



УДК.679.8

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

Оброблюваність природного каміння – об'єктивна основа його класифікації

Частина 8.
Класифікація декоративного
та напівдорогоцінного каміння
за оброблюваністю

На основании анализа исследований, представленных в 1-7 частях данной работы, приведена классификация природных декоративных и полудрагоценных камней в соответствии с особенностями их химического и минералогического состава, прочностными свойствами, энергоемкостью и трудоемкостью обработки, а также коэффициентом относительной обрабатываемости.

On the basis of analysis of researches, conducted in 1-7 parts of this work classification of natural decorative and semiprecious stone is resulted in accordance with the features of their chemical and mineralogical composition, strength properties, power-hungryness and labour intensiveness of treatment, and also by the coefficient of relative workability.

У першій частині цієї роботи було розглянуто найвідоміші класифікації тих видів природних каменів, які використовують для виготовлення будівельних, інтер'єрних, декоративно-художніх і виробничо-технічних виробів, наведено визначен-

ня трудомісткості та енергоємності обробки каменів і зроблено висновок про можливість класифікації природних каменів за показниками, пов'язаними з їх оброблюваністю [7].

У другій частині розглянуто фізико-механічні властивості, які діагностують

у природного декоративного і напівдорогоцінного каміння, та обрано насамперед ті, які визначають міцність і безпосередньо впливають на оброблюваність (трудомісткість та енергоємність обробки) каменів. Подано визначення для мінералів та гірських порід, а також

провідних фізико-механічних властивостей каменів: твердості (за Моосом – T_M та Вікерсом – H), межі міцності при одновісному стисканні (R_c) та середньої щільності породи (ρ_0). Наведено властивості, що визначають міцність багатьох видів цих каменів [1].

Далі (частина 3) було розглянуто основні поняття алмазної обробки каменів, які пов'язані з характеристиками алмазовмісного шару інструменту (зв'язка, марка синтетичних алмазів, концентрація тощо) та технологічними параметрами процесу обробки (швидкість, наявність мастильно-охолоджувального технологічного середовища – МОТС та ін.), наведено характеристики дослідної установки та інструменту для визначення абсолютної і відносної енергоємності обробки каменів, а також подано дані щодо енергоємності обробки (e) багатьох видів декоративних та напівдорогоцінних каменів, розглянуто залежність відносної енергоємності обробки від міцнісних властивостей каменів [2].

У четвертій частині подано методику визначення продуктивності та відносної трудомісткості обробки каменів, описано обладнання, яке застосовували для визначення продуктивності обробки каменів, а також використаний алмазний інструмент, наведено дані про відносну трудомісткість обробки багатьох видів декоративних і напівдорогоцінних каменів (t) та показано зв'язок відносної трудомісткості обробки і фізико-механічних властивостей, що визначають міцність каменів [3].

Потім (частина 5) було розглянуто та охарактеризовано найбільш поширені мінерали, які входять до складу природного декоративного та напівдорогоцінного каміння, виділено основні компоненти хімічного складу (бінарні хімічні сполуки), які найчастіше діагностують у ньому, та встановлено вплив вмісту деяких з них на властивості, що визначають міцність каміння і відносну трудомісткість та енергоємність його обробки [4].

У шостій частині проаналізовано мінералогічний склад багатьох видів декоративного (мармури, габро, лабрадорити, граніти) та напівдорогоцінного (онікс, серпентиніт, родоніт,

жадеїт та ін.) каміння, виділено основні породотвірні мінерали (карбонати, алюмосилікати та силікати групи кварцу) цих видів, а також встановлено зв'язок основного виду породотвірного мінералу та відносної трудомісткості й енергоємності обробки каменів [5].

У попередній (сьомій) частині вивчено можливість розрахунковим шляхом отримати кількісні значення коефіцієнта відносної оброблюваності – B , спираю-

та відносної оброблюваності знайдений як рішення перевизначеної системи з 30 нелінійних алгебраїчних рівнянь з урахуванням впливу на нього кожного з факторів, які розглядаються [6].

Отже, узагальнюючи вивчені фізико-механічні властивості розглянутих видів каменів і відносну енергоємність та трудомісткість їх обробки [1-3], можна розподілити їх на групи за оброблюваністю так, як показано в таблиці 1.

Таблиця 1. Комплексна оцінка оброблюваності природних каменів за їхніми міцнісними властивостями та технологічними параметрами обробки

Властивості, що визначають міцність каменів			Технологічні параметри		Групи оброблюваності
T_M , відн. од.	R_c , МПа	H , ГПа	e , відн. од.	t , відн. од.	
До 4,0	До 150	До 4,5	1-1,3	1-5	1
				5-20	2
4,0-6,0	150-300	4,5-8,0	1,3-1,7	20-100	3
				100-600	4
Більше 6,0	Більше 300	Більше 8,0	1,7-2,0	600-1000	5

чись на виділені особливості хімічного (сумарний вміст оксидів кремнію, алюмінію та заліза) і мінералогічного складу каменів (твердість основного породотвірного мінералу, структуру та розмір зерен мінерального конгломерату), а також фізико-механічні властивості (твердість за Моосом та Вікерсом, межу міцності при одновісному стисканні і середню щільність) гірської породи (мінералу). Вираз для розрахунку коефіцієн-

Поєднав разом раніше розглянуті особливості хімічного складу декоративних і напівдорогоцінних каменів та виявлений вплив окремих компонентів цього складу, а також вплив особливостей мінералогічного складу цих каменів на відносну енергоємність, трудомісткість обробки і коефіцієнт відносної оброблюваності каменю [4-6], можна згрупувати їх так, як показано в таблиці 2.

Таблиця 2. Комплексна оцінка оброблюваності природних каменів за особливостями їхнього хімічного та мінералогічного складу, а також технологічними параметрами обробки

Гірські породи та їх основні породотвірні мінерали	Особливості хімічного складу		Технологічні параметри		Групи оброблюваності
	Вміст SiO ₂	Сумарний вміст SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	е, відн. од.	t, відн. од.	
Карбонати різних груп (кальцит, доломіт, вапняк, анкерит, серпентин, іноді кварц та ін.)	20	До 25	1,0-1,3	1-5	1
	20-40	25-50		5-20	2
Силікати різних груп (польові шпати, піроксени, амфіболи, складні силікати та ін.)	40-60	50-90	1,3-1,7	20-100	3
	60-80	Більше 90		100-600	4
Силікати групи кварцу (кварц, халцедон, опал)	Більше 80			1,7-2,0	600-1000

Розподіл (класифікація за оброблюваністю) більшості видів декоративних і напівдорогоцінних каменів, що відносяться до кожної з цих груп, який визначено в результаті проведених досліджень різних їх особливостей [1-5, 7], в т. ч. з урахуванням коефіцієнта відносної оброблюваності (B) [6] та наявного досвіду обробки цих каменів із застосуванням технологічного обладнання різних класів і з використанням різноманітного алмазного інструменту [8, 9], подано в таблиці 3.

На рисунку показано зовнішній вигляд зразків деяких видів природних

декоративних та напівдорогоцінних каменів, які відносяться до різних груп оброблюваності.

Вказана підсумкова таблиця не може, звичайно, вмістити всі відомі види каменю, проте вона може служити орієнтиром оброблюваності для каменів з відомим хімічним або мінералогічним складом, фізико-механічними властивостями, а також технологічними параметрами обробки.

Необхідно зазначити, що деякі види каменів можуть за певними параметрами (особливостями хімічного або мінералогічного складу, фізико-

механічним властивостями або технологічними параметрами обробки) виходити за граничні межі своєї групи. Наприклад, серпентиніт має вищий сумарний вміст досліджених компонентів, кварцит має менші значення відносної енергоємності обробки, а деякі види лабрадоритів і гранітів мають менші значення межі міцності при стисканні, ніж вказані в таблиці 1, тоді як деякі мармури мають вищі значення цього показника.

Таблиця 3. Види природних каменів відповідно до їх приналежності до різних груп оброблюваності

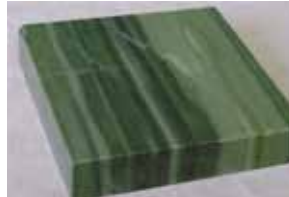
Типи природних каменів, назва родовища або торгової марки, країна походження	Групи (знач. коеф. B , відн. од.)
Декоративні: всі види мармуру з загальним вмістом SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 меншим ніж 25 %. Наприклад, Кам'янецького род. (Україна); Коелгинського род. (Росія); "Каррара В", "Каррара D" (Італія), а також інші види мармуру різних родовищ, торгових марок та країн, травертин, туф Напівдорогоцінні: мармурові онікси (медовий, зелений та ін.) всіх видів. Наприклад, Карлюкського род. (Казахстан), "Ladi Onyx" (Індія), а також онікси різних родовищ і торгових марок з інших країн (Ірану, Іраку, Пакистану та ін.), офіокальцит Черешковського род. (Росія), флюорит Чибаргатського род. (Узбекистан)	1 (1-6)
Декоративні: всі види мармуру з загальним вмістом SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 більшим ніж 25 %. Наприклад, Білогорського род. (Росія); "Verde Antiquo" (Індія); "Rosso Alisanto" (Іспанія); "Imperador" (Туреччина), а також інші види мармуру різних родовищ, торгових марок та країн (Гватемала, Куба, Китай, ін.), брекчія Напівдорогоцінні: серпентиніт Чусовського род., лиственіт Березовського род., лазурит Карнасуртовського род. (Росія), малахіт (Росія, Заір)	2 (6-25)
Декоративні: всі види лабрадориту. Наприклад, Головинського, Турчинського род. та ін. (Україна); біломорит (Росія); "Blue Pearl", "Emerald Pearl" та ін. (Норвегія). Всі види габро. Наприклад, Сліпчицького, Олександрівського род. та ін. (Україна); Баженівського, Шавасайського род. (Росія). Базальт Напівдорогоцінні: родоніт (Узбекистан, Росія), нефрит (Китай, Індія, Росія та ін.), амазоніт з род. Гора Плоска, скарн Далекосхідного род., чароїт Мурунського род. (Росія)	3 (25-125)
Декоративні: граніти всіх видів. Наприклад, Софіївського, Маславського род. та ін. (Україна); Сухов'язівського, Каштакського род. та ін. (Росія); "Amadeus" (Фінляндія); Куртинського род. (Казахстан), а також інші види гранітів різних родовищ, торгових марок та країн Напівдорогоцінні: жадеїт (Китай, Індія, Росія та ін.), обсидіан (Грузія, Азербайджан та ін.), джеспіліт (Україна, Росія), тигрове та соколине око, гранат-хлоритові породи, роговики, порфіри	4 (125-650)
Напівдорогоцінні: більшість яшм. Наприклад, Маломуйнаківського, Орського род. та ін. (Росія). Кварц: моріон, цитрин, рожевий, льодистий та ін. (Україна, Росія); кварцит Овруцького род. (Україна), кварцит Шокшинського род. (Росія); скам'яніле дерево Львівського род. (Україна); халцедон (Казахстан, Росія), кремій (Росія, Україна); агат, агат-перелівт, кахолонг, гематит різних родовищ	5 (більше 650)



а



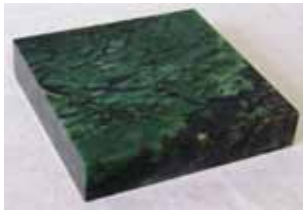
б



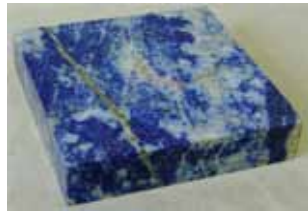
в



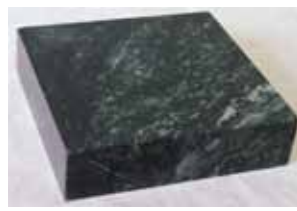
г



д



е



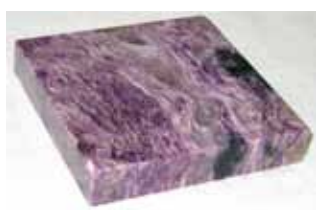
ж



з



і



к



л



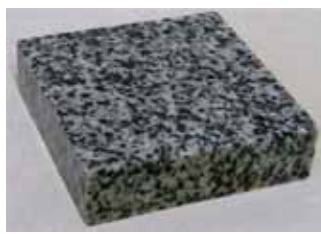
м



н



о



п



р



с



т



х



ц

Рисунок. Зразки каменів, які відносяться до різних груп оброблюваності. Перша: а, б – мармуровий онікс (Казахстан, Іран), в – офіокальцит (Росія), г – мармур (Італія); друга: д, е – серпентиніт та лазурит (Росія), ж, з – мармур (Індія, Туреччина); третя: і, к – нефрит і чароїт (Росія), л – габро (Україна), м – лабрадорит (Норвегія); четверта: н, о – амазоніт і роговик (Росія), п, р – граніт (Україна); п'ята: с – агат (Росія), т – кахолонг (Узбекистан), х, ц – кварц і кварцит (Україна)

Висновки

Результати проведеної роботи з розробки класифікації декоративних та напівдорогоцінних каменів за технологічними параметрами обробки (за оброблюваністю) дають можливість на підставі комплексного підходу до їх різнобічних властивостей (хімічного складу, мінералогічних особливостей та їхніх міцнісних властивостей) віднести різні види каменів до відповідної групи оброблюваності і за рахунок цього призначати технологічні режими їх обробки (швидкість, приведений питомий тиск, різні складові подачі та ін.) для більшості класів модернізованого верстатного (токарного, фрезерного, шліфувального, свердлильного) або спеціалізованого каменеобробного (шліфувального, відрізного) обладнання, однакові в межах певної групи каменів, незважаючи на широку різноманітність всіх їх видів, які можуть належати до цієї групи. Наприклад, залежно від приналежності каменю до певної групи призначаються вертикальна складова подачі при обробці каменю на плоскошліфувальних верстатах або поздовжня та поперечна складові подачі під час його обробки на токарних верстатах тощо.

Проведений розподіл каменів на групи дозволяє значно спростити вибір параметрів алмазовмісного шару каменеобробного інструменту, перш за все, марки синтетичних алмазів, виду металевої зв'язки та концентрації синтетичних алмазів в алмазовмісному шарі.

Результати роботи можна використати і для вирішення зворотного завдання, тобто за відносною трудомісткістю або енергоємністю обробки каменю можна скласти уявлення про його хімічний або мінералогічний склад (без проведення складних, тривалих і дорогих досліджень), а також міцнісні властивості.

Дані, отримані під час виконання роботи, є основою для визначення головних технологічних параметрів виготовлення різних деталей та виробів з каменю в цілому (наприклад, трудомісткості як одної зі складових їх вартості) і для зіставлення трудомісткості виготовлення однакових виробів з таких видів природного каменю, які віднесені до різних груп оброблюваності. Наприклад, знаючи трудомісткість виготовлення виробу з каменю першої групи, можна оцінити трудомісткість виготовлення такого самого виробу з каменю іншої групи тощо.

Використана література

1. Пегловский В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Обработка природного камня – объективная 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.
2. Пегловский В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Обработка природного камня – объективная основа його класифікації. Частина 3. Основные понятия алмазной обработки камней. Энергоемность обработки некоторых видов природных камней. Влияние свойств камней на энергоемность их обработки. // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2009. – №4 (58). – С. 16–20.
3. Пегловский В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Обработка природного камня – объективная основа його класифікації. Частина 4. Трудоемкость обработки некоторых видов природных камней. Влияние прочностных свойств камней на трудоемкость их обработки. // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2010. – №1 (59). – С. 12–16.
4. Пегловский В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Обработка природного камня – объективная основа його класифікації. Частина 5. Химический состав природных камней. Влияние некоторых его компонентов на прочностные свойства камней, энергоемность и трудоемкость их обработки. // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2010. – №2 (60). – С. 4–11.
5. Пегловский В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Обработка природного камня – объективная основа його класифікації. Частина 6. Минералогический состав природных камней. Влияние минералогического состава камней на энергоемность и трудоемкость их обработки. // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – №3 (61). – 2010. – С. 4–9.
6. Пегловский В.В., Сидорко В.І., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Обработка природного камня – объективная основа його класифікації. Частина 7. Учет влияния суммарного влияния физико-механических свойств, особенностей химического и минералогического состава природных камней на их обрабатываемость. Построение модели для расчета обрабатываемости природных камней. // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2010. – №4 (62). – С. 10–15.
7. Сидорко В.І., Пегловский В.В., Ляхов В.Н., Поталико О.М. Обработка природного камня – объективная основа його класифікації. Частина 1. Системы классификации природного камня. // Коштовне та декоративне каміння. – К.: Вид-во ДГЦУ. – 2009. – №2 (56). – С. 8–11.
8. Сидорко В.І., Пегловский В.В., Ляхов В.Н., Поталько Е.М. Особенности применения плоскошлифовальных станков для обработки природного камня / Матер. 10-го Юбилейного междунар. научн.-техн. сем. "Современные проблемы подготовки производства и ремонта в промышленности и на транспорте", 22–26 февр. 2010. – г. Свалява. – К.: АТМ Украины, 2010. – С. 209–213.
9. Сидорко В.І., Пегловский В.В., Ляхов В.Н., Поталько Е.М. Особенности обработки природного камня на фрезерных станках. // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем. – Вып. 25. – Краматорск: ДДМА. – 2010. – С. 191–197.