

Список литературы

1. Машины непрерывного литья слябовых заготовок / В.М. Нисковских, С.Е. Карлинский, А.Д. Беренов – М.; Metallurgia, 1991. – 272 с.
2. Непрерывная разливка стали / И.К. Попандопуло, Ю.Ф. Михневич – М.; Metallurgia, 1990. – 296 с.
3. Родионов Н.А. Обоснование рационального способа уравнивания механизма качания кристаллизатора машины непрерывного литья заготовки: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.08 / Родионов Николай Александрович. – 2015. – 197 с.
4. Буцукин В.В. Исследование влияния упругой деформации рычагов механизма качания на кинематическую точность движения кристаллизатора сортовой МНЛЗ / В.В. Буцукин, Н.А. Родионов // Metallurg. и горноруд. про-сть. – 2015. - №7. – С.132-137.

УДК 669.187.28

М. И. Гасик¹, А. П. Горобец¹, А. И. Панченко², А. С. Сальников²,
А. В. Яковицкий²

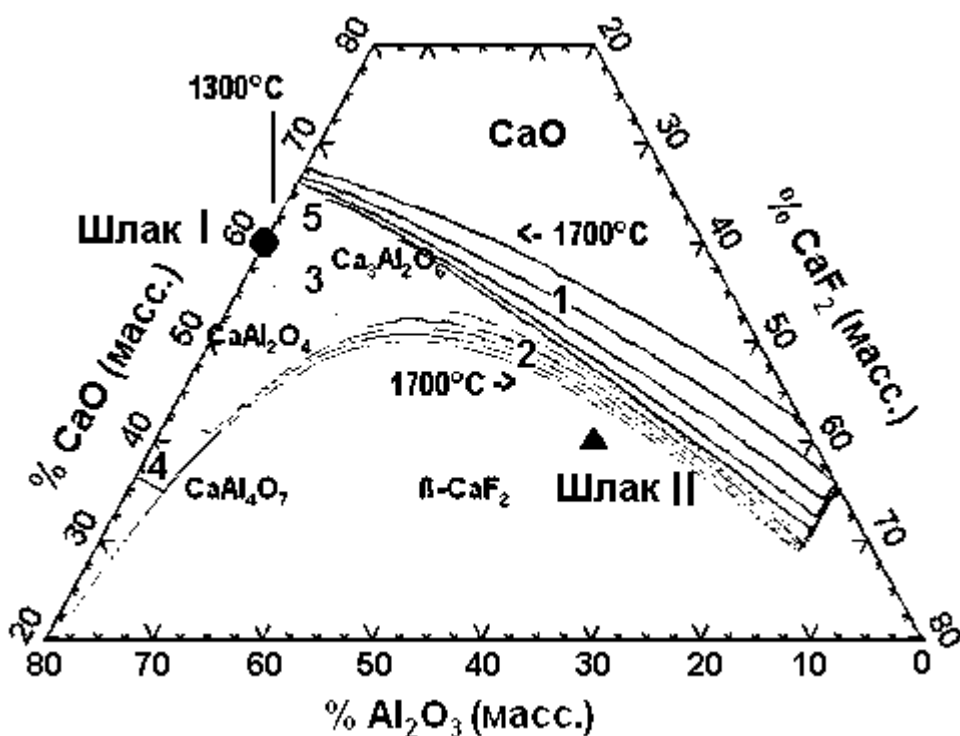
¹НМетАУ, Днепропетровск, ²ПАО «Днепрспецсталь», Запорожье

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИКИ МАССООБМЕННЫХ РЕАКЦИЙ В ОКСИДНО-ФТОРИДНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ШЛАКОВЫХ РАСПЛАВАХ ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОСТАЛИ

В сквозной технологии электроплавильного производства обязательным компонентом технологической схемы является внепечная обработка металла на установке печь-ковш (УПК) оксидно-фторидными шлаковыми расплавами [1].

В настоящей работе выполнено компьютерное исследование фазовых равновесий в двух модельных системах: бесфторидной окисной (I) (55% CaO, 35% Al₂O₃, 10% SiO₂) и оксидно-фторидной (II) (50% CaO, 20% Al₂O₃, 10% SiO₂, 20% CaF₂). Термодинамический расчет равновесия в оксидно-фторидных системах производили с использованием баз данных «FactSAGE» версия 6.2. Для определения равновесного состава жидких и твердых фаз в четверной системе CaF₂-Al₂O₃-SiO₂-CaO рассчитана и построена диаграмма с учетом полиморфизма всех возможных компонентов и растворов. Проекция ликвидус этой системы

показана на рисунке с изотермами через каждые 100 градусов между 1300 и 1700°C. Как следует из рисунка, рафинирующий шлак I на УПК (55%CaO, 35%Al₂O₃, 10%SiO₂, практически не содержащий фторид кальция, кристаллизуется с образованием алюминатов CaO·Al₂O₃ и 3CaO·Al₂O₃. Шлак оксиднофторидной системы II находится в равновесии с первичной фазой β-CaF₂ вплоть до 1700°C и имеет двухфазную структуру. С целью определения равновесного состава всех сосуществующих фаз проведены расчеты фазовых равновесий методом минимизации свободной энергии для этих составов шлаков с добавкой 1 г аргона к 100 г исходного шлака для стабилизации газовой фазы. Это эквивалентно плавке шлака в инертной атмосфере. Расчеты выполняли для интервала температур 1300-1700°C и при давлении 101 кПа. В газовой фазе учтены следующие компоненты, для которых расчетные парциальные давления превышали 10⁻²⁵кПа: элементы O, O₂, F, Al, Si, Si₂, Ca; оксиды AlO, Al₂O, фториды AlF₃, (AlF₃)₂, SiF, SiF₂, SiF₃, SiF₄, CaF, CaF₂ и оксифториды OAlF, OAlF₂, OSiF₂.



Результаты термодинамического моделирования поверхности ликвидус системы II -CaO-CaF₂-Al₂O₃-10%SiO₂ в интервале 1300-1700°C; цифр показывают твердые фазы, находящиеся в равновесии с жидкостью: 1 - MeO, 2 – β-CaF₂, 3 - CaO·Al₂O₃, 4 - CaO·2Al₂O₃, 5 – 3CaO·Al₂O₃

При охлаждении ниже 1400°C в конденсированных фазах появляются алюминаты кальция, следует отметить, что при температуре ниже 1500°C появляется силикат кальция. При термодинамическом моделировании фазовых

равновесий в системе «конденсированная фаза – газовая фаза» учтены все газообразные компоненты, расчетные парциальные давления которых превышали 10^{-25} кПа. Из всего множества компонентов в равновесной газовой фазе системы «шлаковый расплав – газ» выбраны 10, а в системе «оксидно-фторидный шлак II – газ» 20 соединений. В газовой фазе над шлаком I наиболее высокое парциальное давление имеет соединений $\text{SiO}_{\text{газ}}$ (P_{SiO} 1600°C) $3,52 \cdot 10^{-9}$ кПа и $1,2 \cdot 10^{-7}$ кПа, тогда как для шлака II (P_{AlO} 1600°C) = $4,32 \cdot 10^{-16}$ кПа и (P_{AlO} 1800°C) = $8,62 \cdot 10^{-15}$.

Из множества химсоединений и атомизированных компонентов, равновесной газовой фазы сошлаком II, выбраны и табулированы 25. Наиболее высокие парциальные давления имеют соединения $\text{CaF}_{2(\text{газ})}$, OAlF_2 и $\text{AlF}_{(\text{газ})}$ (численные значения парциальных давлений в диапазоне температур от 1300 до 1700°C обобщены в таблице).

Результаты моделирования фазовых равновесий в модельной системе

$\text{CaO-CaF}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-10\%SiO}_2$ (шлак II) по определению парциальных давлений в газовой фазе, кПа

Соединение	Парциальное давление соединений при температуре, °C					
	1300	1400	1500	1600	1700	1800
CaF_2	$8,96 \cdot 10^{-6}$	$5,60 \cdot 10^{-5}$	$2,65 \cdot 10^{-4}$	$1,05 \cdot 10^{-3}$	$3,56 \cdot 10^{-3}$	$1,06 \cdot 10^{-2}$
OAlF_2	$7,14 \cdot 10^{-7}$	$9,94 \cdot 10^{-6}$	$7,17 \cdot 10^{-5}$	$3,60 \cdot 10^{-4}$	$1,52 \cdot 10^{-3}$	$5,61 \cdot 10^{-3}$
AlF	$2,41 \cdot 10^{-7}$	$3,87 \cdot 10^{-6}$	$2,812 \cdot 10^{-5}$	$1,40 \cdot 10^{-5}$	$5,89 \cdot 10^{-4}$	$2,14 \cdot 10^{-3}$
AlF_3	$5,38 \cdot 10^{-8}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	$7,56 \cdot 10^{-6}$	$3,74 \cdot 10^{-5}$	$1,56 \cdot 10^{-4}$	$5,65 \cdot 10^{-4}$
SiF_4	$1,98 \cdot 10^{-11}$	$7,78 \cdot 10^{-10}$	$1,04 \cdot 10^{-8}$	$5,01 \cdot 10^{-8}$	$2,44 \cdot 10^{-7}$	$9,38 \cdot 10^{-7}$
OSiF_2	$1,51 \cdot 10^{-12}$	$5,70 \cdot 10^{-11}$	$9,53 \cdot 10^{-10}$	$6,22 \cdot 10^{-9}$	$3,76 \cdot 10^{-8}$	$1,80 \cdot 10^{-7}$
SiO	$2,41 \cdot 10^{-10}$	$3,74 \cdot 10^{-6}$	$4,47 \cdot 10^{-10}$	$3,52 \cdot 10^{-9}$	$2,26 \cdot 10^{-8}$	$1,22 \cdot 10^{-7}$

Таким образом, при массообменных реакциях в бесфтористых шлаках наиболее высокое парциальное значение имеет SiO (P_{SiO} 1600°C) $3,52 \cdot 10^{-9}$ и $1,2 \cdot 10^{-7}$ при 1800°C. При обработке подшипниковой стали на УПК известково-фторидкальциевым шлаком III потери фтора обусловлены в основном испарением CaF_2 и в меньшей мере вследствие образования соединений OAlF_2 и AlF_2 . При содержании CaF_2 в шлаке 25% CaF_2 , 35% Al_2O_3 и 10% SiO_2 парциальные давления SiF_4 и OSiF_2 на порядок ниже в сравнении с потерей фтора вследствие испарения CaF_2 , оксифторида OAlF_2 или фторида AlF_2 . Полученные в работе научные результаты могут быть использованы при выборе эффективных составов ТШМ

(известь + плавиковый шпат) и SiO_2 при обработке на УПК подшипниковых и других сталей.

Список литературы

1. *Панченко А.И.* Инновационная технология выплавки электростали ШХ15СГ-В / А.И. Панченко, А.С. Сальников, М.И. Гасик // *Сталь*. - 2011. –

УДК 696.184

В. Г. Герасименко¹, Д. А. Мусунов², Е. В. Синегин¹, Л. С. Молчанов¹

¹Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск;

²ТОВ «МЗ Дніпросталь», г. Днепропетровск

ЛИТЕЙНО-ПРОКАТНЫЕ МОДУЛИ, КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

На современном этапе развития мировой промышленности в целом и машиностроения, в частности, особую роль начинают выполнять металлургические предприятия специализирующиеся на производстве горячекатанного листового проката. Данный аспект связан с применением стального листа в качестве основного конструкционного материала для производства корпусов технологического оборудования.

Технологические операции производства листового проката по классической схеме (из твердых слитков) являются высоко энерго- и ресурсозатратными, поэтому в 70-е годы XX века была разработана и внедрена технология производства листового проката при помощи литейно-прокатных модулей на металлургических заводах США, КНР, Японии и стран Западной Европы. Общая схема установки ЛПМ представлена на рис.

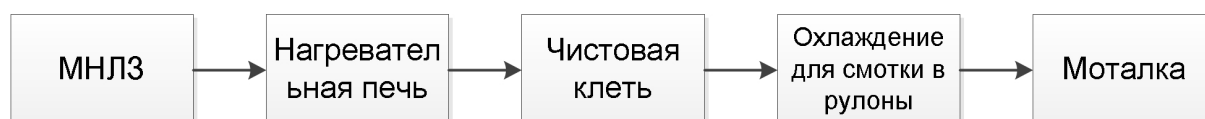


Рис. Общая схема установки ЛПМ для производства листового проката