

№ 2370

# **Получение соединений тугоплавких металлов**

Учебное пособие

**№ 2370**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МИСиС»

Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных  
материалов

# **Получение соединений тугоплавких металлов**

Учебное пособие

Допущено учебно-методическим объединением  
по образованию в области металлургии в качестве  
учебного пособия для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлению Металлургия



Москва 2015

УДК 669.018.8

П53

Рецензенты:

д-р техн. наук, проф. *В.В. Плошкин* (Евразийский открытый институт);  
канд. техн. наук, доц. *В.Ю. Лопатин*

Авторы:

В.С. Челноков, И.В. Блинков, В.Н. Аникин, Д.С. Белов, А.О. Волхонский

П53      **Получение соединений тугоплавких металлов** : учеб. пособие / В.С. Челноков и [др.]. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2015. – 60 с.  
ISBN 978-5-87623-850-4

Изложены теоретические и технологические основы пирометаллургических и гидрометаллургических методов получения соединений тугоплавких металлов. Рассмотрены такие прецизионные методы очистки технических соединений от примесей, как ионный обмен, экстракция из водных растворов. Обращается внимание на выбор различных методов очистки в зависимости от необходимой чистоты тугоплавких металлов по примесям. Изложены особенности разделения близких по физико-химическим свойствам тугоплавких металлов.

Предназначено для бакалавров и магистров, обучающихся по направлению 150100 «Материаловедение и технологии материалов».

УДК 669.018.8

ISBN 978-5-87623-850-4

© Коллектив авторов, 2015

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	4
1. Общая схема получения тугоплавких металлов .....	6
2. Добыча и подготовка руд к переработке .....	10
3. Методы разложения (вскрытия) рудных концентратов .....	15
3.1. Разложение кислотами .....	15
3.2. Разложение щелочами или карбонатами .....	16
3.3. Окислительный обжиг .....	18
3.4. Восстановительные процессы .....	22
3.5. Хлорирование .....	28
4. Очистка технически чистых соединений от примесей .....	38
4.1. Фракционная возгонка .....	38
4.2. Фракционная (дробная) кристаллизация .....	39
4.3. Сорбционные процессы .....	41
4.4. Экстракция из водных растворов .....	47
4.5. Ректификация .....	54
Библиографический список .....	59

## ВВЕДЕНИЕ

В отличие от условий производства черных и цветных металлов современная технология извлечения и производства тугоплавких металлов и их соединений характеризуется более сложными технологическими схемами, сочетающими пирометаллургические и гидрометаллургические процессы вскрытия сырья, химические процессы выделения и очистки соединений тугоплавких металлов, разнообразные процессы восстановления металлов и их перевод в необходимые компактные заготовки и изделия. Объясняется такая сложность технологического процесса получения тугоплавких металлов рядом причин. Прежде всего, производство тугоплавких металлов сопряжено с преодолением значительных трудностей, связанных с особыми геохимическими и физико-химическими свойствами этих металлов.

Геохимические особенности распространения в земной коре тугоплавких металлов заключаются в их относительно малых количествах, а главное – в их рассеянности. Руды тугоплавких металлов, как правило, содержат малые количества минералов, а некоторые металлы вообще не образуют самостоятельных минералов и входят в состав других сложных минералов. Тугоплавкие металлы часто встречаются в комплексных видах сырья, где они сопутствуют друг другу, а также цветным и черным металлам. Например, промышленные вольфрамовые руды содержат 0,5...2,0 %  $WO_3$ . Ниобий-танталовые руды содержат 0,003...0,1 % ( $Nb_2O_5 + Ta_2O_5$ ). Рений собственных минералов не имеет, а встречается в молибденовых, ниобиевых и других рудах. В некоторых молибденидах содержание рения может достигать 0,25 %. В других рудах его содержится ничтожное количество – порядка  $10^{-5}$  %. Исключения составляют титан, хром и цирконий, содержание которых в рудах достигает десятка процентов.

Решение задачи комплексного извлечения всех ценных составляющих сырья часто требует значительного усложнения технологии. Вследствие того, что в большинстве случаев содержание тугоплавких металлов в сырье невысоко, а часто встречающаяся комплексность сырья вызывает дополнительное усложнение технологии, стоимость тугоплавких металлов, особенно высокой чистоты, относительно велика. Учитывая это обстоятельство, важное значение приобретает максимально полное извлечение всех полезных составляющих сырья. Это предъявляет соответствующие требования к построению технологического процесса извлечения и выделения тугоплавких металлов.

Что касается физико-химических особенностей получения тугоплавких металлов, то здесь следует отметить высокие температуры плавления, а также их высокую химическую активность, что затрудняет получение их в чистом виде и усложняет технологию. Подавляющая часть областей применения тугоплавких металлов и их соединений предъявляет высокие требования к чистоте металла или его соединения. Это вызывает необходимость введения в технологическую схему производства ряд дополнительных операций как для первичного отделения тугоплавкого металла или его соединения от сопутствующих элементов, так и для окончательного снижения содержания примесей, во многих случаях до ничтожных следов. На последних стадиях очистки используют прецизионные и достаточно дорогостоящие химические и физические методы.