

7. Индутная Т. В. Полудрагоценные камни // Метод. руководство по диагностике и экспертизе. – К.: ГГЦ МФУ, 1997. – 43 с.
  8. Исследование производительности и трудоемкости шлифования природных камней алмазным инструментом / В. В. Пегловский, В. И. Сидорко, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталыко // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, 2009. – Вып. 12. – С. 500–504.
  9. Исследование влияния прочностных свойств природных камней на мощность, потребляемую при алмазном шлифовании / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталыко // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, 2008. – Вып. 11. – С. 449–453.
  10. Пегловский В. В. Влияние минералогических особенностей горных пород на трудоемкость и энергоемкость их обработки // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, 2011. – Вып. 14. – С. 592–597.
  11. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Ч. 8: Класифікація декоративного та напівдорогоцінного каміння за оброблюваністю. В. В. Пегловский, В. І. Сидорко, В. Н. Ляхов, О. М. Поталико // Коштовне та декоративне каміння: наук.-практ. журн. – К.: ДГЦ МФУ, 2011. – № 63. – С. 16–22.
  12. Пегловский В. В. Классификация горных пород по обрабатываемости алмазным инструментом // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, 2012. – Вып. 15. – С. 533–541.
  13. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2 – 496 с.
  14. Данилевский В. В. Справочник техника машиностроителя. – М.: Высш. шк., 1962. – 646 с.
- Поступила 25.05.13*

УДК 679.8; 621.923

**В. В. Пегловский**, канд. техн. наук, **В. И. Сидорко**, д-р техн. наук, **В. Н. Ляхов**

*ГП ИПЦ «Алкон» НАН Украины, г. Киев*

### **ЗАВИСИМОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АЛМАЗНОЙ ОБРАБОТКИ ГОРНЫХ ПОРОД ОТ РАЗМЕРОВ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ АЛМАЗОНОСНОГО СЛОЯ КАМНЕОБРАБАТЫВАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА**

*В результате экспериментальных исследований совместного влияния размеров и прочности синтетических алмазов в рабочем слое камнеобрабатывающего инструмента на производительность шлифования различных горных пород определены поправочные коэффициенты, позволяющие учитывать это влияние.*

***Ключевые слова:** обработка, горные породы, алмазный инструмент, производительность шлифования, алмазоносный слой, размер синтетических алмазов.*

#### **Введение**

При определении основных показателей качества [1] изделий [2; 3] из различных горных пород установлено, что изменение некоторых основных характеристик

алмазоносного слоя инструмента (например, концентрации синтетических алмазов) существенно не влияет на производительность обработки [4]. Влияние некоторых других параметров алмазоносного слоя (например, прочности синтетических алмазов) нами также рассматривалось ранее [5].

Настоящая работа посвящена исследованию влияния размеров синтетических алмазов в камнеобрабатывающем инструменте на производительность обработки горных пород (декоративных и полудрагоценных камней).

#### Методика исследований

Размер зерна применяемых алмазов связан с достижением необходимой производительности шлифования и получением необходимой чистоты поверхности перед последующими технологическими операциями: чистового шлифования (доводки) и полирования. В этой связи диапазон используемых в камнеобработке размеров алмазного зерна довольно широкий – 1000/800–1/0.

В зависимости от разницы максимального и минимального размеров алмазного порошка различают широкий и узкий диапазоны зернистостей. Например, для порошка с наибольшим размером зерна 200 мкм для широкого диапазона колебания размеров составляют 75 мкм (125–200 мкм), для узкого – 40 мкм (160–200 мкм). В камнеобрабатывающем инструменте используются оба диапазона зернистостей, но наиболее часто встречается узкий диапазон зернистости.

В камнеобработке наиболее часто используют следующие размеры зерна синтетического алмазного порошка: 1000/800–50/40. Эти порошки используют для резания, формообразования и черного шлифования деталей и изделий из камня.

Порошки (микropорошки) размеров 60/40–1/0 используют в инструменте для чистового шлифования – доводки (60/40–5/3) и полирования (3/2–1/0).

Зерна алмазного порошка размерами от максимального до минимального называют основной фракцией. В зависимости от диапазона зернистости алмазного порошка (микropорошка) основная фракция этого порошка составляет 70–85% общего его количества. В остальную часть порошка этой зернистости попадают более крупные зерна (зерна алмазов ближайшей большей зернистости), как правило, до 5% и меньшие зерна других зернистостей (остальная часть порошка).

Зависимость шероховатости образующейся поверхности от размеров абразивного зерна инструмента для природных камней исследована недостаточно. Шероховатость поверхности других кремнийорганических систем (стекол) при обработке их алмазным инструментом различной зернистости приведены в табл. 1 [6].

Таблица 1. Шероховатость поверхности стекол при использовании алмазного инструмента различной зернистости

№ п/п	Операции	Зернистости алмазов	Шероховатость	
			Ra	Rz
1	Резание, шлифование, сверление, точение черновое	400/315–250/200	2,5–1,25	80–40
		200/160–125/100		40–20
		125/100–80/63		20–10
		63/50–50/40		
2	Шлифование, точение наружное и внутреннее чистовое	50/40–40/28	1,25–0,63	
		28/20–20/14	0,63–0,32	
		20/14–10/7	0,16–0,02	
3	Полирование	20/14–10/7	0,1–0,05	
		14/10–1/0	0,05–0,025	

Приведенные данные подтверждают известный факт, что при уменьшении зернистости используемых алмазов снижается получаемая шероховатость поверхности.

Общеизвестно также, что производительность шлифования любых материалов зависит от размеров алмазного зерна, причем с увеличением этих размеров производительность также повышается, однако с увеличением размеров зерен в рамках порошков одной марки повышается также прочность алмазов. В настоящее время неизвестно, как и насколько изменяется производительность шлифования природного камня при изменении зернистости алмазного порошка в алмазоносном слое инструмента.

Для определения количественных соотношений, связывающих производительность обработки и размеры порошков синтетических алмазов, используемых в камнеобрабатывающем инструменте, были проведены экспериментальные исследования. Виды выбранных для исследований горных пород различных групп обрабатываемости [7], различающихся химическим составом, минералогическими особенностями, физико-механическими свойствами и пр. представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Виды исследуемых горных пород и минералов, различных групп обрабатываемости**

Вид природного камня. Месторождение, происхождение или торговая марка	Группа обрабатываемости
Мраморный оникс медовый. Иран (1). Мраморный оникс зеленый. Пакистан (2). Мрамор белый. «Каррара». Италия (3)	Первая
Мрамор бежевый. Турция (4). Лазурит. Россия (5). Мрамор Император. Турция (6)	Вторая
Чароит. Россия (7). Родонит. Россия (8). Габбро. Украина (9)	Третья
Гранит Жежелевский. Украина (10). Гранит. Покостовский. Украина (11). Жадеит. Россия (12)	Четвертая
Кварц морион (13), кварцит (14), кварц льдистый (15). Украина.	Пятая

Характеристики изготовленного для исследований инструмента приведены в табл. 3. Технологические параметры обработки камня описаны в работах [4; 5] и соответствуют способу определения обрабатываемости пород [8].

**Таблица 3. Параметры алмазного инструмента**

Алмазный инструмент	Характеристика алмазоносного слоя	Прочность алмазов, $p$ , Н
6A2T Ø400×5×40	AC32 400/315-100 M 1-10-1	57
AЭ Ø40×5	AC32 250/200-100 M 6-15	40
AЭ Ø40×5	AC32 160/125-100 M 6-15	30
6A2T Ø320×5×40	AC32 40/28-100 M 1-10-1	≈14

### Результаты исследований

Примеры зависимости производительности шлифования горных пород от совместного влияния размеров зерна синтетических алмазов и их прочности для камней третьей – пятой групп обрабатываемости показаны на рис. 1.

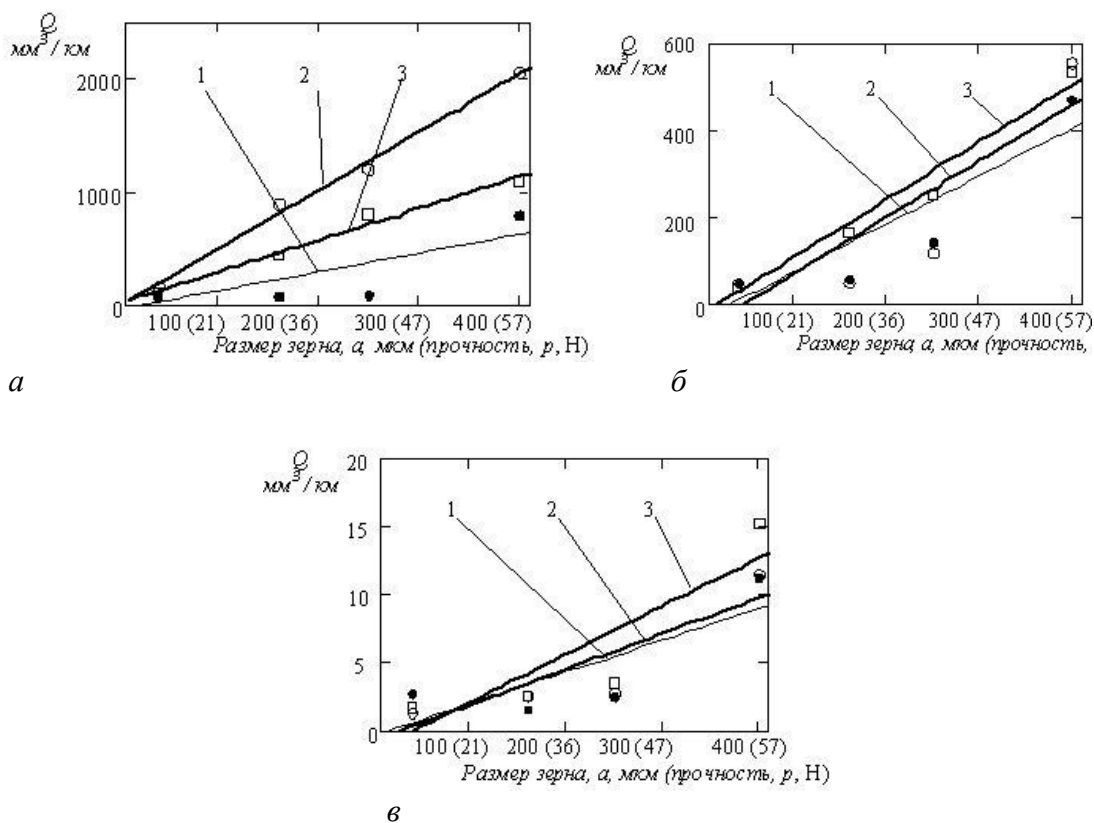


Рис.1. Зависимости производительности шлифования  $Q$  от размеров и прочности алмазов в инструменте для горных пород: а – третьей группы (1 – чароит (7), 2 – родонит (8), 3 – габбро (9)); б – четвертой группы (1, 2 – граниты (10, 11), 3 – жадеит (12)); в – пятой группы (1 – кварц морион (13), 2 – кварцит (14), 3 – кварц льдистый (15))

Из данных рис. 1 следует, что для всех исследованных видов пород (минералов), различающихся химическим и минералогическим составом, физико-механическими свойствами и производительностью шлифования с увеличением размеров зерен синтетических алмазов производительность шлифования значительно повышается.

Коэффициенты регрессии показанных на рис. 1 линейных зависимостей и средние ошибки аппроксимации приведены в табл. 4.

Таблица 4. Коэффициенты регрессии и средние ошибки аппроксимации линейных зависимостей

№ п/п	Исследуемый материал. Страна происхождения	Значение $k$	Значение $b$	Ошибка $\Delta$ , %
1	2	3	4	5
Первая группа				
1	Мраморный оникс. Иран	42,7	$8,06 \cdot 10^3$	63
2	Мраморный оникс. Пакистан	87,0	$1,19 \cdot 10^3$	25
3	Мрамор белый. Италия	106	$-2,03 \cdot 10^3$	29

Окончание таблицы 4.

1	2	3	4	5
	Вторая группа			
4	Мрамор бежевый. Турция	39,7	-694	41
5	Лазурит. Россия	20,2	$1,09 \cdot 10^3$	22
6	Мрамор Император. Турция	28	958	22
	Третья группа			
7	Чароит. Россия	1,95	-153	15
8	Родонит. Россия	5,15	-13,0	8
9	Габбро. Украина	2,82	14,4	10
	Четвертая группа			
10	Гранит Жежелевский. Украина	1,20	-73,3	83
11	Гранит Покостовский. Украина	1,41	-107	12
12	Жадеит. Россия	1,37	-43,2	25
	Пятая группа			
13	Кварц морион. Украина	0,241	-6,05	82
14	Кварцит. Украина	0,277	-13,4	65
15	Кварц льдистый. Украина	0,371	-21,7	77

Как следует из данных табл. 4, средняя ошибка аппроксимации по всем 15 видам камней составляет примерно 39%, что значительно выше, чем в случаях для концентрации и прочностных свойств алмазов. Очевидно, это связано с тем, что в инструменте использовали связки различного состава (на основе меди и алюминия). Кроме того, в исследовании не учитывали, что рассматриваемые виды природных камней имеют различную кристаллическую структуру, прежде всего минеральные индивиды этих поликристаллических систем разного размера, что повлияло на точность полученных результатов.

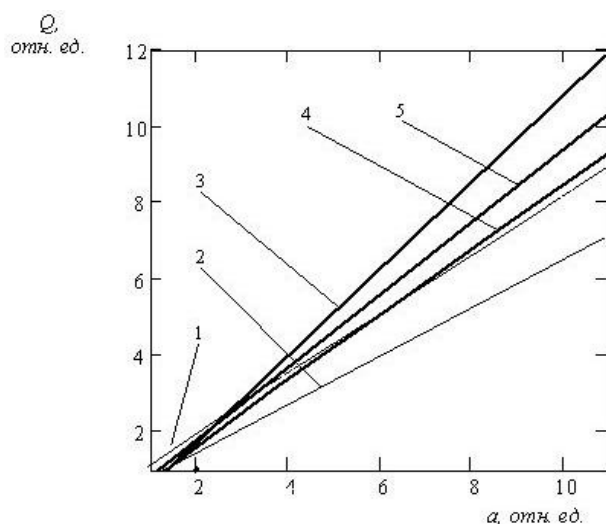


Рис. 2. Обобщенные зависимости производительности шлифования горных пород от размеров и прочности алмазов алмазоносного слоя в относительных единицах для камней различных групп

Зависимости производительности шлифования природных камней различных групп в относительных величинах показаны на рис. 2; коэффициенты регрессий этих зависимостей различных групп камней приведены в табл. 5.

Если значения коэффициентов регрессий всех групп камней аппроксимировать одной линейной зависимостью известными методами [9; 10] она будет иметь вид  $Q = -0,579 + 0,927 a$ , где  $Q$  — относительная производительность;  $a$  — размер зерен этих синтетических алмазов.

Исходя из приведенного выражения, с учетом уже определенного влияния на производительность шлифования прочности синтетических алмазов [5] можно рассчитать рекомендуемые поправочные

коэффициенты ( $K_p$ ) для оценки производительности шлифования природных камней при их обработке алмазным инструментом с использованием различных размеров алмазов

алмазоносного слоя при прочих равных условиях. Значения этих коэффициентов для алмазов зернистостями, которые наиболее часто используются в камнеобработке, приведены в табл. 6.

Таблица 5. Коэффициенты регрессии линейных зависимостей всех групп камней в относительных величинах

Исследованная группа камней	Значение $k$	Значение $b$
Первая	0,753	0,845
Вторая	0,585	0,267
Третья	1,22	-1,41
Четвертая	0,986	-1,20
Пятая	1,09	-1,40

Таблица 6. Поправочные коэффициенты для синтетических алмазов различной зернистости при расчете производительности шлифования горных пород различных групп

Зернистость, мкм	50/40	80/63	160/125	200/160	250/200	315/250	400/315
Поправочный коэффициент, $K_p$	0,0767	0,192	0,445	0,55	0,687	0,836	1,0

Приведенные коэффициенты можно использовать при сопоставлении производительности шлифования всех рассматриваемых групп горных пород (природных полудрагоценных и декоративных камней) инструментом с различной зернистостью алмазов алмазоносного слоя при прочих равных условиях обработки (концентрации и марки алмазов, марки металлических связок, а также технологических параметрах шлифования – скорости и приведенного удельного давления).

### Выводы

В результате исследований установлено, что производительность шлифования горных пород существенно зависит от зернистости алмазов алмазоносного слоя. Например, с увеличением размеров зерен алмазного порошка с 40/28 до 400/315 производительность шлифования камней повышается примерно в 13 раз.

Повышение производительности шлифования с повышением зернистости синтетических алмазов алмазоносного слоя характерно для всех исследованных видов камней всех групп обрабатываемости.

Результаты этой работы можно использовать при определении производительности шлифования на различных технологических операциях, а также основных технологических параметров изготовления изделий из камня.

*У результаті експериментальних досліджень спільного впливу розмірів та міцності синтетичних алмазів у робочому шарі камнеобробного інструменту на продуктивність шліфування різних гірських порід визначено поправочні коефіцієнти, що дають змогу враховувати цей вплив.*

**Ключові слова:** *оброблення, гірські породи, алмазний інструмент, продуктивність шліфування, алмазовмісний шар, розмір синтетичних алмазів.*

*As a result of the conducted experimental researches of joint influence of sizes and durability of synthetic diamonds in the working layer of instrument for treatment of stone on the*

*productivity of polishing of different mountain breeds, correction coefficients, allowing to take into account this influence, are certain.*

**Key words:** *treatment, mountain breeds, diamond instrument, polishing productivity, working layer, size of synthetic diamonds.*

### Литература

9. ДСТУ Б В.2.7-16-95. Строительные материалы. Материалы стеновые каменные. Номенклатура показателей качества. – Введ. 01.07.95.
10. ТУ У 26.7-23504418-001:2007. Изделия камнерезные. – Введ. 01.05.07.
11. ДСТУ Б В.2.7-37-95. Строительные материалы. Плиты и изделия из природного камня. Технические условия. – Введ. 01.01.96.
12. Зависимость производительности алмазной обработки горных пород от концентрации синтетических алмазов алмазоносного слоя инструмента / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталыко // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, 2011. – Вып. 14. – С. 597–602.
13. Зависимость производительности алмазной обработки горных пород от прочности синтетических алмазов алмазоносного слоя инструмента / В. В. Пегловский, В. И. Сидорко, В. Н. Ляхов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля, 2012. – Вып. 15 – С. 541–548.
14. Ардамацкий А. Л. Алмазная обработка оптических деталей. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
15. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. – Ч. 8. Класифікація декоративного та напівдорогоцінного каміння за оброблюваністю / В. В. Пегловський, В. І. Сидорко, В. Н. Ляхов, О. М. Поталико // Коштовне та декоративне каміння. Наук.-практ. журн. – К.: ДГЦ МФУ, 2011. – № 63. – С. 16–22.
16. Пат. 90330 Україна, МПК (2009). В28D 1/00. Спосіб визначення оброблюваності каменю / В. І. Сидорко, В. В. Пегловський, В. Н. Ляхов, О. М. Поталико. – Заявл. 21.02.08; Опубл. 24.04.10; Бюл. № 8.
17. Кудрявцев Е. М. Mathcad 2000 Pro. – М.: АМК, 2001. – 572 с.
18. Кирьянов Д. В. Mathcad 13. – С.-Пб.: БВХ-Петербург, 2006. – 590 с.

*Поступила 25.05.13*

УДК 621.922.026

**Ю. П. Линенко–Мельников**, канд. техн. наук<sup>1</sup>,  
**И. Ю. Агеева**, канд. физ.-мат. наук<sup>1</sup>, **С. Е. Агеев**, канд. техн. наук<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт сверхтвёрдых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

<sup>2</sup>*Национальный Авиационный Университет, г Киев, Украина*

### ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗНОГО ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

*Приведены отличия алмазного врезного шлифования от других способов обработки. Выявлены причины засаливания алмазного инструмента. Установлены факторы, влияющие на производительность врезного шлифования, определена область его эффективного применения.*