

В табл. 2 сведены результаты измерений величины тока и потенциалов под током (E^i) стального и цинкового анодов. В случае использования предварительно протравленных в соляной кислоте анодов (опыт 1) фактически, весь ток идет через цинковый анод. Он работает при повышенной, по сравнению с расчетной, плотности тока. Тогда как доля тока, приходящаяся на стальной анод, незначительна. Отрицательное значение тока указывает на протекание на стальном электроде катодной реакции, по-видимому, восстановления водорода. Интенсивного выделения газа ни на цинке, ни на стали не наблюдалось. Исходя из величины электродного потенциала, можно сделать вывод, что в том случае, если цинковый анод находится в активном состоянии, то при анодной поляризации происходит его растворение. На стальном электроде при потенциале $-0,42$ В невозможно выделение кислорода.

Таблица 2

Результаты опытов по измерению распределения тока между анодами

Измеряемая величина	Опыт 1	Опыт 2	Рассчитанное значение
I_{Fe} , А	-0,003	0,54	0,53
I_{Zn} , А	1,34	0,81	0,82
E^i_{Zn} , В (н.в.э.)	-1,12	+0,68	
E^i_{Fe} , В (н.в.э.)	-0,42	+0,96	

После частичной пассивации цинкового анода (опыт 2) потенциалы анодов становятся более положительными. При этих потенциалах возможны процессы окисления гидроксид анионов в щелочной среде с образованием молекул кислорода. Это подтверждает интенсивное выделение кислорода на стальном аноде и образование пузырьков кислорода на запассивированной поверхности цинкового анода. Величины токов, протекающих через цинковый и стальной аноды, рассчитанные с учетом площади электродов, практически совпадают с измеренными значениями.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что заешивание стальных анодов на анодные штанги совместно с цинковыми будет эффективным только в том случае, если цинковые аноды будут частично запассивированы. Это позволит снизить суммарные энергозатраты и расход реагентов на процессы нанесения покрытий и корректировки электролита.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦЕМЕНТНЫХ ЗАВОДОВ ЕС

*Попова А.С., Фетисов Б.А.
УрФУ, Anna_s2005@mail.ru*

В настоящее время цементная промышленность Европы является одной из самых обширных и, в то же время, энергоемких. Общее количество произведенного цемента за 2011 год – 3,6 млрд т, где 7 % принадлежит Евросоюзу [1]. Двумя основными типами потребляемой энергии при производстве цемента являются электричество и ископаемое топливо.

От 20 до 40 % общей стоимости производства цемента – затраты на электроэнергию [4]. Основной энергозатратный процесс – производство цементного

клинкера из известняка и мела путем нагревания известняка до температур выше 950 °С. Портландцемент, наиболее широко используемый тип цемента, содержит 95 % цементного клинкера. Также много электроэнергии используется для измельчения сырья и готового цемента.

Энергоэффективность цементного производства сильно зависит от вида процесса клинкерного производства, главного компонента получаемого цемента (сухого или мокрого), а также от типа печи. Действительно, при сухом способе потребление энергии меньше, чем при мокром способе; в то же время, вертикальная шахтная печь потребляет больше энергии, а печи по сухому способу с теплообменниками и реакторами-декарбонизаторами более энергоэффективны.

В таблице представлены сравнительные данные по энергозатратности процессов получения клинкера в зависимости от технологии или типа процесса [3].

Технология/процесс	Общее потребление, ГДж/т клинкера
Вертикальная шахтная печь	5
Печь по мокрому способу	5,8–6,7
Длительный процесс сушки	4,5
Печь по сухому способу (с 4-х ступенчатым теплообменником)	3,2
Печь по сухому способу (с 6-ти ступенчатым теплообменником и реактором-декарбонизатором)	2,8

Общее потребление электроэнергии составляет 90-150 кВт·ч/т цемента. На 1 т клинкера уходит 1,57 т сырьевых материалов, на 1 т цемента – около 60...130 кг топлива или 105 кВт·ч энергии [1].

Затраты на энергию составляют около 40 % от стоимости готового цемента, из них 14-25 % - это затраты на электричество. Поэтому, целесообразно увеличивать энергоэффективность производства, т.к. в прямой зависимости от нее находится себестоимость готового продукта.

В настоящее время на цементных заводах Евросоюза активно внедряются технологии, позволяющие снизить затраты на энергию и топливо, в том числе и введение альтернативного топлива, например, промышленных отходов и отходов народного хозяйства. Введение такого топлива позволит снизить потребление топлива ископаемого, тем самым снизить выбросы парниковых газов, а именно – CO₂ в атмосферу. Еще одним путем снижения энергопотребления является модернизация технологических линий путем постепенного вывода старого оборудования и заменой его новым, удовлетворяющим современным технологическим и экономическим требованиям.

Поскольку в процессе обжига клинкера в окружающую среду теряется много тепла, были разработаны современные системы по переработке неиспользованного тепла, отходящего от теплообменника и холодильника. Такие системы представлены немецкой компанией SIEMENS. Компания производит системы эффективной автоматизации и контроля процесса производства клинкера, а также контроля отходящего тепла и возврата его в систему. Благодаря