Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації

Частина 5. Хімічний склад природних каменів. Вплив деяких його компонентів на міцнісні властивості каменів, енергоємність і трудомісткість їх обробки

В.В. ПЕГЛОВСЬКИЙ,
кандидат технічних наук
В.І. СИДОРКО,
доктор технічних наук
В.Н. ЛЯХОВ, інженер
О.М. ПОТАЛИКО, інженер

Науково-технологічний алмазний концерн «АЛКОН» НАН України

УДК.679.8. Приведены сведения о компонентах химического состава, наиболее часто диагностируемых в различных видах природных камней. Приведены данные о химическом составе многих полудрагоценных и декоративных камней. Рассмотрено влияние некоторых компонентов химического состава природных камней на их прочностные свойства, энергоемкость и трудоемкость обработки.

Data about the parts of a chemical compound most often diagnosed in various kinds of natural stones are cited. Data about a chemical compound of many semiprecious and decorative stones are cited. Influence of some components of a chemical compound of natural stones on them strength properties power consumption and labour input of processing is considered.

У перших частинах цієї роботи, присвяченої оброблюваності природного каміння, були розглянуті відомі класифікації природного напівдорогоцінного та декоративного каміння [19], властивості, що діагностують у даних групах природного каміння, а також відокремлено ті з них, які безпосередньо впливають на оброблюваність каменів [15]. Наведено дані про енергоємність [16] та трудомісткість [17] обробки багатьох видів напівдорогоцінного та декоративного каміння. Розглянуто взаємозв'язок енергоємності та трудомісткості обробки з міцнісними властивостями природного каміння [16, 17].

Вивчаючи властивості природних декоративних або напівдорогоцінних каменів (гірських порід та мінералів), більшість дослідників розглядають насамперед їх мінералогічний склад. Це поняття є одним із найважливіших, що характеризує гірські породи та визначає процентний вміст різних мінералів у їх складі. Мінералогічний склад є тією характеристикою, яку вважають приблизно постійною для каменю одного виду. Проте з причини широкої різноманітності видів мінералів (декілька тисяч найменувань), а також розмаїття їх комбінацій та різного їх вмісту в складі каменів, важко виявити закономірності процесів обробки або фізико-механічних властивостей, залежні від мінералогічного складу природних каменів.

Прийнято вважати, що основними (породотвірними) мінералами у складі видів природних каменів, які розглядаються (напівдорогоцінних та декоративних), є різні мінерали груп польових шпатів, кварцу та кальциту, інші силікати, амфіболи, піроксени та інші мінерали [5]. У таблицях 1–3 наведено дані про деякі основні (найбільш поширені) породотвірні мінерали – кварц, ортоклаз та кальцит.

Більшість мінералів, які утворюють гірські породи, за загальноприйнятою класифікацією мінералів належать до різноманітних груп класів силікатів та карбонатів [10].

Під час вивчення хімічного складу природних каменів визначають також склад хімічних елементів, що їх утворюють. Прикладами таких елементів є: кисень, кремній, алюміній, залізо, кальцій, магній, калій, натрій (O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na) та

Таблиця 1.

Опис та стисла характеристика кварцу

Опис	Характеристика
Мінерал. Силікат групи кварцу, розглядається його низькотемпературна (температура кристалізації до 575° С) α-модифікація. Цей різновид кварцу частіше зустрічається у вигляді кристалів Цей вид мінералу утворює цілий ряд мінералів, об'єднаних у групу: гірський кришталь, аметист, цитрин, раухтопаз, празем, моріон та ін. У складі кремнезему відомо ще декілька модифікацій кварцу, наприклад β-кварцу, які мають вищі температури кристалізації (β° – 870° С, тримидит – 1470° С, кристобаліт – 1710° С) та ін. Разом з іншими своїми різновидами (халцедоном та опалом) кварц є основним породотвірним мінералом багатьох гірських порід: кварциту (кварцу), яшми, кременю (кварцу, халцедону), кахолонгу, скам'янілого дерева (опалу. халцедону) та ін. В значних кількостях присутній у гранітах, порфірах, роговиках та ін. Родовища: Бразилія, Росія, Грузія, Швейцарія, Магадаскар, Уругвай, Україна (Житомирська обл.) та багато ін. країн Застосування. Для виробничо-технічних виробів: оптичні прилади, генератори ультразвуку, телефонна та радіоапаратура. У великих кількостях споживається скляною та керамічною промисловістю, використовується як сировина для вогнетривів, кварцового скла і т. д. Для ювелірних, декоративно-художніх виробів, біжутерії, колекцій	1. Твердість – 7,0 відн. од. (за шкалою Мооса) 2. Щільність – 2,65 г/см^3 3. Хімічна формула: SiO_2 4. Умови утворення. Складова частина вивержених і метаморфічних гірських порід. Утворюється з магматичних розплавів, багатих SiO_2, газово-рідинних фтористих флюїдів і водних лужно-хлоридних і бікарбонатних розчинів при гідролізі силікатних гірьких порід в областях активного вулканізму 5. Форми залягання: у вигляді зерен різних розмірів, їх зростків у магматичних породах або у вигляді жил та штоків при гідротермальному утворенні, а також мінеральних агрегатів (β-кварц) та масивів (порід) 6. Будова: крупно-, середньо- та дрібнозерниста 7. Злам: раковистий 8. Ступінь прозорості: прозорий, напівпрозорий, що просвічує у тонких пластинах 9. Колір: безбарвний (гірський кришталь), блідо-фіолетовий (аметист), жовтуватий (цитрин), димчастий (раухтопаз), зеленуватий (празем), чорний (моріон), льодистий та ін. 10. Блиск – скляний

деякі інші. Такі елементи називають петрогенними [5].

Разом з тим кожен мінерал є сполукою з певним хімічним складом і, розглядаючи загальну сукупність хімічних складових породотвірних та допоміжних мінералів, можна до певної міри говорити про властивості мінерального конгломерату в цілому.

При дослідженні природних каменів один із відомих фахівців у цій галузі академік Є.Я. Києвленко, чия класифікація є найбільш близькою до прийнятої в Україні [19], у своїх численних працях, присвячених різним видам природних каменів, при описі їх хімічного складу розрізняв декілька основних компонентів. До них він відносив

Таблиця 2.

Опис та стисла характеристика ортоклазу

Опис	Характеристика
Мінерал. Силікат (алюмосилікат) групи польових шпатів, підгрупа калієвих польових шпатів (санідин, ортоклаз, мікроклін, анортоклаз, адуляр). Основний породотвірний мінерал багатьох гірських порід, насамперед гранітів Родовища: Індія, Бразилія, Норвегія, Швеція, Китай, США, Росія, Україна (Житомирська, Волинська обл.) і багато інших країн Застосування. У складі гірських порід (гранітів) застосовується в основному для виробництва будівельних виробів (лицювальної плитки, сходів, колон, балясин, фризу); інтер'єрних виробів (стільниць, барних стійок, ваз тощо) Для виробничо-технічних виробів: вали в целюлозно-паперовій промисловості, станини під особливо точні верстати в металообробці і т. д. Мінерал використовується як колекційний матеріал, іноді – як біжутерія	1. Твердість: 6,0–6,5 відн. од. (за шкалою Мооса) 2. Щільність: 2,55–2,58 г/см^3 3. Хімічна формула: $K[AlSi_3O_8]$. Основні компоненти хімічного складу: SiO_2 – 65,7 %; Al_2O_3 – 18,7 %; K_2O – 16,9 %; Na_2O – 2,9 % 4. Умови утворення: з вулканічних порід 5. Форми залягання. Зустрічається у вигляді мінеральних агрегатів, штоків, вкраплень, кристалів, а також утворює масиви 6. Будова: крупно- і середньозерниста 7. Злам: раковистий, нерівний, ступінчатий 8. Ступінь прозорості: глухий, напівпрозорий, що просвічує по краях 9. Колір: темно-сірий, сіро-зеленуватий з відтінками синього, іноді золотистим відливом 10. Блиск скляний до металевого

Таблиця 3.

Опис та стисла характеристика кальциту

Опис	Характеристика
Мінерал. Карбонат групи кальциту. Є одним із найбільш поширених мінералів Група кальциту включає: кальцит, магнезит, сидерит, родохрозит, смітсоніт. Назва походить від грецької «кальцс» – вапно. Одна з природних форм карбонату кальцію, є основним породотвірним мінералом для мармурів та мармурових оніксів, вапняків, крейдяних порід й ін. Є головним біомінералом, складовою частиною живих організмів Родовища: Греція, Аргентина, Іран, Ірак, США, Росія, Україна (Крим, Хмельницька і Тернопільська обл.) і багато інших країн Застосування. У складі гірських порід (мармурів, мармурових оніксів та ін.) через низьку стійкість до дії навколишнього середовища застосовується переважно для оформлення внутрішніх приміщень (плитка, підвіконня, стільниці й ін.) Для декоративно-художніх виробів (вази, годинники, шкатулки тощо) та предметів інтер'єру (мозаїка), а також як колекційний матеріал	1. Твердість: 3,0–3,5 відн. од. (за шкалою Мооса) 2. Щільність: 2,6–2,72 г/см^3 3. Хімічна формула $CaCO_3$ (кальцит). Основні компоненти хімічного складу: CaO – 56,0 %; та CO_2 – 44,0 % 4. Умови утворення: з гарячих і холодних водних розчинів 5. Форми залягання: кристали, друзи, жеоди, надточні форми, сталактити, сталагміти, мінеральні агрегати і суцільні масиви 6. Будова: середньо- та дрібнозерниста 7. Злам: ступінчатий 8. Ступінь прозорості: глухі, такі, що іноді просвічують у тонких пластинах 9. Колір: безбарвний, білий, проте може мати відтінки зеленого, жовтого, синього, бурого і навіть чорного 10. Блиск: скляний

насамперед оксиди кремнію (SiO_2), а також алюмінію (Al_2O_3), заліза (Fe_2O_3, FeO), кальцію (CaO) та магнію (MgO), які мають найбільшу відсоткову частку в хімічному складі природних каменів [1-4, 6, 12, 13, 18, 20]. Окрім цих компонентів, у деяких природних каменях, основними породотвірними мінералами яких є польові шпати (граніти, лабрадорит, габро й ін.), виділяють також оксиди натрію (Na_2O) та калію (K_2O) [3, 5, 13], які під час розгляду хімічного складу природних каменів було віднесено нами до категорії «інші».

Необхідно зауважити, що у складі природних каменів наявні й інші оксиди: титану (TiO_2), марганцю (MnO), фосфору (P_2O_5), міді (CuO) і т. ін. Проте деякі з них, наприклад, оксиди титану та фосфору, містяться в незначних кількостях, як правило, до 1 %. Інші містяться тільки в рідкісних видах каменю, наприклад: оксид міді – в малахіті, оксид марганцю – в родоніті тощо.

Крім того, в деяких видах природних каменів, зокрема в мармурових оніксах, мармурах і деяких інших, у значних кількостях наявні карбонати, наприклад, кальцію ($CaCo_3$) або магнію ($MgCo_3$), які ми також відносимо до категорії «інші».

На рисунку 1 представлено зразки деяких видів природних каменів, в яких основними породотвірними мінералами є: кварц, ортоклаз (або інший калієвий польовий шпат) та кальцит, які використовувалися при дослідженні енергоємності та трудомісткості обробки [16, 17].

У таблиці 4 наведено дані про хімічний склад деяких видів природних каменів за обраними компонентами хімічного складу. Дані про склад цих каменів подано за джерелами [1-6, 12, 13, 18, 20], а також отримано в результаті раніше проведених досліджень [14]. У таблиці 4 всі камені розташовані в по-

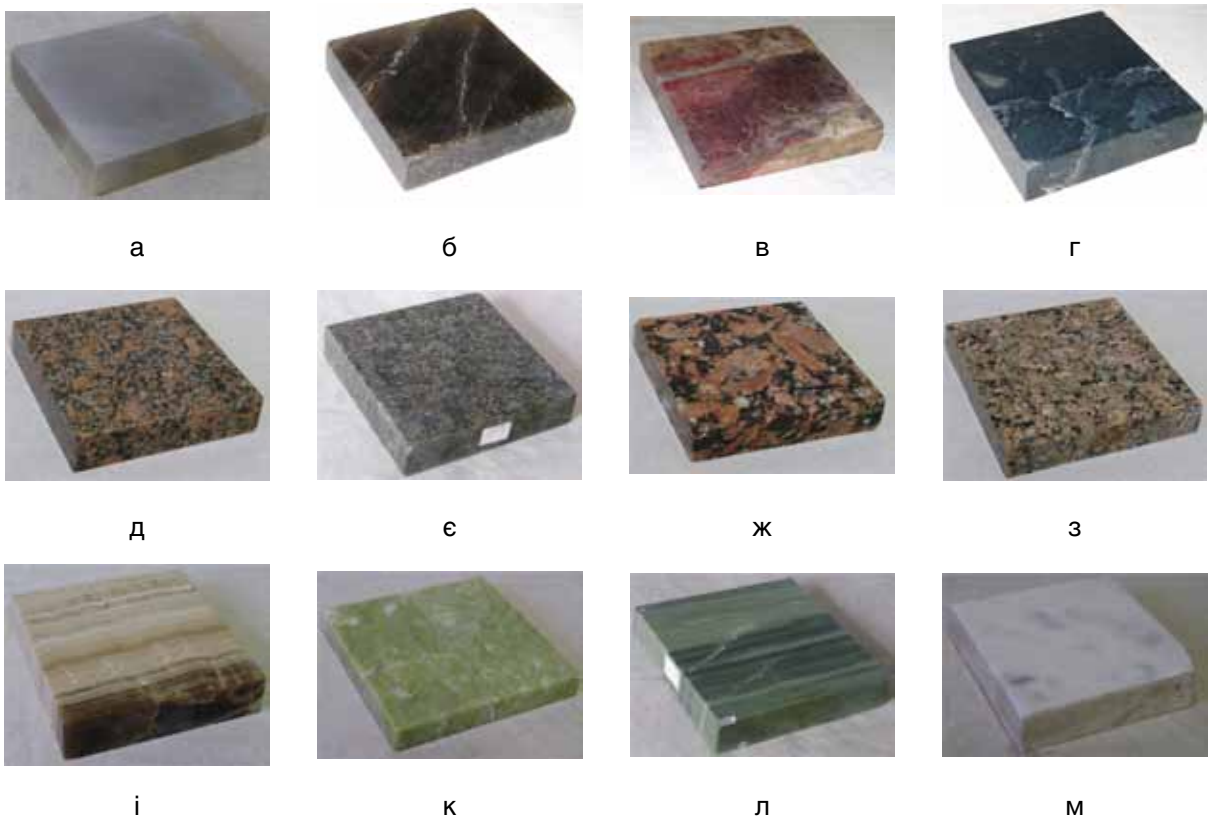

Рисунок 1. Зразки каменів, основними породотвірними мінералами яких є: кварц (а – кварц льодистий, Україна; б – кварц моріон, Україна; в – яшма орська, Росія; г – яшма синя, Росія); калієві польові шпати (д – граніт новоданилівський; є – граніт маславський; ж – граніт омельянівський; з – граніт межиріцький, Україна); кальцити (і – онікс карлюкський, Казахстан; к – онікс зелений, Пакистан; л – офіокальцит, Росія; м – мармур «Каррара – D», Італія)

рядку зростання вмісту оксиду кремнію.

Слід зазначити, що наведені кількісні значення вмісту компонентів хімічного складу для вибраних видів каменів є орієнтовними, оскільки для каменів тих самих видів інших родовищ вони можуть відрізнятися.

Деякі галузі промисловості, наприклад, виробництво скла або технічної кераміки, використовують дані про вплив компонентів хімічного складу на окремі фізико-механічні властивості полікристалічних систем, схожих на природні камені за хімічним складом [8, 21].

Цікаво з'ясувати, як впливають компоненти хімічного складу на міцнісні властивості природних каменів.

Дослідження такого впливу проілюструємо на прикладі оксиду кремнію, що є найбільш поширеним компонентом хімічного складу природних каменів. Для дослідження впливу цього компонента на міцнісні властивості каменів були обрані такі їх види: мармуровий онікс з Карлюкського родовища, мармур кибіт-кордонський, офіокальцит, мармур «TISD», серпентиніт, лабрадорит головинський, граніт софіївський, яшма технічна, кварцит овруцький і кварц льодистий.

Вміст оксиду кремнію в цих каменях вибрано приблизно через однакові інтервали (орієнтовно 10 %), що приблизно відповідало ряду: 0, 10, 20 – 100 %. (табл. 4, стовп. 2). Дані про міцнісні властивості вибраних видів каменів наведено раніше або відомі з літератури [1, 5, 11, 15].

Залежності міцнісних властивостей (межі міцності при одновісному стисканні і твердості за шкалою Мооса) для обраних видів каменів від

Таблиця 4.

Хімічний склад деяких видів природних каменів

Назва природного каменю. Родовище. Країна	Компоненти, %					
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3[1]	CaO	MgO	Інші
1	2	3	4	5	6	7
1. Мармуровий онікс. Карлюкське. Казахстан	–	–	–	56	–	44
2. Мармур. Коелгинське. Росія.	0,14	0,22	0,06	55,35	0,08	44,15
3. Мармур. Кибік-Кордонське. Росія	8,09	0,46	0,30	49,28	0,72	41,15
4. Офіокальцит. Росія	18,4	4,1	0,9	24,6	20,4	31,6
5. Мармур «Verde Antiquo». Індія	21,8	0,7	9,2	13,1	17,2	38
6. Скарн датолитовий. Росія	23,2	3,5	17,0	7,6	21,6	27,1
7. Лиственіт. Росія	25,4	0,9	3,68	6,98	25,84	37,2
8. Мармур. Білогорське. Росія	26,48	–	0,54	22,38	16,06	34,54
9. Мармур «TISD». Індія	28,7	1,0	13,3	14,6	22,8	19,6
10. Родоніт. Росія	39,3	16,7	0,8	1,9	21,8	19,5
11. Лазурит. Росія	43.6	20,1	0,4	19,6	8,0	51,9
12. Серпентиніт. Росія	44	25	5	1	14	11
13. Габро олівінове (серед. знач.)[2]	45,43	17,32	10,87	11,62	8,37	6,39
14. Джеспіліт. Україна	47,0	2,5	50,0	–	–	0,5
15. Габро безолівінове (серед. знач.)[2]	49,14	16,77	9,57	11,19	6,70	6,63
16. Нефрит. Кольське. Росія	51,4	5,7	1,8	6,8	21,6	12,7
17. Роговик. Росія	52,8	11,7	10,3	6,8	6,0	12,4
18. Лабрадорит. Головинське. Україна	53,55	26,24	5,05	10,5	–	4,66
19. Жадеїт. Росія.	56,8	28,0	2,1	5,6	1,4	6,1
20. Біломорит. Росія	66,0	24,3	0,2	1,9	1,4	6,2
21. Граніт. Софіївське. Україна	71,36	11,96	4,88	2,56	0,58	8,66
22. Граніт слюдяний (серед. знач.)[2]	71,84	14,59	2,46	1,67	0,63	8,81
23. Обсидіан. Вірменія	74,1	17,4	0,3	1,4	1,0	5,8
24. Граніт лейкократовый (серед. знач.)[2]	74,53	13,83	1,46	1,25	0,40	8,53
25. Яшма технічна. Росія	79,8	12,4	2,1	0,8	0,4	4,5
26. Скам'яніле дерево. Україна	87,5	4,6	1,4	1,9	5,4	0,2
27. Кварцит. Овруцьке. Україна	94,46	2,85	0,74	0,37	0,32	1,26
28. Халцедон. Казахстан	95	2	–	2	1	–
29. Кремінь. Росія	97	–	2,5	–	–	0,5
30. Льодистий кварц. Україна	100	–	–	–	–	–

1 – у стовпчику 4 наведено сумарні значення Fe_2O_3 та FeO.
2 – середні значення взято з літератури [5].

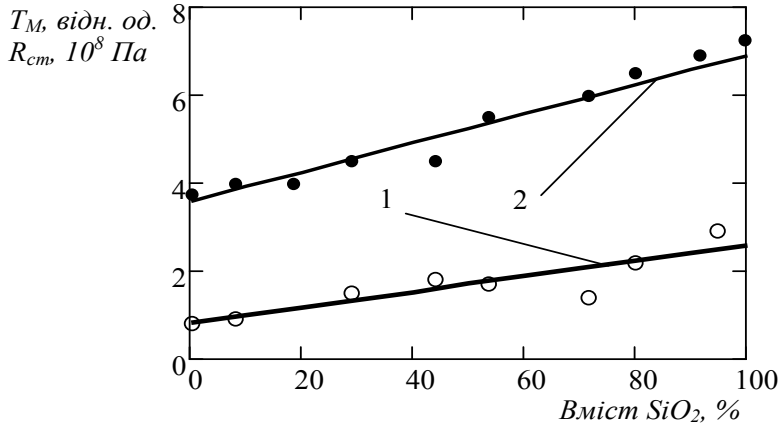

Рисунок 2. Залежність межі міцності при одновісному стисканні – $R_{ст}$ (1) і твердості за шкалою Мооса –T_M (2) від вмісту оксиду кремнію (SiO_2)

вмісту оксиду кремнію в їх хімічному складі показані на рисунку 2.

Ці залежності (рис. 2) апроксимовані лінійними функціями виду Y = κ x + b за допомогою відомих методів [9]. Коефіцієнти регресії κ і b для цих залежностей подано в таблиці 5 (рядки 1, 2).

Як випливає з даних рисунку 2 і таблиці 5 (рядки 1, 2), при збільшенні вмісту оксиду кремнію в хімічному складі природних каменів їх міцнісні властивості зростають, причому твердість за шкалою Мооса зростає швидше, ніж межа міцності при одновісному стисканні. Низька помилка апроксимації цих залежностей (до 10 %) свідчить про об'єктивність даних про ці процеси. Проте вони не можуть бути підставою для розрахунку залежності міцнісних властивостей природних каменів від вмісту певного компонента, а лише свідчать про наявні тенденції.

Необхідно також з'ясувати, як впливає вміст компонентів хімічного складу природних каменів на відносну трудомісткість їх обробки. Дослідження також проілюструємо прикладом оксиду кремнію. Для дослідження були вибрані такі види каменів: мармуровий онікс (Казахстан), офіокальцит та серпентиніт (Росія), лабрадорит (Україна), яшма технічна (Росія), кварцит і кварц (Україна). Вміст оксиду кремнію в цих каменях було вибрано через однакові інтервали (орієнтовно 10–20 %), що приблизно відповідало ряду: 0, 20, 40, 70, 80, 90, 100 % (табл. 4 стовп. 2). Дані про відносну трудомісткість обробки вибраних видів каменів, методику її визначення, технологічне обладнання та використаний інструмент наводилися раніше [17]. Залежність відносної трудомісткості обробки природних каменів (t) від вмісту оксиду кремнію показано на рисунку 3.

Таку залежність можна описати степеневою функцією виду $Y = \kappa x^C + b$ за допомогою відомих методів [20], коефіцієнти регресії κ, *b*, *C* наведено в таблиці 5 (рядок 3).

Таблиця 5.

Коефіцієнти регресії впливу вмісту оксиду кремнію на міцнісні властивості, відносні трудомісткість та енергоємність обробки природних каменів

Досліджувана властивість	Коефіцієнти регресії		
	к	b	C
1. Межа міцності при одновісному стисканні – $R_{ст}$, рис. 2 (1)	0,018	0,802	-
2. Твердість за шкалою Мооса – ТМ, рис. 2 (2)	0,033	3,57	-
3. Відносна трудомісткість обробки – t, рис. 3	$3,22x10^{-9}$	-2,78	5,756
4. Відносна енергоємність обробки – e, рис. 4	$6,96x10^{-3}$	1,01	-

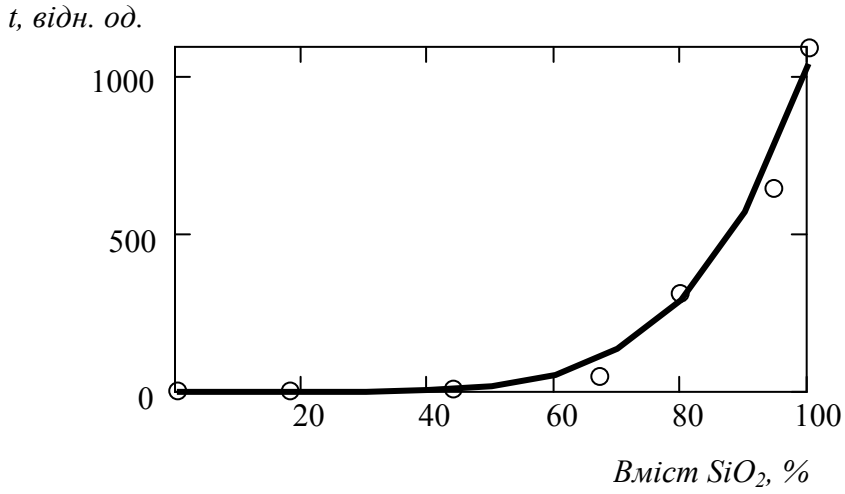

Рисунок 3. Залежність відносної трудомісткості обробки (t) природних каменів від вмісту в їх складі оксиду кремнію (SiO_2)

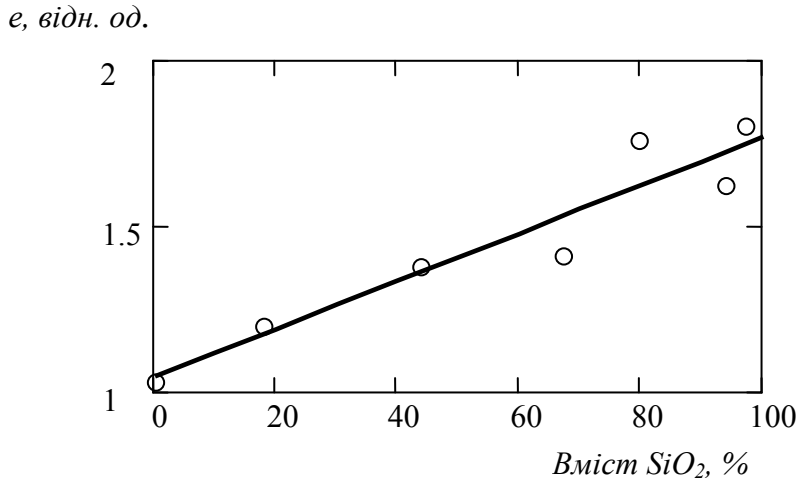

Рисунок 4. Залежність відносної енергоємності (e) обробки природних каменів від вмісту в їх складі оксиду кремнію (SiO_2)

З рисунку 3 та таблиці 5 видно, що при збільшенні вмісту оксиду кремнію в хімічному складі природних каменів відносна трудомісткість їх обробки стрімко зростає, показник ступеню цієї залежності дорівнює 5,756.

Вплив вмісту оксиду кремнію в природних каменях на відносну енергоємність їх обробки визначали на таких видах каменю: мармуровий онікс, офіокальцит, серпентиніт, біломорит, яшма технічна, кварцит та кварц. Вміст оксиду кремнію в цих каменях приблизно такий самий, як і в попередньому випадку (табл. 4 стовп. 2). Дані про відносну енергоємність обробки вибраних видів каменів, методику її визначення, технологічне обладнання та використаний інструмент були викладені раніше [16].

Залежність відносної енергоємності (e) обробки природних каменів від вмісту оксиду кремнію може бути описана лінійною функцією виду $Y = \kappa x + b$ (рис. 4), а коефіцієнти регресії κ, b наведено в таблиці 5 (рядок 4).

З рисунку 4 і таблиці 5 видно, що зростання вмісту оксиду кремнію в хімічному складі природних каменів приводить до збільшення відносної енергоємності обробки приблизно вдвічі.

Що ж до впливу вмісту інших компонентів хімічного складу на міцнісні властивості природних каменів, відносну енергоємність та трудомісткість їх обробки, то, за наявними попередніми даними, збільшення вмісту, наприклад, оксидів алюмінію (Al_2O_3) та заліза (Fe_2O_3, FeO) також приводить до зростання міцнісних властивостей, енергоємності та трудомісткості обробки природних каменів [7]. Докладнішу інформацію про вплив інших компонентів хімічного складу на міцнісні властивості каменів плануємо висвітлити надалі.

Таким чином, результати цієї частини проведеної роботи можуть сприяти об'єктивному розподілу природних каменів за групами оброблюваності відповідно до їх хімічного складу, відносної енергоємності та трудомісткості обробки. Ці результати можуть також сприяти прогнозуванню енергоємності та трудомісткості обробки каменів за їх хімічним складом.

Результати проведених досліджень дозволять більш кваліфіковано призначати технологічні параметри обробки каменів залежно від їх належності до тієї або іншої групи, що є особливо актуальним при виготовленні виробів з каменю.

Література

1. Григорович М.Е. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 12. – Декоративно-облицовочные камни. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГ. – 1977. – 90 с.
2. Григорович М.Е., Арифулова Т.Е. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 14. – Окаменелое дерево и рисунчатый кремень. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФю. – 1976. – 60 с.
3. 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. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1978. – 54 с.
4. Давыдченко А.Г. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 4. – Лазурит. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: Изд. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1975. – 50 с.
5. Добыча и обработка природного камня. Справочник / Под. ред. Смирнова. А.Г. – М.: Недра, 1990. – 445 с.
6. Замалетдинов Р.С. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 3. – Нефрит. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: Изд. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1974. – 49 с.
7. 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. Поталыко // Резание и инструмент в технологических системах. – Вып. 75. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2008. – С. 356 – 361.
8. Китайгородский И.И., Сильвестрович С.И. Справочник по производству стекла. Т. 1. – М.; ГИЛПСАИСМ, 1963. – 1026 с.
9. Кудрявцев Е.М. Mathcad 2000 Pro. – М.: АМК, 2001. – 572 с.
10. Миловский А.В., Кононов О.В. Минералогия. – М.: Изд. МГУ, 1982. – 312 с.
11. Митрофанов Г.К., Шпанов И.А. Облицовочные и поделочные камни СССР. – М.: Недра, 1970. – 200 с.

12. Морозова Н.И., Хакимов А.Х., Арифулова Т.Е. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 11. – Агат. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: Изд. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1976. – 70 с.
13. 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. ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1978. – 73 с.
14. Отчет ИСМ НАН Украины о НИР 1114 (арх. №2105) «Исследование основных закономерностей процесса алмазной обработки цветных камней с целью установления оптимальных режимов обработки». / Руководители: Александров В.А., Бобровский Е.И., Ляхов В.Н. Гос. Рег.№73055305. Киев – ИСМ: 1974. – 74 с.
15. Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 2. Фізико-механічні властивості напівдорогоцінного та декоративного каміння // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2009. – № 3 (57). – С. 16 – 21.
Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 3. Основні поняття алмазної обробки каміння. Енергоємність обробки деяких видів природного каміння. Вплив властивостей природного каміння на енергоємність його обробки // Коштовне та декоративне каміння. – Київ: Вид-во ДГЦУ. – 2009. – № 4 (58). – С. 16 – 20.
16. Пегловський В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 4. Трудомісткість обробки деяких видів природних каменів. Вплив міцнісних властивостей каменів на трудомісткість їх обробки // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2010. – № 1 (59). – С. 12 – 17.
17. Сенкевич Н.Н. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 6. – Жадеит. / Под. Ред. Е.Я. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1975. – 56 с.
18. Сидорко В.І., Пегловський В.В., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації. Частина 1. Системи класифікацій природного каміння // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2009. – № 2 (56). – С. 8 – 11.
19. Стоялов С.П. Методические указания по поиску и перспективной оценке месторождений цветных камней. – Вып. 5. – Родонит. / Под ред. Е.Я. Киевленко. – М.: ЦСПХП Мингеологии СССР ВГФ. – 1975. – 51 с.
20. Шведков Е.Л., Ковенский И.И., Денисенко Э.Т. и др. Словарь-справочник по новой керамике. – К.: Наук. думка, 1991. – 280 с.