

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ЭШП

А.А. Троянский, А.Д. Рябцев, М.В. Самборский, В.Ю. Мастепан
Донецкий национальный технический университет
г. Донецк, Украина

Показана принципиальная возможность использования гармонического анализа электрических параметров для исследования процесса ЭШП.

Воспроизводство требуемого качества выплавляемого металла при наименьших материальных затратах является одной из основных задач металлургического передела. Эффективный путь решения этой задачи в частности для электрошлакового переплава (ЭШП) — это применение автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП ЭШП).

В настоящее время на печах ЭШП установлены и работают системы управления и контроля параметрами процесса нескольких поколений, из которых можно выделить, как минимум, три основные — аналоговые, цифровые и смешанные системы.

Для первого поколения было характерно использование аналоговых регуляторов, измерительных механических и исполнительных устройств, сложность и громоздкость конструкций, разобщенность пультов и измерительных приборов, наличие механических систем для передачи информации, не всегда достаточная точность измерений параметров процесса.

В смешанных системах управления и контроля процесса (второе поколение) использовали управляющие ЭВМ и аналоговые регуляторы. Эти системы обладают возможностью формализовать режимы переплава и вести их по программам с использованием блоков адаптации. К недостаткам их можно отнести статистическую, а не физико-химическую базу и большой объем механических устройств.

Цифровые системы управления практически свободны от недостатков предыдущих и позволяют автоматизировать технологический процесс выплавки слитков, начиная с контроля состояния оборудования, готовности печи к плавке и заканчивая отключением источника питания и распечаткой сопроводительной документации по завершению выплавки слитка.

Одним из новых направлений в области получения и рафинирования высокорекреакционных металлов (хром, титан, ванадий), а также высококачественных сталей и сплавов — является электрошлаковый переплав в атмосфере инертного газа под активными шлаками в печах камерного типа [1-4].

Особенность данного процесса — наличие металлического кальция в шлаке, что приводит к отклонению электрических характеристик процесса от классического ЭШП и естественно к изменению тепловых условий процесса.

Это обусловило необходимость изучения электрических и тепловых характеристик процесса ЭШП под активными шлаками, в частности регистрацию и запись быстроизменяющихся электрических параметров — тока и напряжения цепи.

Для решения этой задачи создана измерительная информационная система (ИИС) процесса ЭШП, базирующаяся на установке А-550 и персональном компьютере (ПК). Сигналы посредством аналогового цифрового преобразователя фиксировали на ПК. Для записи выбрана частота дискретизации 8000 Гц, что целиком удовлетворяет требованиям теоремы Котельникова [5], и разрядность квантования равная 16 бит.

С помощью ИИС во время плавки ЭШП записывали электрические параметры процесса — ток и напряжение переплава, а также напряжение на роторе двигателя постоянного тока электромашиного усилителя системы регулирования, который обеспечивает перемещение электрода во время переплава. По величине напряжения на роторе можно судить о стабильности перемещения электрода.

Разработанную ИИС использовали при ЭШП инструментальной стали под флюсом АНФ-6 и при переплаве титановых электродов под флюсами, состоящими из CaF_2 и $Ca-CaF_2$. Сталь 3ХЗНФ переплавляли на воздухе, а титановые электроды в камерной печи ЭШП [6].

На рис. 1–3 приведены электрические параметры наиболее характерных плавок. Как видно, (рис.1) переплав инструментальной стали проходил в режиме «сопротивления». При переплаве титана под флюсом из чистого CaF_2 наблюдался «смешанный» режим энерговыделения как за счет сопротивления, так и за счет дуговых разрядов (рис.2). Подобные явления устанавливались и ранее [7]. Для переплава титана под флюсом из $Ca-CaF_2$ также характерен «смешанный» режим, в котором преобладают дуговые процессы (рис.3).

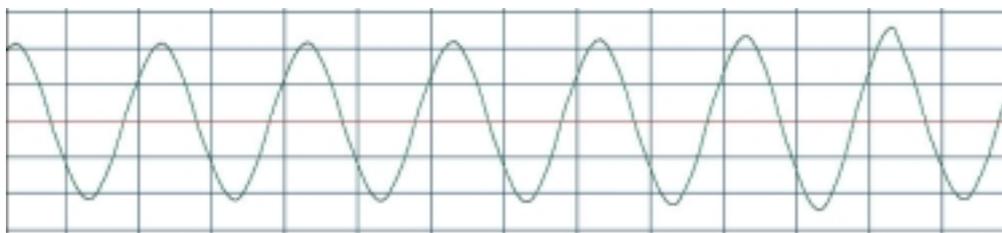


Рис. 1. Осциллограмм• тока при ЭШП инструментальной стали под флюсом АНФ-6

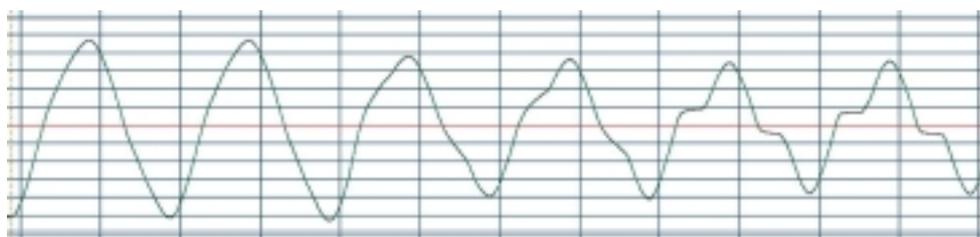


Рис. 2. Осциллограмм• тока при ЭШП титана под флюсом из чистого CaF_2

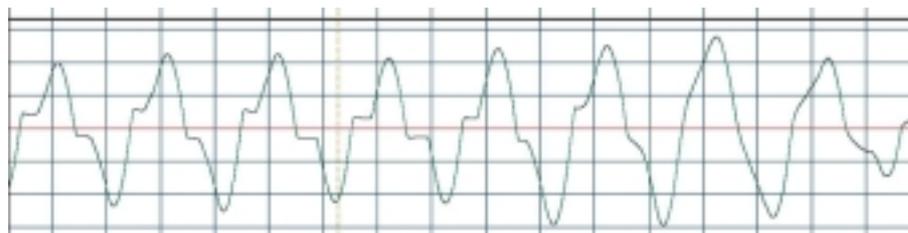


Рис. 3. Осциллограмм• тока при ЭШП титана под флюсом из $Ca - CaF_2$

Сигналы тока и напряжения переплава могут содержать искажения, вызванные наличием нелинейности в цепи установки ЭШП, например дуговым разрядом, а также неоднородностью расходуемого электрода (неметаллические включения, газовые полости и т.д.). Оценку нелинейности можно осуществить путем вычисления гармонического состава сигнала тока.

Для количественной оценки электрических параметров переплава разработали компьютерную программу вычисления гармонического состава на основе анализа Фурье, действующих значений тока, напряжения и коэффициента формы.

С целью изучения влияния неоднородности электрода на гармонический состав тока переплава провели серию экспериментов по ЭШП титана. Для этого использовали специально подготовленные электроды из промышленного титанового сплава ВТ6–4, в верхнюю часть которых, по оси, вводили протяженные тугоплавкие искусственно приготовленные обогащенные азотом включения (ОАВ). Результаты анализа тока переплава показали, что во время нахождения инородной фазы (в нашем случае ОАВ) в зоне плавления электрода наблюдается устойчивое изменение уровня гармонических составляющих (рис.4).

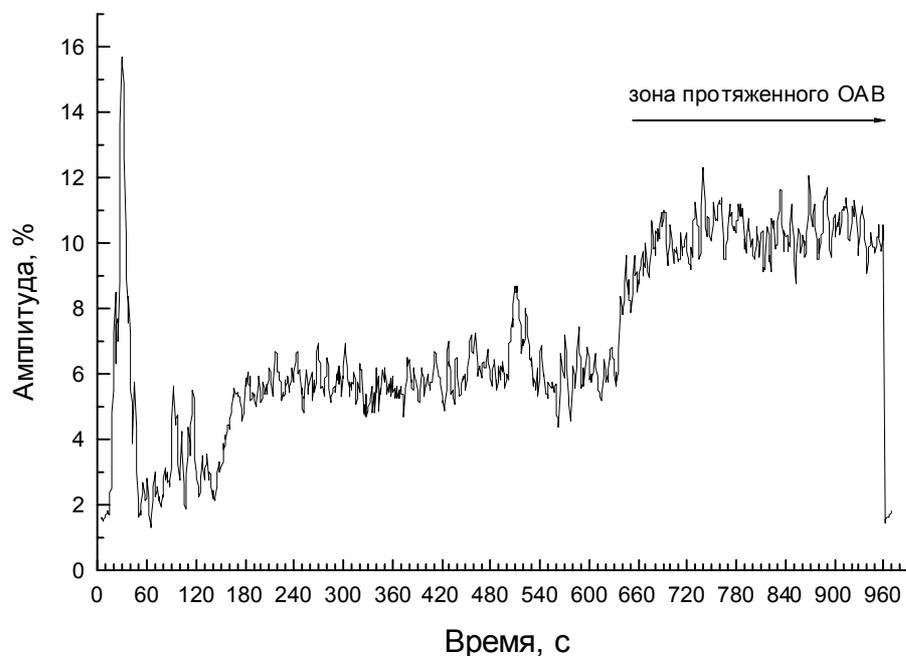


Рис. 4. Изменение амплитуды 2–ой гармоники во время плавления титанового электрода с протяженным ОАВ

Данное явление требует дальнейшего изучения и принципиально может быть использовано для диагностики наличия в электроде различного рода неоднородностей, которые могут влиять на качество металла, что позволит уже на стадии переплава вносить корректировки в технологические режимы, а также прогнозировать дефекты в получаемых слитках.

Литература

1. Рябцев А.Д., Троянский А.А. Производство слитков титана, хрома и сплавов на их основе в камерных печах под «активными» металлсодержащими флюсами // Пробл. спец. электрометаллургии. – 2001 – № 4. – С. 6-10.
2. A. Ryabtsev, A. Troyansky, V. Pashinsky, V. Radchenko. The development of the technology of high-quality ingots manufacturing from metals with high-reaction ability (Cr, Ti and oth.) and alloys on their base with using of the method of electroslag remelting under “active” Ca-containing fluxes (on Donetsk State Technical University basis) Proceeding of the International Symposium on Electroslag Ramelting Technology and Equipment. Medovar Memorial symposium. May 15-17, 2001 Kyiv< Ukraine, P 79-81
3. M.G. Benz, P.J. Meschter, J.P. Nic, L.C. Perocchi, M.F.X Gigliotti, R.S. Gilmore, V.N. Radchenko, A. D. Ryabtsev, O.V. Tarlov, V.V. Pashinsky. ESR as a Fast Technique to Dissolve Nitrogen-rich Inclusions in Titanium.-Materials Research Innovations. 1999, Issue 6 , pp. 364-368. USA
4. А.А. Троянский, А.Д. Рябцев, О.В. Тарлов, В.В. Пашинский, М.Дж. Бенц, В.Н. Радченко. Исследование механизма разрушения нитридных включений в титановых сплавах при электрошлаковом переплаве под активными металлсодержащими флюсами //Теория и практика металлургии. №6(20) 2000. С.11-12
5. Трахман А.М. Введение в общую спектральную теорию сигналов. – М.: Советское радио, 1972. – 352 с.
6. А.Д.Рябцев. Установка для электрошлакового переплава высокорреакционных металлов и сплавов под активными кальцийсодержащими флюсами в контролируемой атмосфере или вакууме. Сборник научных трудов ДонГТУ. Металлургия. Выпуск 14 / Донецк, ДонГТУ, 1999, С. 58-60.
7. А. Митчел. Механизм выделения и распространения тепла в процессе ЭШП // Электрошлаковый переплав. – Киев, Наукова думка, 1971. – С. 149-161.