

10. Григорович М. Е. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 12. Декоративно–облицовочные камни / Под ред. Е. Я. Киевленко. – М.: Изд–во ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ, 1977. – 90 с.
11. Морозова Н. И. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 18. – Ирризирующие полевые шпаты / Под ред. Е. Я. Киевленко. – М.: Изд–во ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ, 1978. – 74 с.
12. Ардамацкий А. Л. Алмазная обработка оптических деталей. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.

Поступила 26.02.10

УДК 679.8

**В. В. Пегловский**, канд. техн. наук

*Научно-технологический алмазный концерн «Алкон» НАН Украины, г. Киев*

### **ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ И ЖЕЛЕЗА В ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ГОРНЫХ ПОРОД НА ТРУДОЕМКОСТЬ И ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ИХ ОБРАБОТКИ**

*Influence on labour input and power consumption of processing of some rocks of the maintenance in their chemical compound oxides aluminium and iron is considered.*

#### **Введение**

При исследовании физико-механических свойств некоторых природных камней (горных пород и минералов) замечено, что их прочностные свойства (предел прочности при сжатии, твердость и др.) зависят от наличия и процентного содержания в их составе определенных компонентов: оксидов кремния, алюминия, железа и некоторых других [1–3]. В свою очередь, изменение прочностных свойств горных пород влияет на трудоемкость и энергоемкость их обработки [1; 4; 5]. Такие породы, в том числе разведанные и добываемые в Украине [6], обрабатывают преимущественно с использованием алмазно-абразивной технологии. В этой связи исследование влияния на трудоемкость и энергоемкость обработки (алмазного шлифования) горных пород их химического состава является актуальной задачей камнеобрабатывающего производства.

#### **Методика исследований**

Каждый из минералов (породообразующих или второстепенных) в составе горной породы, является определенным химическим соединением. По общему химическому составу горной породы можно судить о свойствах этого полиминерального конгломерата в целом.

При исследовании природных камней один из известных специалистов в этой области академик Е. Я. Киевленко, чья классификация природных камней является наиболее близкой к принятой в Украине [7], при описании их химического состава различает несколько основных компонентов этих камней: оксиды кремния ( $\text{SiO}_2$ ), алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ), кальция ( $\text{CaO}$ ) и магнезия ( $\text{MgO}$ ). Эти компоненты занимают наибольший процент в химическом составе природных камней [8–10].

Настоящая работа посвящена исследованию влияния содержания оксидов алюминия и железа на трудоемкость и энергоемкость алмазно-абразивной обработки (шлифования) горных пород.

В качестве исследуемых горных пород были выбраны мраморный оникс, мрамор «TISD», офиокальцит, серпентинит, родонит, скарн, роговик, амазонит, лабрадорит, жадеит и джеспилит.

Химический состав исследованных видов горных пород по выбранным компонентам приведен в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав некоторых видов горных пород и минералов

Горная порода (происхождение)	Содержание компонента в породе, %					
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>1</sup>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Проч
Мраморный оникс Карлюкский (Казахстан)	– (1.1; 3.1)	– (2.1; 4.1)	–	56	–	44
Офиокальцит (Россия)	4,1 (1.2; 3.2)	0,9	18,4	24,6	20,4	31,6
Родонит (Россия)	16,7 (1.3)	0,8	39,3	1,9	21,8	19,5
Амазонит (Россия)	20,5 (1.4)	0,3	67,2	0,0	1,2	10,8
Лабрадорит Головинский (Украина)	26,24 (1.5)	5,05 (4.2)	53,55	10,5	-	4,66
Жадеит (Россия)	28,0 (1.6; 3.5)	2,1	56,8	5,6	1,4	6,1
Серпентинит (Россия)	25 (3.4)	5 (2.2)	44	1	14	11
Роговик (Россия)	11,7 (3.3)	10,3 (2.3; 4.3)	52,8	6,8	6,0	12,4
Мрамор «TISD» (Индия)	1,0	13,3 (2.4; 4.4)	28,7	14,6	22,8	19,6
Скарн датолитовый (Россия)	3,5	17,0 (2.5)	23,2	7,6	21,6	27,1
Джеспилит (Украина)	2,5	25,0 (2.6; 4.5)	47,0	–	–	0,5

Примечание. 1 – общее содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO.

В скобках указаны порядковые номера материалов, выбранных для построения каждой из исследуемых зависимостей: 1.1-1.6 и 2.1-2.6 – для трудоемкости шлифования при изменении содержания в химическом составе пород оксидов соответственно алюминия и железа; 3.1-3.5 и 4.1-4.5 – для энергоемкости обработки при изменении содержания этих же компонентов.

К прочим компонентам отнесены оксиды натрия (Na<sub>2</sub>O) и калия (K<sub>2</sub>O), карбонаты кальция (CaCO<sub>3</sub>), магния (MgCO<sub>3</sub>) и др.

Выбранные для исследований горные породы различаются содержанием в них рассматриваемых компонентов [1–3; 8–10]. Содержание этих компонентов примерно соответствовало ряду 0, 5, 10, ..., 25, 30 с некоторыми отклонениями по каждому из компонентов при исследовании разных параметров (трудоемкости и энергоемкости) процесса шлифования. При исследовании содержания оксидов железа учитывали суммарное содержание оксидов Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и FeO.

Относительную трудоемкость и энергоемкость шлифования различных материалов (*t*, *e*) определяли относительно трудоемкости и энергоемкости шлифования мраморного оникса Карлюкского месторождения (Казахстан) как наиболее легко обрабатываемого и наименее энергоемкого в обработке материала из исследуемых видов пород. Относительную трудоемкость определяли по формуле:  $t = Q_0 / Q_M$ ; энергоемкость –  $e = N_M / N_0$ , где  $Q_0$ ,  $Q_M$  – объемная производительность шлифования соответственно мраморного оникса и исследуемого материала;  $N_M$ ,  $N_0$  – мощность, потребляемая при шлифовании соответственно исследуемого материала и оникса.

Методика определения объемной производительности шлифования исследованных видов горных пород в соответствии со способом [11] приведена в [4]; методика определения энергоемкости шлифования горных пород и ее значения для некоторых видов пород – в [5].

Экспериментальные исследования по определению объемной производительности шлифования проводили на шлифовально-полировальном станке модели ЗШП-320. Технологические параметры обработки природных камней приведены в табл. 2.

Таблица 2. Технологические параметры обработки природных камней

Технологический параметр	Единицы измерения	Значение
Частота вращения шпинделя.	об./мин	97
Частота двойных ходов поводка	дв. ходов/мин	48
Усилие прижима	Н	600
Несимметрия штриха	мм	80
Эксцентриситет штриха	мм	0
Длина штриха	мм	40

При проведении экспериментов использовали алмазный круг типа 6А2П 400×5×40 АС32 400/315 М1-10-1-100.

Образцы из горных пород выбранных видов изготавливали размером 100×100×20–25 мм.

#### Результаты

На рис. 1 представлены аппроксимированные степенными функциями ( $Y = \kappa X^C + b$ ) зависимости относительной трудоемкости шлифования горных пород от содержания в их химическом составе оксидов алюминия и железа, а в табл. 3 (стр. 1, 2) представлены сведения о коэффициентах регрессии данных зависимостей.

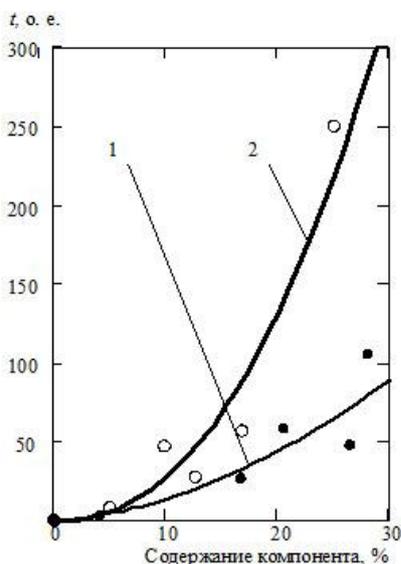


Рис. 1. Зависимости трудоемкости шлифования горных пород от содержания в их составе: 1 – оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ); 2 – оксида железа ( $Fe_2O_3$ )

Из данных рис. 1 и табл. 3 следует, что с повышением содержания рассматриваемых компонентов в составе горных пород трудоемкость их обработки (шлифования) быстро повышается. Показатели степени для указанных зависимостей составляют: для оксидов алюминия – 1,737, для железа – 2,278. Как видим, оксиды железа сильнее влияют на трудоемкость шлифования камней, чем алюминия. Однако вследствие большой ошибки аппроксимации (например, для оксидов алюминия 42 %) эти зависимости могут свидетельствовать лишь об имеющихся тенденциях процесса шлифования рассматриваемых видов горных пород.

Аппроксимированные линейными функциями ( $Y = \kappa X + b$ ) зависимости относительной энергоёмкости шлифования природных камней от содержания в них оксидов алюминия и железа показаны на рис. 2. Значения коэффициентов регрессии этих зависимостей приведены в табл. 3.

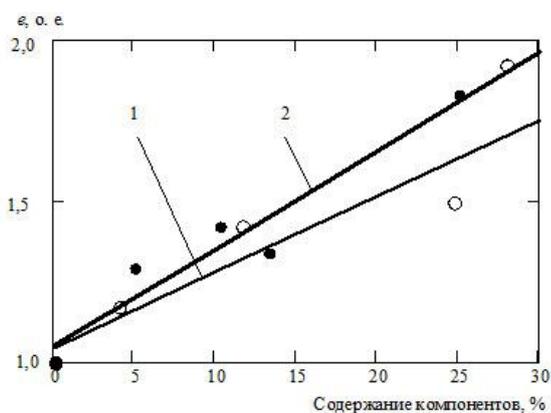


Рис. 2. Зависимости относительной энергоёмкости шлифования горных пород от содержания в них: 1 – оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ); 2 – оксида железа ( $Fe_2O_3$ )

Таблица 3. Значения коэффициентов регрессий исследуемых зависимостей

Зависимость	Значения $\kappa$	Значения $C$	Значения $b$
1 на рис. 1	0,241	1,737	0,432
2 на рис. 1	0,14	2,278	-0,078
1 на рис. 2	0,023	–	1,047
2 на рис. 2	0,031	–	1,048

Из данных рис. 2 и табл. 3 следует, что влияние оксидов алюминия и железа на энергоёмкость обработки (шлифования) исследованных видов горных пород почти одинаковое (оксида железа несколько сильнее), а повышение содержания обоих компонентов в составе таких пород приводит к повышению энергоёмкости их обработки. Причем низкая ошибка этих зависимостей (до 10 %) свидетельствует об объективных закономерностях процесса шлифования исследованных горных пород.

### Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что наличие оксидов алюминия и железа в составе некоторых видов горных пород (декоративных и полудрагоценных камней), используемых для изготовления различных изделий из камня, существенно влияет на трудоемкость и энергоёмкость шлифования этих пород.

Так трудоемкость обработки исследованных горных пород при повышении содержания определенных компонентов многократно повышается по степенной зависимости (приблизительно квадратичная зависимость), а энергоёмкость обработки в соответствии с линейной зависимостью – примерно в 1,5-2 раза.

Полученные результаты можно использовать при определении технологических параметров шлифования горных пород и изготовлении различных изделий, установлении технологических и определении технико-экономических параметров производства таких изделий.

### Литература

1. Сидорко В. И., Пегловский В. В., Ляхов В. Н. Влияние содержания оксида кремния в природных камнях на их прочностные свойства, производительность алмазного шлифования и потребляемую мощность // Сверхтвердые матер. – 2008. – № 5. – С. 64–71.
2. Исследование влияния некоторых компонентов химического состава природных камней на их прочностные свойства / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: Изд-во ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – 2008. – Вып. 11. – С. 444–449.
3. Изучение влияния минералогических составляющих природного камня на его прочностные свойства / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: Изд-во ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – 2007. – Вып. 10. – С. 482–487.
4. Исследование влияния прочностных свойств природных камней на трудоемкость их алмазного шлифования / В. И. Сидорко, В. В. Пегловский, В. Н. Ляхов, Е. М. Поталько // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: Изд-во ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – 2009. – Вып. 12. – С. 495–500.
5. 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. – К.: Изд-во ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – 2008. – Вып. 11. – С. 449–453.
6. Гелета О. Л. Дослідження зовнішньоекономічного обігу декоративного каміння в Україні (2008 р.) // Коштовне та декоративне каміння: Інформ.-довідкове вид. – К.: Вид-во ДГЦ МФУ. – 2009. – № 56 (2). – С. 28–32.
7. Постановление Кабинета Министров Украины «Об общей классификации и оценке стоимости природного камня» от 27 июля 1994 г. № 512.
8. Григорович М. Е. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 12. Декоративно-облицовочные камни / Под ред. Е. Я. Киевленко. – М.: Изд-во ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ, 1977. – 90 с.
9. Морозова Н. И. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 18. Иризирующие полевые шпаты / Под ред. Е. Я. Киевленко. – М.: Изд-во ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ, 1978. – 74 с.
10. Григорович М. Б. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 19. Амазонит и амазонитовые породы / Под ред. Е. Я. Киевленко. – М.: Изд-во ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ, 1978 – 54 с.
11. Пат. 33227 Украина, МПК (2006). В28D 1/00. Спосіб визначення оброблюваності каменю / В. І. Сидорко, В. В. Пегловський, В. Н. Ляхов, О. М. Поталико. – Заявл. 21.02.08; Опубл. 10.06.08, Бюл. № 11.

*Поступила 26.02.10*