

УДК 679.8; 621.923

В. В. Пегловский, канд. техн. наук

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

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГОРНЫХ ПОРОД НА ТРУДОЕМКОСТЬ И ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ИХ ОБРАБОТКИ

Влияние вида основного породообразующего минерала горных пород, их структуры и размера зерен минеральных индивидов породы на трудоемкость и энергоемкость их обработки.

Ключевые слова: минерал, горные породы, структуры.

При обработке горных пород и минералов замечено, что производительность, трудоемкость и энергоемкость их обработки [1; 2] зависят от наличия и процентного содержания в их химическом составе определенных компонентов: оксидов кремния, алюминия, железа и некоторых других [3; 4]. Эти компоненты влияют так же на прочностные свойства горных пород [5].

В то же время кроме прочностных свойств и химического состава горные породы характеризуются показателями (минералогический состав, структура и размер зерен минеральных образований), влияние которых на производительность, трудоемкость и энергоемкость их обработки мало изучено.

В связи с изложенным исследование влияния минералогических особенностей горных пород на трудоемкость и энергоемкость их обработки является актуальной задачей камнеобрабатывающего производства.

Методика исследований

Известно, что минералогический состав горных пород, являющийся условно постоянным для природного камня определенного вида, может состоять из различных природных минералов, относящихся к разным химическим соединениям, содержание которых в горных породах непостоянно [6–8].

Минерал, содержание которого в горной породе наибольшее, называют основным породообразующим, а остальные минералы второстепенные [6].

Минералогический состав некоторых добываемых в Украине видов горных пород (декоративных камней) [9], из которых изготавливают преимущественно строительные, интерьерные, декоративно-художественные и производственно-технические изделия [10; 11], приведен в табл. 1.

Таблица 1. Минералогический состав некоторых видов мрамора, габбро, лабрадорита и гранита Украинских месторождений

Минерал	Содержание, %			
	мраморизованного известняка Довгорунского	габбро Букинского	лабрадорита Головинского	гранита Маславского
Калишпат	–	2–9	0–6	40–63
Кварц	5–30	0–5	0–2	40
Плагиоклаз	–	57–72	87–99	–
Роговая обманка	–	–	–	10
Бiotит	–	–	–	7
Апатит	–	–	–	2
Оливин	–	–	0–2	4
Пироксен	–	25–32	4	–
Кальцит	40–90	–	–	–
Мусковит	1–16	–	–	–
Хлорит	0,1–12	–	–	–
Другие	–	0–3	–	1

Минералогический состав некоторых других горных пород (полудрагоценных камней) месторождений различных стран приведен в табл. 2.

Таблица 2. Породообразующие и второстепенные минералы в составе некоторых полудрагоценных камней

Полудрагоценный камень	Основные породообразующие минералы	Второстепенные минералы
Мраморной оникс Карлюкский. Казахстан	Кальцит	–
Лиственит. Россия	Анкерит, кварц	Тальк, слюда, мусковит и др.
Серпентинит. Россия	Серпентин (антигорит, хризотил), доломит и др.	Кальцит, гранаты, пироксены, амфиболы и др.
Скарн датолитовый. Россия	Датолит, доломит	Пироксены, магнезит, кальцит, известняк и др.
Родонит. Россия	Родонит, доломит	Родохрозит, бустамит, спессартин, кварц и др.
Нефрит Саянский. Россия	Тремолит, актинолит	Диопсид, шпинель, серпентин, апатит, кальцит и др.
Жадеит. Россия	Жадеит	Альбит, амфиболы, слюда и др.
Амазонит. Россия	Амазонит	Плагиоклазы, кварц, слюда и др.
Роговик. Россия	Полевые шпаты	Кварц
Джеспилит. Украина	Кварц	Окислы железа
Окаменелое дерево. Украина	Кварц	Халцедон, опал
Яшма Орская. Россия	Кварц, халцедон	Эпидот, актинолит, хлорит, слюда и др.
Кварцит. Россия	Кварц	Слюда, плагиоклаз, тальк
Халцедон. Казахстан	Халцедон	–
Льдистый кварц. Украина	Кварц	–

Из приведенных (табл. 1, 2) и известных данных [6–8] приходим к выводу о том, что основными породообразующими минералами декоративных камней являются карбонаты групп кальцита и доломита, алюмосиликаты групп полевых шпатов, полудрагоценных камней, кроме того, другие силикаты (амфиболы, пироксены, сложные силикаты) и силикаты группы кварца (кварц, халцедон, опал).

Количественно оценить свойства основных породообразующих минералов для рассматриваемых видов горных пород при исследовании их влияния на трудоемкость и энергоемкость обработки можно по твердости этих пород (например, по Викерсу).

Однако кроме минералогического состава горная порода характеризуется признаками, среди которых особое место занимают размер зерен минеральных образований и структура камня.

Различают следующие основные виды минерального строения (структуры) [7; 8]:

- зернисто-кристаллическое (минеральный агрегат состоит из зерен минеральных индивидов одинакового или разного размера) – большинство из рассматриваемых видов камней;

- волокнистое (минеральные индивиды сильно вытянуты в одном направлении и напоминают растительные волокна), например параллельно-волокнистое (асбест), лучисто-волокнистое (вавелит), радиально-волокнистое (актинолит), спутанно-волокнистое (серпентинит);

- шестоватое (поперечное сечение минеральных индивидов сопоставимо с их длиной) – параллельно-лучистое и спутанно-шестоватое (эпидот, турмалин, иногда кварц);

- чешуйчатое и сланцевое (среди рассматриваемых видов камней встречается редко), пластинчатые минеральные индивиды имеют вид мелких беспорядочно расположенных чешуек (тальк и слюда).

Важной характеристикой минералов кристаллического строения является размер зерен минеральных индивидов в минеральных образованиях. В зависимости от размеров зерен минералов различают их виды [7; 8] (табл. 3).

Результаты и их обсуждение

Минералогические особенности 30 видов природных декоративных и полудрагоценных камней, полученных в результате исследований [6–8; 12], приведены в табл. 4.

Таблица 3. Характеристики зернистости минералов и минеральных образований

минералы	Размер минеральных образований h , мм (мкм)
Гигантские	> 100 мм
Крупнозернистые	10–100 мм
Среднезернистые	1–10 мм
Мелкозернистые	100 мкм–1 мм
Тонкозернистые	10–100 мкм
Скрытокристаллические	1–10 мкм
Тонкодисперсные	< 1 мкм

Таблица 4. Минералогические особенности некоторых видов природных камней

Природный камень. Происхождение	Минералогическая особенность		
	h , мм	c , о. е.	H_M , ГПа
1. Мраморный оникс Карлюкский. Казахстан	1,0	1	1,6
2. Мрамор Коелгинский. Россия	1,0	1	1,6
3. Мрамор Кибик-Кордонский. Россия	1,0	1	1,6
4. Офиокальцит. Россия	1,0	1	1,6
5. Мрамор «Verde Antiquo». Индия	1,0	1	1,6
6. Скарн датолитовый. Россия	1,0	1	5,8
7. Лиственит. Россия	1,0	1	1,6
8. Мрамор Белогорский. Россия	1,0	1	1,6
9. Мрамор «TISD» Индия	1,0	1	1,6
10. Родонит. Россия	1,0	1	5,8
11. Лазурит. Россия	1,0	1	5,8
12. Серпентинит. Россия	1,0	2	5,8
13. Габбро оливковое (ср. знач.) ²	10,0	1	8,0
14. Джеспилит. Украина	1,0	1	8,0
15. Габбро безоливиновое (ср. знач.) ²	10,0	1	8,0
16. Нефрит Кольский. Россия	0,1	2	8,0
17. Роговик. Россия	0,1	1	8,0
18. Лабрадорит Головинский. Украина	10,0	1	8,0
19. Жадеит. Россия.	0,1	2	8,0
20. Беломорит (лабрадорит). Россия	10,0	1	8,0
21. Гранит Софиевский. Украина	10,0	1	8,0
22. Гранит слюдяной (среднее значение) ²	10,0	1	8,0
23. Обсидиан. Армения	100,0	1	8,0
24. Гранит лейкократовый (среднее значение) ²	10,0	1	8,0
25. Яшма техническая. Россия	0,1	1	12,0
26. Окаменелое дерево. Украина	0,01	2	12,0
27. Кварцит Овручский. Украина	1,0	1	12,0
28. Халцедон. Казахстан	0,01	2	12,0
29. Агат. Россия	0,01	2	12,0
30. Льдистый кварц. Украина	0,1	1	12,0

В табл. 4 представлены микротвердость H_M основного породообразующего минерала рассматриваемых видов пород, максимальный размер h зерен минеральных индивидов в конгломерате и структура c этих камней. Причем при исследовании структуры камней рассматривали кристаллическую структуру $c = 1$ и волокнистую или близкую к ней шестоватую $c = 2$.

Если данные табл. 4 представить в кодированных значениях и сопоставить с кодированными значениями относительной трудоемкости t и энергоемкости e обработки этих видов камней [1; 2], линейная аппроксимация зависимостей трудоемкости и энергоемкости от рассматриваемых особенностей пород, полученная известными методами [13], будет выглядеть так, как показано на рис. 1, 2.

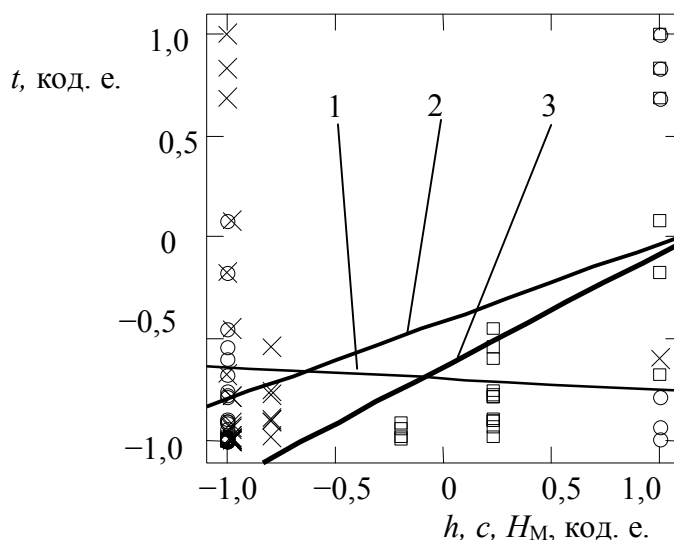


Рис. 1. Зависимость трудоемкости обработки горных пород от размеров зерен h минеральных образований – 1 (\times); структуры с породы – 2 (\circ); Твердости H_M основного породообразующего минерала – 3 (\square)

Коэффициенты линейных регрессий, показанные на рис. 1, 2 приведены в табл. 5.

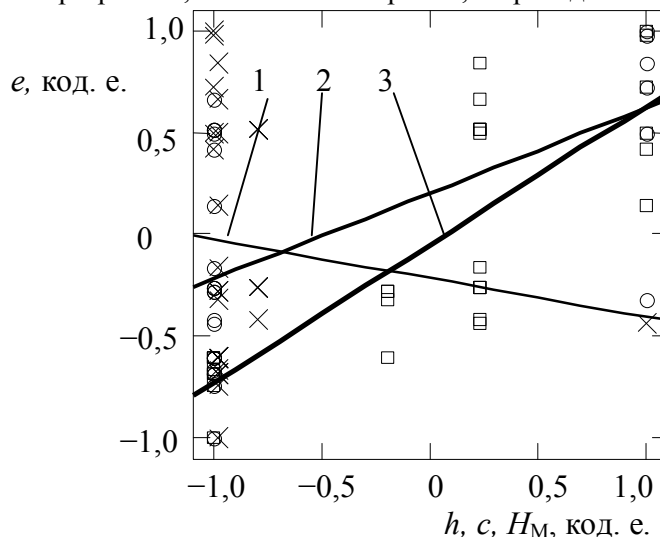


Рис. 2. Зависимости энергоемкости обработки горных пород от размеров зерен h минеральных образований – 1 (\times); структуры с породы – 2 (\circ); твердости H_M основного породообразующего минерала – 3 (\square)

Таблица 5. Коэффициенты регрессий исследуемых зависимостей

Зависимость	Значения k	Значения b
1 на рис. 1	-0,058	-0,692
2 на рис. 1	0,382	-0,413
3 на рис. 1	0,56	-0,642
1 на рис. 2	-0,187	-0,215
2 на рис. 2	0,419	0,201
3 на рис. 2	0,677	-0,051

Из данных рис. 1, 2 и табл. 5 следует, что трудоемкость и энергоемкость обработки горных пород повышается тогда, когда порода имеет меньший размер зерен минеральных образований, волокнистую структуру и большую твердость основного породообразующего минерала. Однако низкая точность аппроксимации для указанных зависимостей (средняя ошибка $\approx 70\%$) не позволяет использовать их для расчета трудоемкости и энергоемкости обработки горных пород, а лишь указывает на тенденции в их обработке.

Сопоставив минералогический состав рассматриваемых горных пород (табл. 1, 2, 4) и значения относительной трудоемкости и энергоемкости их обработки, полученные в результате ранее проведенных исследований [1; 2], можно систематизировать эти данные так, как показано в табл. 6.

Таблица 6. Оценка обрабатываемости горных пород в зависимости от их минералогического состава

Класс (группа) химических соединений	Основные породообразующие минералы	Технологические параметры, о. е.	
		<i>e</i> ,	<i>t</i> ,
Карбонаты групп кальцита, арагонита и доломита	Кальцит, доломит, арагонит, анкерит, магнезит, родохрозит, и др.	1,0–1,4	1–20
Алюмосиликаты и силикаты групп полевых шпатов, фельдшпатоидов, ортосиликатов, пироксенов, пироксеноидов, амфиболов, метасиликатов и др.	Полевые шпаты, содалит, лазурит, оливин, жадеит, авгит, эгерин, волластонит, родонит, тремолит, актинолит, датолит, антигорит, хризотил, мусковит, биотит и др.	1,3–1,7	20–600
Силикаты группы кварца	Кварц, халцедон, опал	1,7–2,0	600–1000

Выводы

В результате исследований установлено, что трудоемкость и энергоемкость обработки горных пород повышаются тогда, когда горная порода имеет меньший размер зерен минеральных индивидов в минеральном конгломерате, а также при волокнистой или близкой к ней (шестоватой) структуре таких пород.

Трудоемкость и энергоемкость обработки исследованных видов горных пород (декоративных и полудрагоценных камней) можно связать с видом их основного породообразующего минерала. Например, наиболее легкообрабатываемыми породами могут считаться те, где основным породообразующими минералами являются карбонаты, более труднообрабатываемыми являются те, в которых породообразующими минералами являются различные силикаты (алюмосиликаты) и наивысшую трудоемкость обработки проявляют те, где в качестве основных породообразующих минералов присутствуют различные виды кварца.

Результаты работы можно использовать при назначении технологических параметров обработки горных пород на всех технологических операциях изготовления различных изделий из камня и определении основных технико-экономических параметров (трудоемкость, энергоемкость) производимых изделий.

Вплив виду основного породотворного мінералу гірських порід, їх структури та розміру зерен мінеральних індивідів породи на трудомісткість і енергоємність їх обробки.

Ключеві слова: мінерал, гірські породи, структури.

Influence of type of basic mineral of mountain breeds is investigational, their structure and sizes of grains of mineral individuals of breed on labour intensiveness and power-hungryness of treatment of such breeds.

Key words: mineral, mountain breeds, structure.

Литература

1. 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.
2. 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.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины – 2008. – Вып. 11. – С 449–453.
3. Влияние содержания оксидов алюминия и железа в химическом составе горных пород на трудоемкость и энергоемкость их обработки / В.В. Пегловский // Породоразрушающий и

- металлообрабатывающий инструмент – техника и технологии его изготовления и применения. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины. – 2010. – Вып. 13. – С 536–540.
4. 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.
 5. Исследование влияния некоторых компонентов химического состава природных камней на их прочностные свойства / 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 НАН Украины. – 2008. – Вып. 11. – С 444–449.
 6. Добыча и обработка природного камня: Справочник / Под ред. А.Г. Смирнова. – М.: Недра, 1990. – 445 с.
 7. Лазаренко Е.К. Курс минералогии: Учебник для университетов. – М.: Высш. шк., 1971. – 608 с.
 8. Федоровский Н.М. Курс минералогии. – М.; Л.; Новосибирск. ГНТГИ. 1932. – 456 с.
 9. Постановление Кабинета Министров Украины «Об общей классификации и оценке стоимости природного камня» от 27 июля 1994 г. № 512.
 10. ТУУ 26.7–23504418–001:2007. Изделия камнерезные – Введ. 01.05.2007.
 11. ДСТУ Б В.2.7-37-95. Строительные материалы. Плиты и изделия из природного камня. Технические условия.
 12. Отчет ИСМ НАН Украины о НИР 1114 (арх. № 2105) «Исследование основных закономерностей процесса алмазной обработки цветных камней с целью установления оптимальных режимов обработки» / Рук. Александров В.А., Бобровский Е.И., Ляхов В.Н. Гос. Рег. №73055305. К.: 1974. – 74 с.
 13. Кирьянов Д.В. Mathcad 13. – СПб.: БВХ-Петербург, 2006. – 590 с.

Поступила 14.04.11

УДК 679.8

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

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

ЗАВИСИМОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АЛМАЗНОЙ ОБРАБОТКИ ГОРНЫХ ПОРОД ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ АЛМАЗОНОСНОГО СЛОЯ ИНСТРУМЕНТА

Зависимость производительности шлифования горных пород от концентрации алмазов в рабочем слое камнеобрабатывающего инструмента.

Ключевые слова: шлифование, горные породы, алмаз.

Введение

При выборе параметров алмазно-абразивного инструмента, используемого для обработки (чернового шлифования) горных пород и минералов (природных декоративных и полудрагоценных камней) в процессе изготовления строительных, производственно-технических и декоративно-художественных изделий [1; 2] необходимо знать, как соотносятся основные параметры алмазоносного слоя инструмента (вид связки, размер зерна алмазного порошка и его марка, концентрация алмазов в алмазоносном слое) с производительностью обработки таких материалов. Это необходимо как для определения технологических параметров процесса шлифования (например, производительности), так и для прогнозирования технико-экономических характеристик изготавливаемых из камня изделий (например, трудоемкости) [3].

Цель настоящего исследования – определить взаимосвязь концентрации синтетических алмазов алмазоносного слоя камнеобрабатывающего инструмента и производительности шлифования горных пород и минералов.