

УДК 679.8

В.І. Сидорко, д.т.н.

В.В. Пегловський, к.т.н.

В.Н. Ляхов, нач. виробництва

О.М. Поталико, інж.-технолог

*Науково-технологічний алмазний концерн «Алкон»
НАН України*

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОДУКТИВНОСТІ ШЛІФУВАННЯ ПРИРОДНИХ КАМЕНІВ ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ СИНТЕТИЧНИХ АЛМАЗІВ КАМЕНЕОБРОБНОГО ІНСТРУМЕНТУ

Досліджено залежність продуктивності шліфування природних каменів від концентрації синтетичних алмазів використовуваних у каменеобробному інструменті. Наведено дані про продуктивність шліфування багатьох видів природних каменів алмазними інструментами, в яких використано різні концентрації синтетичних алмазів. Показано взаємозв'язок продуктивності шліфування природних каменів та концентрації синтетичних алмазів в інструменті.

Вступ. Постановка проблеми. З природних каменів, що видобуваються в Україні [1], перш за все, декоративних [2], які використовуються в каменеобробному виробництві для виготовлення будівельних, виробничо-технічних та декоративно-художніх виробів [3, 4], більшість обробляється з використанням алмазно-абразивного інструменту. Це, перш за все, граніти, лабрадорити, габро, деякі мармури тощо. Окрім цього, деякі види природних каменів (яшми, кварцити, халцедони й деякі інші) взагалі не можуть бути оброблені без використання технологій алмазно-абразивної обробки.

Метою даної роботи є дослідження впливу однієї з основних характеристик алмазно-абразивного інструменту, а саме концентрації синтетичних алмазів в його алмазозоносному шарі, на продуктивність шліфування природних каменів різного хімічного складу.

Основна частина. Концентрацію алмазів в алмазозоносному шарі інструменту вважають 100 %, якщо об'єм синтетичних алмазів складає 25 % від загального об'єму алмазозоносного шару, що відповідає вмісту 4,4 карат (с) синтетичних алмазів в 1 см³ шару. При обробці деяких силікатних матеріалів (наприклад, скла та кераміки), схожих за хімічним складом з природними каменями, значення концентрації алмазів в оброблювальному інструменті знаходяться в межах від 10 до 200 % [5]. Причому в роботі [6] вказується, що максимальне значення

продуктивності шліфування скла відповідає приблизно 6 % концентрації алмазів.

У каменюобробному виробництві для чорного шліфування та формоутворення виробів в інструменті з металевими зв'язками найчастіше використовуються 25–150 % концентрації синтетичних алмазів.

Для встановлення впливу концентрації синтетичних алмазів алмазоносного шару на продуктивність шліфування каменів були проведені експериментальні дослідження. Для цього було відібрано 15 видів природних каменів, що відрізняються за своїм хімічним складом, а саме вмістом оксиду кремнію (SiO_2), фізико-механічними властивостями, а також продуктивністю алмазного шліфування [7].

У таблиці 1 показано види природних каменів, які обрано для проведення досліджень.

Таблиця 1
Види природних каменів, обраних для проведення досліджень

Вид природного каменю. Родовище, походження або торгова марка	Вміст SiO_2 , %
Перша група. Мармуровий онікс медовий. Іран (1). Мармуровий онікс зелений. Пакистан (2). Мармур білий «Каррара». Італія (3)	До 20
Друга група. Мармур бежевий. Туреччина (4). Лазурит. Росія (5). Мармур «Імператор». Туреччина (6)	20–40
Третя група. Чароїт. Росія (7). Родоніт. Росія (8). Габро. Україна (9)	40–70
Четверта група. Граніт. Жежелевський. Україна (10). Граніт. Покостовський. Україна (11). Жадеїт. Росія (12)	70–90
П'ята група. Кварц моріон (13). Кварцит (14). Кварц льодистий (15). Всі – Україна.	Понад 90

Для проведення досліджень було виготовлено декілька видів алмазного інструменту, характеристики якого представлено в таблиці 2. Даний вид інструменту використовується при виробництві декоративно-художніх виробів [4], а саме для розточування посадочних місць під окремі елементи (годинники, термометри, втулки тощо) виробів з каменю на токарних або фрезерних верстатах різних модифікацій.

Вказані види інструменту відрізнялися один від одного концентрацією алмазів алмазоносного шару, їх загальним вмістом в алмазоносному шарі інструменту, а також кількістю алмазних зерен на одиничній (1 мм^2) площі поверхні інструменту, розрахованою для вибраної зернистості алмазів відповідно до відомого методу [5].

Вибір розмірів синтетичних алмазів (160/125) обумовлений тим, що він є приблизно середнім у діапазоні розмірів синтетичних алмазів, використовуються для формоутворення і шліфування природних каменів (315/250–40/28).

У таблиці 2 також наведено дані про твердість металевої зв'язки, за яку було обрано одну з найчастіше використовуваних при обробці природних каменів зв'язку – М6-15 (складна багатокомпонентна зв'язка на основі порошоків міді, олова та інших компонентів) [8].

Таблиця 2

Параметри використаного інструменту

Найменування	Характеристика алмазоносного шару	Твердість HRB	Кількість алмазів, ct	Кількість зерен на 1 мм^2 , од.
№ 1 AEØ40×5	AC32 160/125-12,5 М 6-15	80–84	2,8	6,25
№ 2 те саме	AC32 160/125-25 М 6-15	84	5,5	9,9
№ 3 –	AC32 160/125-50 М 6-15	86–88	11,0	15,8
№ 4 –	AC32 160/125-100 М 6-15	84–85	22,0	24,8
№ 5 –	AC32 160/125-150 М 6-15	88–90	33,0	32,6

Дослідження проводилися відповідно до способів визначення стираності та оброблюваності природних каменів, які передбачають визначення продуктивності шліфування каменю з використанням алмазного інструменту при додержанні певного питомого тиску та встановленому шляху тертя [9, 10]. Реалізація способу здійснювалася із застосуванням шліфувально-полірувального верстата моделі ЗШП-320. У таблиці 3 наведено технологічні параметри проведення експериментальних досліджень.

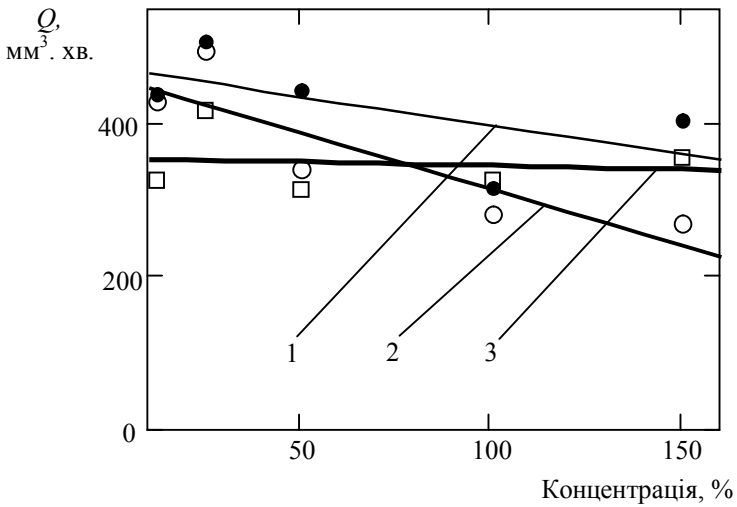
Таблиця 3

Технологічні параметри проведення експериментальних досліджень

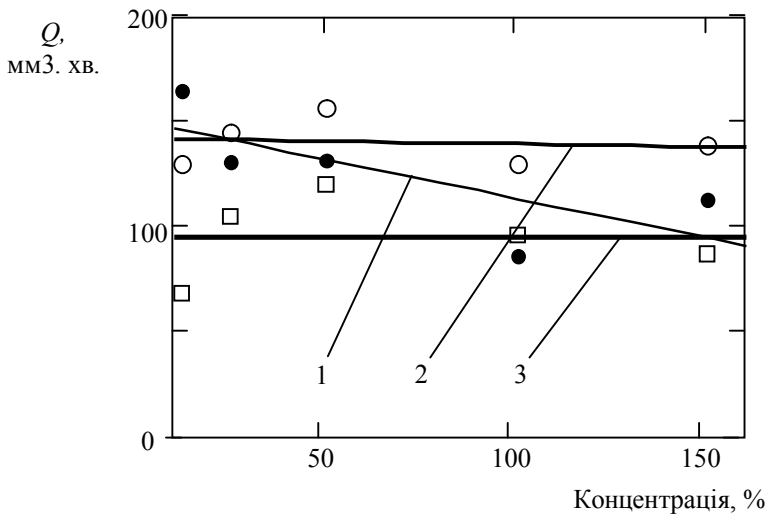
Технологічний параметр	Одиниця вимірювання	Значення
1. Частота обертання шпинделя	об./хв.	97
2. Частота подвійних ходів повідця	подв. ходів /хв.	48
3. Тиск повітря в системі	МПа	2,0
4. Зусилля притиску	Н	330
5. Паралельне зміщення штриха	мм	20
6. Перпендикулярне зміщення штриха	мм	0
7. Довжина штриха	мм	30

На рисунку 1 наведено графічні залежності продуктивності шліфування природних каменів (Q) від концентрації алмазів алмазоносного шару. Всі представлені залежності апроксимовані лінійними функціями виду $Y = k X + b$ із застосуванням відомих методів [11].

У таблиці 4 представлено дані про коефіцієнти регресії залежностей показаних на рисунках 1–3 та середні помилки апроксимації. З рисунку 1 і таблиці 4 видно, що для каменів 1–4-ої груп (всього 12 видів природних каменів), які мають вміст оксиду кремнію SiO_2 до 90 % та різну продуктивність шліфування, зі зростанням концентрації алмазів в алмазоносному шарі від 12,5 до 150 % продуктивність шліфування знижується для всіх досліджених видів.



а)

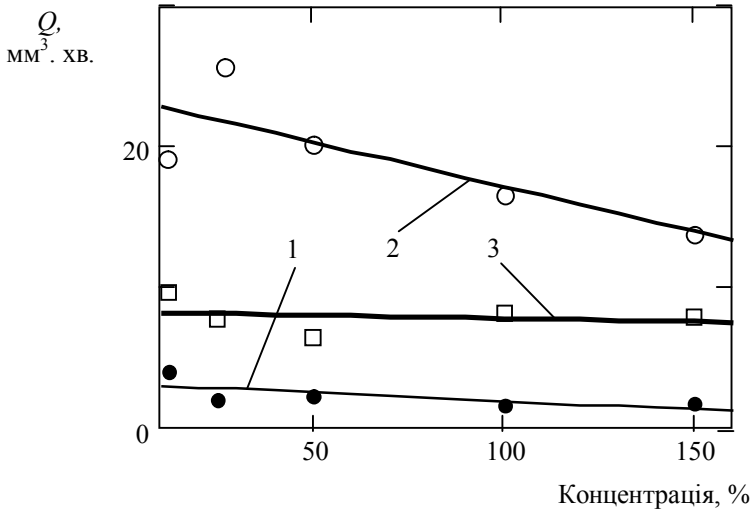


б)

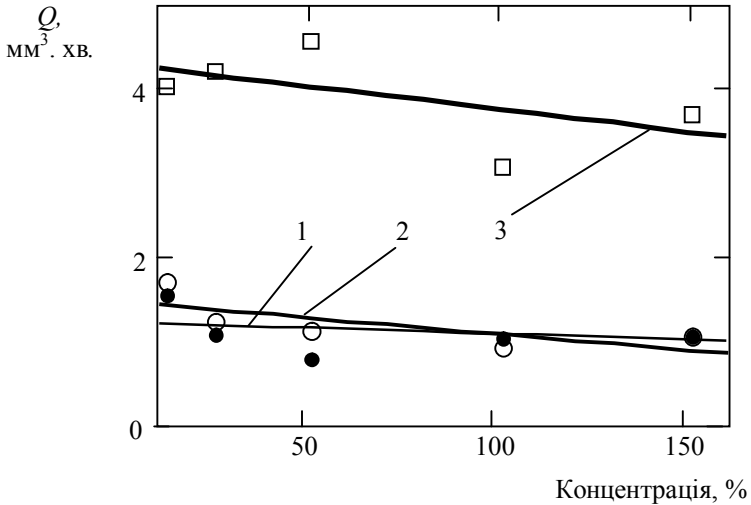
Рис. 1. Залежності продуктивності шліфування від концентрації алмазів каменеобробного інструменту для каменів першої та другої груп: а – камені першої групи: 1, 2 – мармурові онікси (1, 2);

3 – мармур (3); б – камені другої групи: 1, 3 – мармури (4, 6);

2 – лазурит (5)

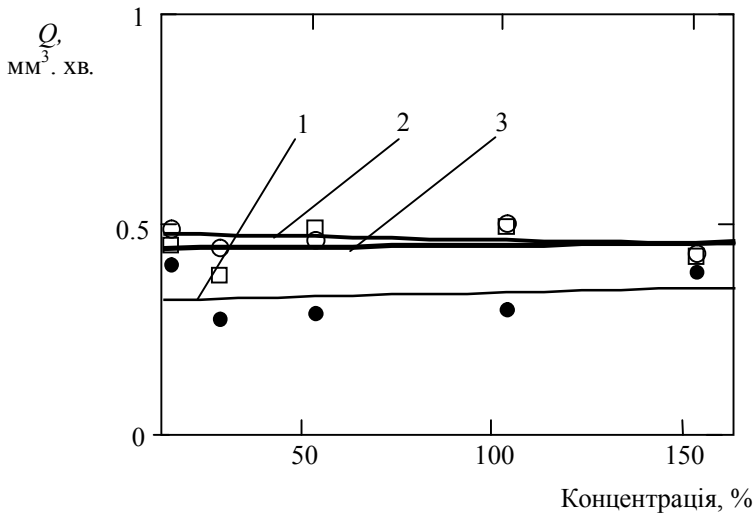


а)



б)

Рис. 2. Залежності продуктивності шліфування від концентрації алмазів каменеобробного інструменту для каменів третьої та четвертої груп: а – камені третьої групи: 1 – чароїт (7); 2 – родоніт (8); 3 – габро (9); б – камені четвертої групи: 1, 2 – граніти (10, 11); 3 – жадеїт (12)



д)

Рис. 3. Залежності продуктивності шліфування від концентрації алмазів каменеобробного інструменту для каменів п'ятої групи: δ – камені п'ятої групи: 1 – кварц моріон (13), 2 – кварцит (14); 3 – кварц льодистий (15)

Для каменів п'ятої групи з найбільш низькою продуктивністю обробки та вмістом оксиду кремнію SiO_2 понад 90 % (всього 3 види) встановлено, що зі зростанням концентрації синтетичних алмазів (у досліджуваному інтервалі) продуктивність шліфування практично не змінюється, причому значення коефіцієнтів регресії (k) для каменів цієї групи на 1–2 порядки менші, ніж для решти каменів.

Середня помилка апроксимації по всіх 15 видах каменів складає менш ніж 13 %, що підтверджує об'єктивність виявлених тенденцій.

Хоча метою проведених досліджень не було визначення параметрів концентрації синтетичних алмазів каменеобробного інструменту, яка відповідає найвищій продуктивності обробки, можна припустити, що для більшості досліджених видів каменів концентрація алмазів в алмазоносному шарі (для вибраної зернистості), яка відповідає найбільшій продуктивності, лежить поза дослідженим інтервалом і складає менше 12,5 %.

Таблиця 4

Значення коефіцієнтів регресії та середніх помилок апроксимацій отриманих залежностей

№ з/п	Досліджуваний матеріал	Значення, k	Значення, b	Помилка Δ , %
1 група				
1.	Мармуровий онікс	-0,747	472	11
2.	Мармуровий онікс	-1,47	461	11
3.	Мармур	-0,096	354	9
2 група				
4.	Мармур	-0,372	151	13
5.	Лазурит	-0,028	142	6
6.	Мармур	-0,00104	95,4	16
3 група				
7.	Чароїт	-0,012	3,05	25
8.	Родоніт	-0,064	23,5	12
9.	Габро	-0,0043	8,17	11
4 група				
10.	Граніт	$-1,88 \times 10^{-3}$	1,23	17
11.	Граніт	$-3,7 \times 10^{-3}$	1,47	15
12.	Жадеїт	$-5,75 \times 10^{-3}$	4,3	9
5 група				
13.	Кварц моріон	$1,92 \times 10^{-4}$	0,317	15
14.	Кварцит	$-1,59 \times 10^{-4}$	0,477	5
15.	Кварц льодистий	$0,973 \times 10^{-4}$	0,44	9

На рисунку 4 представлено узагальнені залежності продуктивності шліфування природних каменів від концентрації алмазів каменеобробного інструменту у відносних одиницях, причому продуктивність шліфування для 50 % концентрації алмазів прийнята за одиницю. Коефіцієнти регресії та середні помилки апроксимацій для узагальнених відносних залежностей кожної з груп каменів представлено в таблиці 5.

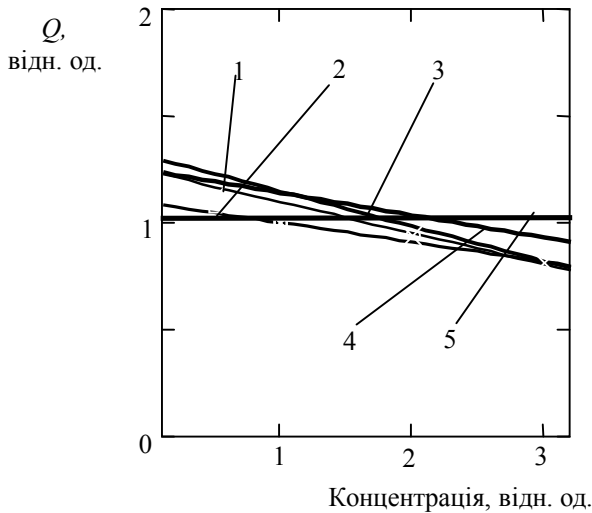


Рис. 4. Узагальнені залежності продуктивності шліфування природних каменів від концентрації алмазів каменеобробного інструменту у відносних одиницях для каменів 1–5-ої груп

Середня помилка апроксимацій даних залежностей складає біля 17 %.

З аналізу рисунка 2 і таблиці 5, а також із даних про обробку інших видів природного каменю випливає, що значення коефіцієнтів регресії для тих каменів, що містять менше 90 % оксиду кремнію (1–4 групи), близькі, що дозволяє апроксимувати їх загальною залежністю вигляду: $Q_{1-4} = 1,2 - 0,12 k$, а камені, що містять оксиду кремнію більше 90 % (5 група), – залежністю $Q_5 = 0,95 + 0,0046 k$.

Виходячи з цих узагальнених виразів, можна розрахувати поправочні коефіцієнти, що рекомендуються, для зіставлення продуктивності шліфування природних каменів при їх обробці каменеобробним алмазним інструментом із використанням різних концентрацій алмазів алмазозного шару при однакових умовах обробки для каменів різного хімічного складу.

Таблиця 5

Значення коефіцієнтів регресії та середніх помилок апроксимацій залежностей продуктивності шліфування від концентрації алмазів для всіх груп каменів у відносних величинах

Група каменів	Значення k	Значення b	Помилка Δ , %
1 група	-0,134	1,21	13
2 група	-0,07	1,03	15
3 група	-0,162	1,30	22
4 група	-0,104	1,24	22
5 група	0,00461	0,951	15

У таблиці 6 представлено значення цих коефіцієнтів для деяких концентрацій синтетичних алмазів, які найчастіше використовуються при обробці каменів, причому для концентрації 50 %, що найчастіше зустрічається, значення коефіцієнта прийняте рівним одиниці.

Таблиця 6

Значення поправочних коефіцієнтів при розрахунку продуктивності шліфування природних каменів

Значення коефіцієнта	Концентрація, %					
	25	50	75	100	125	150
Камені 1–4 груп (SiO ₂ до 90 %)	1,05	1,0	0,96	0,92	0,88	0,85
Камені 5 групи (SiO ₂ більше 90 %)	1,0				1,1	

Дані коефіцієнти можуть бути використані при розрахунку та зіставленні продуктивності шліфування природних напівкоштовних та декоративних каменів інструментом з різною концентрацією синтетичних алмазів в алмазозносному шарі при однакових видах алмазів, їх розмірах, використуваній металевій зв'язці, а також однакових технологічних параметрах шліфування (швидкості та питомого тиску) при застосуванні вибраної схеми обробки.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що продуктивність шліфування природних каменів істотно залежить від концентрації алмазів алмазозносного шару каменеобробного інструменту. Так, наприклад, зі збільшенням концентрації від 12,5 до 150 % продуктивність шліфування більшості видів декоративних і напівкоштовних каменів знижується в 1,2–1,4 раза.

Вияток становлять камені з високим вмістом оксидів кремнію (SiO_2 понад 90 %), в основному мінерали груп кварцу та халцедону (кварц, халцедон, агат, сердолік та ін.), а також деякі гірські породи (кварцит, кремій, скам'яніле дерево, деякі види яшм тощо), продуктивність шліфування яких у даному інтервалі практично не залежить від концентрації алмазів.

Продуктивність шліфування природних каменів інструментом з різною концентрацією синтетичних алмазів в алмазоносному шарі за інших рівних умов може бути зв'язана поправочними коефіцієнтами, отриманими на підставі узагальнення результатів експериментальних досліджень продуктивності шліфування природних декоративних і напівкоштовних каменів різного хімічного складу.

Результати досліджень можуть бути використані при визначенні продуктивності шліфування при різних технологічних операціях обробки каменів, а також при визначенні основних технологічних параметрів виготовлення виробів з каменю при використанні алмазно-абразивного інструменту з різними концентраціями алмазів в алмазоносному шарі.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Гелета О.Л.* Огляд експортно-імпорتنих операцій з декоративним камінням в Україні (2008 рік) / *О.Л. Гелета* // Коштовне та декоративне каміння. Інформаційно-довідкове видання. – К. : Видав. ДГЦ МФУ, 2009. – 2. № 56. – С. 28–33.
2. Постанова Кабінету Міністрів України № 512 від 27.07.1994 р. «Про загальну вартість та оцінку вартості природних каменів».
3. Будівельні матеріали. Плити і вироби з природного каменя. Технічні умови. – Введ. 1996–01–01.
4. Вироби каменерізні ТУУ 26.7–23504418–001:2007. – Введ. 2007–01–05.
5. *Ардамацкій А.Л.* Алмазная обработка оптических деталей / *А.Л. Ардамацкій*. – М. : Машиностроение, 1978. – 232 с.
6. *Рогов В.В.* Финишная алмазно-абразивная обработка неметаллических деталей / *В.В. Рогов*. – К. : Наук. думка, 1985. – 264 с.
7. *Сидорко В.И.* Влияние содержания оксида кремния в природных камнях на их прочностные свойства, производительность алмазного шлифования и потребляемую мощность / *В.И. Сидорко, В.В. Пегловский, В.Н. Ляхов* // Сверхтвердые материалы. – 2008. – № 5. – С. 64–71.

8. Связки металлические СТП 90.502-85. – Введ. 01.09.85.
9. Спосіб визначення оброблюваності каменю : пат. 33227 Україна, МПК (2006). В28D 1/00 / *В.І. Сидорко, В.В. Пегловський, В.Н. Ляхов, О.М. Поталико.* – Заявл. 21.02.08 ; опубл. 10.06.08, Бюл. № 11.
10. ГОСТ 30629-99. Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний. – Введ. 2001–01–01.
11. *Кудрявцев В.М.* Mathcad 2000 Pro / *В.М. Кудрявцев.* – М. : ДМК, 2001. – 571 с.

СИДОРКО Володимир Ігорович – доктор технічних наук, перший заступник генерального директора науково-технологічного алмазного концерну «Алкон» НАН України.

Наукові інтереси:

- процеси механічної обробки природного та синтетичного каменю;
- обладнання та інструмент для обробки природного та синтетичного каменю.

ПЕГЛОВСЬКИЙ В'ячеслав Віталійович – кандидат технічних наук, провідний інженер науково-технологічного алмазного концерну «Алкон» НАН України.

Наукові інтереси:

- технологія машинобудування;
- обробка природного каменю із застосуванням різного технологічного обладнання та інструменту.

ЛЯХОВ Василь Никифорович – начальник каменеобробного виробництва науково-технологічного алмазного концерну «Алкон» НАН України.

Наукові інтереси:

- технологія виробництва та дизайн виробів з каменю.

ПОТАЛИКО Олена Матвіївна – інженер-технолог каменеобробного виробництва науково-технологічного алмазного концерну «Алкон» НАН України.

Наукові інтереси:

- технологія виробництва виробів з каменю.

Подано 04.08.2010

