

А. Саградян, С. Агбальян, А. Мартиросян,
Н. Ордян, Х. Погосян, Ереван, Армения

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АЛМАЗНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ НА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ СВЯЗКЕ

Аннотация. В работе исследована оптимизация технологии изготовления алмазных инструментов на базе разработанного ранее авторами метода двухэтапного свободного жидкофазного спекания алмазно-металлических прессовок. Для изучения возможностей оптимизации технологии изготовления алмазно-металлических композитов методом свободного спекания была выбрана металлическая связка состава (вес. %) 51%Fe – 9%Ni – 32%Si – 8%Sn. Изучены влияние температуры и продолжительности спекания образцов, полученных при различных давлениях холодной прессовки, на твердость и прочность инструмента. Результаты исследований твердости и прочности на срез композиционных материалов, полученных по оптимизированной технологии, позволяют судить о возможностях ее применения для изготовления алмазных инструментов. Задачу повышения долговечности инструментов осуществлялось за счет металлизации термодиффузионным насыщением в галогеносодержащей среде алмазных порошков титаном. Оптимизированную технологию можно рекомендовать в производстве высокопроизводительных алмазных инструментов.

Ключевые слова: свободное спекание; композиция; аргон; холодное прессование; металлизация; жидкая фаза.

Применение алмазных инструментов на металлических связках при тяжелых режимах обработки на практике подчеркивает неоспоримое преимущество таковых перед инструментами на органических, керамических, резиновых и др. связках. Алмазные инструменты на металлических связках, изготовленные методом порошковой металлургии, отличаются высоким качеством и долговечностью, а сам метод их получения дает широкие возможности для разработок новых технологий и составов связок [1]. Ранее разработанная нами технология изготовления алмазных инструментов на металлической связке методом свободного двухэтапного спекания алмазно-металлических прессовок [2] позволяет получать высокопроизводительные инструменты за счет обновления в режиме самозатачивания режущих кромок алмазно-металлических композитов. Интерес к этой технологии (рис.1) вызван отсутствием необходимости применения жаропрочных или высокопрочных графитовых пресс-форм, используемых при горячей прессовке алмазно-металлических композиционных материалов, а также высокой производительностью.

Вместе с этим возможное упрощение технологической схемы изготовления алмазно-металлических композитов будет способствовать более широкому применению данного метода в производстве алмазных инструментов.



Рисунок 1 – Технологическая схема изготовления алмазно-металлических композитов

Метод свободного спекания с использованием различных технологических схем и составов металлических связок описан в ряде научных публикаций [3, 4]. На основании анализа результатов исследований этих работ можно прийти к следующему выводу: прочные и износостойкие алмазно-металлические композиты возможно получить либо при слишком высоких давлениях холодной прессовки, либо при высоких значениях температуры спекания. Как известно, высокие значения этих технологических параметров изготовления отрицательно влияют на качество готового алмазного инструмента. Так, высокие давления прессования приводят к разрушению части алмазных порошков, а высокая температура спекания – к разупрочнению таковых.

Целью исследований является оптимизация технологии изготовления алмазных инструментов на базе разработанного нами метода двухэтапного свободного спекания алмазно-металлических прессовок, как минимум без ухудшения физико-механических свойств изделий, полученных оптимизированной технологией.

Известно, что металлы группы железа способны образовать прочный каркас, удерживающий в себе алмазные зерна. Для изучения возможностей оптимизации технологии изготовления алмазно-металлических композитов методом свободного спекания была выбрана

смесь металлических порошков группы железа и медь-олова (4:1) в пропорциях 60 и 40 масс. % [5]. Наличие в смеси 40 %-ов пластической составляющей с низкой температурой плавления на наш взгляд позволяет получить изделия с хорошими физико-механическими свойствами при средних значениях давления прессовки и температуры спекания.

Нами были проведены исследования физико-механических свойств, прессованных и спеченных в среде аргона образцов размеров 40x5x6 мм, без предварительного их спекания в восстановительной среде и повторной холодной допрессовки. Значения твердости и прочности спеченных образцов являются теми показателями физико-механических свойств, которые характеризуют эксплуатационные свойства многокомпонентной металлической связки, используемой в производстве алмазных инструментов. Этот факт и был определяющим в выборе направления исследований. С целью определения оптимальных значений температуры и продолжительности термофиксации, необходимых для получения достаточно твердых и прочных спеченных в защитной среде образцов были изучены влияние температуры и продолжительности спекания образцов, полученных при различных давлениях холодной прессовки, на твердость и прочность инструмента. Результаты исследований твердости (рис. 2, а, б) и прочности на срез (рис. 3, а, б) композиционных материалов (вес.%) 51Fe - 9Ni - 32Cu - 8Sn, полученных по упрощенной технологической схеме позволяют судить о возможностях ее применения для изготовления алмазных инструментов.

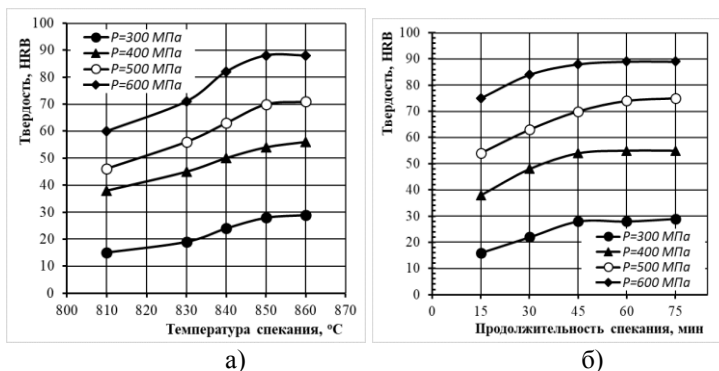


Рисунок 2 – Зависимость твердости образцов состава 51Fe – 9%Ni – 32%Cu – 8%Sn изготовленных при различных давлениях холодной прессовки P от температуры T °C (а) при продолжительности спекания τ=45 мин, и продолжительности спекания τ (б), при T=850 °C

Анализ результатов исследований показал, что спеченные образцы состава 51%Fe – 9%Ni – 32%Cu – 8%Sn достигают средних значений твердости и прочности при давлении холодного прессования $P=600$ МПа. Оптимальная температура и продолжительность спекания, обеспечивающие максимальные показатели твердости и прочности, при этом были соответственно $T=850$ °C и $\tau=45$ мин. Дальнейшее повышение температуры и продолжительности спекания приводили к незначительному короблению образцов, без значимого улучшения показателей твердости и прочности. Очевидно при $T=850$ °C и $\tau=45$ мин процесс взаимной диффузии металлических порошков многокомпонентной связки с образованием раствора олова, железа и никеля в меди и эвтектоида состава 51%Fe – 9%Ni – 32%Cu – 8%Sn достигает своего завершения [5].

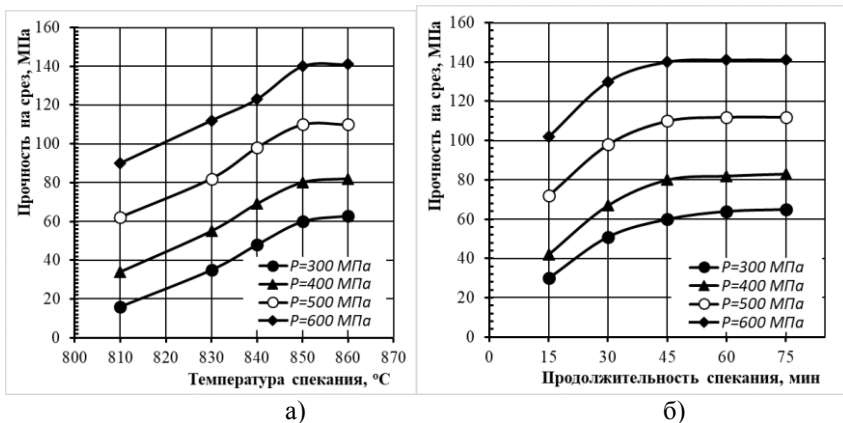


Рисунок 3 – Зависимости прочности на срез образцов состава 51%Fe – 9%Ni – 32%Cu – 8%Sn, изготовленных при различных давлениях холодной прессовки P от температуры T °C (а) при продолжительности спекания $\tau=45$ мин, и продолжительности спекания τ (б), при $T=850$ °C

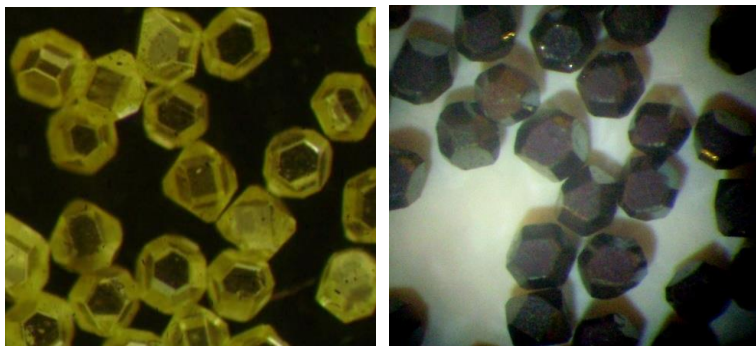
Таким образом, было установлено, что с использованием оптимизированной технологии получения композиционного материала 51%Fe – 9%Ni – 32%Cu – 8%Sn, включающей в себе прессование порошковой смеси и свободное жидкофазное спекание заготовок в нейтральной среде можно получить образцы с физико-механическими характеристиками, не уступающими характеристикам аналогичных образцов, изготовленных по выше описанной технологической схеме (рис. 1). Однако, поскольку в оптимизированной технологии отсутствуют операции

спекания в восстановительной среде с повторным прессованием спеченных образцов, важно, чтобы при этом металлические порошки железа, никеля, меди, олова были свежими и по показателям прессуемости соответствовали своим стандартам.

Фактически, оптимизированную технологию обеспечивающую получение достаточно прочных и твердых изделий можно рекомендовать в производстве высокопроизводительных алмазных инструментов. Задачу повышения долговечности инструментов, изготовленных по оптимизированной технологии предлагаем осуществить за счет металлизации термодиффузионным насыщением в галогеносодержащей среде [6] алмазных порошков титаном, т.е. металлом, наиболее активным как к углероду, так и к элементам металлической связи. Визуальным осмотром металлизированных алмазов (рис. 4а, б) установлено наличие равномерной по толщине пленки титана по всей поверхности зерна. Исследования электронным микрорентгеноспектральным микроскопом VEGA TS5130 MM, оборудованным микроанализатором INGA Energy 300, фрактограммы поверхности металлизированного алмаза (рис. 5, а) и сканограммы поверхности границы металлизированного алмаза со связкой 51%Fe – 9%Ni – 32%Cu – 8%Sn (рис. 5, б) показали, что:

а) титановым покрытием, наряду с обеспечивающим качественной адгезионной к алмазным зернам пленки можно добиться упрочнения алмазов за счет «залечивания» поверхностных дефектов;

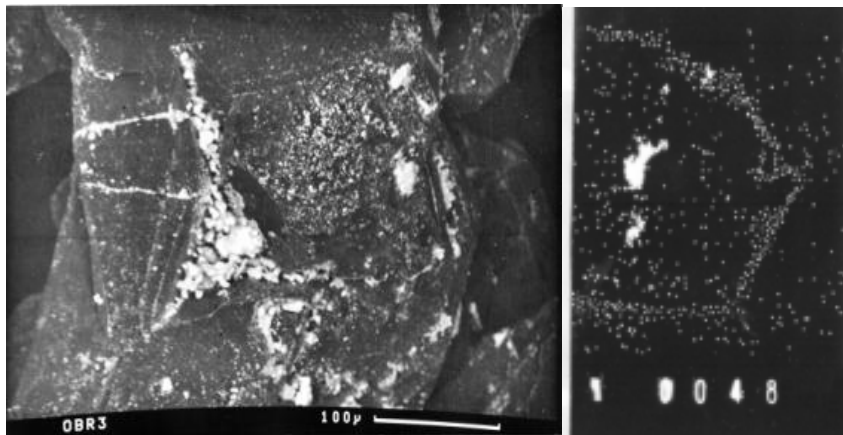
б) титановое покрытие (белые точки) на границе металлизированный алмаз-связка и металлы связки взаимной диффузией обеспечивают химические связи друг с другом.



а)

б)

Рисунок 4 – Алмазный порошок до (а) и после (б) металлизации (x 55)



a) x300

б)

Рисунок 5 – Фрактограмма поверхности металлизированного алмаза (а), сканограмма распределения Ti поверхности границы “покрытие-связка” алмаза AC65 315/250 металлизированного титаном (б)

Выводы. Изучена возможность оптимизации технологии изготовления алмазных инструментов на металлической связке 51%Fe – 9%Ni – 32%Cu – 8%Sn методом свободного жидкофазного спекания. Установлены технологические режимы, обеспечивающие максимальные значения физико-механических характеристик образцов, полученных методом свободного спекания. Показано, что оптимизированную технологию можно использовать в производстве алмазных инструментов на металлической связке. Для повышения долговечности таких инструментов отмечена важность металлизации алмазных порошков.

Очевиден эффект экономической выгоды от применения оптимизированной технологии свободного спекания за счет сокращения времени, необходимого для изготовления единицы продукции.

Исследования выполнены при финансовой поддержке ГКН МОН РА в рамках научного проекта 18Т-2F096.

Список использованных источников: 1. Синтетические сверхтвердые материалы: В 3-х т. Т.2. Композиционные инструментальные сверхтвердые материалы. / Под ред.

Н.В. Новикова. - Киев: Наук. думка, 1986. -264 с. 2. Патент на изобретение АМ 2947А, В24Д 3/00, Способ изготовления алмазных инструментов на металлической связке/ А.М. Мартиросян, А.С. Агбальян, А.Н. Казарян, Н.А. Ордян.- Заявл. 09.03.2015, опубл. 25.08.2015. Бюл. №8. 3. Линенко-Мельников Ю.П.; Сухов А.Л.; Кизиков Э.Д.; Мельник В.И.; Муровский В.А. Способ изготовления алмазного инструмента методом порошковой металлургии. Патент РФ №2008188, В24Д3/06, 28.02.1994. 4. Шарин П.П., Яковлева С.П., Гоголев В.Е., Васильева М.В. Структурная организация высокоизносостойких алмазосодержащих композитов на основе твердосплавных порошков, полученных методом спекания с пропиткой медью. // Перспективные материалы. 2015. - №6, с. 66-78. 5. Кизиков Э.Д., Верник Е.Б., Кошевой Н.С. Алмазно-металлические композиции. - Киев: Техника, 1988.-135 с. 6. Патент RU 1343661.Устройство для металлизации порошков из газовой фазы. /Манукян Н.В., Агбальян С.Г. и др., опубл. 20.08.1993г.

Artak Saghradyan, Suren Aghbalyan, Artur Martirosyan,
Nune Ordyan, Hosrov Poghosyan, Yerevan, Armenia

STUDYING OPPORTUNITIES OF OPTIMIZATION METAL BOND DIAMOND TOOLS PRODUCTION TECHNOLOGY

Abstract. *The technology for manufacturing diamond tools based on the method of two-stage free liquid-phase sintering of diamond-metal compacts developed previously by the authors was investigated. To study the possibilities of optimizing the manufacturing technology of diamond-metal composites by free sintering, a metal bond of the composition (wt.%) 51% Fe - 9% Ni - 32% Cu - 8% Sn was chosen. Studies of the physical-mechanical properties of pressed and sintered in an argon medium samples of sizes 40x5x6 mm were carried out, without prior sintering in a reducing medium and repeated cold pressing. In order to determine the optimal values of temperature and the duration of heat setting required to obtain sufficiently hard and strong samples sintered in a protective medium, we studied the effect of temperature and duration of sintering of samples obtained at various cold pressing pressures on the hardness and strength of the tool. The results of studies of the hardness and shear strength of composite materials 51Fe - 9Ni - 32Cu - 8Sn, obtained by the simplified technological scheme allow us to judge the possibilities of its application for the manufacture of diamond tools. We propose to increase the tool durability by metallizing with thermal diffusion saturation of diamond powders with titanium in a halogen-containing medium. It was found that using the optimized technology for the production of composite material 51% Fe - 9% Ni - 32% Cu - 8% Sn, which includes pressing a powder mixture and free liquid-phase sintering of preforms in a neutral medium, it is possible to obtain samples with sufficiently high physical and mechanical characteristics. Optimized technology can be recommended in the production of high-performance diamond tools.*

Keywords: *free sintering; composition; argon; cold pressing; metallization; liquid-phase; physical-mechanical properties.*

Артак Саградян, Сурен Агбалян, Артур Мартиросян,
Нуне Ордян, Хосров Погосян, Єрван, Вірменія

ВИВЧЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ АЛМАЗНИХ ІНСТРУМЕНТІВ НА МЕТАЛЕВІЙ ЗВ'ЯЗЦІ

Анотація. Досліджено розроблену раніше авторами технологію виготовлення алмазних інструментів на основі методу двоступеневого вільного рідкого фазового спікання алмазометалевих компактів. Для вивчення можливостей оптимізації технології виготовлення алмазометалевих композитів шляхом вільного спікання було обрано металеву зв'язку композиції (мас.%) 51% Fe - 9% Ni - 32% Cu - 8% Sn. Були проведені дослідження фізико-механічних властивостей пресованих та спечених у аргоновому середовищі зразків розмірами 40x5x6 мм без попереднього спікання у відновнім середовищі та повторного холодного пресування. З метою визначення оптимальних значень температури та тривалості встановлення тепла, необхідних для отримання достатньо твердих і міцних зразків, спечених у захисному середовищі, ми вивчали вплив температури та тривалості спікання зразків, отриманих при різних тисках холодного пресування, на твердість і міцність інструменту. Результати досліджень твердості та міцності на зсув композиційних матеріалів 51Fe - 9Ni - 32Cu - 8Sn, отримані за спрощеною технологічною схемою, дозволяють судити про можливості її застосування для виготовлення алмазного інструменту. Ми пропонуємо збільшити довговічність інструменту металізацією з термодифузійним насиченням алмазних порошків титаном у середовищі, що містить галогени. Було встановлено, що використовуючи оптимізовану технологію отримання композиційного матеріалу 51% Fe - 9% Ni - 32% Cu - 8% Sn, що включає пресування порошкової суміші та вільне спікання заготовок рідкої фази в нейтральному середовищі, можливо отримати зразки з досить високими фізико-механічними характеристиками. Оптимізовану технологію можна рекомендувати у виробництві високопродуктивних алмазних інструментів.

Ключові слова: вільне спікання; склад; аргон; холодне пресування; металізація; рідка фаза; фізико-механічні властивості.