

ПОЛУЧЕНИЕ ЛИГАТУР С W ИЗ ОКСИДОВ МЕТОДОМ ВНЕПЕЧНОЙ АЛЮМИНОТЕРМИИ

Ким Евгений Давидович¹, аспирант

Химухин Сергей Николаевич^{1,2}, д.т.н., профессор

Тихоокеанский государственный университет, г.Хабаровск, Россия¹

Институт Материаловедения ХНЦ ДВО РАН, г.Хабаровск, Россия²

В статье приведены результаты внепечного алюминиотермического процесса восстановления оксидов с получением композиционного вольфрамсодержащего сплава лигатур. Методом гравиметрического анализа показана необходимость проведения восстановления оксидов WO_3 совместно с оксидами MoO_3 - Cr_2O_3 которые обладают более высокой термичностью процесса. Экспериментально получен сплав комплексного состава, в котором все фазы содержат различное количество W.

Для развития производственного процесса в направлении создания инновационных технологий необходимо получение новых или модификация свойств известных материалов. Одним из приоритетных направлений развития науки и промышленного производства в РФ является создание новых лигатурных материалов, добавка которых в расплавы металлов существенно повышает их свойствами в твердом состоянии [1]. Основное количество сплавов лигатур в настоящее время производят методами традиционной металлургии с использованием электродуговых, индукционных и вакуумных печей. В тоже время перспективным направлением работ по снижению себестоимости лигатур является разработка технологии прямого получения лигатур посредством внепечного металлотермического синтеза из оксидов металлов без использования дорогостоящего оборудования [2].

Шихта для алюминиотермического восстановления состояла из порошков оксидов технической чистоты и порошка алюминия марки ПА1. В качестве термической добавки использовали добавки $NaNO_3$ и $KClO_3$. Термографический анализ проводился с использованием дериватографа Q 1000. Анализ элементного состава полученного металла проводили с использованием рентгенолюорисцентного метода Спектроскан-V. Для установления элементного состава в различных фазах полученной лигатуры использовали сканирующий (растровый) электронный микроскоп SU-70 Hitachi с приставкой электронно-зондового энергодисперсионного рентгеновского микроанализатора.

На рисунке 1 приведены термогравиметрические зависимости реакции алюминиотермического восстановления, где в качестве шихты использовали смесь оксидов металлов и алюминия. Расчет шихты производился в соответствии с известными методиками, при этом масса восстановителя бралась с избытком [2]. На кривых дифференциально термического анализа (ДТА) видны первые пики эндотермические процессы, связанные с плавлением алюминия (660 °С). Второй пик на кривых ДТА обусловлен экзо-

термической реакцией восстановления оксидов - алюминием. Максимальная температура восстановления WO_3 (рисунок 1, а) соответствует $860^\circ C$ а при совместном восстановлении WO_3 - MoO_3 - Cr_2O_3 (рисунок 1, б) температура процесса $900^\circ C$ При этом амплитуда пика ДТА при совместном восстановлении оксидов значительно больше, что обуславливает более полное протекание процесса восстановления. Полученные результаты объясняются различной термичностью (экзотермическим эффектом возникающим при восстановлении конкретного оксида) смеси оксидов и восстановителя. Таким образом для повышения энергии восстановительного процесса и следовательно температуры восстановления необходимо использовать добавку в шихту оксидов обладающих более высокой термичностью.

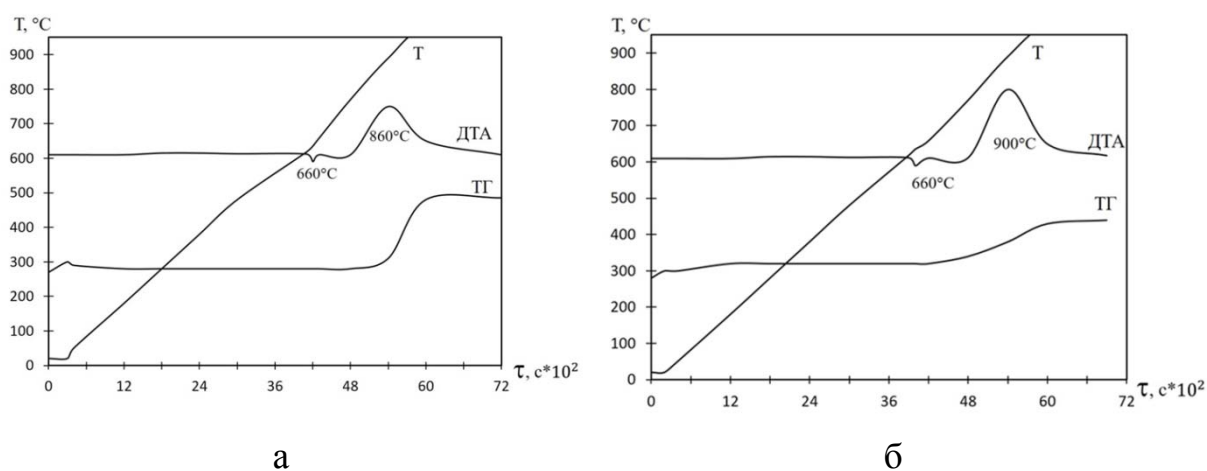


Рисунок 1 – Термограммы процессов восстановления алюминием оксидов: а - WO_3 ; б – смесь порошков WO_3 - MoO_3 - Cr_2O_3

В таблице 1 приведен состав шихты и состав экспериментально полученного сплава лигатуры. Как следует из полученных результатов суммарное содержание W более 50%, что соответствует высокой степени восстановления WO_3 .

Таблица 1 - Состав шихты и полученной лигатуры

Содержание оксидов в шихте	Элементный состав слитка, мас.%
58 % - WO_3 , 20,58 % - MoO_3 , 20,58 % - Cr_2O_3	Al- 17.06, Cr -15.28, Mo-15.61, W-52.03

На рисунке 2 приведена микроструктура и точки, в которых проводился микрорентгеноспектральный анализ элементного состава фаз.

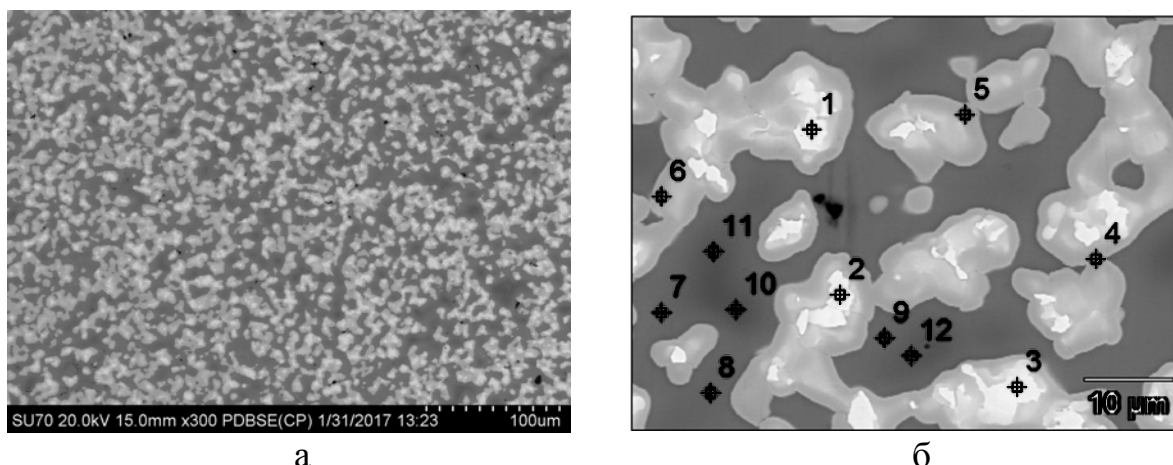


Рисунок 2 – Микроструктура и точки микроанализа: а – микроструктура лигатуры; б – точки анализа

При небольшом увеличении (рисунок 2, а) на поверхности шлифа видны светлые включения на темном фоне матрицы. При этом включения имеют неоднородное внутренне строение (рисунок 2, б). Светлая фаза внутри включений (точки 1-3) содержит более 70 ат. % W, остальные составляющие - Mo и Cr. В составе более темной фазы (точки 4-6) содержание W снижается до ~ 20 ат. %, в ее составе появляется Al и увеличивается концентрация Cr, при этом содержание Mo сохраняется на прежнем уровне. Матрица этого сплава состоит из Al (до 60 ат. %) легированного Cr, Mo, при этом содержится W, но в меньшем количестве (7 – 4 ат. %). Таким образом в полученном сплаве можно выделить основные три фазы, примерный стехиометрический состав которых следующий: 1- $W_{22}Mo_4Cr_2$; 2- $Al_3W_{1,4}Cr_2Mo$. Третья фаза по элементному составу совпадает с фазой 2, но при этом содержит существенно больше Al и меньше W, Mo (3 - $Al_{10}Cr_4Mo_{1,6}W$).

На основании проведенных исследований можно сделать ряд выводов:

1. Для повышения термичности шихты с WO_3 необходимо в состав шихты добавить оксиды с большей термичностью.

2. Полученный сплав лигатуры содержит более 50 мас. % W, вольфрам входит в состав всех фаз сплава.

Список литературы

1. Ри Э.Х., Получение эффективных модификаторов для высокопрочного чугуна и Al сплавов / Э.Х. Ри, Хосен Ри, М.А. Калаушин, С.Н. Химухин, Гончаров А.В. // Литейное производство № 3 – 2017. С. 2 - 5

2. Гостищев В.В. Получение комплексно-легированных алюминидов никеля и лигатур сложного состава металлотермией оксидов металлов / Гостищев В.В., Ри Э.Х., Ким Е.Д., Химухин С.Н. // Цветные металлы, 2017, № 10 С. 37-42.