

слоя оксида алюминия в результате высокотемпературного окисления в условиях контролируемой атмосферы при температурах 900 °С, 1000 °С и 1100 °С.

Синтез образцов Fe₃Al осуществлялся из порошков железа марки ПЖРВ (75 ат. %) и алюминия марки АСД-1 (25 ат. %) методом горячего изостатического прессования под высоким давлением (P = 1850 Бар, T = 1100 °С). С целью гомогенизации, смесь порошков предварительно перемешивалась в течение 6 часов в четырехбаночном смесителе, а затем подвергалась механоактивации в аттриторе в течение 4,5 часов.

Высокотемпературное окисление высокоплотных образцов Fe₃Al полученных методом ГИП проводилось при температурах 900 °С, 1000 °С и 1100 °С в течение 24 часов в искусственной атмосфере, содержащей 20 % кислорода и 80 % азота.

Микроструктура и элементный состав порошков после механоактивации, а также высокоплотных образцов Fe₃Al до и после высокотемпературного окисления изучался методом сканирующей электронной микроскопии в режиме обратного рассеяния электронов (СЭМ) на установке JEOL JSM-4510 LV, совмещенной с энергодисперсионным анализатором (ЭДА).

Фазовые превращения в образцах до и после высокотемпературного окисления были исследованы методом рентгеновской дифракции на установках Bruker AXS D8 ADVANCE и D-5005 в θ -2 θ и скользящей геометриях (угол наклона пучка составлял 8°).

Для изучения микроструктуры и шероховатости поверхности оксидного слоя на высокоплотных образцах Fe₃Al до и после высокотемпературного окисления использовался метод атомно-силовой микроскопии (АСМ) на приборе «Нанотоп». Шероховатость оценивалась по среднеквадратичному отклонению высоты вдоль поверхности (R_q).

Проведенные исследования показали, что методом горячего изостатического прессования при высоком давлении (P = 1850 Бар, T = 1100 °С) механоактивированных порошков состава Fe-25 ат. % Al, может быть синтезирован практически монофазный алюминид железа Fe₃Al. Установлено, что данный алюминид имеет lamellarную микроструктуру, что, очевидно, является результатом предварительной механоактивации порошков железа и алюминия, предшествующей процессу синтезу. Исследование микроструктуры и фазового состава поверхности, высокоплотных образцов Fe₃Al после высокотемпературного окисления позволило установить, что определяющими факторами их трансформации являются именно lamellarная структура и неоднородность химического состава lamелей исходного материала.

Формирование поверхностного слоя оксида алюминия при 900 °С носит характер островкового наращивания промежуточных модификаций оксидов алюминия (гексагонального, орторомбического и ромбоэдрического Al₂O₃), преимущественно происходящего в областях повышенной концентрации дефектов структуры (пор и границ зерен) и содержания алюминия. Повышение температуры до 1000 °С и 1100 °С приводит к началу преципитации стабильной мелкодисперсной фазы α -Al₂O₃ и постепенному увеличению ее вклада, соответственно.

УДК 621.745.669.13

Создание пористых тел прошивкой сплава АК12 сгустками порошковых частиц

Студент гр. 104619 Шарецкий А.В.

Научный руководитель Ушеренко С.М.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В рамках традиционной порошковой металлургии, создание проницаемых пористых тел достигается за счет операции спекания порошковых материалов. При этом в качестве инструментальных материалов используют высокопрочные инструментальные компактные материалы, а в качестве конструкционных применяют порошковые материалы разного состава

и фракций. В этом технологическом варианте удастся получать сквозные поры с размерами от 2 мкм. К недостаткам такого подхода следует отнести энергоемкость процесса спекания и пониженная прочность пронизываемого тела.

Понижение прочности конструкционных материалов требуют уменьшения уровня давления при фильтрации жидкостей или газов. Соответственно уменьшается производительность процесса фильтрации. Особое значение этих недостатков проявляется при тонкой фильтрации жидких и газовых сред.

Поэтому при создании высокопрочных пористых материалов и изделий на их основе стараются использовать новые физико-химические эффекты, что позволяет рассмотреть особенности нетрадиционной порошковой металлургии. К таким особенностям в частности относятся физические эффекты, когда в качестве рабочего инструмента используют сгустки порошковых частиц, а в качестве конструкционного материала служат литые и кованные компактные материалы.

Известно, что в околоземном пространстве существуют пылевые частицы, которые называют космическим мусором. Фракция такого мусора в основном составляет 1- 100 мкм. Пылевые частицы движутся со скоростями около 7800 м/с. Наличие большой массы таких частиц приводит к тому, что уровень вакуума в околоземном пространстве достигает 10^{-4} атм.

Известно, что сгустки пылевых частиц соударяются с макрообъектами и прошивают их на глубины в десятки и сотни миллиметров. Эффекты проникания пылевых частиц на аномально большие глубины называют сверхглубоким прониканием (СГП). Частицы в рамках этого эффекта пронизывают компактные материалы, как бы не встречая сопротивления. Качественным отличием такого соударения от макроудара является то, что в преграде не формируется усредненного поля давления.

В объеме преграды возникают длинномерные «солитоны», давление в которых на несколько порядков превышает фоновое давление. В этих зонах реализуется динамический фазовый переход, во время протекания которого сопротивление движущимся частицам резко падает. Материал этих зон имеет только ближние связи, а его свойства характерны для плотной плазмы. Поскольку взаимодействие порошковых частиц и литейного сплава алюминия и кремния (до 12%) происходит в области интенсивных импульсных (пульсирующих) давлений со средним уровнем 5 ГПа, то в результате синтеза формируются метастабильные соединения физико-химические свойства, которых не удастся прогнозировать на основе известных диаграмм концентрация – температура для этих элементов.

Поэтому оказалось неожиданным, что при введении в этот сплав частиц карбида кремния формируются длинномерные зоны, которые при электрохимическом травлении интенсивно растравливаются и образуются сквозные поры. В варианте технологии с введением частиц свинца формируются зоны с высокой коррозионной стойкостью.

Исходный матричный материал имеет уровень коррозионной стойкости существенно выше, чем у армированного частицами карбида кремния, но ниже, чем у армированного свинцовыми частицами. Благодаря этому удалось получить сплав алюминия и кремния с зонами сквозной пористости толщиной до 2 мм. В результате такой фильтр может работать при давлении до 10 атм, что позволяет существенно повысить производительность процесса фильтрации жидкостей.