

полимерными покрытиями, так и прикладных задач по созданию новых защитных средств.

Значительный эффект может быть достигнут и на пути поиска рецептур новых ингибированных защитных материалов, способных длительное время подавлять коррозионные процессы под образованными такими материалами покрытиями. На этом пути возможно использование уже известных органических ингибиторов и поиск новых дешевых ингибирующих веществ, а также попытаться применить соли нитробензойных кислот с их универсальными защитными свойствами.

Расширение ассортимента ПИРСов представляется возможным при использовании в их составах маслорастворимых органических и неорганических ингибиторов, каучуков, силикатных связующих.

### **РАЗЛОЖЕНИЕ КИСЛОТАМИ ОТРАБОТАННОЙ ЭМУЛЬСИИ "ВЕЛС-1"**

Варламова С.И., Варламова И.С., Климов Е.С.  
НПП "Экопрогресс", Ульяновск  
Ульяновский государственный университет,  
Ульяновск

В процессе использования смазочно - охлаждающих жидкостей (СОЖ) эмульсии теряют свои технологические свойства. В них накапливаются механические примеси, продукты термического разложения масел, масла из гидравлических систем станков. Остро встает задача разложения и извлечения из них ценных компонентов.

5,5% эмульсия "Велс-1" содержит в г/л: минеральное масло – 16,0; олеиновая кислота – 11,0; полигликоли – 6,6; триэтаноламин – 0,6; борная кислота – 1,6; бензиловый спирт – 1,6; вода и спецдобавки – 17,6. Для нужной вязкости в эмульсию вводилось 5% свободного масла. Разложению подвергалась отработанная эмульсия.

Для разложения эмульсии в лабораторных условиях брали 300 мл эмульсии. Схема разложения включала: подкисление концентрированными кислотами - серной ( $\rho = 1,84$ ) или соляной ( $\rho = 1,19$ ); нейтрализация щелочью (30% раствор гидроксида натрия); отстой разложенной эмульсии; разделение фаз; контроль. Эксперименты проводили с предварительным отстоем свободного масла и с неочищенной от масла эмульсией.

Подкисление, неочищенной от свободного масла, эмульсии серной или соляной кислотой вызывает образование крупных хлопьев при  $\text{pH}=1-2$ , очищенной – при  $\text{pH}=3-4$  (серная кислота) и  $\text{pH}=3,5-4,5$  (соляная кислота). После нейтрализации кислоты щелочью до  $\text{pH}=5-7$ , эмульсия расслаивается на три фазы: верхний слой – масло, средний слой – органическая фаза, нижний слой – водная фаза с механическими примесями. Объем выделяющегося свободного масла не зависит от вида кислоты и значения кислотности среды в пределах  $\text{pH}=1-3$ . При разложении эмульсии, очищенной от свободного масла, этот слой отсутствует.

Объем выделяющейся органической фазы максимален при применении соляной кислоты и состав-

ляет 10 - 30% от объема эмульсии в зависимости от  $\text{pH}$  среды при дальнейшей нейтрализации щелочью. Оптимальной является нейтрализация при значениях  $\text{pH}=5-6$ . При  $\text{pH}>7$  органический слой не отделяется. Нейтрализацию проводили после подкисления соляной кислотой очищенной от свободного масла эмульсии.

Органическая фаза, по данным физико - химического анализа, состоит из аква-комплексов компонентов эмульсола и взвешенных неорганических частиц. При отстаивании происходит расслоение с образованием маслообразного продукта - 40%, воды - 50%, осадка - 10%. Анализ маслообразного продукта показал, что он состоит из следующих компонентов: масло - 41%, олеиновая кислота и полигликоли - 45%, эмульсол - 12%, неорганические вещества - 2%. Водная фаза, даже после длительного отстоя, остается мутной и содержит нефтепродукты, количество которых зависит от способа разложения эмульсии. При разложении очищенной от масла эмульсии, содержание нефтепродуктов в водной фазе (при  $\text{pH}=6$ ) составляет: 1000-1900 мг/л (серная кислота), 700-1900 мг/л (соляная кислота). При разложении неочищенной эмульсии (при  $\text{pH}=5,6$ ), содержание нефтепродуктов равно: 550-780 мг/л (серная кислота), 200-350 мг/л (соляная кислота).

Результаты исследования разложения эмульсии показывают, что предварительное удаление масла не влияет на расход соляной кислоты и щелочи (на 100 мл эмульсии требуется 2,1 и 3,0 мл соответственно). При разложении серной кислотой расход кислоты и щелочи уменьшается в 2-3 раза: 0,6 и 1, 6 мл по сравнению с 1,3 и 5,0 мл.

### **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ДОЖИГАНИЯ ОКСИДА УГЛЕРОДА И ТЕМПЕРАТУРНОГО ФАКТОРА НА ОКИСЛЕННОСТЬ ШЛАКА В КОНВЕРТЕРНОЙ ВАННЕ**

Карпенко Г.А., Казаков С.В., Меркер Э.Э.  
Старооскольский технологический институт  
(филиал) Московского государственного института стали и сплавов (технологического университета)

Проблема повышения интенсивности эффективности продувки конвертерной ванны кислородом, в том числе и при использовании двухъярусных фурм, неразрывно связана с решением вопросов по оптимизации режимов дожигания оксида углерода (СО) и шлакообразования без снижения стойкости футеровки агрегата.

Исследования проводили с применением водоохлаждаемой двухъярусной фурмы в лабораторном 0,05 т промышленном 5-т на конверторах с продувкой металла кислородом или сжатым воздухом. При использовании двухъярусного способа продувки конвертерной ванны кислородом с организацией режима дожигания СО вблизи поверхности зоны продувки в объеме вспененной газошлакометаллической эмульсии (ГШМЭ) исключается нежелательный фактор попадания лучистых потоков от факелов дожигания СО на футеровку конвертора.

Однако другим сдерживающим фактором успешного применения двухъярусного метода продувки конвертерной ванны кислородом является высокая окисленность шлака ( $\Sigma FeO$ ), что приводит к увеличению скорости износа футеровки в зоне шлакового пояса и выбросам из конвертера при нарушении оптимальности соотношения скоростей окисления углерода ( $V_c$ , %С/мин) и железа, от которого зависит окисленность шлака ( $\Sigma FeO$ , %). Анализ результатов обработки опытных данных, полученных на лабораторном 0,05-т конвертере, свидетельствует о существенном влиянии на ( $\Sigma FeO$ ) высоты положения фурмы ( $H_\phi$ , м) и расхода кислорода на продувку ( $I_{O_2}$ , м<sup>3</sup>/мин) металла, что качественно иллюстрируется корреляционной зависимостью:

$$\Sigma(FeO) = 13,5 + 0,19(I_{O_2}^{дож} / I_{O_2}) + 0,03(H_\Sigma / d_c); \quad (1)$$

$$R = 0,75$$

Из анализа уравнения (1) следует, что при постоянных значениях  $H_\phi$  и  $I_{O_2}$  повышение расхода кислорода на дожигание СО ( $I_{O_2}^{дож}$ , (м<sup>3</sup>/мин)  $\rightarrow$  max) в потоке отходящих из зоны продувки газов приводит при одновременном увеличении высоты положения ( $H_\Sigma$ ) сопел дожига с диаметром ( $d_c$ , м) над металлом к повышению величины  $\Sigma(FeO)$  в пределах от 15 до 25 %. Факт такого увеличения окисленности шлака при использовании факелов дожига над зоной продувки по уравнению (1) объясняется тем, что при повышении расхода кислорода ( $I_{O_2}^{дож} \rightarrow$  max) на дожигание СО возрастает содержание ( $\Sigma FeO$ ) в шлаке за счёт окисления железа, брызг и пыли, попадающих в струи  $O_2$  после выхода их из зоны продувки металлической ванны. В этих же условиях существенно возрастает температура шлака в соответствии с выражением

$$t_{ш} = 1465 + 1,2(I_{O_2}^{дож} / I_{O_2}) - 0,53(H_\Sigma / d_c); \quad (2)$$

$$R = 0,71$$

С увеличением уровня расположения сопел дожига над поверхностью зоны продувки ( $H_\Sigma / d_c \rightarrow$  max) при  $I_{O_2}^{дож} / I_{O_2} = const$  рост температуры ( $t_{ш}^0$ , С) шлака не наблюдается, что объясняется снижением подводимого количества тепла ( $\Delta q_{CO}^{дож}$ , (Вт/м<sup>2</sup>)  $\rightarrow$  min) от дожига СО до СО<sub>2</sub> в шлаковый расплав. Более высокие значения температуры и окисленности шлака способствовали быстрому растворению извести в шлаке, что подтверждается заметным снижением таких параметров как  $SiO_2 / (FeO + MnO)$  с  $0,8 \div 1,2$  при  $\Sigma(FeO) = 15 - 20$  % до  $0,5 \div 0,6$  при  $\Sigma(FeO) \geq 25$  %.

Увеличение окисленности шлака до определённого уровня (например, для 250-т конвертера КарМК оптимальное значение  $15 \% < \Sigma(FeO) < 25 \%$ ) способствует ускорению процессов десульфурации и дефосфорации металла, что подтверждается данными работы:

$$L_S^K = (S)/[S] = 0,7 + 0,009(O_2)_{Fe+Mn}^{ул}; \quad (3)$$

$$R = 0,53$$

$$L_P^K = (P_2O_5)/[P] = 157 + 0,111(O_2)_{Fe+Mn}^{ул}; \quad (4)$$

$$R = 0,48$$

где  $L_S^K$  и  $L_P^K$  - конечные коэффициенты распределения серы и фосфора между металлом и шлаком;  $(O_2)_{Fe+Mn}^{ул}$  - количество  $O_2$ , содержащегося в шлаке в виде окислов железа и марганца.

Расчётами для условий 250-т конвертерной ванны установлено, что возрастание величины  $(O_2)_{Fe+Mn}^{ул}$  с 300 до 800 кг приводит к повышению  $L_S^K$  с 3,5 до 6,5, а  $L_P^K$  с 170 до 240. Следовательно, при использовании двухъярусного метода продувки ванны с дополнительным дожигом СО струями  $O_2$  в объёме ГШМЭ над реакционной зоной представляется возможным устранять по ходу плавки дефицит кислорода в шлаке (в особенности в период свёртывания шлака при  $V_c \rightarrow$  max), что позволяет не только интенсифицировать режим наводки шлака, но и управлять окисленностью и температурой шлакового расплава.

В этой связи представляет интерес количественно оценить влияние  $I_{O_2}^{дож}$  и  $H_\phi$  на окисленность шлака ( $\Sigma FeO$ ) при  $I_{O_2}^{дож} = 0$ . По результатам обработки данных опытных плавок, проведённых на 250-т конвертере с применением 8-ми сопловой фурмы при изменении  $I_{O_2}^{дож}$  от 800 до 1000 м<sup>3</sup>/мин и  $H_\phi$  от 1,5 до 3 м была установлена зависимость

$$\Sigma(FeO) = 22,5 + 3,5 \cdot H_\phi - 0,015 \cdot I_{O_2}; \quad (5)$$

$$R = 0,57$$

Из выражения (5) следует, что при  $H_\phi = const$  повышение интенсивности продувки металла кислородом ( $I_{O_2}$ , м<sup>3</sup>/(м · мин)  $\rightarrow$  max) снижает уровень окисленности шлака и это уменьшение  $\Sigma(FeO)$  является следствием повышения удельного давления струй дутья на ванну и увеличения скорости обезуглероживания металла, которая в свою очередь зависит от параметров теплового состояния ванны и дутьевого режимов в виде:

$$\Sigma(FeO) = 0,58 \cdot V_t - 0,179(I_{O_2}^{дож} / I_{O_2}) + 0,007(\Sigma FeO) - 0,14; \quad (6)$$

$$R = 0,84$$

где  $V_t = \frac{dt}{dt}$  - скорость нагрева металла в конвертерной ванне, °С/мин.

Таким образом, двухъярусная продувка конвертерной ванны кислородом позволяет осуществлять эффективное управление параметрами окисленности шлака  $\Sigma(FeO)$  или  $(O_2)_{Fe+Mn}^{ул}$  в соответствии с выражениями (1) и (5), т.е. в качестве управляющих пара-

метров приняты соотношения расходов  $O_2$ , подводимого через в сопла фурмы  $I_{O_2}^{дожж} / I_{O_2}$  и положение многосопловой головки фурмы ( $H_\phi$ ) в виде:

$$d(\Sigma FeO) / dt = b_1 \left\{ \left[ \left( I_{O_2}^{дожж} / I_{O_2} \right) [c]; H_\phi \right] (t) \right\},$$

$$d(O_2)_{Fe+Mn}^{ул} / dt = b_2 \left\{ \left[ \left( I_{O_2}^{дожж} / I_{O_2} \right) [c]; H_\phi \right] (t) \right\} \quad (7)$$

Это обстоятельство способствует ускорению нагрева ванны ( $V_t \rightarrow \max$ ) и положительно сказывается на процесс формирования шлака, т.к. температурный фактор оказывает существенное влияние на интенсификацию кинетического звена и увеличение коэффициента диффузии при растворении кусков извести в шлаке.

Исследование влияния режима дожигания оксида углерода (СО) в объёме ГШМЭ на уровень повыше-

ния теплосодержания конвертерной ванны проводили в условиях продувки 5-т конверторной ванны компрессорным воздухом. Для определения источников прихода дополнительного тепла в конверторной ванне при различных режимах дожигания СО до  $CO_2$  выполнены были специальные исследования с отбором проб дымовых газов, брызг и пылей из горловины конвертора по ходу продувки металла, замером уровня шлаковой и металлической составляющей ванны, отбором проб металла и шлака по ходу процесса плавки стали. Результаты анализов состава газов, брызг, шлака, металла и некоторых технологических показателей опытных плавков приведены ниже в таблице.

**Таблица 1.** Среднеплавочное содержание компонентов в дымовых газах, пыли,  $\Sigma(FeO)$  и других показателей плавки

№/ № п/п	Параметры плавков	Режим продувки конвертерной ванны		
		Типовой- боковое дутьё	Двухъярусная фурма с отдувом	
			нижний ряд сопел	нижний и верхний ряды сопел
1	Расход компрессорного бокового дутья, м <sup>3</sup> /час ( $I_{O_2} \approx 4 \text{ м}^3 / (т \cdot \text{мин})$ )	6000	-	-
2	Соотношение $I_{O_2}^{дожж} / I_{O_2}$	-	0,33	0,66
3	Брызгоунос у горловины, кг/(м <sup>2</sup> ·мин)	1,52	1,08	0,63
4	Состав дымовых газов, % а) монооксид углерода б) диоксид углерода	85,0	65,8	68,9
		8,8	21,5	24,7
5	Содержание технологической пыли, г/м <sup>3</sup>	30,2	17,3	16,0
6	Содержание $\Sigma(FeO)$ , %	12,5	16,3	19,8
7	Приращение температуры металла за плавку, °С	345	378	392
8	Температура металла в конце продувки, °С	1620	1635	1650
9	Расчётное приращение температуры (°С) путём: а) дожигания СО до $CO_2$ б) снижение выноса пыли	0,0	28,0	39,2
		0,0	10,8	15,2
10	Коэффициент дожигания СО ( $h_{co}^0$ ) по составу дыма, %	8,5	17	36
11	Коэффициент использования тепла от дожигания СО до $CO_2$ , %	12	35	54
12	Длительность продувки, мин	26	22	19

Наибольшее приращение теплосодержания конвертерной ванны наблюдается при двухуровневом режиме дожигания СО, т. е. одновременно вблизи зоны продувки нижними соплами фурмы и над зоной продувки в объёме ГШМЭ. Кроме того, существенной причиной дополнительного прихода тепла является снижение уровня брызго- и пылеуноса за счет пылеосаждающего действия струй дожигания над зоной продувки. Причём уменьшение выноса брызг и пылей зависит как от уровня и состава шлакового слоя в ванне, так и от механического воздействия струй дожигания на объем ГШМЭ, что интенсифицирует теплообмен при перемешивании шлакового расплава в условиях двухъярусной продувки расплава.

Таким образом, организация оптимального дутьевого режима на основе применения двухъярусного метода продувки металла кислородом или воздухом способствует существенному повышению уровня теплосодержания конвертерной ванны за счёт интенсификации режима дожигания СО до  $CO_2$  и ускоряет технологические процессы шлакообразования, нагрева и обезуглероживания металла, что позволяет достигнуть высоких технико-экономических и энергоэкологических показателей конвертерной плавки стали.