

Сафонова Мария Николаевнаканд. тех. наук, доцент СВФУ,
г.Якутск, РФ

E-mail: marisafon_2006@mail.ru.

Федотов Андрей АндреевичСт. преп. СВФУ,
г.Якутск, РФ

E-mail: fedot_andrey@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ АЛМАЗНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА МАТРИЦУ АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация

Приведены результаты исследования влияния ультрадисперсных порошков природного алмаза на физико-механические свойства матрицы алмазного инструмента.

Ключевые слова

ультрадисперсный природный алмаз (УДПА); композиционный алмазосодержащий материал; композит; физико-механические свойства; границы зерен; зернограничное упрочнение.

Введение небольшого количества ультрадисперсных добавок в материал матрицы позволяет улучшить механические и эксплуатационные свойства материалов. Известно, что высокий уровень физико-механических свойств алмазных порошков определяется большей величиной удельной поверхности и дисперсностью зерен, что, в частности, непосредственно вытекает из уравнения Холла-Петча, которое выполняется в широком (вплоть до 1 мкм) диапазоне размера зерен. Определяющим для функциональных свойств этих материалов является масштабный структурный фактор, поскольку он влияет на формирование структурно-чувствительных механических свойств – пределов прочности и текучести. Учитывая качественную корреляцию между пределом текучести и твердостью, можно прогнозировать повышение твердости, в том числе высокотвердых материалов. Высокая адсорбционная способность алмаза может оказывать положительное влияние на композиционный материал, получаемый методами порошковой металлургии совместным спеканием с металлом путем поглощения образующихся в процессе присутствующих в порошке металла газов. Кроме того, частицы ультрадисперсного и нанодиапазона характеризуются высокой поверхностной активностью, позволяющей осуществлять прочное сцепление с матрицей.

Цель работы - разработка и исследование свойств композиционного алмазосодержащего материала с улучшенными физико-механическими свойствами на основе металлической связки М2-01, с использованием природных порошков алмаза двух уровней дисперсности.

В работе использовалась стандартная связка оловянистой бронзы М2-01 (20% олова, 80% меди) с добавками 6 весовых % природных порошков алмаза (ППА) зернистости 315/250 мкм и 0,5-3 весовых % ультрадисперсного природного алмаза (УДПА).

Полученные компакты из вышеуказанных смесей показаны на рис. 1.



Рисунок 1 – Алмазосодержащие композиты на основе металлической матрицы М2-01

Твердость материалов измеряли на приборе FR-3e фирмы Лесо согласно стандартной методике. Индентор – шарик диаметром 3,174 мм, нагрузка 588,4 Н (60 кг) по шкале НВ (поставили данные твердости по НВ).

Микроструктуру материала определяли с помощью оптического микроскопа при увеличении в 1000 раз. Снимки, полученные с помощью микроскопа, были обработаны с помощью программы Image Pro Plus 5.1.

Результаты измерения твердости приведены в таблице 1. Максимальная твердость достигается при введении в состав сплава микропорошка размерности -40 мкм.

Таблица 1

Зависимость значений твердости от зернистости и концентрации алмазных порошков

Зернистость ПА, мкм	Твердость, НВ								
Содер ж., %	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4
3/2	41	42	43	44	43	45	47	47	46
7/5	41	43	47	44	43	44	43	42	42
-40	41	44	48	48	51	51	51	50	50
УДПА	41	45	48	49	53	53	53	52	52

Для определения зависимости структуры сплавов от содержания добавок, были проведены металлографические исследования спеченных образцов.

На рис. 2 представлены снимки микроструктуры бронзовой матрицы без алмазного наполнителя и с разной концентрацией алмазных порошков. Матрица имеет типичное строение оловянистой бронзы, состоящей из двух фаз ($\alpha + \delta$). α -фаза представляет твердый раствор олова в меди, а δ -фаза - электронное соединение $\text{Cu}_{21}\text{Sn}_8$.

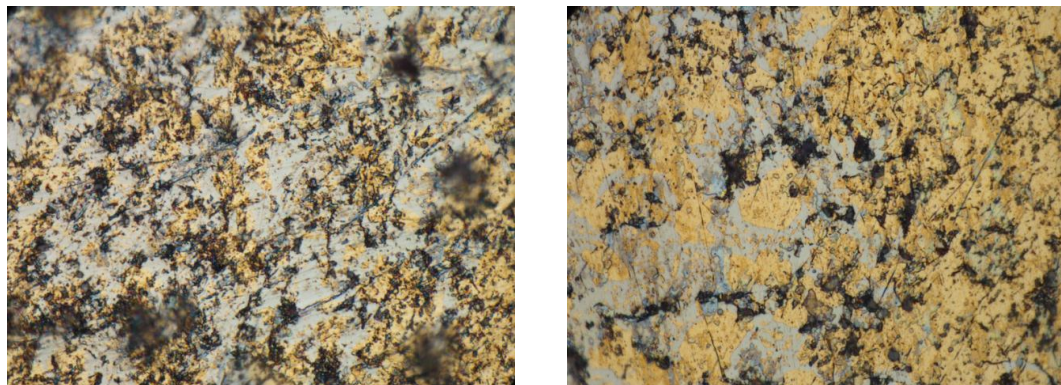


Рисунок 2 – Снимки шлифованной поверхности исходного образца и образца с добавлением 2% частиц алмазных порошков при увеличении $\times 1000$

На микроструктурах бронзовой матрицы, в состав которых были введены алмазные порошки, на границах зерен и раздела фаз видны колонии точечных микрообъектов, образующие дисперсную систему агрегатного типа.

Наличие на границах раздела микрочастиц алмаза повышает их развитость, увеличивая длину периметра микроструктурных объектов. Количественно степень развитости границ можно оценить средней плотностью границ, вычисляемой по формуле:

$$q_{cp} = \frac{P_{cp}}{F_{cp}} = \frac{\sum P_i}{\sum F_i} \quad (1)$$

где P_{cp} – средний периметр по всем зернам;

F_{cp} – средняя площадь по всем зернам.

С повышением концентрации алмазного наполнителя развитость границ раздела возрастает. Это наглядно демонстрируется зависимостью средней плотности границ как функции концентрации алмазного наполнителя (рис. 3а). Наличие максимума в районе 2 % концентрации указывает, что введение большего количества алмазного наполнителя нецелесообразно.

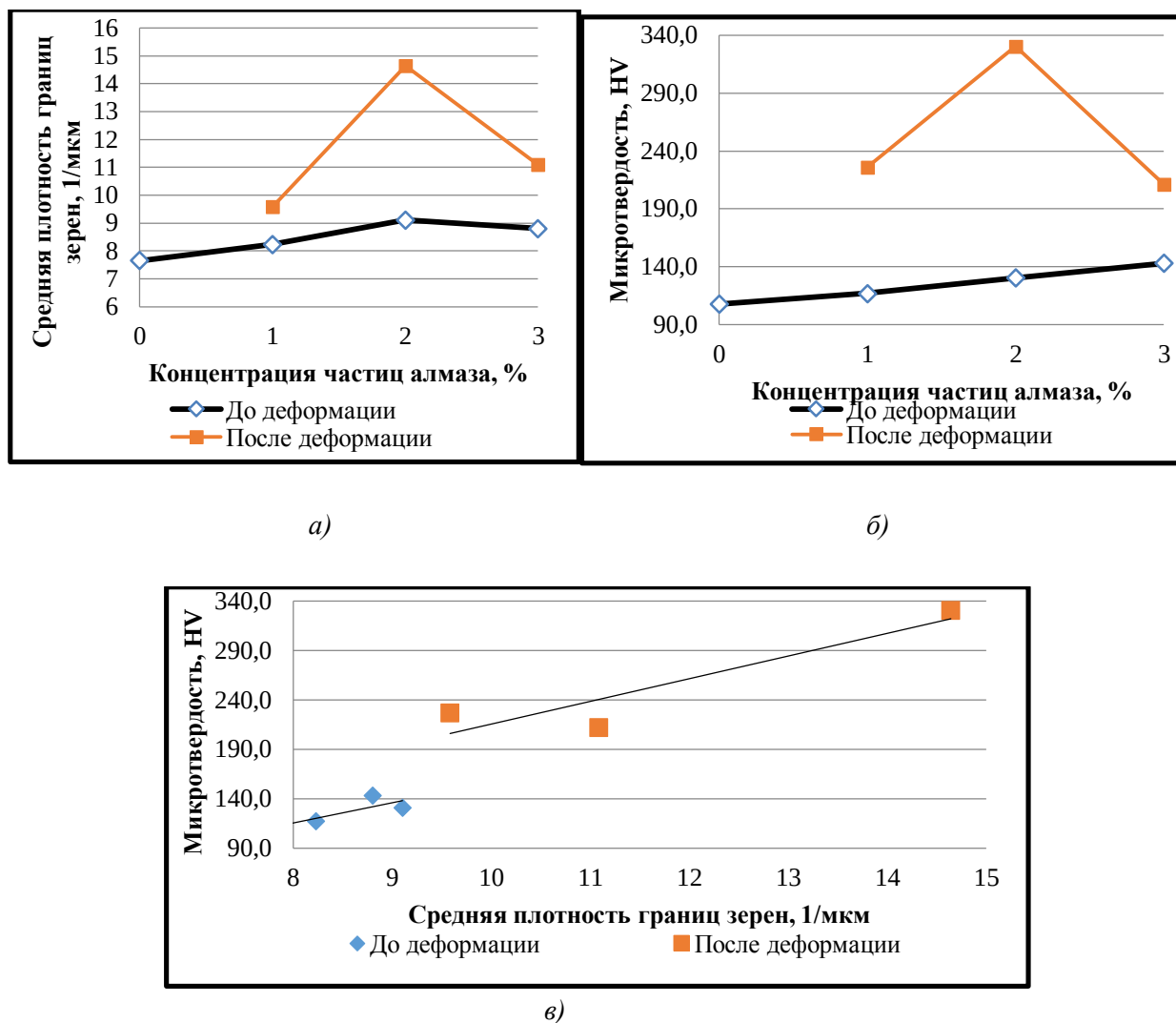


Рисунок 3 – Влияние концентрации частиц алмаза на среднюю плотность границ зерен (а) и микротвердость (б) и зависимость микротвердости от средней плотности границ зерен (в) в образцах до и после деформации

Упрочнение поликристаллического материала связано с торможением дислокаций, при этом активным барьером для скольжения дислокаций являются дисперсные микрочастицы и границы раздела зерен и фаз. С повышением общей протяженности границ раздела повышается потенциальная способность блокировки дислокаций. Следовательно, с повышением степени развитости границ прочность материала должна возрастать.

Зависимость микротвердости матрицы от концентрации алмазного наполнителя (рис. 3б) отражает суммарное влияние дисперсионного и зернограницного механизма торможения дислокаций. Зависимость микротвердости от содержания алмазного наполнителя (рис.3б) и от средней плотности границ (рис.3в) убедительно подтверждают ранее высказанное предположение.

На рис.4 представлены оптические изображения микроструктур деформированных образцов после испытаний на сжатие.

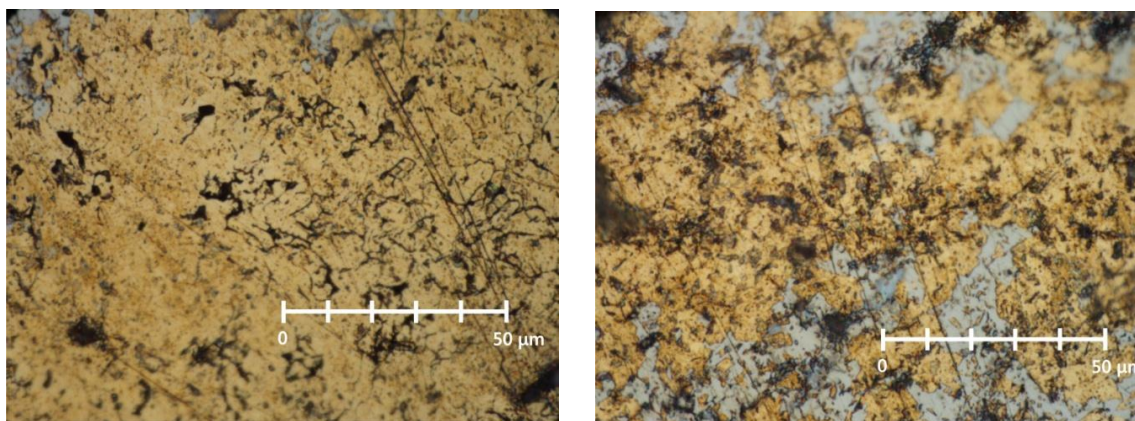


Рисунок 4 – Микроструктура образцов сплава М2-01 с 3% содержанием УДПА после деформации сжатия

Максимальное значение средней плотности границ зерен у деформированных образцов выше, чем у исходных. Этот факт объясняется увеличением количества микроструктурных объектов за счет более четкого выделения границ зерен или микротрещин на снимках. При деформировании дислокации, образующиеся в материале, будут концентрироваться на границах зерен и расширять последние, вследствие чего границы зерен у деформированных образцов при травлении будут четче проявляться.

Наблюдается корреляция расчетных значений средней плотности границ зерен у деформированных образцов по сравнению с исходными (рис. 3а). Это обусловлено теми же факторами, влияющими на среднюю плотность границ зерен.

Отмечена более высокая микротвердость деформированных образцов по сравнению с исходными. Это обусловлено механизмом дисперсионного упрочнения материала, при котором частицы алмаза, не осадившиеся на границах зерен и находящиеся внутри зерен работают при деформировании согласно механизму Орована при котором дислокации, возникающие при нагрузке, задерживаются вокруг частиц дисперсного наполнителя. Отмечается также корреляция значений микротвердости и средней плотности границ зерен в зависимости от концентрации алмазных порошков (рис. 3а и 3б). К тому же при деформировании поры, образовавшиеся в материале, ликвидируются. При этом в целом будет увеличиваться плотность материала.

Выводы

Выявлено, что добавка мелкодисперсных алмазных частиц в количестве 1-3% в металлическую матрицу положительно влияет на качество получаемых композиционных материалов. В результате повышаются плотность, твердость, прочность и износостойкость, уменьшается пористость материалов, что позволяет прогнозировать улучшение эксплуатационных показателей работы изготовленного из них алмазного инструмента. Повышение прочностных характеристик композиционного материала происходит за счет механизмов дисперсного и зернограницного упрочнений, а также повышения плотности материала.

Статья написана при поддержке Гранта Главы Республики Саха (Якутия)

© Сафонова М.Н., Федотов А.А., 2015

Чернопазов Михаил Сергеевич

Ведущий эксперт ООО «Нефтепромдиагностика»,
г. Пермь, РФ

E-mail: chernopazov@npd.perm.ru

Миронов Илья Сергеевич

Заместитель ГД, руководитель экспертного центра
ООО «Нефтепромдиагностика»,
г. Пермь, РФ

E-mail: mironov@npd.perm.ru

Постаногов Сергей Александрович

Главный инженер ООО «Нефтепромдиагностика»,
г. Пермь, РФ

E-mail: postanogov@npd.perm.ru

Будник Александр Семенович

Генеральный директор
ООО «Нефтепромдиагностика»,
г. Пермь, РФ

E-mail: budnik@npd.perm.ru

ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ОЦЕНКИ ИЗМЕРЯЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Аннотация

В данной статье представлен обзор работ выполненных в области технического диагностирования и экспертизы промышленной безопасности опасных производственных объектов. Материал содержит основные понятия в области продления сроков безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений, анализ данных, полученных в ходе технического диагностирования, некоторые методы повышения достоверности результатов технического диагностирования, а так же особенности проведения расчетов на прочность и оценки остаточного ресурса [1], [2].

Ключевые слова

промышленная безопасность, диагностика, статистический анализ, прогнозирование, закон Вейбулла.

Анализ результатов на этапах предыдущих обследований

В качестве параметров технического состояния для прогнозирования остаточного ресурса сосудов и аппаратов нефтегазовой промышленности, работающих под давлением (далее по тексту СПД), чаще всего используют измеренные величины возникших повреждений (глубины коррозии, величины эрозионного или механического износа, остаточной пластической деформации), данные об изменении физико-химических характеристик материалов, а также число циклов нагружения СПД.

Существенно повысить достоверность результатов технического диагностирования позволяет анализ результатов предыдущих обследований, если таковые имели место.

Анализ данных предыдущих обследований, позволяет еще до начала текущего технического диагностирования, установить основные повреждающие факторы, действующие на СПД, а так же наиболее подверженные износу элементы или участки СПД. Отсюда вытекает возможность более корректно установить объем, виды и места проведения неразрушающего контроля для рассматриваемого объекта.

Кроме того, результаты предыдущих обследований, позволяют более точно оценить закономерность изменения численных параметров технического состояния обследуемого объекта во времени. К этим параметрам относятся:

- толщина и коррозионный износ элементов технического устройства или оборудования;