

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации

**Филатовой Надежды Константиновны**

**«Научное обоснование оптимальных параметров промышленной технологии выплавки слитков гафния для атомной промышленности»**, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

В настоящее время органы регулирования транспортных установок изготавливаются с использованием гафниевых труб, пластины из гафния эксплуатируются в реакторе ВВЭР-440. Одним из основных требований к изделиям из гафния является соответствие их химического состава требованиям нормативной документации. В России изделия изготавливались из слитков на основе кальциетермического гафния производства Украины. С целью импортозамещения АО ЧМЗ было создано на производство электролитического порошка гафния. Диссертационная работа посвящена разработке технологии и параметров производства слитков гафния на основе электролитического порошка и оборотов производства. Актуальность работы подтверждена двумя программами, которые были разработаны и выполнены.

Автореферат диссертации демонстрирует объем выполненных исследований, их сложность, новизну и практическую значимость.

В первой главе представлен анализ литературных данных, поставлены задачи для выполнения цели работы и выбраны направления исследований.

Вторая глава посвящена определению качественных показателей электролитического порошка гафния производства АО «ЧМЗ», проанализированы требования, предъявляемые к химическому составу электролитического порошка и слитков гафния, отмечено, что в электролитическом порошке допускается в два раза большее содержание титана, чем регламентируется в требованиях к слиткам гафния, разработаны и описаны технологические схемы выплавки слитков гафния и производства гафниевых изделий, описаны обороты, получаемые на каждой технологической операции, рассмотрены методики исследований.

В третьей главе представлены результаты разработки и научного обоснования параметров технологических схем получения слитков на основе электролитического порошка гафния.

В четвертой главе приведены результаты промышленного опробования на АО «ЧМЗ» разработанных схем и параметров выплавки слитков гафния на основе электролитического порошка, а также исследования качества слитков.

В пятой главе представлены классификация оборотов гафниевого производства, результаты разработки и экспериментального опробования технологических схем переработки оборотов, а также исследования качества слитков на основе оборотов производства.

Анализ автореферата позволяет сделать следующие выводы по работе:

## 1. Научная новизна заключается в следующем:

- научно обоснованы и экспериментально подтверждены коэффициенты зависимостей между силой тока и диаметром кристаллизаторов для первого и второго вакуумно-дуговых переплавов слитков гафния на основе электролитического порошка, обеспечивающие стабильность плавки, проплавление периферийных зон и получение плотной, однородной структуры слитков после второго переплава;

- проведен теплофизический расчёт кристаллизации слитков в процессе вакуумно-дугового переплава, разработан новый метод определения оптимального режима выведения усадочной раковины при последнем вакуумно-дуговом переплаве для устранения литейных дефектов в верхней части слитка;

- на основе физико-химического расчета коэффициентов разделения гафния от примесей установлено, что наиболее трудно удаляемой примесью является титан, который снижает коррозионную стойкость изделий из гафния. Построена зависимость степени очистки гафния от титана в процессе электронно-лучевой плавки от режимов переплава, позволяющая определить оптимальные параметры плавки, обеспечивающие снижение содержания титана в гафнии до уровня менее 0,005 масс. %.

## 2. Практическая значимость:

- разработана и внедрена в промышленное производство технология формирования расходных электродов из брикетов на основе электролитического порошка гафния для вакуумно-дуговой плавки и расходных заготовок для электронно-лучевой плавки;

- внедрены в промышленное производство две технологические схемы выплавки слитков гафния на основе электролитического порошка в зависимости от содержания в нем титана;

- разработана и внедрена в промышленное производство технология выплавки слитков гафния на основе оборотов в электронно-лучевой печи с гарниссажным тиглем, позволяющая эффективно перерабатывать компактные обороты гафниевого производства;

Важность работы заключается в том, что разработанные научные и технологические решения внедрены в промышленное производство в АО «ЧМЗ», что позволило получать слитки гафния российского производства.

Достоверность результатов подтверждается воспроизводимостью результатов, получением промышленных слитков гафния, удовлетворяющим требованиям нормативной документации с 2009 г. по настоящее время.

Основные результаты исследований опубликованы в 15 печатных работах, включая статьи в рецензируемых научных журналах и патентах.

Работа представляет собой логическое правильно построенное исследование, характеризующееся законченностью.

По тексту автореферата имеются замечания, однако они не влияют на благоприятное впечатление от диссертационной работы. Рекомендуется дополнительно провести исследования микроструктуры слитков гафния из электролитического порошка и оборотов с помощью электронной сканирующей



микроскопии и сопоставить с данными по исследованию влияния примесей на твердость слитков гафния.

Диссертационная работа является научно-квалификационной, имеет прикладной характер, удовлетворяет требованиям постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а соискатель Филатова Надежда Константиновна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов».

**Кандидат технических наук,  
Начальник УЯМ  
Госкорпорации «Росатом»**



**В.А. Питель**

