

### GRINDING OF GEAR WHEELS BY DIAMOND-ABRASIVE WHEELS

*The problems of increasing the efficiency of grinding highly precision gearwheels of the 3–4 degree of precision using superhard material tools are discussed. The efficiency of cubic boron nitride dish grinding wheels in various bonds has been studied. Recommendations how to use cubic boron nitride wheels in gear grinding are given.*

**Key words:** grinding, gears, diamond and abrasive wheels.

#### Литература

1. Абразивная и алмазная обработка материалов: справочник / Под ред. А. Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 391 с.
2. Бенкин В. А. Прогрессивные методы финишной обработки цилиндрических зубчатых колес: обзор. – М.: Изд-во НИИМаш, 1989. – 40 с.
3. Сильвестров Б. Н. Зубошлифовальные работы. – М.: Высш. шк., 1985. – 272 с.
4. Мишнаевский Л. Л. Износ шлифовальных кругов. – К.: Наук. думка, 1982. – 192 с.
5. Рябченко С. В. Шлифование зубчатых колес тарельчатыми кругами из СТМ // Сверхтвердые матер. – 2014. – № 6. – С. 81–89.

*Поступила 26.05.17*

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 ФРЕЗЕРНЫХ СТАНКАХ

*В результате анализа более ранних исследований и обобщения практического опыта изготовления производственно-технических, строительных, интерьерных и декоративно-художественных изделий из различных горных пород и минералов установлены рациональные параметры шлифования этих пород для фрезерных станков.*

**Ключевые слова:** горные породы и минералы, алмазный инструмент, шлифование, фрезерный станок, технологические параметры обработки.

#### Введение

Технологические параметры обработки (шлифования) горных пород и минералов (природных декоративных и полудрагоценных камней) с применением плоскошлифовальных станков и станков для резания рассмотрены в [1; 2]. При использовании таких станков можно получать заготовки производственно-технических, строительных, интерьерных и декоративно-художественных изделий [3; 4], профиль которых обусловлен геометрической формой и размерами обрабатывающего инструмента. Для изготовления изделий, деталей или отдельных элементов в виде тел вращения используют различные модели токарных станков [5].

Однако при обработке горных пород и минералов, относящихся к декоративным и полудрагоценным камням [6], изготовлении изделий или отдельных элементов из них иногда используют различные виды фрезерных станков.

Цель настоящего исследования – определить рациональные параметры алмазного шлифования горных пород или минералов на фрезерных станках.

#### Методика исследований

В известной классификации горных пород и минералов физико-механические свойства, химический состав и минералогические особенности связаны с трудоемкостью и энергоемкостью их обработки при испытании в строго определенных условиях [7–9].

Согласно этой классификации декоративные и полудрагоценные природные камни (горные породы или минералы) несмотря на значительные различия в трудоемкости и энергоемкости их обработки [7; 8; 10] условно распределяют на пять групп, в каждой из которых технологические параметры обработки примерно одинаковы для всех их наименований.

Отметим, что обработка горных пород на фрезерных станках предусматривает выбор режимов обработки, отличающихся от назначаемых при обработке металлов или их сплавов.

#### Результаты исследований и их обсуждение

Технические характеристики фрезерных станков, применяемых для изготовления производственно-технических, строительных, интерьерных и декоративно-художественных изделий аналогичны применяемым при обработке металлов или их сплавов (табл. 1) [11; 12].

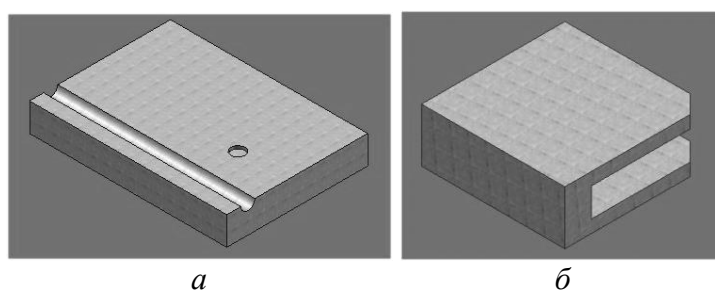
Таблица 1. Основные технические характеристики фрезерных станков различных марок

Параметр станка	Значения для марок		
	6Б75В, 6Б75ВФ1	676П	6712В, 6712П
1	2	3	4
Размеры рабочего стола, мм	200×500	250×630	125×320
Максимальное перемещение вертикального стола, мм			
продольное	320	400	200
вертикальное	320	380	250
шпиндельной бабки	200	250	125
гильзы вертикальной головки	60	60	40
Максимальный угол поворота вертикальной головки, градусов	90	90	90
Расстояние от рабочей поверхности горизонтального стола, мм:			
оси горизонтального шпинделя	80–450	80–450	30–312
торца вертикального шпинделя	90–460	0–380	0–282
Частота вращения шпинделей, об./мин.			
горизонтального	40–2240	50–1630	63–3150
вертикального	40–2240	63–2040	63–3150
Продольная, вертикальная и поперечная подачи, мм	10–600	13–395	6,3–250
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1,5	2,2	0,75

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Габаритные размеры, мм			
длина	3700	1285	2260
ширина	1975	1215	2000
высота	1695	1780	1320
Масса, кг	1452	910	560

Принцип работы фрезерных станков для изготовления изделий или деталей с плоскими или фасонными поверхностями аналогичен принципу изготовления таких изделий на плоскошлифовальных станках. Примеры полученных таким способом поверхностей, показаны на рис. 1 *а, б*. Все показанные далее рисунки представляют собой моментальные фотографические отображения трехмерных параметрических моделей твердых тел, созданных с использованием программы трехмерного проектирования «Autodesk Inventor» [13].



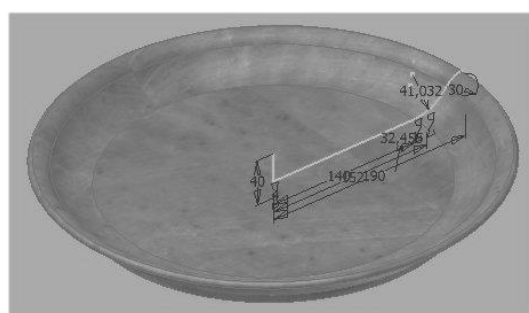
*а*

*б*

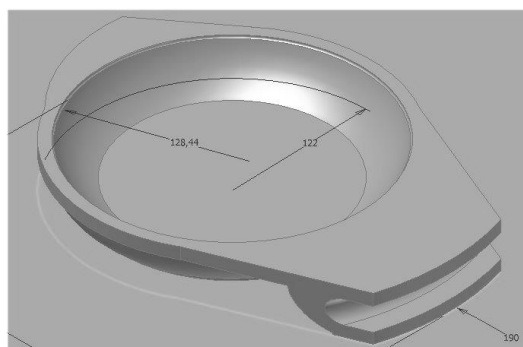
Рис. 1. Примеры поверхностей полученных с использованием инструментов вида: *а* – IFF1; *б* – IA1

скоростью указанной в табл. 2.

При обработке горных пород или минералов с применением фрезерных станков для получения поверхностей вращения (рис. 2 *а, б*) их модернизируют. В частности, на рабочем столе станка дополнительно устанавливают поворотное устройство, вращение которому передается от трансмиссии станка через дополнительный вал и систему зубчатых колес, что позволяет придать поворотному столу принудительное вращение со



*а*



*б*

Рис. 2. Примеры поверхностей, полученных с применением поворотного устройства и различных инструментов: *а* – блюдо; *б* – ковш

Таблица 2. Рекомендуемые технологические параметры шлифования горных пород различных групп при их фрезерной обработке

Рекомендуемый технологический параметр	Значение
Черновая обработка плоскостей или фасонов станок фрезерный модели 676П или другой	
Частота вращения шпинделя с инструментом, об./мин: вертикального горизонтального	1050–2040 840–1630
Продольная, поперечная и вертикальная подача, мм/мин: камни групп обрабатываемости: 1 и 2 3 и 4 5	42–52 21–33 13–17 и меньше
Число оборотов поворотного стола при шлифовании изделий, диаметром, мм: Ø100–300 мм; до Ø100 мм	До 1 До 5
Окружная скорость шлифования изделий, м/с	2–19

Рекомендуемые режимные параметры обработки горных пород и минералов в зависимости от их принадлежности к группе обрабатываемости также приведены в табл. 2. Эти режимные параметры определены в результате исследований обрабатываемости горных пород, а также опыта изготовления производственно-технических и декоративно-художественных изделий [14–16].

Вид и характеристика алмазного инструмента, а также параметры его алмазоносного слоя, используемого для шлифования камня на фрезерных станках, приведены в табл. 3.

Таблица 3. Виды и параметры алмазных инструментов, используемых для фрезерной обработки горных пород

Вид инструмента	Параметры алмазоносного слоя
Круги с двусторонним коническим профилем 1EE1 (14EE1) Ø125-150×30 <sup>0</sup> ×5×32	AC65-AC80 315/250-200/160 M2-01 (M6-14) – 50-100
Круги прямого профиля 1A1 Ø150-350×10-25 ×3-5×32-75	AC32-AC80 315/250-200/160 M2-01 – 50-100
Круги полукруглого профиля 1FF1 Ø150-350×10-32×3-5×32	AC32-AC50 315/250-250/200 M2-01 – 50-100
Коронки алмазные AC 6 Ø50-100	AC50-AC80 250/200 M2-01 – 50-100
Алмазные ролики различных специальных профилей	AC32-AC80 315/250-200/160 M2-01 (M6-14) – 50-100

К основным регулируемым параметрам при обработке горных пород или минералов на фрезерных станках относятся частота вращения шпинделей станка, а также дополнительного поворотного устройства, которые выбирают в зависимости от принадлежности обрабатываемого вида горной породы к определенной группе обрабатываемости.

#### Выводы

В результате анализа проведенных исследований и обобщения практического опыта изготовления производственно-технических, строительных, интерьерных и декоративно-художественных изделий из различных горных пород или минералов (декоративных и полудрагоценных камней) установлены рациональные технологические параметры их обработки на фрезерных станках различных марок.

Технологические параметры выбирают в зависимости от принадлежности породы к определенной группе обрабатываемости, что позволяет назначать одинаковые технологические параметры обработки для многих видов природных камней (горных пород и минералов), различных месторождений, стран добычи и торговых марок.

*У результаті аналізу здійснених раніше досліджень та узагальнення практичного досвіду виготовлення виробничо-технічних, будівельних, інтер'єрних і декоративно-художніх виробів з різних гірських порід та мінералів встановлені раціональні параметри шліфування цих порід для фрезерних верстатів.*

**Ключові слова:** гірські породи та мінерали, алмазний інструмент, шліфування, фрезерний верстат, технологічні параметри оброблення.

#### TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF DIAMOND PROCESSING OF MINERAL ROCKS ON MILLING MACHINES

*An analysis of the research and generalization of practical experience in manufacturing production and engineering, construction, interior design and decorative arts and crafts from various rocks and minerals established rational parameters of these rocks for milling machines.*

**Key words:** rocks and minerals, diamond tools, milling machines, machining process parameters.

#### Литература

1. Пегловский В. В. Технологические параметры алмазной обработки горных пород на плоскошлифовальных станках // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины. – 2013. Вып. 16. – С. 478–481.
2. Пегловский В. В. Технологические параметры алмазной обработки горных пород при резании // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины – 2015. – Вып. 18 – С. 486–490.
3. ДСТУ Б В.2.7-37-95. Строительные материалы. Плиты и изделия из природного камня. Технические условия. – Введ. 01.01.96.
4. ТУ У 26.7-23504418-001:2007. Изделия камнерезные. – Введ. 01.05.07.
5. Пегловский В. В. Технологические параметры алмазной обработки горных пород на токарных станках // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины – 2014. – Вып. 17 С. 493–497.
6. Постановление Кабинета Министров Украины № 512 от 27. 07. 1994г. «Об общей стоимости и оценке стоимости естественных камней».
7. Оброблюваність природного каменя – об'єктивна основа його класифікації. Частина 8. Класифікація декоративного та напівдорогоцінного каміння за оброблюваністю / В. В. Пегловский, В. І. Сидорко, В. Н. Ляхов, О. М. Поталико // Коштовне та декоративне каміння. Науково-практичний журнал. – К.: ДГЦ МФУ, 2011. – 1.– № 63,–С. 16–22.

8. 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 НАН Украины – 2012. – Вып. 15. – С. 533–541.
9. Пат. 90330 Украина, 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.
10. 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. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, – 2009. – Вып. 12 – С. 500–504.
11. Данилевский В. В. Справочник техника машиностроителя. – М.: Высш. шк., 1962. – 646 с.
12. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2. – 496 с.
13. . Рон К. С. Чен. Autodesk Inventor. – Москва.: Изд-во Лори, 2002. – 568 с.
14. Пат. 12743 Украина, МКПО 10–01. Набор письменный «Парус»/ В. И. Сидорко, В. Н. Ляхов, В. В. Пегловский, Е. М. Поталько. – Заявл. 28.09.05; Опубл. 15.09.06, Бюл. № 9.
15. Пат. 15363 Украина, МКПО 10–01. Часы / В. И. Сидорко, В. Н. Ляхов, В. В. Пегловский, Е. М. Поталько. – Заявл. 01.02.07; Опубл. 26.11.07, Бюл. № 19.
16. Пат. 15656 Украина, МКПО 10–01. Набор письменный «Сектор» / В. И. Сидорко, В. Н. Ляхов, В. В. Пегловский, Е. М. Поталько. – Заявл. 25.06.07; Опубл. 10.01.08, Бюл. № 1.  
*Поступила 10.05.17*

УДК 539.216:621.762

**В. В. Ивженко, О. Н. Кайдаш**, кандидаты технических наук, **А. Л. Майстренко**, член корр. НАН Украины, **В. Г. Кулич**, канд. техн. наук, **В. Н. Ткач**, д-р физ.-мат. наук, **Т. А. Косенчук**

*Институт сверхтвёрдых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОПИТКИ КРЕМНИЕМ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ГОРЯЧЕПРЕССОВАННОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ**

*Изучены горячепрессованные материалы, полученные из порошков SiC при давлении 10 и 25 МПа с последующей пропиткой кремнием. Установлено, что после силицирования предел прочности при изгибе  $R_{\text{гм}}$  поликристаллического SiC повышается на 10–80%, материалов SiC–B<sub>4</sub>C – на 40–90% в зависимости от исходной пористости, а трещиностойкость достигает 4,5 МПа·м<sup>1/2</sup>.*

**Ключевые слова:** карбид кремния, горячее прессование, пропитка кремнием, пористость, предел прочности при изгибе, трещиностойкость

Керамические материалы на основе карбида кремния обладают высокой твердостью, низким удельным весом, повышенной коррозионной и химической стойкостью, низким