

ностных слоев вглубь металла. При этом на обрабатываемой поверхности образуются мелкодисперсные слои. Следует отметить, что при этом не обеспечивается однородность напряженного и деформированного состояний по всему объему материала.

Основной особенностью получаемых структур является неравномерность границ зерен, которые служат источником значительных упругих напряжений. Другим источником напряжений являются тройные стыки зерен. Неравновесные границы зерен содержат большое количество дислокаций, при этом в стыках зерен существуют нескомпенсированные дислокации. Плотность дислокаций в субмикроструктурных слоях, полученных интенсивной пластической деформацией, может составлять порядка 10^{15} м^{-2} [1]. Заметим, что плотность дислокаций внутри зерен существенно меньше, чем на границах. Дислокации и дисклинации создают дальнедействующие поля напряжений, концентрирующиеся вблизи границ зерен и тройных стыков, и являются причиной избыточной энергии границ зерен.

Микроструктура металла обработанного волочением с прокаткой сильно различается на разных стадиях деформации и параметров процесса (температура, деформация, скорость и продолжительность приложения деформации).

Литература

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 416 с.

2. Валиев Р.З., Александров И.В. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. – М.: Логос, 2000. – 272 с.

3. Степаненко А.В., Шиманович И.М., Шиманович О.А. Поверхностная деформация лент волочением между быстровращающимися валками. // Кузнечно–штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2001. № 10. С.10 – 13.

УДК 621.762

КОМПАКТНО–ПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ

В.М. Александров¹, канд. техн. наук,

В.К. Шелег², д-р техн. наук, проф., Н.В. Киршина¹

¹ГНУ Институт порошковой металлургии

²Белорусский национальный технический университет
(г. Минск, Республика Беларусь)

Введение. Постоянное расширение областей применения пористых порошковых материалов (ППМ), интенсификация производства и технологических процессов требует создания новых материалов. Важная роль в этом при-

надлежит технологиям, позволяющим существенно повысить уровень каркасных свойств без существенного изменения структурных.

Компактно–пористые представляют один из многочисленных примеров композиционных материалов, получаемых методами порошковой металлургии. По своей структуре они состоят из компактной подложки и пористого слоя, выполненного из различного рода дискретных частиц.

Данная группа материалов в соответствии с разработанной классификацией [1] входят в число проницаемых композиционных материалов (ПКМ), которые в настоящее время нашли широкое применение в различных областях техники, связанных с транспортом жидких и газовых сред, передачей тепловой, электрической энергии и др. [2, 3]. Термин компактно–пористые материалы был впервые введен А.Г. Косторновым и впоследствии использован в работах его учеников при разработке ПКМ различного назначения [4]. При разработке подобного рода композиций из различного рода металлов и сплавов последние, как правило, соединены между собой посредством металлических контактов. Это позволяет использовать данный класс материалов в устройствах, испытывающих в процессе эксплуатации значительные механические и тепловые нагрузки.

Формирование металлических контактов на отдельных стадиях процесса получения компактно – пористого материала характеризуется рядом особенностей, обусловленных видом дискретных частиц, технологией их формования и спекания. Соединение компактного и пористого материалов осуществляется поэтапно, а качество соединения определяется видом, режимами и последовательностью технологических операций.

На стадии прессования дискретные частицы перемещаются друг относительно друга, стремясь занять более устойчивое положение. Под действием возрастающего давления контактная поверхность между частицами и подложкой постоянно увеличивается как за счет появления новых, так и за счет роста зон контакта, образованных на начальных стадиях технологического процесса (засыпка, виброформование, уплотнение и др.). Отсутствием металлических контактов в прессовках объясняется низкий уровень их физико–механических свойств.

Формирование физико–механических свойств материала осуществляется в процессе спекания компактно–пористой композиции. Процесс припекания или напекания пористого слоя, реализуемый в процессе спекания, заключается в образовании неразъемного соединения между отдельными элементами, составляющими основу ПКМ такого рода. Формирование металлических контактов при спекании, напылении, либо других технологических процессах, связанных с нагревом, происходит за счет гетеродиффузии соединяемых материалов. Для процессов фильтрации применение компактно–пористых материалов представляется не всегда оправданным, что обусловлено присутствием в структуре компактной («непористой») составляющей. С другой стороны, наличие подложки из компактного металла в структуре ПКМ такого рода позволяет добиться существенного повышения уровня каркасных свойств, включая тепло–

и электропроводность. Это делает данный класс материалов практически незаменимым при изготовлении фрикционных дисков в машиностроении, имплантатов в стоматологии и ортопедии детонирующих выключателей в сильноточной энергетике.

Литература

1. Композиционные проницаемые материалы. Особенности структуры и методы классификации: В.М. Александров. – Минск: Порошковая металлургия, 1999. – Вып. 22 – с. 112–118.

2. Пористые проницаемые материалы: Справочник/С.В. Белов, П.А. Витязь, В.К. Шелег и др.; Под. ред. С.В. Белова. – М.: Металлургия. – 1987. – 335с.

3. Компактно–пористые материалы для низкотемпературных тепловых труб: А.Г. Косторнов, С.М. Агаян, В.М. Александров. – Минск: Порошковая металлургия. – 1992. – Вып. 16. – с. 72–76.

4. Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов: А.Г. Косторнов. – Наукова думка, 2003. – т. 2 – 550с.

УДК 621.762

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОСТРУКТУРНЫХ МОДИФИКАТОРОВ ПРИ ИНДУКЦИОННОЙ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ НАПЛАВКЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ

И.А. Сосновский¹, Ю.Н. Гафо¹, канд. техн. наук, доц., О.О. Кузнечик²,
С.Е. Клименко¹, И.И. Грудько³, И.П. Трембицкий³

¹Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси

²Институт порошковой металлургии (Беларусь, г. Минск)

³Опытный завод путевых машин (Беларусь, г. Пинск)

На предприятиях железнодорожного, дорожно–строительного, нефтехимического, геологоразведочного, машиностроительного и др. профиля используется широкая гамма деталей машин и устройств, которые содержат узлы трения, использующие антифрикционные покрытия из медных сплавов, которые работают в условиях повышенного абразивного изнашивания и переменных механических нагрузок. Примерами таких узлов трения могут служить сопряженные детали тяжелых путевых машин высшего класса сложности, предназначенные для выправки, подбивки, отделки пути и очистки щебня (виброплиты балластировочных машин, втулки подбивочных блоков и гайки подъема электромагнитов машин типа ВПР и ВПО и др.). Повышение долговечности поверхностей сопряжения является актуальной задачей, которая может решаться индукционной центробежной наплавкой антифрикционных порошковых покрытий с наноструктурными модификаторами медных сплавов. С учетом этого разработана технология, которая в отличие от обычной индукционной центро-