

Лекція 13. Шліфування і полірування оптичних поверхонь

1. Шліфування закріпленими абразивними зернами

Обробку скла інструментами із закріпленими абразивними зернами застосовують для видалення найбільшої частини припуску і підготовки поверхні для наступного тонкого шліфування суспензіями абразивних порошоків і остаточного полірування оптичних поверхонь.

Шліфування скла закріпленими абразивними зернами дуже схоже на шліфування металів на металорізальних верстатах. Дія одиничного закріпленого зерна призводить до сколювання часток тендітного скла під дією тангенціальних сил, направлених під малим кутом до поверхні. Скло руйнується як тендітний матеріал розтріскуючись і відколюючись дрібними частками неправильної форми.

При шліфуванні головний рух інструмента – обертальний, а оброблюваної заготовки – зворотно-поступальний. Схема роботи одиничного закріпленого абразивного зерна показана на мал. 13.1. При взаємодії зерна зі склом утвориться порушений шар товщиною n , що складається з поверхневих нерівностей товщиною k і, тріщинуватого шару, що лежить під ними m . Структура рельєфного шару складається з западин і виступів, які мають при вершині кут $\approx 150^\circ$.

З рельєфного шару вилучено приблизно половину об'єму скла, а частина, що залишилася, представлена у вигляді виступів. Товщина шару скла, що знімається за один прохід інструмента визначається геометрично замкнутим розмірним ланцюгом, що має ланка a між настановними базами інструмента і скла, діаметром D інструмента, висотою l заготовки, розміром h частки, що виступає із зв'язки абразивних зерен обробного інструмента.

Між поверхнею скла і матеріалом зв'язки шліфувального кола, з якого виступають абразивні зерна, обов'язково повинен бути зазор, що забезпечує подачу змазуючо-охолоджувальної рідини і відсутність шкідливого тертя зв'язки по склу, що призводить до виділення великої кількості тепла. Таким чином, частина зерна, що взаємодіє зі склом, складає менш $1/3$ його найбільшого розміру.

Об'єм припуску, що видаляється, залежить від крихкості, твердості, міцності абразивних зерен і матеріалу зв'язування і пропорційний інтенсивності режиму обробки. На зерно діє сила різання R , створювана у відносному русі інструмента і скла і руйнує останнє.

Складова F_k сили R спрямована під кутом 180° до вектора відносної швидкості $V_{отн}$, що лежить у площині, дотичної до оброблюваної поверхні. Силі F_k пропорційна роботі, яка йде на видалення скла і виділення тепла.

Під впливом сили F_n абразивне зерно проникає в товщу і руйнує скло, викликаючи появу конічних тріщин. Закріплені зерна згодом затуплюються, зусилля різання збільшується. Тоді в роботу вступають нові зерна і процес шліфування йде з рівномірною інтенсивністю. Обробка закріпленими абразивними зернами є найбільш ефективний процес обробки скла в оптичних технологіях.

Ефективність шліфування скла закріпленими абразивними зернами обумовлена наступними обставинами:

- 1)закріплені абразивні зерна працюють як різці, залишаючи на оброблюваній поверхні скла суцільні пересічні подряпини;
- 2)Закріплені зерна руйнуються тільки при впливі на скло, але не від перетирання одне об інше;
- 3)Робочий тиск інструмента зосереджується на невеликому числі зерен, що виступають зі зв'язування;
- 4)Швидкість різання складає $15 - 25$ м/с, а робочий тиск 10^6 Па;
- 5)Неоднорідність розмірів зерен не виявляється, оскільки вони працюють тільки частиною, що виступає зі зв'язки;
- 6)Рясна подача ефективно видаляє зруйноване скло і тепло;
- 7)При роботі з малими подачами утворюються малі мікронерівності поверхні навіть при використанні інструмента з зернами великої зернистості.

Продуктивність обробки закріпленими зернами визначається обсягом припуску вилученого за одиницю часу.

2. Шліфування суспензіями абразивних порошків

Обробка суспензіями абразивних порошків підготовляє виконавчу поверхню оптичної деталі до наступного полірування до необхідних значень параметрів N , ΔN , P . Суспензія, що шліфує, являє собою суміш порошку абразивних зерен і рідини. Руйнування скла відбувається під дією абразивних зерен передавальною вібраційно-ударною дією кінетичної енергії інструмента на оброблювану поверхню скла. Скло руйнується абразивними зернами

і замість вихідної, утворюється нова поверхня з більш досконалыми параметрами якості. Застосовуються порошки зерна яких у порівнянні зі склом мають велику твердість, такими є:

- 1) карборундові;
- 2) корундові;
- 3) наждакові;
- 4) кварцові;
- 5) алмазні.

Порошки цих молекул мають абразивні властивості, тобто при розколюванні вони утворюють більш дрібні частки, що також мають гострі грані.

При шліфуванні зерна разом з водою перебувають між робочою поверхнею металевого інструмента й оброблюваною поверхнею скла. Схема роботи абразивного зерна показана на мал. 13.2.

Відносний рух скло-інструмент відбувається при деякому натиску верхньої ланки Q на нижню і плюс сила P тиску повідка верстата. Причому зерна перекочуються або прослизують з деякою швидкістю $V_{\text{отн}}$. Найбільш великі зерна взаємодіють зі склом і інструментом. Скло руйнується, а інструмент зношується. Більш дрібні зерна переносяться водою доти поки великі не роздрібняться після чого дрібні зерна вступають у взаємодію зі склом і інструментом. У відносному переміщенні кінетична енергія інструмента **1** передається склу **2** через дію абразивного зерна **3**. Створення навантаження на окреме зерно має різко виражений динамічний характер.

Динамічна сила R направлена по лінії aa' , яка з'єднує вершини зерна, одна з яких миттєво закріплюється в матриці шліфувальника, більш в'язкому ніж скло, а інша вершина впливає на скло. Сила F_n спрямована перпендикулярно вектору відносної швидкості $V_{\text{отн}}$ і не може робити роботу по видаленню шару припуску. Сила F_n забезпечує лише контакт між шліфувальником, абразивним зерном і склом, викликаючи появу тріщин скла і пружних деформацій інструмента, роздавляючи виступи поверхневих нерівностей скла.

Сила F_n направлена дотично до оброблюваної поверхні і протилежна вектору відносної швидкості. Вона викликає сколювання вершин поверхневих нерівностей скла і зношування робочої поверхні інструмента. У роботі руйнування скла беруть участь близько 15% зерен, які одночасно перебувають під шліфувальником. Інші зерна не беруть участь, вони або вимиваються водою з робочого простору під інструментом, або перетираються між собою подрібнюючись.

Видалення припуску відбувається поступово, шляхом проникання інструмента в товщу скла по напрямку перпендикулярно до оброблюваної поверхні. Зміну зернистості абразивних порошоків називають переходом. Так поверхню підготовляють до наступної операції – полірування.

3. Полірування оптичної поверхні.

Ціль полірування полягає в тім, щоб додати використовуваної поверхні необхідну прозорість і значення N , ΔN , P . Процес полірування скла водяними суспензіями поліруючих порошоків має більш складну, ніж шліфувальний фізико-хімічну природу. При поліруванні потрібно досягти шорсткості поверхні не більш 3-5 сотих часток мкм. Відповідно до ГОСТ 2789-73.

Зовнішній рельєфний шар, утворений шліфуванням, відділяється поліруванням цілком, а тріщинуватий частково залишається, але тріщини на поверхні заполіровуються частками гідролізованого скла і не заважають проходженню світла через нього.

Зовні картина процесу полірування відбувається так. Зерна поліруючого порошку, що складає головним чином з окислів церію або заліза, мають розміри 0,2 - 2 мкм, вони зважені у воді і перебувають між поверхнею полірувальника, що притирає і скла.

У порівнянні з зернами що шліфують, зерна поліруючих порошоків мають меншу твердість і менш різко виражені абразивні властивості самозагострювання при розколюванні. Про розколювання і притуплення зерен поліруючих порошоків, що у більшості випадків мають розміри 0,2 - 1,0 мкм, можна судити лише по другорядних непрямим ознаках.

Полірувальник має смоляний робочий шар. Площинки поверхневих нерівностей шліфованої поверхні скла і смоляної поверхні полірувальника значно більше розмірів зерен поліруючого порошку. Але на склі нерівності шліфованої поверхні мають мікро-геометричну характеристику, а на смолі – макро-геометричну. Робоча поверхня в'язкого смоляного полірувальника, пластично деформуючись, вигладжується по мікронерівностям шліфованої поверхні.

Вода, у якій зважені зерна, у перші моменти подачі суспензії чинить гідростатичний протитиск назовні, а потім розтікається і зерна закріплюються, абсорбуючись в зовнішньому шарі смоли. Частина зерен, що ще не закріпилися в смолі, перекочується, або закріпившись на мить, продовжує рух по напрямку вектора відносної швидкості $\vec{V}_{\text{отн}}$.

Зерна зрізують вершини рельєфного шару, які відразу стають гладкими полірованими. Надалі розміри полірованих площадок збільшуються, висота нерівностей зменшується до властивих 13-14му класам шорсткості.

Зерна, що перекочуються, закріплюються (абсорбують) у смолі, і одночасно в залишках каверн, порах і борознах, на відполірованих елементарних площадках скла як би склеюють їх з поверхнею полірувальника і надалі при відносному переміщенні здирають шматочки колоїдної плівки, що утвориться на поверхні скла під хімічним впливом води.

Залишкові нерівності полірованої поверхні менші 0,03 мкм, тобто менше довжини хвилі видимого випромінювання, тому що розмір частини зерна, що проникає в скло, не перевищує 0,3 мкм.

Пластичні властивості смоли, що утримує зерна, і колоїдної плівки сприяють тому, що робота зерен поліруючого порошку не супроводжується появою подряпин із рваними краями і розтріскуванням скла в ширину й у глибину. Завдяки пластичним властивостям колоїдної плівки кремінної кислоти борозни, що утворюються від зняття "стружки", затягуються. Тріщини, що залишилися від шліфування заповнюються колоїдними продуктами гідролізу скла.

Для технологічних і конструкторських розрахунків приймають, що кінетична енергія, яка витрачається у відносному русі елементів кінематичної пари скло-інструмент, йде на подолання опору скла різанню його зернами поліруючого порошку. Елементарні сили на кожному зерні й інтегральне посилення різання полірування мають статичний характер.

Інтегральна сума елементарних сил утворить зусилля взаємодії скла з інструментом, що є корисним навантаженням верстата при поліруванні. При поліруванні видаляється невеликий, але цілком відчутний шар припуску, також як це було зроблено у відношенні шліфування.

При поліруванні хімічний процес виявляється в тім, що вода, діючи на скло, утворить колоїдну плівку. Товщина плівки росте швидко в залежності від хімічної стійкості скла даної марки, досягаючи граничної товщини приблизно за одну хвилину. Раніш вважали, що процес полірування може йти при взаємодії зерен тільки з колоїдною плівкою, але тепер режими обробки стали так інтенсивні, що плівка не встигає утворюватися і зерна поліруючого порошку впливають на скло, що не має поверхневої плівки. Доведено, що й у цьому випадку утвориться поверхня полірована 13-го і 14-го класів шорсткості.

Таким чином, механічний вплив зерен має переважне значення і його посилення збільшує ефективність полірування скла. При поліруванні за допомогою механічних впливів можна керувати процесом утворення поверхні з заданими значеннями N , ΔN і P .

На полірованій поверхні, крім нерівностей, значення яких обговорені 13-м і 14-м класами за ГОСТ 2789 – 73, завжди можуть бути дефекти. Дефекти шорсткості залишаються від шліфованої структури або з'являються у вигляді подряпин на поверхні обробленої деталі.

Подряпини в процесі полірування утворюються при влученні під інструмент часток більш твердих і великих, ніж зерна поліруючого порошку. Розміри дефектів чистоти полірованих поверхонь оптичних деталей нормуються і указуються відповідними значеннями в ГОСТ 11141 – 76.

Полірування виконують на тих же верстатах, що і шліфування, але при меншій частоті обертання робочих органів. Шліфування триває хвилини, а полірування – годинну, тобто Час приблизний у 20 разів більше часу шліфування.

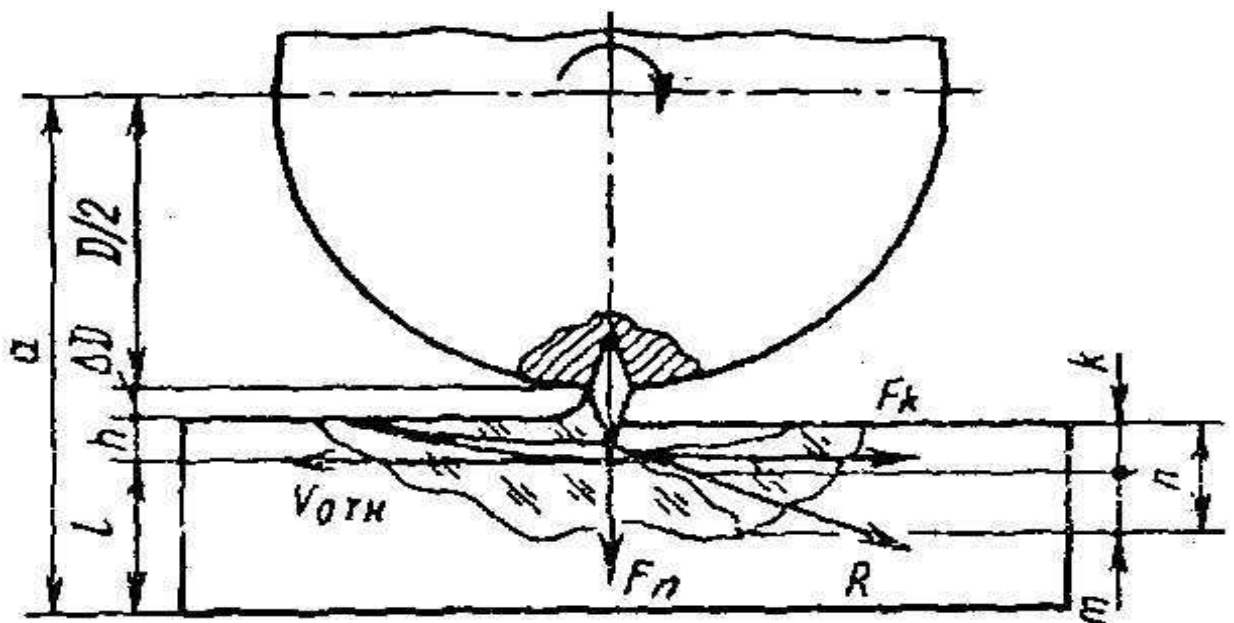


Рис. 13.1 Схема роботи закріпленого абразивного зерна

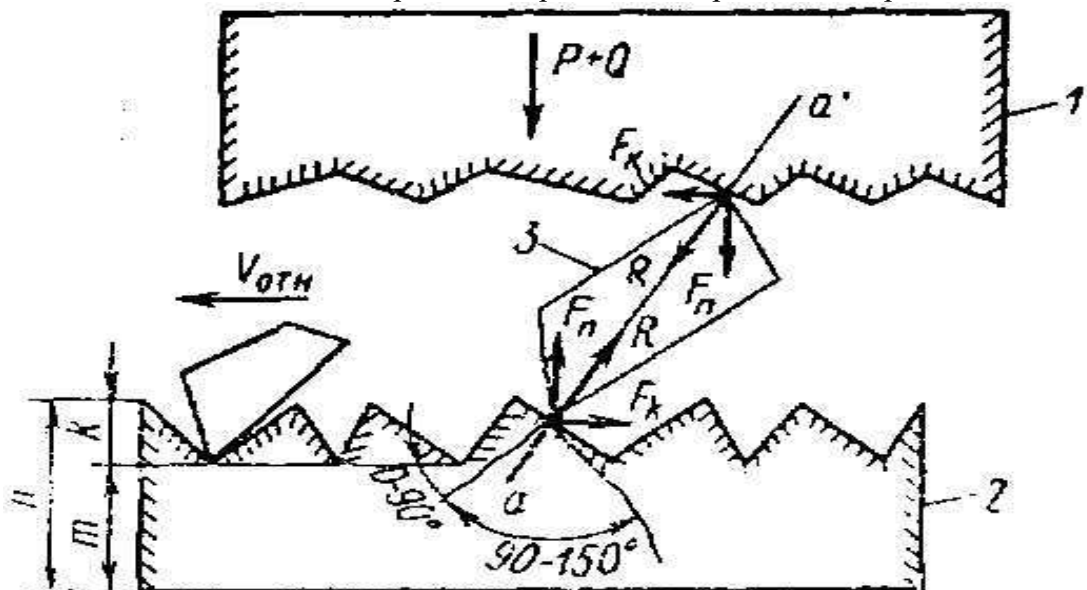


Рис. 13.2 Схема роботи вільного абразивного зерна