

Отзыв

на диссертационную работу К.Ю. Пашкеева «Теоретические основы и практика алюминотермической выплавки ферровольфрама с организацией отвода газов из реакционной зоны», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 Metallurgy черных, цветных и редких металлов

Вольфрам является широко востребовавшимся и перспективным элементом, используемым в различных отраслях промышленности. В то же время, налаженное ранее в РФ производство вольфрама и ферровольфрама, составляющего около 80% вольфрамсодержащей продукции, резко сократилось в 90^е годы прошлого столетия. Это привело к увеличению импорта ферровольфрама, который составил в 2014 г. (по данным Минэкономразвития РФ) 13,3 тыс. т.

Сокращение производства вольфрамовой продукции привело к снижению интереса к вопросам, связанным с физико-химическими характеристиками рудных вольфрамсодержащих материалов, технологией их обогащения и металлургической переработки, в том числе и с процессами металлотермии. В связи с этим работа К.Ю. Пашкеева, направленная на изучение физико-химических свойств вольфрамитов, алюминотермического процесса производства ферровольфрама, разработку новых промышленных технологий и конструкций плавильного агрегата, является безусловно актуальной.

В диссертационной работе автор рассмотрел широкую гамму вопросов, связанных с характеристиками рудных вольфрамовых материалов, процессом алюминотермического восстановления элементов вольфрамита и новой конструкцией горна.

Автором проделан аналитический обзор работ по особенностям структуры и физико-химических свойств вольфрамитов, обработан массив данных по 188 образцам вольфрамитов, показавший, что все они состоят из

оксидов WO_3 ; FeO и MnO , а составы вольфрамитов отличаются только соотношением FeO/MnO с общей формулой $[\text{Fe}_{1-a}\text{Mn}_a]\text{WO}_4$.

К достоинствам работы К.Ю. Пашкеева следует отнести определенную экспериментально термодинамическую активность WO_3 в вольфрамите и вывод автора о последовательном, а не одновременном протекании реакции алюминотермического восстановления оксидов $\text{WO}_3 \rightarrow \text{FeO} \rightarrow \text{MnO}$, что позволяет проводить пироселекцию.

Наиболее значимыми разделами диссертационной работы являются анализ механизма алюминотермической плавки ферровольфрама в типовом футерованном горне и разработка конструкции и технологии получения этого сплава в горне с дренажным отводом газов.

В типовой конструкции горна не предусмотрен отвод образующихся газов из реакционного слоя через металл и шлак, что приводит к барботажному перемешиванию расплава шлака и металла, выбросам расплава из горна и потерям металлических гранул и тепла.

В связи с этими обстоятельствами коллективом авторов вместе с диссертантом была разработана новая оригинальная конструкция горна с дренажным отводом газов, защищенная патентом. Автором диссертации были разработаны методики по определению давления газов и температуры в реакционной зоне, проведены их измерения и сделано сопоставление работы в горнах различных конструкций. Показано, что в новой конструкции горна в результате экзотермической реакции образуется подвижный слой металла и шлака, перемещающийся вниз вслед за реакционным фронтом. Опускающийся расплав выполняет роль поршня, который сжимает газы под реакционным слоем в пространстве горна с порами, обеспеченным хорошим газоотводом. Главным эффектом такого процесса является изменение направления газового потока в горне, повышение температуры нижних слоев шихты, конденсация паров в слое холодной шихты. При этом не происходит повышения давления до значений, приводящих к выбросу из горна шлакометаллического расплава. В результате все технологические

параметры плавки с дренажным отводом газов улучшаются – время горения снижается с 26 до 21 мин (~20%), содержание вольфрама в сплаве увеличивается на 1,8%, а извлечение вольфрама в сплав на 2,8% (абс.).

Интересны исследования по структуре реакционного слоя, его образованию и разделению металлической и шлаковой фаз, которые привели к новым взглядам на эти процессы. Диссертантом установлено, что формирование слитка металла, имеющего форму капли, происходит в результате горизонтальной коагуляции микрокапель металла и шлака в реакционном слое, который образует единую массу слитка. При этом шлак выдавливается массой металла из реакционного слоя по периметру в шлаковый слой, а газовые пузыри при перемещении двигают капли металла и шлака, способствуя их быстрой коагуляции. Эти положения более близки к реальности, чем существующее представление о процессе с укрупнением капель при осаждении через шлаковый слой, описываемые уравнением Стокса.

Приведенные и другие результаты диссертационной работы К.Ю. Пашкеева свидетельствуют о получении им новых научных результатов и выводов, сделанных на основе глубоких теоретических и экспериментальных исследований. В целом работа направлена на получение практических результатов, связанных с созданием новой перспективной конструкции горна и совершенствованием алюминотермического процесса плавки.

Содержание работы свидетельствует о наличии у К.Ю. Пашкеева редкого и ценного сочетания глубоких теоретических и практических знаний ведения процесса получения ферровольфрама.

По материалам диссертации имеется ряд замечаний.

1. Название главы 1 (с.12-34) «Структура, состав и физико-химические свойства рудных материалов для выплавки ферровольфрама» не вполне соответствует ее содержанию. В главе приведены сведения только о вольфрамитовых концентратах, хотя вольфрамитовые руды в России составляют всего 31% запасов. Следовало бы для такой работы, не

ограничиваясь одной страницей (с. 8) во введении, привести данные о запасах, составе вольфрамового сырья в мире, РФ, связать различное сырье (например шеелитовые концентраты) с их переработкой в новом агрегате.

2. В гл. 1 (с. 33-35) автор на основе проведенных экспериментов установил, что активность WO_3 в вольфрамите зависит от содержания в нем MnO и FeO , причем минимум активности(a) WO_3 при содержании $FeO=11,1\%$ и $MnO \sim 16\%$. На рис. 19 и 20 приведены графики зависимости активность WO_3 – содержание FeO и aWO_3 – содержание MnO в вольфрамите. Такие графики некорректны, как как aWO_3 в каждом из них зависит от содержания в вольфрамите не только FeO (рис. 19) или не только MnO (рис. 20). Следовало привести зависимость aWO_3 от отношения FeO/MnO в вольфрамите. Кроме того, в диссертации нет обсуждения причин, повлиявших на такую зависимость. Следует сделать соответствующее объяснение.

3. Автором получены интересные закономерности по алюминотермическому восстановлению вольфрама, формированию состава слитка, температуре горна, но при этом умалчивается о температурах плавления ферровольфрама. Максимальная температура в горне с дренажным отводом газов составляет по данным автора 2200-2500 °С. По имеющимся в литературе данным ферровольфрам с 70-80% вольфрама имеет температуру начала плавления 2000-2400 °С (чем больше железа, тем меньше $t_{пл.}$), а чистый вольфрам 3380 °С. В горне при восстановлении сплав может находиться как жидком, так и в твердом состоянии. Агрегатное состояние сплава и его элементов влияет на процесс восстановления и его параметры. Поэтому в данной работе уместно было рассматривать вопросы восстановления и формирования слитка ферровольфрама с учетом состава и $t_{пл.}$ образующегося сплава.

4. В диссертации в недостаточной мере раскрыты вопросы технологического плана, например, процесс восстановления и перехода в сплав марганца. На с. 107-109 автор приводит данные 50-80-летней давности

(ссылки 120-122), в которых делается вывод о том, что «Содержание марганца в металле связано с содержанием оксида марганца в шлаке и основностью шлака, которую можно изменять путем введения флюсующих добавок». Затронув этот существенный вопрос, автор в дальнейшем его не рассматривает. В то же время изменение температурных, кинетических и других условий плавки в горне с отводом газов из реакционной зоны должно повлиять на поведение марганца в измененном процессе.

5. На с.7 автор утверждает, что «из-за проблем в экономике России с 1993г. были прекращены крупные алюминотермические производства ферросплавов для качественной металлургии». Это не так. Промышленное производство хрома алюминотермическим методом на Ключевском заводе ферросплавов не прекращалось с 1993 г. и существует до настоящего времени.

6. Следует отметить некоторую небрежность в оформлении диссертационной работы. Например, в тексте и списке литературы многократно не ставятся знаки препинания (точки), с. 108, 109 и вся литература; повтор формул 34 и 38, повтор литературы 4 и 41, страниц 21; номера литературных источников 13 и 13а, 10 и 10а; фраза «Опубликована Черметинформация...» (с. 107) и т.д.

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы. Содержание автореферата в целом соответствует содержанию диссертации.

Таким образом, работа К.Ю. Пашкеева обладает внутренним единством, которое определяется объектом исследования – совершенствованием агрегата и процесса получения ферровольфрама, практическим применением результатов работы на производстве.

Основные положения диссертации К.Ю. Пашкеева достаточно полно опубликованы в 12 изданиях, в том числе в 5 рецензируемых и рекомендованных ВАК, 2^х патентах.

Критерием корректности и достоверности научных положений и выводов работы является высокая степень их совпадения с результатами промышленных испытаний, а также положительная апробация работы в научной литературе и на различных конференциях.

В целом диссертация К.Ю. Пашкеева является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложено новое научно обоснованное техническое решение по совершенствованию технологии и разработке новой конструкции плавильного горна при выплавке ферровольфрама, имеющее существенное значение для развития ферросплавной отрасли металлургической промышленности.

Работа соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 № 842.

Диссертационная работа выполнена на достаточно высоком научном уровне, решает важные практические задачи, а ее автор К.Ю. Пашкеев заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент
профессор, доктор технических наук,
главный научный сотрудник ФГБУН
Институт металлургии Уральского
отделения Российской академии наук
620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 101
тел. 8 (343) 267-89-11, e-mail: ntm2000@mail.ru

Жучков В.И.

30.05.2016 г.

Подпись Жучкова В.И. удостоверяю
Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН, к.х.н.



Пономарев В.И.