

3.5 Погрешность, возникающая из-за размерного износа инструмента, $\omega_{изс}$	–
3.6 Погрешность, возникающая из-за температурных деформаций системы СПИД, $\omega_{темт}$	–
3.7 Погрешность, возникающая из-за деформаций деталей вследствие перераспределения внутренних напряжений, $\omega_{вн.напр}$	–
3.8 Погрешность, возникающая из-за влияния рабочего на качество продукции, $\omega_{раб}$	–

«–» - погрешность отсутствует при любом варианте базирования;

«+» - погрешность может быть устранена при правильном выборе оборудования, баз и настроек инструмента;

«*» - устранение погрешности требует принятия специальных мер.

режущего инструмента вследствие повторного взаимодействия зубьев фрезы с отделенной стружкой.

Выводы.

1. Выполненный анализ позволяет сделать вывод, что погрешность обработки, обусловленная повторным взаимодействием профильных фрез с отделенной стружкой, составляет существенную часть общей погрешности обработки Т-образных и типа «ласточкин хвост» пазов.

2. Устранение, либо снижение погрешности обработки, обусловленной повторным взаимодействием профильных фрез с отделенной стружкой, является существенным резервом повышения точности обработки профильных пазов.

3. Принудительное удаление отделенной стружки, устраняющее повторное взаимодействие ее с режущим инструментом, является перспективным путем повышения точности обработки профильных пазов.

Список использованных источников: 1. Нечепаяев В.Г. Эффективность применения устройств удаления стружки при фрезеровании закрытых профильных пазов / В.Г. Нечепаяев, А.Н. Гнидько // Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї-наука-виробництво: матеріали сьомої Всеукраїнської молодіжної науково-технічної конференції. Одеса: ОНПУ, 29-31 жовтня 2007 р. – Одеса, 2007. – С. 43-44. 2. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: [учебник для вузов] / Б.М. Базров. – М.: Машиностроение, 2005. – 736 с. 3. Нечепаяев В.Г. Результаты экспериментальных исследований фрезерования профильных пазов / В.Г. Нечепаяев, А.Н. Гнидько // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: збірник наукових праць. – Краматорськ-Київ: ДДМА, 2006. – Вип. 20. – С. 54-62.

Поступила в редколлегию 08.04.2011

Bibliography (transliterated): 1. Nechepaev V.G. Jeffectivnost' primenenija ustrojstv udalenija struzhki pri frezerovanii zakrytyh profil'nyh pazov / V.G. Nechepaev, A.N. Gnit'ko // Mashinobuduvannya Ukraїni ochima molodih: progresivni ideї- nauka-virobnictvo: materiali s'omoi vseukraїns'koi molodizhnoi naukovo-tehnichnoi konferencii. Odesa: ONPU, 29-31 zhovtnja 2007 r. – Odesa, 2007. – S. 43-44. 2. Bazrov B.M. Osnovy tehnologii mashinostroenija: [uchebnik dlja vuzov] / B.M. Bazrov. – M.: Mashinostroenie, 2005. – 736 s. 3. Nechepaev V.G. Rezul'taty jeksperimental'nyh issledovanij frezerovanija profil'nyh pazov / V.G. Nechepaev, A.N. Gnit'ko // Nadijnist' instrumentu ta optimizacija tehnologichnih sistem: zbirnik naukovih prac'. – Kramators'k-Kiiv: DDMA, 2006. – Vip. 20. – S. 54-62.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ШЛИФОВАНИЯ ПРИРОДНОГО КАМНЯ ОТ МАРКИ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ В РАБОЧЕМ СЛОЕ АЛМАЗНОГО ИНСТРУМЕНТА

Проведены экспериментальные исследования зависимости производительности шлифования различных видов декоративных и полудрагоценных камней от марки синтетических алмазов в рабочем слое алмазного инструмента, на основании которых выявлена общая для всех видов этих камней тенденция возрастания производительности обработки камней при увеличении номера марки синтетических алмазов в инструменте и определены количественные значения поправочных коэффициентов позволяющие учитывать эту взаимосвязь.

Проведені експериментальні дослідження залежності продуктивності шліфування різних видів декоративних та напівдорогоцінних каменів від марки синтетичних алмазів в робочому шарі алмазного інструменту, на підставі яких виявлена загальна для всіх видів цих каменів тенденція зростання продуктивності обробки каменів при збільшенні номера марки синтетичних алмазів в інструменті і визначені кількісні значення поправочних коефіцієнтів що дозволяють враховувати цей взаємозв'язок.

V. V. PEGLOVSKIJ, V. I. SIDORKO, V. N. LJAHOV
AN INVESTIGATION OF THE GRINDING PERFORMANCE NATURAL STONE FROM THE NAMES OF SYNTHETIC DIAMONDS IN THE WORKING LAYER OF DIAMOND TOOLS

Experimental researches of dependence of the productivity of polishing of different types of decorative and semiprecious stone are conducted from the brand of synthetic diamonds in the working layer of diamond instrument, on the basis of which the general is exposed for all of types of these stone tendency of growth of the productivity of treatment of stone at the increase of number of brand of synthetic diamonds in an instrument and the quantitative values of correction coefficients are certain allowing to take into account this intercommunication.

Введение. Известно, что, несмотря на широкое разнообразие видов природных декоративных и полудрагоценных камней, различающихся своим химическим составом, прочностными свойствами, производительностью обработки [1], минералогическими особенностями [2], а также трудоемкостью и энергоемкостью обработки [3, 4], большинство их видов может быть распределено по определенным группам обрабатываемости [5].

Известно также, что большинство природных камней обрабатываются (шлифуются) с применением алмазно-абразивного инструмента, причем для их обработки в большинстве случаев используются синтетические алмазы высокой прочности [6, 7].

Данная работа посвящена установлению взаимосвязи между свойствами синтетических алмазов используемых в камнеобрабатывающем инструменте и производительностью обработки природных декоративных и полудрагоценных камней [8].

Методика исследований. Марки используемых в камнеобработке алмазов, для технологических операций резания, чернового шлифования и формообразования находятся в диапазоне AC15-AC100. Это связано с высокими прочностными свойствами природного камня и вследствие этого высокой трудоемкостью его обработки. Марки алмазов ниже AC15 в камнеобработке для резки, формообразования и шлифования в инструменте с металлическими связками, как правило, не используют.

Эти виды синтетических алмазов делятся на 4 группы в зависимости от их прочностных свойств и геометрической формы (габитуса) алмазных зерен [9, 10].

Марка алмазов представляет собой приблизительное значение предела прочности отдельных алмазных зерен синтетического алмазного порошка при статическом сжатии и эти значения для данных марок алмазных порошков зернистостей 200/160 и 160/125 приведены в табл. 1 [9]. Там же приведена характеристика (коэффициент формы – отношение продольного и поперечного размеров) алмазных зерен этих марок синтетических алмазов. Причем для зернистости 200/160 прочностные значения соответствуют марке алмазов.

Таблица 1 – Прочность и форма зерен синтетических алмазов различных марок

Марки алмазов	AC15-AC20	AC32-AC50	AC65-AC80	AC100
Прочность для порошков 200/160, Н	15,0 – 20,0	32,0 – 50,0	65,0 – 79,0	99,0
Прочность для порошков 160/125, Н	13,0 – 17,0	30,0 – 41,0	54,0 – 67,0	83,0
Форма зерен	Кэф. формы зерен от 1,3 до 3,0	Кэф. формы зерен не более 1,2	Кэф. формы зерен 1,1-1,2	Кэф. формы зерен не более 1,1

Таким образом, прочностные свойства алмазов выбранных марок существенно возрастают. В тоже время режущие свойства синтетических алмазов, кроме прочностных свойств, связаны и с их геометрической формой (габитусом), а возможно и с другими диагностическими признаками.

На рис. 1 представлены фотографии алмазов AC15 и AC80 зернистостью 200/160.

Из рис. 1 видно, что с зерна алмазов марки AC15 (а) имеют более развитую пространственную форму, а большинство зерен алмазов марки AC80 (б) имеют геометрическую форму, приближенную к наиболее часто встречающимся формам алмазов (додекаэдру, октаэдру или кубу) [11, 12].

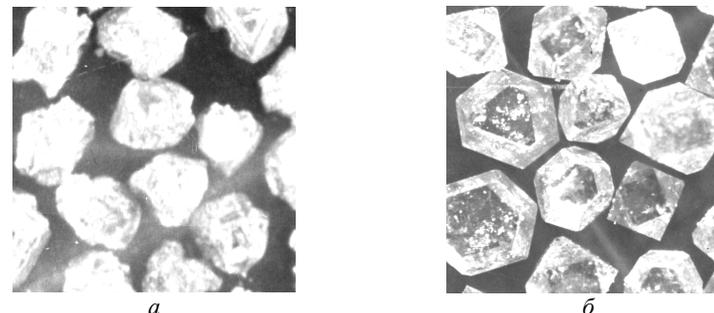


Рисунок 1 – Геометрическая форма синтетических алмазов зернистостью 200/160 марок: а – AC15; б – AC80.

Кроме того в общей массе алмазных зерен в марке AC80 число прозрачных алмазных зерен больше чем в алмазном порошке марки AC15, а прозрачность и цвет, являются важными диагностическими признаками камней [13].

Таким образом, возрастание номера марки ведет к росту прочности зерен синтетических алмазов, и приближению их формы к правильным пространственным фигурам.

Для проведения исследований по установлению влияния марки алмазов на производительность шлифования были отобраны 8 видов природных камней из разных групп обрабатываемости [5] месторождений разных стран, к которым принадлежат широко известные виды природного камня (табл. 2). Из этих камней изготовили образцы размерами: Ø 90 мм и высотой 25-30 мм.

Таблица 2 – Исследуемые виды природного камня

Исследуемые материалы	Группа обрабатываемости
Мрамор бежевый (1), мрамор «Император» (2) – оба Турция, Лазурит (3) – Россия, Мрамор «Верде» (4) – Индия	2
Чароит (5), родонит (6) – оба Россия, габбро (7) – Украина, лабрадорит (8) – Норвегия	3

Для проведения исследований были также изготовлены несколько видов алмазного инструмента, характеристики которого представлены в табл. 3. Причем из каждой группы алмазов, используемых при обработке камня, было выбрано по одной их марке. Для экспериментальных исследований были выбраны синтетические алмазы зернистости 160/125, как приблизительно средний размер зерен, из диапазона размеров (40/28-315/250) наиболее часто используемых при черновом шлифовании, формообразовании или резке в камнеобработке.

Указанные виды инструмента отличались друг от друга только маркой синтетических алмазов алмазоносного слоя. Для этих инструментов была выбрана связка – М6-15 [14, 15], одна из наиболее распространенных в камнеобработке металлических связок.

Таблица 3 – Параметры алмазоносного слоя инструмента

Наименование	Характеристика алмазосносного слоя
1. АЭ Ø40×5	АС15 160/125-100 М 6-15
2. Тоже	АС32 160/125-100 М 6-15
3. -	АС65 160/125-100 М 6-15
4. -	АС100 160/125-100 М 6-15

Исследования проводились на шлифовально-полировальном станке модели ЗШП-320 при одинаковых для всех камней параметрах обработки (табл. 4).

Таблица 4 – Технологические параметры проведения исследований

Технологические параметры	Ед. измерения.	Значение
1. Частота вращения шпинделя	об./мин.	97
2. Частота двойных ходов поводка	дв. ход./мин.	48
3. Давление воздуха в системе	МПа	2,0
4. Усилие прижима	Н	330

Полученные результаты. На рис. 2 (а. б) приведены аппроксимированные линейными функциями вида $Y = \kappa X + b$ с использованием известных методов [16] зависимости производительности шлифования от марки используемых в алмазосносном слое синтетических алмазов.

Данные о коэффициентах уравнений регрессий (κ и b) и средних ошибках аппроксимаций (Δ) для зависимостей, представленных на рис. 2 сведены в табл. 5. Следует также отметить, что средняя ошибка аппроксимации по рассматриваемым видам камней составляет около 6 %.

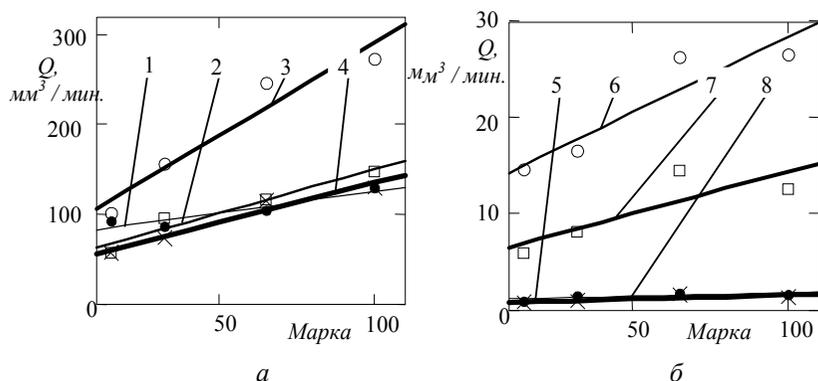


Рисунок 2 – Зависимость производительности шлифования для камней разных групп обрабатываемости: а – второй (1, 2, 4 – мраморы, 3 – лазурит); б – третьей (5 – чароит, 6 – родонит, 7 – габбро, 8 – лабрадорит).

Проанализировав полученные результаты для рассмотренных видов камней, а также имеющиеся данные по другим видам камней, относящихся к

другим группам обрабатываемости, можно найти выражение, связывающее производительность обработки и марку используемых в инструменте синтетических алмазов при прочих равных условиях.

На основании такого выражения можно рассчитать рекомендуемые поправочные коэффициенты (K_M), для оценки производительности шлифования природных камней при их обработке алмазным инструментом, в алмазосносном слое которого использованы различные марки алмазного порошка. В табл. 6 представлены значения этих коэффициентов для алмазов тех марок, которые наиболее часто используются в камнеобработке.

Таблица 5 – Значения коэффициентов регрессий и средних ошибок аппроксимаций зависимостей, показанных на рис. 2

№ п. п.	Исследуемые материалы,	Значения κ	Значения b	Ошибка Δ , %
2 группа				
1	Мрамор бежевый. Турция	0,469	78,0	5,9
2	Лазурит. Россия	2,06	85,3	8,8
3	Мрамор «Император». Турция	0,974	52,6	8,3
4	Мрамор «Верде». Индия	0,875	47,5	5,4
3 группа				
5	Чароит. Россия	0,00759	1,046	14,2
6	Родонит. Россия	0,156	12,74	7,5
7	Габбро. Украина	0,087	5,62	14,4
8	Лабрадорит. Норвегия	0,00836	0,716	13,4
	Средняя ошибка			6,2

Таблица 6 – Значения поправочных коэффициентов при расчете производительности шлифования

Марка алмазов	Группа прочности алмазов						
	1		2		3		4
	AC15	AC20	AC32	AC50	AC65	AC80	AC100
Значения коэффициентов	1,0	1,05	1,22	1,37	1,54	1,88	1,92

Данные коэффициенты могут быть использованы при сопоставлении производительности шлифования природных полудрагоценных и декоративных камней инструментом с различными марками алмазов в алмазосносном слое при их равной зернистости и концентрации, одинаковой марке используемых металлических связок, а также одинаковых технологических пара-

метрах шлифования (скорости и приведенного удельного давления) для одинаковых схем обработки.

Выводы. В результате проведенной работы установлено.

Производительность шлифования природных камней существенно зависит от марки алмазов алмазоносного слоя камнеобрабатывающего инструмента. Возрастание производительности шлифования с увеличением номера марки синтетических алмазов характерно для всех видов природных камней всех групп обрабатываемости, различающихся своим химическим и минералогическим составом, а также физико-механическими свойствами.

Результаты исследований могут быть использованы при определении производительности шлифования на различных технологических операциях камнеобработки, сопоставлении производительности шлифования камня при использовании разных марок алмазов в инструменте, а также при определении основных технологических параметров изготовления изделий из камня.

Список использованных источников: 1. Исследование влияния компонентов химического состава природных камней на их прочностные свойства и производительность шлифования / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько // Резание и инструмент в технологических системах. - МНТС Вып. 75. - Харьков: НТУ «ХПИ». - 2008. - С 356-361. 2. Пегловский В. В., Сидорко В. И., Ляхов В. Н., Поталико О. М. Оброблюваність природного каміння - об'єктивна основа його класифікації. Частина 6. Мінералогічний склад природних каменів. Вплив мінералогічного складу на енергоємність та трудомісткість їх обробки. // Коштовне та декоративне каміння. Науково-практичний журнал. - Київ: Вид. ДГЦ МФУ, - 2010. - 3. № 61, С 4 - 9. 3. Исследование производительности и трудоемкости шлифования природных камней алмазным инструментом / В. В. Пегловский, В. И. Сидорко, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент - техника и технологии его изготовления и применения. - Вып. 12. - Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля. - 2009. - С 500-504. 4. Исследование влияния прочностных свойств природных камней на мощность потребляемую при алмазном шлифовании / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент - техника и технологии его изготовления и применения. - Вып. 11. - Киев: ИСМ им. В.Н. Бакуля. - 2008. - С 449-453. 5. Пегловский В. В., Сидорко В. И., Ляхов В. Н., Поталико О. М. Оброблюваність природного каміння - об'єктивна основа його класифікації. Частина 8. Класифікація декоративного та напівдорогоцінного каміння за оброблюваністю. // Коштовне та декоративне каміння. Науково-практичний журнал. - Київ: Вид. ДГЦ МФУ, - 2011. - 1. № 63, С 16 - 22. 6. Маслов Е.Н. Теория шлифования материалов. - М. Машиностроение, 1974. - 318с. 7. Сычев Ю. И., Берлин Ю. Я. Шлифовально-полировальные и фрезерные работы по камню. - К.: Стройиздат. - 1985. - 312 с. 8. Постановление Кабинета Министров Украины № 512 от 27. 07. 1994г. «Об общей стоимости и оценке стоимости естественных камней». 9. ДСТУ 3292-95 Порошки алмазные синтетические. Введ. 01.01.95 г. 10. Шлифпорошки синтетических алмазов ТУ У 28.5-05417377-072.2003. 11. А. Е. Ферсман. Кристаллография алмаза. - Л.; Изд. АН СССР, 1955. - 568 с. 12. Физические свойства алмаза / Под. ред. Новикова Н. В. - К.; Наукова думка, 1987. - 190 с. 13. Индутная Т. В. Полудрагоценные камни: Метод. руководство по диагно-

стике и экспертизе. - К.: Изд-во ГГЦ МФУ, 1997.- 44 с. 14. Связки металлические СТП 90.502-85. Введ. 01.09.85. 15. Связки металлические СТП 90.877-83. Введ. 01.01.83. 16. Кирьянов Д. В. Mathcad 13. - СПб.: БВХ-Петербург, 2006. - 590 с.

Поступила в редколлегию 14.03.2011

Bibliography (transliterated): 1. Issledovanie vlijanija komponentov himicheskogo sostava prirodnyh kamnej na ih prochnostnye svojstva i proizvoditel'nost' shlifovanija / V. I. Sidorko, V. V. Peglovskij, V. N. Ljahov, E. M. Potalyko // Rezanie i instrument v tehnologicheskikh sistemah. - MNTS Vyp. 75. - Har'kov: NTU «HPИ». - 2008. - S 356-361. 2. Peglovskij V. V., Sidorko V. I., Ljahov V. N., Potaliko O. M. Obroblyvanist' prirodnogo kaminnja - ob'ektivna osnova jogo klasifikacii. Chastina 6. Mineralogichnij sklad prirodnyh kameniv. Vpliv mineralogichnogo skladu na energoemnist' ta trudomistkist' ih obrobki. // Koshtovne ta dekorativne kaminnja. Naukovo-praktichnij zhurnal. Kiiv: Vid. DGC MFU, - 2010. - 3. № 61, S 4 - 9. 3. Issledovanie proizvoditel'nosti i trudnoemkosti shlifovanija prirodnyh kamnejalmaznym instrumentom / V. V. Peglovskij, V. I. Sidorko, V. N. Ljahov, E. M. Potalyko // Porodorazrushajuwij i metalloobrabatyvajuwj instrument - tehnika i tehnologii ego izgotovlenija i primenenija. - Vyp. 12. - Kiev: ISM im. V.N. Bakulja. - 2009. - S 500-504. 4. Issledovanie vlijanija prochnostnyh svojstv prirodnyh kamnej na mownost' potrebljaemuju pri almaznom shlifovanii / V. I. Sidorko, V. V. Peglovskij, V. N. Ljahov, E. M. Potalyko // Porodorazrushajuwij i metalloobrabatyvajuwj instrument - tehnika i tehnologii ego izgotovlenija i primenenija. - Vyp. 11. - Kiev: ISM im. V.N. Bakulja. - 2008. - S 449-453. 5. Peglovskij V. V., Sidorko V. I., Ljahov V. N., Potaliko O. M. Obroblyvanist' prirodnogo kaminnja - ob'ektivna osnova jogo klasifikacii. Chastina 8. Klasifikacija dekorativnogo ta napivdorogocinnogo kaminnja za obroblyvanistju. // Koshtovne ta dekorativne kaminnja. Naukovo-praktichnij zhurnal. Kiiv: Vid. DGC MFU, - 2011. - 1. № 63, S 16 - 22. 6. Maslov E.N. Teorija shlifovanija materialov. - M. Mashinostroenie, 1974. - 318s. 7. Sychev Ju. I., Berlin Ju. Ja. Shlifoval'no-poliroval'nye i frezernye raboty po kamnju. - K.: Strojizdat. - 1985. - 312 s. 8. Postanovlenie Kabinetu Ministrov Ukrainy № 512 ot 27. 07. 1994g. «Ob obwey stoimosti i ocenke stoimosti estestvennyh kamnej». 9. DSTU 3292-95 Poroshki almaznye sinteticheskie. Vved. 01.01.95 g. 10. Shlifporoshki sinteticheskikh almazov TU U 28.505417377072.2003. 11. A. E. Fersman. Kristallografija almaza. - L.; Izd. AN SSSR, 1955. - 568 s. 12. Fizicheskie svojstva almaza / Pod. red. Novikova N. V. - K.; Naukova dumka, 1987. - 190 s. 13. Indutnaja T. V. Poludragocennye kamni: Metod. rukovodstvo po diagnostike i jekspertize. - K.: Izd-vo GGC MFU, 1997.- 44 s. 14. Svjazki metallicheskie STP 90.502-85. Vved. 01.09.85. 15. Svjazki metallicheskie STP 90.877-83. Vved. 01.01.83. 16. Kir'janov D. V. Mathcad 13. - SPb.: BVH-Peterburg, 2006. - 590 s.