

**Козлов Д.В., здобувач освітнього ступеня «магістр»,
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва
Шамрай В.І., к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»**

ДОСЛІДЖЕННЯ МІНЛИВОСТІ ОПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ ЯК КРИТЕРІЙ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВОЇ ОБРОБКИ

Естетична цінність природного каменю як будівельного та декоративного матеріалу преміум-класу визначається не лише його мінералогічним складом та фізико-механічними властивостями, але й значною мірою якістю фінішної обробки поверхні. Такі процеси, як шліфування, полірування чи термообробка, мають на меті максимальне розкриття декоративних властивостей каменю – його кольору, малюнку та текстури. Традиційні методи контролю якості такої обробки часто покладаються на органолептичну, суб'єктивну оцінку оператора або на вимірювання єдиного інтегрального показника, наприклад, блиску. Проте, ці підходи не враховують складний, полікристалічний та анізотропний характер самого матеріалу, що вимагає розробки більш об'єктивних та комплексних критеріїв контролю [1].

Теоретичною основою для застосування оптичних методів є пряма кореляція між мікрогеометрією поверхні та характером її взаємодії зі світлом. Механічна обробка, зокрема полірування, є процесом послідовного зменшення мікросорсткості поверхні. Необроблена (пиляна) поверхня характеризується переважно дифузним (розсіяним) відбиттям, що візуально сприймається як тьмяність та низька насиченість кольору. У процесі обробки абразивним інструментом частка дзеркального відбиття зростає. Таким чином, оптичні показники, такі як блиск, яскравість та параметри кольору, виступають як прямі, неруйнівні індикатори фізичного стану поверхневого шару.

Ключовим об'єктом дослідження має стати не лише фінальне значення оптичних показників, але їхня мінливість у процесі технологічного ланцюга обробки. Якість фінішної поверхні є кумулятивним результатом послідовних операцій (наприклад, переходу між абразивами різної зернистості). Відстеження приросту показника блиску або зміни координат кольору в просторі CIELab після кожного технологічного переходу дозволяє створити «оптичний паспорт» процесу. Стабільний, монотонний приріст цих показників свідчить про коректність роботи обладнання та правильний підбір інструменту.

Саме аналіз цієї мінливості перетворює оптичний контроль з методу пост-фактум бракування на інструмент операційного моніторингу. Наприклад, різке падіння приросту блиску між двома послідовними шліфувальними головками може свідчити про надмірне зношення інструменту, неправильний тиск або невідповідність зернистості. Таким чином, критерієм якості стає не абсолютне значення блиску (яке може бути досягнуто), а стабільність та прогнозованість його динаміки. Це дозволяє в режимі реального часу ідентифікувати відхилення від технологічного режиму та запобігати випуску неякісної продукції.

Основний теоретичний виклик при інтерпретації оптичних даних полягає у природній гетерогенності самого каменю. Природний камінь є полімінеральним агрегатом, що складається з зерен різної твердості та оптичних властивостей (наприклад, кварц, польовий шпат, слюда у граніті). У процесі полірування ці мінерали реагують на абразивний вплив по-різному: більш тверді мінерали (кварц) чинять більший опір, тоді як м'якші (слюда) можуть викришуватися. Це створює природну "оптичну мінливість" навіть на ідеально обробленій поверхні, де різні мінеральні зерна матимуть різний локальний блиск.

Для вирішення цієї проблеми традиційних точкових блискомірів недостатньо. Необхідне впровадження методів цифрового аналізу зображень та машинного зору. Сканування поверхні з високою роздільною здатністю дозволяє перейти від інтегрального показника до аналізу статистичного розподілу оптичних характеристик. Наприклад, критерієм якості може слугувати не середнє значення блиску, а параметри гістограми його розподілу (дисперсія, асиметрія). Це дозволяє алгоритмічно відокремити очікувану мінералогічну мінливість від аномальної технологічної мінливості, спричиненої дефектами обробки (подряпини, недополіровані ділянки).

Отже, дослідження мінливості оптичних показників є перспективним напрямком для створення автоматизованих систем контролю якості обробки каменю. Такий підхід дозволяє об'єктивізувати оцінку естетичних властивостей, перейти від пасивного контролю до активного управління процесом та врахувати складну полікристалічну природу природного каменю. Подальші дослідження мають бути зосереджені на розробці гоніофотометричних методів, що аналізують відбиття під різними кутами, для повного опису текстури поверхні та створення комплексних моделей якості.

Список використаної літератури:

1. Quality index control for building products made of natural facing stone / V. Shamrai et al. *Mining of Mineral Deposits*. 2023. Vol. 17, no. 3. P. 12–21. URL: <https://doi.org/10.33271/mining17.03.012>.