DOI: 10.65322/j.srd.05192026.117

UDK: 691.2:621.92

# MARMAR TO‘LDIRUVCHILARNING MIKROQATTIQLIGINI KAMAYTIRISH USULLARINI TADQIQ ETISH

***Axmadiyorov U.S.,*** *PhD, Professor,*
*E-mail: usa190380@mail.ru*
***Inamov B.N.,*** *mustaqil tadqiqodchi,*
*E-mail: nasrullo_1985@inbox.ru,*
*Toshkent arxitektura qurilish universiteti*

***Annotatsiya.*** *Maqolada marmar to‘ldiruvchilarni qayta ishlashda mikroqattiqlik va ishlov berish qarshiligi o‘rtasidagi farq ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Nam muhit, yuza-faol moddalar, dispersiyalovchi qo‘shimchalar va abraziv ishlov rejimlarining mumkin bo‘lgan ta’siri ko‘rib chiqildi. Vickers/Knoop mikroindentatsiyasi, energiya sarfi va sirt g‘adir-budurligi asosida tekshiruv sxemasi ishlab chiqildi. Natijalar adabiyotlar va metodik asoslashdan iborat.*

***Аннотация.*** *В статье разграничиваются микротвёрдость мраморных заполнителей и сопротивление механической обработке. Рассмотрено потенциальное влияние влажной среды, ПАВ, диспергирующих добавок и параметров абразивной обработки. Предложена схема оценки с помощью микроиндентирования Виккерса/Кнупа, измерения энергозатрат и шероховатости. Работа носит аналитико-методический характер.*

***Abstract.*** *The paper distinguishes intrinsic microindentation hardness of marble aggregates from their resistance to abrasive processing. Potential effects of water, surfactants, dispersants, and process settings are considered. A protocol using Vickers/Knoop microindentation, energy consumption, and roughness is proposed. This is a literature-based methodological study.*

***Kalit so‘zlar:*** *marmar to‘ldiruvchi, mikroqattiqlik, Vickers, Knoop, silliqlash, ishlov beruvchanlik.*

***Ключевые слова:*** *мраморный заполнитель, микротвёрдость, Виккерс, Кнуп, шлифование, обрабатываемость.*

***Keywords:*** *marble aggregate, microhardness, Vickers, Knoop, grinding, machinability.*

**Kirish.** Marmar to‘ldiruvchilar mozaikali pol va dekorativ qurilish materiallarida rang, tekstura va sirtning mexanik barqarorligini belgilaydi. Ularni silliqlashdagi qiyinchilik yuzaning mineral tarkibi, donalararo bog‘lanish, g‘ovaklik, abraziv turi va sirt muhitiga bog‘liq.

“Mikroqattiqlikni kamaytirish” atamasi aniq chegaralanishi kerak: haqiqiy mikroindentatsion qattiqlik (H) bilan silliqlashda kuzatiladigan ishlov berish qarshiligi (kesish kuchi, energiya, material ajralishi) aynan bir xil kattalik emas. Suyuqlik yordamida ishlov osonlashishi qattiqlikning doimiy pasayganligini isbotlamaydi.

Ushbu ishning maqsadi marmar to‘ldiruvchining sirt qattiqligini vaqtincha o‘zgartirishi yoki ishlov berish qarshiligini pasaytirishi mumkin bo‘lgan mexanik-kimyoviy usullarni ilmiy jihatdan saralash hamda ularni mikroindentatsiya asosida sinash metodikasini taklif etishdir.

**Materiallar va metodlar.** Namuna sifatida kamida ikki xil petrografik tuzilishga ega marmar fraksiyalari va ulardan tayyorlangan tekis silliqlangan plastinkalar tanlanadi. Rentgen difraksiyasi (XRD) yoki petrografik mikroskopiya orqali kalsit/dolomit ulushi, mikroyoriqlar va tekstura tavsiflanadi. ASTM C503/C503M-23 toshning qurilishda qo‘llanishi uchun fizik xossalarga doir ma’lumotni beradi, ammo mozaika to‘ldiruvchisining mikroqattiqligini bevosita normallashtirmaydi [1].

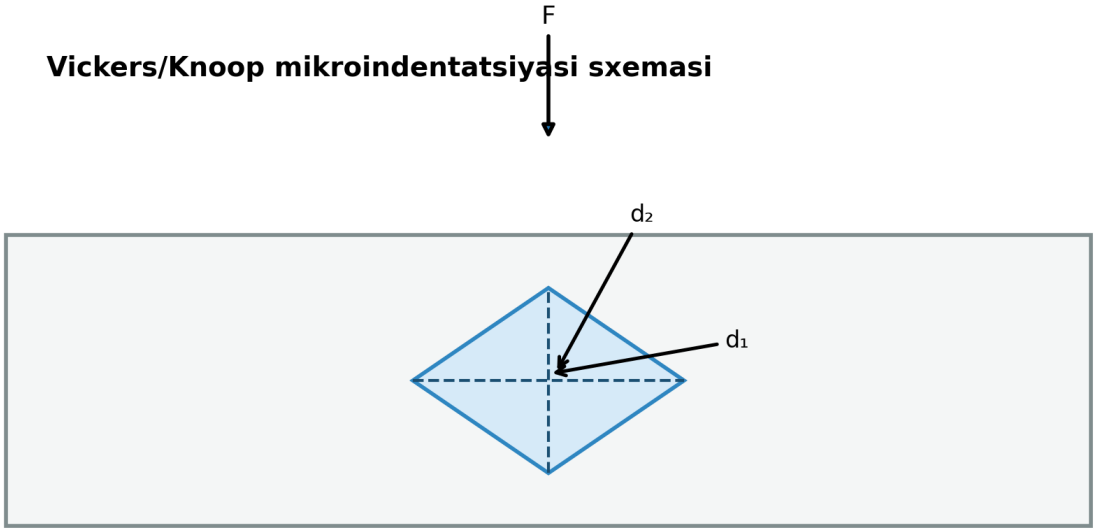
DOI: 10.65322/j.srd.05192026.117

Qiyoslanadigan ishlovlar: A – quruq nazorat; B – distillangan suv; C – yumshoq pHli noionogen YFM; D – yumshoq pHli disperslovchi muhit; E – faqat abraziv gradatsiyasini va bosimni optimallashtirish. Konsentratsiya 0,05–0,20 mass.% oralig‘ida boshlang‘ich skrining sifatida olinishi mumkin. Kuchli kislota bilan $CaCO_3$ ni eritish qattiqlikni xavfsiz va maqbul pasaytirish usuli sifatida tavsiya etilmaydi.

Mikroqattiqlikni baholash uchun Vickers yoki Knoop mikroindentatsiyasi qo‘llanishi mumkin. ASTM E384-22 mikroindentatsiya usulini tavsiflaydi va boshqa materiallar uchun ham sinov prinsiplaridan foydalanish mumkinligini qayd etadi [2]. ISO 6507-1:2023 esa avvalo metall materiallar uchun yozilgan; undan marmarga bevosita muvofiqlik da’vosi qilish to‘g‘ri emas [3].

Vickers ifodasi: $HV=0{,}1891\cdot F/d^2$, bu yerda F – N, d – iz diagonallarining o‘rtachasi (mm); HV – odatiy Vickers soni. Har bir namuna uchun yuklama, ushlab turish vaqti, yuzaga tayyorlash darajasi va izlarning chegaraga masofasi qayd etiladi. Mo‘rt minerallardagi yoriq va chetlarning sinishi o‘lchovni xatolashi mumkin, shu bois noto‘g‘ri izlar belgilangan qoida asosida chiqariladi.

Qattiqlik $H_0$ (ishlovdan oldin), $H_1$ (ishlovdan keyin yuvilib quritilgan holat) va $H_2$ (24 soat standart sharoitda saqlangach) solishtiriladi. Ishlovni osonlashtirish esa solishtirma abraziv energiya, material olinishi tezligi (MRR), kuch va sirt Ra bo‘yicha mustaqil o‘lchanadi. Kamida beshta mustaqil namuna, har namuna ichida kamida o‘nta yaroqli iz tavsiya etiladi; statistik birlik namuna darajasida olinadi.

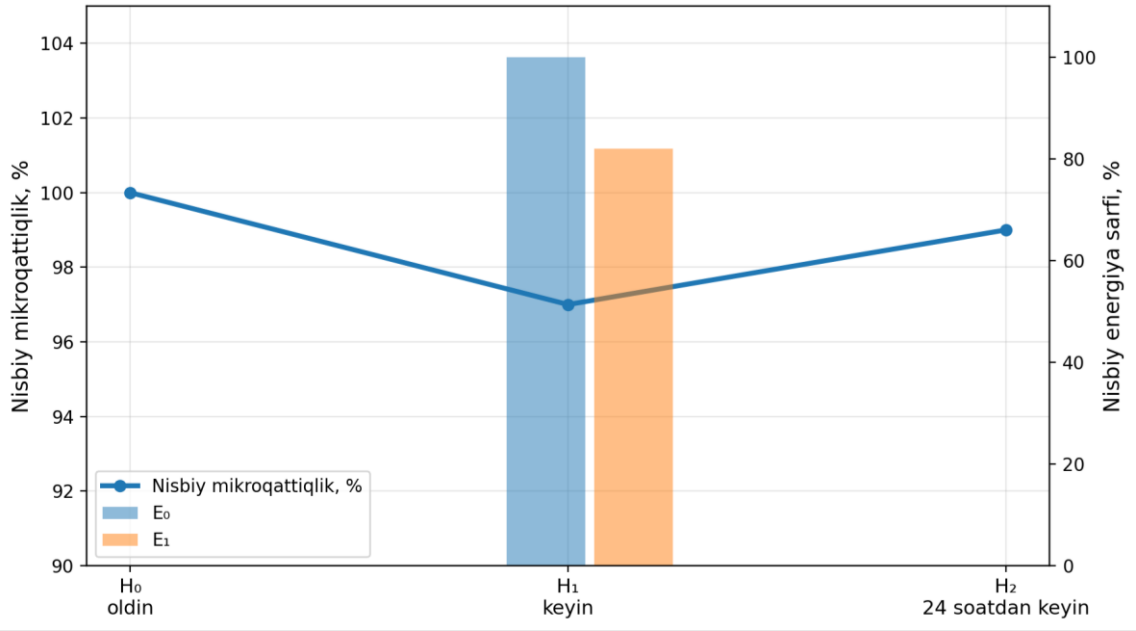



**1-rasm. Vickers/Knoop mikroindentatsiyasida iz diagonallarini o‘lchash prinsipi**

**Natijalar.** Adabiyotlarda $CaCO_3$ zarrachalari yuzasida maydalash yordamchilarining turlicha adsorbsiyasi va suspensiya xossalariga ta’siri ko‘rsatilgan [4]. Nam maydalashda reologiyani boshqarish yuqori samaradorlik bilan bog‘langan [5]. Bu ma’lumotlar marmar yuzasining haqiqiy indentatsion qattiqligi kamayganini tasdiqlamaydi.

Izlanish natijasi sifatida $R_H=(H_0-H_1)/H_0\cdot 100\%$ va $R_E=(E_0-E_1)/E_0\cdot 100\%$ alohida aniqlanadi. Agar energiya sezilarli kamayib, $H_1-H_0$ farqi statistik va metrologik noaniqlik chegarasida qolsa, u holda “mikroqattiqlik kamaydi” emas, “ishlov beruvchanlik yaxshilandi” degan xulosa to‘g‘ri bo‘ladi.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.117




**2-rasm. $H_0$–$H_1$–$H_2$ va $E_0$–$E_1$ ko‘rsatkichlari asosida talqin qilishning illyustrativ namunasi**

Vaqtincha namlanish va yoriqlar uchidagi sirt-kimyoviy jarayonlar bilan bog‘liq o‘zgarishlar bo‘lishi ehtimoli tekshiriladi; ularning darajasi, qaytuvchanligi va mikroyoriqlar hisobiga yuzaga kelgan soxta qattiqlik farqlari tajribasiz ma’lum emas.

**Muhokama.** Marmar sirtini yumshatishning mexanik va kimyoviy talqinlarini ajratish ilmiy natija ishonchliligi uchun zarur. Abrazivning donadorligini kichraytirish, bosimni pasaytirish va nam silliqlash kesish rejimini boshqaradi, lekin kristall panjaraning intrinsik qattiqligini o‘zgartirmasligi mumkin. YFM esa sirtlararo kuch va maydalangan zarrachalarning ajralishiga ta’sir qilishi mumkin.

Agressiv erituvchi muhitlar karbonatli toshda massaning yo‘qolishi, sirt g‘ovaklashuvi, jiloning pasayishi va uzoq muddatli chidamlilik susayishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli “eng katta H pasayishi” optimal texnologiya degani emas: mahsulotga qo‘yiladigan yeyilishga chidamlilik va estetik talablar saqlanishi shart.

Ko‘p mezonli optimallashtirishda mikroqattiqlikning ishonch oralig‘i, energiya sarfi, Ra, marmarning massa yo‘qotishi, qayta ishlov talabining kamayishi, xavfsizlik va oqova suv tarkibi integrallashgan baholanishi kerak. Tuzilish turiga qarab qatlamlashgan yoki donador marmarlar uchun alohida kalibrlash zarur.

**1-jadval. Tekshiriladigan gipotezalar va dalillash mezonlari**

| Usul | Asosiy gipoteza | Tekshiriladigan ko‘rsatkich |
|---|---|---|
| Suv bilan ishlov | Ishqalanish/rejim o‘zgaradi | $E_s$, $H_0/H_1$, Ra |
| Noionogen YFM | Namlanish va disperslanish o‘zgaradi | $E_s$, $H_0/H_1/H_2$ |
| Disperslovchi muhit | Shlamning ajralishi yaxshilanadi | MRR, $E_s$, Ra |
| Abraziv rejimni sozlash | Materialni olish boshqariladi | MRR, $E_s$, $H_0/H_1$ |

**Xulosa.** Haqiqiy mikroqattiqlik pasayishini tasdiqlash uchun standartlashtirilgan sharoitda o‘lchangan mikroindentatsiya qiymatlaridagi sezilarli, takrorlanadigan farq talab etiladi; energiyaning kamayishi o‘z-o‘zidan bunga dalil bo‘la olmaydi.

DOI: 10.65322/j.srd.05192026.117

Qurilishda ishlatiladigan marmar uchun eng maqbul yechim sirtni kimyoviy yemirish emas, abraziv rejim va xavfsiz silliqlash muhitini optimallashtirish bo‘lishi mumkin; bu gipoteza tajriba bilan tekshirilishi kerak.

Taklif etilgan sinov dasturi dastlabki, keyingi va tiklanish davridagi qattiqlikni ajratgan holda ishlov beruvchanlikni ham parallel o‘lchaydi; bu texnologik samarani noto‘g‘ri talqin qilish xavfini kamaytiradi.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. ASTM C503/C503M-23. Standard Specification for Marble Dimension Stone. ASTM International, 2023. DOI: 10.1520/C0503_C0503M-23.

2. ASTM E384-22. Standard Test Method for Microindentation Hardness of Materials. ASTM International, 2022. DOI: 10.1520/E0384-22.

3. ISO 6507-1:2023. Metallic materials – Vickers hardness test – Part 1: Test method. ISO, 2023. (Mineral namunalariga bevosita normativ tatbiq etilmaydi; o‘lchash prinsiplari qiyosiy ko‘riladi.)

4. Ersoy O., Güler D., Rençberoğlu M. Effects of Grinding Aids Used in Grinding Calcium Carbonate ($CaCO_3$) Filler on the Properties of Water-Based Interior Paints. Coatings. 2022;12(1):44. DOI: 10.3390/coatings12010044.

Sabah E., Koltka S., Ercan M. Ultrafine grinding of waste marble: A synergistic optimization of mechanical stressing and pulp rheology. Particuology. 2026;113:249–263. DOI: 10.1016/j.partic.2026.03.030.