балакин, А.О.Секачев [и др.] // 50 лет

непрерывной разливке стали в Украине: Научно-практическая конференция (4-5 ноября 2010г, Донецк). – Донецк: Норд-пресс, 2010. – С.507-514.

6. Крикунов Б.П. Подбор смеси для отливки заготовки □120-140 мм на сортовой МНЛЗ ООО "ТСА Стил групп" / Б.П.Крикунов, А.П.Сивер, А.И.Русецкий [и др.] // Сб. научн. тр. конференции «Инновационные технологии внепечной металлургии чугуна и стали» (25-26 октября 2011г, Донецк). – Донецк: Кальмиус, 2011. – С.207-213.

Надійшла до редакції 18.10.2011

Рецензент д.т.н., проф. М.О. Маняк

© Штепан Е.В., Шабловский А.В.

УДК 669.3-412:621.74.047

А.Н.Смирнов, В.Е. Ухин, И.В. Шутов, В.А. Головатый

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ ТРАПЕЦИЕВИДНОГО ПРОФИЛЯ

Представлены результаты физического моделирования процесса затвердевания непрерывнолитой трапециевидной заготовки. Установлены особенности формирования кристаллической структуры медного бруса, полученного на роторной МНЛЗ. Показано влияние динамики роста дендритных кристаллов меди на образование внутренних дефектов в трапециевидной заготовке.

Ключевые слова: медный брус, заготовка, непрерывное литье, роторная МНЛЗ, трапециевидное сечение.

Введение

В условиях постоянного изменения ситуации на мировых рынках металлургической продукции и растущего уровня конкуренции перед предприятиями-производителями продукции из меди и ее сплавов, остро стоит задача повышения эффективности производства и обеспечения выпуска конкурентоспособной продукции востребованного качества. Высокие качественные показатели изделий из меди, в том числе электротехнические параметры и пластичность, обеспечиваются минимальным содержанием в ней примесей. Традиционно производство меди основано на добыче и переработке руд, прежде всего, соединений меди с кислородом и серой [1,2].

Сегодня при производстве медной продукции в Украине наиболее эффективным методом является получение меди огневого рафинирования из вторичного сырья, поскольку этот метод позволяет обеспечить достаточный уровень качества технической меди при ее производстве из местного сырья. Это позволяет эффективно применять такую медь для изготовления электротехнической, строительной и машиностроительной продукции [3,4]. При этом наиболее актуальной задачей является разработка тех-