

*Proposed a method of turning the optical surface at a given quality diamond turning depending on the values of RMS (root mean square deviation of the wavefront) of any components of the cutting forces  $P_z/P_y$ . Conducted analytical and experimental studies of the effect of geometrical parameters of the cutter – namely, rounding radius cutting edge of the blade  $\rho$ , rake angle  $\gamma$ , the rear corner of  $\alpha$ , cutting – cutting depth  $t$ , feed per revolution in the process of cutting  $S_o$ , on components of cutting forces  $P_x, P_y, P_z$ .*

**Key words:** *diamond microturning, an oblique cutting, cutting oblique angle  $\lambda$ , the ratio of the cutting forces  $P_z/P_y$ , the radius of the cutting edge rounding  $\rho$ , the surface roughness  $R_z$ , surface accuracy RMS, back cutting angle  $\alpha$ , front cutting angle  $\gamma$ , cutting depth  $t$ , feed per revolution  $S_o$ .*

### Литература

1. Грубый С. В. Повышение эффективности прецизионной обработки резцами, оснащенными природными алмазами / С.В. Грубый, Муратова // Изв. вузов. Машиностроение. – 1990. – № 9. – С. 107 – 112.
2. Модель процесса алмазного точения и технологические рекомендации по обработке поверхностей металлооптических элементов. Работа выполнена в рамках проекта Российского фонда фундаментальных исследований (№ 07-08-92103).
3. Application of precision diamond machining to the manufacture of micro-photonics components Lithographic and Micromachining Techniques for Optical Component Fabrication / J. Bryan, E. Brinksmeier, B. Cassin, et al.; ed. by E.-B. Kley, H.P. Herzig. – SPIE, Bellingham, WA. – 2003. – P. 96–97.
4. John B. P. Scaling Down Of Manufacturing Systems: Meso And Nano Level Machining – an analysis / B.P. John // Master of Sci. – 2003. – P. 11–14.
5. Roblee Jeff. Factors affecting surface finish in diamond turning / Jeff Roblee // Precitech, inc. – 2006. – P. 1–4.
6. Добровольский Г. Г. Способ повышения стойкости резца при алмазном микроточении / Г. Г. Добровольский Ю. А. Дятлов // Сверхтвердые матер. – 1993., – № 3. – С. 56–59.
7. Добровольский Г. Г. Введение в механику алмазного микроточения / Г. Г. Добровольский // Журн. асоціації технологів-машинобудівників України. – 2000. – № 5-6. – С. 37–54.
8. Математическая модель процесса алмазного микроточения для оптимизации технологических параметров обработки: сб. науч. тр. / Е. В. Гомеляко, Г. Г. Добровольский, П. Ю. Саксеев, Д. А. Шевченко – К: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2006. – С. 45–56.

*Поступила 02.06.15*

УДК: 621.921.079-620.179.52(04)

**К. Хайдаров**, канд. физ.-мат. наук; **А. К. Арыков**

### БЕЗКОБАЛЬТОВАЯ МЕТАЛЛИЧЕСКАЯ СВЯЗКА ДЛЯ РЕЗКИ ПРИРОДНЫХ КАМНЕЙ

*Институт физико-технических проблем и материаловедения им. Ж.Жеенбаева НАН КР, г. Бишкек*

*Предложена безкобальтовая металлическая связка алмазного инструмента для резания природных камней, обеспечивающая достаточно высокую стойкость алмазных кругов.*

**Ключевые слова:** *металлическая связка, режущая способность, износостойкость, абразивный инструмент.*

В связи с дефицитностью и высокой стоимостью кобальта разработка безкобальтовых связок является важнейшей проблемой, решение которой позволит расширить ассортимент соответствующих инструментальных инструментов.

Результаты анализа опубликованных материалов по разработке металлических связок для алмазной дисковой пилы свидетельствуют, что для любого технологического процесса обработки,

конкретного вида материала состав связок необходимо подбирать в соответствии с результатами натуральных испытаний инструмента.

В качестве компонентов основы металлической связки применяют металлические порошки (например, медь, олово, железо, кобальт), в том числе в различных сочетаниях с другими материалами. Для резания прочного природного камня (например, гранита, мрамора, лабрадорита, габбро) используют алмазный инструмент на износостойких металлических связках, преимущественно железной, железо-медной и кобальтовой основе [1].

Связки и алмазы при резании гранитов подвергаются сильным динамическим нагрузкам, поэтому связки должны быть достаточно прочными и хорошо удерживать алмазы, износостойкими и с высокой теплопроводностью.

В настоящей работе рассмотрим требования к выбору необходимых компонентов для создания связок, пригодных для резания природного камня. Как указывалось, такие связки должны быть высокотвердыми и износостойкими, прочно удерживать алмазы, обладать высокими механическими свойствами и твердостью, сравнительно низкой температурой спекания, давление прессования не должно превышать значения, при котором раздробление зерна алмазов в связке дробятся.

Оценивали влияние на физико-механические характеристики базовой системы элементов Cu–Sn–Fe варьируемых параметров: массового содержания железа, никеля и доли твердого сплава ВК8 в общей массе составляющей. Механические свойства формирующейся алмазосодержащей металллокерамической композиции оценивалось по ее твердости *HRC* [2, 3].

Разработку осуществляли на основе порошков Fe, Ni, Cu, Sn, ВК, SiC, Si, Ti с учетом физико-механических свойств горных пород. Для изготовления композиционных алмазосодержащих материалов инструментального назначения (КАМИН) применяли шлифпорошки синтетических алмазов, выращенные по технологии лаборатории сверхтвердых материалов Института физико-технических проблем и материаловедения НАН КР. Синтетические алмазы, соответствовали шлифпорошку [4] АС 100 зернистостью 500/315 мкм при 50%-ной концентрации.

Повышения режущей способности и износостойкости КАМИН в жестких условиях резания природного камня достигали тем, что содержащую железо, медь, олово и никель в связку дополнительно вводили микропорошки отходов отработанного в производстве абразивного инструмента из карбида кремния зеленого.

В предлагаемой связке железо в качестве основного компонента придает КАМИН высокую прочность, никель – необходимую пластичность. Эти компоненты связки вместе обеспечивают алмазосодержащему элементу КАМИНа высокую вязкость.

Вводимые в состав связки в соотношении 4:1 медь и олово, образуют оловянистую бронзу, позволяя снизить температуру спекания и горячего допрессования до 1020 К, при этом сегменты получаются практически беспористыми.

При содержании меди и олова в связке соответственно менее 8,0 и 2,0 мас.% алмазные инструменты получались с остаточными порами, что может приводить к снижению их физико-механических и эксплуатационных характеристик. При содержании меди и олова в связке соответственно более 16 и 4 мас.% может приводить к снижению твердости и прочности КАМИН.

При предлагаемом количестве меди и олова в связке температуру спекания можно снизить до 1020 К. Для повышения прочности и твердости связки в ее состав ввели 7–12 мас. % микропорошка отходов абразивного инструмента из карбида кремния (зеленого) на керамической связке. При содержании отходов отработанного в производстве абразивного инструмента из SiC (зеленого) менее 7 мас.% твердость связки невысокая, вследствие чего износостойкость КАМИНа недостаточна. При увеличении его содержания более 12 мас.% вязкость связки существенно снижается, что приводит к разрушению КАМИНа в условиях жестких динамических нагрузок при высокоскоростной распиловке природного камня.

При содержании железа и никеля в связке соответственно менее 50 и 5 мас.% не достигали необходимой прочности и ударной вязкости КАМИНа. При увеличении содержания железа и никеля соответственно более 75 и 10 мас.% абразивная прочность инструмента повышалась чрезмерно, что приводило к снижению вскрываемости алмазных зерен. Кроме того, с увеличением содержания железа и никеля в связке повышалась и температура спекания КАМИН. В свою очередь, это

ограничивает применение синтетических алмазов в изготовлении КАМИН для резания высокотвердых пород природного камня, например, гранита, габбро.

КАМИН на предлагаемой металлической связке изготавливают из исходных порошков ее компонентов согласно технике порошковой металлургии – метода горячего допрессования.

Отходы отработанного в производстве абразивного инструмента из карбида кремния зеленого на керамической связке предварительно дробили известными способами до фракции  $\leq 40$  мкм. Затем компоненты связки смешивали в металлических смесителях типа «пьяная бочка» со стальными шарами диаметром 3–8 мм в течение не менее 8 ч с последующим дозированием приготовленной шихты-связки и алмазного порошка и их перемешиванием. Полученную алмазосную смесь загружали в пресс-форму и подвергали холодному прессованию при давлении  $\leq 300$  МПа для получения заготовок алмазного инструмента. Полученные брикеты спекали при температуре  $1030 \pm 10$  К с выдержкой в течение 30 мин. Затем горячую пресс-форму со спеченными алмазными инструментами помещали под пресс и подвергали прессованию при давлении  $\sim 200$  МПа.

На предлагаемой металлической связке изготовили опытные образцы сегментов для отрезных и подрезных кругов.

Состав и механические свойства металлической связки приведены в табл. 1.

Таблица 1. Состав и механические свойства металлической связки

Показатели свзки	Состав связки, мас.%				
	Fe	Cu	Ni	Sn	Отходы отработанного в производстве абразивного инструмента
Содержание, масс %	остальное	8–16	5–15	2–4	7–12
Твердость по Роквеллу	24–32 единиц <i>HRC</i>				
Микротвердость	2,05–3,68 ГПа				

Изготовленными на предлагаемой связке сегментами оснастили дисковые круги диаметром 1000 и 350 мм. Работоспособность КАМИН оценивали по удельному расходу алмазов, который определяли как результат деления линейного износа алмазосного слоя по высоте на величину наблюдаемой площади резания, измеряемой в м<sup>2</sup>. Результаты предварительных испытаний и дальнейшей эксплуатации КАМИН в производственных условиях ОсОО «Айкел Тур Курулуш» свидетельствовали о высокой работоспособности и износостойкости опытных инструментов. Производительность испытанных КАМИН превысила производительность серийных инструментов, удельный расход алмаза меньше на  $\sim 0,15$ – $0,3$  карат/м<sup>2</sup> для гранита. Указанный состав связки имеет более высокую твердость и ударную вязкость, обеспечивает при использовании синтетических алмазных порошков удельный расход алмазов не выше связок пропиточного класса типа WC–Co–Cu при более высокой (в 1,2–1,4 раза) производительности.

За работой круга наблюдали ежедневно и фиксировали режимы резания и износа алмазных сегментов по высоте. Производительность отрезных станков при распиловке природного камня отрезными дисками с диаметром 1000 мм и скоростью 1050 об./мин приведена в табл. 2.

Таблица 2. Производительность отрезных станков при распиловке природного камня отрезными дисками с диаметром 1000 мм

Наименование природного камня	Габбро	Кайиндинский гранит	Чычканский мрамор
Производительность резание, П рез, см <sup>2</sup> /мин	121–127	145	750

Таким образом, разработанная металлическая связка для КАМИН для резания и обработки природного камня, в частности гранита и мрамора, а также - бетонных и асфальтовых покрытий

обладает высокой работоспособностью, что позволяет достичь при ее применении большого экономического эффекта.

*Запропоновано безкобальтова металева зв'язка алмазного інструменту для різання природних каменів, що забезпечує досить високу стійкість алмазних кругів.*

**Ключові слова:** металева зв'язка, ріжуча здатність, зносостійкість, абразивний інструмент

*The metallic cobalt-free bond ensuring a high durability of cutoff- and side-facing disks meant for natural stones dressing is proposed in the article.*

**Key words:** metallic binder, cutting ability, wear resistance, abrasive tools

### Литература

1. А. с. 298626 (СССР). Металлическая связка для абразивного инструмента / В. Н. Галицкий, В. В. Бовтун, В. А. Муровский, К. П. Хукаленко, В. А. Александров – опубли. в Б.И. – 1971 г. – № 11.
2. Арыков А. К. Изучение структуры композиционных алмазосодержащих материалов // Физика: научн. журн. – 2011. – № 1. – С. 50–53.
3. Хайдаров К. Х., Арыков А. К. Алмазная распиловка природных камней // Физика: научн. журн.. – 2011. – № 3. – С. 51–55.
4. Порошки алмазные. Технические условия. – ГОСТ 9206 – 88Е. – Москва: Издательство стандартов – 1987. – 45 с.

Поступила 01.06.15

УДК 679.8; 621.923

**В. В. Пегловский**, канд. техн. наук  
ГП ИПЦ «Алкон» НАН Украины, г. Киев

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ АЛМАЗНОЙ ОБРАБОТКИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ОПЕРАЦИЯХ РЕЗАНИЯ

*В результате анализа проведенных исследований и обобщения практического опыта изготовления производственно-технических, строительных, интерьерных и декоративно-художественных изделий из различных горных пород или минералов установлены рациональные технологические параметры на операциях резания.*

**Ключевые слова:** горные породы и минералы, алмазный отрезной инструмент, специальные отрезные станки, технологические параметры резания.

### Введение

Технологические параметры обработки (шлифования) горных пород и минералов (природных декоративных и полудрагоценных камней) с применением некоторых видов универсальных станков: токарных и плоскошлифовальных нами рассмотрены ранее [1; 2].

Операции резания выполняются для разделения крупных глыб или блоков камня на пластины (слябы), блоки меньших размеров или заготовки деталей, а иногда подрезки (окантовки) глыб, блоков и заготовок. С их помощью получают изделия (заготовки изделий) форма поверхностей и профиль сечений которых представляют простые геометрические фигуры: параллелепипеды и прямоугольники, например, при изготовлении строительных, интерьерных, производственно-технических и декоративно-художественных изделий [3; 4].

Цель настоящего исследования – установить рациональные параметры резания (шлифования) горных пород или минералов (декоративных и полудрагоценных камней) с использованием алмазно-абразивного инструмента и применении специализированного алмазно-отрезного оборудования.