

сидных слоев, существенно повышает стойкость изделий с термодиффузионными защитными слоями. Принудительное создание оксидированных слоев на сплавах железа с участием технологии термодиффузионного насыщения позволяет повысить защитные функции изделиям, обеспечивает высокую стойкость в условиях высокотемпературной коррозии, что является важным для изделий печного оборудования, различных устройств передачи и аккумуляирования тепла.

Литература

1. David, J. Y. High Temperature Oxidation and Corrosion of Metals / J. Y. David. – Netherlands : Elsevier, 2008. – 574 p.
2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов : справочник / Г. В. Борисенок, Л. А. Васильев, Л. Г. Ворошнин [и др.]. – М. : Металлургия, 1981. – 424 с.
3. Коломьцев, П. Т. Жаростойкие диффузионные покрытия / П. Т. Коломьцев. – М. : Металлургия, 1979. – 272 с.

УДК 621.762

РАЗРАБОТКА ТЕМПЕРАТУРНОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ЦИНКОТЕРМИИ

**В. Г. Харкевич, А. Н. Жигалов, А. Н. Жариков,
М. В. Башаримов, В. А. Капитонов**

ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси», г. Могилев

Рассмотрены температурные режимы, которые необходимо задавать для каждой стадии процесса цинкотермии. Изложена методика проведения исследований по варьированию параметров процесса цинкотермии.

Ключевые слова: цинкотермия, твердосплавный лом, технология рециклинга, температурная модель.

DEVELOPMENT OF A TEMPERATURE MODEL FOR THE ZINCOTHERMY PROCESS

**V. G. Kharkevich, A. N. Zhigalov, A. N. Zharikov,
M. V. Basharimov, V. A. Kapitonov**

State Scientific Institution “Institute of Metal Technology of the National Academy of Sciences of Belarus”, Mogilev

The temperature regimes required for each stage of the zincothermy process are considered. Development of a research methodology for varying zincothermy process parameters.

Keywords: zincometry, carbide scrap, recycling technology, temperature model.

В настоящее время в ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси» ведутся научные исследования по рециклингу лома и отходов твердосплавных изделий методом цинкотермии. Ранее были выявлены параметры, оказывающие наибольшее влияние на эффективность процесса разложения твердосплавного лома:

- соотношение цинка к твердосплавному лому;
- температурные режимы при разрушении кобальтовой связки;
- время воздействия жидкого цинка на лом;
- давление в рециклинговой камере.

В данной статье рассмотрены температурные режимы, которые необходимо задавать для каждой стадии процесса цинкотермии в отдельности. Цель исследования – установить наиболее приемлемые для каждой стадии процесса цинкотермии значения температур. Реализация поставленной цели осуществлялась путем проведения ряда исследований, направленных на определение данных параметров.

Для установления значений варьирования данными параметрами на различных стадиях процесса цинкотермии, применительно к осваиваемой технологии рециклинга твердосплавного лома в карбидо-вольфрамовый порошок, была предложена его условная температурная модель (рис. 1), состоящая из пяти основных участков этапов процесса цинкотермии, обозначенных римскими цифрами от I до V, и четыре его температурных режима, обозначенных латинскими буквами *A*, *B*, *C*, *D*, *E*, *F* и *G*.

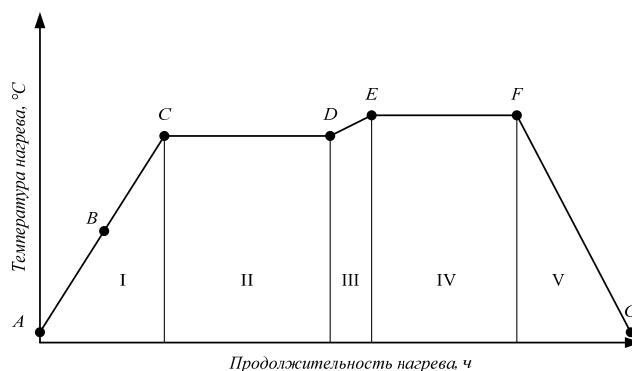


Рис. 1. Условная температурная модель процесса цинкотермии

A и *G* – точки, температура которых соответствует температуре окружающей среды (началу и окончанию процесса цинкотермии).

B – точка, температура которой соответствует температуре плавления цинка (419,6 °C).

C и *D* – точки соответствуют постоянной температуре, при которой происходит взаимодействие расплавленного цинка с кобальтом (температура варьирования выбирается из предела от 750 до 850 °C [1, 2]).

E и *F* – точки соответствуют постоянной температуре, при которой происходит испарение (отгонка) цинка при пониженном давлении (температура варьирования выбирается из предела от 850 до 950 °C [1, 2]).

I – участок, ограниченный точками *A* и *C*, соответствует нагреву в печи сплава до температуры взаимодействия расплавленного цинка с кобальтом.

II – участок, ограниченный точками *C* и *D*, соответствует выбранной постоянной температуре, при которой в течение заданного времени в атмосфере инертного газа (в нашем случае азота) при давлении 0,5–1,0 атм [3], расплавленный цинк вступает в реакцию с кобальтовой связкой сплава.

III – участок, ограниченный точками *D* и *E*, соответствует нагреву в печи сплава до температуры испарения цинка.

IV – участок, ограниченный точками *E* и *F*, соответствует выбранной постоянной температуре, при которой в течение заданного времени при пониженном давлении (приблизительно 4–5 Па [3]) происходит испарение цинка, что приводит к объемному расширению твердого сплава, который в последствии приобретает пористую структуру. Таким образом, происходит деструкция отходов твердых сплавов, идущих в дальнейшем на получение твердосплавного порошка.

V – участок, ограниченный точками F и G , соответствует охлаждению пористой структуры до температуры окружающей среды.

С целью оптимизации технологических режимов разложения твердосплавного лома при цинкотермии необходимо определить численные величины технологических параметров процесса, при которых будут эффективно проходить два наиболее важных его этапа. Одним из данных этапов будет являться процесс экстрагирования кобальта в расплаве цинка (II участок на рис. 1), а вторым – процесс дистилляции цинка (IV участок на рис. 1).

Рассмотренная условная температурная модель позволила создать методику проведения исследований по варьированию параметров процесса цинкотермии, которая была адаптирована к имеющимся технологиям в ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси».

Литература

1. Hirose, K. Recycling Cemented carbides without Pollution – Sorting Charging Material for Zinc Process / K. Hirose, I. Aoki // Int. Conf. Process. Mater. Prop., 1st 1993, 845–848 (English). Edited by Henein, Hani ; Oki, Takeo. Miner. Met. Mater. Soc : Warrendale, P. A.
2. Cutting-tool recycling process with the zinc-melt method for obtaining thermal-spray feedstock powder (WC-Co) / E. Altuncu, F. Ustel, A. Turk [et al.] // Materials and technology. – 2013. – Vol. 47, N 1. – P. 115–118.
3. Совершенствование технологии переработки отходов твердых сплавов. Ч. 2. Определение оптимальных условий реализации технологии / И. Г. Троценко, Т. Е. Герасименко, В. М. Алкацев, С. И. Евдокимов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2020. – Т. 18, № 1. – С. 31–39.

УДК 621.762

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЦИНКА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛОЖЕНИЯ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ЛОМА

В. Г. Харкевич, А. Н. Жигалов, Д. А. Жолобов, В. А. Черный, И. В. Кубраков
ГНУ «Институт технологии металлов НАН Беларуси», г. Могилев

Исследовано влияние содержания цинка на эффективность разложения твердосплавного лома.

Ключевые слова: твердосплавные отходы, разложение, цинк, структура образцов.

STUDYING THE INFLUENCE OF ZINC CONTENT ON THE DECOMPOSITION EFFICIENCY OF HARD-ALLOY SCRAP

V. G. Kharkevich, A. N. Zhigalov, D. A. Zholobov, V. A. Cherny, I. V. Kubrakov
State Scientific Institution “Institute of Metal Technology of the National Academy of Sciences of Belarus”, Mogilev

The influence of zinc content on the decomposition efficiency of hard-alloy scrap was studied.

Keywords: hard-alloy waste, decomposition, zinc, sample structure.

Проведенный ранее анализ существующих методов переработки твердосплавных отходов показал, что в условиях ГНУ «Институт технологии металлов НАН Бе-