

УДК 621.771.23

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ВЫКАТЫВАЕМОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ДЕФЕКТОВ ТИПОВ «ВДАВ» И «НАКОЛ» ПРИ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКЕ

¹А.Б. НАЙЗАБЕКОВ, ¹В.А. ТАЛМАЗАН, ²И.Ю. ЕВТУШЕНКО, ¹А.С. ЕРЖАНОВ
(¹г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет, АО «АрселорМиттал Темиртау»))

Наличие поверхностных дефектов полосы является одной из главных причин отбраковки и отсортровки металлопродукции в цехах холодной прокатки. На практике дефекты поверхности в большинстве случаев могут возникать при транспортировке металла, в процессе прокатки при нарушении технологических режимов, а также при выходе из строя рабочих элементов прокатного оборудования.

В связи с этим актуальной проблемой является изучение и разработка способов и методов предотвращения и устранения дефектов на поверхности полосы. Одним из способов изучения механизма формоизменения дефектов поверхности, является использование математического моделирования, основанного на методе конечных элементов.

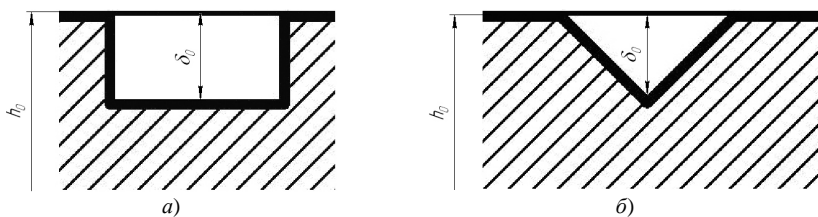
На основе математического моделирования процесса холодной прокатки полос с

поверхностными дефектами в данной работе проведен сравнительный анализ дефектов типов «вдав» и «накол».

Моделировали процесс формоизменения объемных поверхностных дефектов типов «вдав» и «накол» при холодной прокатке полос на непрерывном пятиклетевом стане 1700. С целью увеличения точности расчетов и в соответствии с сортаментом стана 1700 смоделирована небольшая область (50×100 мм) вязкопластичной полосы толщиной 4,5 мм. На поверхность полосы дефекты наносились в виде углублений.

Материал рабочих валков принимали сплошной, несжимаемый диаметром 600 мм. Материал полосы – сталь 08кп. На полосе смоделировано шесть поверхностных дефекта цилиндрической и конической форм (рисунок 1) с различной начальной относительной глубиной δ_0/h_0 .

Профиль поперечного сечения полосы с поверхностными дефектами



а) – дефект цилиндрической формы типа «вдав»;
б) – дефект конической формы типа «накол»;
 h_0 – толщина полосы, мм; δ_0 – глубина дефекта, мм.

Рисунок 1.

Данные работы [1] свидетельствуют, что на практике встречаются поверхностные дефекты с относительной глубиной $\delta_0/h_0 = 0,37$. С целью расширения области исследования предельную относительную глубину поверхностных дефектов решено увеличить в среднем

на 13%. Таким образом, относительные начальные глубины дефектов варьировали в пределах 10-50% от толщины полосы. Моделирование проводили при постоянной скорости прокатки. В процессе исследований уширение полосы с дефектами не учитывалось.

С целью снижения времени расчетов задали на полосу оптимальную координатную сетку (100 тысяч элементов). Исследования проводили при минимальном ($f = 0,03$) и среднем коэффициентах трения ($f = 0,07$) при холодной прокатке. Результаты формо-

изменения поверхностных дефектов с различной начальной относительной глубиной δ_0/h_0 , прокатанных с разными суммарными обжатиями ϵ_x и при разных коэффициентах трения f приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1.

Формоизменение поверхностных дефектов типа «вдав»

Начальная относительная глубина дефекта δ_0/h_0	Начальный вид дефекта	Коэффициент трения	
		$f = 0,03$	$f = 0,07$
0,1		$\epsilon_x = 19,18\%$	
			дефект выкатан
		$\epsilon_x = 35,11\%$	
0,3		$\epsilon_x = 19,18\%$	
		$\epsilon_x = 35,11\%$	
		$\epsilon_x = 45,56\%$	
0,5		$\epsilon_x = 19,18\%$	
		$\epsilon_x = 35,11\%$	
		$\epsilon_x = 45,56\%$	

Таблица 2.

Формоизменение поверхностных дефектов типа «накол»

Начальная относительная глубина дефекта δ_0/h_0	Начальный вид дефекта	Коэффициент трения	
		$f = 0,03$	$f = 0,07$
0,1		$\epsilon_{\Sigma} = 19,18\%$	
		дефект выкатан	дефект выкатан
0,23		$\epsilon_{\Sigma} = 19,18\%$	
		$\epsilon_{\Sigma} = 35,11\%$	
		дефект выкатан	дефект выкатан
0,44		$\epsilon_{\Sigma} = 19,18\%$	
		$\epsilon_{\Sigma} = 35,11\%$	
		дефект выкатан	дефект выкатан

В процессе моделирования исследовали напряженное состояние внутренних частей поверхностных дефектов. В области дефектов выбирали точки на гранях и в узлах, как показано на рисунке 2.

Далее проводили отслеживание напряженного состояния в указанных точках (рисунок 3).

Анализ полученных данных поверхностного дефекта типа «вдав» показывает, что точки, расположенные на грани поперечного

сечения (точка 3 на рисунке 2а), испытывают наибольшее напряжение по сравнению с точками в узлах граней и на донной поверхности (точки 2 и 1 соответственно на рисунке 2а). Относительно большая разность напряжений в точках 1 и 3 (рисунок 3а), составляющая 171 МПа, объясняется наличием двойного концентратора напряжений, что обусловлено геометрическим строением дефектов цилиндрической формы.

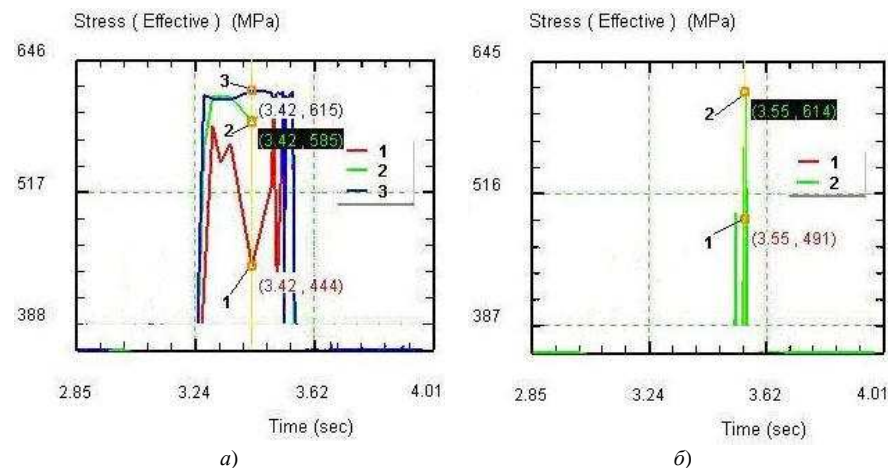
Схема отслеживания напряжения в дефектах



а) – дефект цилиндрической формы типа «вдав»;
б) – дефект конической формы типа «накол».

Рисунок 2.

Напряженное состояние в точках на гранях и в узлах дефектов



а) – дефект цилиндрической формы типа «вдав»;
б) – дефект конической формы типа «накол»

Рисунок 3.

При рассмотрении результатов поверхностного дефекта типа «накол» точки, расположенные на грани поперечного сечения (точка 2 на рисунке 2б), испытывают наибольшее напряжение по сравнению с точками в узлах граней (точка 1 на рисунке 2б). Относительно большая разность напряжений в точках 1 и 2 (рисунок 3б), составляющая 123 МПа, объясняется наличием своеобразного концентратора напряжений, что обусловлено геометрическим строением дефектов конической формы.

По данным моделирования корреляционно-регрессионным анализом получены модели, отражающие характер воздействия технологических параметров на выкатываемость поверхностных дефектов (1 – дефект типа «вдав», 2 – дефект типа «накол»):

$$\frac{d}{h} = -0,002 \cdot e - 0,85 \cdot f + 0,35, \quad (1)$$

$$\frac{d}{h} = -0,003 \cdot e - 0,4 \cdot f + 0,27, \quad (2)$$

Полученные результаты свидетельствуют о положительной роли внешнего трения и относительного обжатия на процесс уменьшения относительной глубины поверхностных дефектов в процессе прокатки. Внешние силы трения активизируют напряжения, тем самым увеличивают формоизменение дефекта. С увеличением сил трения усиливается процесс «выпучивания» донной части дефекта.

ВЫВОДЫ. Методом конечных элементов проведено математическое моделирование процесса холодной прокатки полосы с поверхностными дефектами типа «вдав» и «накол». Проанализировано напряженное состояние в зоне дефекта в зависимости от формы профиля поперечного сечения поверхностного дефекта. Получены модели зависимости относительной глубины дефекта от параметров прокатки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зенченко Ф.И., Чернов П.П., Мазур В.Л. Предупреждение порывов при холодной прокатке полос. Минчермет СССР, Карагандинский металлургический комбинат и Институт черной металлургии. «Прокатное производство», 1990. №3, с. 35-42.

УДК 669.162

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ В УСЛОВИЯХ «МИНИЗАВОДА»

Г.Г. КУРАПОВ, А.С. ДЕГТЯРЕВА, Е.П. ОРЛОВА, В.В. КУДАЕВА, Е. СЕДАЧЕВА
(г. Алматы, Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева)

За последние 30-50 лет технология производства стали развивалась по нескольким направлениям одновременно, при этом для реализации каждой из них необходима различная степень переработки исходной шихты. Наиболее распространенной до настоящего времени во всем мире является последовательная переработка рудных материалов с получением чугуна в доменных печах с дальнейшим получением стали в конвертерных или мартеновских печах.

Исторически развитие производства стали происходило с постепенным наращиванием мощности и усложнением структурно-производственной организации самих заводов. Такая тенденция обусловлена совершенствованием технологических схем, появлением новых видов обработки металлов, включением в состав предприятий производств по получению агломерата, флюсов, кокса, огнеупоров и т.д. Фактически любой современный крупный металлургический комбинат в своем составе имеет не менее сотни цехов.

Основными недостатками металлургических гигантов являются большие потери энергоносителей из-за неоправданно длинных линий передач, устаревшая технология, значительные материальные затраты на переоборудование и низкая производительность труда. Одной из главных причин малой конкурентоспособности таких предприятий на мировом рынке явилось увеличение цен на коксующиеся угли и кокс, необходимый для доменного производства чугуна. Такие гиганты металлургии России как Северсталь (г. Череповец), Магнитогорский металлургический комбинат (г. Магнитогорск), Новолипецкий металлургический комбинат (г. Липецк) смогли выдержать конкуренцию с зарубежными фирмами только в результате коренной перестройки технологии.

Наряду с металлургическими заводами полного цикла, перерабатывающими руду в чугун, а затем в сталь широкое распространение получили заводы бездоменные, производящие сталь путем переработки железного

лома, так называемые «передельные мини-заводы». В основе их производства находится мартеновская или электрическая плавильные печи, получаемые слитки стали далее перерабатывают в прокат на прокатных станах с относительно малой производительностью. В последние годы, по мере отказа от мартеновских печей, плавку стали производят в электродуговых печах переменного или пос-

тоянного тока (рисунок 1).

Ранее такие заводы считались менее перспективными по сравнению с металлургическими гигантами. Однако совершенствование технологии получения стали, технологии разлива и прокатки привело к тому, что такие заводы, производительностью от 30 тыс. т до 800 тыс. т стали в год, получили самое широкое распространение по всему миру.

Схема мини-завода черной металлургии по переработке железного лома

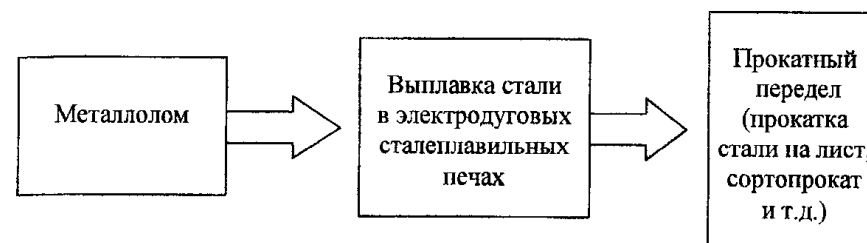


Рисунок 1.

В США – их более 65, в Индии – 150, в Египте – около 40. Такие заводы сейчас работают во всех регионах мира. В СНГ до 90-х годов прошлого века имелось только два таких завода – в Белоруссии и в Молдавии. В последние 20 лет подобные предприятия строятся во всех бывших республиках СССР.

Появлению мини-заводов способствовало совершенствование технологии сталелитейного процесса, развитие транспортных связей, существование в условиях капиталистической социально-рыночной системы жестких обязательств по срокам и качеству поставок, развитие электронных средств связи и компьютеризация как в качестве средств связи, так и для ведения технологических процессов. Развитие науки и техники, создание современных технологий и систем управления позволило сократить количество цехов на производстве, избавиться от вспомогательных цехов, вывести за пределы металлургического завода энергетические и транспортные участки и т.д.

За время существования таких заводов сформировалась их оптимальная структура, состоящая из следующего оборудования:

- электроплавильной печи;
- установки непрерывной разливки стали;
- прокатного стана.

В таблице 1 приведены сравнительные данные по характеристикам металлургических комбинатов и современного мини-завода.

При этом трудозатраты на мини-заводах составляют – 2,4 чел.· час/т (против 5 чел.·час/т), а стоимость готовой продукции на 25% ниже, чем на крупных предприятиях. Исходным сырьем служит стальной лом (скрап) или губчатое железо, получаемое с заводов прямого восстановления.

Высокое качество проката обеспечивается применением самых передовых приемов подготовки стали:

- тщательной разборкой лома по сортам;
- обязательным прессованием скрапа;

Таблица 1.

	комбинат	мини-завод
Потребление ТЭР, МДж/т	20-30,8	7
Доля ТЭР в себестоимости, %	25-30	7-10
Вредные выбросы, тыс. т в год	200-500	1-2
Производство стали в млн./год	5-10	0,5-1
Капитальные затраты, в долл.США	более 5 млрд.	200-400 млн.
Строительство	более 5 лет	2-3 года
Окупаемость	более 10 лет	5-6 лет

– подогревом шихты перед загрузкой в печь;

– использованием современных электрических печей емкостью от 10т до 150т с донным выпуском стали;

– использованием кислородного дутья;

– доводкой стали в специальных подогреваемых ковшах с применением вакуумирования для лучшей дегазации и ускорения процесса получения спокойных марок сталей, с продувкой стали аргоном.

С целью снижения расходов на капитальное строительство и массы прокатного оборудования сечение слитка после установок непрерывного литья стремятся получить максимально приближенным к готовой продукции. Из-за сравнительно низкой производительности машин непрерывного литья количество ручьев увеличивают и устанавливают на одном заводе несколько литейных машин.

Основное производство стали в Казахстане сосредоточено на Карагандинском металлургическом комбинате (ныне АО «Миттал Стил Темиртау»), на ТОО «Кастинг» (г. Павлодар) и ТОО «КазФерросталь» (г. Алматы). АО «Миттал Стил Темиртау» производит листы слабы, горячекатаную листовую сталь толщиной от 1,5 мм до 12 мм, холоднокатаную листовую сталь толщиной от 0,5 мм до 1,2 мм, луженую жель, оцинкованный лист. Объем производства в пределах от 3,5 млн. т в год до 4,7 млн. т в год (в зависимости от объема заказов). В 2002 году был запущен среднесортный прокатный стан для производства арматурной стали, уголка и некоторых других профилей в объеме до 100 тыс. т в год.

Начиная с 2000 г. переделные заводы с современным оборудованием начали появ-

ляться в различных регионах Казахстана. 7 декабря 2002 года в Казахстане на базе цеха бывшего Павлодарского тракторного завода был запущен новый завод черной металлургии ТОО «Кастинг». Завод выпускает арматурную сталь в объеме 300 тыс. т в год, в дальнейшем предполагается выход на проектную мощность 700 тыс. т.

Подобные малые предприятия с производительностью 20-30 тыс. т проката были пущены в Шимкенте и Рудном.

В Алматы в марте 2004 года был запущен завод ТОО «КазФерросталь», который в настоящее время выпускает порядка 80 тыс. т в год литой квадратной заготовки под прокат и около 40 тыс. т в год сортового проката. Современная лабораторная база дает возможность вести текущий анализ за составом металла в процессе плавки и в короткие сроки осваивать производство новых марок сталей.

На заводе имеется девять основных цехов: участок подготовки шихты, электросталеплавильный цех, сортопрокатный цех, электросилового цех, ремонтно-механический цех, отдел капитального строительства, транспортный цех, цех инженерно-технического обслуживания, кислородно-компрессорный цех, газокотельный цех.

АО «КазФерроСталь» специализируется на переплавке вторичного сырья в качественную продукцию, соответствующую ГОСТам и стандартам ИСО 9001 и 14001 и производстве кислорода для собственных нужд, больниц и сторонних организаций.

Технологическая цепочка получения готовой продукции состоит из следующих этапов:

1. Проверка поступающего на завод лома на радиацию и присвоение ему категории качества.

2. Переборка лома, резка его на гидравлических скраповых ножницах и шихтовка.

3. Плавка в двух дуговых сталеплавильных печах емкостью 10 т. Вредные примеси сера и фосфор удаляют во время плавки кальцийсодержащими флюсами. В ходе плавки отбирается проба для химического анализа стали.

4. Доводка стали на агрегате ковш-печь емкостью 10т, включает дегазацию жидкого металла путем продувки расплава инертным газом (аргоном), науглераживание и получение необходимого химического состава стали в соответствии с ГОСТом путем введения в расплав ферросплавов.

5. Разливка стали на машине непрерывного литья заготовок.

6. Проверка готовой продукции, маркировка и упаковка в зависимости от назначения:

- а) для продажи, как готовое изделие;
- б) для производства проката на заводе.

При производстве стали из вторичного сырья имеется несколько проблем, возникающих при получении качественных марок сталей. Главной из них является нестабильность химического состава поступающего на завод металлического лома (присутствие нежелательных примесей – меди, алюминия, цинка или неметаллических материалов). Кроме того, на образование структуры слитков нежелательным образом сказывается так называемая «технологическая» наследственность, которая зависит от режимов предварительной обработки металлоизделий, свойств и структуры переплавляемого лома. На старых переделных заводах, при существующей в те

годы технологии, эти проблемы не позволяли получать стабильные по химическому составу плавки, структура слитков и свойства изменялись в широких пределах. Кроме того, использовалось дополнительное литье в изложницы, в результате брак по разным причинам достигал до 23%.

Применение тщательной разборки поступающего лома на заводе «Ферросталь» позволяет значительно уменьшить первоначальный разброс шихты по химическому составу, что упрощает дальнейшую технологическую цепь получения стали. Однако решающую роль в получении качественной и однородной по свойствам готовой продукции играет применение ковша-печи для доводки металла и установки непрерывной разливки стали. Комплексное применение всех мероприятий, направленных на снижение брака, постепенное освоение ковша-печи и установки непрерывной разливки позволило стабильно получать спокойные марки стали при минимальном браке, не превышающем 3%.

В подтверждение сказанного, приведены в виде гистограмм результаты статистического анализа химического состава 360 плавков стали Ст.5сп за март 2010 года. Согласно ГОСТ 380-2005, сталь марки Ст.5сп регламентирована следующими содержаниями элементов, в %:

- углерод: 0,28-0,37 (+0,03; -0,02);
- марганец: 0,50-0,80 (+0,05; -0,03);
- кремний: 0,15-0,30 (+0,03; -0,02);
- сера: менее 0,05 (+0,005);
- фосфор: менее 0,04 (+0,005).

Содержание углерода в готовой продукции

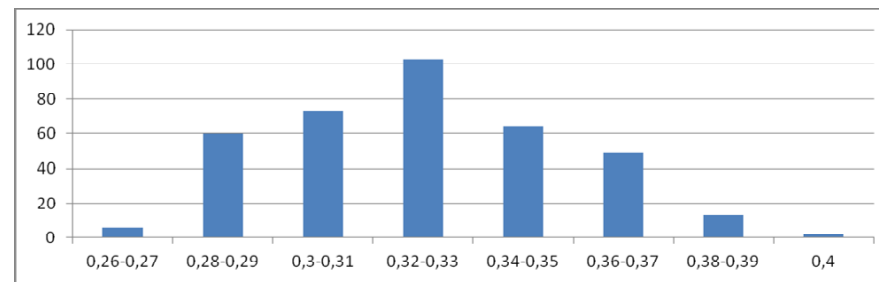


Рисунок 2.

Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

Содержание марганца в готовой продукции

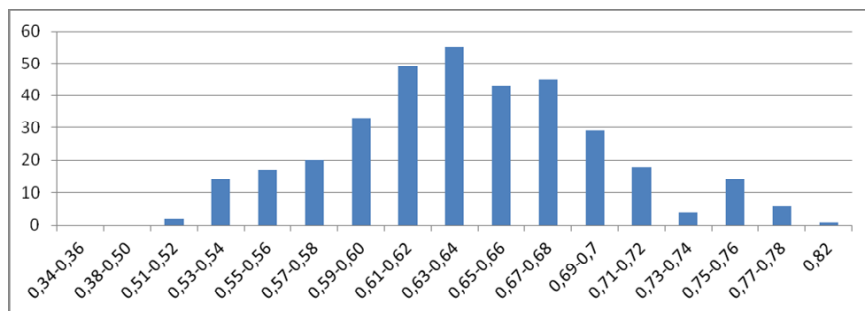


Рисунок 3.

Содержание кремния в готовой продукции

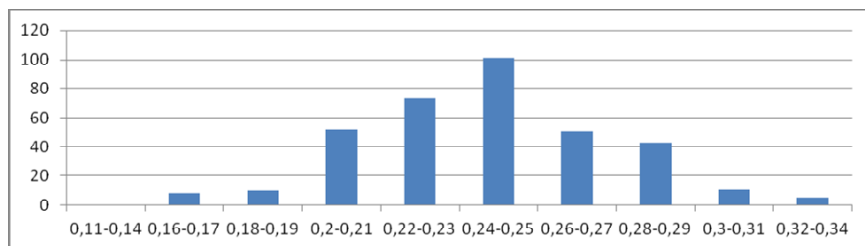


Рисунок 4.

Содержание серы в готовой продукции

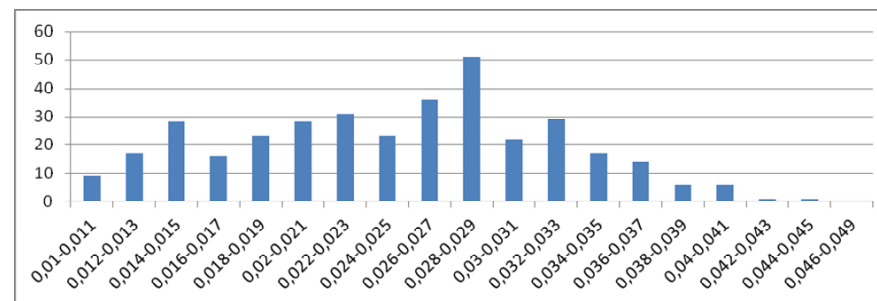


Рисунок 5.

Содержание фосфора в готовой продукции

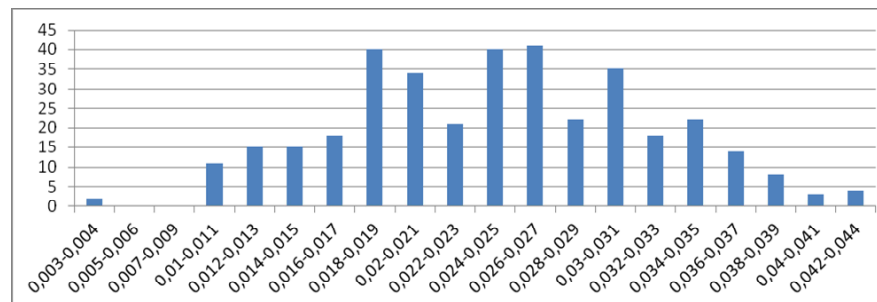


Рисунок 6.

Из анализа рисунков 2-4 следует, что ни в одном случае не было допущено нарушение состава стали, определяемого стандартом по основным элементам – углероду, марганцу и кремнию. Хотя из гистограмм видно, что в ряде случаев количество указанных элементов достигает максимально допустимого значения даже с предельным разрешенным отклонением, как в сторону завышения, так и занижения относительно ГОСТа.

При этом разброс показателей состава по марганцу более дифференцирован, чем по углероду и кремнию. При этом в общем объеме процент плавков с высоким содержанием марганца 0,8% ограничен. Аналогичная ситуация наблюдается по кремнию. Однако, даже в условиях мини-завода более детализированную переборку лома проводить целесообразно, так как в данном случае эти показатели не выходят за рамки брака.

Хорошие результаты получены также по

содержанию в стали вредных примесей – серы и фосфора (рисунки 5, 6). Причем, по максимальному наблюдавшемуся содержанию серы в стали имеется некоторый запас, а содержание фосфора в ряде плавков подходит к допустимому пределу.

Статистическая обработка результатов химического состава плавков в течение двух лет позволила выявить сезонное колебание состава сталей по всем компонентам и особенно сильно по элементам раскислителям – марганцу и кремнию. Этот результат, с одной стороны, – очевиден из-за разного состава атмосферного воздуха. С другой стороны при сохранении этой разницы после последующих переделов стали в изделия можно говорить о проявлении в данном случае элементов «технологической наследственности» [1-4 и др.], которая не в меньшей степени влияет не только на состав стали, но и на ее конечную структуру и свойства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологический процесс получения спокойной стали в условиях мини-завода «Каз-ФерроСталь» с использованием современных электродуговых печей, печи-ковша, машины непрерывной разливки стали по составу готовой продукции соответствует требованиям ГОСТа 380-2005. Возможные отклонения состава могут быть устранены путем более тщательной разборки поступающего с различных районов РК металлического лома и доведения его до необходимого состава при регулярном химическом анализе с учетом погодноклиматических условий. Эти меры позволят стабильно получать качественную спокойную сталь при минимальных случаях брака.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин В.И. Исследование применения наследственности структуры шихты для повышения качества отливок. //Литейное производство, 1985, №6. С.20-21.
2. Гаврилин И.В., Ершов Г.С. О связи строения жидких и твердых металлов //Известия ВУЗов. Черная металлургия, 1973, №4. С. 149-152.
3. Гаврилин И.В. Что дают исследования строения жидких сплавов для практики литья // Литейное производство, 1988, №9. С. 3-4.

4. Дальский А.М., Васильев А.С., Кондаков А.И. Технологическое наследование и направленное формирование эксплуатационных свойств изделий машиностроения //Известия ВУЗов. Машиностроение. 1996, №10. С. 70-76.

УДК 621.771

ДЕФОРМАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВАЛКОВ РАЗЛИЧНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

¹О.Н. КРИВЦОВА, ¹В.А. ТАЛМАЗАН, ²М. САМОДУРОВА, ³Г. ПОПОВ

(¹Казахстан, г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет,

²Россия, г. Челябинск, Южно-уральский государственный университет,

³Болгария, г. София, Софийский технический университет))

Усложнение сортамента, жесткие требования к прокату, повышение производительности станов диктуют прокатчикам необходимость изыскания резервов в современных условиях. Перспективным направлением решения данной проблемы является использование новых валковых материалов и для АО «АрселорМиттал Темиртау».

Так, до 2001г. в чистовых клетях НШПС-1700 горячей прокатки АО «АрселорМиттал Темиртау» использовали двухслойные легированные чугунные валки с отбеленным рабочим слоем, переходным слоем из половинчатого чугуна и сердцевиной из серого чугуна, толщиной отбеленного слоя от 10мм до 30-32мм. Тогда в чистовых клетях №6-№8 использовали валки так называемого старого исполнения ЛПХНд-62, ЛПХНд-63, в отделочных клетях №9-№12 валки ЛПХНд-70, ЛПХНд-71, ЛПХНд-72, ЛПХНд-74, ЛПХНд-76. В последние 8-10 лет в чистовых клетях НШПС-1700 используют валки современного исполнения: в клетях №6-№8 – NiCr (высокохромистые, содержание хрома > 16%) и в клетях №9-№12 ICDP [1,2]

В то же время, в Германии получили распространение стальные валки, разработанные компанией «Гонтерманн-Пайперс», на смену чугунным: так в первых чистовых клетях используют валки новейшего исполнения из стали AS1180XX – двухслойные высокохромистые валки, осевую часть и шейки отливают из чугуна с шаровидным графитом. Валки из этой стали отличаются высокой надежностью при эксплуатации и постоянными характеристиками режима прокатки вплоть до полной допустимой выработки диаметра. Результаты эксплуатации

показали, что валки из этой стали имеют стойкость в 1,5-2 раза больше, чем из чугуна. В клетях №9-№12 успешно используются валки марки HV580, где бочка выполняется из быстрорежущей стали HSS, а осевая часть и шейки из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. Валки этой стали обладают высокой жаропрочностью, износостойкостью и устойчивостью против трещин пережога. Благодаря этим качествам увеличивается продолжительность кампании валков, уменьшается количество их перешлифовок, улучшается качество поверхности проката и уменьшаются его допуски [3,4].

В связи с тем, что упругая деформация валков и рабочей клетки влияет на конечную толщину, разнотолщинность проката и распределение контактных напряжений, ставилась задача расчета стрелы прогиба $U_{РАБ}$ рабочих валков используемых ранее, в настоящее время и планируемых в будущем в чистовых клетях НШПС-1700 АО «АрселорМиттал Темиртау» с учетом исходного профиля, тепловой выпуклости и износа.

Исходными данными для расчета упругой деформации служили: усилия прокатки, ширины полос, длины и диаметры рабочих и опорных валков чистой клетки №12 стана 1700 горячей прокатки листа АО «АрселорМиттал Темиртау». Выборка получена путем экспериментальных измерений. Всего было измерено 165 валков «старого» и «современного» поколений. Прокатано 164158,4т металла 1134 плавков, включающих 11178 полос различных профилеразмеров из сталей 3сп, 08кп, 08кпГ, Ust-12, U1006, Rst-02z и т.д. Статистическая выборка результатов измерений также учитывала данные измерений

технологических параметров для каждой марки стали и профилеразмера.

Используя программу Autodesk Inventor, рассчитали $U_{РАБ}$ при прокатке полос различных профилеразмеров и марок сталей для фактического профиля рабочих валков чистовых клетей НШПС-1700 «старого», «современного» и «новейшего» исполнений.

По данным расчетов построили графики зависимости стрелы прогиба от ширины прокатываемых полос для марки стали 3сп (рис.

1 и 2), на которых видно, что и увеличением ширины полосы до 1268 мм стрела прогиба рабочего валка уменьшается (т.к. снижается межвалковое давление по длине контакта валков) и уменьшается деформация сжатия соприкасающихся валков. При прокатке широких полос с приложением усилия противоизгиба доля прогиба валков уменьшается и зазор, вследствие неравномерного износа валков, закрывается за счет сжатия крайних участков бочки.

Зависимость стрелы прогиба для валков исполнения ЛПХНд-63, NiCr, AS1180XX при прокатке различных ширин полос с приложенными усилиями противоизгиба и без них (q – с приложением усилия противоизгиба)

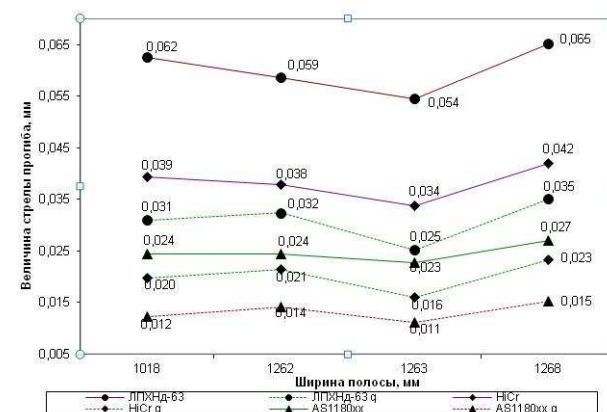


Рисунок 1.

Из графика (рис.1) видно, что для валка исполнения ЛПХНд-63 при прокатке узких полос марки стали 3сп величина прогиба составила 0,031мм, для валка исполнения NiCr – 0,02мм (снижение на 0,011мм – 35,5%), для валка исполнения AS1180XX – 0,013мм (снижение на 0,007мм – 35%).

При прокатке широких полос для валка исполнения ЛПХНд-63 величина прогиба составила 0,03мм, для валка исполнения NiCr – 0,019мм (снижение на 0,011мм – 36,7%), для валка исполнения AS1180xx – 0,012мм (снижение на 0,007мм – 36,8%). Из графика (рис.2) видно, что для валка исполнения ЛПХНд-74 при прокатке узких полос величина прогиба составила 0,026мм, для валка исполнения ICDP – 0,022мм (снижение на

0,004мм – 15,4%), для валка исполнения HV580 – 0,01мм (снижение на 0,012мм – 54,5%). При прокатке широких полос для валка исполнения ЛПХНд-74 величина прогиба составила 0,025мм, для валка исполнения ICDP – 0,021мм (снижение на 0,004мм – 16%), для валка исполнения HV580 – 0,009мм (снижение на 0,012мм – 56,1%).

Таким образом, при прокатке как узких, так и широких полос целесообразнее эксплуатировать валки «новейшего» исполнения в связи меньшим значением стрелы прогиба, которое влияет на окончательный профиль полосы и дает возможность получения металла более высокого качества, нежели у валков «старого» и «современного» исполнений. Подтверждено, что валок сильнее

Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

изгибается при прокатке узких полос, следовательно, дефект «неплоскостность» полосы в большей степени характерен для узких полос. Эта тенденция прослеживается для валков «старого», «современного» и «нового» исполнений. Причем, валки «нового» исполнения AS1180XX, планируемые

для использования в первых чистовых клетях НШПС-1700 и валки исполнения HVS80, для последних чистовых клетей, имеют наименьшую стрелу прогиба рабочих валков при одинаковых условиях прокатки с приложением усилий противоигиба и без них.

Стрела прогиба для валков исполнения ЛПХНд-74, ICDP, HVS80 при прокатке полос различных ширин с приложенными усилиями противоигиба и без них

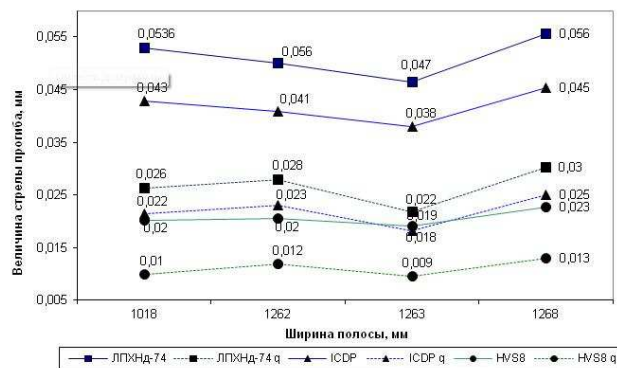


Рисунок 2.

ВЫВОД

Упругая деформация валков влияет на конечную толщину, разнотолщинность проката и распределение контактных напряжений. Перспективным направлением решения данной проблемы для АО «АрселорМиттал Темиртау» является использование новых валковых материалов. Для этого рассчитали составляющую упругой деформации четырехвалкового узла НШПС-1700 в условиях АО «АрселорМиттал Темиртау» по фактиче-

скому профилю валков «старого», «современного» и «нового» исполнений. Расчеты показали, что с использованием валков «нового» исполнения AS1180XX в клетях №6-8 стрела прогиба снижается на 35-36,8%, а у валков исполнения HVS80 в клетях №9-12 - на 54,5-56,1%, что позволит минимизировать дефект «неплоскостность» полосы как при прокатке узких, так и при прокатке широких полос.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Найзабеков А.Б., Талмазан В.А., Кривцова О.Н. Рабочие чистовые валки широкополосовых станов горячей прокатки// Научн. журнал КарМетИ, 2004. №2(6). С.104-109.
2. Найзабеков А.Б., Зиновьев А.В., Кривцова О.Н. и др. Эволюция материала и свойства прокатных валков//Научн. журнал РГП КГИУ. Темиртау, 2009. №2(16). С.200-203.
3. Мартини В., Гостев К.А. Разработка перспективных двухслойных прокатных валков фирмой «Гонтерманн-Пайперс»//Сталь. 1998. №11. С.39-42.
4. Синнаве М., Гостев К.А., Глухов В.В. и др. Современные высокопроизводительные прокатные валки, особенности им перспективы эксплуатации// Сталь. 2001. №8. С.2-8.

УДК 669.1:613.633

НОВЫЕ ОГНЕУПОРЫ И МАССЫ В ФУТЕРОВКЕ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ ОАО «ММК»

¹А.М. ГОРОХОВСКИЙ, ¹Г.В. ПОЛЬШИКОВ, ¹С.П. СИТКИН, ¹А.Н. НИКИФОРОВ, ²Ю.И. ШИШКИН
(¹Россия, г. Первоуральск, ОАО «ДИНУР», ОАО «ММК», ²Казахстан, г. Темиртау, Карагандинский государственный индустриальный университет)

На протяжении 75-ти лет продолжается тесное сотрудничество 2-х предприятий являющихся лидерами в своих отраслевых направлениях ОАО «Первоуральский динасовый завод» и ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат».

Динамичное развитие отечественного и зарубежного металлургического производства, модернизация металлургического оборудования ввод в строй новых электросталеплавильных агрегатов определили и высокие требования к огнеупорам. Разработкой и внедрением широкого спектра качественно новых огнеупорных изделий и масс занимается созданный на ОАО «Динур» инженерный центр. Используя в работе принцип комплексного подхода, Инженерным центром (ИЦ) ОАО «Динур» совместно с ЦЛК ОАО «ММК» и техническими службами цехов на основе программ научно-технического сотрудничества испытаны и рекомендованы к серийному применению широкий спектр огнеупорной продукции.

Разработки ОАО «Динур» и совершенствование технологии в процессе производства желобных масс позволили на базе доменного цеха совместно испытать и внедрить набивные и заливные виды масс для главных горновых и качающихся желобов. Реакцией на изменение условий производства доменного цеха со стороны ИЦ ОАО «Динур», а именно сокращение времени на проведение ремонтов главных горновых желобов с 2-х недель до одной, явилось предложение замены керамобетонной массы марки ВГМВ-23 (производства ОАО «Динур») на низкоцементный виброналивной бетон. Проведены испытания низкоцементных и ультранизкоцементных желобных масс с содержанием в качестве заполнителя корунда собственного производства. Матричный компонент материала массы состоит из высокоглинозemi-

стого цемента (ВГЦ) с реактивными тонко-молотыми заполнителями и добавками. ВГЦ представляет собой смесь высокоосновных алюминатов кальция. В тонкомолотой части материалов (матрица) при увлажнении и сушке бетонов происходит твердение вследствие образования гидроалюминатов кальция и гидроксида алюминия: $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}(\text{OH})_3$. Эти процессы оказывают значительное влияние на поведение массы при изготовлении футеровок и качество конечной продукции. В результате проведенных испытаний, низкоцементная масса марки ВГМВ-15 позволила благодаря своим технологическим параметрам выполнить ремонт желоба за 5-6 суток и обеспечить межремонтную стойкость до 175 тыс. т чугуна, с удельным расходом - 0,165 кг/т чугуна. Низкоцементная масса ВГМВ-15 рекомендована к серийному применению и по настоящее время применяется в желобах ДП.

Продолжается поиск и испытания комбинированных вариантов бетонов для футеровки рабочей зоны и зоны шлакового пояса желоба. В ближайшее время будет опробован состав марки ВГМВ-151С на комплекснолегированном корунде с измененной матрицей для работы в условиях шлакового пояса.

По предложению ОАО «Динур» для сокращения сроков восстановительных ремонтов главных желобов, снижения трудоемкости и повышения пропускной способности реанимирована технология торкретирования желобов. Разработана и испытана высокоглинозёмистая низкоцементная торкрет-масса марки ВГМТ-16. Испытания торкрет-массы в футеровке главного горнового желоба показали удовлетворительные технологические характеристики: срок службы 12-16 суток, стойкость торкрет слоя до 26 тыс т чугуна, удельный расход - 0,07кг/т чугуна.

Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

Токрет-масса ВГМТ-16 нашла серийное применение и используется для ремонтов желобов всех доменных печей независимо от

производителя применяемой желобной массы. Показатели желобных масс представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Физико-химические показатели желобных и токрет масс

Наименование	ВГМВ-15 (ТУ 1523-032-00187085-2004)	ВГМВ-151С (ТУ 1523-047-00187085-2006)	ВГМТ-16 (ТУ 1523-042-00187085-2006)
* Тип связи:	низкоцементная	низкоцементная	низкоцементная
*Огнеупорность, °С, не менее	1750	1750	1730
*Зерновой состав массы: мм.	0-6	0-10	0 - 4
Массовая доля влаги: % не более	0,5	0,5	0,5
*Добавка воды перед употреблением, л/т	50-55	48-52	60-80
Химический состав, %:			
Al ₂ O ₃ , не менее	70,0	50,0	60,0
CaO, не более	2,0	1,5	2,0
Fe ₂ O ₃ , не более	1,5	1,5	1,5
SiC, не менее	20,0	35,0	*18,0
Кажущаяся плотность, г/см ³ :			
– 1000 °С, не менее	2,8	2,60	2,2
* – 1400 °С, не менее	2,8	2,65	–
Предел прочности при сжатии, МПа:			
– 1000 °С, не менее	30	35	10
* – 1400 °С, не менее	50	80	30
*Изменение линейных размеров после термообработки при 1400°С, %, не более	– 0,3	+ 0,2	– 0,3

* Данные для информации – в сертификатах качества на поставленную продукцию не отражаются.

С 1999г ОАО «Динур» выпускает высокоглиноземистый кирпич на основе ВКВС (высококонцентрированной вяжущей суспензии) боксита для футеровки передвижных миксеров. Первые опытные партии изделий марки МКБ-80 были выпущены для ОАО «ММК». Имея на тот период показатели по механическим параметрам: пористость не более 21% и прочность на сжатие не менее 40МПа изделия хорошо зарекомендовали себя в зоне малых цилиндров и конусов. Проводимая работа по совершенствованию свойств огнеупора позволила улучшить механические свойства, которые на аналогичных изделиях марки МКБУ-80 составляют: пористость не более 18% и прочность на сжатие не менее 80МПа. Изделия муллитокорундовые уплотненные марки МКБУ-80

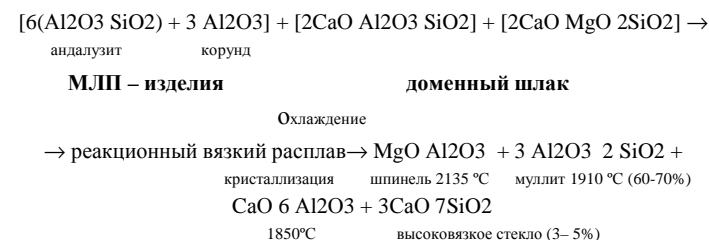
представляют собой композицию сырьевых материалов: боксит, белый электроплавленный корунд, глину, карбид кремния. В процессе службы огнеупора в его структуре происходит вторичное муллитообразование, которое сопровождается незначительным увеличением в объеме, этот процесс компенсируется закрытием пор. В процессе службы у изделия увеличивается механическая прочность, снижается пористость, увеличивается плотность, что препятствует проникновению шлака и чугуна в изделия. Средняя стойкость изделий марки МКБУ-80 в работе указанных выше зон миксера за 2006г составила – 1711 наливов.

В 2005-06гг проведены промышленные испытания высокоглиноземистых углеродосодержащих изделий марки ВГУТС-2. Изде-

лиями ВГУТС-2 были футерованы верхние полукольца конусов миксер №13 и кольца больших цилиндров миксер №14. Высокоглиноземистых углеродосодержащих изделий марки ВГУТС-2 показали низкую скорость износа в конусных частях 0,186-0,213мм/налив, на изделиях МКФУ-90 и МКФУ-93 средняя скорость износа составила 0,26-0,27мм/налив.

Специалистами ОАО «Динур» разработан новый вид огнеупора марки МЛП на ос-

нове андалузита. Комплексное исследование изделий марки МЛП показало существенно более высокую шлакоустойчивость и механическую прочность по сравнению с изделиями марки ВГУТС-2 и МКБУ-80. Это обусловлено сочетанием следующих положительных факторов: особенностью вещественного состава (Al₂O₃ SiO₂); низкая открытая пористость (10-12%); малый диаметр канальных пор (1-8 мкм). Химизм взаимодействия изделий марки МЛП с доменным шлаком:



Изделиями состава МЛП в мае месяце текущего года проведена футеровка колец больших цилиндров и бойной зоны приемной ванны миксера.

Как известно, в феврале 2006г на ОАО «Динур» запущен в работу цех по производству корундографитовых изделий (КГИ). Корундографитовые изделия производятся по импортной лицензионной технологии, цех оснащен современным технологическим оборудованием известных зарубежных фирм. Специалистами инженерного центра ОАО «Динур» совместно с техническими службами ОАО «ММК», а именно ЦИК, ККЦ и ЭСПЦ, проведена оперативная разработка конструкторской документации на различные типоразмеры корундографитовых погружных стаканов, стаканов-дозаторов, стопоров-моноблоков. Показатели физико-химических свойств корундографитовых изделий представлены в таблице 2 и 3.

На протяжении 2-го полугодия 2006г и по настоящее время в ККЦ производится серийная поставка корундографитовых погружных стаканов марки КГС1Ц1А1№2. В ККЦ проведены положительные испытания стопоров-моноблоков корундографитового состава марки КГСМ1h1Пв№10 и опытных

партий изделий марки КГСМ1Шлh2Пв№10,01 и №14,01 с применением в шлаковом поясе ZrO₂. Так, например, стопора-моноблоки с содержанием в шлаковом поясе ZrO₂ имеют скорость износа в шлаковом поясе ниже на 29% чем серийные корундографитовые изделия ф. «Везуиус». Результаты подтверждены актами испытаний.

Большая работа проведена по применению корундографитовой продукции в ЭСПЦ. На 5-ручевой сортовой МНЛЗ испытаны и получили серийное применение два типа погружных стаканов КГС1Ц1№4 и №16. Скорость износа по шлаковому поясу на изделиях ОАО «Динур» составила – 0,04708мм/т стали на серийных изделиях фирмы «РН» - 0,04727мм/т стали. Средняя серийность на период испытаний составляла 3,1 плавки.

По рекомендации цеха разработаны конструкции и испытаны стаканы дозаторы КГСД1№23 и №25 для систем разлива МНС и СНС. Продолжаются испытания стопоров-моноблоков КГМ1m1№2.01. По предварительным результатам износ по шлаковому поясу обеспечивает серийность до 10 плавков. Результаты эксплуатации подтверждены актами испытаний.

Раздел 1. «Металлургия. Технологии новых материалов»

Таблица 2.

Физико-химических свойства корундографитовых изделий

Наименования показателей	Материалы погружного стакана			Материалы стакана-дозатора	
	основной материал КгС1 (тело изделия)	материал шлаковой зоны Ц1	антикле-кинговый материал А1	основной материал КгСД (тело изделия)	основной материал головной части m1
Массовая доля, %					
Al ₂ O ₃	≥ 60,0	–	≥ 55,0	≥ 68,0	–
SiO ₂	–	–	≥ 36,0	–	–
MgO	–	–	–	–	≥ 72,0
ZrO ₂	–	≥ 80,0	–	–	–
CaO	–	2,5 – 4,0	–	–	–
C	≥ 26,0	≥ 12,0	≤10,0	≥ 14,0	≥ 10,0
Плотность каж., г/см ³	2,5 – 2,6	3,70 – 3,95	–	2,55 – 2,65	2,55 – 2,75
Пористость, %	≤15,0	≤15,0	–	≤17	≤18

Таблица 3.

Физико-химических свойства изделий для стопора-моноблока

Наименования показателей	Материалы стопора-моноблока			
	основной материал КгСМ1	коническая часть h	коническая часть m	материал шлаковой зоны Шл
Массовая доля, %				
Al ₂ O ₃	≥ 70,0	≥ 75,0	–	34,7
MgO	–	–	≥ 75,0	–
ZrO ₂	–	–	–	30,0 – 40,0
C	≥20,0	≥12,0	≥10,0	≥18,0
Плотность каж., г/см ³	2,5 – 2,6	2,60 – 2,80	2,55–2,70	2,95 – 3,10
Пористость, %	≤15,0	≤18,0	≤18,0	≤20,0

В новом году перед ЭСПЦ поставлена задача повышения серийности разливаемого металла на закрытой струе до 6-7 плавов, с обеспечением времени разливки порядка 10 часов. ОАО «Динур» имеются технологические возможности обеспечения данных показателей. Опытные партии изделий в будущем опробованы в ближайшее время.

В 2006г от общего объема произведенной ОАО «Динур» корундографитовой продукции доля ОАО «ММК» составила 34,2%. Равным по данному показателю является ОАО «НТМК», соответственно – 31,3%. Всего рассмотрен и проработан 71 вид типоразмеров КГИ (погружных стаканов, труб, стопоров-моноблоков, стаканов-дозаторов) на 12 метал-

«Металлургия. Технологии новых материалов»

лургических предприятиях. В 2007г будут продолжены работы по применению ковшевых огнеупоров в шлаковых поясах сталковой ЭСПЦ. Планируется провести испытания периклазоуглеродистых ковшевых огнеупоров полученных на основе комплексного связующего марки ПУГС-ПА-2Б и марки ПУГС-ПА-Ф (антиоксидант феррофосфорный порошок). В настоящее время данные виды огнеупоров серийно работают на ООО «МЗ «Камасталь» и ОАО «Северский ТЗ» в режиме эксплуатации установки «печь-ковш».

В ККЦ проведены успешные испытания магниевой торкрет-массы марки ММТ-6, масса рекомендована к серийному применению.

В целом, следует отметить, что ОАО «Динур» имеет значительный опыт изготовления желобных масс для доменного производства, качественно новых муллитокорундовых миксерных огнеупоров марки МКБУ-80, ВГУГС-2 МЛП, которые успешно эксплуатируются и тиражируются на другие металлургические предприятия.