

ПРОГНОЗИРУЮЩАЯ МОДЕЛЬ ОБЕЗГЛЕРОЖИВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ МЕТАЛЛА С УГАРОМ ПРИ НАГРЕВЕ ЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ В НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

*С.С. Пашин, аспирант кафедры «Металлургии и металловедения»
Э.Э. Меркер, д.т.н., профессор кафедры «Металлургии и металловедения»*

Старооскольский технологический институт,
филиал Национального исследовательского технологического университета «МИСиС» (Старый Оскол, Россия)

Аннотация. В работе произведен прогнозный оценочный расчет угара и обезуглероживания литой заготовки в условиях работы нагревательной печи с шагающими балками ОАО «ОЭМК» при сжигании высококалорийного топлива. В основе применяемой модели лежит метод статистической обработки массива практических данных по нагреву стали в печах под прокатку. Установлено, что применение модели позволяет определить величину угара металла за период работы печи с учетом обезуглероживания поверхности металла по ходу нагрева заготовок в агрегате.

Ключевые слова: сталь, производство проката, качество изделий, окалина, печи нагрева.

E-MAIL: merker@inbox.ru

При производстве сортового проката на показатели качества особое влияние оказывают процессы, происходящие в нагревательных печах при нагреве под прокатку. Одними из таких процессов являются обезуглероживание и потери металла от угара, которые оказывают отрицательное влияние на качество заготовок как во время процесса обработки давлением, так и на готовый металлопрокат [1, 2].

Для осуществления прогнозных расчетов угара и обезуглероживания углеродистых марок сталей при нагреве металла в печах при сжигании высококалорийного топлива разработана прогнозирующая модель [3], которую использовали для условий работы нагревательных печей ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат» (ОЭМК). Приближенную толщину общего обезуглероженного слоя (α , мм) и слоя, обнаруженного под окалиной и металлом, перешедшего в окалину (α' , мм), определяли по формуле

$$\alpha = k_1 \sqrt{\tau + k_2 \tau'}, \quad (1)$$

где k_1 и k_2 – эмпирические коэффициенты, зависящие от конечной температуры поверхности и условий нагрева (холодный или горячий пасад) [4]; τ и τ' – общее время нагрева и время томления соответственно, ч.

Остаточный обезуглероженный слой находился из соотношения

$$\alpha'' = \alpha - \alpha'. \quad (2)$$

Результаты прогнозирующего расчета обезуглероживания металла при нагреве в методической печи приведены в табл. 1.

Из приведенных данных следует, что полученные значения α' позволяют найти потери металла с угаром при нагреве литой заготовки в печи [3, 4].

При этом потери от угара (Y , кг/т) рассчитывались по формуле

$$Y = \alpha' \frac{F_o + 2F_p + 0,2F_3}{V}, \quad (3)$$

Таблица 1

Расчетные значения глубины обезуглероженных слоев металла по время нагрева перед прокаткой

Сталь	Общее время нагрева (первая заготовка / последняя заготовка), ч:мин	Время томления (первая заготовка / последняя заготовка), ч:мин	Глубина общего обезуглероженного слоя α (первая заготовка / последняя заготовка), мм	Глубина остаточного обезуглероженного слоя α'' (первая заготовка / последняя заготовка), мм	Слой металла, перешедший в окалину α' (первая заготовка / последняя заготовка), мм
Ст4сп	3:55 / 3:56	1:20 / 0:49	2,83 / 2,63	1,94 / 1,81	0,89 / 0,82
	8:39 / 8:41	4:52 / 4:28	4,66 / 4,58	3,18 / 3,13	1,48 / 1,45
	5:45 / 5:21	1:48 / 1:07	3,38 / 3,07	2,32 / 2,12	1,06 / 0,96

Прогнозируемые и фактические значения потери металла от угара во время нагрева перед прокаткой

Сталь	Общее время нагрева (первая заготовка / последняя заготовка), ч:мин	Время томления (первая заготовка / последняя заготовка), ч:мин	Минимальное прогнозируемое значение угара (первая заготовка / последняя заготовка), кг/т	Угар и окалина на 1 т проката (фактическое), кг/т	Максимальное прогнозируемое значение угара (первая заготовка / последняя заготовка), кг/т
Сталь	3:55 / 3:56	1:20 / 0:49	11,07 / 10,21	11,02	16,60 / 15,31
Ст4сп	8:39 / 8:41	4:52 / 4:28	18,44 / 18,06	19,88	27,66 / 27,10
	5:45 / 5:21	1:48 / 1:07	13,20 / 11,91	15,19	19,80 / 17,87

где F_o , F_p , F_z – соответственно открытая, открытая с разрушаемой и опадшей окалиной и закрытая поверхности литой заготовки, м²; V – объем заготовки, м³.

Общий расход металла на стане горячей прокатки в сортопрокатном цехе № 1 ОЭМК определялся как разница между весом плавки принятой на складе литой заготовки и весом плавки после прокатки, принятой на высотно-промежуточный склад [5]. Угар и окалина определялись как разница между общим расходом металла на стане и весом обрезки, получаемой на непрерывнозаготовочном стане во время прокатки металла на заданный профиль (табл. 2).

Результаты прогнозирующего расчета потерь металла от угара при нагреве перед прокаткой сверялись с фактическими данными, полученными при проведении балансовых плавов стали Ст4сп на ОЭМК и приведены в табл. 2.

Из приведенных данных следует, что фактическое значение потери металла от угара находится в промежутке между минимальным и максимальным расчетными значениями потерь металла от угара. Это говорит о том, что окалина опадает с поверхности литой заготовки частично, в результате чего происходит ее повторное окисление, приводящее к увеличению потерь от угара.

Выводы. Разработанная методика предназначена для прогнозных оценочных расчетов угара и обезуглероживания углеродистых марок сталей с учетом времени томления металла и общего времени нагрева в методической печи перед прокаткой. В основе данной модели лежат результаты статистической обработки массива практических данных по нагреву стали в печах под прокатку. Эмпирические коэффициенты k_1 и k_2 приняты для углеродистых марок сталей при нагреве металла в печах с открытым пламенем при сжигании высококалорийных топлив с коэффициентом расхода воздуха 1,1 – 1,2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Темлянцев М.В., Михайленко Ю.Е. Окисление и обезуглероживание стали в процессах нагрева под обработку давлением. – М.: Теплотехник, 2006. – 200 с.
2. Стальной слиток. В 3-х т. Т. 3. Нагрев / В.И. Тимошпольский, Ю.А. Самойлович, И.А. Трусова и др. – Минск: Белорусская наука, 2001. – 879 с.
3. Спивак Э.И. // *Металлург*. 1984. № 2. С. 28 – 29.
4. Спивак Э.И. Методы ускоренных расчетов нагревательных печей. – М.: Металлургия, 1988. – 141 с.
5. Пратусевич А.Е. Вальцовщик-оператор прокатных станов: Учеб. в 6-ти кн. Кн.5. – Старый Оскол, 1995. – 180 с.

© 2014 г. С.С. Пащин, Э.Э Меркер
Поступила 24 февраля 2014 г.

PREDICTIVE MODEL OF DECARBURIZATION AND DETERMINATION OF METAL LOSS WITH FUMES DURING HEATING OF CAST BILLET IN HEATING FURNACE

S.S. Pashnin, Postgraduate of the Chair Metallurgy and Metallography

Je.Je. Merker, Dr. Eng., Professor of the Chair Metallurgy and Metallography

Stary Oskol technological Institute of National University of Science and Technology "MISiS" (Stary Oskol, Belgorod region, Russia)

E-MAIL: merker@inbox.ru

Abstract. The work performed forecast estimated payment intoxication and decarbonization of cast billets in the working conditions of the heating furnace walking beam of "Oskol Metallurgical Plant" ("OEMK") with burning of high-energy fuel. The basis of the used model is the method of statistical data processing on an array of

practical steel heating furnaces for rolling. It was found that application of the model is to determine the value of waste of metal for the period of decarburization of the metal surface during the heating unit in the blanks.

Keywords: steel, rolled products, product quality, scale, heating furnace.

REFERENCES

1. Temljancev M.V., Mihajlenko Ju.E. *Oksilenie i obezугlerozhivanie stali v processah nagreva pod obrabotku davleniem* (The oxidation and decarburization of steel during heat treatment under pressure). Moscow: Teplotehnik, 2006. 200 p.
2. Timoshpol'skij V.I., Samojlovich Ju.A., Trusova I.A. etc. *Stal'noj slitok* (Steel Ingot). Vol. 3. Minsk: Belorusskaja nauka, 2001. 879 p.
3. Spivak Je.I. *Metallurg*. 1984. № 2. Pp. 28 – 29.

4. Spivak Je.I. *Metody uskorennyh raschetov nagrevatel'nyh pechej* (Methods for accelerated calculations of heating furnaces). Moscow: Metallurgija, 1988. 141 p.

5. Pratusевич A.E. *Val'covshhik operator prokatnyh stanov* (Operator of rolling mills). Vol. 5. Staryj Oskol, 1995. 180 p.
Received February 24, 2014

УДК 621. 791:621.771

КОМПЛЕКСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОКРЫТИЙ ИЗ АЛЮМИНИДОВ НИКЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

В.Г. Шморгун, д.т.н., профессор кафедры «Материаловедение и композиционные материалы»
А.И. Богданов, м.н.с. кафедры «Материаловедение и композиционные материалы»
А.О. Таубе, аспирант кафедры «Материаловедение и композиционные материалы»

Волгоградский государственный технический университет (Волгоград, Россия)

Аннотация. Предложен способ получения покрытий из алюминидов никеля, обеспечивающих защиту стальных деталей от высокотемпературного окисления. Рассчитан срок службы полученного в результате реализации предложенного комплексного технологического процесса слоистого покрытия.

Ключевые слова: алюминий, никель, диффузионная зона, интерметаллиды, жаростойкие покрытия.

E-MAIL: mv@vstu.ru

Одним из перспективных методов защиты деталей и узлов газовых и паровых турбин, работающих при температуре до 700 °С, является создание на их поверхности слоистых покрытий Ni/Ni₂Al₃ [1, 2].

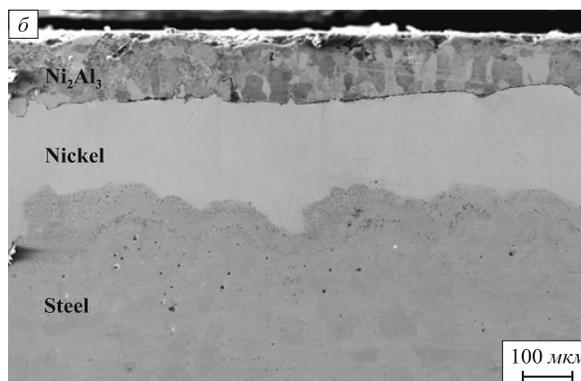
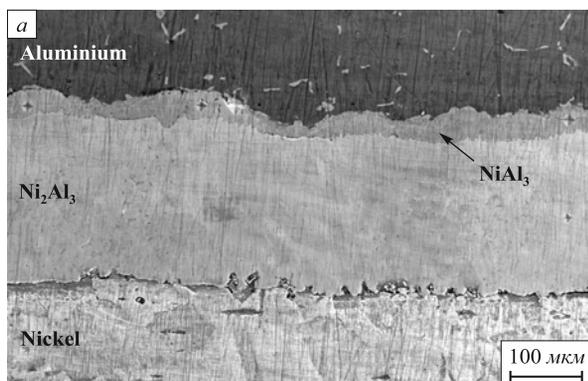
Авторами разработан способ получения покрытий из алюминидов никеля различного фазового состава (Ni₂Al₃, NiAl, Ni₃Al), особенностью которого является то, что он позволяет реализовать высокую прочность сцепления покрытия с основой и максимально приблизить форму получаемого материала или полуфабриката к форме готового изделия. Способ включает следующую последовательность операций:

- изготовление методом сварки взрывом биметаллической заготовки (никель–сталь);
- обработка давлением, позволяющая получать на стали требуемую толщину никеля;

– нанесение на никелевый слой биметаллической заготовки алюминиевого слоя толщиной, достаточной для его самопроизвольного отделения от диффузионной зоны при охлаждении после термообработки;

– термообработка, обеспечивающая в результате твердофазной диффузии формирование слоистого покрытия заданной толщины (см. рисунок).

Показано, что срок службы полученного в результате реализации предложенного комплексного технологического процесса слоистого покрытия Ni/Ni₂Al₃ определяется кинетикой диффузионных процессов [3], приводящих к последовательному образованию и росту интерметаллидных фаз NiAl и Ni₃Al. Например, при толщине Ni и Ni₂Al₃ (50 + 50 мкм) срок службы составляет около 350 ч при 1000 °С, 1800 ч при 900 °С, 13 000 ч при 800 °С и 130 000 ч при 700 °С.



СЭМ изображение:

a – диффузионной зоны на границе Ni–Al после термообработки;

б – покрытия на стали после самопроизвольного отделения алюминиевого слоя