

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ АЛМАЗНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ДОСТИЖЕНИЯ

А.М. Мартиросян, А.С. Агбалиян, А.Н. Казарян, Н.А. Ордян, П.М. Есяян

Национальный политехнический университет Армении

Изучено влияние технологических параметров изготовления алмазного инструмента на основе медно-оловянной металлической связки, содержащей железо, никель, порошок чугуна и карбид бора, на его стойкость. Установлена степень влияния продолжительности спекания, давления горячего формования и температуры спекания алмазного инструмента на его стойкость. Выявлено, что роль давления горячего прессования и температуры спекания наиболее значима при формировании физико-механических свойств алмазно-металлической композиции. Установлено, что выбором оптимальных технологических режимов изготовления можно обеспечить максимальную эффективность работы алмазного инструмента.

Ключевые слова: алмазный инструмент, связка, технологические параметры.

Введение. Применение абразивного инструмента из сверхтвёрдых материалов позволяет интенсифицировать процесс обработки неметаллических материалов, в частности, строительных камней природного и синтетического происхождения. В связи с этим все большее значение приобретают абразивные инструменты из высокопрочных синтетических алмазов. По сравнению с инструментами на органических и керамических связках, инструменты на металлических связках обладают более высокой износостойкостью, алмазодержанием, теплопроводностью и эффективно применяются при повышенных режимах обработки [1]. Существует несколько способов получения алмазных инструментов на металлической связке: гальванический, литейный, плазменного напыления, способ порошковой металлургии. Последний из них в настоящее время наиболее широко применяется при изготовлении алмазного инструмента. Он позволяет получать инструменты высокого качества, а также открывает большие возможности при разработке составов связок, от которых зависит работоспособность инструмента [2]. Сущность способа порошковой металлургии заключается в подготовке металлической шихты с алмазами, их формовании и спекании. В зависимости от методов формования и спекания алмазосодержащего слоя способ порошковой металлургии имеет несколько разновидностей [3]: прессование алмазосодержащей шихты с последующим спеканием и горячей допрессовкой; прессование шихты с последующей пропиткой пористого алмазосодержащего изделия расплавленными металлами; прокатка алмазосодержащей шихты с последующим спеканием; спекание алмазосодержащей смеси под давлением.

Наибольшее распространение при изготовлении алмазного инструмента на металлических связках получил способ прессования алмазосодержащей шихты с последующим ее спеканием и горячей допрессовкой. В практике изготовление алмазного инструмента на металлической связке с применением этого способа имеет ряд преимуществ по сравнению с остальными способами: высокая производительность, т.к. в одной пресс-форме одновременно можно спекать несколько инструментов; достаточно высокая точность изготовления алмазосодержащего слоя, т.к. геометрические параметры инструмента обеспечиваются формирующими поверхностями пресс-формы, где практически исключается усадка алмазосодержащего слоя после спекания; стабильность свойств и относительно низкие температуры спекания (до 880 °С), что гарантирует сохранение качества алмаза в процессе спекания; возможность путем изменения технологических параметров изготовления регулировать физико-механические свойства алмазосодержащего слоя.

Из-за многообразия составов, характеристик алмазных порошков, технологических схем изготовления инструмента до настоящего времени не выработано единого подхода к выбору состава связки. Как правило, стремятся к тому, чтобы алмазно-металлическая композиция работала в режиме самозатачивания. Универсальных связок, в одинаковой мере эффективных при обработке природных и синтетических камней с разными свойствами, не существует. В связи с этим требования, предъявляемые к связкам, весьма разнообразны и во многом зависят от вида обработки и обрабатываемого материала. Для эффективной работы алмазного инструмента в режиме самозатачивания наряду с оптимальными характеристиками алмазного порошка связка должна иметь оптимальный износ, обеспечивающий постоянное обновление режущих кромок алмазных зерен. Если связка имеет износостойкость ниже оптимальной и в ней отсутствует элемент, химически активный к алмазам, то последние из-за плохого зерноудержания преждевременно из нее выпадают, в результате чего они используются нерационально, что снижает стойкость алмазного инструмента. Если же износостойкость металлической связки выше оптимальной, то на вершинах режущих алмазных зерен происходит затупление с образованием значительных площадок, в результате чего для их внедрения в обрабатываемый материал требуются дополнительные силы, которые приводят к возникновению больших усилий обработки, к увеличению коэффициента трения и разрушению алмазосодержащего слоя [4]. По мере износа самой связки происходит удаление из алмазосодержащего слоя алмазных зерен. Износ алмазосодержащего слоя можно рассматривать как суммарный результат двух одновременно протекающих процессов – износа металлического каркаса и выпадения из него алмазных зерен. Поэтому прочность удержания алмазных зерен в связке так же, как и ее износ, влияет на эффективность работы алмазного инструмента [5]. В практике

применяются различные показатели для оценки качества связки. Существует методика определения качества связки, основанная на сопоставлении удельного расхода алмаза при резании единичным зерном [6]. Авторами работ [7,8] показано, что одним из критериев, определяющих износ алмазосодержащего слоя инструмента на металлической связке, является твердость связки. Установлены зависимости удельного расхода алмаза в инструментах на металлических связках от твердости. При прочих равных условиях – составе, режиме спекания, относительной концентрации и марки алмазов, твердость связки является характеристикой, определяющей эксплуатационные свойства композиции. Можно достичь значительного повышения износостойкости связки с повышением ее твердости всего на несколько единиц.

Постановка задачи и обоснование методики. Поскольку металлическая связка ввиду своей многокомпонентности является структурно-неоднородным материалом, то более износостойкими считаются те спеченные связки, в которых образовавшиеся твердые фазы равномерно распределены в более вязкой фазе. Немаловажным способом повышения стойкости инструмента является повышение алмазоудержания в связке, чего можно достичь путем интенсификации химического взаимодействия компонентов связки с поверхностью алмазов. Химическое взаимодействие компонентов связки с алмазами регулируется введением в связку элементов, смачивающих алмазы, или нанесением на поверхность алмазов адгезионно-активных металлических покрытий.

Обзор публикаций, посвященных повышению износостойкости металлической связки за счет увеличения прочности зерноудержания алмазов путем их покрытия металлами, позволяет отметить преимущества газофазного метода металлизации алмазных порошков в парах адсорбентов [9]. Термодиффузионная металлизация алмазных порошков, используемых в инструментах, как метод повышения износостойкости, в свою очередь, обеспечивает прочное зерноудержание алмазных зерен и защиту их от окисления при спекании на воздухе.

Анализ научных работ, касающихся способов изготовления алмазно-металлических инструментов и требований, предъявляемых к связкам, подтверждает целесообразность использования метода порошковой металлургии (в частности, предварительного прессования алмазно-металлической связки с последующей допрессовкой после спекания) в вопросе изготовления алмазных инструментов, обрабатывающих строительные материалы из камня. В качестве связки таких инструментов может служить разработанная авторами связка [10]. Эта многокомпонентная металлическая связка, содержащая медь, олово, железо, никель, карбид бора и дробленую стружку серого чугуна, отвечает многим требованиям, которые необходимо учесть при изготовлении широкой номенклатуры алмазных инструментов (отрезных элементов к кругам, фрезам,

сверлам и т.д.). Элементы, образующие матрицу связки, обеспечивают технологичность связки (хорошую холодную и горячую прессуемость, низкую температуру спекания, доступность материалов), химическое взаимодействие друг с другом. Совокупность этих компонентов позволяет получить композицию алмазный порошок-металлическая связка с высокими рабочими характеристиками. Наличие меди и олова обеспечивает низкую температуру спекания 720 °С и пластичность, наличие железа и никеля-твердость и адгезионную активность к алмазным порошкам, наличие серого чугуна и карбида бора-самозатачиваемость спеченной композиции. В свою очередь, дробленая чугунная стружка из-за наличия свободного графита служит в качестве твердой смазки, уменьшая трение в зоне резания, что очень важно при высоких скоростях и давлениях обработки. Невысокие значения горячего прессования 60...100 МПа позволяют получать изделия с высокими физико-механическими показателями [11], что подчеркивает особенность данной связки. С учетом этого отпадает необходимость использования для горячего спекания алмазных инструментов пресс-форм из дорогостоящих и труднообрабатываемых жаростойких материалов.

Результаты исследования. Цель настоящего исследования – изучить влияние технологических параметров изготовления алмазных шлифовальных инструментов на основе разработанной нами металлической связки на стойкость. Для этого были изготовлены 3 группы (всего 12 шт.) алмазных шлифовальных инструментов типа 6А2 Ф100х70х2,5 НFD 60/70 50% с разными технологическими режимами (см. табл.).

Таблица
Технологические режимы изготовления инструментов

№ группы	Продолжительность спекания, t, мин	Температура спекания, Т, °С	Давление горячего формования, Р, МПа
I	15	720	20
	30	720	20
	45	720	20
	60	720	20
II	30	600	20
	30	660	20
	30	720	20
	30	800	20
III	30	720	10
	30	720	15
	30	720	20
	30	720	30

При этом в процессе изготовления из трех технологических параметров каждый раз менялся только лишь один, а два других оставались неизменными. Износостойкость инструментов определяли методом их истирания с абразивным чашечным кругом средней зернистости.

Испытания проводились в следующей последовательности. Алмазный инструмент в патроне токарного станка вращался со скоростью 120 об/мин и подвергался абразивному износу чашечным кругом, который на угловой шлифовальной машине, закрепленной к суппорту станка, совершал вращательно-поступательные (продольные и поперечные) движения, обеспечивая постоянный контакт с алмазным инструментом. Для каждого алмазного инструмента фиксировалось время, в течение которого наступал его полный износ. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 1-3.

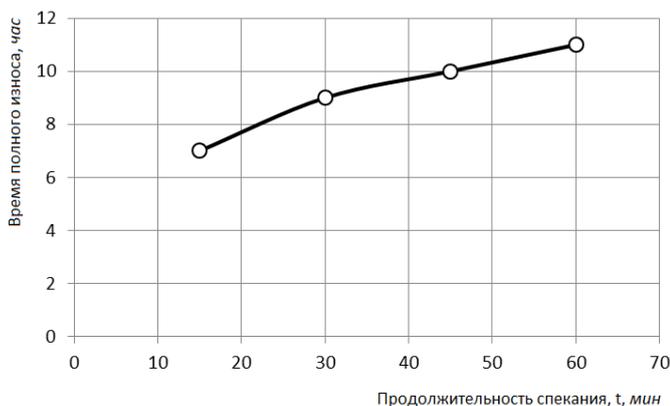


Рис. 1. Зависимость износа алмазного инструмента от продолжительности горячего спекания при $T = 720^{\circ}\text{C}$, $P_{гор} = 20 \text{ МПа}$

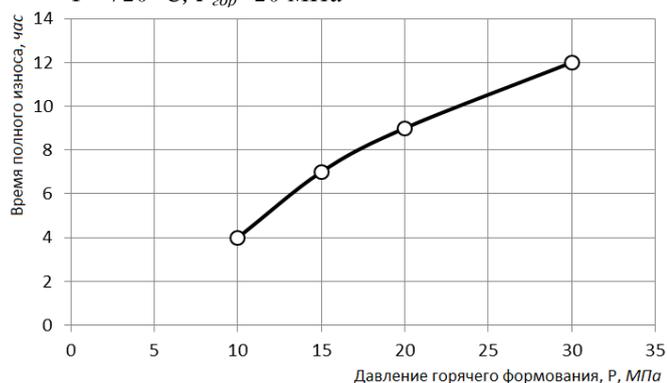


Рис. 2. Зависимость износа алмазного инструмента от давления горячего формования при $t = 30 \text{ мин}$, $T = 720^{\circ}\text{C}$

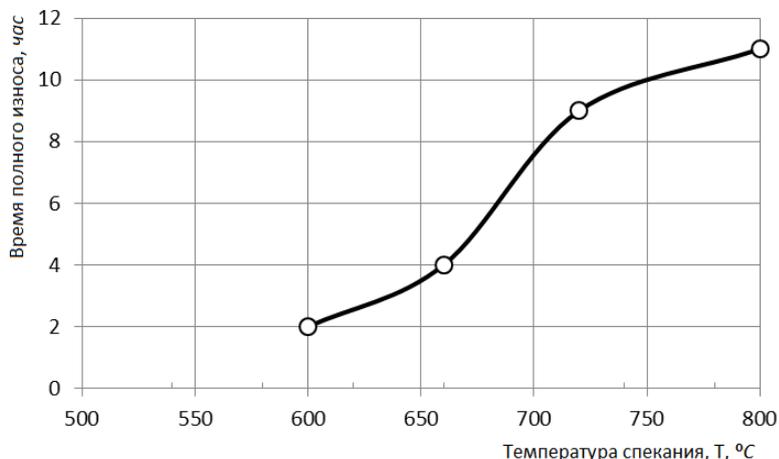


Рис. 3. Зависимость износа алмазного инструмента от температуры спекания при $t = 30$ мин, $P_{гор} = 20$ МПа

Выводы. Анализ результатов исследований показал, что:

- износостойкость алмазных инструментов, изготовленных при неизменных $T = 720$ °C, $P_{гор} = 20$ МПа и переменных $t = 60; 45; 30; 15$ мин, по мере сокращения продолжительности горячего спекания с 60-ти минут до 15-ти уменьшалась соответственно на 0; 6; 16; 35%;
- износостойкость инструментов, изготовленных при неизменных $T = 720$ °C, $t = 30$ мин и переменных $P_{гор} = 30; 20; 15; 10$ МПа, по мере уменьшения давления горячего прессования с 30 до 10 МПа падала соответственно на 0; 25; 42; 67%;
- износостойкость инструментов, изготовленных при неизменных $P_{гор} = 20$ МПа, $t = 30$ мин и переменных $T = 800; 720; 660; 600$ °C, по мере снижения температуры спекания с 800 до 600 °C уменьшалась соответственно на 0; 19; 64; 81%.

На основании анализа результатов исследований можно сделать следующее заключение: из трех основных параметров технологического режима изготовления (t мин, T °C и $P_{гор}$ МПа) роль последних двух параметров в процессе формирования физико-механических свойств алмазно-металлической композиции наиболее ощутима. Исходя из этого, следует осуществить такой выбор технологических режимов изготовления алмазных инструментов, который обеспечил бы их оптимальный износ и производительность в процессе обработки камней природного и синтетического происхождения.

Литература

1. **Галицкий В.Н., Кирищук А.В., Муровский В.А.** Алмазно-абразивный инструмент на металлических связках для обработки твердого сплава и стали. - Киев: Наукова думка, 1986.- 144 с.
2. **Кизиков Э.Д., Верник Е.Б., Кошевой Н.С.** Алмазно-металлические композиции. - Киев: Техника, 1988.- 135 с.
3. **Либенсон Г.А., Лопатин В.Ю., Комарницкий Г.В.** Процессы порошковой металлургии. В 2-х т. Том 2. Формование и спекание: Учебник для вузов.- М.: МИСИС, 2002.- 320 с.
4. **Александров В.А.** Обработка природного камня алмазным дисковым инструментом. - Киев: Наукова думка, 1979.- 250 с.
5. **Коновалов В.А., Александров В.А., Левин М.Д.** Влияние прочности алмазоудержания и скорости абразивного износа связки на работоспособность алмазно-абразивного инструмента // Синтетические алмазы. – 1975. – Вып. 2. – С. 26–28.
6. **Лоладзе Т.Н., Бокучава Г.В.** Режущие свойства алмазно-абразивного инструмента и пути повышения его качества // В кн.: Синтетические алмазы в промышленности.- Киев, 1974.- С. 149 - 155.
7. **Погодин-Алексеев Г.И.** Алмазные инструменты из синтетических алмазов на металлической связке М5 // Вестник машиностроения.- 1965.- № 12.- С. 60 - 62.
8. **Мартиросян А.М., Агбальян А.С., Ордян Н.А., Казарян А.Н.** Разработка технологической связки на основе металлических порошков для производства алмазных инструментов // Известия НАН РА и ГИУА. Серия техн. наук.- 2014.- Т. LXVII, № 3.- С. 300- 306.
9. Теория и практика металлизации алмазных порошков / **Г.И. Тер-Азарян, А.П. Оганян, А.Н. Казарян** и др. - Ереван: Ада, 1991.- 54 с.
10. Патент РА на изобретение АМ 2100А2, В24D 3/00. Металлическая связка для изготовления алмазных инструментов / **А.М. Мартиросян, Н.А. Ордян, А.Н. Казарян.**- Заявл. 01.11.2007; Опубл. 26.05.2008.- Бюл. № 4 (81).
11. **Казарян А.Н., Агбальян А.С., Ордян Н.А.** Исследование механических свойств алмазно-металлических композиций, изготовленных из металлизированных алмазных порошков марки HSD 90 // Вестник ГИУА (Политехник). Серия “Металлургия, материаловедение, недропользование”.- 2013.- Вып. 16, № 1.- С. 42-48.

*Поступила в редакцию 22.04.2015.
Принята к опубликованию 02.10.2015.*

ԱԼՄԱՏԱՅԻՆ ԳՈՐԾԻՔՆԵՐԻ ՄԱՇԱԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ԲԱՐՁՐԱՑՄԱՆ
ԵՂԱՆԱԿՆԵՐԸ ԵՎ ԴՐԱՆ ՀԱՄՆԵԼՈՒ ՀԵՌԱՆԿԱՐՆԵՐԸ

Ա.Մ. Մարտիրոսյան, Ա.Ս. Աղբալյան, Ա.Ն. Ղազարյան, Ն.Ա. Օրդյան,
Պ.Մ. Եսայան

Հետազոտվել է պղինձ-անագային հիմքով՝ երկաթ, նիկել, բորի կարբիդ և թուջի փոշի պարունակող կապակցանյութից ավաստային գործիքի պատրաստման տեխնոլոգիական պարամետրերի ազդեցությունը նրա կայունության վրա: Բացահայտվել է եռակալման տևողության և ջերմաստիճանի, ինչպես նաև տաք մամլման տեսակարար ճնշման ազդեցության աստիճանը գործիքի կայունության վրա: Պարզվել է, որ տաք մամլման տեսակարար ճնշումը և եռակալման ջերմաստիճանը առավելագույն ազդեցություն են ունենում ավաստամետաղական կոմպոզիցիայի ֆիզիկամեխանիկական հատկությունների ձևավորման գործընթացում: Բացահայտվել է, որ պատրաստման լավարկված տեխնոլոգիական ռեժիմների ընտրությամբ կարելի է ապահովել ավաստային գործիքի աշխատանքի առավելագույն արդյունավետություն:

Առանցքային բառեր. ավաստային գործիք, կապակցանյութ, տեխնոլոգիական պարամետրեր:

WAYS OF INCREASING AND PROSPECTS OF ACHIEVING
THE WEAR RESISTANCE OF DIAMOND TOOLS

A.M. Martirosyan, A.S. Aghbalyan, A.N. Ghazaryan, N.A. Ordyan,
P.M. Yesayan

The influence of technological parameters of manufacturing diamond tools based on copper-tin metal bond containing iron, nickel, cast iron powder and boron carbide, on resistance is studied. The influence degrees of the sintering duration, the pressure of the hot forming and the sintering temperature of a diamond tool on its durability are determined. It is revealed that the role of the pressure of hot extrusion and the sintering temperature is most important in the formation of physical and mechanical properties of diamond-metal composition. It is established that the choice of optimum technological modes of manufacturing can ensure the maximum efficiency of diamond tools.

Keywords: diamond tool, ligament, technological parameters.