

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОШЛАКОВЫХ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОРЕАКЦИОННЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

А.Д. Рябцев, А.А. Троянский, В.В. Пашинский, М.В.Самборский
ДНТУ

У роботі показана можливість отримання високоякісних злитків хрому алюмініотермічного і кальційгідридного виробництва методом ЕШП в камерних печах під активними флюсами.

На протяжении более чем 20 лет кафедрой «Электromеталлургия и конвертерное производство стали» Донецкого национального технического университета (ранее известного как ДПИ), проводятся научно-исследовательские работы по разработке и исследованию нового варианта электрошлаковой технологии- ЭШП в контролируемой атмосфере под «активными» металлсодержащими флюсами. В ДонНТУ разработаны технологии получения этим методом высококачественных слитков из таких высокорекреационных металлов как хром, титан, ванадий и сплавов на их основе.

Для получения слитков из этих металлов обычно используют вакуумные процессы (вакуумно-дуговой, электронно-лучевой переплавы), которые в ряде случаев не обеспечивают требуемого качества металла. Химико-металлургические же методы рафинирования (например, йодидное) позволяют производить металлы высокой чистоты, но в некомпактной форме. Кроме того, они малопродуктивны, дороги и экологически не безвредны.

Альтернативой вакуумным переплавам является электрошлаковый (ЭШП). Этот способ характеризуется относительной простотой используемого оборудования, гибкостью технологических параметров, относительно высоким качеством и низкой себестоимостью получаемого металла. Однако «классический» ЭШП, как открытый металлургический процесс, не позволяет получать качественные слитки из таких высокорекреационных металлов как хром, титан и сплавы на их основе, потребность в которых резко возросла в конце XX века.

Как показал цикл работ выполненных в ДонНТУ реальным и перспективным направлением в области производства слитков высокорекреационных металлов является электрошлаковый переплав в печах камерного типа под «активными» металлсодержащими

флюсами. Первые шаги в этом направлении были сделаны в ИЭС им. Е.О.Патона [1]. Известны также эксперименты по использованию «активных» флюсов и за рубежом [2].

Сотрудниками ДонНТУ разработаны теоретические основы данного процесса, исследованы его основные закономерности, создана и реализована технология получения товарных слитков.

Термодинамическим анализом различных металлсодержащих шлаковых систем [3,4] установлено, что наиболее приемлемой для рассматриваемых условий производства высокорекреационных металлов является система $\text{CaF}_2\text{-Ca}$.

Проведенные теоретические исследования и расчеты показали, что для практического использования «активных» шлаковых систем необходима дополнительная модернизация существующих промышленных печей ЭШП [5]. С этой целью спроектировано и изготовлено дополнительное оборудование и на базе типовых электрошлаковых установок (А-550, У-578, УШ-137) созданы электрошлаковые камерные печи (рис.1).

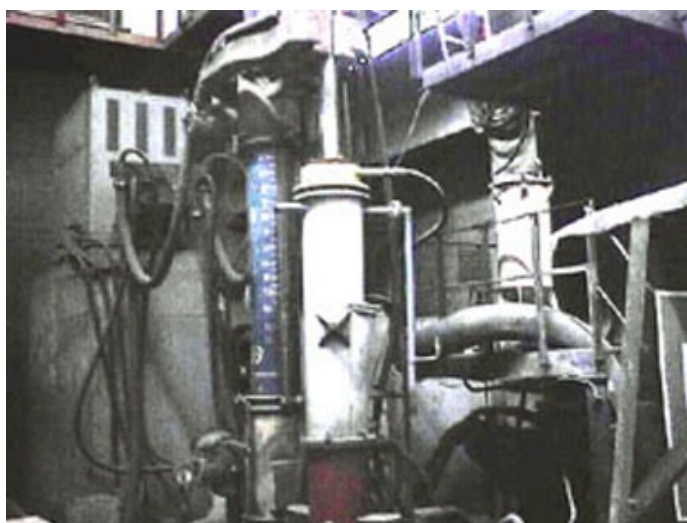


Рисунок 1 - Общий вид опытно-промышленной камерной установки для проведения электрошлакового переплава в контролируемой атмосфере (на базе печи У-578).

Одним из направлений использования камерных печей – получение высококачественных слитков хрома.

Хром широко используют как легирующий компонент для конструкционных, инструментальных, износостойких, коррозионностойких и жаростойких сталей и чугунов. Кроме того, он входит в состав сплавов с высоким электросопротивлением и

никелевых жаропрочных сплавов для деталей газотурбинных двигателей.

При повышении чистоты хрома возрастает его пластичность, что позволяет использовать хром как самостоятельный конструкционный материал в чистом виде, так и в качестве основы малолегированных сплавов с добавками PЗМ, Al, Fe (ВХ-1, ВХ-2, ВХ-4И и др).

Хром также применяют для нанесения покрытий различными методами (вакуумное напыление, гальваническое и диффузионное хромирование и т.д.)

Во всех случаях к хрому предъявляются высокие требования по содержанию примесей. Концентрация многих элементов, например, кислорода, углерода, алюминия в нем ограничивается на уровне $10^{-2} - 10^{-3} \%_{\text{масс}}$.

Существующие методы производства металлического хрома позволяют получать металл необходимого химического состава. Это такие методы, как электролитический с последующим водородным рафинированием (кислород $0,005\%_{\text{вес}}$, азот $0,007\%_{\text{вес}}$, алюминий $0,006\%_{\text{вес}}$, углерод $0,008\%_{\text{вес}}$, сера $0,002\%_{\text{вес}}$) и йодидный (кислород $0,004\%_{\text{вес}}$, азот $0,0013\%_{\text{вес}}$, алюминий-следы, углерод $0,002\%_{\text{вес}}$, сера $0,001\%_{\text{вес}}$). Однако они малопроизводительны и энергоемки. Получаемый ими металл имеет некомпактную в виде чешуек форму, что исключает использование его в качестве конструкционного материала.

Последующее компактирование чешуек и получение литых заготовок существующими методами (например, вакуумно-дуговым переплавом) приводит к загрязнению исходного хрома и снижению его свойств.

Существуют более производительные и дешевые способы получения металлического хрома технической чистоты: алюмотермический (кислород $0,03-0,4\%_{\text{вес}}$, азот $0,006-0,01\%_{\text{вес}}$, алюминий $0,1-0,5\%_{\text{вес}}$, углерод $0,004-0,01\%_{\text{вес}}$, сера $0,015-0,2\%_{\text{вес}}$) и кальцийгидридный (кислород $0,1-0,2\%_{\text{вес}}$, азот $0,008-0,016\%_{\text{вес}}$, алюминий $0,006-0,03\%_{\text{вес}}$, углерод $0,02-0,04\%_{\text{вес}}$, сера $0,005-0,02\%_{\text{вес}}$), которые могут быть использованы для изготовления расходоуемых электродов. Алюмотермическим методом могут быть получены литые заготовки-электроды (рис.2), а из продукта кальцийгидридного восстановления (порошка)- прессованные (рис.3). Однако основным недостатком указанных методов является повышенное содержание в металле кислорода и неметаллических включений, а в алюмотермическом хроме также и алюминия.

Нами рассмотрена задача получения слитков хрома по чистоте близкого к электролитическому из «дешевых» расходуемых электродов, произведенных с помощью алюмотермического и кальцийгидридного восстановления.

Следует отметить, что до этого рафинирующие переплавы практически не использовали для выплавки чистого хрома. Это связано с высокой температурой его плавления и высокой упругостью пара.

Используя разработанную камерную электрошлаковую печь, результаты теоретических и экспериментальных исследований, предложена гибкая технология получения слитков относительно чистого металлического хрома.

В результате переплава прессованных электродов из кальцийгидридного хрома под кальцийсодержащим флюсом в атмосфере аргона удалось снизить содержание кислорода в нем с 0,1-0,2%_{вес} до 0,02 –0,003%_{вес}. Аналогичные показатели по содержанию кислорода достигнуты и при ЭШП электродов из алюмотермического хрома. Однако в случае повышенного в нем содержания алюминия, необходим двойной электрошлаковый переплав: вначале окислительный (шлак системы $\text{CaF}_2\text{-Cr}_2\text{O}_3$), а затем восстановительный (шлак системы $\text{CaF}_2\text{-Ca}$). Содержание алюминия при этом снижали с 0,15-0,5%_{вес} до 0,005-0,03%_{вес}, [6].



Рисунок 2 - Литые электроды, полученные алюмотермией



Рисунок 3 - Прессованные электроды из порошка кальцийгидридного хрома

Из полученных слитков хрома (Рис. 4), изготовлены катоды [7]. (рис. 5) для ионно-плазменного осаждения покрытий в установке «Булат», а также мишени для магнетронного нанесения покрытий

Катоды, испытанные в промышленных условиях, показали высокую технологичность и способность обеспечивать высокое качество напыления (рис.6)

Разработанная технология производства слитков из кальцийгидридного хрома методом ЭШП внедрена в НПО «Тулачермет».

Технология производства слитков из алюмотермического хрома методом ЭШП была разработана для промышленного внедрения на Ключевском ферросплавном заводе.



Рисунок 4 - Слиток хрома ЭШП



Рисунок 5 - Катоды для ионно-плазменного нанесения покрытий, из хрома ЭШП

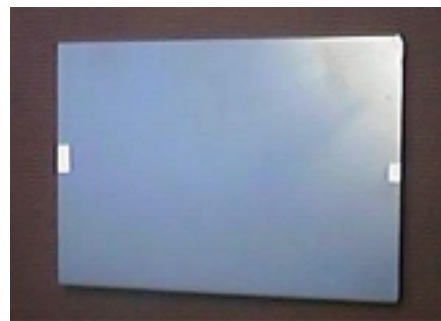


Рисунок 6 - Внешний вид покрытия, нанесенного на керамическую подложку с использованием мишеней из хрома ЭШП.

Выполненный цикл работ свидетельствует о целесообразности и перспективности использования способа электрошлакового камерного переплава под «активными»

металлсодержащими шлаками для получения слитков из высокорекреационных металлов и сплавов.

Способ отличается относительной простотой реализации, надежностью и относительной экологической безопасностью.

Литература

1. Электрошлаковый переплав / Медовар Б. И., Латаш Ю. В., Максимович Б. И., Ступак Л. М. – М.: Metallurgizdat, 1963. – 170 с.
2. Токомицу Н., Накамура И., Каджиока К., Ишивакан. Производство аустенитной нержавеющей стали высокой чистоты методом ЭШП с использованием флюса Ca-CaF₂ // Электрошлаковый переплав, под ред. Медовара Б.И. - Киев: Наукова думка, 1983. - вып. 6. - С. 233-245.
3. Терехов С.В., Тарлов О.В., Радченко В.Н., Рябцев А.Д. Термодинамический анализ системы Ca-CaF₂-CaO. Проблемы специальной электрометаллургии.- 1987.-№4(12).-С.10-12.
4. Терехов С.В., Тарлов О.В., Радченко В.Н., Рябцев А.Д. Активность компонентов в шлаковых системах CaO-CaF₂, Al₂O₃-CaF₂, Ca-CaF₂. Проблемы специальной электрометаллургии.-1987.-#4(12).-С.7-10 .
5. А.Д.Рябцев. Установка для электрошлакового переплава высокорекреационных металлов и сплавов под активными кальцийсодержащими флюсами в контролируемой атмосфере или вакууме. Сборник научных трудов ДонГТУ. Metallurgia. Выпуск 14/Донецк, ДонГТУ, 1999, С. 58-60.
6. Радченко В.Н., Рябцев А.Д., Корзун Е.Л., Тарлов О.В. К вопросу об удалении алюминия при электрошлаковом переплаве алюминотермического хрома. Проблемы специальной электрометаллургии.-1989.-№4.-С.12-15.
7. Радченко В.Н. Рябцев А.Д., Корзун Е.Л. Корнеев Л.И. и др. Получение способом электрошлакового переплава заготовок катодов для нанесения покрытий. Бюллетень НТИ “Черная металлургия” Выпуск #11 (1099), 1990г.
09/01/2002 г.