

Лекція 4.

Тема 3. Шліфування-полірування природного каменю

3.1. Фізична суть процесів шліфування і полірування каменю

Процеси **ШЛІФУВАННЯ** і **ПОЛІРУВАННЯ** каменю полягає у вирівнюванні лицьової поверхні оброблюваної заготовки та надання їй декоративної фактури.

Для одержання лицьової поверхні каменю заданої фактури (шорсткості) шліфування виконують у кілька стадій, використовуючи інструмент із послідовно зменшуваною крупністю зерен. При цьому завданням кожної стадії шліфування є перетворення попереднього (більш грубого) мікрорельєфу поверхні в новий, використовуючи відповідний інструмент. В результаті впливу абразивних зерен на оброблювану поверхню наноситься велика кількість мікроподряпин, які формують мікропрофіль. Перехід від вихідної до встановленої шорсткості можна умовно представити зсувом в одну площину зерен контуру шліфувального круга, що проходить через певну ділянку оброблюваної поверхні за час її контакту з кругом. Встановлена шорсткість шліфованої поверхні каменю залежить від характеристики інструмента, режимів обробки, фізико-механічних властивостей каменю та формується після багаторазових проходів інструмента по оброблюваній поверхні.

Шліфувальність каменю – здатність каменю піддаватися обробці шліфувальному інструменту. Характеризується показником відносної стираності каменю, який встановлюється шляхом стирання (зішліфовування) кам'яних зразків.

ПОЛІРУВАННЯ – це заключний цикл операцій фактурної обробки каменю, який являє собою комплекс взаємозв'язаних механічних (мікроабразивних) і фізико-хімічних процесів, співвідношення між якими обумовлено видом полірувального інструменту.

Так, при обробці каменю алмазним полірувальним колом переважну роль відіграють механічні процеси, які протікають на контактні інструмента з поверхнею каменю: робота кожного окремо працюючого алмазного зерна подібна з дією алмазних зерен шліфувального кола. Відмінність полягає в тому, що зерна полірувального кола мають значно менший розмір та завдяки високій еластичності зв'язки в процесі роботи зерна вдавлюються в неї, впливаючи на камінь кінчиками вершин. В результаті сумарного впливу алмазних зерен полірувального кола відбувається виколування мікроскопічних крупинок каменю, у зв'язку із чим на полірувальній

поверхні не утворюється помітних подряпин, а вона покривається мікроскопічними виступами і поглибленнями з величиною нерівностей **0,01-0,001 мкм**. При такому характері мікронерівностей величина яких на 1-2 порядку нижче величини нерівностей після останньої операції шліфування (лошіння), поверхня каменю стає блискучою, набуваючи високу світловідбивну здатність.

У процесі полірування каменю войлочним колом з вільною поліруючою суспензією або колом зі зв'язаною поліруючою речовиною на поверхні каменю утворюється новий шар - блискуча плівка товщиною до 0,1 мкм, що являє собою органічну сполуку. Така плівка утворюється в результаті хімічної взаємодії між поверхнею каменю, поліруючою речовиною і зв'язкою полірувального кола. Значну роль при цьому відіграє вода, що в силу своєї полярності може інтенсифікувати процес катіонного обміну. При поліруванні каменю карбонатного складу відбувається також часткове розчинення поверхневого шару, про що свідчить прискорення процесу полірування в легкому кислотному середовищі.

Полірувальність каменю оцінюється двома основними показниками: величиною граничного блиску і необхідним часом полірування. Дослідження показали, що кожний різновид облицювального каменю має здатність набувати при поліруванні її поверхні граничний блиск, що є для даного різновиду каменю постійною величиною та не залежить від режимів полірування. При ідентичних технологічних умовах полірування час досягнення граничного блиску для різних порід неоднаковий і знаходиться у зворотно-пропорційній залежності від значень їх граничного блиску, тобто чим вище граничний блиск каменю, тим менше час його досягнення.

Встановлено, що величина граничного блиску не пов'язана з фізико-механічними властивостями каменю, а обумовлена головним чином петрографічними особливостями породи. При цьому граничний блиск мармуру і аналогічних йому порід залежить в основному від ступеня перекристалізації породи, а також від вмісту некарбонатних включень. Граничний блиск граніту й інших вивержених порід визначається мінералогічним складом і залежить від вмісту кварцу і польових шпатів, а також від стану вивітреності окремих мінералів і ступеня тріщинуватості породи.

3.2. Технологічні операції шліфування-полірування каменю

Процеси шліфування і полірування каменю виконуються на тих самих шліфувально-полірувальних верстатах. Однак є значні

розходження, які обумовлюють різні вимоги до режимів шліфування і полірування та, в першу чергу, до тиску на інструмент, частоті обертання і швидкості його переміщення по оброблюваній поверхні.

Процес шліфування складається з ряду послідовних операцій - грубе шліфування (обдирка), середнє шліфування, тонке шліфування, лошіння. Кожна операція має своє певне призначення. Метою обдирання є виправлення дефектів розпилювання і максимальне наближення лицьової поверхні до площини. Середнє шліфування призначене для первинного вирівнювання мікронерівностей, а тонке - для подальшого вирівнювання поверхні, у процесі якого скорочується база мікронерівностей і досягаються чистота поверхні з перепадом висот до 0,04 мм. Метою лошіння є скорочення бази мікронерівностей і перепаду висот до 0,001 мм. При цьому повністю виявляється текстура каменю і з'являється матовий блиск. Після заключної операції фактурної обробки - полірування, висота мікронерівностей не перевищує 0,4-0,2 мкм. Відполірована поверхня каменю стає більш темною і набуває дзеркального блиску, що надає каменю особливу декоративність із-за найбільш повного розкриття рисунку, кольору і структури. Таким чином, після кожної операції підвищується клас чистоти поверхні, тобто все більше згладжується її шорсткість.

Для шліфування застосовують різні абразивні матеріали з поступово зменшуваною крупністю зерен. Полірування виконують твердими або еластичними полірувальниками зі зв'язаним поліруючим матеріалом, або повстяними колами з вільною поліруючою суспензією у вигляді суміші сметаноподібної консистенції поліруючих порошоків (оксиду хрому, олова, алюмінію й т.п.) з водою.

Фактурна обробка каменю на будь-якому шліфувально-полірувальному верстаті включає наступні основні етапи: підготовку верстата до роботи, його запуск і зупинку, обслуговування верстата в процесі роботи, знімання з робочого стола або транспортера готової продукції або напівфабрикату.

У процесі підготовки верстата до роботи виконують установку робочого інструмента і заготовки на стіл верстата, перевірку готовності верстата до роботи і його настроювання на заданий режим обробки. Робочий інструмент, встановлений на шпindelь верстата, повинен строго відповідати характеру операції й міцності оброблюваного каменю. Спочатку встановлюють інструмент для грубого шліфування. Спосіб кріплення інструмента залежить від конструкції верстата і робочої головки.

На більшості мостових, колінно-важільних і конвеєрних верстатах інструмент кріплять шляхом уведення трьох штифтів з головками,

закріпленими на звороті корпусу кола у фігурні пази фланця шпинделя з наступним розворотом кола в напрямку його обертання. Цю операцію, яка займає не більше однієї хвилини, виконують, опускаючи шпиндель на шліфувальне коло, яке лежить своєю робочою поверхнею на площині стола, а потім включають привод і закріплюють коло на головці шпинделя.

Окрема гранітна плита вимагає закріплення її з торців дерев'яними планками або клинами, щоб уникнути зсуву в процесі шліфування. Для попередження роздавлювання плити під час обробки нижня поверхня її повинна щільно прилягати до площини стола. Крім того, необхідно, щоб плита була встановлена в горизонтальній площині за рівнем, для чого використовують розпірні клини, які вводять між нижньою площиною заготовки і робочою поверхнею стола. Іноді для спрощення цієї операції плиту укладають на шар дрібного піску, який під її вагою перерозподіляється і рівномірно заповнює всі порожнини між плитою і поверхнею стола. На деяких каменеобробних підприємствах для прискорення установки плит-заготовок поверхню стола покривають вологою повстю.

Основними завданнями шліфувальника-полірувальника є активне спостереження за процесом обробки і дотримання режимів, заданих у технологічній карті. Одночасно потрібно стежити за роботою верстата і правильністю взаємодії всіх його вузлів.

3.3. Шліфувально-полірувальні верстати

Шліфувально-полірувальні верстати призначені для абразивної фактурної обробки (шліфування, лощіння і полірування) лицьової поверхні облицювальних плит і архітектурно-будівельних виробів із природного каменю.

Конструктивно шліфувально-полірувальні верстати розділяються на п'ять основних груп: порталні, мостові, колінно-важільні (радіально-консольні), конвеєрні і переносні (портативні).

Порталні верстати мають масивну станину у вигляді портала, горизонтальна балка якого (поперечина) несе шпиндельний вузол з робочою голівкою та інструментом. В залежності від конструкції виконання шпиндельний вузол може здійснювати поперечні прямолінійні переміщення по направляючим горизонтальної балки, чи бути нерухомим. Розрізняють верстати з нерухомим та рухомим порталом. В першому випадку поздовжня подача при обробці забезпечується переміщенням робочого столу. В другому випадку поздовжні переміщення по направляючим рельсам здійснює портал.

Мостові верстати мають станину у вигляді моста, який спирається на дві бокові стінки. По направляючому моста переміщується за допомогою ходової частини (каретки) шпindelний вузол, який несе робочу головку з інструментом, забезпечуючи поперечну робочу подачу. Поздовжня подача у більшості верстатів досягається переміщенням самого моста із шпindelним вузлом по направляючому опорних стінок при нерухомому столі і рідше поздовжнім переміщенням стола із заготовкою відносно нерухомого моста. Переваги: невелика металоємність і можливість обробки заготовок значних розмірів.

Колінно-важільні (радіально-консольні) верстати мають шпindelний вузол, розташований на радіальній двоплечній консолі, яка шарнірно кріпиться до стійки-колони чи до настінного кронштейна. У деяких верстатах кронштейн може переміщуватись по направляючому стіні. Такі верстати обладнані одним чи двома столами, встановленими в робочій зоні. В другому випадку продуктивність верстата вище за рахунок виключення витрат часу на операції укладення заготовок і знімання виробів. Застосовуються для шліфувально-полірувальних деталей пам'ятників, архітектурно-будівельних виробів, тобто таких деталей, які нераціонально оброблювати на порталних і мостових верстатах. Переваги: конструктивна простота, легкість експлуатації, невелика металоємність і вартість, можливість забезпечення високої якості обробки. Недоліки: затрати на значну кількість ручної праці, тобто переміщення шпindelного вузла і прижиму інструменту до виробу.

Конвеєрні верстати – це багатошпindelні агрегати, всі ланки яких працюють в єдиному автоматичному циклі. Вузол подачі виконаний у вигляді конвеєрного транспортера. По характеру кріплення шпindelних вузлів до станини конвеєрні верстати можуть бути порталні, мостові і консольні. У верстатах порталного виконання у більшості випадків поперечні переміщення в процесі обробки здійснюють шпindelні вузли. У верстатах мостового виконання мости зазвичай розташовані перпендикулярно напрямленню поздовжньої подачі, а переміщення шпindelних вузлів здійснюється в поперечному напрямку.

Верстати консольного виконання в основному оснащені шпindelними вузлами, розміщеними на індивідуальних стойках. Зазвичай у таких верстатів шпindelні вузли нерухомі чи мають незначне переміщення. В окремих випадках консоль виконана у вигляді двохплечної деталі, що забезпечує поперечне переміщення шпинделя. Транспортери можуть бути стрічкові з одною чи двома

паралельними доріжками, рідше пластинчасті. Переваги: висока продуктивність та високий рівень автоматичного виробничого процесу.

Переносні верстати представляють собою портативне шліфувально-полірувальне обладнання, яке ділять на два види: *переносні шліфувальні машинки та настільно-шліфувальні верстати*.

Переносні шліфувальні машинки являють собою електродвигун, зв'язаний гнучким валом з робочою шліфголівкою. Робоча голівка в залежності від характеру операції може мати різне конструкторське виконання, тобто пряма, кутова, торцева, периферійна. Деякі машинки не мають гнучкого вала. Електродвигун у них кріпиться до робочої голівки. Використовуються для обробки архітектурно-будівничих виробів, пам'ятників. Переваги: конструктивна простота, невелика вага і вартість, можливість оброблювати вироби необмежених розмірів, але ці машинки малопродуктивні з великими затратами ручної праці, а також потребують особливого виконання ПТБ.

Настільно-шліфувальні верстати виконуються у вигляді малогабаритного корпусу, всередині якого розміщений електродвигун, який приводиться у рух через муфту, клино-пасову чи фрикційну передачу. Шпindel з інструментом розташований робочою поверхнею доверху. Застосовуються такі верстати для шліфування-полірування сувенірних виробів, зразків каменю для дослідів, еталонів, а також при виготовленні шліфів для аналізу проб каменю розвідувальних родовищ.

3.4. Робочий інструмент шліфувально-полірувальних верстатів

3.4.1. Основні поняття і класифікація

Робочим інструментом фрезерувально-окантовувальних і шліфувально-полірувальних верстатів є знімний виконавчий орган, який безпосередньо впливає на камінь і здійснює відповідний процес його обробки (фрезерування, шліфування, полірування та інше). Робочий абразивний інструмент незалежно від конструктивного виконання і характеру обробки складається із двох основних частин: *робочого елемента і корпусу*.

Робочий елемент – це та частина інструмента, ріжуча поверхня якої в процесі обробки безпосередньо контактує з каменем. У робочому елементі виділяють власне *робочий шар*, який складається із зерен абразиву, зцементованих зв'язкою, і *неробочий шар* (підложку),

який складається з матеріалу зв'язки і не містить абразивних зерен (у деяких конструкціях інструмента неробочий шар взагалі відсутній).

Корпус – це деталь, до якої кріпиться один або кілька робочих елементів. Зазвичай вона виконується зі сталі і рідше з легких сплавів. Корпус за допомогою фланців або інших засобів встановлюється на робочій головці шпинделя каменеобробного верстата і служить передавальною ланкою, яка передає робочим елементам необхідні для обробки каменю швидкості переміщення і тиск.

Робочий інструмент характеризується наступними основними параметрами: видом і маркою абразивних матеріалів, розміром ріжучих зерен (зернистістю), типом зв'язки, кількістю абразиву у зв'язці, конструкцією інструмента.

Робочий інструмент для обробки каменю класифікують за наступними ознаками:

1) *За принципом впливу на породу*: механічний і фізико-технічний.

2) *За різновидом ріжучих елементів*:

- у механічному інструменті: абразивний, алмазний і твердосплавний;
- у фізико-технічному: термічний, гідроструминний, ультразвуковий і абразивнодинамічний.

3) *За характером впливу на камінь*:

- периферійний інструмент, який впливає на оброблювану поверхню своєю периферійною частиною – вісь обертання інструмента паралельна його робочій поверхні, а площа його контакту з каменем незначна (*рис. 1, а*).
- торцевий інструмент впливає на оброблювану поверхню своєю торцевою частиною – вісь обертання інструмента перпендикулярна його робочій поверхні, а площа контакту різко збільшується, оскільки в більшості випадків вона відповідає площі робочого торця інструмента (*рис. 1, б*).