

6. Харлашин П.С. Влияние мышьяка на свойства металлических систем и качество стали / П.С. Харлашин, М.А. Шумилов, Е.И. Якушечкин // К. : Вища школа, 1991. – 344 с.
7. Явойский В.И. Теория процессов производства стали / В.И. Явойский // М.: Металлургия, 1967. – 792 с.
8. Островский О.Н. Свойства металлических расплавов / О.И. Островский, В.А. Григорян, А.Ф. Вишкарев // М. : Металлургия, 1988. – 304 с.

Bibliography:

1. Medzhibozhsky M.Y. Fundamentals of thermodynamics and kinetics of steelmaking processes / M.Y. Medzhibozhsky, P.S. Kharlashin // K. : High School, 1993. – 328 p. (Ukr.)
2. Medzhibozhsky M.Y. Clarification of the basic law of the kinetics of dissolution of solids in liquids / M.Y. Medzhibozhsky // Lime universities. Iron and steel. – 1974. – N 2. – P. 53-57. (Rus.)
3. Kharlashin P.S. Arsenic and its role in metallurgical processes / P.S. Kharlashin // K.: High School, 1993. – 304 p. (Rus.)
4. Medzhibozhsky M.Y. Theoretical basis of steelmaking processes / M.Y. Medzhibozhsky, P.S. Kharlashin // K.: EMC HE, 1992. – 250 p. (Rus.)
5. Medzhibozhsky M.Y. Fundamentals of thermodynamics and kinetics of steelmaking processes / M.Y. Medzhibozhsky // Kiev, Donetsk: High School, 1986. – 280 p. (Rus.)
6. Kharlashin P.S. The influence of arsenic on the properties of metallic systems and the quality of steel // P.S. Kharlashin, M.A. Shumilov, E.I. Yakushechkin // K.: High School, 1991. – 344 p. (Rus.)
7. Yavoysky V.I. Theory of processes of steel production / V.I. Yavoysky // M.: Metallurgy, 1967. – 792 p. (Rus.)
8. Ostrovsky O.N. Properties of metallic melts / O.V. Ostrovsky, V.A. Grigoryan, A.F. Vishkarev // M: Metallurgy, 1988. – 304 p. (Rus.)

Рецензент: В.А. Маслов
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 14.10.2012

УДК 669.18.046:621.746.56

©Харлашин П.С.¹, Левицкая Т.А.²

РАЗРАБОТКА НОВЫХ СОСТАВОВ ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛА ВО ВРЕМЯ НЕПРЕРЫВНОЙ РАЗЛИВКИ СТАЛИ

Разработаны оптимальные составы порошковых шлакообразующих смесей для защиты зеркала металла во время непрерывной разливки, которые не содержат дорогостоящих импортных компонентов, улучшают качество непрерывно-литых заготовок, менее токсичны и имеют более низкую температуру плавления по сравнению с применяемыми в производстве.

Ключевые слова: *шлакообразующая смесь, непрерывно-литая заготовка, МНЛЗ, кристаллизатор, разливка, качество, сталь, поверхностное натяжение, вязкость, плавкость, температура плавления, доменный шлак, шлакопортландцемент, симплекс планирование, ассимилирующая способность.*

Харлашин П.С., Левицкая Т.А. Розробка нових складів шлакоутворюючих сумішей для захисту металу під час безперервного розливання сталі. Розроблені оптимальні склади порошкових шлакоутворюючих сумішей для захисту дзеркала металу під час безперервного розливання, які не містять дорогих імпорتنних компонентів, покращують якість безперервно-литих заготовок, менш токсичні і мають більш низьку температуру плавлення в порівнянні з застосовуваними у виробництві.

¹ д-р техн. наук, професор, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Маріуполь
² ст. преподаватель, ГВУЗ «Приазовський державний технічний університет», г. Маріуполь

Ключові слова: шлакоутворююча суміш, безперервно-лита заготівля, МБЛЗ, кристалізатор, розливання, якість, сталь, поверхневий натяг, в'язкість, плавкість, температура плавлення, доменний шлак, шлакопортландцемент, симплекс планування, асимілююча здатність.

P.S. Kharlashin, T.A. Levitskaya. The development of new compositions of slag-forming mixtures for the protection of metal continuous casting of steel. Developed optimal compositions of powder slag-forming mixtures for the protection of the mirror metal during continuous casting, which does not contain expensive imported components, improve the quality of continuous-cast billets, less toxic and have a lower melting temperature as compared with those used in the production.

Keywords: slag-forming mixture, continuously cast billet continuous-casting machine, mold, casting, quality, steel, surface tension, viscosity, solubility, melting point, blast furnace slag, slag Portland cement, simplex planning, the ability of natural dispersion characteristics.

Постановка проблеми. При непрерывной разливке одним из направлений улучшения качества заготовки, повышения выхода годного и снижения себестоимости металлопродукции является усовершенствование составов и свойств специально приготовленных шлакообразующих смесей (ШОС), подаваемых на поверхность жидкой стали в кристаллизатор.

Разработка новых составов ШОС, путем полной или частичной замены импортных и экологически опасных компонентов на отходы собственного или другого производства, весьма актуальна и относится к приоритетному направлению развития науки и техники "Экологически чистая энергетика и ресурсосберегающие технологии". Научный подход к разработке новых составов ШОС на основе отечественных материалов и корректировке применяемых смесей по тем или иным параметрам, всегда сопровождается исследованиями их физико-химических свойств. Это приобретает особое значение для современной металлургии в условиях повышения требований к качеству производимой стали.

Анализ последних исследований и публикаций. На основании обзора научно-технической литературы установлена необходимость в корректировке или полной замене применяемой на ведущих металлургических предприятиях Украины, в том числе и ОАО «МК «Азовсталь», порошкообразной ШОС на цементной основе, которая показала недостаточную эффективность в условиях существенного изменения температурного режима, связанного с разливкой некоторых видов стали. Особенно это актуально в связи с наметившейся тенденцией использования во время разливки стали готовых дорогостоящих импортных ШОС, что ухудшает конъюнктурные возможности отечественного производителя.

Цель статьи – разработка новых составов шлакообразующих смесей для защиты металла во время непрерывной разливки стали обладающих определенными качествами с применением усовершенствованных методов определения поверхностных и вязкостно-плавкостных свойств.

Изложение основного материала. На первом этапе усовершенствованы методы исследования поверхностных и вязкостно-плавкостных свойств шлакообразующих смесей с применением современных способов обработки информации, возможностей персонального компьютера (ПК) и методов вычислительной математики.

Наиболее эффективным методом исследования поверхностных свойств высокотемпературных расплавов является метод лежащей капли. Дальнейшее развитие метода связано с анализом оцифрованного изображения капли и полной автоматизацией расчетов с помощью компьютера. Естественно, что переход к цифровой технике и частичной автоматизации эксперимента должен сопровождаться соответствующими изменениями методик расчета и подходов к их реализации. Проведение экспериментальных исследований плотности и поверхностных свойств металлургических расплавов осуществлялось на установке, снабженной оптической системой, в которой оптическое изображение исследуемого объекта формируется горизонтальным оптическим микроскопом Stemi SV 11 и с помощью черно-белой видеокамеры SONY SPT-M308CE передается в виде аналогового сигнала на плату захвата изображения (frame grabber) DATA TRANSLATION (DT-3155). Оцифрованное изображение помещается в память компьютера для дальнейшей обработки. Одним из наиболее важных этапов анализа является сегмента-

ция. Поэтому возникла необходимость проанализировать известные методы сегментации и выбрать наиболее приемлемый для анализа оцифрованного изображения лежащей капли. Нами были рассмотрены глобальный и локальный методы пороговой обработки, и как установлено, данные методы оказались малопригодными при определении профиля лежащей капли вблизи зоны трехфазного контакта.

Для преодоления этих проблем целесообразно применять градиентные методы. Эти методы основаны на том, что на границе между двумя объектами с различной освещенностью имеет место резкое изменение интенсивности, легко детектируемое путем вычисления градиента уровня серого в направлении, перпендикулярном границе раздела объектов. В пределах же однородно освещенных объектов величина градиента стремится к нулю.

В связи с этим, возникла необходимость проанализировать операторы, применяемые для вычисления градиентов. Нами обоснован вывод о том, что наиболее оптимальным для нахождения координат профиля лежащей капли является оператор Собеля размером 3×3 .

Маски меньших размеров неудовлетворительны из-за сильного уменьшения точности, а применение масок больших размеров значительно увеличивает время обработки изображения, не давая других заметных преимуществ.

Детектирование границ капли нами осуществлялось в три этапа:

1. На первом этапе применяется оператор Собеля для вычисления градиентов по строкам и по столбцам во всем поле исследуемого изображения и выбирают пиксели с наибольшим по модулю значением градиента интенсивности.
2. В выбранных градиентах сравнивали величины градиентов интенсивности в трех направлениях – горизонтальном, вертикальном и диагональном. В направлении максимального из трех градиентов измеренные интенсивности (уровни серого) аппроксимировали натуральным кубическим сплайном, при граничных условиях нулевой второй производной на обоих концах сплайнирующей кривой. Выбирали координату точки, в которой аппроксимирующая кривая пересекает уровень, равный полусумме интенсивностей ее верхнего и нижнего плато.
3. Для каждой группы из пяти последовательных, точек вдоль профиля капли методом наименьших квадратов подбирается полином второго порядка. Средняя точка такой полиномиальной кривой выбирается в качестве окончательной координаты (третьего приближения) границы капли для последующей математической обработки.

Для повышения точности результатов исследования применяли запатентованный способ контроля симметричности капли [1] и способ определения краевого угла смачивания, в котором явления, вызывающие гистерезис, сведены к минимуму [2]. Расчет поверхностного натяжения осуществлялся с применением усовершенствованных методик, которые позволили полностью автоматизировать процесс расчета [3-5].

Для исследования вязкостно-плавкостных свойств шлаковых расплавов использовали метод вибротермографирования, разработанный в проблемной лаборатории ПГТУ, который объединяет вибрационный способ вискозиметрии и безэталоный вариант дифференциально-термического анализа (ДТА), реализуемые синхронно в одной измерительной ячейке [6].

Составы ШОС с пониженной температурой плавления первоначально предполагалось получить путем простой корректировки применяемых смесей на основе шлакопортландцемент марок "300" и "400", изменяя лишь соотношение между входящими в них компонентами.

Однако эти попытки не привели к желаемым результатам. После анализ химического состава промышленных ШОС отечественных и зарубежных фирм было принято решение исключить из состава нефелин, увеличив долю силикатной глыбы и содержание цемента. Экспериментально подобрали трехкомпонентную смесь (ШОС 5а), состоящую из 55 % цемента марки «400», 29 % силикатной глыбы и 16 % плавикового шпата, имеющую характеристики по температуре плавления, поверхностному натяжению и вязкости не сильно отличающиеся и от шлака образцовой смеси (цемент марки «300» - 44,5%, плавиковый шпат - 26,5%, силикатная глыба – 7%, нефелин – 22%). Поверхностное натяжение смеси ШОС 5а, краевой угол смачивания, работа когезии и адгезии, межфазное натяжение и коэффициента растекания этого шлака на сталях 09Г2С (в числителе) и Е-32 (в знаменателе) при 1600°C представлены в табл. 1.

Экспериментально подтверждено, что полное исключение нефелина из ШОС на цемент-

ной основе позволило при определенных сочетаниях остальных компонентов смеси и введении в нее некоторого количества добавок, содержащих Na_2O , B_2O_3 или MnO получить новые составы шлакообразующих смесей с более низкими значениями вязкости и температуры плавления. Так, например, при введении в безнефелиновую смесь борного ангидрида B_2O_3 в количестве 5 % (мас.) температура ее плавления снизилась на $\sim 39^\circ\text{C}$, а вязкость при 1300°C - на 0,03 Па·с, при введении кальцинированной соды Na_2CO_3 в количестве 6 % (мас.) температура ее плавления снизилась на $\sim 75^\circ\text{C}$, а вязкость при 1300°C - на 0,16 Па·с. Для разработки смеси, используемой в дальнейшем в промышленных масштабах, в качестве флюсующих добавок были взяты шлаки производства марганцевых сплавов, имеющиеся на комбинате в достаточных количествах. Для решения этой задачи с проведением минимального числа экспериментов применили метод последовательного симплекс планирования, в котором за параметр оптимизации приняли температуру начала течения шлака при охлаждении расплава со скоростью $10^\circ\text{C}/\text{мин}$. При этом для сокращения вариантности исследуемых смесей без графита, в каждой из них сохраняли неизменным (20 % мас.), количество плавикового шпата. При таком содержании плавикового шпата исследовали порошковые смеси, в состав которых включали или только основной шлак ферромарганцевого производства, или только кислый шлак силико-марганца. Варьируемыми факторами избрали массовые доли цемента и силикатной глыбы, что позволило провести симплекс планирование с применением двухмерного симплекса в виде правильного треугольника.

Таблица 1

Данные по смеси ШОС 5а

θ , град	$\sigma_{\text{шл}}$, МДж/м ²	$\sigma_{\text{м-шл}}$, МДж/м ²	W_a , МДж/м ²	W_k , МДж/м ²	$S_{\text{раст}}$, МДж/м ²
56°45'/61°35'	290	1366/1355	429/405	580	-151/-175

После проведения трёх опытов исходного симплекса осуществили перемещение исходного симплекса в факторном пространстве, применяя для каждого симплекса следующее правило отображения точки, которая отвечала наиболее высокому значению параметра оптимизации

Применяя стандартные процедуры метода последовательного симплекс планирования, для достижения минимального значения температуры начала течения потребовалось провести еще 6 опытов и два контрольных эксперимента. Минимальное значение $T_{\text{н.т}}$ показал шлак из смеси, составленной из 34 % цемента, 24 % основного шлака, 22 % силикатной глыбы и 20 % плавикового шпата [7]. Полученные для этой специальной смеси (обозначаемой далее, как ШОС «Оп-1») термограмма и политерма вязкости в условиях охлаждения приведены на рисунке, где они сопоставлены с соответствующими кривыми для применяемой на комбинате ШОС-5. Стоимость ШОС без нефелина может быть снижена ещё более при замене цемента в смеси доменным шлаком. Минимальное значение $T_{\text{н.т}}$ показал шлак (ШОС «Оп-1а») из смеси: 33 % доменный шлак, 30 % основной шлак, 17 % силикатная глыба и 20 % плавиковый шпат [8]. Так же была предпринята попытка получить на базе ШОС 5а более легкоплавкую смесь, вводя в неё вместо нефелинового концентрата кислый шлак производства Si-Mn [9]. Однако в этом случае наиболее низкоплавкая смесь, которая получила обозначение «Оп-2», имеющая следующий компонентный состав: 35,5 % доменный шлак, 28 % кислый шлак производства Si-Mn, 16,5 % силикатная глыба и 20 % плавиковый шпат имела по результатам вибротермографирования температуру начала течения только $\approx 1140^\circ\text{C}$. К тому же эта смесь, которая получила обозначение «Оп-2» образует более вязкий шлак, чем смесь «Оп-1», во всем интервале температур жидкого состояния, что можно объяснить пониженным содержанием в ней оксидов щелочных металлов и меньшей её основностью. С целью сравнения в таблице 2 приводятся вязкостно-плавкостные свойства вышеперечисленных смесей.

Шлак из ШОС «Оп-1» показал достаточно высокие вязкостно-плавкостные свойства, удовлетворяющие условиям поставленной задачи: температуры её плавления и начала течения на $40\text{--}45^\circ\text{C}$ ниже, чем у шлака из смеси № 5, а вязкость при температурах жидкой стали у них одинакова, однако ниже 1300°C шлак из опытной смеси оказывается менее вязким, что должно повысить эффективность его «смазывающего» действия в нижней части кристаллизатора и сни-

зить усилие вытягивания из кристаллизатора непрерывнолитой заготовки. Одновременно с этим опытная смесь благодаря замене нефелинового концентрата, импортируемого из России, основным шлаком производства Fe–Mn на Никопольском ферросплавном заводе оказывается несколько дешевле ШОС–5, а благодаря меньшему содержанию плавикового шпата при одинаковой концентрации графита – более безопасной в санитарно–экологическом отношении.

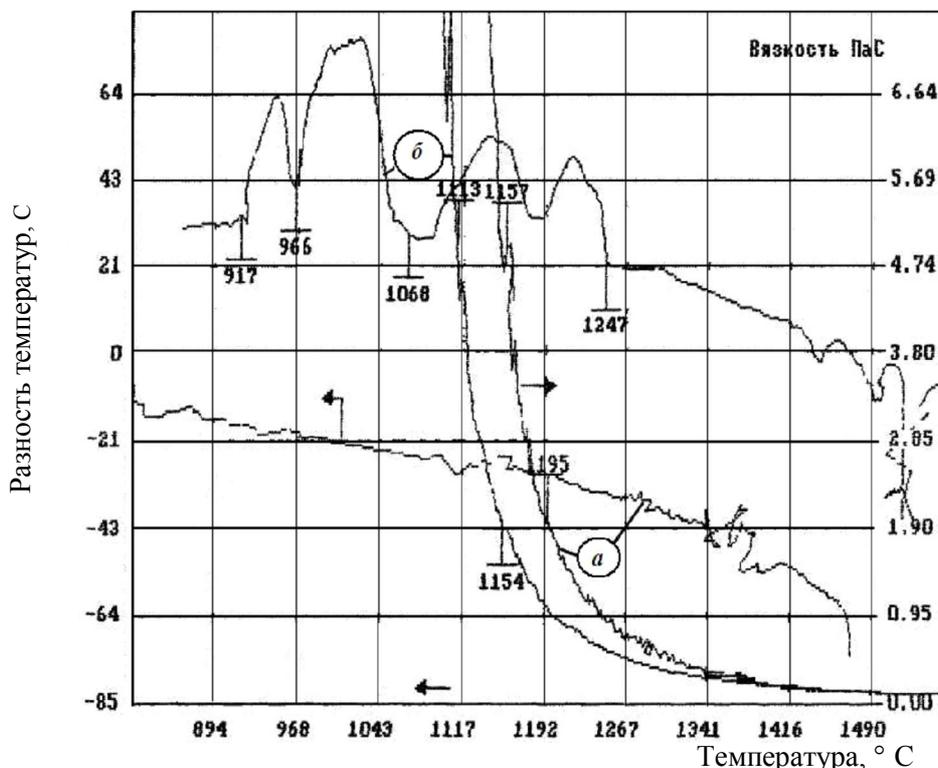


Рисунок – Политермы вязкости и термограммы, полученные при вибротермографировании шлаков из ШОС–5(а) и ШОС "Оп–1"(б) без графита

Таблица 2

Вязкостно–плавкостные свойства шлаков

Шлак из смеси	Температура начала течения, °C	Вязкость шлака (Па·с) при температурах, °C				Температура шлака при вязкости 2 Па·с
		1500	1400	1300	1200	
ШОС–5	1157	0,12	0,21	0,49	1,96	1195
ШОС «Оп–1»	1113	0,12	0,21	0,41	0,95	1154
ШОС«Оп–1а»	1120	0,14	0,21	0,46	1,20	1166
ШОС«Оп–2»	1140	0,14	0,21	0,48	1,50	

С целью улучшить работу опытной смеси при пониженных скоростях разлива её состав был скорректирован: 28 % цемента марки «400», 22 % основного шлака, 20 % силикатной глыбы, 18 % плавикового шпата и 12% аморфного графита. Эта корректировка не отразилась на ее вязкостных характеристиках при температурах выше 1300 °C.

Данная смесь [10] испытана при непрерывной разливке 33 плавов малоуглеродистых и низколегированных марок стали в условиях валового производства с использованием как в кристаллизаторе, так и в проковше. Сравнительными испытаниями, проведенными с поручье-вым контролем качества листового проката из слябов от опытных плавов, подтверждены преимущества ШОС «Зоп» перед ШОС-6, применявшейся на опытных плавках в параллельных ручьях. К ним относятся: 1) более глубокое (по высоте кристаллизатора) проникновение прослойки жидкого шлака, на что указывают меньшее среднее усилие вытягивания непрерывно-

литой заготовки из кристаллизатора и отсутствие случаев зависания корочки сляба в процессе разливки; 2) более высокая ассимилирующая способность шлака образующегося из смеси в кристаллизаторе, по отношению к глиноземсодержащим неметаллическим включениям, находящимся в жидкой стали, о чем свидетельствуют большая степень его обогащения глиноземом и соответственно меньшее количество оксидных НВ в пробах металла, отобранных из кристаллизатора; 3) меньшая окислительная способность шлака из опытной смеси, обеспечивающая более высокую стабильность химического состава разливаемой стали в кристаллизаторе; 4) повышение качества непрерывно-литых заготовок, что проявилось в снижении более чем в 2 раза отбраковки слябов по поверхностным дефектам и относительного количества листового проката, отсортированного и забракованного по поверхностным и внутренним дефектам; 5) снижение токсичности и улучшение санитарно-экологических условий труда разлильщиков благодаря уменьшенному содержанию плавикового шпата в смеси и намного меньшему содержанию оксидов марганца.

Выводы

Установлена принципиальная возможность получения более дешевых и менее токсичных смесей с пониженной температурой плавления путём корректировки состава ШОС на цементной основе и введении в него некоторого количества добавок с Na_2O , V_2O_5 или MnO и исключением нефелинового концентрата. С применением метода эволюционного симплекс-планирования экспериментов, определены оптимальные составы смесей на цементной основе и на основе доменного шлака. Проведены испытания наиболее низкоплавкой из безнефелиновых смесей оптимального состава в промышленном варианте, состоящей из 28 % цемента марки "400", 22 % основного шлака производства Fe-Mn» 20 % силикатной глыбы, 18 % плавикового шпата и 12 % аморфного графита при непрерывной разливке 33 плавов малоуглеродистых и низколегированных марок стали в условиях валового производства. Сравнительные испытания, проведенные с поручьевым контролем качества листового проката из слябов от опытных плавов, подтвердили ряд преимуществ новой шлакообразующей смеси перед используемой в производстве ШОС-6.

Список использованных источников:

1. Пат. 70584А Україна, МКВ G 01 N 13/02. Спосіб визначення геометричних параметрів краплі для розрахунку поверхневого натягу, щільності і крайового кута змочування металевих розплавів / П.С. Харлашин, Т.А. Левицкая. – № 20031211417; заявл. 11.12.2003; опубл. 15.10.2004, Бюл. №10.
2. Пат. 70808А Україна, МКВ G 01 N 13/00. Спосіб визначення крайового кута змочування промислових металургійних розплавів / П.С. Харлашин, Т.А. Левицкая. – № 20031212866; заявл. 29.12.2003; опубл. 15.10.2004, Бюл. №10.
3. Харлашин П.С. Применение численных методов расчета на ЭВМ плотности и поверхностного натяжения жидких металлов и сплавов при высоких температурах // П.С. Харлашин, Т.А. Левицкая // Известия вузов ЧМ. – №2. – 2006. – С. 3-6.
4. Харлашин П.С. Алгоритм расчета поверхностного натяжения расплавов по форме неподвижной капли / П.С. Харлашин, Т.А. Левицкая // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб.наук. пр. – Вип. №14. – Маріуполь. – 2004. – С. 49-53.
5. Харлашин П.С. Исследование поверхностных и вязкостно-плавкостных свойств шлакообразующих смесей на основе цемента, используемых при непрерывной разливке стали / П.С. Харлашин, Т.А. Левицкая // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб.наук. пр. – Маріуполь. – Вип. №15. – 2005. – С. 56-60.
6. Гладкий В.Н. Вискозиметрия металлургических расплавов / В.Н. Гладкий. – М.: Металлургия, 1989. – 96 с.
7. Харлашин П.С. Защитная шлакообразующая смесь оптимального состава с пониженной температурой плавления для непрерывной разливки стали / П.С. Харлашин, Т.А. Левицкая // Вісник Приазов. держ. техн. ун-ту: Зб.наук. пр. – Маріуполь. – Вип. №16. – 2006. – С. 41-46.
8. Пат. 21384 Україна, МПК B22D 11/00, C21C 5/54. Низькоплавка шлакоутворююча суміш для безупинного розливання сталі / П.С. Харлашин, Т.А. Левицкая. – № 200610004; заявл.

- 18.09.2006; опубл. 15.03.2007, Бюл. №3.
9. Пат. 16427 Україна, МПК В22D 11/00, С21С 5/54. Шлакоутворююча суміш / П.С. Харлашин, Т.А. Левицкая. – № 200600620; заявл. 23.01.2006; опубл. 15.08.2006, Бюл. №8.
10. Пат. 12734 Україна, МПК В22D 11/00, С21С 5/54. Низькоплавка шлакоутворююча суміш для безупинного розливання сталі / П.С. Харлашин, Т.А. Левицкая. – № 200509151; заявл. 28.09.2005; опубл. 15.02.2006, Бюл. №2.

Bibliography:

1. Pat. 70584A Ukraine, MAC G 01 N 13/02. Method of determining the geometric parameters drops to calculate the surface tension, density and contact angle of wetting of metal melts / P.S. Kharlashin, T.A. Levitskaya. – № 20031211417; req. 11.12.2003; publ. 15.10.2004, Bul. № 10.
2. Pat. 70808A Ukraine, MAC G 01 N 13/00. Method for determining the contact angle of wetting industrial steel melts / P.S. Kharlashin, T.A. Levitskaya. – № 20031212866; req. 29.12.2003; publ. 15.10.2004, Bul. № 10.
3. Kharlashin P.S. The use of numerical methods for computing the density and surface tension of liquid metals and alloys at temperatures / P.S. Kharlashin, T.A. Levitskaya // Collection of scientific papers. – № 2. – 2006. – P. 3-6.
4. Kharlashin P.S. The algorithm for calculating the surface tension of molten droplets on a fixed form / P.S. Kharlashin, T.A. Levitskaya // Bulletin of Priazovsky State Technical University: Collection of scientific papers - Edition number 14. – Mariupol. – 2004. – P. 49-53.
5. Kharlashin P.S. Study of surface viscosity and properties plavkostnyh slag cement based mixtures are used in continuous casting of steel / P.S. Kharlashin, T.A. Levitskaya // Bulletin of Priazovsky State Technical University: Collection of scientific papers. - Mariupol. – Edition number 15. – 2005. – P. 56-60.
6. Gladkiy V.N. Viscometry metallurgical melts / V.N. Gladkiy. – Moscow, Metallurgy, 1989. – 96 p.
7. Kharlashin P.S. Protective slag-forming mixture of optimal composition with a reduced melting point for continuous casting / P.S. Kharlashin, T.A. Levitskaya // Bulletin of Priazovsky State Technical University: Collection of scientific papers. - Mariupol. - Edition number 16. - 2006. - P. 41-46.
8. Pat. 21384 Ukraine, IPC B22D 11/00, C21C 5/54. Low-melting slag-forming mixture for continuous casting of steel / P.S. Kharlashin, T.A. Levitskaya. – № 200610004; req. 18.09.2006; publ. 15.03.2007, Bul. № 3.
9. Pat. 16427 Ukraine, IPC B22D 11/00, C21C 5/54. Slag-forming mixture / P.S. Kharlashin, T.A. Levitskaya. – № 200600620; req. 23.01.2006; publ. 15.08.2006, Bul. №8.
10. Pat. 12734 Ukraine, IPC B22D 11/00, C21C 5/54. Low-melting slag-forming mixture for continuous casting of steel / P.S. Kharlashin, T.A. Levitskaya. – № 200509151; req. 28.09.2005; publ. 15.02.2006, Bul. №2.

Рецензент: В.А. Маслов
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 07.11.2012