

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА ИЗГОТОВЛЕНИЯ АЛМАЗНО-МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Артак С. Агбальян, А.М. Мартиросян, Н.А. Ордян, А.Н. Казарян

*Государственный инженерный университет Армении (Политехник)*

Изучена и установлена возможность получения алмазно-металлической спеченной композиции с необходимыми физико-механическими свойствами за счет изменения технологических параметров режима изготовления. Выявлено, что металлическая связка на основе медь-олово с добавками железа, никеля, дробленой чугуновой стружки и карбида бора по своим физико-механическим свойствам отвечает всем требованиям, которые необходимы связке при использовании ее в качестве матрицы в производстве алмазных инструментов. Показано, что для алмазного инструмента того или иного назначения, исходя из режимов его работы и обрабатываемого материала, можно выбрать оптимальный технологический параметр изготовления.

**Ключевые слова:** алмазный инструмент, связка, режим, термофиксация, камень, фреза.

**Введение.** Как известно [1], эффективность работы алмазного инструмента зависит главным образом от выбора связки. Для обработки труднообрабатываемых материалов (природные строительные материалы, кварц, полупроводники и др.) применяют металлические связки. Последние представляют собой композиции металлов, легированные различными элементами или их соединениями, обеспечивающие различную по твердости матрицу. По мере совершенствования технологии синтеза алмазов появилась возможность получения и промышленного выпуска высокопрочных, термостойких синтетических алмазных порошков марок АС 160 и выше. Поэтому сегодня для инструментов необходимо в первую очередь разработать составы более износостойких связок, позволяющих наиболее полное использование ресурсов этих алмазов. Требования, предъявляемые к связкам, весьма разнообразны и зависят, в основном, от вида обработки и обрабатываемого материала, но самое главное - связка должна работать в режиме самозатачивания.

**Постановка задачи и обоснование методики.** В настоящее время отсутствуют научно обоснованные рекомендации по выбору рациональных

сочетаний прочности алмазов, их зернистости, концентрации с учетом физико-механических свойств металлических композиций, а существующие в литературе рекомендации по применению в инструментах на различных металлических связках тех или иных сочетаний носят общий характер.

Исходя из вышесказанного, изучение физико-механических свойств разработанной нами связки [2] на основе медь-олово с добавками железа, никеля, чугунной стружки и карбида бора при различных технологических режимах формования и возможностях получения матрицы необходимой твердости в процессе изготовления инструмента является актуальной задачей и имеет большое практическое значение. Результаты исследования физико-механических свойств изучаемой связки, на наш взгляд, позволят на практике, варьируя технологическими параметрами изготовления, получать композиционные спеченные изделия (алмазные инструменты) с оптимальными характеристиками для максимально эффективной обработки природных материалов из камня резанием, шлифованием или сверлением.

Прочность алмазно-металлического спеченного композиционного материала зависит от энергии химической связи между элементами, составляющими эту композицию [3]. При проведении экспериментов в образцах вместо более дешевого, заменяющего алмазы абразивного порошка использовали алмазные порошки АС32 250/200 средней прочности. В этом случае обеспечивается полная идентичность результатов исследований с работой алмазных инструментов, изготовленных с применением этой связки, поскольку учитывается также и степень адгезии металлической связки к алмазу.

**Результаты исследования.** С целью проведения экспериментов было изготовлено 96 партий (по 6 штук в каждой партии) алмазно-металлических прямоугольных образцов (брикетов) размерами 24x8,5x8,5 мм. В процессе изготовления образцов неизменной была только температура спекания  $T=720\pm 10$  °С. Параметры варьирования: выдержка (продолжительность термофиксации)  $t$ , мин; давление горячей формовки (прессования)  $P_{\phi}$ , МПа; относительная концентрация алмазных порошков  $K$ , %.

У всех образцов определены твердость и прочность на сжатие по длине. Результаты проведенных экспериментов представлены на рис. 1 - 4.

Основным показателем износостойкости спеченных образцов является твердость. Значения этого показателя при различных давлениях горячей формовки и времени термофиксации помогут определить влияние этих технологических параметров на физико-механические характеристики изучаемой связки. Представленные на рис. 1а-г зависимости твердости спеченных композиционных образцов при различных значениях концентраций, давлениях горячего прессования и выдержках показывают, что при одинаковых

значениях горячей формовки в интервале 40...140 МПа образцы, изготовленные при 15- минутной выдержке, по твердости значительно уступают образцам с 30-, 45-, 60- минутными выдержками. Близость же результатов твердостей образцов с 30-, 45-, 60- минутными выдержками позволяет сделать вывод, что уже при 30- минутной выдержке процесс химического взаимодействия элементов алмазно-металлической композиции в основном завершается, и дальнейшее увеличение продолжительности термофиксации незначительно влияет на формирование физико-механических свойств. Что касается давления горячей формовки, то, как видно из графиков, уже при значениях всего 60 МПа и выдержке 30 мин можно получить композиции, твердость которых, в зависимости от относительной концентрации алмазов (25, 50, 75, 100%), составляет HRB=84...81 ед., а в интервале от 100 до 140 МПа обеспечивается твердость образцов от HRB~91...89 ед. до HRB~96...94 ед. Такие же значения твердостей имеют некоторые металлические связки [3 - 5], используемые для изготовления алмазных инструментов, но эти значения получаются при более значительных давлениях горячей формовки, что свидетельствует о перспективности предлагаемой связки для производства алмазных инструментов. Сравнительный анализ результатов измерений (рис. 1 а - г) показал, что при одинаковых технологических режимах изготовления твердости спеченных образцов остаются практически неизменными с изменением в них относительной концентрации алмазных порошков от 25 до 100%.

Другим важным показателем для алмазно-металлических композиционных материалов, учитывая условия работы алмазных инструментов, является прочность. По результатам испытаний спеченных композиционных образцов 24x8,5x8,5 АС32 250/200 25...100% построены зависимости прочности на сжатие от давления горячего прессования (формовки) при различных значениях выдержки.

Из графиков, представленных на рис. 2а-г, видно, что образцы, изготовленные с 15-минутной выдержкой температуры спекания, по прочностным показателям заметно уступают образцам с 30-, 45-, 60- минутной продолжительностью термофиксации (величина давления горячей формовки всех образцов была одинакова - от 40 до 140 МПа). Значения прочностей образцов, изготовленных при выдержках 30, 45, 60 мин и давлениях горячего прессования 100 МПа и более, расположены довольно близко друг к другу (рис. 3), что свидетельствует о правильности наших выводов, а именно: процесс химического взаимодействия элементов, составляющих алмазно-металлическую композицию, в основном, завершается при 30- минутной продолжительности термофиксации.

Как видно из графиков (рис. 2 а - г), прочность спеченных образцов резко увеличивается с повышением давления горячей формовки от 40 до 100 МПа. Прочности образцов, полученных при давлениях 120 и 140 МПа, не слишком отличаются от образцов, изготовленных при давлениях 100 МПа, однако при одинаковых технологических режимах изготовления алмазно-металлических образцов показатели прочностей понижаются с изменением в них относительной концентрации алмазного порошка от 25 до 100% (рис. 4).

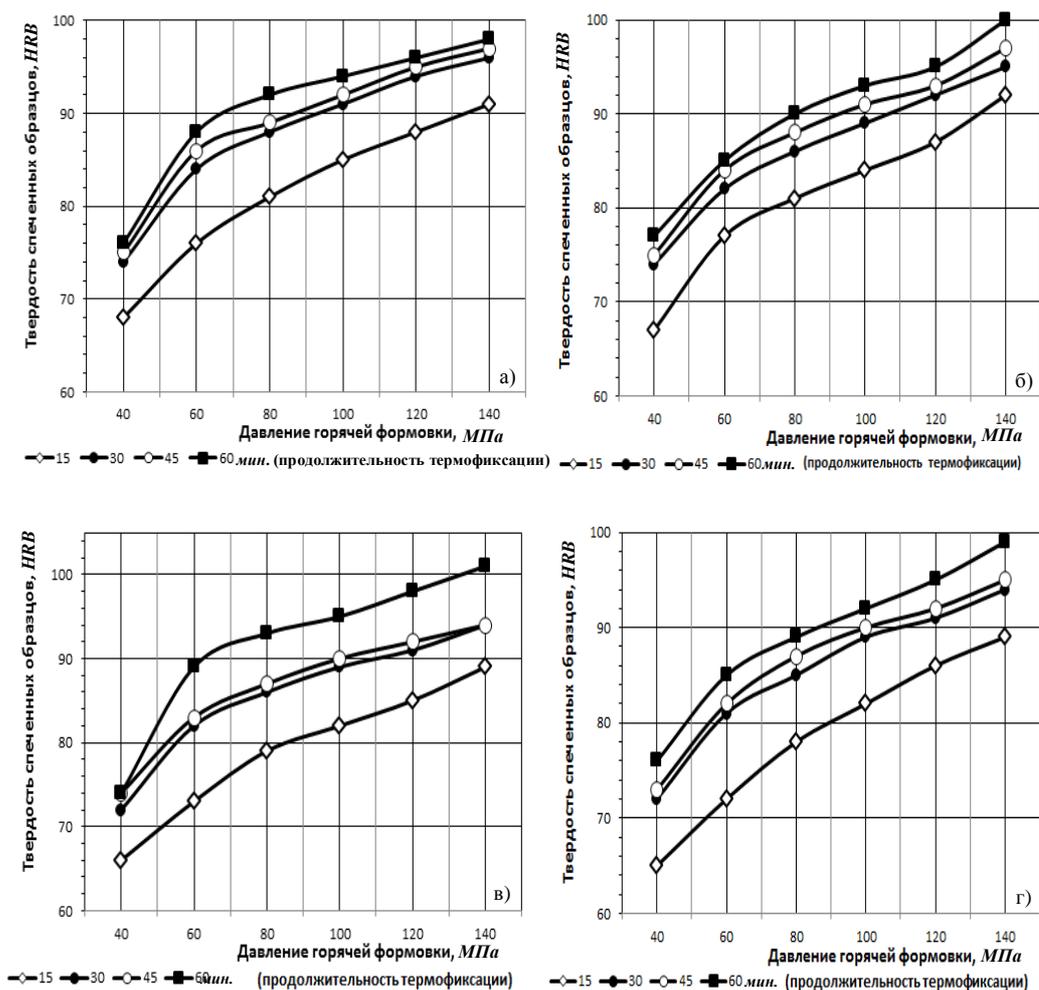


Рис. 1. Зависимости твердости спеченных композиционных образцов 24x8,5x8,5 AC32 250/200 при различных продолжительностях термофиксации:

а – 25% от давления горячей формовки; б – 50% от давления горячей формовки; в – 75% от давления горячей формовки; г – 100% от давления горячей формовки

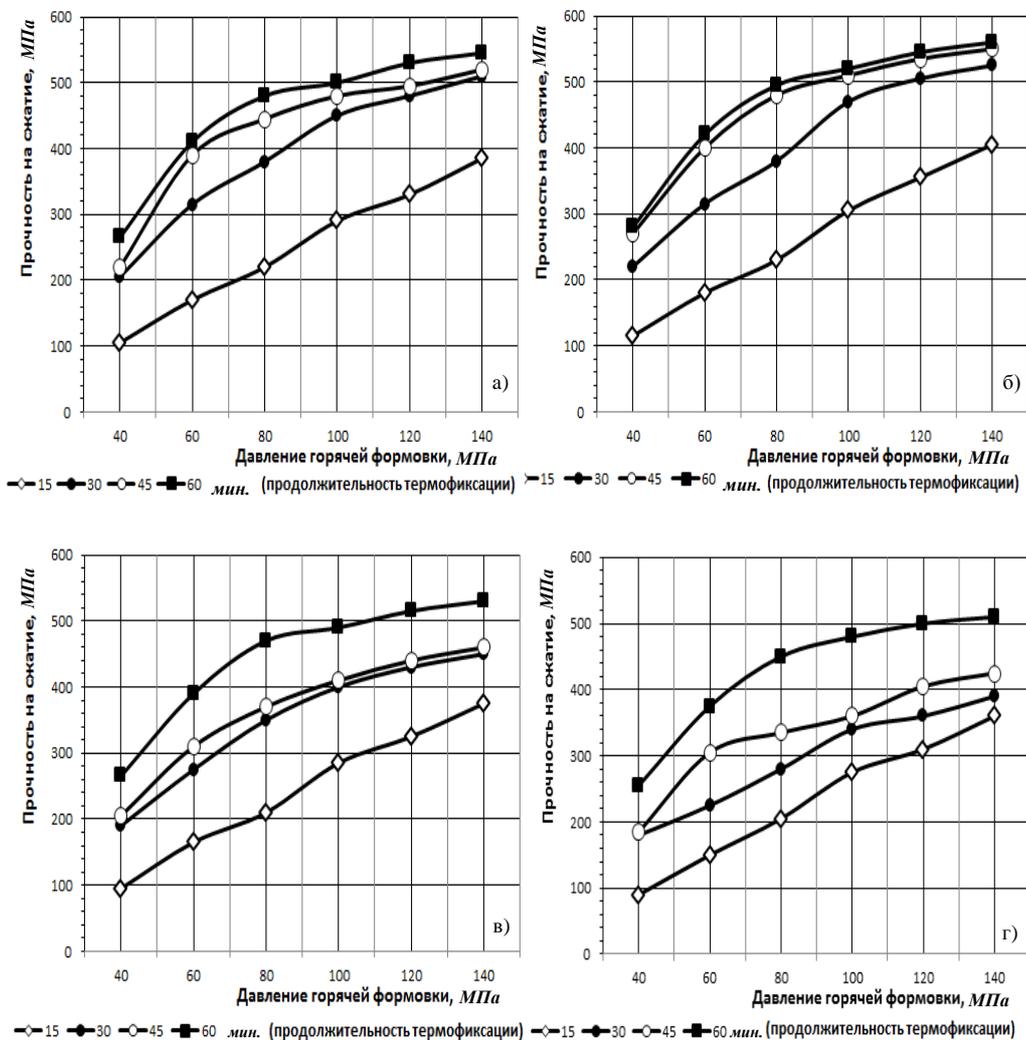


Рис. 2. Зависимости прочности на сжатие спеченных композиционных образцов 24x8,5x8,5 АС32 250/200 при различных продолжительностях термофиксации: а – 25% от давления горячей формовки; б – 50% от давления горячей формовки; в – 75% от давления горячей формовки; г – 100% от давления горячей формовки

Вышесказанное объясняется тем, что энергия химической связи металлических составляющих элементов связки более высокая, чем какого-либо элемента с алмазным зерном [6]. Поэтому если рассматривать алмазные зерна как поры, то будет ясно, что с увеличением относительной концентрации алмазных порошков в образцах энергия связи алмазно-металлического

композиционного материала уменьшается, и разрушение их наступает при более низких нагрузках.

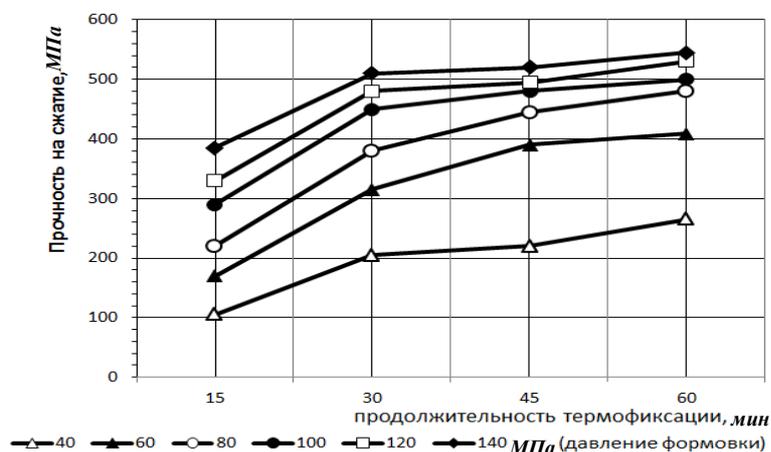


Рис.3. Зависимости прочности на сжатие спеченных композиционных образцов 24x8,5x8,5 AC32 250/200, 50% от продолжительности термофиксации при различных давлениях горячей формовки

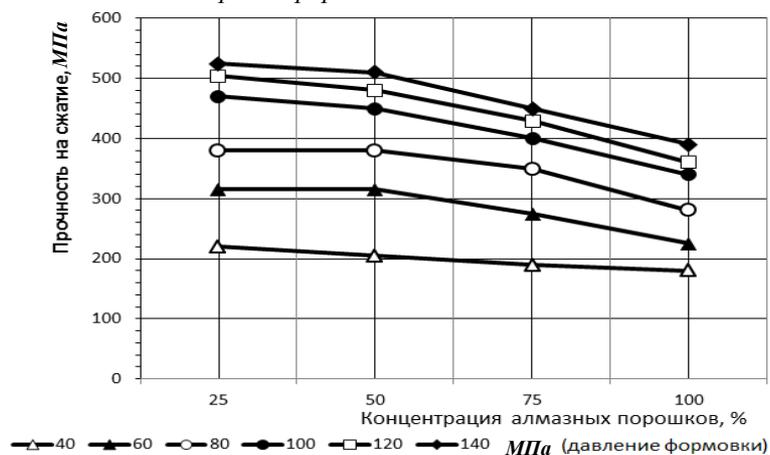


Рис. 4. Зависимости прочности на сжатие спеченных композиционных образцов 24x8,5x8,5 AC32 250/200 от концентрации алмазных порошков при различных давлениях горячей формовки и продолжительности термофиксации 30 мин

**Заключение.** На основании полученных результатов сделаны следующие выводы:

- 1) металлическая связка на основе медь-олово с добавками железа, никеля, дробленой чугушной стружки и карбида бора по своим физико-

механическим свойствам отвечает всем требованиям, которые необходимы связке при использовании ее в качестве матрицы в производстве алмазных инструментов;

- 2) меняя технологические режимы изготовления, в частности давление горячей формовки и продолжительность термофиксации, можно использовать эту связку для изготовления алмазных инструментов с необходимыми рабочими характеристиками, обеспечивающими эффективную обработку резанием, шлифованием и сверлением природных камней различной твердости;
- 3) на основе этой связки можно изготовить алмазные инструменты разного назначения, что свидетельствует о технологичности изучаемой связки.

С целью подтверждения наших выводов были изготовлены алмазные пальцевые фрезы для обработки природных камней разных твердостей на станках с ЧПУ, которые были испытаны в производственных условиях. Наиболее эффективными в процессе обработки (фрезерования) гранита (высокая производительность с удовлетворительной износостойкостью) оказались фрезы со средними показателями твердости HRB~80 ед., у которых производительность обработки в 1,5 раза выше, чем у аналогичного инструмента с показателями твердости HRB~100 ед., хотя последние превосходно проявили себя при обработке природного песчаника (базальта).

Следует отметить, что уникальность и технологичность предлагаемой связки еще и в том, что, меняя лишь режимы ее изготовления, можно получить высокопроизводительные алмазные инструменты для конкретного обрабатываемого материала и оборудования с максимальной эффективностью работы.

### Литература

1. **Галицкий В.Н., Киришук А.В., Муровский В.А.** Алмазно-абразивный инструмент на металлических связках для обработки твердого сплава и стали.- Киев: Наукова думка, 1986.-144 с.
2. Патент на изобретение АМ 2100А2, В24Д 3/00. Металлическая связка для изготовления алмазных инструментов / **А.М. Мартирисян, Н.А. Ордян, А.Н. Казарян.**- Заявл. 01.11.2007; Опубл. 26.05.2008.- Бюл. №4 (81).
3. Адгезия и контактное взаимодействие расплавов: Сб.науч.тр. / АН УССР. Ин-т пробл. материаловедения им. И.Н. Францевича; Редкол.: **Ю.В. Найдич** (отв.ред.) и др. - Киев: Наукова думка, 1988. - 231 с.
4. **Кизиков Э.Д., Верник Е.Б., Кошевой Н.С.** Алмазно-металлические композиции. - Киев: Тэхника, 1988.-135 с.

5. А.с. 878551 СССР, МКИ<sup>3</sup> В 24 D 3/06. Металлическая связка для изготовления алмазного инструмента.- 1982.
6. А.с. 339393 СССР, МКИ<sup>3</sup> В 24 D 3/06. Металлическая связка для изготовления алмазного инструмента.- 1972.

*Поступила в редакцию 23.09.2014.  
Принята к опубликованию 24.10.2014.*

**ԱԼՄԱՍՏԱՄԵՏԱՂԱԿԱՆ ԿՈՄՊՈԶԻՑԻԱՅԻ ՖԻԶԻԿԱՄԵԽԱՆԻԿԱԿԱՆ  
ՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ ՆՐԱ ՊԱՏՐԱՍՏՄԱՆ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՌԵԺԻՄՆԵՐԻ  
ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ**

**Արտակ Ս. Աղբալյան, Ա.Մ. Մարտիրոսյան, Ն.Ա. Օրդյան, Ա.Ն. Դազարյան**

Հետազոտվել և հաստատվել է ավաստամետաղական եռակալված կոմպոզիցիայի՝ անհրաժեշտ ֆիզիկամեխանիկական հատկություններով ստացման հնարավորությունը՝ նրա պատրաստման ռեժիմի տեխնոլոգիական պարամետրերի փոփոխման հաշվին: Բացահայտվել է, որ պղինձ-անագ հիմքին երկաթի, նիկելի, մանրացված թուջե տաշեղների և բորի կարբիդի ավելացումով մետաղական կապակցանյութը, ըստ ֆիզիկա-մեխանիկական հատկությունների, բավարարում է բոլոր պահանջները, որոնք անհրաժեշտ են այն որպես մայրակ ավաստային գործիքների արտադրությունում օգտագործելու համար: Ցույց է տրվել, որ որոշակի նշանակություններով ավաստային գործիքի համար, համապատասխան նրա աշխատանքի ռեժիմներին և մշակվող նյութին, կարելի է ընտրել պատրաստման լավարկված տեխնոլոգիական պարամետր:

**Առանցքային բառեր.** ավաստային գործիք, կապակցանյութ, ռեժիմ, եռակալում, քար, ֆրեզ:

**INVESTIGATING THE IMPACT OF THE PARAMETERS OF PRODUCTION  
TECHNOLOGY ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF DIAMOND-  
METAL COMPOSITIONS**

**Artak S. Aghbalyan, A.M. Martirosyan, N.A. Ordyan, A.N. Ghazaryan**

The possibility of obtaining a diamond-metallic sintered composition with the required physical and mechanical properties by changing the technological parameters of its production mode is studied and established. It is revealed that the metal connective based on the copper-tin with additives of iron, nickel, crushed pig-iron chips and boron carbide, by its physicomechanical properties, meets all the requirements necessary for a sheaf at its use as a matrix at producing diamond tools. It is shown that for a multi-purpose diamond tool, based on its operation modes and the processed material, the optimal technological manufacturing parameters can be selected.

**Keywords:** diamond tool, connective, regime, thermofixation, stone, mill.