

## Разработка технологии процесса восстановления оксидов тугоплавких металлов (на примере молибдена)

Маг. Умирзокова Ф.Б, Эргашева З.С,  
Научный руководитель - доц. Расулов А.Х.  
Ташкентский государственный технический университет,  
Узбекистан, г.Ташкент

**Введение.** В мире в сфере промышленности повышается потребность в получении и использовании твердосплавных инструментов со специальными механическими, технологическими и физическими свойствами из порошков тугоплавких металлов.

С обретением независимости наша Республика отдаёт предпочтение разработке технологии получения порошков тугоплавких металлов и изготовления твердосплавных инструментов из местного сырья.

Изучением данной проблемы занимались многие авторы [1-2].

Начало XXI века ознаменовалось развитием технологии тугоплавких высокодисперсных материалов. Она уже используется во всех развитых странах мира в наиболее значимых областях человеческой деятельности (промышленности, обороне, информационной сфере, радиоэлектронике, энергетике, транспорте, биотехнологии, медицине и т.д.).

В современном мире восстановление оксидов тугоплавких металлов и в том числе молибдена осуществляется в многозонных трубчатых печах с противоточным пропусканием водорода или плазмохимическим методом. У нас в стране в производстве «НПО» по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Алмалыкский ГМК» имеются плазмохимическая установка «ПУВ-300» и многозонные трубчатые печи с противоточным пропусканием водорода. Технология восстановления оксидов тугоплавких металлов практически не отличаются друг от друга, и в том числе восстановления молибденового ангидрида принципиально не отличается от технологии восстановления оксидов вольфрама.

**Объекты и методы исследование.** Как обычно сырьем для получения дисперсных порошков металлов являются оксиды тугоплавких металлов. А для получения порошка молибдена является трехоксид молибдена ( $\text{MoO}_3$ ) получаемый, в результате окислительного обжига обогащенных молибденовых концентратов. На «НПО» по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Алмалыкский ГМК» трехоксид молибдена восстанавливается в плазмохимической установке «ПУВ-300» или многозонных трубчатых печах с противоточным пропусканием водорода.

Измерения технологических и эксплуатационных характеристик порошков и заготовок (штабиков) производились с использованием существующих стандартных методов и измерительного парка приборов.

В процессе получения порошков в новом реакторе в осадительной камере под реактором практически не обнаружено порошка, это свидетельствует о том, что поступивший оксид металла оказался восстановленным полностью и дисперсные порошки металла попали на фильтры [3].

Технология восстановления молибденового ангидрида принципиально не отличается от технологии восстановления оксидов вольфрама. Поэтому рассмотрены основные принципы восстановления оксидов молибдена. С этой целью на первом этапе проведен анализ морфологии, структуры, химического и фазового составов молибденосодержащих промпродуктов АО «АГМК» (рис.1) [6].

После переработки концентратов образуется большое количество отходов (кеков), которые содержат значительное количество железа (15-20% масс). Разработана технология извлечения порошка железа. Из дисперсных порошков были изготовлены опытные партии формующих инструментов, и получен патент на металллокерамический материал [7].

Грануляция порошков, который соответствовало требованиям изготовления качественных инструментов производили в смесителе вращающегося своей оси в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Отработка всех режимов отжига, спекания проводилась на производственных условиях и оборудовании «НПО» по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Алмалыкский ГМК» (ПУВ-300, ЦЕП-214, СТН-1,6).

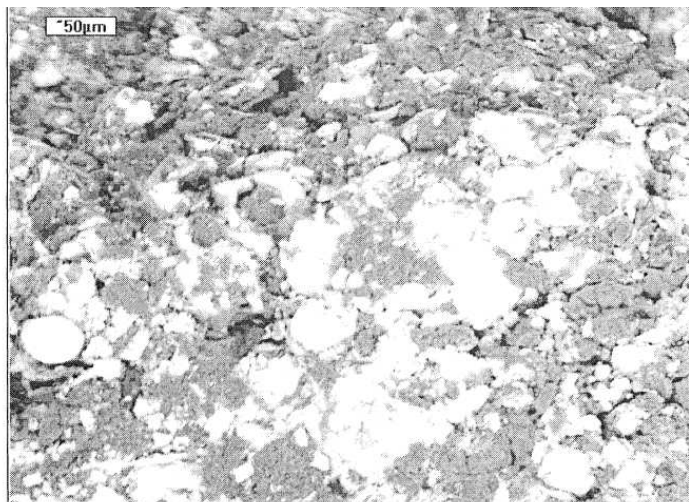


Рисунок 1 - Микроструктура промпродукта ППМ-1x300

Зависимость технологических характеристик порошков молибдена от природы сырья (Бишкек, Скопино, Степногорск, АО «АГМК») и типа печей восстановления (ОКБ-111А; СТН-1,6; СКБ-5062) соответствовало требованиям изготовления твердых сплавов.

При восстановлении оксидов в печи ОКБ-111А образовался большее количество конгломератов, которые объясняется меньшим удельным расходом водорода.

Происходить рост зародышей новой фазы на границе раздела оксидов и газообразного реагента при восстановлении триоксида молибдена. Изменяется структура и дисперсность реагирующих твердых компонентов. Варьированием условий проведения процесса, таких как температура, состав газовой фазы, концентрация и параметры термообработки компонентов твердой фазы, можно достичь заданную степень диспергирования оксидов и обеспечить получение дисперсных порошков молибдена с требуемыми размерами частиц. Рассмотрено технологическое оформление и особенности плазменных восстановительных процессов [3].

Наиболее распространенным вариантом аппаратного оформления струйно-плазменных процессов является схема прямоточного реактора, соосно пристыкованного к выходному соплу генератора. В зависимости от расхода оксидов можно получать порошки молибдена со средним размером 20-30 нм. При этом нанопорошки под действием различного рода сил (электрических, дисперсионных, магнитных и др.) могут образовывать конгломераты, которых практически невозможно разделить на исходные частицы даже с использованием современных диспергаторов. Присутствие в порошке конгломератов приводит к образованию структурной неоднородности в спрессованном и спеченном материале. Поэтому требуются предпринимать специальные предохранительные меры.

На рис. 2 представлена электронно-микроскопические снимки дисперсных порошков молибдена, сферическая форма которых косвенно свидетельствует о преобладающем вкладе коалесценции в механизме их формирования.

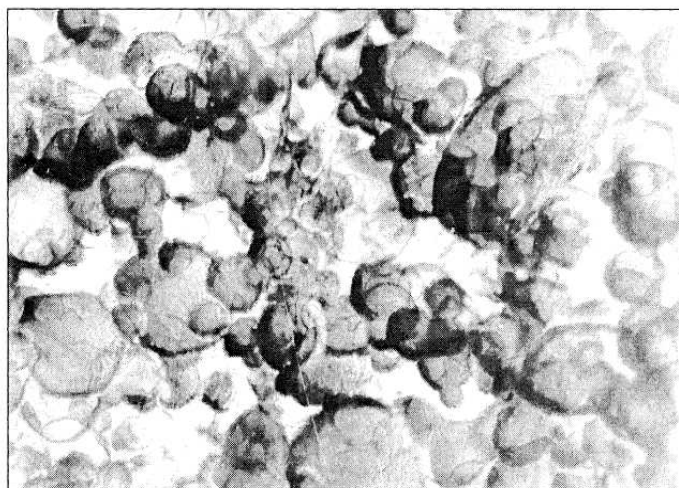


Рисунок 2 - Электронно-микроскопические снимки дисперсных порошков Moх100 000

Для промышленного использования дисперсных порошков Mo содержание кислорода в них не должно превышать 0,2% масс. Поэтому представляет практический интерес исследование процесса отжига порошков в водороде («довосстановление»).

При восстановлениетрехоксида молибдена до двуоксидамолибдена в производственных условиях «НПО» по производству редких металлов и твердых сплавов при АО «Алмалыкский ГМК» в многозонных трубчатых печах с противоточным пропусканием водорода сопровождается значительной потерей термодинамического потенциала, и реакция проходит при низких температурах и высокой влажности водорода.

### **Выводы**

Анализ полученных результатов показывает, что при повышенной температуре наблюдается некоторое уменьшение удельной поверхности дисперсного порошка, хотя конечное его значение более чем на порядок выше, чем у традиционных порошков.

Определено, что после выгрузки порошка содержание кислорода в нем в течение 10–20 суток достигает уровня 2–2,65 %, после чего не меняется.

Наиболее оптимальным вариантом получения качественного порошка молибдена является его получение восстановлением водорода.

### **Список использованных источников**

1. Каламазов Р.У. Нанокристаллические структуры в материаловедении.–Ташкент:ТашГТУ, 2004.–98 с.
2. Gleiter H. Nanostructured materials: basic concepts and microstructure. //Actamater., 2000. V.48. P.1–29.
3. Патент №IAP 04732. 25.05.2013. Расулов А.Х., Нурмуродов С.Д. и др. Плазмохимический реактор.
4. Асадов И.С. Применение нанопорошков молибдена для изготовления твердых сплавов и лигатур.//Техника и технология. – М, 2008. № 5. С.50–54.