

## ОТЗЫВ

на автореферат кандидатской диссертации Галиева Фаниса Фаниловича по теме «Метод получения металл-интерметаллидных и металл-керамических стержней на основе Ni-Al и Mg-2В совмещением экзотермического синтеза и горячей газовой экструзии»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 2.6.17 - Материаловедение

Представленное в автореферате исследование является актуальным, поскольку работа направлена на исследование и разработку одного из методов получения изделий и заготовок на основе интерметаллидов, различных видов керамики, МАХ-фаз. Проблема формования изделий и заготовок решается совмещением СВС-процессов с обработкой давлением. Метод горячей газовой экструзии (ГГЭ) позволяет исключить некоторые промежуточные операции, присутствующие в прокатке или волочении. Использование инертного газа (аргона) обеспечивает безокислительный нагрев заготовки. Методом ГГЭ возможно достижение больших степеней деформации (более 90%) для хрупких и труднодеформируемых материалов. Разработка комбинированного метода совмещения экзотермического синтеза и ГГЭ была проведена на примере двух материалов: интерметаллидов системы Ni-Al и керамики системы Mg-B. Температура плавления легкоплавкой компоненты этих смесей и температура начала экзотермической реакции практически совпадают (660 °С в системе Ni-Al и 650 °С в системе Mg-B). Температура плавления одной компоненты напрямую связана с размягчением всей смеси, поэтому оптимальные режимы экструзии алюминидов никеля можно применять для экструзии боридов магния. Продукты синтеза этих систем имеют перспективы применения в различных областях. Алюминиды никеля имеют высокую температуру плавления, низкую плотность, высокую твердость и повышенную прочность при высоких температурах. Поэтому такие материалы представляют интерес в качестве нового класса жаропрочных материалов. Диборид магния является сверхпроводником второго рода с теоретической температурой перехода в сверхпроводящее состояние 39 К. Относительно высокая температура перехода в сверхпроводящее состояние позволяет использовать в качестве хладагента жидкий водород.

При проведении диссертационных исследований Галиевым Ф.Ф. получен ряд новых важных научных результатов. Впервые проведены экспериментальные исследования экзотермического синтеза интерметаллидов системы Ni-Al в стальной оболочке в условиях пластической деформации под действием изостатического давления инертного газа и локального нагрева, а также экспериментальные исследования по горячей газовой экструзии реакционноспособной порошковой смеси Mg-2В в стальной оболочке, совмещенной с экзотермическим синтезом диборида магния. Определено, что наибольшее содержание целевой фазы  $MgB_2$  достигается горячей газовой экструзией при давлении газа в камере ~220 МПа и температуре начала газовой экструзии выше температуры плавления магния (650 °С). Установлены закономерности структуро- и фазообразования в сердцевине стержня из реакционноспособной порошковой смеси в процессе горячей газовой экструзии. Определено, что пассивация компактов проходит во всем объеме, а окисление при саморазогреве – поверхностно. Компакты из нанопорошков никеля, пассивированные выдержкой внутри бюксов с аргоном, сохраняют термостабильность вплоть до 180 °С. Получены выражения для оценки давления внутри пор, как по критическому размеру пор, так и из перемещения внешних стенок материала при воздействии на него изостатического давления газа извне.

Практическая значимость полученных результатов исследований заключается в разработке комбинированного способа получения длинномерных композиционных стержней совмещением экзотермической химической реакции синтеза и горячей газовой экструзии (для получения металл-интерметаллидных и металл-керамических стержней с наибольшим содержанием целевой фазы в сердцевине необходимо достичь давления газа в камере ~200 МПа и температуры начала экструзии выше 730 и 650 °С для порошковой смеси Ni-Al и Mg-2В соответственно). В депозитарии ИСМАН зарегистрировано ноу-хау № 1-2024 от 12 марта 2024 г «Способ получения длинномерных композиционных стержней совмещением экзотермической химической реакции синтеза и горячей газовой экструзии». Установлена критическая температура перехода в сверхпроводящее состояние сердцевины стержней, которая составила 38 К, что близко к критической температуре для монокристаллов  $MgB_2$  (39 К). Результаты экспериментальных исследований использовались при разработке технического регламента опытных технологических испытаний, согласно которому было проведено горячее деформирование реакционноспособных порошков в стальной оболочке, которые

показали эффективность локального нагрева шихты выше 730°C. Реализация разработанных технологических режимов, включающих локальный нагрев во время всего процесса горячего деформирования, позволила повысить эффективность синтеза и качество интерметаллидов в стальной оболочке.

В качестве замечаний отметим следующее:

1. В автореферате не представлены свойства полученных нанопорошков.
2. Не указаны значения усилий или давлений прессования для получения компактов из нанопорошков.

Указанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы и не влияют на главные практические результаты диссертации.

Проведенные научные исследования можно характеризовать как научно-обоснованные технические разработки, обеспечивающие решение важных прикладных задач в данной области науки.

Автореферат изложен технически грамотным языком, аккуратно оформлен, имеет необходимые пояснения, рисунки, графики.

Исходя из представленных в автореферате сведений, работа имеет высокий научный уровень, и имеет большое научное и практическое значение. Диссертация удовлетворяет всем требованиям к кандидатским диссертациям, в том числе п. 9, Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842. Автор диссертации Галиев Фанис Фанилович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 - Материаловедение.

Авторы отзыва дают согласие на обработку персональных данных.

Заведующий кафедрой технологии металлов  
и авиационного материаловедения, доцент,  
доктор технических наук  
(2.6.17 - Материаловедение  
тел. 8(846)2674640, e-mail: eanosova@mail.ru

Носова  
Екатерина Александровна

Доцент кафедры технологии металлов  
и авиационного материаловедения,  
кандидат технических наук  
(2.6.17 - Материаловедение)  
тел. 8(846)2674641, e-mail: kuzinaantonina@mail.ru

Кузина  
Антонина Александровна

443086, Россия, Самарская обл., г. Самара, Московское шоссе, д. 34,  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»  
(Самарский университет)

Подпись Носовой ЕА, Кузиной АА удостоверяю

Уполномоченный секретарь Самарского университета

Васильева И.П.

29 05 2024 г.

