

Троянский А. А.

д.т.н., проф.

ГОУ ВПО «ДонНТУ», г. Донецк, ДНР,

Рябцев А. Д.

д.т.н., директор

ЦНТИР ПАО «Русполимет», г. Кулебаки, Россия,

Ратиев С. Н.

ст. преп.,

Димитренко В. С.

магистрант

ГОУ ВПО «ДонНТУ», г. Донецк, ДНР

ОСОБЕННОСТИ ПЛАВЛЕНИЯ РАСХОДУЕМОГО ЭЛЕКТРОДА ПРИ КАМЕРНОМ ЭШП ПОД КАЛЬЦИЙСОДЕРЖАЩИМ ШЛАКОМ

В работе отмечается, что использование при ЭШП флюсов с добавками кальция, кроме положительного влияния на процессы рафинирования металла, приводит к увеличению скорости плавления расходного электрода. Показано, что причина этого явления связана с изменением механизма оплавления электрода и переходом электрошлакового процесса в частично дуговой.

Ключевые слова: камерный электрошлаковый переплав, кальций, дуговые процессы, скорость плавления электрода.

Развитие машиностроительной, авиа- и аэрокосмической промышленности невозможно без использования металлов и сплавов высокой чистоты со специальными свойствами. Получают их с применением, в разнообразных комбинациях, методов специальной электрометаллургии (СЭМ). Особое место в ряду методов СЭМ занимает электрошлаковый переплав (ЭШП), обеспечивающий глубокое рафинирование металла от серы и неметаллических включений, формирование плотной единой направленной структуры и обладающий возможностями получения, как переплавов слитков, так и фасонных отливок.

Вместе с тем получение классическим методом ЭШП, как открытым процессом, стали и сплавов с низким содержанием газов, а также высокорекреационных металлов проблематично. Расширить возможности ЭШП в защите металла от атмосферного воздуха, а в ряде случаев и обеспечить дегазацию позволяют различные методы защиты плавильного пространства. Наиболее действенным из них является использование специальной камеры, позволяющей создавать в рабочем пространстве любую атмосферу. Камерный электрошлаковый переплав (КЭШП), в сочетании с использованием флюсов с добавками, например, кальция открывает возможности в создании глубоко раскисленной среды плавления и в получении и рафинировании высокорекреационных металлов [1–6].

Вместе с тем, как показали исследования, проведенные в ДОННТУ, использование такой шлаковой системы оказывает влияние не только на рафинирование металла, но и на физические параметры процесса переплава. Экспериментально зафиксировано увеличение электропроводности шлака [7], искажения в осциллограммах тока переплава [8–9] и рост скорости плавления электрода [10].

С целью исследования влияния содержания кальция в шлаке на технологические параметры КЭШП провели серию экспериментальных плавок. Эксперименты проводили в Проблемной научно-исследовательской лаборатории специальной электрометаллургии ДОННТУ. Электроды из стали и прессованной титановой губки диаметром от 40 до 80 мм переплавляли на установке А-550, оснащенной специальной герметичной камерой, закрывающей рабочее пространство печи (рис. 1).

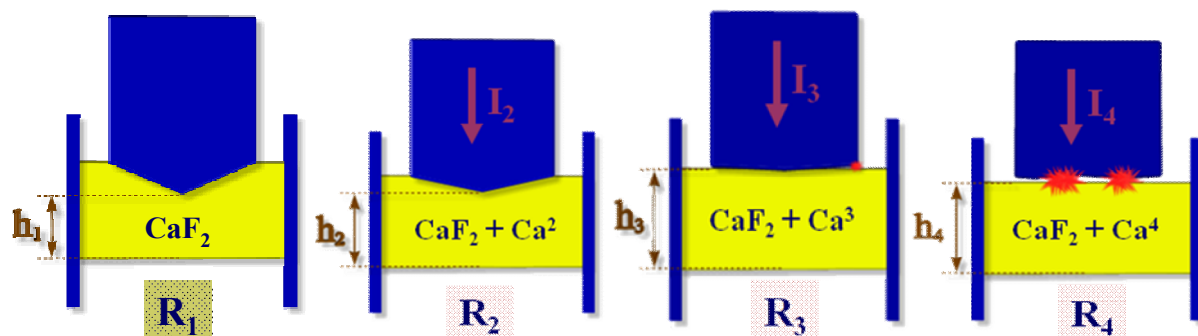
Перед началом плавки рабочее пространство печи (с камерой) вакуумировали, а затем заполняли аргоном. Изменяли, при прочих равных условиях, концентрацию кальция в шлаке от 0 до 10% и контролировали скорость подачи электрода и электрические параметры.



Рисунок 1 — Установка камерного электрошлакового переплава

В процессе исследований установили, что увеличение содержания кальция в шлаке приводит к уменьшению глубины погружения электрода в шлак и в конце концов он начинает периодически выходить из шлака, в результате чего возникают электрические дуги «электрод-шлак» (рис. 2).

Возникновению дуг также способствует кальций, испаряющийся в зоне плавки при КЭШП, поскольку он имеет низкий потенциал ионизации. Естественно, что переход плавки из электрошлакового оплавления в смешанное, частично дуговое, и ведёт к возрастанию скорости оплавления электрода.



$R_1 \dots R_4$ — удельное сопротивление шлака ($R_1 > R_2 > R_3 > R_4$); $I_1 \dots I_4$ — ток переплава ($I_1 = I_2 = I_3 = I_4$);
 $h_1 \dots h_4$ — расстояние между торцом электрода и зеркалом металлической ванны ($h_1 < h_2 < h_3 < h_4$);
 $Ca^2 \dots Ca^4$ — содержание металлического кальция в шлаке ($Ca_2 < Ca_3 < Ca_4$)

Рисунок 2 — Положение электрода в шлаковой ванне в зависимости от содержания в ней металлического кальция

Таким образом, экспериментально установлено, что введение кальция во фторидный шлак при КЭШП приводит к изменению традиционного для ЭШП механизма оплавления расходуемого электрода. Воздействие кальция на электропроводность шлака и способность его стабилизировать электрические дуги способствует переходу электрошлакового процесса в частично дуговой.

Список литературы

1. Рябцев, А. Д. Производство слитков титана, хрома и сплавов на их основе в камерных печах под «активными» металлсодержащими флюсами / А. Д. Рябцев, А. А. Троянский // Проблемы специальной электрометаллургии. — 2001 — № 4. — С. 6–10.

2. Electroslag remelting of titanium for the removal of nitrogen-rich inclusions / A. D. Ryabtsev [and others] // Liquid metal processing and casting processing of the 2003 International symposium, Nancy, France, September, 21–24, 2003. — P. 141–149.
3. Ryabtsev, A. D. Elestroslag remelting of metals and alloys under fluxes with active additions in furnaces of chamber type (ChESR) / A. D. Ryabtsev, A. A Troyansky // Proceeding of the 2005 International Symposium on Liquid Metal Processing and Casting «LMPC 2005», Santa Fe, USA, September 18–21, 2005.
4. Рябцев, А. Д. Рафинирование титана и его сплавов от обогащенных азотом включений при электрошлаковом переплаве / А. Д. Рябцев, А. А. Троянский, Л. Б. Медовар. — Донецк : Технопарк ДонНТУ УНИТЕХ, 2011. — 132 с.
5. Stoephasius, J.-C. A New Processing Route for Titanium Alloys by Aluminothermic Reduction of Titanium Dioxide and Refining by ESR / J.-C. Stoephasius, J. Hammerschmidt, B. Friedrich // Proc. 10th World Conf. Titan. — WILEY-VCH, Weinheim, 2004. — P. 2209–2216.
6. A Complete Recycling Circle for Precision Cast Low Pressure TiAl Turbine Blades / J. Brenk [and others] // Proc. Liq. Met. Process. Cast. Conf. (LMPC 2017). — 2017.
7. Об электропроводности флюсов системы $\text{CaF}_2 - \text{Ca}$ / А. Д. Рябцев [и др.] // Современная электрометаллургия. — 2003. — № 1. — С. 3–4.
8. Использование гармонического анализа электрических параметров для контроля и управления процессом ЭШП / А. А. Троянский [и др.] // Современная электрометаллургия. — 2004 — № 4. — С. 10–12.
9. Ryabtsev, A. D. Development of principles of technological process control of high quality metals and alloys melting by method of chamber electros slag remelting (ChESR) / A. D. Ryabtsev, O. A. Troyansky, V. V. Pashynskyy // Proceeding of the 2007 International Symposium on Liquid Metal Processing and Casting «LMPC 2007», Nancy, France, September 2–6, 2007. — P. 65–70.
10. Троянский, А. А. Развитие научных и технологических основ управления качеством электродугового и электрошлакового металла : дис. ... д-ра техн. наук : 05.16.02 / А. А. Троянский ; Дон НТУ. — Донецк, 2008. — 428 с.

УДК 669.04: 669.046.558.3

Куберский С. В.

к.т.н., проф.,

Проценко М. Ю.

к.т.н., доц.,

Воронько М. И.

аспирант

ГОУ ВО «ДонГТИ», г. Алчевск, ЛНР

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА РУДНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ ПРОЦЕССА ДУГОВОГО ГЛУБИННОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРЕМНИЯ НА ЕЕ ПРОЧНОСТЬ

Получены новые сведения о влиянии состава рудно-восстановительной смеси на ее предел прочности при сжатии после термического удара. Исследована природа разрушения рудно-восстановительной смеси с жидким стеклом, что позволяет корректировать ее состав, с целью предотвращения преждевременного разрушения в процессе внепечной обработки железоуглеродистых расплавов методом дугового глубинного восстановления.

Ключевые слова: *прочность, рудно-восстановительная смесь, дуговое глубинное восстановление, кокс, связующее, термический удар, жидкое стекло, каменноугольный пек, песок, шлак ферросплавного производства.*

За последние годы предложено много технологий, предусматривающих использование различных промышленных отходов в металлургических процессах для полной или частичной замены традиционного сырья, а также снижения их негативного воздействия на ок-