

# САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩИЙСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ НИТРИДОВ КОБАЛЬТА И НИКЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЗИДА НАТРИЯ И ГАЛОИДНЫХ СОЛЕЙ АММОНИЯ

Майдан Д. А.

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Самарский государственный технический университет»  
Самара, Россия

## SELF-PROPAGATING HIGH-TEMPERATURE SYNTHESIS OF COBALT AND NICKEL NITRIDES USING SODIUM AZIDE AND AMMONIUM HALIDES

Maydan D. A.

Samara State Technical University  
Samara, Russia

Целью работы является исследование процесса получения порошков нитридов кобальта ( $\text{Co}_2\text{N}$ ,  $\text{Co}_3\text{N}$ ) и никеля ( $\text{Ni}_3\text{N}$ ) в режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза с применением азид натрия и галоидных солей аммония (СВС-Аз).

Системы «кобальт — азид натрия — хлорид аммония» и «никель — азид натрия — фторид аммония» как объекты исследования являются новыми, ранее не изучались, и в этом отношении представляют научный интерес. Их изучение представляет также интерес в связи с возможностью организации современной технологии получения порошков нитридов кобальта и никеля.

Исследования включали в себя: составление уравнений химических реакций для синтеза нитридов кобальта и никеля в режиме СВС-Аз; термодинамический анализ возможности синтеза нитридов кобальта и никеля из предложенных систем СВС-Аз; исследование возможности синтеза и определение оптимальных технологических параметров синтеза нитридов кобальта и никеля в условиях лабораторной установки СВС-Аз; рентгенофазовый и химический анализы продуктов синтеза.

Термодинамический анализ возможности синтеза нитридов кобальта и никеля из систем «кобальт — азид натрия — хлорид аммония» и «никель — азид натрия — фторид аммония» проводился на ПЭВМ с использованием программы *Thermo*, разработанной в Институте структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН.

Термодинамический анализ показал, что из систем «кобальт — азид натрия — хлорид аммония» и «никель — азид натрия — фторид аммония» образуются нитриды  $\text{Co}_3\text{N}$  и  $\text{Ni}_3\text{N}$ . Нитрид  $\text{Co}_2\text{N}$  не образуется, так как температура, развивающаяся при горении системы «кобальт — азид натрия — хлорид аммония», не достаточна для его образования. Реакции всех проанализированных систем являются слабоэкзотермическими, т. е. протекают с выделением небольшого количества тепла.

Экспериментальные исследования закономерностей горения показали, что системы СВС-Аз для синтеза нитридов кобальта никеля имеют один фронт горения, а само горение систем протекает при относительно низких (для систем СВС-Аз) температурах — ниже 1003 К (730 °С).

Наибольшее влияние на температуру и скорость горения азидных систем СВС для синтеза нитридов кобальта и никеля оказывает количество азотируемого элемента, то есть содержание металла в исходной шихте. Максимальные температуры (873—973 К (600—700 °С)) и скорости горения (0,2—0,4 см/с) развиваются в системах с низким содержанием металла в исходной шихте (1—2 моля металла на 1 моль азид натрия и 1 моль галоидной соли аммония) и, соответственно, высоким содержанием азотирующих элементов. С увеличением мольного содержания металла в исходной шихте температура и скорость горения падают. Системы, температуры реакций которых не развиваются выше 723 К (450 °С), не горят.

Давление внешнего азота и относительная плотность исходной шихты очень слабо влияют на температуру и скорость горения. Увеличение давления внешнего азота (от 5 до 9 МПа) или относительной плотности исходной шихты (от 0,4 до 0,7) приводит к очень слабому росту температуры (на 20—30 К) и соответственно скорости горения систем для синтеза нитридов кобальта и никеля.

Рентгенофазовый анализ продуктов горения систем для синтеза нитридов кобальта показал отсутствие в них нитридов  $\text{Co}_2\text{N}$  и  $\text{Co}_3\text{N}$ . Это связано с достаточно высокими температурами горения систем СВС-Аз и низкими температурами диссоциации нитридов кобальта. Рентгенофазовый анализ продуктов горения систем для синтеза нитрида никеля, содержащих в исходной шихте 5—6 молей никеля, показал наличие в них нитрида  $\text{Ni}_3\text{N}$ .

Химический анализ продуктов горения всех рассматриваемых систем показал наличие в них связанного азота. Наличие связанного азота в продуктах горения систем СВС-Аз для синтеза нитридов кобальта позволяет говорить о наличии в них твердых растворов азота в кобальте. Наличие связанного азота в продуктах горения систем СВС-Аз для синтеза нитрида никеля, содержащих в исходной шихте 5—6 молей никеля, подтверждает наличие в них нитрида  $\text{Ni}_3\text{N}$ .

На основании результатов рентгенофазового и химического анализов продуктов горения систем СВС-Аз для опытно-промышленной технологии получения нитрида никеля рекомендованы системы СВС-Аз, содержащие в исходной шихте 5—6 молей никеля, с насыпной относительной плотностью исходной шихты (0,4), сжигаемые при давлении внешнего азота 5 МПа.

Работа выполняется при финансовой поддержке в форме гранта по совместной программе «Студенты, аспиранты и молодые ученые — малому наукоемкому бизнесу. Ползуновские гранты» Министерства образования и науки Российской Федерации, Федерального агентства по науке и инновациям и Государственного Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.