

1.3. Верстати для виготовлення деталей тіл обертання із природного каменю

Для обробки природного каменю застосовують різні за конструкцією каменеобробні верстати як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. Зарубіжні фірми-виробники верстатів (особливо Італії) постачають в Україну сучасні каменеобробні верстати з ЧПК, а саме: фрезерні з ЧПК для обробки складнопрофільних поверхонь виробів з мармуру та граніту. Ці верстати коштують щонайменше 50 тис. дол., а тому більшість каменеобробних підприємств України не мають можливості їх придбати. Також вітчизняні каменеобробні підприємства недостатньо забезпечені сучасним алмазним інструментом. З оглядом на викладене основний експорт виробів з природного каменю з України становлять сировинні блоки та бруківка. Водночас зауважимо, що, наприклад Китай імпортує в Україну великий обсяг скульптур з каменю та інші вироби зі складнопрофільними поверхнями.

Вітчизняне верстатобудування не виготовляє каменеобробних фрезерних верстатів з ЧПК, тому на каменеобробні підприємства України мають на озброєнні фрезерні металообробні верстати, самотужки пристосовані для оброблення складнопрофільних поверхонь виробів з каменю.

Складне профілювання виконується спеціальними верстатами. Частіше за все ними являються токарно-гвинторізні верстати типу 1М63 (рис. 1.1), 1Е61М, ДІП 200 та інші, які перероблені з металообробних на каменеобробні, де робочим органом виступає не різець, а алмазна фреза, рідше відрізний диск. Такі верстати відповідають кустарним умовам виробництва.

Для можливості обробки природного каменю на верстаті було замінено різець на алмазну дискову фрезу.

Сучасними аналогами є токарно-гвинторізні верстати TRENС виробництва Словаччини. Володіючи сучасною конструкцією і кращими німецькими комплектуючими в поєднанні з відносно невисокою для такого

рівня верстатів ціною, токарно-гвинторізні верстати TRENDS є одним з кращих пропозицій по співвідношенню ціна/якість (TRENDS SN 71 C, TRENDS SN 710 S).



Рис. 1.1. Токарно-гвинторізний верстат типу 1М63

Російськими та зарубіжними аналогами універсального верстата 1М63 є СМ1761, СА630С, Б16Д315, СW6163С, СS6166В/СS6266В (Китай), СU630 (Болгарія) та ін.

Для виробництва деталей тіл обертання використовують верстати з ЧПК виробництва Китай такі як: LZS-1, LZS-2, WYMJ-4000, МСС-2 (рис 1.2).

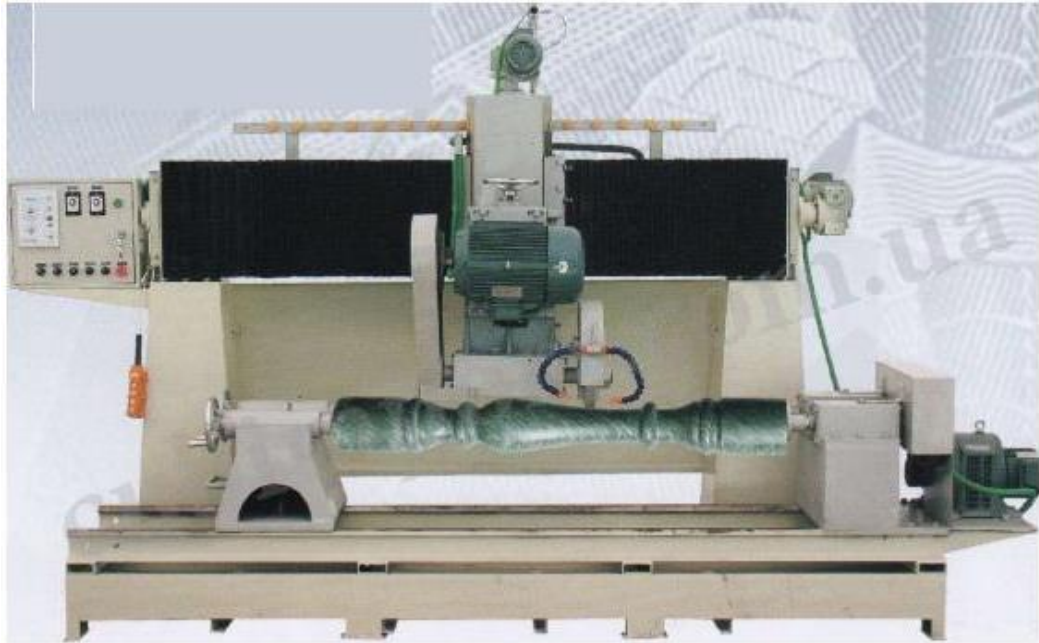


Рис. 1.2. Автоматичний верстат по каменю МСС-2 для кругло-фасонних виробів

Дані верстати використовують для масового вирізання та полірування балясин, колон, ваз, куль і інших кругло-фасонних виробів з каменю в автоматичному режимі. Різка деталі відбувається шляхом зчитування розміру і форми з шаблону, який кріпиться безпосередньо на верстаті для різання каменю. Диска пилка ріже деталь в два проходи: чорнової і чистової, після чого заготовку можна шліфувати і полірувати.

Робоча рушійна частина верстата переміщається уздовж столу, на якому закріплюють заготовку. Змінний інструмент встановлюється на робочу головку з регульованою частотним регулятором швидкістю подачі інструменту. Потужна несуча рама забезпечує необхідну жорсткість верстата. Каменеобробний верстат з ЧПК обладнаний автоматичною системою контролю, частотними регуляторами швидкості обертання заготовки і подачі робочого інструмента, має три робочі головки:

1) головка для різання деталі по шаблону, який встановлюється безпосередньо на верстат (на цю головку встановлюється дискова пилка необхідного діаметра);

2) головка для установки полірувального інструменту для полірування деталі;

3) головка для нарізування канелюр (рис 1.3.)



Рис. 1.3. Канелюр – поздовжні і спіральні жолоби на колоні

1.4. Аналіз стану інструментальної бази та процесів обробки деталей тіл обертання із природного каменю

Робочим інструментом фрезерного верстата служить знімний виконавчий орган переважно у вигляді абразивного круга, який безпосередньо впливає на камінь і здійснює відповідний процес його обробки (власне фрезерування). Диска пилка закріплюється на валу верстата за допомогою фланців. Вал приводиться в дію пасовою передачею від електродвигуна головного приводу. [8]

Дискові пилки по характеру роботи відносяться до периферійного виду інструмента та використовуються головним чином для виробництва різноманітних фрезерно-окантувальних робіт. В даний час широкого поширення при обробці каменю отримали алмазні відрізи круги, які повсюдно витіснили менш стійкі круги з карбїду кремнію і електрокорунду.

Алмазні відрізи круги, які експлуатуються на каменеобробних підприємствах, можуть бути поділені на дві основні групи: з переривчастою

робочою кромкою (сегментні) (Рис. 1.4а) і з суцільною робочою кромкою (Рис.1.4б).

Алмазний диск обирається для конкретних умов роботи, тому що мають різні принципи дії на поверхню природного каменю при різанні.

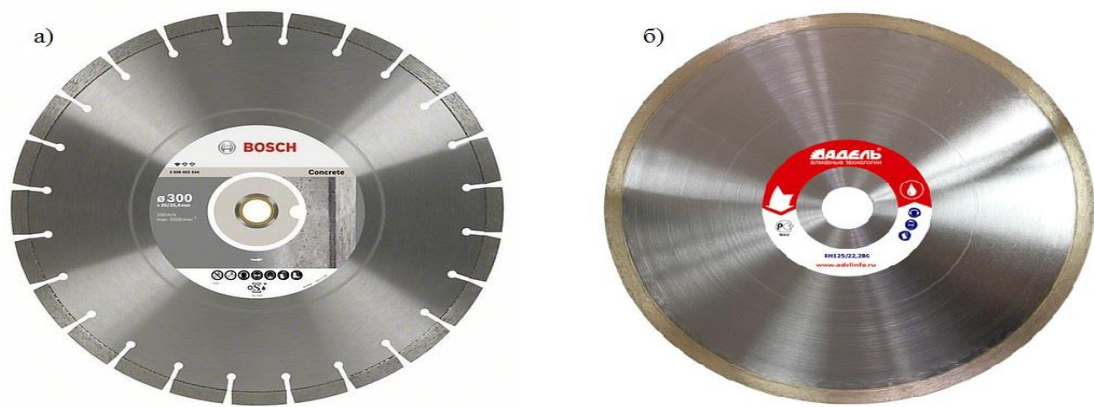
Принцип дії алмазного диску із суцільним напиленням такий, що робоча кромка вишлифовує матеріал, не створюючи ударних навантажень. Суцільна робоча поверхня ріже плавно і точно, не відколюючи шматки породи, що є головною перевагою. Зазвичай використовують для різання керамічної плитки і керамограніту та елітних дорогих матеріалів.

Відрізний круг з переривчастою кромкою складається з корпусу-диска з радіальними пазами і напаяними на нього алмазними елементами у вигляді сегментів. В центрі корпусу є посадочний отвір, для установки круга на робочий вал верстата. Кожен алмазний сегмент складається з алмазоносного і без алмазоносного шарів.

Під час роботи алмазна напайка на високій швидкості збиває матеріал, він відколюється відносно великими шматками до 2-3 мм. Чудово підходить для різання блоків з ПК і бетону, де не потрібна філігранна точність, а швидкість і ефективність різання.[9]

Характерною особливістю такого інструмента є можливість заміни зношених алмазних сегментів. Досягається це використанням в конструкції фрези швидкоз'ємних вставок з напаяними на них алмазними сегментами.

Найчастіше на токарних верстатах для виготовлення складнопрофільної продукції використовують алмазну дискову пилку з переривчастою кромкою з діаметром полотна 300-350 мм.



*Рис.1.4. Алмазний відрізний круг
(а - переривчастою робочою кромкою (сегментні); б - із суцільною робочою кромкою)*

Процес шліфування дозволяє обробляти тверді і крихкі поверхні за допомогою абразивних матеріалів. На даний момент практично жодна з галузей промисловості не обходиться без шліфування. Тому переоцінити значимість цього процесу просто неможливо.[11] Шліфувальні інструменти поділяються на круги, стрічки або машини. В залежності від типу робіт використовується той чи інший вид інструментів.

Шліфувальний круг застосовується для абразивної обробки та заточування поверхонь з каменю, він може використовуватися як на ручних шліфмашинах, так і на верстатах. Шліфувальний круг виготовляється з абразивного матеріалу та спеціальної зв'язки, яка може бути, наприклад, керамічною, бакелітовою або вулканітовою. Шліфкруг на керамічній зв'язці відрізняється широкою сферою застосування, підвищеною продуктивністю і довгим терміном служби. Такий круг здатний впоратися з абразивною обробкою деталей з твердих сплавів і навіть з алмазним вкрапленням. Оброблені таким кругом поверхні мають низьку шорсткість.

Бакелітова зв'язка дає можливість працювати з поверхнею таких природних каменів як граніт, мрамур, піщаник і вапняк. Крім того, виготовлені з такої зв'язки круги придатні для шліфування бетону, цегли та чавуну.

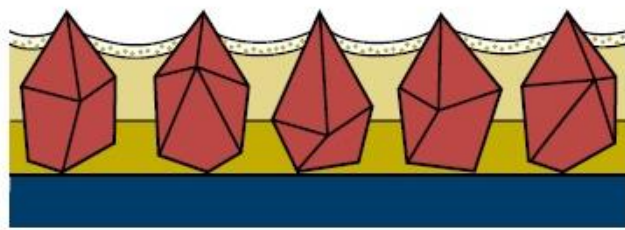
Твердість один з основних параметрів шарошки (рис.5), яка залежить від бакелітової зв'язки (бакелітовий клей) в абразивному зерні. Чим більше бакеліту у зв'язці, тим жорсткіше і довше буде шліфування поверхні каменю абразивною шарошкою, і тим менше буде її витрата при роботі. При високій твердості абразивні зерна, що затупилися не будуть своєчасно висипатися з бакелітової зв'язки, що призведе до появи сколів, подряпин, підпалів, як на шарощі так і на камені.[19]



Рис.1.5. Абразивні шарошки

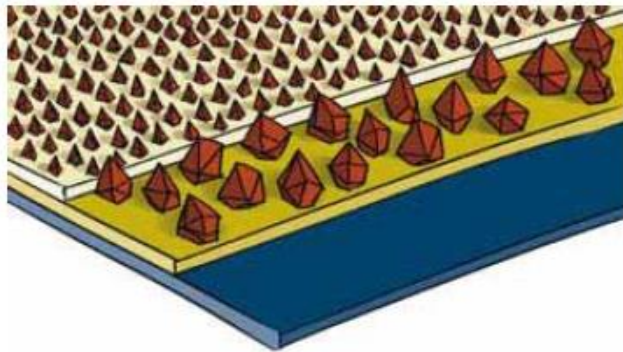
Круги на вулканітовій зв'язці в основному використовують для заключної обробки поверхонь, а також для полірування металів.

У структурі еластичного абразиву (рис.1.6.) шліфувальне зерно спочатку фіксується на підкладці за допомогою сполучника для основи. Другий шар сполучника наноситься після висихання та остаточно закріплює зерно на матеріалі. А на зовнішній сполучник можна ще нанести додаткові нашарування. У першу чергу це матеріали, які запобігають передчасному забиттю або засміченню абразиву під час шліфування або додаткові матеріали, які знижують температуру під час важкої роботи із шаруватими поверхнями [7].



■ **Шліфувальне зерно**
Цирконовий корунд, коричневий корунд, корунд підвищеної чистоти, білий корунд, карбід кремнію

⚡ **Додаткове нашарування**
Стеарат, високоактивний (охолоджувальний) матеріал, антистатичне нашарування



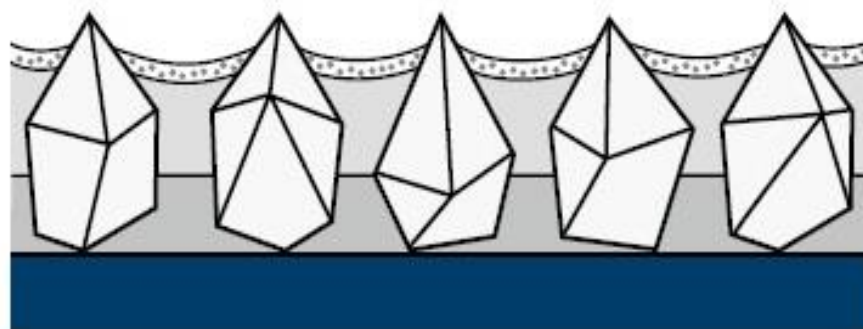
■ **Зовнішній сполучник**
Синтетична смола, міздровий клей, активні матеріали, заповнювач, фарба

■ **Сполучник для основи**
Синтетична смола, міздровий клей

■ **Основа**
Папір, тканина, фібра

Рис.1.6. Структура абразивних матеріалів.

Основою еластичного абразивного матеріалу служить папір, тканина, пластикові плівки, вулканізована фібра, пінні матеріали або комбінації із паперу та тканини. (рис.1.7.) Ці основи надають абразивному матеріалу різні властивості утримання зерна, розтягування, стійкості на розрив та на розтягування, еластичності та стабільності – відповідно до випадку застосування.



■ **Основа**

Рис. 1.7. Основа абразивного матеріалу

На сьогодні використовуються лише такі сполучники, які не містять розчинників, їхню еластичність підвищують за допомогою різноманітних дисперсій, які розрізняються залежно від галузі застосування. (рис.1.8.) Це

допомагає створити дуже міцні і водночас дуже продуктивні абразивні матеріали. З іншого боку, цей підхід дозволяє виготовляти надзвичайно еластичні вироби для кінцевої обробки поверхні. Тваринні клеї (міздровий клей) застосовуються сьогодні лише в окремих випадках.

Зовнішній сполучник остаточно зв'язує шліфувальні зерна між собою та із основою. Сполучниками зазвичай являються синтетичні смоли. Відповідно до випадку застосування абразивного матеріалу використовують більш м'які, еластичні, тверді або менш еластичні сполучники. Твердість сполучника впливає на активність обробки та термін служби абразивного матеріалу. Для шліфування каменю додаються охолоджувальні субстанції, які знижують температуру каменю під час шліфування. Додаткові нашарування зі стеарату надають додатковий захист проти забиття (засалювання) абразиву шліфувальним пилом.

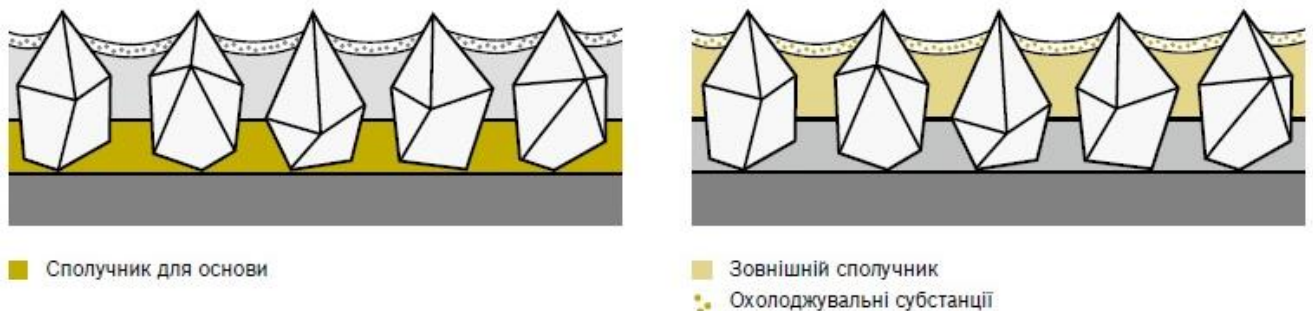


Рис. 1.8. Сполучники для основи та шліфувальних зерен

Найпопулярніші сьогодні абразиви – це корунд та карбід кремнію у найрізноманітніших варіаціях. Все більшу значимість завойовують також нові мінеральні матеріали, такі як цирконовий корунд, керамічний корунд та алмази. (рис. 1.9.) Природні мінеральні матеріали, такі як червоний корунд та наждак, застосовуються все менше. Твердість та жорсткість, які має вихідний матеріал шліфувального зерна, визначають властивості та сферу застосування абразивного матеріалу.

Шліфувальні мінеральні матеріали: твердість та жорсткість



Рис. 1.9. Твердість та жорсткість шліфувального зерна

Шліфувальні машини необхідні для полірування, очищення і вирівнювання різних поверхонь. Потужність, конструкція та оснащення шліфувальної машини прямо залежать від цілей її подальшого застосування. Існує близько 9 видів шліфувальних машин, кожен з яких має свої певні завдання і системи шліфування.

У процесі полірування каменю повстяним кругом з вільною поліруючою суспензією або кругом зі зв'язаною поліруючою речовиною на поверхні каменю утворюється блискуча плівка товщиною до 0,1 мкм, яка являє собою органічну сполуку. Така плівка утворюється в результаті хімічних взаємодій між поверхнею каменю, поліруючою речовиною і зв'язкою поліруючого круга.

BUFF (БАФ або БУФ) у перекладі з англійської полірувати. Цей інструмент замінює широко використовуваний повстяний круг, який застосовується з полірувальними порошками.

Принцип роботи інструменту полягає у поліруванні дрібними твердими частинками, які знаходяться у зв'язці. Інструмент працює з природним підігрівом, за рахунок тертя інструменту об оброблювану поверхню.

Найголовніше для цього інструменту – створити умови для поступового нагрівання, щоб тверді полірувальні частинки встигли виконати свою роботу. Цього можна досягти, за рахунок припинення подачі води в зону обробки. BUFF сам висушить оброблювану поверхню каменю і виконає полірування. Якщо інструмент перегрівається, він починає тріскатися і ламатися.

На поверхні BUFF бажано нарізати не менше 3-х радіальних канавок до 1 мм, і постійно їх підтримувати у міру зносу інструменту. Це дозволить домогтися більш рівномірного розігріву під час роботи.

Як вже згадувалося вище, щоб оцінити колір і особливо рисунок каменю, його при розмітці змочують водою. Мокрий камінь сприймається зором зовсім інакше, ніж сухий. Промінь світла, що падає на поліровану поверхню виробу, не розсіюється, як на шліфованій поверхні, а відображається, показуючи камінь у всій красі. Цим і пояснюється особлива роль полірування. [12]

Після полірування у виробі свердлять отвір глибиною 150-170 мм та діаметром \varnothing 60-80 мм. Цей отвір свердлять коронкою на периферії якої є алмазні сегменти (Рис.1.10.). Свердло призначене для свердління з подачею охолоджувальної рідини наскрізних і глухих отворів у виробках з природного каменю, спеціальним інструментом, оснащеним вузлом подачі води в зону обробки через порожнистий вал і отвір в хвостовику свердла. Свердління виконують на свердлильному верстаті.

При встановленні вази на пам'ятник, у цей отвір ставлять штучні або живі квіти.



Рис. 1.10. *Коронка для сверління*

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАГАЛЬНИХ ПРИНЦПІВ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТІЛ ОБЕРТАННЯ ІЗ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ

2.1. Дослідження технології виготовлення деталей тіл обертання із природного каменю

Більш складним є процес виготовлення складнопрофільних виробів із криволінійною формою (деталі арок, фонтанів і т. ін.). процес обробки деталей зводиться до чотирьох технологічних операцій:

1. Випилювання із блоку алмазною дисковою пилою прямокутної заготовки з відповідними допусками на послідуочу обробку;
2. Обробка заготовки алмазною циліндричною фрезою по зовнішньому та внутрішньому радіусам;
3. Виконання алмазними циліндричними фрезами радіальних пазів прямокутного перерізу на двох суміжних гранях заготовки (для пазу на верхній грані в залежності від конструкції верстату можуть використовуватися фрези з горизонтальною або вертикальною віссю обертання);
4. Виконання закруглених профілів (профільними алмазними або абразивними кругами із увігнутою периферією).

Обробці звичай підлягають одночасно декілька заготовок, що вкладаються одна за одною на робочий стіл верстату. Розміри і форми заготовок в процесі їх обробки систематично контролюються спеціальними шаблонами. При необхідності отримати деталь з лущеною чи полірованою фактурою до перелічених операцій технологічного процесу додається шліфування-полірування, виконується на тому ж обладнанні, що і на операціях 2 – 4, але з відповідним інструментом. Інколи для цієї мети використовують ручні шліфмашинки з гнучким валом.

Технологічно складним є процес виготовлення виробів круглого профілю,

тобто у формі тіл обертання (колон, балясин, підставок, шарів і т. ін.). Вироби циліндричної форми виконуються звичайно, використовуючи один з трьох основних технологічних варіантів: профілюванням окремих елементів, обточуванням обертальної заготовки і висвердлюванням заготовки із блоку.

По першому варіанту виготовляють складні колони, кожний елемент якої має профіль у вигляді сегменту з дугою, який являється частиною кола перерізу колони. При цьому кожен елемент такої колони отримують простим профілюванням заготовки периферійним кругом негативного профіля по раніше описаній технології. Виготовлені елементи колон монтують на каркасі – основі із металу чи азбестоцементу, маючи переріз у вигляді квадрату чи багатогранника. Кількість граней відповідає кількості елементів, що складають колону. Описаний спосіб виготовлення колон є найбільш простим, однак має суттєвий недолік – наявність швів на стиках елементів. При виготовленні колон з канелюрами, тобто повздовжніми жолобами по периферії стовпа, вказаний недолік можна усунути, профрезерувавши канелюри безпосередньо по швам колони.

При виготовленні виробів циліндричної форми способом обточування підготовлюється заготовка, яка спочатку має прямокутний переріз з припуском по відношенню до кінцевих розмірів виробу не менше 50-70 мм. З цією метою тесаком (ручним інструментом) вирівнюють торцеві грані заготовки, на яких розмічають центри перетину, після чого по боковим граням заготовки просікають контрольні смуги, які виконують на спеціалізованих токарних верстатах типу ДП.

Робочим інструментом при обточуванні заготовок є абразивні і алмазні периферійні кола, циліндричні фрези і ін. Оброблювана заготовка затискається в бабках-центрах, після чого їй надають обертання, частота якого вибирається в залежності від форми заготовки і міцності каменю вона знаходиться в межах 0,5 – 2 об/хв..

При обточуванні заготовки алмазним або абразивним інструментом користуються прийомом врізання, при якому на заготовці що обертається

шляхом послідовно поперечних врізань профрезується серія зімкнутих канавок-пропилів, завдяки чому видаляється надлишок каменю, а заготовка отримує циліндричну форму. При значних припусках заготовки врізання виконується за декілька проходів. Перші проходи виконують не такими, що змикаються, а відокремленими пропилами, сколюючи потім стінки між ними. Режим роботи інструмента при обточуванні заготовок вибираються в залежності від виду інструмента і міцності каменю.

Шліфування-полірування циліндричної поверхні здійснюється послідовним набором периферійних шліфувальних кіл з зменшеною зернистістю, а потім – полірувальним колом (в усіх випадках інструменту надається повздовжня подача паралельно осі обертання заготовки). При необхідності на поверхні виробу повздовжнім фрезеруванням виконують канелюри.

Більш складним є процес виготовлення виробу з формою тіл обертання змінного перерізу (колони, балясини і т. ін.). Такі вироби виконують методом обточування заготовок, використовуючи спеціалізоване обладнання.



*Рис. 2.1.Токарний верстат для виготовлення виробу з формою тіл
обертання змінного перерізу (колони, балясини і т. ін.).*

В процесі виготовлення форма і розміри заготовки систематично контролюється за допомогою набору шаблонів. Для спрощення цієї операції на верстатах почали використовувати спеціальні копії з конфігурацією, що відповідає формі отриманого виробу (рис.2.2).



Рис. 2.2. Копіри, які використовуються для виготовлення виробу з формою тіл обертання змінного перерізу

Копіювальні механізми широко застосовуються також в обладнанні, які слугують для виготовлення об'ємних орнаментів і барельєфів, плоских виробів складного контуру і інші.

Технологічна схема виготовлення вази складається з наступних операцій:

1. На заготовці, що обертається шляхом послідовних поперечних врізань профрезується серія відокремлених канавок-пропилів, завдяки чому видаляється надлишок каменю. (рис.2.3.) Ця операція виконується за допомогою фрези діаметром 200-400 мм, яка обертається зі швидкістю 1500 об/хв. Швидкість обертання заготовки коливається в межах від 8 до 60 обертів за хвилину в залежності від стадії фрезерування. Відстань між пропилами варіюється в залежності від типу каменю та його форми.



Рис. 2.3.Процес утворення відокремлених канавок-пропилів

2. Сколюються стінки утворені в результаті виконання попередньої операції. Для цього використовується молоток і зубило (рис.2.4).



Рис. 2.4.Зколювання стінок для утворення наближеної форми вази

3. На токарному верстаті виконується обточування заготовок до форми наближеної до проектної на 1-5 мм (рис.2.5).



Рис. 2.5.Обточування заготовок до форми наближеної до проектної

4. Виконується шліфування отриманої заготовки (рис.2.6) на токарному верстаті. При цьому робочий інструмент закріплений нерухомо, а заготовка

обертається зі швидкістю від 200 до 1500 об/хв.

5. Виконується полірування заготовки (рис.2.6)



Рис. 2.6. Фактурна обробка заготовки

6. Висвердлюється отвір по центру вази за допомогою свердла армованого твродсплавними або алмазними різцями (рис. 2.7).



Рис.2.7. Свердло, яке використовується для утворення отворів у вазах

Існує також альтернативний спосіб виготовлення складнопрофільних виробів, який базується на висвердлюванні циліндричних заготовок з заготовок каменю, які в подальшому обточують фрезою на токарному верстаті.

Велике різноманіття способів і стадій виготовлення об'ємних виробів з конусоподібною поверхнею або з поверхнею форми еліптичного параболоїда

обумовлює необхідність як детального вивчення різних стадій, так і порівняльного аналізу техніко-економічних показників різних способів виготовлення.

2.2. Дослідження впливу відстані між пропилами на ефективність процесу створення тіл обертання

Відстань між пропилами визначатиме нерівність сколу поверхні тіла обертання, витрату алмазного інструменту на виготовлення виробу та працездатність виготовлення виробу.

Дослідимо вплив ширини канавки на нерівність сколу, яка буде визначати ефективність процесу формоутворення на даній стадії. Для дослідження була використана заготовка розміром 150*150*300 мм з Букинського габро. Методика експерименту полягала в наступному:

- 1) На даній заготовці алмазним сегментним відрізним кругом діаметром 315 мм, ширина алмазних сегментів 4 мм виконувались різні на глибину 55 мм (відповідає максимально потрібній глибині різання при виточуванні виробу з даної заготовки), відстань між якими становила 3-20 мм (рис. 2.8). Кожна відстань між пропилами відтворювалась послідовно три рази.
- 2) За допомогою молотка і зубила збивались ребра.
- 3) За допомогою штангенциркуля виконувалось вимірювання максимальної нерівності. (рис.2.9).



Рис. 2. 8. Заготовка, підготовлена до зколювання

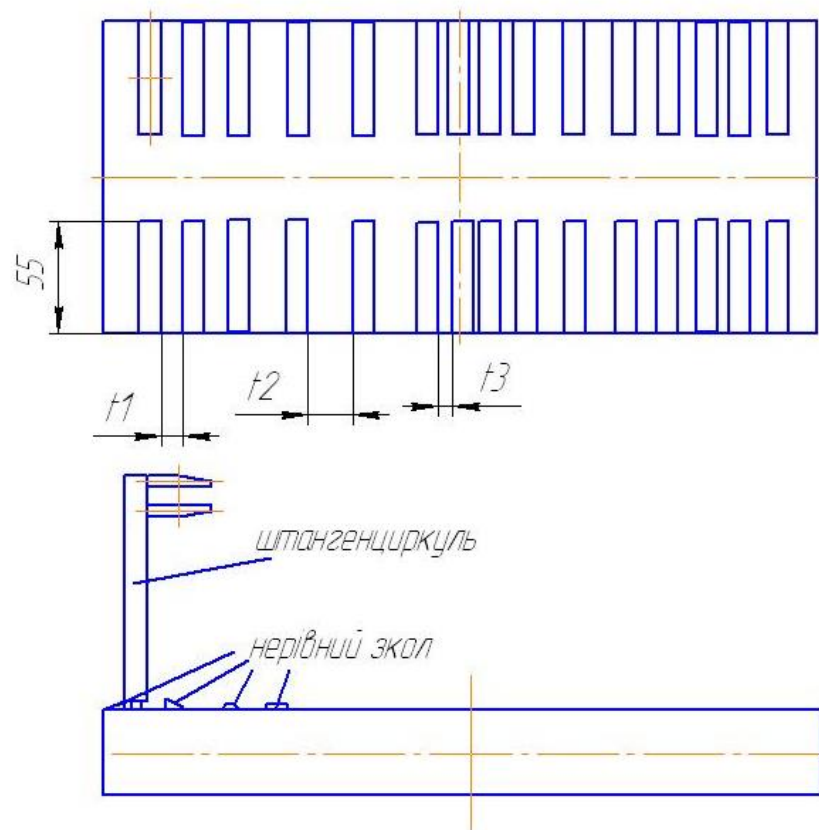


Рис. 2.9. Методика визначення впливу відстані між різаними на нерівності зколу

При виконанні пропилів відстань між якими становила 3 мм було відмічене неодноразові відламування гребнів в процесі різання на різних глибинах, що створювало вкрай несприятливі умови експлуатації алмазного інструменту, і тому на основі отриманих даних прийнято рішення про

визнання недоцільним виконувати пропили на цій відстані, а також на менших відстанях за вищезазначену.

В результаті проведених досліджень були отримані наступні результати (табл. 2.1)

Таблиця 2.1

Результати дослідження

Відстань між прорізами, мм	Середня нерівність зколу, мм
5	9
7	12
9	14
11	13
13	16
15	16,5
17	18
19	2

Графічно залежність нерівності зколу від відстані між прорізами наведена на рис.2.10

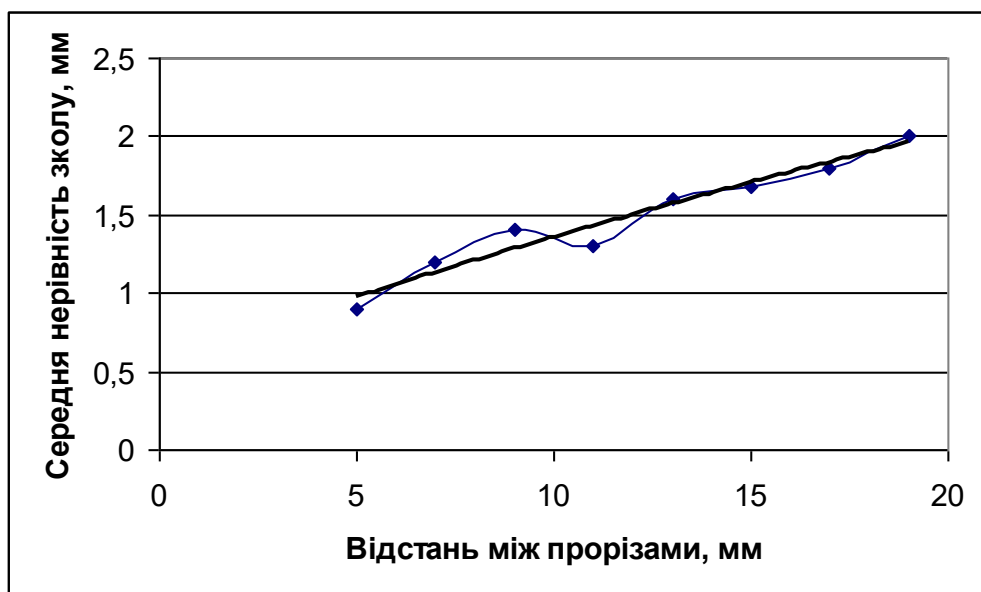


Рис. 2.10. Графічна залежність нерівності зколу від відстані між прорізами

Аналітично залежність нерівності зколу від відстані між прорізами можна представити у вигляді наведеного поліному другого порядку:

$$y = -0,0007x^2 + 0,0862x + 0,5588 \quad (2.1)$$

Коефіцієнт детермінації отриманої залежності 0,8489.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що найбільш оптимальним з позицій рівності форми поверхні заготовки є відстань між пропилами рівна 5 мм.

2.3. Дослідження впливу відстаней між пропилами на витрату алмазного інструменту

Витрата алмазного інструменту в значній мірі залежить від форми тіла обертання, тому в даній роботі пропонується для дослідження взяти конкретну вазу, отриману з наведеної заготовки, трьохвимірною моделлю якої отримана в програмному середовищі Компас – 3D наведена на рис.2.11.



Рис. 2.11. Трьохвимірною моделлю заготовки і вази, яку планується отримати

Дослідження буде виконане на основі математичного моделювання процесу фрезерування щілин вищезазначеною фрезою для різних відстаней між прорізами.

У праці для визначення цього показника пропонують скористатись наступною формулою:

Витрата алмазів q_F визначається за формулою, карат/м²:

$$q_F = q \cdot b \cdot 10^6 \cdot k_g \cdot k_{cm} \cdot k, \quad (2.2)$$

де q – питома витрата алмазу на руйнування одиниці об'єму породи, карат/мм³;

b – ширина пропилу, мм;

k_g – коефіцієнт, який враховує втрати при розпилюванні, і залежить від технології обробки і тріщинуватості каменю;

k_{cm} – коефіцієнт, який залежить від типу верстата;

k – коефіцієнт, який враховує специфічні особливості даного процесу.

Питому витрату алмазу на руйнування одиниці об'єму породи можна встановити скориставшись емпіричною формулою К.С.Варданяна:

$$q = C \cdot \sigma_{cm} \cdot 10^{-2}, \quad (2.3)$$

де C – емпіричний коефіцієнт, який залежить від властивостей породи (для гранітів $C=90$);

σ_{cm} – межа міцності породи на стискання, МПа.

Скориставшись приведеною методикою визначимо значення питомої витрати алмазів для гранітів, які розпилюються на ПП „Шубан Т.М.” (табл.2.2).

**Питома витрата алмазів на руйнування одиниці об'єму граніту для умов
ПП „Шубан Т.М.”**

Родовище	Межа міцності на стискання, кг/см ² [61]	Питома витрата алмазів на руйнування одиниці об'єму породи, карат/м ³
Маславське	220	198,0
Омелянівське	135	121,5
Новокорецьке	170	153,0
Хотижське	176	158,4
Човновське	211	189,9
Симонівське	205	184,5
Зеленицьке	222	199,8
Дідковичське	205	184,5
Лозницьке	211	189,9
Капустинське	95	85,5
Мирнянське	104	93,6
Сичовське	113	101,7
Райковське	160	144,0
Корнинське	80	72,0
Жежелівське	143	128,7
Буки	87	60,0

Прийнявши для нашої моделі, що витрата алмазів на різних стадіях різання каменю буде постійною оцінити обсяги витрати алмазів можна буде скориставшись виразом:

$$q = q_F \cdot \sum_{s=1}^n S_i \quad (2.4)$$

де q_F – витрата алмазів, карат/м²;

S_i – площа пропилю, м²;

n – кількість пропилів, шт.

Площу пропилів визначимо для реального виробу використовуючи метод масових вимірювань, який полягає у вимірювання глибини кожного пропилу на відстані 10 мм. Площу отриманої фігури визначали в програмному середовищі Компас – 3D на основі моделі перерізу побудованого за результатами вищенаведених вимірювань.

Результати визначення об'ємів пропилів і прошарків та їх залежність від відстані між пропилами графічно відображені на рис.2.12.

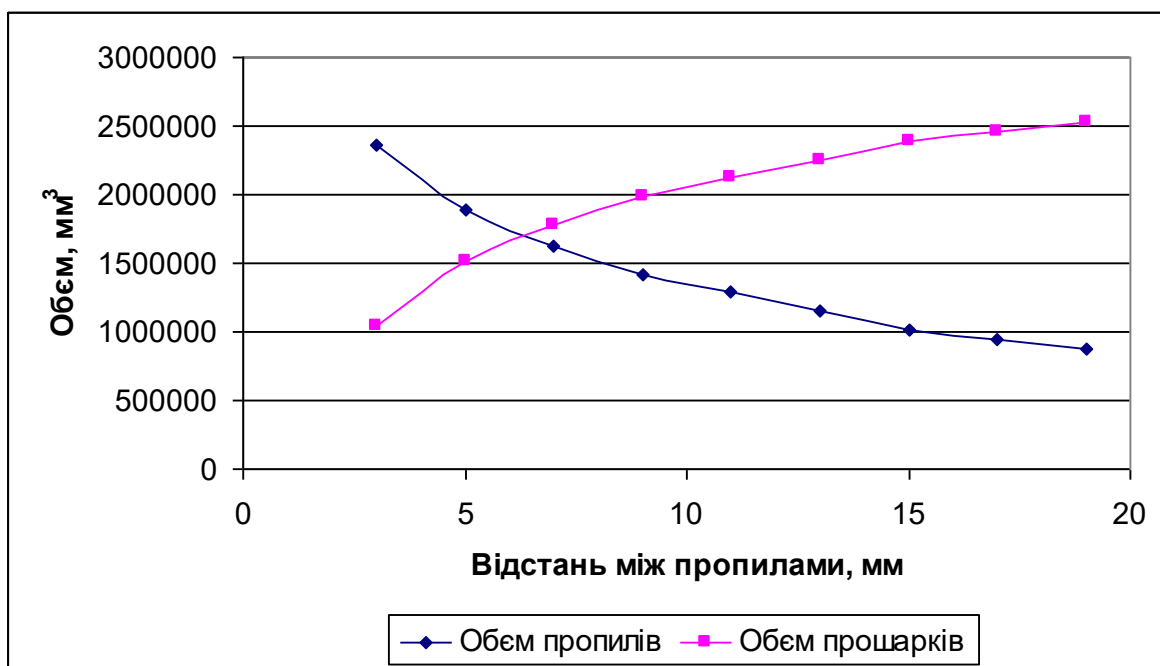


Рис. 2.12. Залежність об'ємів пропилів і прошарків від відстані між пропилами

Аналіз вищенаведеної залежності показав, що поєднання мінімальних об'ємів пропилів і прошарків характерне при відстані між пропилами близькій до 7 мм.

Прийнявши вартість алмазного інструменту 250 грн/карат отримаємо наступну графічну залежність економічних витрат на утворення пропилів від відстані між пропилами (рис. 2.13).

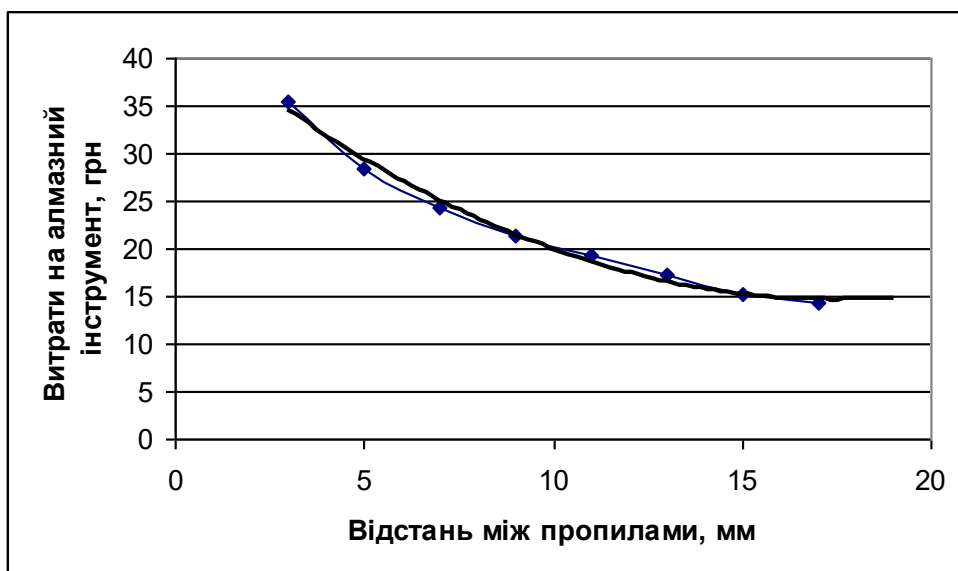


Рис. 2.13. Графічна залежність витрати на алмазний інструмент при профілюванні вази заданої конфігурації від відстані між пропилами

Аналітично залежність вищенаведених параметрів описується поліномом другого порядку, який має наступний вигляд:

$$y = 0,0951x^2 - 3,3223x + 43,657 \quad (2.5)$$

Як ми бачимо з вищенаведених залежностей витрати на алмазний інструмент при профілюванні вази заданої конфігурації оберненопропорційно залежать від відстані між пропилами. Але витрата інструменту при подальшій обробці одержаної заготовки залежить і від висоти нерівностей поверхні заготовки.

2.4. Дослідження впливу глибини пропилу на якість лицьової поверхні заготовок тіл обертання

Дослідимо залежність між нерівністю сколювання і глибиною різку. Для цього заготовку аналогічну до використаної в минулих дослідках вивчимо за наступною методикою:

- 1) Виконаємо перерізи на однаковій відстані рівній 7 мм на різні глибини. Кожна глибина дублюватиметься 3 рази.

- 2) За допомогою молотка і зубила збивались нерівності.
- 3) За допомогою штангенциркуля виконувалось вимірювання максимальної нерівності.

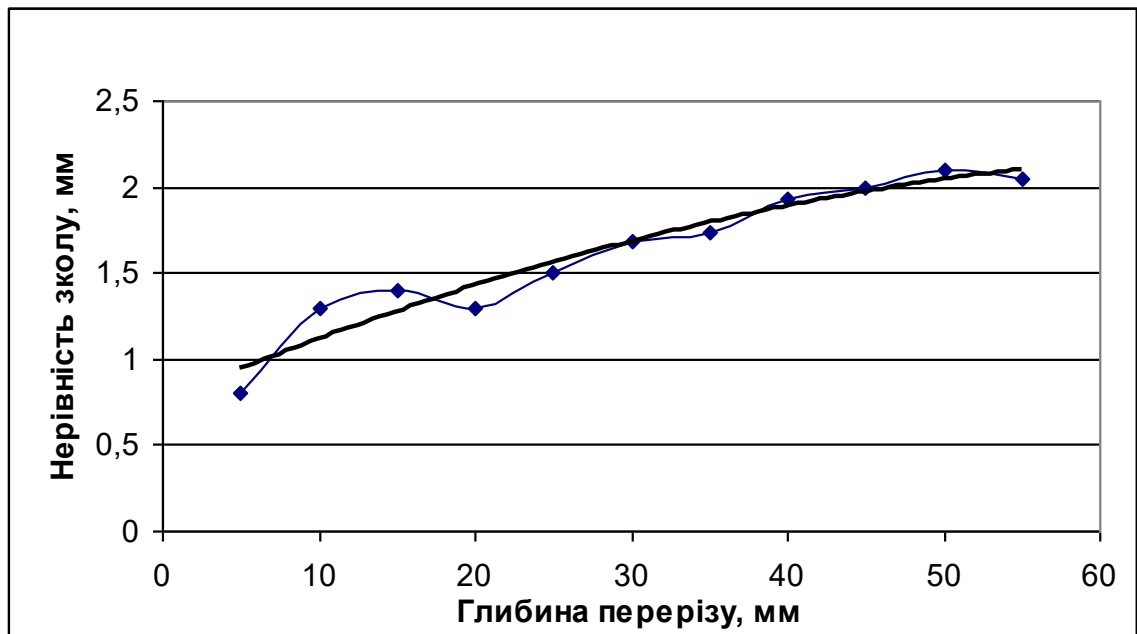


Рис. 2.14. Графічна залежність нерівності сколу від глибини перерізу

Аналітично залежність нерівності сколу від глибини перерізу описується поліномом другого порядку, який має наступний вигляд:

$$y = -0,0003x^2 + 0,0385x + 0,7557 \quad (2.6)$$

Коефіцієнт детермінації отриманої залежності $R^2 = 0,9375$.

Очевидним є наявність прямопропорційної залежності між нерівністю сколу та глибиною перерізу.

Порівняння вищеотриманих залежностей нерівності сколу від різних показників свідчить про те, що зі збільшенням глибини для мінімізації нерівності сколу доцільно зменшувати відстань між перерізами. З цією метою побудовано зведений графік залежностей нерівностей сколу від відстані між перерізами та глибини розпилування (рис.2.15)

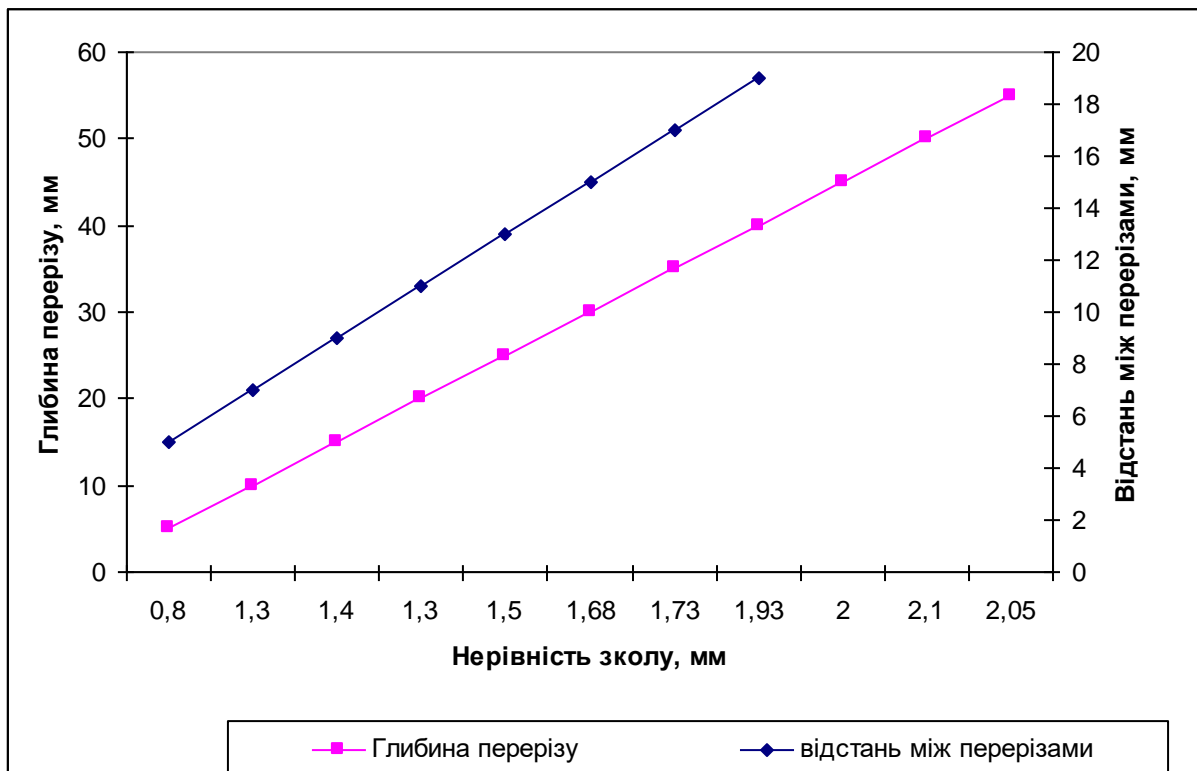


Рис. 2.15. Зведений графік залежностей нерівностей сколу від відстані між перерізами та глибини розпилювання

Користуючись даним графіком можна знаючи необхідну глибину різання підібрати оптимальну відстань між перерізами, що дозволить оптимізувати процес подальшого виготовлення виробів даного типорозміру.

РОЗДІЛ 3.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТУРНОЇ ОБРОБКИ ТІЛ ОБЕРТАННЯ

3.1. Імітаційне моделювання процесу вимірювання поверхонь утворених обертанням

Відхилення форми поверхонь високоточних деталей мають регламентуватися комплексними показниками, що дозволяє найбільш обґрунтовано встановити вимоги до точності форми виходячи з службового призначення деталі та забезпечувати експлуатаційну надійність виробу.

Аналіз робіт вітчизняних та закордонних вчених свідчить про необхідність комплексного вирішення питань підвищення ефективності інформаційних технологій в сфері вимірювальної техніки та математичної обробки інформації. В теперішній час зусилля вчених та виробників зосереджені на підвищенні продуктивності.

Поверхні деталей, отримані з похибкою обробки і виміряні з похибкою вимірювання переносяться на похибку функціонування (принцип інверсії) тому рекомендується контроль деталей проводити в умовах тотожнім експлуатації. Для того щоб вимірювальні бази співпадали з експлуатаційними (принцип єдності баз) схема вимірювання має співпадати з схемою формоутворення, а робочі рухи контрольно вимірювальних пристроїв повторювали траєкторію ріжучого інструменту. При контролі точності обробки процес вимірювання має бути побудований в відповідності з тією операцією, точність якої перевіряється по такій же схемі, як відбувалося формоутворення. Похибка вимірювання не повинна виходити за поле допуску і має бути малою в порівнянні з похибкою виготовлення (не більше 20 % при середній і низькій точності, та не більше 35% для відповідальних поверхонь деталей підвищеної точності).

Від кінематики рухів деталі або шупу вимірювального пристрою

залежить продуктивність та достовірність обробки інформаційних масивів, що до відхилень від циліндричності.

Циліндричні поверхні вимірюють за допомогою руху точки навколо й вздовж однієї з осей координат (обертання та поступальний рух або гвинтовий рух), за допомогою прямої, яку обертають навколо однієї з осей координат (обертаний рух) або кола і його рівномірного руху вздовж однієї з осей координат (поступальний рух). (рис.3.1)

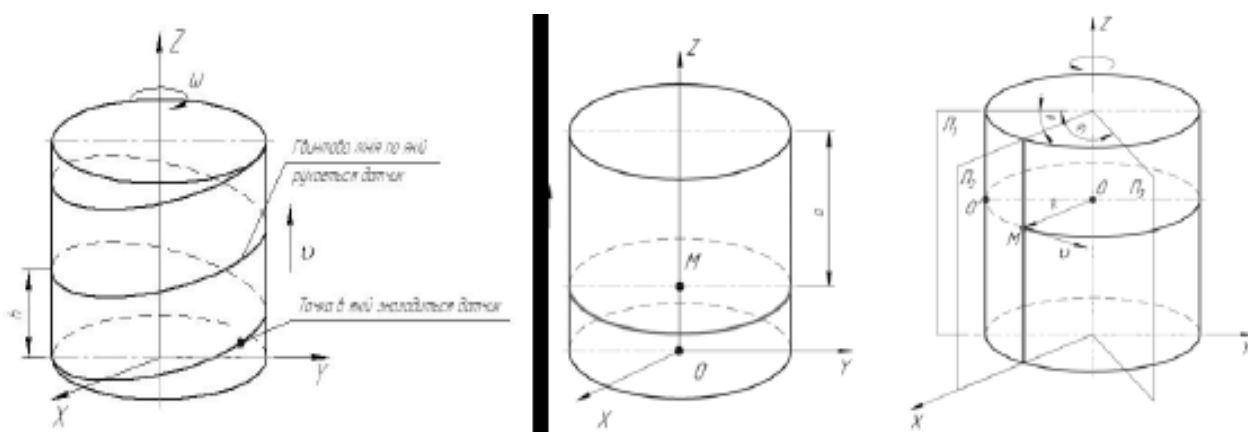


Рис. 3.1. Схеми моделювання процесу вимірювання

Вісь обертання тіла (гвинтова вісь) паралельна формоутворюючій циліндричній поверхні. При гвинтовому русі деталь рухається поступально паралельно осі гвинтового руху й обертається навколо цієї осі.

Гвинтовий рух не приводиться до якого - не будь іншого простого еквівалентного руху, але при вимірюванні можливо розглядати зворотні рухи вимірювального наконечника відносно нерухомої деталі.

3.2. Дослідження можливості керування якістю поверхні

Серед причин, що визначають інтенсивність процесу диспергування тендітних неметалічних матеріалів, глибину і структуру виникаючого дефектного шару, основними є межа міцності оброблюваного матеріалу і рівень силового впливу на сформовану поверхню виробу або енергоємність

процесу різання, від яких залежить напружено-деформований стан матеріалу виробу в зоні різання. Одним з факторів, що впливають на величину і спрямованість прикладених сил різання, є режим обробки.

Параметри режиму – швидкість різання (v , м/с), глибина різання (t , мм), подача (S , мм), досить просто піддаються трансформації. Для деяких видів шліфування, наприклад, круглого внутрішнього або зовнішнього шліфування до параметрів режиму необхідно віднести окружну (v_u , м/хв) або кутову (ω , 1/с) швидкості виробу. Впливаючи на швидкість і характер переміщення алмазних зерен щодо оброблюваної поверхні, параметри режиму визначають розміри товщини елементарного зрізу a_z , що знімається одним зерном, і, як наслідок, величину зусиль, що діють на зерна й оброблюваний матеріал, продуктивність процесу шліфування і якість обробки.

А.Л. Ардамацкий [11] пропонує для оцінки впливу режиму шліфування на процеси абразивного диспергування матеріалів використовувати узагальнену залежність товщини елементарного зрізу, отриману Е.Н. Масловим, і справедливу для основних способів шліфування

$$a_z = \frac{v_u}{60v \pm 2v_u} \cdot \sqrt{t_\phi l_\phi} \cdot \sqrt{\frac{1}{D} + \frac{a}{d} \cdot \frac{S_o}{B}}, \quad (3.1)$$

де t_ϕ і l_ϕ – фактичні глибина різання і середня відстань між зернами, мм;

D і d – відповідно, діаметр кола і діаметр виробу, мм;

S_o – повздовжня подача, мм

B – ширина робочої поверхні кола, мм;

a – коефіцієнт, що враховує метод шліфування: для зовнішнього круглого шліфування $a = 1$, для внутрішнього $a = - 1$, для плоского $a = 0$.

Установлено [12], що закономірності процесу шліфування характеризуються умовами роботи одиничного алмазного зерна. Тому в зв'язку з тим, що зі збільшенням товщини зрізу зростає навантаження на зерно і, відповідно, на оброблюваний матеріал, варіюючи параметри процесу шліфування, що входять у приведені рівняння, можна простежити за їхнім

впливом на роботу зерна i , отже, на продуктивність роботи інструмента, його знос і якість сформованої поверхні.

Параметром режиму шліфування, що зменшує величину товщини зрізу і зусиль різання, насамперед є швидкість різання. Збільшення швидкості різання до деякої межі полегшує процес диспергування, сприяє підвищенню продуктивності обробки, зниженню зносу інструмента, шорсткості поверхні i , як видно, зменшенню глибини дефектного шару. За даними [22] швидкість різання - єдиний фактор, що забезпечує й інтенсифікацію процесу диспергування, і підвищує якість обробленої поверхні. Збільшення всіх інших факторів, а саме, глибини врізання (або поперечної подачі), сили притиску кола до оброблюваної поверхні (шліфування з постійним нормальним зусиллям на колі), подовжньої подачі, частоти обертання або окружної швидкості виробу, інтенсифікуючи процес диспергування i , сприяючи росту продуктивності, збільшують зусилля різання (енергоємність процесу різання) і погіршують якість обробки.

Експериментальні дослідження впливу режиму шліфування виробів з декоративного каменю на силові характеристики процесу [13] дозволили установити залежності радіальних і тангенціальної складових зусиль різання при реалізації схеми плоского урізного шліфування при роботі напівкругом А1 - 200x6x3x76 АС 20 250/200 - 4 - М1

$$P_y = 75,3v^{-0,55} s^{0,68} t^{0,92} B ;$$

$$P_z = 54,2v^{-0,87} s^{0,68} t^{1,37} B$$

Аналогічні залежності при збереженні тих же тенденцій впливу параметрів режиму на силові характеристики процесу отримані нами й іншими авторами [15] для визначення складові зусилля різання при круглому зовнішнім і внутрішнім шліфуванні алмазними колами на металевій зв'язці.

Необхідно звернути увагу, що при шліфуванні неметалічних матеріалів відношення P_z/P_y , називане в ряді джерел [4] коефіцієнтом абразивного різання f_a , невелике і складає від 0,3 для кремнію до 0,13 для сапфіра і 0,12

для кераміки ЦМ 332. Для декоративного каменю змінюється в зазначеному вище проміжку, зменшуючись зі збільшенням крихкості матеріалу. Отже, для кам'яних матеріалів величина складової сили різання P_z , що максимально впливає через її спрямованість в оброблюваний матеріал на розвиток дефектного шару, практично на порядок більше чим P_y , що забезпечує видалення матеріалу припуску. Тому бажання одержати мінімальний рівень розвитку дефектного шару при шліфуванні неметалічних матеріалів сполучено з необхідністю рішення задачі вибору раціональних значень параметрів режиму обробки, що забезпечують зниження в сполученні з економічно виправданим рівнем продуктивності процесу.

Наявні в літературі зведення, однозначно свідчать про істотний вплив параметрів режиму шліфування на рівень силового впливу на оброблюваний матеріал. Однак дані про їхній вплив на дефектність формованої поверхні практично відсутні. Для встановлення залежностей між значеннями параметрів режиму шліфування, що складають сили різання і дефектністю обробленої поверхні були проведені дослідження, результати яких представлені в даній роботі.

Дослідження проводилися при внутрішнім шліфуванні алмазним колом 1A1 100x32x3x3 - А 400/315 - 4 - М1 великогабаритних порожніх деталей типу тіл обертання складної просторової форми із габро АС-418. Швидкість шліфування $v=30$ м/с. Діапазон параметрів: $t = 0,3 - 1,4$ мм; $S=4,0 - 27,0$ мм/хв; $w_0 = 8,3 - 10,5$ 1/с і охоплював усі значення, що звичайно використовуються у виробничих умовах при шліфуванні виробів аналогічного класу на різних етапах обробки. Максимальне значення подачі $S = 27,0$ мм/хв обрано як гранично припустиме, виходячи з умов нормальної роботи інструмента. Як технологічне середовище використовувалася вода. Обробка велася інструментом, що володіє сталим рівнем здатності, що ріже.

У процесі експерименту досліджувався вплив параметрів режиму шліфування на дефектність формованої поверхні і по отриманим даним визначався параметр режиму, що найбільше істотно впливає на процес

дефектоутворення. Їм виявився рівень подачі шліфування. Для групи зразків, шліфованих з різними значеннями подачі, крім оцінки дефектності визначалася міцність на вигин (σ_u , МПа). З циліндричних ділянок деталей, оброблених у відповідних умовах, вирізували криволінійні зразки, що потім піддавалися вигинові по триточечній схемі навантаження.

Для дослідження глибини і структури порушеного обробкою шаруючи матеріалу використовувався метод люмінесцентної дефектоскопії в сполученні з пошаровим хімічним травленням зразків до рівня, що забезпечує повну відсутність дефектів, обумовлених обробкою [15]. Дефектність обробленої поверхні при кожному режимі обробки визначалася по чотирьох зразках, як середнє. Загальна глибина травлення окремого зразка (h_d , мкм) відповідала повному видаленню дефектів, викликаних обробкою; крок травлення - 10 мкм. По мікрофотографіях дефектної поверхні визначався вид дефектів (крапкові, тріщини, рядкові), число дефектів кожного типу, а також знаходилися відносна щільність дефектів (S_{om} , %), величина усереднених одиничних дефектів (d_d , мкм) типу крапок, а також довжина (l_m , мкм) і площа (S_{ed} , мкм²) усереднені одиничні дефекти типу тріщини.

Візуальний аналіз і обрахування мікрофотографій дефектних поверхонь на різних рівнях травлення дозволив виявити наступні основні закономірності зміни форми і розмірів дефектів у залежності від глибини залягання і режиму обробки. Режимми шліфування змінюють вид дефектів (плями, тріщини), їхні розміри, щільність, глибину проникнення і розподіл по глибині дефектів різних типів. Відомо, що при абразивній обробці неметалічних матеріалів, дефекти являють собою систему тріщин, що виникають при динамічній взаємодії зерен інструмента з оброблюваним матеріалом, і, що поширюються в обсязі виробу. Таким чином, виникає так називаний дефектний або тріщинуватий шар матеріалу (h_d). Мікрофотографії травленої поверхні шліфованих у різних умовах зразків являють собою фрагменти зрізів цього тріщинуватого шару, у яких тріщини розташовуються

різним чином. Можна припустити, що дефекти типу плям – це перетини тріщин, що ідуть у глиб зразка в напрямку, близькому до нормального стосовно оброблюваної поверхні. Чим менше діаметр цих плям, чим швидше зменшується їхній розмір у міру заглиблення від обробленої поверхні, тим менш масивними виникали тріщини і тим більше ощадливим був режим обробки. Цей вид дефектів відзначений на зразках, шліфованих з малими значеннями подач, глибин і швидкості обертання деталі.

Обробка каменю в ускладнених умовах (великі глибини різання, значні динамічні навантаження, зв'язані зі збільшенням подачі і швидкості обертання виробу) приводять до трансформацій розміру і спрямованості розвитку дефектів-тріщин. Напрямку тріщин відхиляються від нормалі до поверхні обробки. Вони гілкуються, перетинаються, виходять у площину травлення, проникаючи на істотну глибину. Ці дефекти далі умовно названі як дефекти типу тріщин.

При шліфуванні з обмеженими режимами ($t=0,3 - 0,6$ мм; S – до 14,5 мм/хв) на глибині залягання до $h_d=60$ мкм дефектність виражена у виді дрібних плям ($d_d<30$ мкм) або плям у сполученні з дрібними тонкими тріщинами ($l_m<70$ мкм), орієнтованими в напрямку руху подачі при контакті інструмента і деталі. Інтенсифікація режиму ($t=0,9$ мм і більш; $S>10$ мм/хв) супроводжується збільшенням розмірів дефектів типу плям і появою масивних дефектів типу тріщин, що проникають на глибину від 70 до 150 мкм.

На рис.3.2 представлені експериментальні залежності зміни відносної щільності і величини усередненого одиничного дефекту типу плям у залежності від глибини залягання для різних умов шліфування. Як видно з цих малюнків, отримані експериментальні залежності $S_{om} = f(h_d)$ і $d_d = f(h_d)$ мають екстремальний характер і залежать від подачі, що впливає на рівень сил різання.

Аналіз мікрофотографій дозволяє укласти, що характер поширення дефектів типу тріщин, їхній розмір також залежать від параметрів режиму

(насамперед від величини подачі), або від величини силового впливу на оброблену поверхню при різанні.

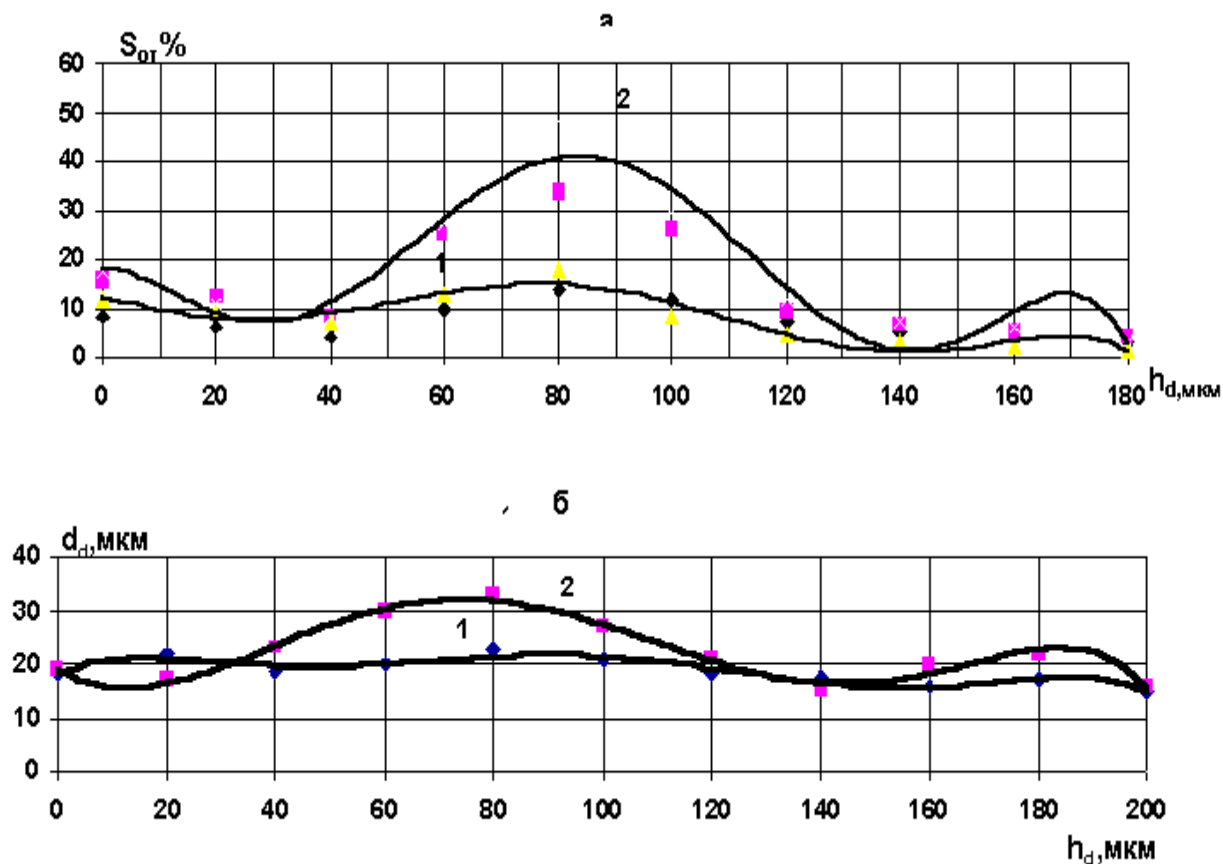
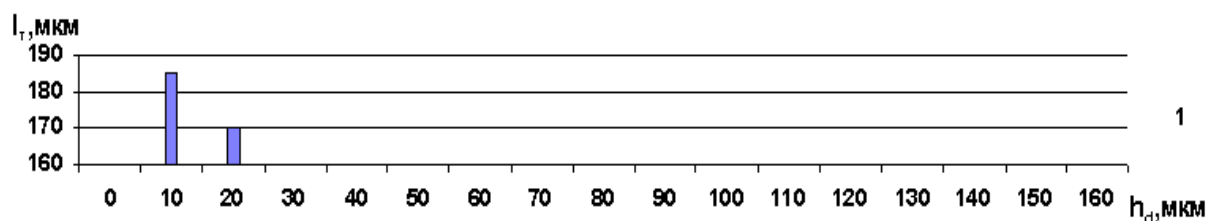


Рис.3.2. Залежність параметрів дефектності: а) - відносної щільності дефектів; б) - величини усередненого одиничного дефекту крапкового типу від глибини залягання при шліфуванні з режимами: 1 - $t = 0,9$ мм, $S = 14,5$ мм/хв, $W_{\partial} = 10,5$ л/з; 2 - $t = 0,9$ мм, $S = 23,0$ мм/хв, $W_{\partial} = 10,5$ л/с

На рис.3.3 показані діаграми зміни величини усереднених одиничних тріщин і відносної щільності дефектів усіх типів у залежності від глибини залягання для двох крайніх за рівнем подач режимів обробки. Зіставляючи отримані дані, можна відзначити, що зміна подачі істотно позначається на структурі і глибині дефектного шару матеріалу.



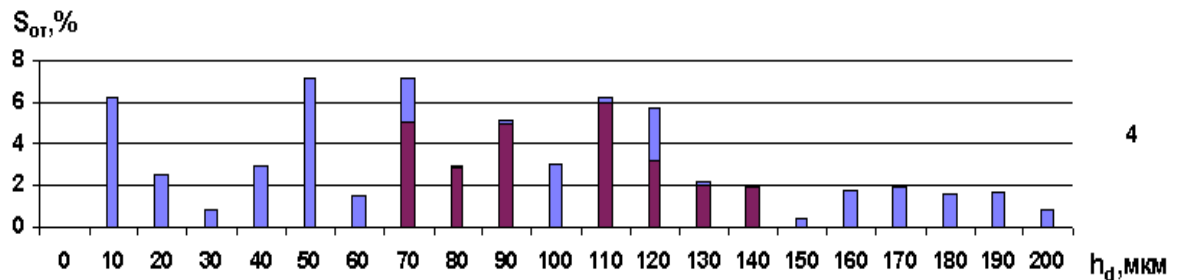
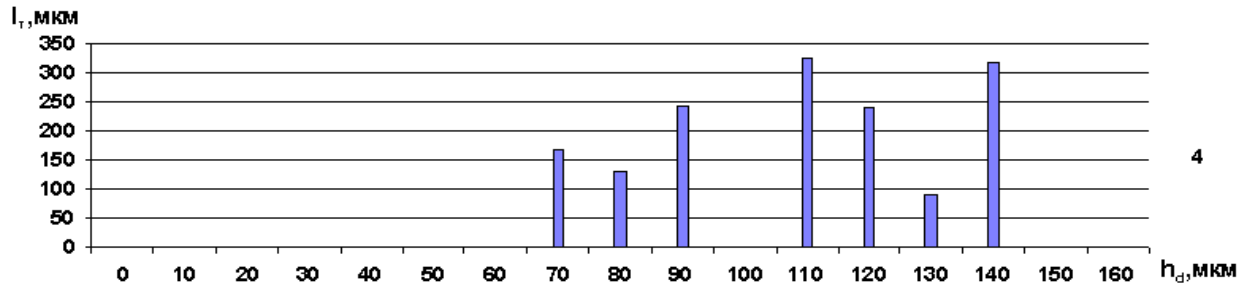
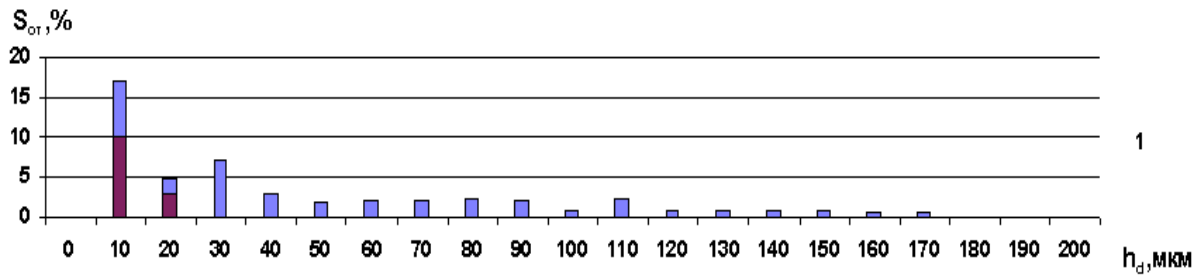


Рис.3.3. Діаграми зміни величини усереднених одиничних тріщин і відносної щільності дефектів у залежності від глибини залягання при алмазному шліфуванні каменю на режимах: 1- $t = 0,9$ мм, $s = 4,0$ мм/хв, $\dot{t} = 0,9$ мм, $w_{\partial} = 10,5$ л/с; 4 - $t = 0,9$ мм, $s = 27,0$ мм/хв, $w_{\partial} = 10,5$ л/с. Величина затемнених ділянок діаграм $S_{от} = f(h_d)$ відповідає відносній щільності дефектів типу тріщин

При мінімальному значенні подачі ($s = 4,0$ мм/хв) отримані кращі результати по дефектності обробленого матеріалу - найменші в порівнянні з іншими розглянутими режимами розміри дефектів у сполученні з їхньою низькою щільністю. На глибині 170 мкм забезпечений практично вихід на бездефектну поверхню. Тріщинуватий шар розвитий слабо і проникає на глибину не більш 20 мкм. Причому перший рівень травлення (10 мкм)

відрізняє висока щільність дрібних дефектів. Розмір дефектів типу плям у середньому складає $d_d = 11,5$ мкм, довжина тріщин $l_m = 180$ мкм.

Збільшення подачі вдвічі ($s=8,8$ мм/хв, режим №2) приводить до різкого зростання параметрів дефектної поверхні практично на всіх рівнях травлення, досягаючи дворазового збільшення розміру дефектів у приповерхньому шарі ($h_d \leq 40$ мкм). При цьому глибина дефектного шару збільшується до 250 мкм.

Тріщинуватий шар розвитий слабо і представлений великими тріщинами, що виходять на травлену поверхню на глибині 120 мкм. Режим обробки № 3 з рівнем подачі $s=14,5$ мм/хв відрізняє розвита тріщинуватість поверхні зразків, що іде усередину від рівня 20 мкм до 100 мкм і знову з'являється на глибині 160 мкм.

При максимально припустимій з погляду нормальної експлуатації інструмента подачі ($s=27,0$ мм/хв) розміри і щільність дефектів типу плям практично рівнозначна величині відповідних параметрів, отриманих у результаті обробки деталі з режимом №2. Однак дефектність при більш навантаженому режимі шліфування відрізняє розвитий тріщинуватий шар, утворений суцільними тріщинами, що формуються на глибині 70 мкм і поширюються до рівня 140 мкм (див. мал.2, режим № 4). У результаті структура дефектного шару відрізняється більшою насиченістю, що припускає можливість більш низької міцності виробу, обробленого на цьому режимі, у порівнянні з обробкою при інших розглянутих варіантах.

Результати іспитів на міцність зразків, вирізаних з деталей, оброблених з параметрами режиму $t=0,9$ мм, $w_d=10,5$ л/с і при варіації подач, приведені на рис. У процесі досліджень встановлено, що міцність зразків є функцією дефектності обробленої поверхні, що залежить від величини подачі шліфування. Так обробка з мінімальною подачею (режим №1) приводить до найменш розвитого дефектного шару, чим забезпечується найбільш висока міцність зразків. Збільшення подачі до наступного рівня супроводжується

збільшенням дефектності обробленої поверхні і пропорційним падінням міцності. Шліфування габро з максимально припустимою подачею (режим №4) відрізняє найбільш розвита структура дефектного шару, що включає глибокі одиничні тріщини, що поширюються на значну глибину від обробленої поверхні. Міцність зразків при цьому режимі мінімальна і, практично, удвічі менше, ніж при використанні режиму №1. Таким чином, можна відзначити, що збільшення подачі шліфування супроводжується немонотонним падінням міцності зразків.

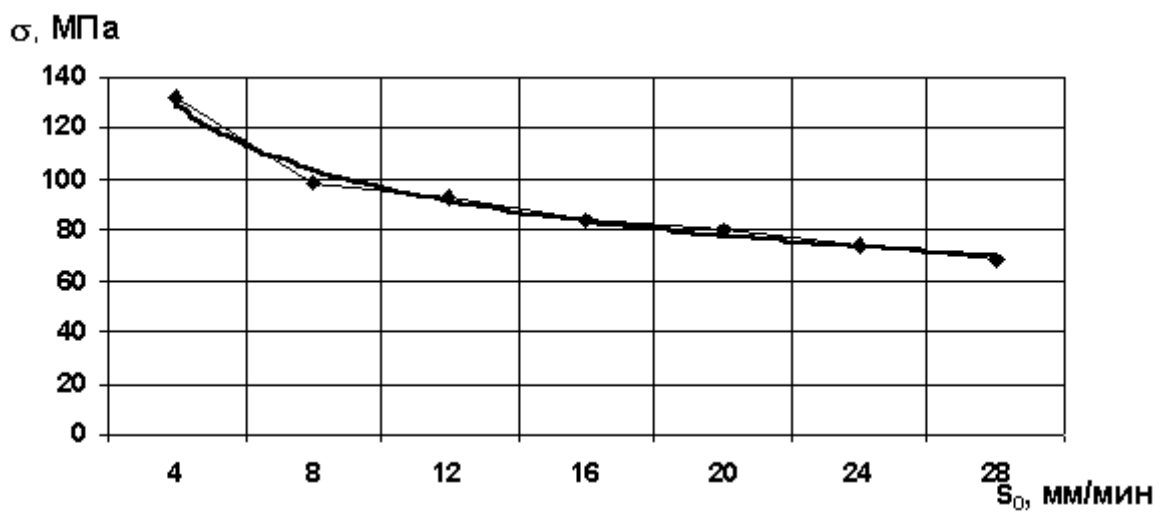


Рис.3.4. Залежність результатів міцнісних випробувань деталей від рівня подачі при шліфуванні

Узагальнюючи отримані результати, можна укласти наступне. Інтенсифікація режиму обробки за рахунок збільшення глибини різання, подачі, швидкості обертання деталі викликають збільшення сил різання, приводить до розвитку дефектності поверхневого шару виробу і, як наслідок, до зниження його міцнісних характеристик. Змінюючи параметри режиму шліфування, можливо керувати дефектністю обробленої поверхні каменю.

3.3. Дослідження особливостей фактурної обробки тіл обертання

При фактурній обробці тіл обертання можна виділити наступні три випадки:

- 1) Обертається заготовка – інструмент жорстко закріплений;
- 2) Обертається заготовка – обертається інструмент;
- 3) Обертається інструмент – заготовка жорстко закріплена.

Слід зазначити, що два перших варіанти набули більшого поширення.

При першому варіанті, який реалізовується на більшості саморобних верстатів, які використовуються приватними підприємцями для виготовлення складнопрофільних виробів, в якості робочого інструменту використовують стандартні шарошки номерів 1 – 6 (5+). При обробці інструмент за допомогою різноманітних пристосувань притискається до поверхні, що обробляється і поступово переміщається вздовж неї, забезпечуючи рівномірність роботи (рис.3.5).

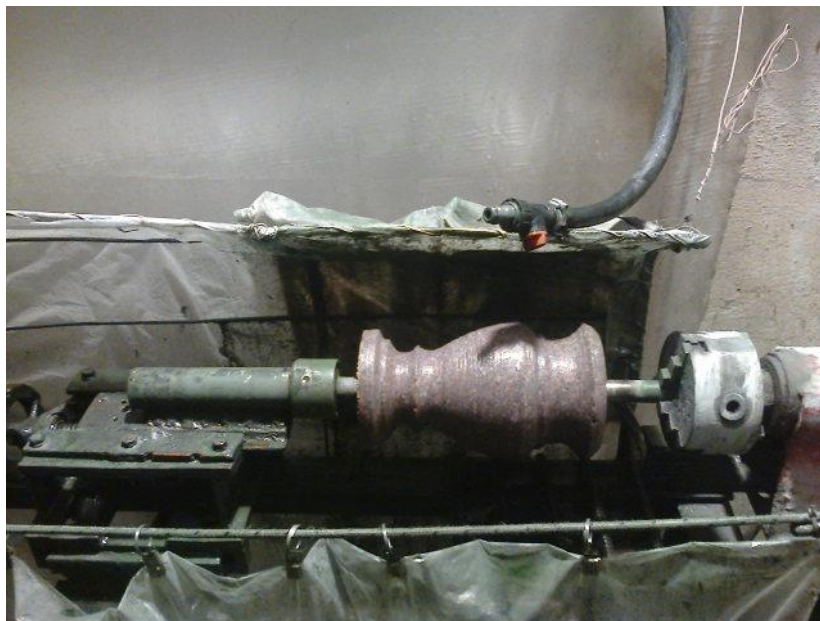


Рис.3.5. Процес фактурної обробки з жорстко закріпленим інструментом

Оскільки цей варіант є найбільш поширеним, то ми дослідимо його ефективність.

Дослідимо в першу чергу як ефективність фактурної обробки залежить від типу породи, з якої виготовлена заготовка. Для цього дослідимо як змінюється діаметр заготовки отриманої після фрезерування в процесі фактурної обробки для різних типів декоративного каменю. Діаметри будемо

вимірювати вздовж всієї заготовки на відстані 10 см за допомогою штангенциркуля. В якості об'єкта дослідження візьмемо габро Букинського родовища, лабрадорит Головинського родовища, червоний граніт Лезниківського родовища і сірий граніт Покостівського родовища.

Результати проведеного експерименту наведені у табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Дослідження впливу типу породи на ефективність фактурної обробки

№ з/п	Порода	Середній початковий діаметр,мм	Середній кінцевий діаметр,мм	Різниця, мм
1.	Габро Букинського родовища	144	141	3
2.	Лабрадорит Головинського родовища	142	140	2
3.	Граніт Лезниківського родовища	145	143,5	1,5
4.	Граніт Покостівського родовища	144	143	1

Графічно результати експерименту відображені на діаграмі, показаній на рис. 3.6.

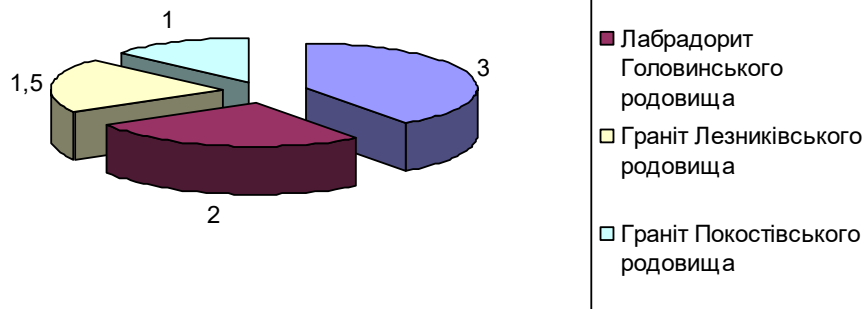


Рис. 3.6. Залежність втрат декоративного каменю при фактурній обробці архітектурних деталей форм обертання від типу породи

В результаті отриманих даних очевидним є більші обсяги втрат сировини декоративного каменю при обробці габроїдних порід, що пояснюється в першу чергу їх фізико-технічними характеристиками.

Досить важливим показником при фактурній обробці архітектурних деталей форм обертання є визначення оптимальних швидкостей обертання заготовки. В якості критерію оптимальності було вибрано висоту мікронерівності поверхні. Досліджувались три основні стадії фактурної обробки. Методика дослідження полягала в наступному:

- 1) При виточуванні вази стандартної конфігурації брались різні швидкості обертання заготовки.
- 2) Вимірювались висоти мікронерівностей поверхні за допомогою мікрометра.
- 3) Будувались графічні залежності.

Результати проведених досліджень наведені у табл.3.2

Таблиця 3.2

Залежність висоти мікронерівностей від швидкості обертання заготовки

Швидкість обертання заготовки	Висота мікро нерівностей, мкм
-------------------------------	-------------------------------

	шліфування	лощіння	полірування
100	12	2,8	0,83
200	15	2,9	0,82
300	12	2,3	0,8
400	15	2,5	0,7
500	14	2,4	0,75
600	16	2,6	0,8
700	18	3,1	0,84
800	15	2,9	0,85

Продовження табл. 3.2

900	12	3,2	0,86
1000	13	3,3	0,87
1100	14	3,4	0,92
1200	15	3,5	0,93
1300	13	3,8	0,86
1400	12	3,5	0,89
1500	10	3,9	0,9

Графічна залежність висоти мікронерівностей від швидкості обертання заготовки при шліфуванні наведені на рис.3.7.

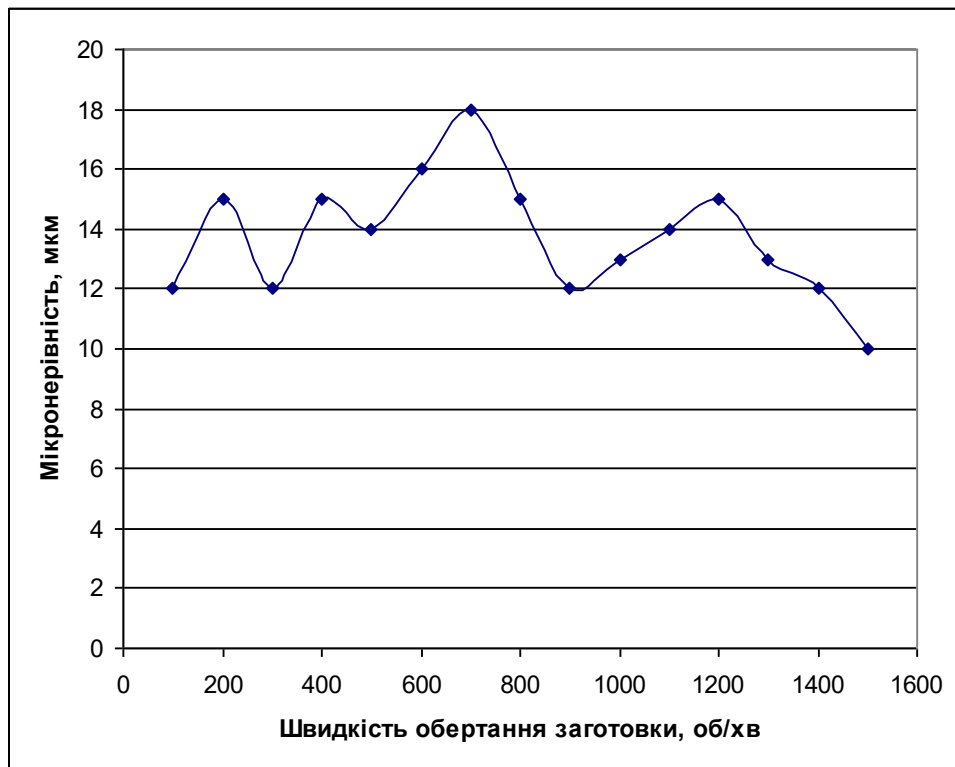


Рис. 3.7. Графічна залежність висоти мікронерівностей від швидкості обертання заготовки при шліфуванні

Аналіз залежності показує, що мінімальні висоти мікронерівностей при шліфуванні можна досягнути забезпечивши швидкість обертання інструменту рівну 1500об/хв.

Графічна залежність висоти мікронерівностей від швидкості обертання заготовки при лоцінні наведені на рис.3.8.

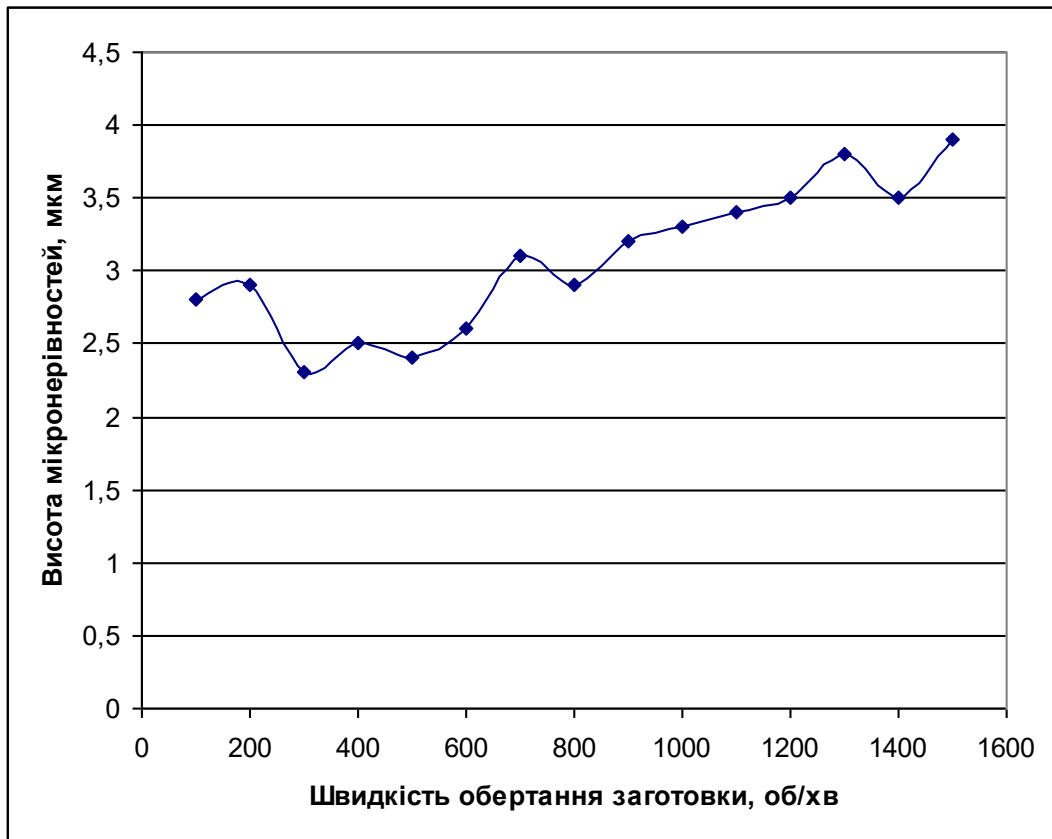


Рис.3.8. Графічна залежність висоти мікронерівностей від швидкості обертання заготовки при лощинні

Аналіз отриманих результатів дозволяє прийняти оптимальним для даного типу породи швидкість обертання заготовки при лощинні в межах діапазону від 250 до 600 об/хв.

Графічна залежність висоти мікронерівностей від швидкості обертання заготовки при поліруванні наведені на рис. 3.9.

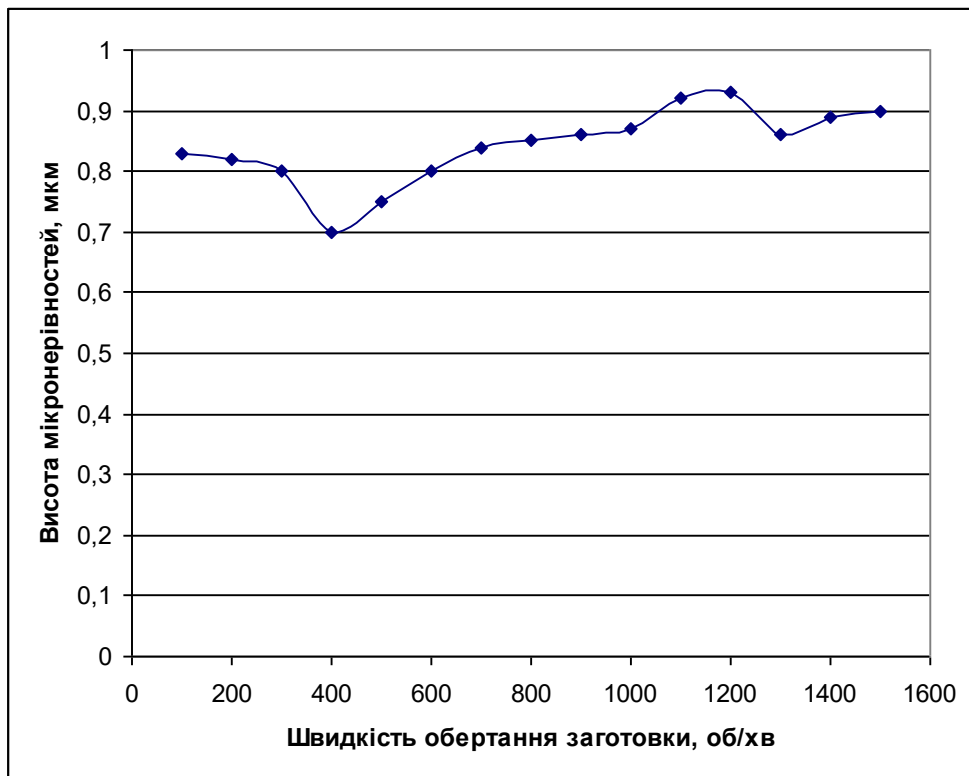


Рис. 3.9. Графічна залежність висоти мікронерівностей від швидкості обертання заготовки при поліруванні

Аналіз отриманих даних дозволяє вважати найбільш оптимальним швидкості обертання заготовки при поліруванні близькими до 400-500 об/хв.

Отже в результаті проведених досліджень були підібрані оптимальні швидкості обертання заготовки на різних стадіях її фактурної обробки.