МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО"

ТЕХНОЛОГІЯ ОПТИЧНОГО ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за
освітньою програмою
"Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні"
спеціальності 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"*

Укладач Г. С. Тимчик

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2023

Рецензент *Микитенко В.І.*, докт. техн. наук, професор кафедри компютерно-інтегрованих оптичних і навігаційних систем, ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Воронов С.О., докт. техн. наук, професор, кафедри прикладної фізики ННФТІ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний редактор *Антонюк В.С.*, докт. техн. наук, професор кафедри виробництва приладів

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 2 від 30.09.2022 р.)

за поданням Вченої ради Приладобудівного факультету (протокол № 10/22 від 26.09.2022 р.)

Навчальний посібник забезпечує лекційний курс з дисципліни "Технологія оптичного приладобудування".

Навчальний посібник знайомить студентів з фундаментальними основами і поняттями в області технології оптичного приладобудуванні.

Чітка структурованість лекцій допоможе студентові швидше і легше оволодіти пропонованим матеріалом та застосовувати набуті уміння при розв'язанні реальних науково-технічних задач різного ступеня складності.

Реєстр. № НП ХХ/ХХ-ХХХ. Обсяг Х,Х авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
https://kpi.ua
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023

ПЕРЕДМОВА

Курс лекцій з дисципліни "Технологія оптичного приладобудування" розроблений на основі багаторічного досвіду викладання автором основ технології оптичного приладобудування для виробництва деталей приладів, а також їх застосувань. В конспекті лекцій використано деякі особисто отримані автором результати наукових досліджень і практичних розробок.

Навчальний посібник відповідає програмам за спеціальністю 151 "Автоматизація та компютерно-інтегровані технології".

Навчальний посібник містить чітко викладений теоретичний матеріал, комплект презентаційних матеріалів та необхідні для закріплення знань контрольні питання до кожної лекції.

ЗМІСТ

Розділ 1. Властивості оптичних середовищ **9**
Лекція 1. Склоподібний стан середовищ 9
1.1. Процес переходу скло-розплав 9
1.2. Скловидні речовини 10
1.3. Теорії будови скла 11
1.4. Про кристалізацію скла 12
1.5. Скло оптичне 13
Лекція 2. Оптичне безбарвне неорганічне скло 14
2.1. Типи і марки безбарвного оптичного некольорового скла 14
2.2. Показники якості оптичного скла 15
Лекція 3. Властивості оптичного безбарвного скла 18
3.1. Механічні властивості скла. 18
3.2. Теплові властивості скла 19
3.3. Хімічні властивості скла 20
Лекція 4. Скло опичне з особливими властивостями 22
4.1. Кольорове оптичне скло 22
4.2. Скло світлорозсіюче 23
4.3. Скло фотохромне 23
4.4. Радіаційно-стійке скло 24
4.5. Скло оптично-люмінесцируюче 24
4.6. Інфрачервоне безкисневе скло 24
4.7. Скло оптичне кварцове 25
4.8. Оптичні сити 25
Лекція 5. Органічне скло і оптичні клеї 26
5.1. Оптичні полімери 27
5.2. Оптичні клеї 28
Розділ 2. Виробництво оптичних матеріалів **34**
Лекція 6. Методи скловаріння 34
6.1. Технологічність складів скла 34
6.2. Сировинні матеріали 35
6.3. Підготування скломатеріалу 35
6.4. Розрахунок і готування шихти 37

Лекція 7. Способи і устаткування для варіння оптичного скла 41
7.1. Горшкові печі 41
7.2. Ванні печі 42
7.3. Скловарні посудини 43
7.4. Скловарні мішалки 44
7.5. Допоміжне устаткування 44
Лекція 8. Процес варіння оптичного скла 47
8.1. Стадії процесу варки оптичного скла 47
8.2. Технологічні операції варки оптичного скла 49
8.3. Пороки і дефекти скла 50
Лекція 9. Виробництво скла з особливими властивостями і вирощування кристалів 52
9.1. Кольорове оптичне скло 53
9.2. Оптичні сигали 53
9.3. Оптичне кварцеве скло 54
9.4. Безкисневе скло 54
9.5. Методи вирощування кристалів із розчинів і розплавів 55
9.5.1. Вирощування кристалів з розчину 55
9.5.2. Вирощування кристалів з розплаву 56
Розділ 3. Виготовлення заготовок оптичних деталей 60
Лекція 10. Виробка, відпалення й обробка звареного скла 60
10.1. Відлив в блок та прокатка в лист 60
10.2. Виробка в брус і в плиту 60
10.3. Грубе відпалення 61
10.4. Розколювання заготовок 62
10.5. Розпилювання заготовок 63
Лекція 11. Молірування і пресування заготовок 67
11.1. Вільне молірування 67
11.2. Примусове молірування 68
11.3. Пресування заготовок 68
11.4. Тонке відпалювання 69
Лекція 12. Правила та вимоги складання креслення оптичних деталей 73
12.1. Основні правила складання креслень оптичних деталей 73
12.2. Показники якості деталей 75

Розділ 4. Основи технологічних процесів механічної обробки оптичних деталей 85
Лекція 13. Фізичні основи процесів шліфування і полірування оптичних поверхонь 85
13.1. Шліфування закріпленими абразивними зернами 85
13.2. Шліфування суспензіями абразивних порошків 87
13.3. Полірування оптичних поверхонь 88
Лекція 14. Схеми механічної обробки шліфуванням 92
14.1. Технологічні системи обробки 92
14.2. Спосіб вільного притирання 94
14.3. Кінематичні схеми обробки 96
Лекція 15. Параметри і показники вільного притирання деталей 98
15.1. Схеми розташування припуска 98
15.2. Коефіцієнт заповнення 100
Лекція 16. Аналіз роботи притирання 103
16.1. Інтенсивність обробки 103
16.2. Технологічні параметри і фактори 104
16.3. Прийоми управління процесом обробки 105
16.4.Функція розподілу інтенсивності обробки 106
Розділ 5. Інструменти, пристосування і допоміжні матеріали для обробки оптичних деталей 108
Лекція 17. Абразивний технологічний інструмент 108
17.1. Шліфувальні абразиви 109
17.2. Зернистість і зерновий склад абразивів 110
17.3. Мікропорошки 112
17.4. Полірувальні абразиви 113
Лекція 18. Алмазний технологічний інструмент 115
18.1. Елементи конструкції інструмента 115
18.2. Типи алмазних інструментів 117
Лекція 19. Інструмент для шліфування вільним абразивом 120
19.1. Елементи конструкції інструмента 120
19.2. Розрахунок шліфувальників 121
19.3. Підготовка шліфувальників 123

Лекція 20. Інструмент для полірування 123
20.1. Елементи конструкції полірувальників 124
20.2. Елементи розрахунку полірувальників 124
Лекція 21. Охолоджувальні рідини і матеріали для фіксації заготовок 127
21.1. Призначення і типи змащувально-охолоджувальних рідин 128
21.2. Матеріали для кріплення заготовок клеєм 129
Лекція 22. Матеріали для промивки, захисту поверхонь і їх полірування 131
22.1. Промивальні рідини 132
22.2. Матеріали для протирання 132
22.3. Захисні лаки 133
22.4. Матеріали полірувальників 134
Лекція 23. Технологічні пристосування 136
23.1. Уніфікація пристосувань 136
23.2. Пристосування для плоского шліфування 137
23.3. Пристосування для сферошліфовальних та центрувальних операцій 138
23.4. Наклеєчні шліфувально-полірувальні пристосування 139
Лекція 24. Допуски на механічну обробку 142
24.1. Допуски на розміри заготовки 142
24.2. Допуски на шліфування і полірування плоских та сферичних поверхонь 144
Розділ 6. Верстати для обробки оптичних деталей 145
Лекція 25. Верстати для попередньої обробки заготовок 145
25.1. Верстати для обробки плоских поверхонь 146
25.2. Верстати для обробки сферичних поверхонь 152
Лекція 26. Шліфувально-полірувальні і центровочні верстати 155
26.1. Шліфувальні верстати 155
26.2. Центровочні і промивальні верстати 166
Розділ 7. Покриття оптичних поверхонь і з'єднання деталей між собою 172
Лекція 27. Покриття оптичних поверхонь 172
27.1. Типи покриття та їх призначення 172
27.2. Позначення покриття 174

27.3. Хімічні способи нанесення покриття 175
27.4 Фізичіні способи нанесення покриття 177

Лекція 28. З'єднання оптичних деталей 181
28.1. З'єднання зклеюванням 182
28.2. Глибокий оптичний контакт 183
28.3. З'єднання спіканням та зварюванням 184
Перелік посилань 185

РОЗДІЛ 1.ВЛАСТИВОСТІ ОПТИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ

Лекція 1

СКЛОПОДІБНИЙ СТАН РЕЧОВИН І СКЛА

Мета лекції: ознайомлення з процесом переходу скло-розплав; поняття склоподібних речовин та скло оптичне; теорія будови скла; кристалізація скла.

Зміст лекції:

1.1. Процес переходу скло-розплав
1.2. Склоподібні речовини
1.3. Теорії будови скла
1.4. Про кристалізацію скла
1.5. Скло оптичне

1.1. Процес переходу скло-розплав

Якщо речовини, що знаходяться в розплавленому рідкому стані охолоджувати, то вони твердіють і можуть кристалізуватися або перейти в склоподібний стан, як показано на рисунку 1.1.

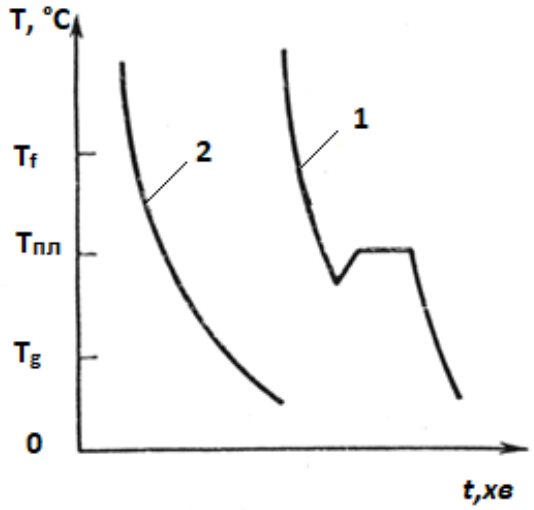


*Рис.1.1.*Процеси застигання рідин у тверду речовину

За кривою графіка 1 видно, що розплав переохолоджується, виділяється прихована теплота кристалізації і при температурі плавлення $T_{пл}$, за деякий проміжок часу речовина кристалізується, а потім охолоджується у твердому стані. Крива графіка 2 не має зламів, що свідчить про постійну і плавну зміну властивостей речовини при застиганні у твердий склоподібний стан. При цьому немає визначеної температури плавлення рідини. Процес переходу скло-розплав є оборотним, а частки речовини не розташовуються у визначену просторову решітку. Склоподібна речовина стає твердою, аморфною і ізотропною.

Температура T_f відповідає в'язкості $10^4 \text{Па} \cdot \text{сек}$. У склі починають з'являтися пластичні властивості і воно може витягатися в тонкі нитки.

Температура T_g відповідає в'язкості $10^{10} \text{Па} \cdot \text{сек}$. У склі починає з'являтися крихкість.

Крива вище T_f відповідає розплаву, а нижче температури відпалення T_g – відповідає твердому склоподібному стану речовини.

Інтервал $T_g - T_f$ називають інтервалом розм'якшення, у якому розплав поступово і безупинно одержує властивості твердої склоподібної речовини. Деякі властивості скла поза інтервалом зміняться по прямолінійному закону, а в інтервалі між T_g і T_f по криволінійному.

1.2. Склоподібні речовини

Більшість речовин, використовуваних в оптичному виробництві, можна перевести з рідкого стану у твердий й одержати в склоподібному стані. Наприклад, сірку, селен, оксиди SiO_2, P_2O_5, B_2O_3, а також деякі халькогеніди. Речовини, що знаходяться в склоподібному стані широко поширені: смоли, гліцерин, метилметакрилат, поліетилен і т. д. Деякі склоподібні речовини при кімнатній температурі й атмосферному тиску можуть знаходитися у твердому, рідкому чи пластичному стані, утворюючи групу оптичних середовищ.

Оптичні середовища – це оптичне скло, плівки покриття на оптичних деталях, шари клеючої речовини.

1.3. Теорії будови скла

Відомий російський вчений Менделєєв обґрунтував представлення про скло як про сплав окислів деяких хімічних елементів. Він уподібнив скло переохолодженій рідині, що знаходиться у твердому стані.

Пізніше в 1921 р. академік Лебедєв, вивчаючи зміну показника заломлення скла в залежності від температури, показав, що до температур $500^0 - 600^0 C$ цей процес оборотний, після швидкого охолодження скла з більш високих температур значення показника заломлення різко змінюється, і процес втрачає зворотність – у склі відбулися структурні зміни.

Створено представлення про мікрокристалічну природу скла як про зчеплення надзвичайно дрібних деформованих кристалів силікатів і кремнеземів. Вони об'єднані в структуру, у якій немає повного взаємного проникнення різнорідних молекул, а є переважна взаємодія однорідних молекул з утворенням малих самостійних структурних мікрогруп. Таку структуру називають мікрогетерогенною (неоднорідною). Кристаліт являє собою зародок деформованого кристала, центральна частина якого має упорядковану будову, а периферія є мікрообластю перехідною до іншого хімічного складу. Між мікро областями немає границь розділу, що було підтверджено експериментами.

Пізніше академік Гребєнщиков показав, що при обробці зразка скла оцтовою, соляною і іншими кислотами вилужується натрієво- і калієвоборатна складова і залишається 95%-е кремнеземне скло. Розміри і форми зразка не змінюються.

На початку 30-х років Захаріазин висунув теорію будови скла, що стала популярною, під назвою «Теорія безупинної сітки». По цій теорії координаційні поліедри окислів здатні затвердіювати у вигляді скла і створювати міцну зв'язану структурну сітку. У цій сітці центральний іон-атом склоутворювача який оточений іонами-атомами кисню й іншого двовалентного елемента та розташований в загальних вершинах тетраедра. Деякі іони-атоми зв'язані тільки з двома центральними атомами і не утворюють зв'язків з іншими катіонами. По цій теорії окисли типів R_2O_3, RO_2 и R_2O_5 дають склоутворення, а окисли типів R_2O и RO не утворюють скла.

1.4. Про кристалізацію скла

Щоб уникнути появи кристалів у склі, потрібно знати закони, що керують числом новотворів і їх лінійним ростом. У рідкому стані розплаву атоми роблять хаотичний тепловий рух і зіштовхуються один з одним, утворюючи метастабільні агрегати, що перегруповуються й створюють центри кристалізації. До цих центрів приєднуються нові частки речовини і кристали ростуть.

При подальшому зниженні температури швидкість руху молекул зменшується, але кристали ще ростуть під впливом збільшення коефіцієнта дифузії, що залежить від в'язкості.

При подальшому переохолодженні в'язкість зростає надзвичайно швидко і ріст кристалів припиняється. Процес кристалізації можна представити у виді наступних графіків на Рис. 1.2.

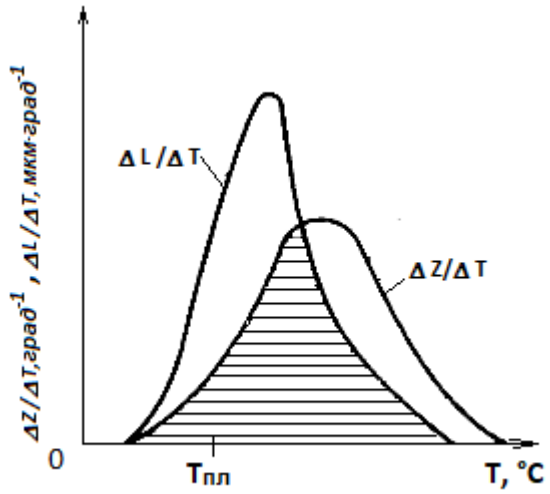


Рис.1.2. Процеси кристалізації в залежності від температур

Здатність розплаву кристалізуватися випливає з взаємного розташування графіків ЧЦК і ЛРК. ЧЦК – це є швидкість утворення деякого числа центрів кристалізації, тобто $\frac{\Delta Z}{\Delta t}$,де ΔZ - збільшення центрів кристала, Δt - збільшення температури. ЛРК – швидкість лінійного росту кристалів $\frac{\Delta l}{\Delta t}$, де Δl - збільшення розмірів кристалів.

Якщо максимуми ЧЦК і ЛРК знаходяться при близьких температурах, то кристалізація настає легко, а якщо ні, то кристалізація утруднюється. Максимум ЛРК для всіх розплавів лежить поблизу температури плавлення, завдяки чому більшість розплавів можна перевести в склоподібний стан.

Якщо абсолютне значення максимуму ЧЦК велике, то утвориться велике число дрібних кристалів. Якщо ж великий максимум ЛРК, то утворяться кристали великого розміру.

Чітке представлення про кристалізаційну здатність розплаву скломаси даного хімічного складу дозволяє цілеспрямовано керувати режимом варіння, виробленням і термічною обробкою скла, домагаючись його одержання без кристалізації.

Збільшення числа в'язких компонентів складу, гарний провар і однорідність шихти, знижують кристалізаційну здатність скломаси.

1.5. Скло оптичне

Склом називають речовини, що знаходяться в склоподібному стані, якому властиві наступні ознаки:

1) твердість при звичайній температурі;
2) прозорість хоча б для деякої частини спектра видимого випромінювання;
3) мала електро- і теплопровідність;
4) стійкість до реагентів атмосфери і води;
5) однорідність по всьому обсягу.

Скло, що задовольняє цим ознакам, називається промисловим, технічним чи оптичним в залежності від їхнього призначення.

Скло складається, головним чином з окислів, що поділяють на

1) кислотні: SiO_2, P_2O_5, B_2O_3 і ін.;
2) основні: CaO, Na_2O, K_2O, BaO;
3) амфотерні: Al_2O_3.

Скло оптичне визначають по 100%-й формулі хімічного складу. Наприклад, 72% - SiO_2, 10% - CaO, 18% - K_2O. Для надання склу спеціальних властивостей по твердості, кольору, радіаційній стійкості в них додають певні хімічні елементи.

Закріплення матеріалу:

1. Визначення інтервалу розм'якшення.
2. Основні властивості склоподібної речовини.
3. Число центрів кристалізації.
4. Лінійний ріст кристалів.
5. Види склоподібних речовин.

РОЗДІЛ 1.ВЛАСТИВОСТІ ОПТИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ

Лекція 2

ОПТИЧНЕ БЕЗБАРВНЕ НЕОРГАНІЧНЕ СКЛО

Мета лекції: ознайомлення з типами та марками безбарвного оптичного скла; вивчення показників якості оптичного безбарвного скла.

Зміст лекції:

2.1. Типи і марки безбарвного оптичного скла
2.2. Показники якості оптичного безбарвного скла

2.1.Типи і марки безбарвного оптичного скла

Оптичне скло характеризується показником заломлення, середньою і окремою дисперсією (відносні окремі дисперсії і коефіцієнт дисперсії), що визначають область застосування оптичного скла у відповідних приладах.

У якості номінального відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 3514-76 встановлено показник заломлення n_e для лінії ртуті хвилі, що має довжину, λ=546,7 нм. Дисперсія визначається різницею показників заломлення для двох обраних довжин хвиль.

Номінально встановлена середня дисперсія $n_{F'}$-$n_{C'}$ для ліній кадмію довжини хвиль яких, відповідно, 480 нм і 643,8 нм. Оптичне безбарвне неорганічне скло в залежності від розташування на діаграмі показники заломлення - коефіцієнт дисперсії підрозділяють на наступні марки :

ЛК - легкий крон;
ФК - фосфатний крон;
ТФК - важкий фосфатний крон;
К – крон;
БК - баритовий крон;
ТК - важкий крон;
СТК - над важкий крон;
ОК - особливий крон;
КФ - крон флінт;
БФ - баритовий флінт;
ТБФ - важкий баритовий флінт;
ЛФ - легкий флінт;
Ф – флінт;
ТФ - важкий флінт;
СТФ – надважкий флінт□
ОФ - особливий флінт.

Кожен тип скла у залежності від значень показника заломлення n_e і середньої дисперсії $n_{F'}$-$n_{C'}$ обумовлених хімічним складом і режимами термічної обробки скла включає кілька марок позначених відповідними номерами.

У цілому ГОСТ 3514-76 містить 95 марок скла, які діляться на дві серій. Звичайне оптичне скло має нумерацію від 1 до 99. Скло серії 100 і більш - радіаційно стійке скло яке мало змінює властивості під впливом іонізаційного випромінювання.

2.2.Показники якості оптичного безбарвного скла

Якість зображення, що створюється оптичним приладом, знаходиться в прямій залежності від якості матеріалу з якого виготовлено деталі оптичної системи. Відповідно до ГОСТ 3514-76 оптичне безбарвне неорганічне скло в заготовках нормується за наступними параметрами:

1) показник заломлення n_e ;
2) середньої дисперсії $n_{F'}$-$n_{C'}$;
3) однорідності партії заготівок по показнику заломлення;
4) однорідності партії заготівок по середній дисперсії;
5) оптичній однорідності;
6) подвійному променезаломленні;
7) радіаційно оптичній стійкості;
8) показнику ослаблення ε_A;
9) безсвільності;
10) пузирності.

Усі перераховані вимоги можуть бути зведені в дві групи: основну, що визначає якість деталей, і додаткову. Причому, у залежності від службового призначення деталі ці вимоги можна групувати різними способами. Необґрунтоване зниження основних вимог до матеріалу заготовки призводить до помітного погіршення роботи всього приладу в цілому.

Підвищення вимог до показників які не є визначальними не забезпечує помітного поліпшення всього приладу в цілому, підвищує його вартість.

Граничне відхилення показника заломлення n_e і середньої дисперсії $n_{F'}$-$n_{C'}$ від значень установлених для скла усіх марок нормується п'ятьма категоріями:

1) числові значення граничних відхилень для всіх категорій знаходяться в межах від $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ до $\pm 20 \cdot 10^{-4}$ для n_e і від $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ до $\pm 20 \cdot 10^{-5}$ для $n_{F'}$-$n_{C'}$;

2) однорідність партії заготівок скла по показнику заломлення n_e нормується чотирма класами. Числові значення граничних відхилень n_e для всіх класів лежать у межах від $\pm 0{,}2 \cdot 10^{-4}$ до $\pm 20 \cdot 10^{-4}$;

3) однорідність партії заготівок скла по середній дисперсії нормується двома класами. Числові значення граничних відхилень складають від $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ до $\pm 20 \cdot 10^{-5}$;

4) оптична однорідність показника заломлення у всьому обсязі заготовки в залежності від її розмірів і умов роботи деталей оцінюється по її роздільній здатності, чи по її оптичному градієнту показника заломлення, що характеризується хвильовими аберраціями. Встановлено п'ять категорій оптичної однорідності;

5) подвійне променезаломлення є показником якості відпалення скла, що характеризується різницею ходу (у міліметрах на один сантиметр шляху) двох променів, на які розділяється падаючий промінь під дією залишкових напружень у товщі скла в напрямку найбільшого розміру.

Подвійне променезаломлення, нормується п'ятьма категоріями. Числові значення для всіх категорій знаходяться в межах від 1,5 до 65 нм/см. У заготівок малого розміру подвійне променезаломлення не робить істотного впливу на якість зображення і впливає лише на деталі, що мають значну товщину.

Показник ослаблення ε_A величина зворотна відстані, на якому потік випромінювання від джерела типу А послаблюється в результаті поглинання і розсіювання в 10 разів. Установлено 8 категорій, для допустимих значень показника ослаблення, які знаходиться в межах від $2 \cdot 10^{-4}$ до $130 \cdot 10^{-4}$.

Свілі - це різко виражені локальні оптичні неоднорідності скла. Вони являють собою прозорі нитковидні чи шаруваті включення, що мають показник заломлення, відмінний від показника заломлення основної маси скла. Наявність у склі свілей різко знижує якість зображення, формованого оптичною системою.

Клас безсвільності характеризується відсутністю видимих включень при перегляді зразка скла в одному (А) чи двох (Б) взаємно перпендикулярних напрямках. Установлено дві категорії безсвільності. Встановлено, що якщо стекло безсвільне в двох взаємно перпендикулярних напрямках, то воно безсвільне й у будь-якому іншому напрямку.

Наявність у склі шаруватих свілеподібних включень викликає астигматизм в оптичних деталях.

Пузирі нормуються через видимість їх у поле зору приладу, що призводить до появи різних плям у зображенні і збільшення коефіцієнта дифузійного розсіювання світла, а як наслідок зниження освітленості в площині зображень. Пузирність характеризують діаметром найбільшого пузиря, що допускається в заготівці при її перегляді.

Встановлено 11 категорій пузирності. Припустимі граничні відхилення діаметрів пузирів для всіх категорій знаходяться в межах від 0,002 до 5 мм. Наявність на поверхні прихованих пузирів робить неможливим одержання поверхонь високих класів чистоти.

Великі пузирі викликають появу навколо них місцевих ям на поверхні.

Вони також утрудняють очищення поверхонь, нанесення на них покрить високої якості, з'єднання або склеюванням оптичним контактом. Розкриті пузирі являються також центром хімічного і біологічного руйнування полірованих поверхонь деталі.

Закріплення матеріалу:

1. Скільки типів і марок оптичного скла використовується.
2. Показники якості оптичного скла.
3. Що таке світлопоглинання.
4. Допустимі розміри пузирів в склі оптичному.
5. Від чого залежить подвійне променезаломлення в склі оптичному.

РОЗДІЛ 1.ВЛАСТИВОСТІ ОПТИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ

Лекція 3

ВЛАСТИВОСТІ ОПТИЧНОГО БЕЗБАРВНОГО СКЛА

Мета лекції: ознайомлення з властивостями скла: механічними, тепловими та хімічними.

Зміст лекції:

3.1. Механічні властивості скла
3.2. Теплові властивості скла
3.3. Хімічні властивості скла

3.1. Механічні властивості скла

Механічні властивості скла оцінюються наступними показниками: міцність, твердість, крихкість, пружність.

Міцність визначає граничну напругу, що викликає його руйнування. Специфічною особливістю скла являється порівняно висока міцність при стиску $\sigma_c = (50 \div 80) \cdot 10^{-7}$ Па і низька при розтяганні $\sigma_p = (8 \div 15) \cdot 10^{-7}$ Па. Головним фактором, що знижує міцність скла являється порушений шар, що

утвориться на поверхні заготівок у результаті їхньої механічної обробки і взаємодії з водою. Міцність скла можна підвищити глибоким шліфуванням і поліруванням, при якому видаляють поверхневий тріщинуватий шар і зберігають високу якість поверхні. Видалення дефектного поверхневого шару травленням підвищує міцність скла в 2-4 рази, але знижує якість поверхні.

Твердість – це здатність його чинити опір проникненню в нього іншого тіла. Розрізняють твердість:

1) Склерометричну - визначається по шкрябанню;

2) Абразивну - по швидкості зшліфовування;

3) Мікротвердість – по відбитку індентора у вигляді піраміди.

В оптичному приладобудуванні користуються відносною твердістю по зшліфовуванні - яка відповідає відношенню об'єму зшліфованого скла марки К8 до об'єму зшліфованого скла іншої випробовуваної марки в стандартних умовах обробки. Наприклад, відносно твердості по зшліфовуванню ОФ5 складає 0,3; для К8 – 1; для СТК12 – 3. Скло, що має твердість по зшліфовуванні більше 1 менше піддаються шкрябанню, ніж скло, що має твердість менше 1.

Крихкість скла визначає його опір динамічним навантаженням, наприклад, ударам.

Пружність скла обумовлює його здатність відновлювати свою первісну форму після зняття напруги. Міцність контактного з'єднання скла обернено пропорційна модулю його пружності. Так, наприклад, модуль пружності **E** скла ЛК6 - $498 \cdot 10^8$ Па , для К8 - $823 \cdot 10^8$ Па , для СТК9- $1182 \cdot 10^8$ Па .

3.2. Теплові властивості скла

В оптичному виробництві застосовують технологічні процеси, зв'язані з виділенням або поглинанням тепла скломасою. Тому теплові властивості мають важливе значення і повинні враховуватися при призначенні режимів обробки скла. Теплові властивості скла характеризують: питома теплоємність, теплопровідність, теплове розширення, термостійкість, температура спікання $T_{сп}$.

Питома теплоємність – це необхідна кількість тепла при даній температурі для нагрівання одиниці маси скла на 1^0C.

Теплоємність оптичного скла має наступні значення для деяких марок скла: для ТФ3 – С=0,407 $КДж/^0С$, К8 – С=0,739 $КДж/^0С$, Кварц – С=0,8895 $КДж/^0С$.

Теплопровідність скла визначається його здатністю передавати теплову енергію в напрямку більш низьких температур. З підвищенням температури теплоємність скла підвищується. Підвищену теплопровідність має скло з великим вмістом Al_2O_3, Ba_2O_3, MgO и CaO. Граничним випадком являється кварцове скло. Скло, що містить багато PbO и BaO має низьку теплопровідність. Теплопровідність скла характеризується коефіцієнтами теплопровідності і температуропровідності.

Теплове розширення скла характеризується коефіцієнтами лінійного α й об'ємного β розширення. Коефіцієнт розширення скла залежить у першу чергу, від його хімічного складу. В оптичного скла він змінюється в досить широких межах. Так, наприклад, для кварцового скла це $2\cdot10^{-7}$ $^0C^{-1}$, для ЛК5 – $33\cdot10^{-7}$ $^0C^{-1}$, для ЛК1 – $111\cdot10^{-7}$ $^0C^{-1}$.

Термостійкість скла – це здатність скла витримувати без руйнування різкі перепади температури. Мірою термостійкості являється різниця температур, що витримує скло без руйнування. На відміну від інших теплових властивостей, термостійкість залежить не тільки від хімічних властивостей скломаси, але і від геометрії і розмірів заготовки, інтенсивності теплообміну.

Температура спікання $T_{сп}$ – це температура, при якій починається спікання в зразків скла розміром 20×20×10 мм покладених один на одного полірованими сторонами і нагріваються з постійною швидкістю 2^0C в хвилину, що приводить до в'язкості скла $10^9 Па\cdot сек$. Так, наприклад, для скла $T_{сп}$ маємо наступні значення: ТФ7 – 460 °С, К8 - 620 °С, ТК14 – 680 °С.

3.3. Хімічні властивості скла

Хімічні властивості скла характеризуються хімічною стійкістю. Встановлено два показники хімічної стійкості: хімічна стійкість до дії вологої атмосфери, стійкість до дії реагентів, що заплямовують. По стійкості до дії вологої атмосфери оптичне скло поділяють на:

Для силікатного скла: А – неналітонебезпечні;
Б – проміжні;
В – налітонебезпечні.
Для несилікатного скла: а – стійкі,
у – проміжні;
д – нестійкі.

По стійкості до дії реагентів, що заплямовують, силікатне і несилікатне оптичне скло поділяють на наступні групи:

I – не заплямовуючи;
II – середньої плямованості
III – заплямовуючи;
IV – нестійке скло, що вимагає застосування захисного покриття.

Найбільш стійкими (група I) являються крони, кронфлінти, баритові флінти, флінти і легкі флінти. Заплямовуючими і нестійкими (III і IV групи) являються важкі і надважкі крони, важкі баритові флінти, важкі й особливі флінти. Врахування хімічних властивостей оптичного скла необхідно з одного боку, для запобігання небажаного впливу рідкої фази обробних суспензій і навколишнього середовища на поліровані поверхні оптичних деталей, заготівок на всіх стадіях їхньої обробки.

З іншого боку для цілеспрямованої зміни поверхні при спрямованому травленні штрихів, міток, цифр і т.д.; створенню просвітлюючих, захисного і іншого покриття визначеної товщини за рахунок гідролізу поверхні; інтенсифікації процесів полірування шляхом уведення до складу поліруючих композицій водяних розчинів окислювачів.

Закріплення матеріалу:

1. Для чого потрібно використовувати теплові властивості скла.
2. Перелічіть теплові властивості скла.
3. Групи хімічної стійкості скла.
4. Групи стійкості скла до плямуючих реагентів.
5. Які типи скла є найбільш стійкими до плямуючих реагентів.

РОЗДІЛ 1.ВЛАСТИВОСТІ ОПТИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ

Лекція 4

СКЛО ОПТИЧНЕ З ОСОБЛИВИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Мета лекції: ознайомлення з видами оптичного скла з особливими властивостями.

Зміст лекції:

4.1. Кольорове оптичне скло
4.2. Скло світлорозсіюче
4.3. Скло фотохромне
4.4. Радіаційно-стійке скло
4.5. Скло оптично-люмінесцируюче
4.6. Інфрачервоне безкисневе скло
4.7. Скло оптичне кварцове
4.8. Оптичні ситали

4.1. Кольорове оптичне скло

Кольорове оптичне скло застосовують для виготовлення світлофільтрів, які обмежують чи послаблюють пропускання світла, заданого спектрального складу. Основною характеристикою кольорового оптичного скла є нормована спектральна крива залежності світлопропускання τ_λ чи оптичної щільності D_λ від довжини хвилі λ. Каталог кольорового оптичного скла, що випускається промисловістю, містить 117 марок розділених по 15 типів у залежності від кольору.

У позначенні скла використовують 2-3 літери а за ними цифри. Наприклад: УФС-1 (ультрафіолетове скло), ЖЗС-5 (жовто-зелене скло), СЗС-22 (синьо-зелене скло), ЗС-11 (зелене скло).

Фарбування скла обумовлюється введенням у його склад хімічних барвних речовин (барвників) які можуть знаходиться в склі в молекулярному розчиненому чи колоїдному стані.

Молекулярні барвники - окисли важких металів: кобальт, залізо, нікель і ін., що при варінні скла цілком розчиняються в його основі. Характер спектральної кривої пропускання скла пофарбованого молекулярними барвниками при зміні концентрації барвників практично не змінюється, а змінюється лише інтегральний коефіцієнт світлопропускання. Вибіркове поглинання світла в них обумовлено резонансними коливаннями електронів барвників. При вторинній термообробці колір скла не змінюється.

Фарбування скла колоїдними барвниками: золотом, сріблом, сульфатами і селенідами кадмію засноване на вибірковому розсіюванні світла дисперсними часточками барвників. Скло, що має колоїдні барвники в атомарному стані - безбарвні. Фарбування з'являється в результаті росту дрібних кристаликів металу (L=100 нм) при вторинному наведенні. Найбільше розповсюдження серед кольорового скла одержало селенокадмійове скло, яке має жовтий, червоний і жовтогарячий колір.

4.2. Скло світлорозсіююче

Скло світлорозсіююче (молочне) застосовують для виготовлення деталей, що диффузійно розсіюють минаюче чи відбите світло. Їхнє позначення МС.

Вони отримали властивості розсіювання, завдяки введенню в їхній склад з'єднання фтору чи фтористого натрію, що забезпечує ″глушіння″ скла.

4.3. Скло фотохромне

Скло фотохромне змінює свою прозорість у видимій частині спектра в залежності від величини освітленості і тривалості опромінення. Після припинення опромінення пропущення скла відновлюється. Їх застосовують для виготовлення світлофільтрів, світлозахисних окулярів і екранів і позначають ФХС.

Основними характеристиками фотохромних стекол є: коефіцієнт фотохромності $К_ф$ - це величина, що характеризує зменшення оптичної щільності за 30 секунд термічного знебарвлення; чутливість $S_ф$ - величина зворотна кількості освітленості для одержання додаткової оптичної щільності рівної 0,2.

4.4. Радіаційно-стійке скло

Радіаційно стійке скло - це скло, яке зберігає свої властивості під впливом іонізуючого випромінювання. Більшість звичайного оптичного скла під дією радіації темніє, зменшується їх світлопропускання до значення, що залежить від дози радіації і складу скла.

Стійкість скла до впливу іонізуючого випромінювання характеризується збільшенням оптичної щільності ΔD_H. Підвищення радіаційної стійкості скла досягається введенням до складу скла добавок, здатних запобігати утворення центрів фарбування. Найбільший ефект досягається введенням в якості добавки оксиду церію CeO_2. Скло з вмістом CeO_2 зберігає світлопропускання при опроміненні дозами до 10^{+5} рентгена і позначається серіями вище 100. По інших властивостях радіаційно стійке скло серії 100 не відрізняються від своїх аналогів серії 0.

4.5. Скло оптично-люмінесцируюче

Скло оптичне люмінесцируюче активоване неодимом має вузькі смуги люмінесценції, причому на смугу 1060 нм приходиться до 80% всієї енергії люмінесценції. Їх використовують для виготовлення активних елементів у твердотільних ОКГ із довжинами хвиль 900, 1060, 1300 нм.

Спектр поглинання скла має багато смуг у видимій і ближній інфрачервоній області спектра. Скло позначають ГЛС (генеруюче люмінесцируюче скло), характеризується показником поглинання K_λ при довжині хвилі λ=586 нм. Значення K_λ знаходиться в межах від 0,19-0,47.

4.6. Інфрачервоне безкисневе скло

Інфрачервоне безскисневе скло - це склоподібна речовина, що відрізняється від звичайного скла тим, що в їхньому складі немає хімічних сполук у складі яких присутній кисень, а процес склоутворення відбувається в безкисневому середовищі. Найбільш відомі халькохенідне безкисневе скло, основним компонентом якого є трьохсірчистий миш'як, селен, германій, телур.

Хальпегенідне скло прозоре в інфрачервоній області спектра від 1-17 мкм. Має високу хімічну і термохімічну міцність, позначається ІКС, розрізняється границями пропускання і показником заломлення. Безкисневе інфрачервоне скло використовують для виготовлення оптичних деталей і волоконних елементів, які працюють в інфрачервоному діапазоні.

4.7. Скло оптичне кварцове

Скло оптичне кварцове - це однокомпонентне силікатне скло на основі кремнезему SiO_2. Воно має наступні фізико-хімічними властивості:

1) Прозорість у широкому діапазоні хвиль і радіочастот.
2) Висока термостійкість.
3) Хімічна і радіаційна стійкість.
4) Малий коефіцієнт лінійного теплового розширення.

Оптичне кварцове скло застосовують для виготовлення прозорих люків літальних апаратів, кутових відбивачів, активних елементів ОКГ, оболонок джерел світла й інших оптичних деталей, що зазнають різких температурних впливів. У залежності від основної області спектрального пропускання випускається оптичне кварцове скло наступних марок: КУ1, КУ2 - прозорі в ультрафіолетовій області спектра, КВ, КВР - прозорі у видимій області спектра, КS - прозорі в інфрачервоній області спектра.

4.8. Оптичні ситали

Ситали - це особливий клас склокерамічних матеріалів, що мають мікрокристалічну структуру з кристалами розміром не більш 1-2 мкм, рівномірно розподілених по всьому обсязі склоподібної речовини. Оптичні ситали відрізняються особливо тонкою зернистою структурою, розміри кристалів не перевищують довжини напівхвилі видимої ділянки спектра.

Оптична щільність кристалів і склоподібної маси збігається чи близька між собою, що виключає світлорозсіювання на границях розділу фаз (скло – кристал). Ситали мають підвищену в порівнянні зі склом термостійкість, механічну міцність і твердість. Коефіцієнт лінійного розширення деяких марок приблизно дорівнює нулю. В оптичній промисловості застосовуються ситали: СО115М, СО156, СО21.

СО115М - термостійкий ситал із малим близьким коефіцієнтом лінійного теплового розширення. Застосовують для виготовлення оптичних деталей у який не допускається зміна форми поверхні зі зміною температури: астрономічні дзеркала, оптичні деталі гіроскопів, підставки інтерферометрів.

СО156 - ситал із малим коефіцієнтом лінійного теплового розширення. Відрізняється підвищеною прозорістю у видимій області спектра і кращою однорідністю. Застосовують для виготовлення пробного скла і деталей вимірювальної техніки.

СО21 - ситал із малим коефіцієнтом лінійного теплового розширення в межах від 0 до + 350 °С. Має максимальну термостійкість (до +700 °С) і максимальну відносну твердість по зшліфовуванні. Застосовують для виготовлення деталей приладів лазерних гіроскопів і приладів працюючих у космосі.

Закріплення матеріалу:

1. Типи і позначення кольорового скла.
2. Призначення кольорового скла.
3. Особливості безкисневого скла.
4. Основні властивості кварцового скла.
5. Характеристики ситалів.

РОЗДІЛ 1.ВЛАСТИВОСТІ ОПТИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ

Лекція 5

ОРГАНІЧНЕ СКЛО І ОПТИЧНІ КЛЕЇ

Мета лекції: ознайомлення з оптичними полімерами та оптичними клеями.

Зміст лекції:

5.1. Оптичні полімери
5.2. Оптичні клеї

5.1. Оптичні полімери

Полімерами (органічним склом) називають хімічні сполуки молекули якого складаються з великого числа атомних угруповань, з'єднаних хімічними зв'язками в довгі ланцюги. По будові вони поділяються на лінійні і сітчасті. В оптичному виробництві полімери застосовують для виготовлення оптичних деталей невідповідального призначення, а також для виготовлення оптичних клеїв.

Більшість полімерів використовуваних в оптичному приладобудуванні – це поліметилметакрилат, полістирол, полікарбонат, які є аморфними термопластами і знаходяться при кімнатній температурі в склоподібному стані. При підвищенні температури полімери переходять зі склоподібного стану у високо еластичний, а потім у в'язко текучий. При зниженні температури проходять усі три стадії в зворотному напрямку.

Термореактивні полімери при підвищенні температури полімеризуються і набувають сітчастої структури. Процес затвердіння цих полімерів необоротний, тобто прийнявши при нагріванні визначену форму, вони надалі не змінюють свого стану.

До позитивних характеристик органічного скла відносять: низьку щільність, малу крихкість і невисоку вартість. Недоліки: невисока оптична однорідність, низька твердість і абразивостійкість, мала теплостійкість, високий коефіцієнт термічного розширення (у 10 разів більше, ніж у скла), здатність накопичувати статичну електрику, природне старіння (жовтіння).

Показник заломлення n_e полімерів знаходиться від 1,49 до 1,58, а коефіцієнт дисперсії ν від 57,6 до 29,9 Дослідження показали, що структура полімерів являє собою складні надмолекулярні утворення у виді глобул, дондритів і доменів, що є однією з причин оптичної неоднорідності. Іншою причиною оптичної неоднорідності органічного скла вважають ефект подвійного променезаломлювання, який виникає через орієнтацію полімерних молекул і наявність залишкового полімеру, що має показник заломлення який значно відрізняється від основного полімерного середовища.

Полімери прозорі у видимій і ближній інфрачервоній області спектра. У довгохвильовій області вони прозорі тільки у вузьких ділянках спектра.

5.2. Оптичні клеї

Для склеювання оптичних деталей між собою використовують спеціальні оптичні клеї, що повинні мати наступні властивості:

1. Високий ступінь прозорості, чистоту, оптичну однорідність;

2. Відповідність показника заломлення значенню однієї з деталей, що з'єднуються;

3. Перехід у твердий стан без деформації деталей;

4. Високу механічну стійкість, волого -, термо -, морозостійкість з'єднання.

У залежності від функціонального призначення компонента, що склеюється, і умов його роботи, значимість умов різна. Чисельні значення параметрів оптичних клеїв приведені нижче в таблиці.

Бальзам — це клей одержуваний шляхом переробки живиці, піхтових дерев, до складу яких входить скипидар, каніфоль, летучі ефірні олії. Бальзам може бути двох видів: звичайний і пластифікований. Пластифікатор вводять для підвищення пластичності клею і стійкості з'єднання, що склеюється, в умовах низьких температур. Властивості бальзаму характеризують твердістю, кількісно її оцінюють числом пенетрації, вираженим у сотих частках міліметра, глибиною занурення голки пенетрометра в речовину в стандартних умовах іспитів. По твердості бальзам розділений на наступні групи:

ВТ – дуже твердий;

Т – твердий;

С – середній;

М – м'який;

ВМ – дуже м'який.

По цій же ознаці бальзам розділений на марки. Основні недоліки клею:

1) Вузький температурний інтервал, у якому можуть працювати деталі;

2) Їхня деформація, що виникає при склеюванні;

3) Порушення центрування.

Позитивні якості – це здатність витримувати велике число розплавлювань без істотної зміни властивостей, можливість зменшення деформації склеєного компонента його відпаленням (нагрівши до $+60^0 C$) і наступним охолодженням зі швидкістю $0{,}5^0 C$ в годину. Клей застосовують для з'єднання лінз малих розмірів.

Бальзамін – це продукт часткової полімеризації карбінолу. Може знаходитися в рідкому, в'язкому і твердому стані. Рідкий бальзамін – це напівфабрикат в'язкого, одержують перегонкою карбінолу у вакуумі. Твердий бальзамін одержують після склеювання деталей у ході подальшої полімеризації. Світло і тепло прискорюють цей процес. Бальзамін застосовують для з'єднання деталей, що стійкі до деформації, яка виникає при склеюванні деталей, які відповідно до умов експлуатації повинні витримувати динамічне навантаження, вібрацію, тепловий удар, низькі і високі температури. Деталі , що з'єднуються не потребують попереднього нагрівання, але для прискорення процесу полімеризації компоненти клею нагрівають при температурі $60^0 - 70^0 C$. Повна полімеризація відбувається протягом доби при температурі $25^0 - 30^0 C$. Найбільша міцність з'єднання має місце при товщині шару клею 0,005 – 0,006 мм. У твердому стані бальзамін не розчинний у бензині, гасі, оліях. Неправильно склеєні деталі можна роз'єднати ударом по шву з'єднання при зниженій температурі ($-10 \div 20^0 C$), охолодженням рідким повітрям чи нагріванням до $200^0 C$. Основні негативні якості бальзаміну – оптична неоднорідність, мала еластичність.

Бальзамін-М відрізняється від розглянутого вище компонентами окислювально-відновної системи, що відіграють роль ініціатора і прискорювача полімеризації. Завдяки їх високій каталітичній активності процес полімеризації клею йде при температурі $18 - 26^0 C$. Він оптично однорідний; застосовують для з'єднання деталей будь-якого розміру і відношення товщини до діаметру, деталей зі світлоділильними покриттями, світлофільтрів, поляроїдів. Деталі, що склеюються, не нагрівають і після з'єднання термообробці не піддають.

Клей акриловий – розчин низькомолекулярного сополімеру метил -, і бутилметакрилата в ксилолі. Застосовують для склеювання поляроїдів, деталей із силікатного скла, кальциту, квасців, світлофільтрів і клинів з желатиновими і полівініловими плівками, а також для з'єднання деталей зі скла з металами (крім олова, хрому, інвару, ковара). Склеюванні деталі , не нагрівають, тому їхня деформація при висиханні клею незначна. Для підвищення механічної міцності з'єднання шар висушують при $50 - 90^0 C$ до повного випаровування розчинника.

Розклеювання компонента здійснюють зануренням у ацетон чи ксилол, а також нагріванням до $120-150^0 C$.

Клей УФ-235М – розчин полімеру моновінілацетату в циклогексанолі. Використовують для з'єднання деталей з матеріалів, прозорих в УФ області спектра від 220 нм. Склеюванні деталі, повинні бути нагріті до $60^0 C$, а клей до $90^0 C$ для видалення з нього пухирців повітря. Компонент розклеюють зануренням в етиловий спирт чи нагріванням до $120^0 C$.

Клей ОК-60 – розчин кремнійорганічної смоли в тетрахлоретані. Його застосовують для склеювання деталей із кристалів, прозорих у видимій і ИК областях спектра (до 8 мкм). Компонент сушать при кімнатній температурі протягом 24 г., потім для видалення розчинника прогрівають 2 г. при $120^0 C$. Розклеюють з'єднання зануренням в ацетон на 6 – 7 г.

Клей ОК-50 – розчин поліамінів, що виконують роль пластифікатора-затверджувача у рідкій модифікації діанової епоксидної смоли. Його застосовують для склеювання деталей, які працюють у вологому тропічному кліматі і стикаються з морською водою, для з'єднання скла з металом (крім олова, хрому, інвару, ковара). Гарна агдезія клею до скла визначає високу механічну міцність з'єднання. Мала еластичність обмежує різницю коефіцієнтів термічного розширення матеріалів, що з'єднуються. Твердіє клей при кімнатній температурі і деформації деталей не викликає. При достатній твердості їхньої конструкції, чи ненормованій величині деформації, склеєний компонент для прискорення процесу полімеризації клею і отримання їм волого -, водостійкості прогрівають при 60°С протягом 3 – 5 г.

Клей ОК-72Ф – розчин, який являє собою суміш двох компонентів: епоксидної смоли ЭД-5, розчиненої у фенілгліцидному ефірі і вератоні, і певної фракції поліетиленполіамінів, модифікованої фенілгліцидним ефіром. Використовують для склеювання деталей із кристалів, зі скла з різними покриттями, деталей, що працюють в умовах вологого тропічного клімату, з'єднання скла з металом, для герметизації міжфасочного простору деталей, склеєних бальзаміном і бальзамом при подальшому запресуванні компонента в оправи. Твердіє клей при кімнатній температурі і деформації деталей не викликає.

Клей ММА – суміш двох розчинів епоксидної смоли в перегнаному мономері метилметакрилату. Один з них містить триаллілцианурат і

диметилапілін, інший перекис бензолу. Тривалість робочого стану клею після змішування компонентів – близько 20 хв. Полімеризується при кімнатній температурі і деформації деталей не викликає. Клей не токсичний. Використовують його для з'єднання деталей зі скла діаметром до 900 мм, що працюють у різних кліматичних умовах.

Сплав ТКС-1 – термопластичний клей, використовуваний для з'єднання деталей з матеріалів з коефіцієнтами заломлення n_e>2 (арсенід і антимонід індію, германій, кремній, скло ІКС-24, ІКС-26, ІКС-30 і ін.), однаковими коефіцієнтами термічного розширення і деталей які допускають можливість нагрівання до 170 ° С.

Таблиця 5.1 Властивості оптичних клеїв

ОК-72Ф	ОК-90	ОК-60	Бальзамін-М	Бальзам	Акриловий клей	УФ-235М
Прозора рідина слабкого жовтого кольору			Прозора безколірна речовина.			
В 5 см. клею допускається не більше 10 пилинок (ворсинок), які видно при 6* збільшенні в пучку, що сходиться на темному фоні.			Рідке	Тверде	Рідке	Студене
0,6-0,8	5 при 18-20°С	Не обмежена	0,6 при 18-20°С	До 8 в розплаві	Не обмежена при герметизації	Не обмежена
0,35-0,5	0,2	0,2-0,26	0,2-0,5		0,2-0,5	Не регламентована
Більш $60\cdot10^{-7}$		До $30\cdot10^{-7}$	До $60\cdot10^{-7}$	До $30\cdot10^{-7}$		До $60\cdot10^{-7}$
1,586± 0,002	1,541 1± 0,001	1,515 1± 0,002	1,518± 0,001	1,53± 0,01	1,4861± 0,001	1,462± 0,002

Продовження таблиці 5.1

Параметр		ОК-60	Бальзамін-М	Бальзам	Акриловий клей	УФ-235М	ОК-50П
Зовнішній вигляд		35	40-60	40-60	100	40-60	
Чистота		+150	+120	+50	+80	+50	
Період робочого стану, г.		-60	-90	-60			0,5
	2-3 при 18-20°C	Не стійкий	6-8	5-7		Більш 30	0,2-0,5
В'язкість при 20°C, Па·с	0,2-0,5						
Допустиме Δα склеюванног	До $30 \cdot 10^{-7}$	14,5	10,5	Не регламе	40-50	40-60	До $60 \cdot 10^{-7}$
n_D твердого клею при 20°C	1,5191 ± 0,002	5	10	-	-	-	1,580 1± 0,002

Продовження таблиці 5.1

Параметр	Бальзамін	ОК-50П	ОК-72Ф	ОК-90
Міцність на розрив 10^{-5} Па	40-60	100	100-130	160
Теплостійкість, °С	+80	+130		+200
Морозостійкість, °С (не менш)	-60	-170		-120
Вологостійкість при 98% відносної вологості і температурі	8-10	7-10	70	20
Усадка, %	14,0	6,5-7	3,6	8,0
Термоудар в діапазоні від +50 до – 60° С, циклів (не	5	30	45	5

Закріплення матеріалу:

1. Для виготовлення яких деталей використовують полімери.
2. Основні особливості полімерів.
3. Властивості оптичних клеїв.
4. Використання оптичних клеїв.
5. Показники оптичних клеїв.

РОЗДІЛ 2.ВИРОБНИЦТВО ОПТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лекція 6

МЕТОДИ СКЛОВАРІННЯ

Мета лекції: вивчення технологічності скла та поняття сировинні матеріали; підготовка скломатеріалу; розрахунок і готування шихти.

Зміст лекції:

6.1. Технологічність складів скла
6.2. Сировинні матеріали
6.3. Підготовка скломатеріалу
6.4. Розрахунок і готування шихти

6.1.Технологічність складів скла

Склад оптичного скла назвемо технологічним, якщо для його виготовлення з заданими значеннями оптичних параметрів можна застосувати перевірений економічно ефективний технологічний прийом з урахуванням всіх особливостей виробництва. Основна задача при варінні оптичного скла дістати для даної марки значення показника заломлення і дисперсії задані ГОСТом.

Виконання цієї задачі приводить до багатокомпонентного складу сумішей і створює ряд труднощів у здійсненні процесу варіння високоякісного скла. Оптичне скло багатьох марок нетехнологічне: пузирне, тугоплавке, дуже часто утруднені підготовка й очищення сировинних матеріалів, виготовлення посудин для варіння і мішалок, регулювання процесу варіння.

Інша важлива задача одержати високий ступінь однорідності оптичного скла будь-якої марки. Рішення цих задач визначає всю технологію виробництва оптичного скла. До складу деяких особливих марок скла можуть узагалі не додаватися склоутворюючі оксиди.

6.2. Сировинні матеріали

Кислотні, лужні і лужноземельні оксиди уводять до складу скла у виді природних матеріалів, продуктів хімічної промисловості. Для одержання широкої номенклатури оптичних стекол високої якості і зокрема стекол, працюючих в інфрачервоній області випромінювання, застосовують скломатеріали у вигляді хімічно чистих реактивів, а замість кварцового піску - жирний кварц. У таблиці приведені головні хімічні компоненти, що використовуються для одержання скла. Скломатеріали використовують у вигляді зерен розміром від 0,05-0,03 мм. Зерна більшого розміру, особливо тугоплавких компонентів, погано проварюються і можуть залишатися в склі у вигляді каменів. Зерна меншого розміру бгаються і не проварюються. Матеріали, що поглинають вологу і CO_2 з повітря бгаються самі і бгають суміш, розпливаються створюючи неоднорідність складу суміші по її обсягу, що сприяє появі неоднорідностей в склі.

Домішки в суміші підвищують його світлопоглинання, офарблюють скло. Найбільш шкідливі: залізо, хром, нікель, мідь. У матеріалах, використовуваних для варіння оптичного скла, повинне міститися не більш: заліза - $200 \cdot 10^{-5}$%, нікелю - $5 \cdot 10^{-5}$%, хрому - $10 \cdot 10^{-5}$%, міді - $20 \cdot 10^{-5}$%. Крім основних (вище в таблиці) компонентів до складу скла в малих кількостях вводять прискорювачі, освітлювачі, знебарвлювачі.

Прискорювачі зменшують температуру варіння скла і сприяють освітленню скла: з'єднання фтору, B_2O_3, амонійні солі.

Освітлювачі сприяють видаленню пузирів зі скла в процесі варіння. Це триокис миш'яку, сурми.

Знебарвлювачі сприяють одержанню скла безкольорових відтінків, нейтралізують дію заліза, переводячи FeO у Fe_2O_3. Це триокиси миш'яку, сурми, селітра, NaCl, Na_2SO_4, фториди.

6.3. Підготовка скломатеріалу

Повний цикл підготовки скломатеріалів складається з технологічних операцій:

1) дроблення;

2) помол;
3) збагачення;
4) сушіння;
5) просів;
6) усереднення.

Скломатеріали проходять різні операції технологічного циклу підготовки в залежності від вихідного стану, у якому вони знаходяться: кусковому, сипучому, гігроскопічному. Скломатеріали зберігають у спеціальних складах, кожний в окремому відсіку, упакований у мішки, бочки, банки, а отрутні - у спеціальній вакуумній тарі, у закритому приміщенні. Підготовка кварцового борошна для скловаріння виконують на спеціальній технологічній лінії (рис.6.1). Шматки кварцу зі складу 1 подаються грейферним краном 2 в ячейки, що мають розмір 250×250 мм. З бункера лотковим живильником 4 звільняють по дорозі від землі і дрібних домішок, кварц подається в щокову дробарку 5, з якої виходять шматки розміром близько 50 мм. Вони подаються стрічковим конвеєром 6 і ковшовим елеватором 7 для промивання в бункер 8 і барабан 9 який обертається з частотою 10 об/хв (діаметр барабана близько 500 мм, довжина 2000 мм, нахилений під кутом у 3°. У барабан 9 разом зі шматками струменем попадає вода із сопів 10. Кварц відмивається і сповзає по лотку 11 у піч випалу 12.

Піч усередині футерована вогнетривким матеріалом, безупинно обертається зі швидкістю 2 об/хв, діаметр печі 800 мм, довжина печі 4000 мм і нахилена під кутом 2°. У печі створюється полум'я форсунками 13 при температурі 900°С, час проходження шматків 10-15 хв. З печі 12 кварц періодично подається на роторний підйомник 14 ковші якого в нижнім положенні проходять через бак 15 з холодною водою.

Далі кварц піднімається в бункер, вода зливається, а кварц підсушується внутрішнім теплом. Після різкого охолодження він втрачає міцність і в трубчастому кульовому млині 20 легко розмелюється. На стрічці транспортера 16 кварц обдувається із сопла 17 стисненим повітрям для очищення від дрібних часток, слюди і пилу. Помел обпаленого кварцу - у кульовому млині 20, барабан якого обертається зі швидкістю 28 об/хв, довжина барабана 6000 мм а діаметр - 1800 мм. На вхідному кінці млина знаходиться прийомне сито 21, на вихідному - контрольне сито 22.

Відсіви подаються по трубах 23 для повторного помелу, борошно в бункер запасу 25. Сортування обпаленого кварцу проводиться вручну на стрічковому конвеєрі 24. Шматки чорні, жовті з прожилками польового шпату відкидаються. Особливо чисті шматки відбираються для варіння особливо прозорих стекол, а потім підготовляють окремими порціями.

Кварцове борошно контролюють на зернистість і на зміст домішок заліза для встановлення сортності.

Застосовують ще і електрогідравлічні дробарки, у яких кварц руйнується сильними гідравлічними ударами. Збагачення кварцового борошна, яке видаляє домішки заліза до $3 \cdot 10^{-4}$% для виробництва особливо прозорих стекол виконують у киплячій HCl, яка розчинює залізо протягом 12 годин у порцелянових казанах.

Після зливу розчину кислоти борошно промивають дистильованою водою, що вирує під дією подачі знизу повітря. Після збагачення кварцове борошно сушать у кварцових сушарках. Тільки настільки ретельне готування і збагачення кварцу дозволяє варити надпрозоре скло з поглинанням 0,1-0,2%.

6.4.Розрахунок і готування шихти

Шихта - суміш попередньо підготовлених, відважених при визначеному співвідношенні і перемішаних до повної однорідності скломатеріалів. Частина компонентів шихти при нагріванні випаровується, іноді цілком. Деякі надходять через часткове розчинення стінок посудини (горщика) у якому варять скло. Набір матеріалів вибирають оцінюючи їхню технологічність, чистоту і ціну. Технологічність визначають малої гігроскопічністю, зернистістю і сипкістю. Ступінь чистоти скломатеріалів для скловарних заводів визначається можливістю одержання природних матеріалів, препаратів хімічних виробництв, які вимагають кондиції і їх економічно вигідною ціною.

Суміш скломатеріалу до засипання повинна бути сипучою і не цементуватися. Проварка складових шихти повинна наставати одночасно при близьких значеннях температур, щоб легко утворювалися потрібні хімічні сполуки. Зміст і склад газових середовищ повинний сприяти освітленню скла. Оксидам у суміші віддається перевага, але вони мають високу температуру варіння й утрудняють освітлення - у шихту додають солі.

Розрахунком установлюють скломатеріали, які необхідно ввести до складу суміші, що готується для варіння. Перехід від окислу в синтетичному складі скла до хімічних сполук, яким він вводиться через так називані шихтні множники, зведені в довідкові таблиці. Цей розрахунок враховує як зникнення так і добавляння деяких з'єднань у процесі варіння скла.

Розрахунок шихти служить основою для одержання заданих значень оптичних значень і припустимих значень світлопоглинання і кольору скла. Зважування в кількостях установлених розрахунком шихти з точністю до 0,1%. Зважування і змішування у визначеному порядку в залежності від сипкості і комкування матеріалів. Змішування відбувається в барабанах, які обертаються з частотою 20-40 об/хв. Контроль якості перемішування визначається пробами, які беруть із суміші в різних ділянках її обсягу, припустиме відхилення від середнього складу не повинне перевищувати 3%.

Закріплення матеріалу:

1. Умови технологічності скла.
2. Технологічні операції підготовки скломатеріалів.
3. Допустимі домішки металів в склі.
4. Що таке шихта?
5. В чому суть розрахунку шихти.

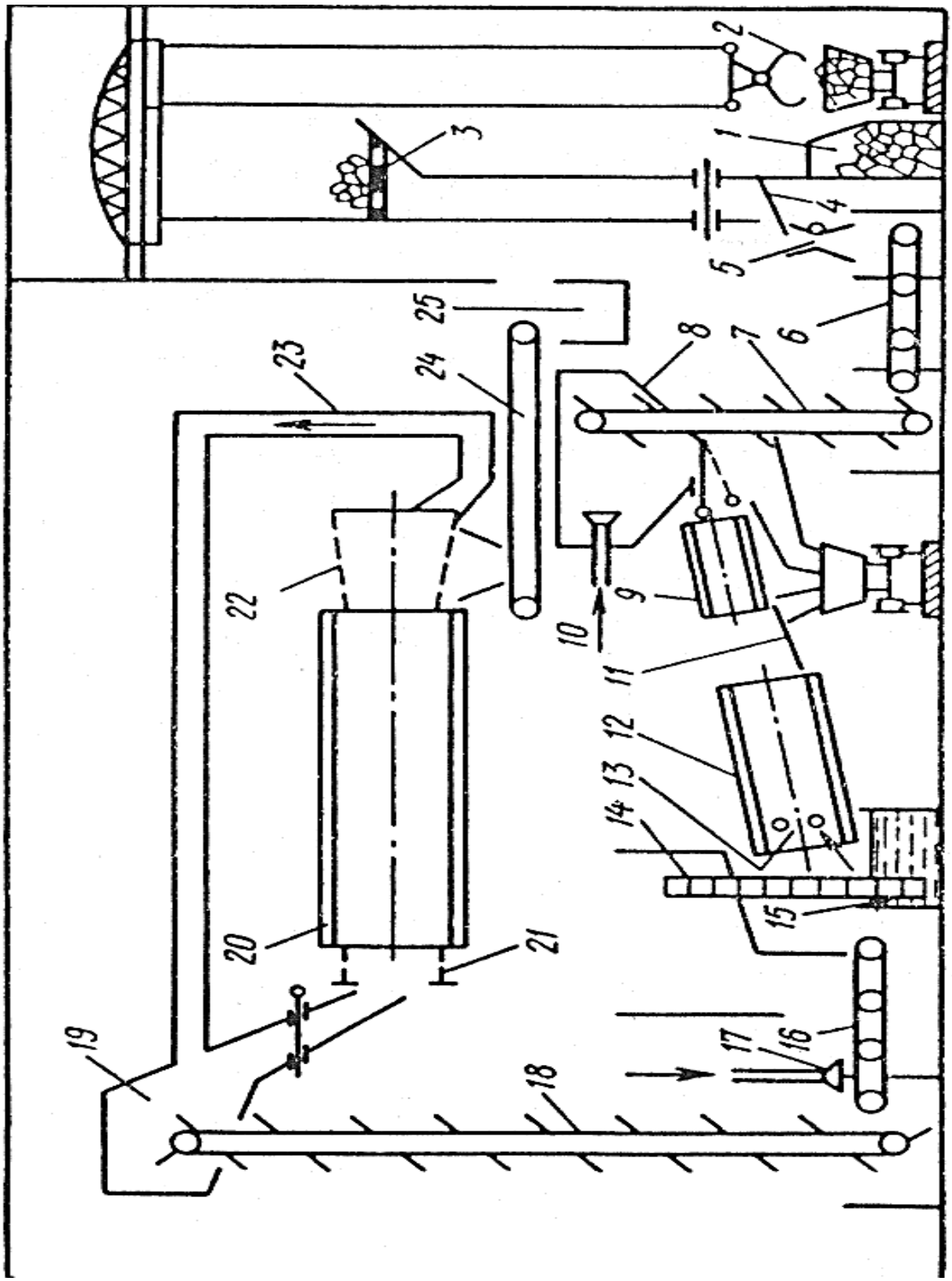


Рис. 6.1 Технологічна лінія підготовки кварцового борошна

Таблиця 6.1 Хімічні сполуки і компоненти скла

Компоненти скла	Оксиди	Гідрооксиди	Солі				
			Нітрати	Карбонати	Фториди	Фосфати	Борати
Al_2O_3	Al_2O_3	$Al(OH)_3$	-	-	AlF_3	$Al(PO_3)_3$	-
Sb_2O_3	Sb_2O_3	-	-	-	-	-	-
MgO	MgO	-	-	$MgCO_3$	MgF_2	$Mg(PO_3)_2$	-
ZnO	ZnO	-	-	-	ZnF_2	$Zn(PO_3)_2$	-
La_2O_3	La_2O_3	-	-	-	-	$La(PO_3)_3$	-
Li_2O	-	-	-	Li_2CO_3	LiF	$LiPO_3$	-
BeO	BeO	-	-	-	BeF_2	-	-
Tl_2O	-	-	$TlNO_3$	$TlCO_3$	-	-	-
GeO_2	GeO_2	-	-	-	-	-	-
TeO_3	TeO_3	H_2TeO_4	-	-	-	-	-

Примітка. R^{n+} - певний елемент з валентністтю n.

РОЗДІЛ 2.ВИРОБНИЦТВО ОПТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лекція 7

СПОСОБИ І УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВАРІННЯ ОПТИЧНОГО СКЛА

Мета лекції: поняття горшкові та ванні печі; скловарні посудини та мішалки; допоміжне устаткування.

Зміст лекції:

7.1. Горшкові печі
7.2. Ванні печі
7.3. Скловарні посудини
7.4. Скловарні мішалки
7.5. Допоміжне устаткування

7.1. Горшкові печі

Горшкові печі для варіння оптичного скла повинні витримувати тривалий термін нагрівання до 1000°С, забезпечувати можливість оперативного регулювання температури в печі з точністю $\pm 10^0 C$, мати окисний чи відновний характер атмосфери в печі.

Для реалізації технологічного процесу варіння оптичного скла високої якості і широкої номенклатури марок необхідні печі з маневреним тепловим режимом у межах температур 700 - 900°С та 1500 - 1600°С. В одній печі не можна варити одночасно скло двох марок, тому що вони мають різні теплові режими варіння.

Типова горшкова скловарна піч показана на рис. 7.1, складається з верхньої робочої частини розмірами 3500×3000×3000 мм, яка знаходиться над рівнем цеху, і нижньої, розмірами 7000×3000×3000 мм, що складається з регенераторів, розташованих під підлогою цеху.

Піч має чотири симетрично розташованих шахти **2** і **3** регенератори, заповнені цегельною кладкою, дві шахти **2** періодично перемикаються і

працюють для підігріву повітря, а дві шахти **3** – для підігріву горючого газу гарячими газами, які виходять з камери печі.

Шахти регенератора через насадні шахти **1** зв'язані з димоходом **10.** Кишені **4** служать для очистки печі від розплавленої шихти, яка не потрапила в горщик або виплеснулася з його при запіненні, і зняття піни.

Суміш повітря і газу утвориться у горілок. Далі полум'я попадає в робочу камеру **6**, у якій установлений скловарний горщик. У передній стінці печі є проріз, через який вставляється і виймається горщик, що закривається заслонкою **9**. У задній стінці печі є вікно **7** для засипання шихти, через яке також ведуть спостереження за варінням і освітленням при перемішуванні скломаси.

У центрі зводу по осі печі розташований отвір для введення і виводу пропелерної мішалки. Через цей отвір по трубах **8** подають і відводять воду для охолодження мішалки. Вся внутрішня поверхня робочої камери футерується вогнетривкою керамічною масою, яка витримує тривалий час при 1600÷1700°С.

7.2. Ванні печі

Ванні печі застосовують для варіння скла однієї марки у великій кількості. У ванних печах завжди є два басейни: варильний і випрацювальний, які розділені брусом і протокою під ним. Схема типової ванної печі показана нижче на рис. 7.2.

Скломаса переміщується уздовж печі під дією ваги шихти, що завантажується, і зниження рівня розплаву через вироблення скломаси з протилежної сторони. Ванні печі діють безупинно. Скломаса перемішується в них тільки за рахунок конвекційних потоків.

Для варіння невеликих порцій скла застосовують малі ванні печі, що діють періодично, і скломаса перемішується в них примусово. Верхня частина печі знаходиться над підлогою **10** скловарного цеху. Шихта піднімається через завантажувальну кишеню **1** у варильний басейн, у якому температура приблизно 1450°С підтримується з регенератора підігрітого повітря.

Температура регулюється термопарами **3**. Бруси **5** служать для напрямку конвекційних потоків скломаси. Через труби **15** при необхідності вирують скломасу. Через протоку **14** скломаса попадає у вибірковий басейн, знаходячись на загальному рівні **12.**

Скломасу перемішують з частотою 40 об/хв дві мішалки **6**, які можна переставляти по висоті. Спостереження за роботою печі і станом скломаси ведуть через люк **7**. Уздовж напрямку руху скломаси можна умовно виділити наступні ділянки:

А – засипання;
Б – варіння;
В – освітлення;
Г – протока;
Д – перемішування і гомогенізація;
Е – вироблення.

7.3. Скловарні посудини

Посудини (горщики) для варіння оптичного скла більшості марок роблять з високовогнетривких матеріалів. До скловарних горщиків пред'являються наступні вимоги:

1) Вогнетривкість до 1700° С протягом декількох сотень годин;
2) Механічна міцність у холодному і гарячому стані;
3) Стійкість проти роз'їдання стінок гарячою скломасою.

Горщики керамічні для варіння оптичного скла мають місткість від 0,3-0,9 $м^3$ і конструкцію, показану нижче на рис. 7.3. Діаметр горщика 900 - 1500 мм, товщина кромки 100 - 200 мм, а товщина дна і стінок внизу в півтора рази більше.

Сировинним матеріалом для виготовлення горщиків служать вогнетривкі глини і каолін. Глини вогнетривкі з температурою плавлення 1750°С складаються з полімінеральних сумішей гідросилікатів. Такі глини подрібнюють до часток 0,001 мм.

Каолін (біла глина) з температурою плавлення 1800°С відрізняється меншим забрудненням і більшою дисперсністю. Суміш глини і каоліну в співвідношенні 1:1 називають шамотом, який обпалюють до повної усадки для виготовлення горщиків.

7.4. Скловарні мішалки

Скловарні мішалки роблять пропелерними чи стрижневими шлікерним литтям чи металевим трамбуванням. Висота мішалки на 50 - 60 мм менше висоти горщика.

Формоутворення мішають литтям шлікеру в гіпсові форми, що дозволяє організувати потокову механізовану лінію великого числа мішалок у крупносерійному виробництві.

Шлікер – це колоїднодисперсна суміш твердих часток і електроліту, що при вологості 20 % заливають у гіпсові форми. Електроліт – це 5%-й розчин рідкого скла або карбонату натрію, що розріджує суміш і збільшує текучість маси.

Процес застигання шлікеру триває чотири доби, потім мішалки обпалюють і зберігають у муфельних печах при температурі 900 - 1200°С.

7.5. Допоміжне устаткування

Допоміжним устаткуванням служить вантажний кран вантажопідйомністю 5 тонн, що обслуговує печі варіння і випалу скла.

Використовують також стіл для прокату скла в лист. Розмір столу 1000×5000 мм. Стіл переміщається по рейках від печі до печі. Масивна чавунна плита столу ретельно оброблена на площину і вирівняна по горизонталі.

Вентиляція цеху побудована як витяжна. Великий об'єм тепла, яке виділяють печі, розподіляється по всьому простору цеху, висота якого 12-15 м і видаляється через отвір у даху, що забезпечує теплову рівновагу в зимовий і літній час.

Закріплення матеріалу:

1. Призначення горшкових печей.
2. Призначення ванних печей.
3. Ділянки і їх призначення ванної печі.
4. Скловарні мішалки.
5. Для чого використовують допоміжне обладнання.

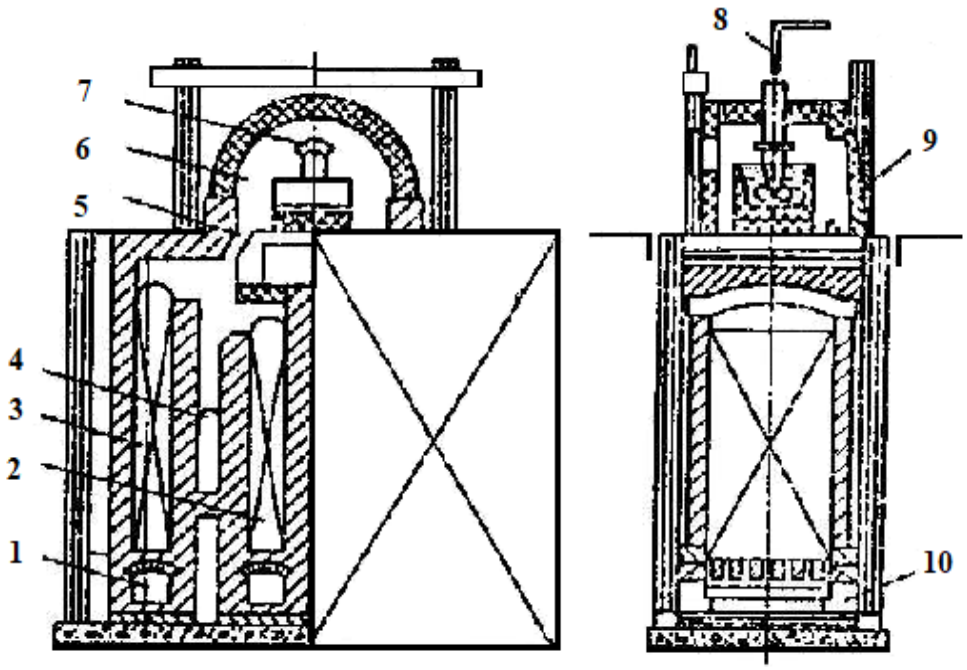


Рис. 7.1 Типова горшкова скловарна піч

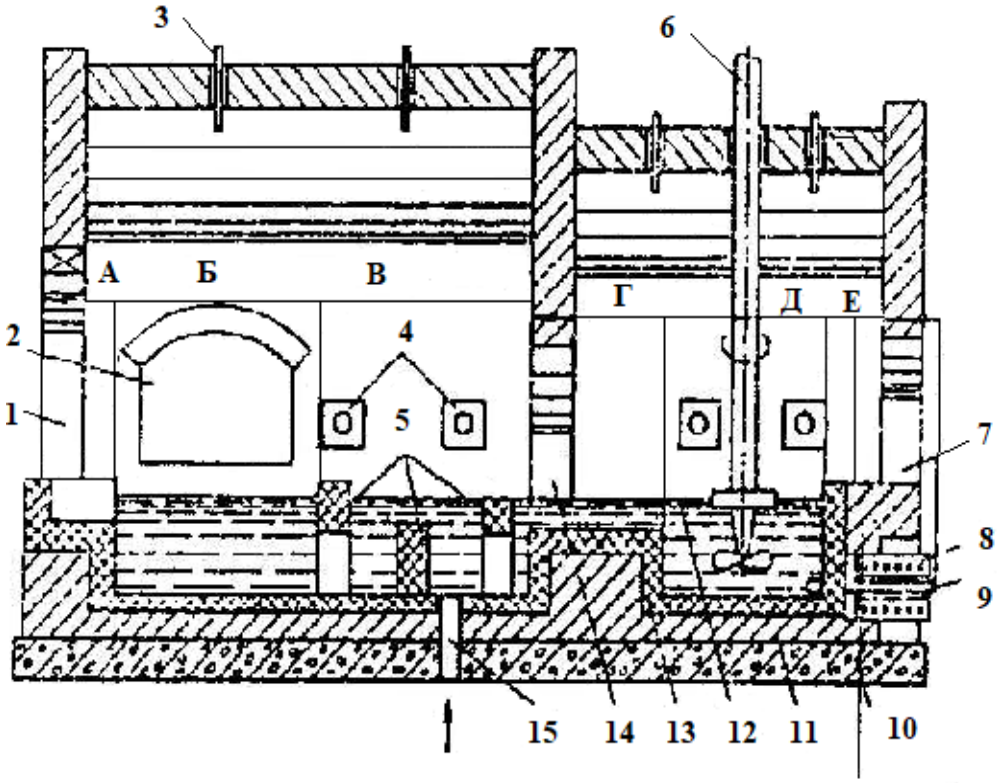


Рис. 7.2 Ванна піч для варіння оптичного скла

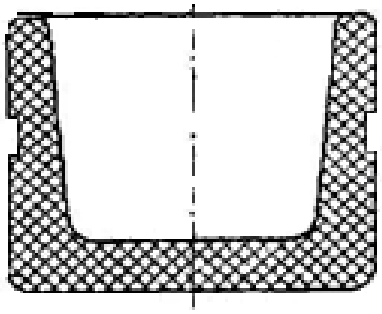


Рис. 7.3 Скловарний керамічний горщик

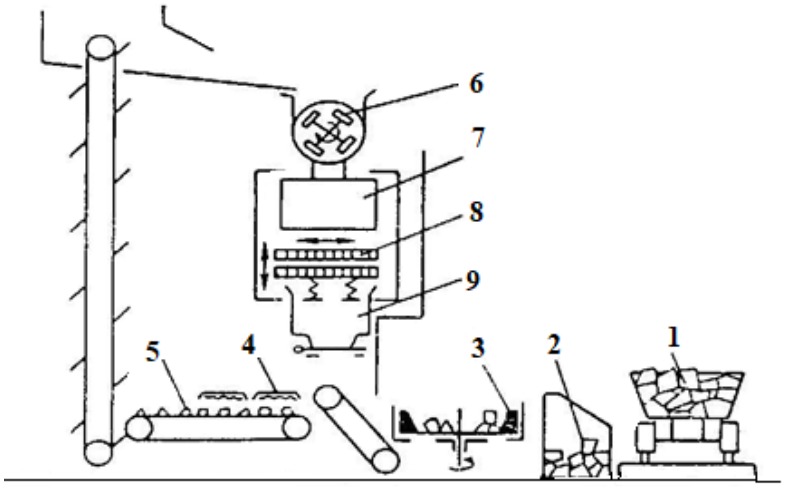


Рис. 7.4 Технологічна лінія підготовки глини

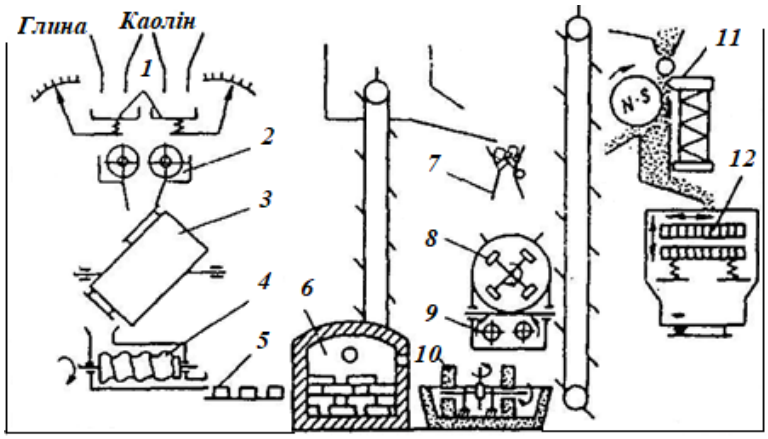


Рис. 7.5 Технологічна лінія готування шамоту

РОЗДІЛ 2.ВИРОБНИЦТВО ОПТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лекція 8

ПРОЦЕС ВАРІННЯ ОПТИЧНОГО СКЛА

Мета лекції: розгляд стадій процесу варіння оптичного скла та технологічні операції; пороки та дефекти скла.

Зміст лекції:

8.1. Стадії процесу варіння оптичного скла
8.2. Технологічні операції варіння оптичного скла
8.3. Пороки і дефекти скла

8.1. Стадії процесу варіння оптичного скла

Варіння – складний тепловий процес під час якого компоненти суміші скломатеріалу зазнають ряд фізичних і хімічних змін. Процес варіння скла можна умовно розділити на стадії:

1) Силікатоутворення;
2) Склоутворення;
3) Освітлення;
4) Гомогенізація;
5) Охолодження.

Склоутворення, освітлення і гомогенізація починаються одночасно. Після закінчення склоутворення останні стадії проходять спільно до завершення процесу варіння.

У результаті протікання кожної стадії змінюється стан скла у фізичному і хімічному відношенні по ознаках яких зручно розділити процес варіння.

Силікатоутворення починає відбуватися вже при температурі 400°С коли закінчуються основні хімічні реакції у твердих частках і випаровуються газоподібні сполуки, випаровується вода, а непрореаговані компоненти спікаються. З подальшим підвищенням температури плавляться евтектичні сполуки і деякі солі, тверді речовини розчиняються в розплавах і реакції прискорюються.

Більшість реакцій ендотермічні і для прискорення провару потрібна інтенсифікація подачі тепла.

Склоутворення починається коли скло являє собою ще пінистий розплав, що насичений частками шихти, кварцу і пухирцями газів. Кварцовий пісок розчиняється в розплаві силікатів, а силікати проварюються, скло стає прозорим, число пузирів і піна зменшується.

Склоутворення довготривале особливо для в'язких сумішей скла. Для низькотемпературних склоутворюючих необхідно інтенсивно збільшувати температуру, перемішувати скло мішалкою, бурхливим виділенням газів.

Освітлення полягає в звільненні скла від газових пухирців, тобто вирівнювання його у фізичному відношенні. Шихта містить до 18% зв'язних газів, що у більшості випаровується в печі але частина їх залишається у вигляді пухирців, розчинених у склі.

Гази виділяються з розплаву скла завдяки причинам: зміні хімічного складу, нерівномірному стану хімічно зв'язних компонентів, контакту з парами. З газів утворяться пузирі, що містять CO_2, CO, SO_2, O_2, пари води. Велика кількість пузирів робить скло не придатним для виготовлення оптичних деталей.

Щоб легше видалити пузирі потрібно зробити скло менш в'язким і створити в ньому висхідний потік. Для цього підвищують температуру на 100°С вище температури провару шихти, і інтенсивним механічним перемішуванням скла, добавкою до складу скла освітлювачів, які інтенсивно виділяють легкі пузирі O_2, які сприяють перемішуванню скла і видаленню важких пузирів із CO_2, CO.

Гомогенізація – процес приведення скла до стану хімічної однорідності. Внаслідок різнорідності вихідних гранулометричного і хімічного складу компонентів шихти рідке скло складається з часток малих об'ємів різних сплавів між якими є границі розділу.

Тепловий і механічний рух часток виникаюче при проварі й освітлені в склі, розтягує частки, що мають різний хімічний склад і показники заломлення, у потоки, одиночні волокна - звили. Вирівнювання складу потоків відбувається шляхом дифузії.

Гомогенізація прискорюється рухом пузирів, конвекційних потоків і мішалки, що розтягує потоки грубих свілей у тонкі волокна, які зникають у результаті дифузії.

Охолодження необхідне для одержання скла в'язкістю, що забезпечує її відлив зі скловарної посудини. При охолодженні в склі продовжуються процеси освітлення і гомогенізації.

Режим охолодження повинний втримуватися строго за графіком - щоб уникнути появи кристалізації, порушення теплової і концентраційної рівноваги, мимовільного виділення по всьому об'ємі газів у виді дрібних пузирів.

8.2. Технологічні операції варіння оптичного скла

Побудова технологічного процесу варіння оптичного скла різних марок у загальному однакові. Розходження полягає в графіку температурних режимів, і в часі затрачуваному на різні операції.

Регулювання процесу варіння має на меті одержання скла найвищої якості з мінімальними пороками і дефектами. Технологічний процес варіння оптичного скла поділяють на послідовно виконувані в часі операції:

1) виведення горщика;
2) засипання і провар шихти;
3) освітлення розплаву;
4) охолодження скла.

Виведення горщика полягає в тім, що скловарний горщик переміщають з печі випалу (температура 900-1000°С) у скловарну піч (температура 850-900°С). Горщик центрують відносно осі обертання мішалки для забезпечення рівномірності перемішування. Потім для підвищення опору стінок горщика гарячого скла його нагрівають до температури 1450-1500°С і витримують 2-4 години.

Потім охолоджують у печі до рівня необхідного для засипання шихти. Повний час виводка горщика – 10-15 годин.

Засипання і провар шихти – на дно горщика засипають поворотний бій з попереднього скла щоб створити на дні шар скла товщиною в кілька сантиметрів захищаючого дно горщика від роз'їдання суміші скла, що розплавляється.

Після бурління розвареного бою засипання суміші скломатеріалу роблять так, щоб вершина конуса, що утворився, була на рівні зрізу горщика.

Зверху цей конус покривають шаром бою для прискорення утворення розплаву і зменшення зникнення компонентів шихти. Шихту засипають у 3-5 прийоми, послідовно перемішуючи шихту і поворотний бій.

Освітлення розплаву починається з підвищення температури в печі на 100°С і бурління скла – беруть мокру осикову цурку, набивають на кінець стрижня з жароміцної сталі, яка не утворює оксиди і водять цурку в кругову не торкаючись стінок горщика при цьому вода з цурки випаровується й утворить багато великих пузирів які викликають бурління скла.

Потім вводять у скло розігріту попередньо мішалку, починають перемішування при малій частоті обертання, тому що розплав ще в'язкий, особливо в нижніх, більш холодних шарах.

У початковий період перемішування сприяють температурі скла по вертикалі і проварюють шихту. Потім поступово збільшують швидкість обертання до затвердіння провару шихти, тобто коли починається інтенсивне видалення пузирів. Тривалість освітлення розплаву – 4-5 годин.

Охолодження скла починається після того коли кількість пузирів зменшується до припустимої межі. Спочатку охолодження ведуть зниженням температури на 50-60°С/год, і не зменшують частоти обертання мішалки тому що освітлення розплаву ще продовжується.

При досягненні розплавом в'язкості 10 Па·с з поверхні скла знімають шар скла з піною на глибину до 50 см. Потім швидкість мішалки збільшують, щоб звільнити скло від хімічних неоднорідностей – гомогенізувати. Зі зниженням температури в'язкість скла підвищується, і швидкість мішалки зменшується.

При в'язкості 500-1000 Па·с мішалку витягають, відкривають піч і вивозять скловарний горщик, потім починається етап обробки скла. Охолодження скла триває до 35-40 годин.

8.3. Пороки і дефекти скла

Пороки оптичного скла – сторонні включення: пузирі, свілі, кристали і камені, що утворяться в процесі варіння скла в скловарних посудинах через роз'їдання і відколювання їхніх стінок.

Дефекти оптичного скла – відхилення фактичних значень показника заломлення, дисперсії і світлопоглинання від номінальних значень,установле-

них для даної марки скла відповідними нормативними документами і технічними умовами на його виготовлення.

Пузирі завжди є в склі – мають розмір 0,01-5 мм, великі пузирі легше виходять зі скла в процесі його варіння, а дрібні залишаються в скломасі. Найменш пузирні – крони, легкі флінти і флінти, найбільше пузирні – важкий крон і важкий флінт.

Головний спосіб видалення пузирів і зменшення пузирності скла, відповідно – підвищення температури варіння й інтенсивне перемішування скломаси в скловарних посудинах.

Свілі виявляють у склі як поділ об'ємів скла, що відрізняються один від іншого показниками заломлення і хімічним складом. Бувають грубі шаруваті і тонкі одиночні нитковидні свілі. Різниця показників переломлення у свільних об'ємах оптичного скла коливається від 10^{-6} до $0{,}1 \cdot 10^{-6}$.

Свілі утворюються також у результаті розчинення матеріалу стінок горщика і корпуса мішалки в скломасі, що приводять до зміни хімічного складу звареного скла. Щоб позбутися від них необхідно проводити інтенсивне перемішування і поступове повільне охолодження скла.

Кристали виділяються із самої скломаси, або привносяться в неї вогнетривом. Відповідно ДО ДЕРЖСТАНДАРТУ 3514-76 розміри кристалів прирівнюються до пузирів. При порушенні режимів варіння може початися неприпустима кристалізація скла. Щоб її уникнути необхідно якнайшвидше проходити температурну область кристалізації скломаси.

Камені приносяться в скло ззовні, досить рідкий порок скла, може виникати ще через роз'їдання скломасою дна горщика. Шматок кераміки від горщика потрапляє в скло, під її впливом округляється, зменшується в розмірах і перетворюється в тонку свіль.

Відхилення показника заломлення n_e і дисперсії $n_{F'}-n_{C'}$ – відбуваються через привнесення в скло компонентів роз'їдання стінок горщика і нерівномірності розчинення компонентів суміші сировинних матеріалів у процесі варіння. Ці два процеси утрудняють одержання гарної повторюваності складу скла від одного варіння до іншого в промислових умовах.

Світлопоглинання в оптичному склі досягає 0,4-1,5 % на 1 см довжини ходу променя світла в скломасі, а у надпрозорому склі 0,1-0,15 % на 1 см ходу променя світла, відповідно. Основна причина підвищення світлопоглинання –

це наявність додаткових домішок у скломатеріалі, поворотному бої, кераміці горщиків і мішалок.

Найбільш шкідливі домішки – окисли заліза, хрому, нікелю, кобальту, що підвищують світлопоглинання в склі. Зниження світлопоглинання досягається шляхом використання хімічно чистих і ретельно збагачених скломатеріалів скловаріння, застосуванням технологічного оснащення додатково захищеної від зіткнення сировинної шихти з залізними корпусами використовуваного технологічного устаткування.

Закріплення матеріалу:

1. В чому полягає варіння оптичного скла.
2. Операції варіння оптичного скла.
3. Порки скла.
4. Дефекти скла.
5. Стадії процесу варіння скла.

РОЗДІЛ 2.ВИРОБНИЦТВО ОПТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Лекція 9

ВИРОБНИЦТВО СКЛА З ОСОБЛИВИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ І ВИРОЩУВАННЯ КРИСТАЛІВ

Мета лекції: ознайомлення з оптичнім кольоровим, кварцовим, безкисневим стеклами; вивчення методів вирощування кристалів з розчину або з розплаву.

Зміст лекції:

9.1. Кольорове оптичне скло
9.2. Оптичні сити
9.3. Оптичне кварцове скло
9.4. Безкисневе скло
9.5. Методи вирощування кристалів з розчину або розплаву
  9.5.1. Вирощування кристалів з розчину
  9.5.2. Вирощування кристалів з розплаву

9.1. Кольорове оптичне скло

Варять із шихти основного Ca-Na, Ca-K-Na стекол, до складу яких додатково вводять барвники в кількості 0,2 – 10% по масі. У якості основних молекулярних барвників використовують з'єднання:

1. Co (CoO) – фарбують у синій колір;
2. Cu і Fe (Cu і Fe) – фарбують у червоний колір;
3. Ni (Ni) – забарвлюють у фіолетовий колір;
4. Cr (Cr_2O_3 и CrO_3) –забарвлюють скло в зелений, жовтий і жовтогарячий кольори;
5. Fe_2O_3 - поглинають інфрачервоне випромінювання – теплофільтри.

Крім концентрації барвників на колір скла впливають температурні умови, тривалість варіння, окисно-відновні властивості печі, співвідношення в складі основного скла кислотних і основних оксидів.

Це зв'язано з тим, що такі барвники як Cu, Cr и Fe мають перемінну валентність у з'єднаннях з O_2 і утворюють за певних умов солі з різним кольором.

9.2. Оптичні сити

Оптичні сити мають основу зі скла $Li_2O, Al_2O_3 - SiO_2$. Кристалізація в склі викликається введенням у його сполуку каталізатора TiO_2 і наступною обробкою у твердій фазі.

Термообробка відбувається в електропечах по режиму, що передбачає два ступеня витримки (рис 9.1).

- 1-а витримка при температурі T_1=880°C забезпечує умову для рівномірного утворення множинних центрів кристалізації по всьому об'ємі.

2-а витримка при температурі 1800°C – інтенсивне зростання кристалів до заданих розмірів. Оптичні сити випускають у виді заготовки, що мають форму дисків або аркушів з найбільшим розміром до півтора метрів.

9.3. Оптичне кварцове скло

Оптичне кварцове скло варять із природного гірського кварцу, що попередньо піддається ретельному сортуванню, комплексному збагаченню і помелу на крупу розміром зерен до 0,1 мм. Припустимий зміст сторонніх домішок не повинний перевищувати $3 \cdot 10^{-4}$ %.

Одним з основних методів варіння кварцового скла є вакуум – компресійний. Для цього кварцову трубку завантажують у тигель вакуумно-компресійної печі і нагрівають під вакуумом до розплавлювання при температурі Т=1800°-1850°С. Після цього в піч під тиском подається газ: азот, аргон або вуглекислота.

Вакуумні міжшматкові порожнечі скла під тиском газу розпресовують і скло після охолодження виходить безпузирним. Особливо чисте оптичне кварцове скло одержують у полум'ї водню і кисню за допомогою установки, показаної на рис. 9.2.

У процесі варіння шихту подають через електричний муфель **4** у камеру **3**, де часточки шихти підхоплюються полум'ям пальника **5** і, розплавляючи на лету, попадають на розігріту підкладку **1**, яка повільно обертаючи, відводиться в міру наплавлення муфеля **2.**

9.4. Безкисневе скло

Безкисневе скло варять з матеріалів, що не мають у своєму складі кисню. Основним компонентом є аурипігмент – природний мінерал, що містить до 50% миш'яку.

Безкисневе скло варять у запаяних кварцових ампулах, з яких попередньо відкачують повітря до тиску 0,1 Па. Ампули поміщають в електричні печі і нагрівають до 600°С. У процесі варіння для розмішування скломаси печі з ампулами роблять коливальні рухи.

Зварена скломаса обпікається безпосередньо в ампулах. Остиглі ампули розбивають і витягають скло. Це скло дуже отруйне через вміст у них миш'яку! Тому треба працювати з ними в спеціальному одязі або витяжних шафах.

9.5. Методи вирощування кристалів з розчину або розплаву

Утворення і ріст кристала – це складний фізико-хімічний процес, зв'язаний зі стрибкоподібним переходом з неупорядкованого стану речовини (розплаву, розчину, пари) у кристалічну фазу. Перехід у кристалічний стан відбувається при строго визначеній для кожної речовини температурі кристалізації.

Необхідна умова початку кристалізації – порушення рівноваги системи. Наприклад, шляхом переохолодження або перенасичення. Процес кристалізації складається з двох етапів:

1. Утворення кристалічного зародка;
2. Ріст зародка в кристалі.

Дуже часто центром кристалізації є не щойно мимовільно утворений зародок, а сторонні частки (порошини, домішки, стінки посудини). Це явище широко використовується в технології вирощування кристалів, коли в розчин або розплав вводиться кристалик-запал зі строго визначеною кристалографічною орієнтацією.

Після появи кристала-зародка (введення запалу в рідку фазу) починається спонтанне відкладення на ньому речовини, що утворить багатогранний кристал.

Вирощування кристалів здійснюється кристалізацією з розчину, розплаву або газової фази.

9.5.1. Вирощування кристалів з розчину

Одержують кристали речовин, що утворять пересичені розчини. Розчинниками служать вода, ацетон, толуол і лужні розчини. Умови перенасичення розчину створюють за рахунок випару розчинника, зниження температури або створення температурного градієнта; для вирощування, звичайно використовують затравочні кристали. У процесі росту кристала розчин перемішують.

Цей спосіб простий, не вимагає складного устаткування, але для вирощування оптичних кристалів застосовується рідко. Більш досконалим є гідротермальний синтез, що реалізується за допомогою установки, показаної на рис. 9.3.

За допомогою цієї установки вирощують кристали кварцу. В автоклав **1** засипають роздрібнений природний кварц **4**, потім заповнюють лужним розчинником і поміщають усередину рамку **2** із затравочними кристалами. Після цього автоклав закривають і встановлюють в електричну піч, де розчин нагрівають до 400°С. Під дією температури усередині автоклава утвориться тиск $3 \cdot 10^8$ Па. При цих умовах кварц інтенсивно розчиняється в лузі і утворює насичений розчин. Температуру у верхній частині автоклава підтримують на 20°С нижче, ніж у нижній, тому там утворюється зона кристалізації.

Завдяки температурному градієнту і перфораційним ґратам **3** створюються конвекційні потоки розчину, що забезпечують його перемішування і подачу свіжого перенасиченого розчину у верхню кристалізаційну зону автоклава. Швидкість росту кристалів досягає 1 мм у добу. Вирощують кристали масою до 800 гр.

9.5.2. Вирощування кристалів з розплаву

Метод Чохрольского реалізують за допомогою установки, показаної на рис. 9.4; застосовують для одержання кристалів Ge, Si, GaAs, InAs шляхом витягування їх з розплаву. В трохи перегрітий розплав **4**, поміщений у тигель **5**, опускають монокристальний запал **1**, що має задану кристалографічну орієнтацію. Оплавляють поверхню затравочного кристала для видалення дефектів поверхневого шару і, регулюючи потужність нагрівача **6**, поступово знижують температуру розплаву.

Потім затравочний кристал повільно піднімають нагору, одночасно обертаючи його з частотою 60 об/хв, що викликає перемішування розплаву і зменшення впливу нерівномірного розподілу температури в розплаві. Обертаючись запал захоплює за собою стовпчик розплаву, що, піднявшись над поверхнею, потрапляє в зону знижених температур, де і відбувається кристалізація.

Відсутність контакту кристала зі стінками тигля, можливість спостереження за процесом росту кристала, робота під вакуумом або в захищеному середовищі дозволяє одержувати великі, досконалі за формою кристали, масою до 4 кг.

Метод Кіропулоса. Вирощують лужноголоїдні кристали з розплаву кремнію. Установка показана на рис.9.5. Відмінність від методу Чохрольского:

фронт кристалізації розташований під дзеркалом розплаву. Вихідна кристалічна сіль **2** розплавляється в циліндричному тиглі **4** і нагрівається до температури, на 100°С більше температури плавлення. На поверхню перегрітого розплаву опускають закріплений на охолоджуваному стрижні **6** затравочний кристал і повільно знижують температуру.

У визначений момент на границі розділу ″кристал – розплав ″ за рахунок відводу тепла через стрижень створюється переохолодження, і на запалі починає рости монокристал **1** у радіальному напрямку від запалу до стінок тигля, не поширюючись в глибину. Коли діаметр кристала досягає розмірів, близьких до розмірів внутрішнього діаметра тигля, стрижень зі зростаючим кристалом починають повільно піднімати, стежачи за тим, щоб фронт кристалізації знаходився під поверхнею розплаву.

При вирощуванні великих кристалів необхідність підйому вирощуваного кристала відпадає, тому що рівень розплаву знижується за рахунок скорочення його об'єму при кристалізації (до17%).

Для запобігання випарів і утворення окислів над поверхнею розплаву, усередині герметичної кварцової посудини **5** підтримують атмосферний тиск інертного газу. Заготовка або розплав обертається з частотою 2 об/хв, а протягом доби вирощують кристал масою до 2 кг.

По *методу Вернейля* вирощують полум'яною плавкою кристали з температурою плавлення 1500 ÷ 2500°С (корунди, титанати барію, стронцій), застосовуючи установку показану на рис. 9.6. Для вирощування кристалів у хімічно чистий окис алюмінію Al_2O_3 з добавкою Cr_2O_3 завантажують у бункер **2**, попередньо подрібнивши до часток розміром 1-20 мкм.

Під дією струшуючого пристрою порошок через сітчасте дно бункера попадає в струмінь полум'я H_2- O_2 пальники **3**. Знизу через муфель **6** вводиться орієнтований затравочний кристал **5**. Завдяки малим розмірам, частки шихти розплавляються на лету і, потрапляючи на затравочний кристал, утворюють розплавлений шар **4.**

Запал, повільно обертаючись, опускається і, у міру охолодження розплаву відбувається кристалізація і ріст кристалів. Отримані кристали відпалюють, щоб уникнути утворення тріщин і зняття внутрішнього напруження.

Закріплення матеріалу:

1. Які сполуки і в який колір забарвлюють скло.
2. Характеристика оптичних ситалів.
3. Характеристика безкисневого скла.
4. Методи вирощування кристалів.
5. Застосування оптичних кристалів.

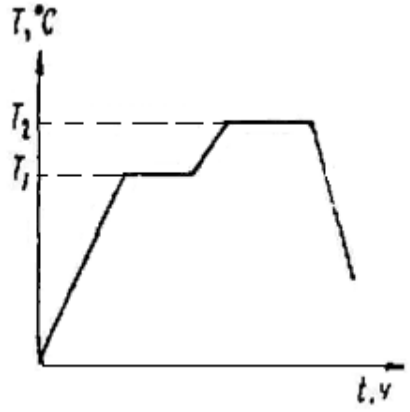


Рис. 9.1 Графік термообробки ситалів

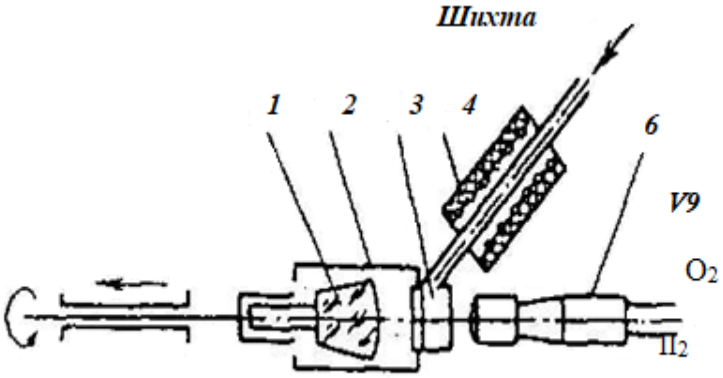


Рис. 9.2 Установка наплавлення кварцового скла

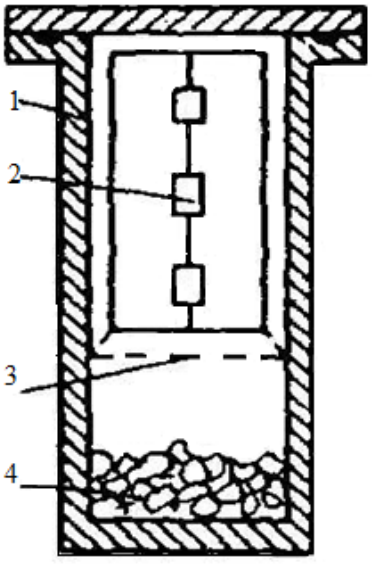


Рис. 9.3 Установка гідротермальної кристалізації кварцу

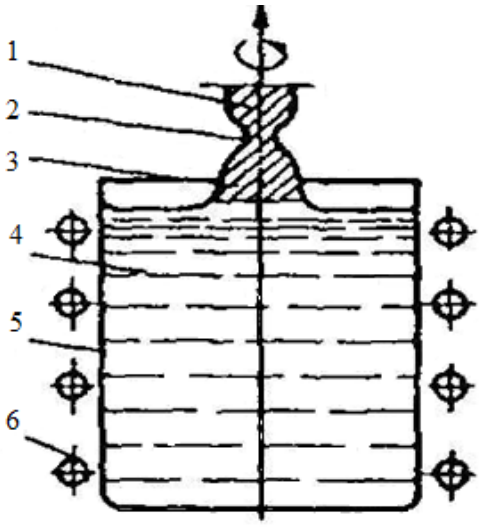


Рис. 9.4 Вирощування кристалів з розплаву по методу Чохрольського

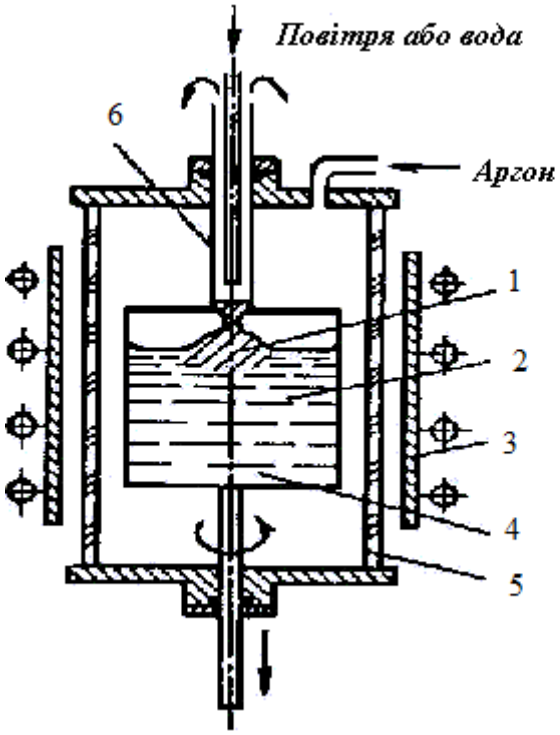


Рис. 9.5 Установка для вирощування кристалів лужно-колоїдних солей

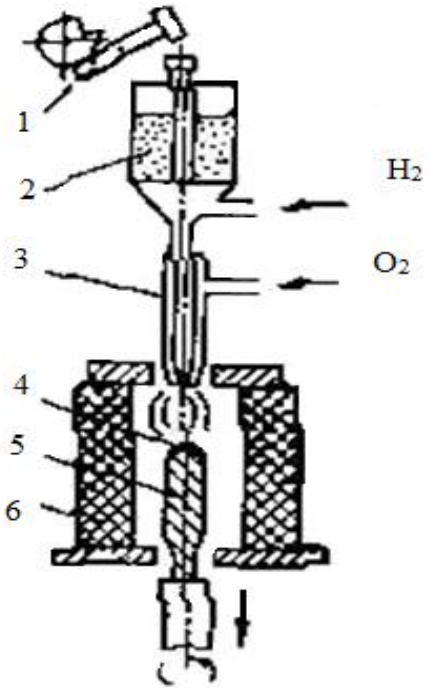


Рис. 9.6 Вирощування кристалів методом Вернейля

РОЗДІЛ 3. ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 10

ВИРОБЛЕННЯ,ВІДПАЛЕННЯ Й ОБРОБКА ЗВАРЕНОГО СКЛА

Мета лекції: вивчення лиття у блок і прокатка в лист скла; вироблення в брус і плитку, грубе відпалення скла; розколювання і розпилювання заготовок.

Зміст лекції:

10.1. Лиття у блок і прокатка в лист скла
10.2. Вироблення в брус і плитку
10.3. Грубе відпалення скла
10.4. Розколювання заготовок
10.5. Розпилювання заготовок

10.1. Лиття у блок і прокатка в лист скла

При литті скла в блок (рис. 10.1) скло з горщика (2) відливають у розбірну металеву форму (3) установлену на візку (4). Перед литтям скломатеріал охолоджують, щоб засвілені шари скла залишилися в горщику. Форму з розлитим гарячим склом відразу ж після відливу поміщають в електричну піч відпалення.

У залежності від обсягу скловарного горщика розрізняють склоблоки з товщиною 120-300 мм і габаритами в плані 1400×2000 мм.

При прокатці в лист (рис. 10.2) скломатеріал з горщика (3) виливають на ливарний стіл (6) і розкатують чавунним катком (2).

Прокатний лист зіштовхують зі столу штовхальником (1) у піч (5) для відпалення. Прокаткою формують листове скло товщиною 18-40 мм.

10.2. Вироблення в брус і плитку

За допомогою установки (рис. 10.3) оптичне скло (1) з ванної печі (1) виливають через трубку (2) на металевий холодильник (3) охолоджуваний проточною водою. Шар скла дотичний до стінок холодильника охолоджується

й утворює тверду кірку відповідну за формою жолобу холодильника (перетин А-А).

На початку вироблення вручну за допомогою металевих захватів присувають по графітовому жолобу (4) де відбувається вирівнювання температур внутрішніх і зовнішніх шарів до зіткнення з роликами витяжного пристрою (5).

Далі процес безупинний: гарячий брус розколюють на мірні шматки довжиною 0,8-1,2 м і поміщають їх у піч відпалення. Розміри перетину бруса 30-50 мм, ширина 100-150 мм

10.3. Грубе відпалення скла

Грубе відпалення скла застосовують для запобігання його руйнування при охолодженні і подальшій холодній обробці заготовки. Через малу теплопровідність скла при його охолодженні (нагріванні) між зовнішніми і внутрішніми шарами виникає градієнт температури ΔТ.

Наявність ΔТ призводить до виникнення напруги у склі, значення яких пропорційно швидкості охолодження і квадрату товщини скла. Поки скло знаходиться в пружному тендітному стані ці напруги стають більш пружними і зникають після вирівнювання температури.

При нагріванні скла до інтервалу температур пластичної деформації напруга послабляється - релаксується - і через визначений час залежно від в'язкості скла зникає, хоча температурний градієнт може залишатися. Температурний інтервал у якому можлива релаксація напруги називається ***областю відпалення***.

При охолодженні скла нагрітого до пластичного стану наявність температурного градієнта призводить до того що зовнішні шари твердіють раніше внутрішніх і надалі зазнають стиск внутрішніх більш нагрітих шарів. Виникаючі при цьому напруги не усуваються при вирівнюванні температур і називаються залишкові.

Границі області відпалення скла залежать від зміни його температурної в'язкості. Верхня границя (T_B) температура при який в'язкість скла 10^{+12} Па с, при ній не спостерігається помітної деформації скла на протязі доби. Нижня границя (T_H) - знаходиться на 70-150^{0}С нижче і визначається дослідним шляхом для кожної марки скла. Відпалення оптичного скла виконують у ка-

мерних електричних печах (рис. 10.4).

Таку піч розігрівають нагрівачем (4) до температури 200-500^{0}С та з гарячим відлитим склом установлюють на підставки (3) і закривають піч теплоізоляційним ковпаком (1). Стекло розігрівають до температури $T_В$+(10-20)^{0}С і витримують 4-8 год. Відпалення скла в області відпалення відповідальна операція по строго встановленому режимі з постійною швидкістю залежною від марки скла і розміру заготівок. Після відповідального охолодження скло можна охолоджувати з більшою швидкістю, при якій виникаючі пружні напруження не призводять до руйнування скла.

Якість горяче-обробленого скла оцінюють по двопроменезаломленню зразків, що відколюються від відпаленого склоблока. Охолоджений блок перевіряють візуально для визначення якості скла по пузирях і грубим свілям. У маршрутній карті проводять замальовки блоку в двох проекціях із вказівкою різних наявних дефектів.

Отримане скло у виді блоку, листа, бруса - сировинне скло - напівфабрикат надходить для подальшого холодного оброблення на заготовки. На заготовки скло обробляють розколюванням, розпилюванням.

10.4. Розколювання заготівок

Після аналізу якості зразків і візуального огляду виконують розмітку й обробку сировинного скла на заготовці. Розмітка комплексна. Спочатку вибирають крупногабаритні пластини з високими вимогами по якості скла. Скло, що залишилося, ділять на більш дрібні заготовки, розколюють на шматки для подальшої гарячої переробки.

Розколюванням одержують прямокутний пласт з розміром у плані більше в п'ять разів товщини блоку. Для цього по лінії розмітки твердосплавним зубилом і молотком роблять насічки, які містять лінії мікротріщин. Потім блок кладуть на стіл (4) колочного преса (рис. 10.5). При цьому орієнтують лінію розколювання (6) по ребру сталевої призми (5). На верхньому траверсі (1) преса - два підводи кулачка (2) відстань між якими регулюється розмірами пластинки.

Під призму і кулачки кладуть повстяні прокладки (3) товщиною 10-15 мм. При підйомі столу преса під дією сили блок розколюється. Припуск на розмір пластин установлюють з врахуванням непрямолінійності і відведення

лінії розколювання, може досягати 30 мм на сторону.

10.5. Розпилювання заготівок

Розпилювання заготівок - більш прогресивний технологічний метод оброблення сировинного скла, виконують спеціальним алмазним інструментом: відрізними кругами і смуговими пилами. Алмазними відрізними кругами розпилюють на прямокутні заготовки, пластини і призми. Круги бувають трьох типів:

1) із суцільною ріжучою кромкою, діаметром до 400 мм;
2) сегментні діаметром до 800 мм;
3) з алмазом нанесеним на ріжучу кромку, закаткою, завальцовкою.

Схема верстата для розпилювання склоблоків дисковими алмазними колами (рис.10.6). На стіл (7) через дерев'яні підкладки кладуть склоблок (6). Коли треба відрізати невеликі заготовки на стіл (7) ставлять упорну пластинку (5) і склоблок розклинюють дерев'яними прокладками. Стіл (7) може повертатися навколо вертикальної осі, забезпечуючи розпилювання блоку під різними кутами. Шпиндель дискового кола (2) на підвішеній каретці (1) рухається по напрямних порталу (3) який по направляючим (4) теж переміщається для установки на розмір заготівлі, що розпилюється, по ширині.

Смуговими алмазними пилками розпилюють скло на пластини з габаритним розміром не більш 250 мм верстатом (Рис. 10.7). Пильна рама (3) з набором смугових пилок (5) робить зворотно-поступальний рух по напрямних - траверсу (1). Привод рами, що рухається, від кривошипно-шатунного механізму (4), число подвійних ходів у який 150-200 у хвилину.

На пильній рамі кріпиться одночасно до 20 пилок при мінімальній відстані між ними 12 мм. Робоча подача різання задається переміщенням траверсу (1) з пильною рамою вниз. Блок, що розпилюється, (7) кріпиться на візку (6), а змащчуючо-охолодна рідина подається через пристрій (2) у вигляді душу.

Закріплення матеріалу:

1. В чому полягає лиття в блок і прокатка в лист скла.
2. Послідовність розколювання скла.

3. Які типи верстатів використовують для розпилювання скла.
4. Послідовність переходів в операції розпилювання скла.
5. Які типи інструментів використовують для розпилювання.

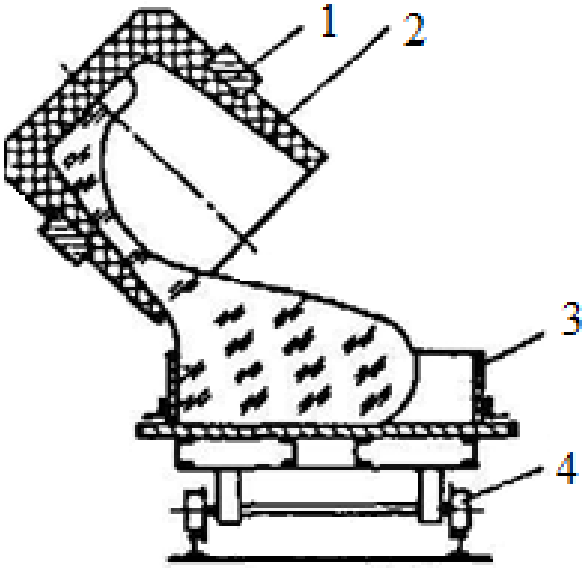


*Рис.10.1.*Лиття скла у форму

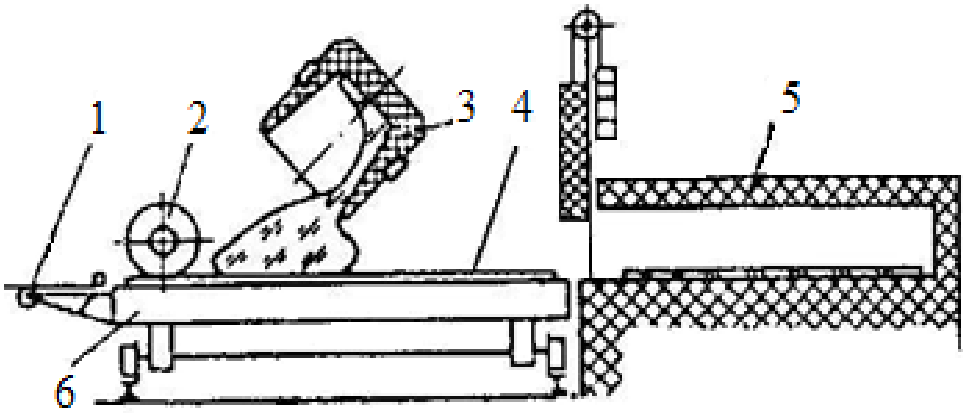


Рис. 10.2 Лиття скла в лист

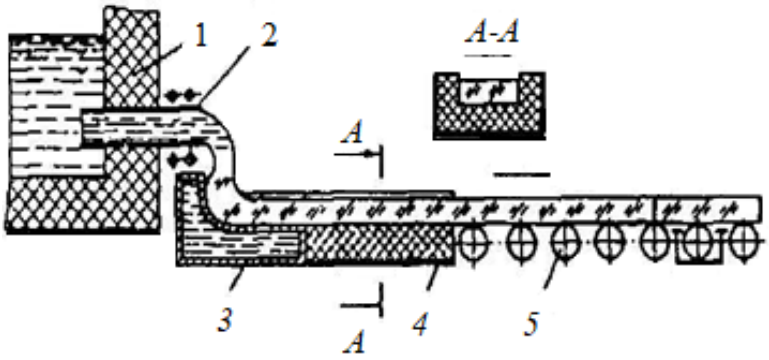


Рис.10.3.Установка для вироблення скла в дрот

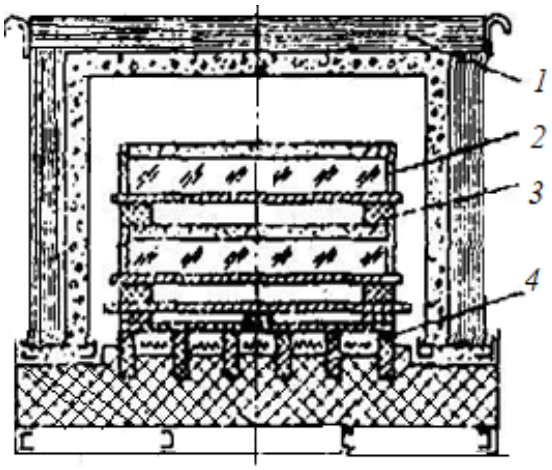


Рис. 10.4. Піч відпалення блокового скла

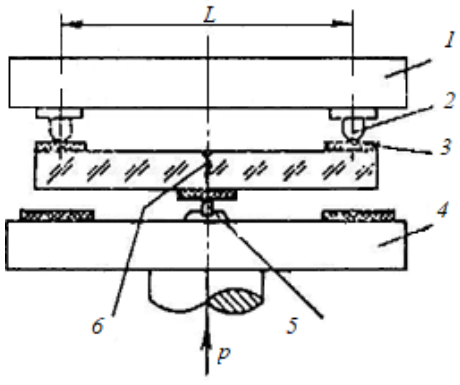


Рис.10.5. Розколювання скла на пресі

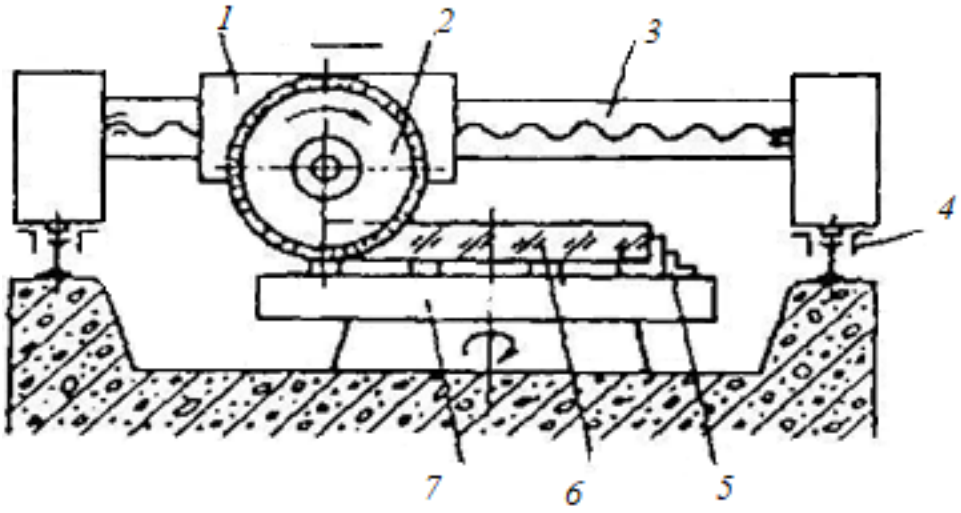


Рис. 10.6 Розпилювання скла алмазним колом

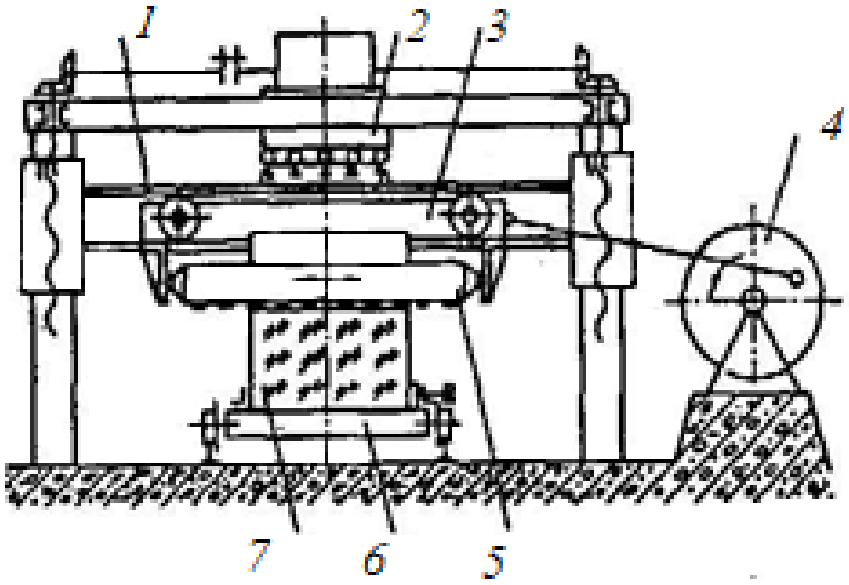


Рис.10.7. Розпилювання скла смуговими пилками

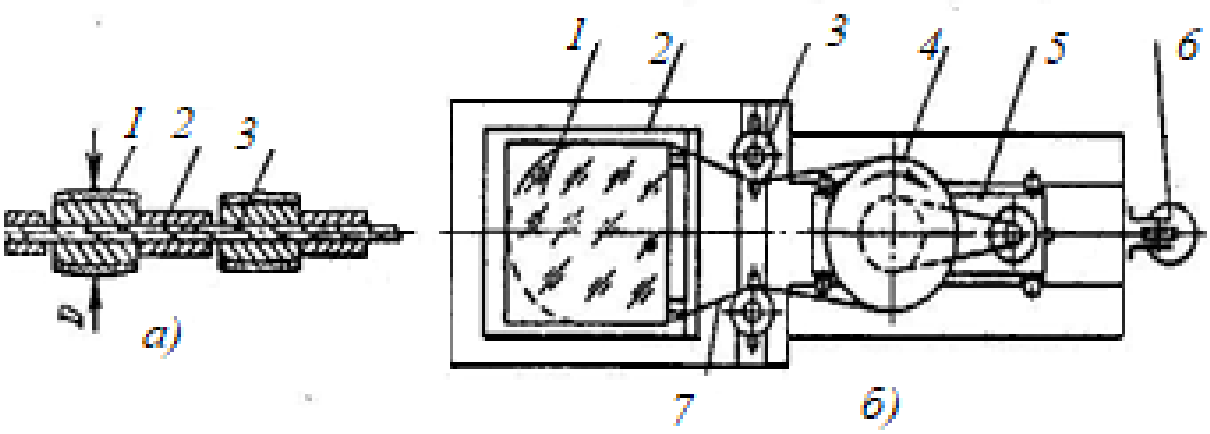


Рис. 10.8 Розпилювання скла гнучким алмазним інструментом

РОЗДІЛ 3. ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 11

МОЛІРУВАННЯ І ПРЕСУВАННЯ ЗАГОТІВОК

Мета лекції: поняття вільне та примусове молірування; пресування заготівок; ознайомлення з тонким відпаленням скла.

Зміст лекції:

11.1. Вільне молірування
11.2. Примусове молірування
11.3. Пресування заготівок
11.4. Тонке відпалення скла

11.1. Вільне молірування

Заготовки серійних оптичних деталей (лінз, призм, пластин) – виготовляють гарячим формуванням скла нагрітого до температури пластичного деформування.

Вільне молірування виконують за схемою, показаної на рис. 11.1. Безформні шматки скла, розігріті до стану текучості, розтікаючись під дією сили ваги, приймають розміри форми, у яку вони завантажені.

При цьому обсяг шматка скла **3** повинний відповідати обсягу заготовки **4**. Форма **1** для молірування – металева, футерована керамікою **2**. Перед молірованням шматки скла перевіряють на відсутність внутрішніх дефектів (каменів, свілей і ін.).

Вільне молірування роблять на спеціальних теплових печах безупинної дії. Установлено що економічно доцільно молірувати заготовки масою більш 1 кг і розмірами в плані 100×100 мм.

11.2. Примусове молірування

Виконують у металевих формах, як показано на рис. 11.2. На відміну від вільного молірування, примусове молірування здійснюється під дією вакууму, створюваного при відкачці насосом повітря з-під форми **2**, що знаходиться, плоскі заготовки **3.**

Якщо процес проходить при температурі яка відповідає початку пластичної деформації скла, то мікронерівності форми не позначаться на поверхні заготовки **1**. Це дозволяє одержувати заготовки сферичних і асферичних поверхонь, що не потребують подальшої механічної обробки. Молірування виконується на напівавтоматичних заготівках, що складаються з кільцевої печі нагрівання і тунельної печі відпалення, з'єднаних між собою гарячою камерою.

Примусовим молірованням виготовляються заготовки діаметром до 600 мм і товщиною до 8 мм.

11.3. Пресування заготівок

Пресування проводять у закритій металевій формі для деталей масою до 0,5 кг із попередньо приготовлених нарізок оптичних деталей. Нарізки це прямокутні шматки скла, отримані шляхом розколювання плитки сировинного скла, що має масу рівну масі прессовки. Для пресування нарізки попередньо розігрівають в електричних або газових печах до температури розм'якшення відповідної в'язкості скла від 10^4 до 10^6 Па·с.

Щоб уникнути прилипання скла на печі посипають мілко-дисперсний порошок обпаленого каоліну. Розігріта порція скла переноситься з печі в нагріту до температури 400÷600°С прес-форму гідравлічного чи пневматичного преса. Формуючі елементи прес-форми кільце-матриця **2**, і піддон-виштовхувач **3**. Пристрій для пресування заготівок, показаних на рис. 11.3, виготовляється з жароміцної сталі і чавуна.

Нарізку вкладають у форму таким чином, щоб сторона її на підлозі печі лягла вниз на піддон **3**. Відпресовану заготівку виймають із преса і охолоджують, а потім переміщають у піч грубого відпалення. Кожну партію заготівок супроводжують паспортом, у якому зазначена оптична конструкція скла і показники якості заготівок.

Іншим методом одержання пресовок є пресування з рідкої скломаси, яка відрізається автоматичними ножами від струмені скла, що випливає з фідерного пристрою ванної печі. Пресування здійснюється на багато позиційних роторних пресах зі штабиків.

Штабик – це скляний пруток круглого перетину з полірованою поверхнею. Штабики одержують за допомогою пристрою показаного на рис. 11.4. Пристрій складається з печі **1** нагрівача **3** і тиглі **2** з донним патрубком. Шматок скла **7** завантажують у тигель і розігрівають до температури розм'якшення, а після включення нагрівача **4** скло повільно випливає з тигля вниз, струмінь скла **5** заправленого в ролику **6** витяжного пристрою.

При обертанні роликів відбувається безупинне витягування штабика з його регулюванням температури патрубка і частотою обертання ролика.

11.4. Тонке відпалення скла

Тонке відпалення скла є останньою стадією технологічного процесу виготовлення заготівок оптичних деталей. Його мета це одержати високу оптичну однорідність скла кожної заготовки з єдиними для всієї партії показниками заломлення і дисперсією. Тонке відпалення проводять в електричних камерних печах, схема зображена на рис. 11.5.

Така піч має високу тепло-ізолюючу кришку **3** і систему нагрівачів **4**, що забезпечують рівномірне нагрівання і примусове зниження температури. Заготовки **5** укладають у масивні насипи **1**, що сприяють зменшенню градієнтів температури печі. Керування процесом нагрівання й охолодження

заготовки відбувається автоматично за графіком, показаному на рис. 11.6. Температурний графік підрозділений на: нагрів; витримку; відповідальне охолодження; остигання.

У процесі тонкого відпалення заготовки спочатку нагрівають до верхньої температури відпалення з як можливо великою швидкістю, потім дають витримку при постійній температурі. Під час витримки відбувається релаксація - знищення залишкової механічної напруги у склі. Відповідальне охолодження в інтервалі температур від Тв до Тн виконується з постійною швидкістю.

Швидкість відповідального охолодження залежить від розмірів заготовки і вимоги до неї по подвійній променезаломлюваності, показнику заломлення, дисперсії. Звичайно швидкість охолодження вибирають у межах про 0,05 до 20°С/ч.

Після відповідального охолодження заготівки збільшують охолодження, для чого поступово відкривають ковпак печі. Змінюючи швидкість охолодження в інтервалі відповідального охолодження можна у визначених межах змінити значення коефіцієнта заломлення і дисперсії для даної партії заготівок.

Закріплення матеріалу:

1. Відмінність вільного і примусового молірування.
2. Стадії тонкого відпалення скла.
3. Призначення тонкого відпалення скла.
4. Етапи пресування заготівок.
5. Що таке штабик.

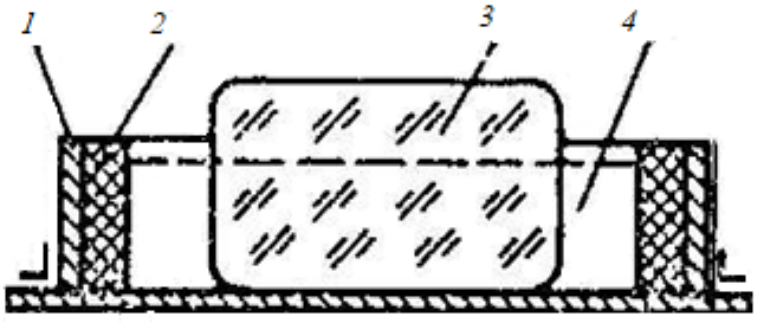


Рис.11.1. Вільне молірування

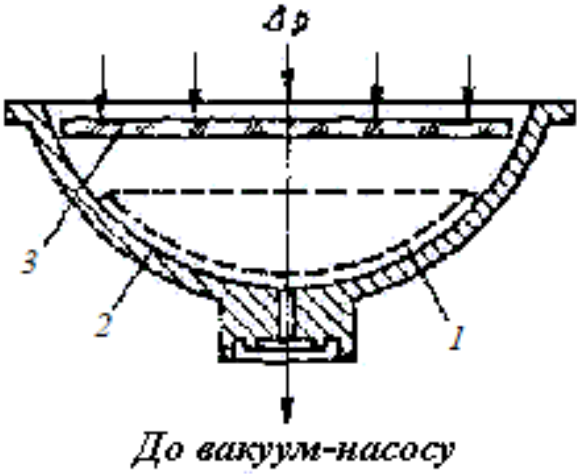


Рис. 11.2 Примусове моліровання

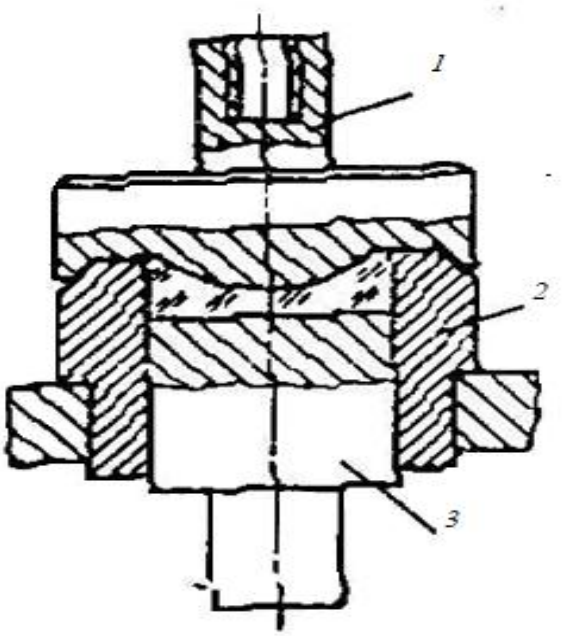


Рис.11.3.Пресування заготівок лінз

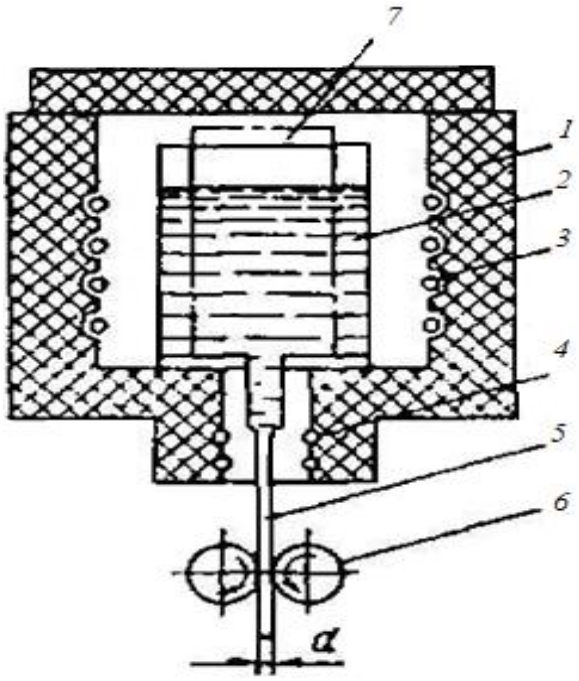


Рис. 11.4 Витягування штабиків

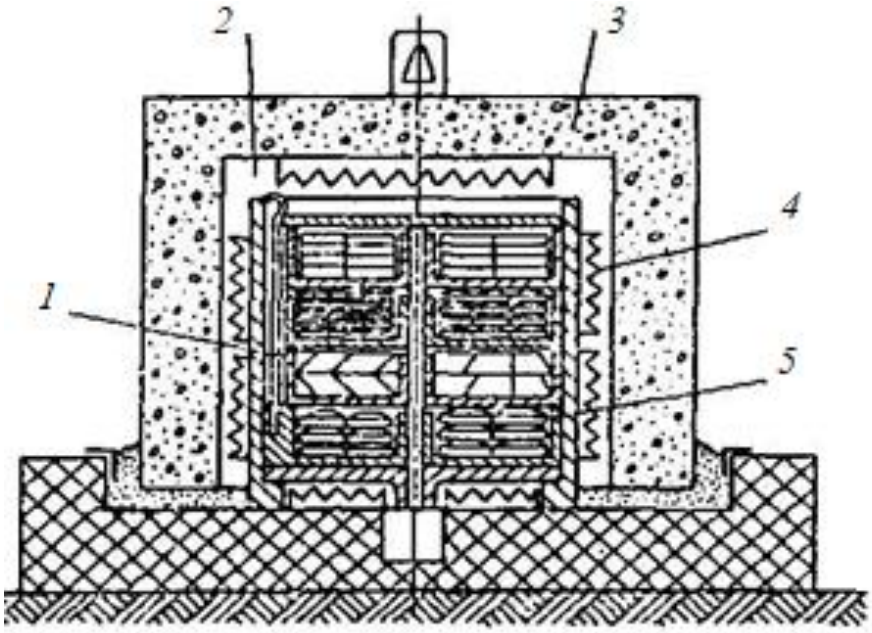


Рис. 11.5 Піч тонкого відпалення скла

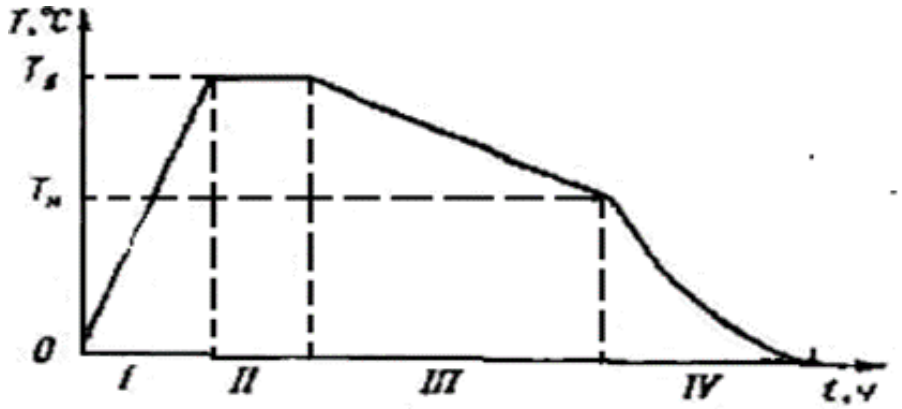


Рис. 11.6 Температурний графік тонкого відпалення:
1-нагрівання; 2-витримка; 3-відповідальне охолодження; 4-охолодження.

РОЗДІЛ 3. ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВОК ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 12

ПРАВИЛА ТА ВИМОГИ СКЛАДАННЯ КРЕСЛЕННЯ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Мета лекції: вивчення основних правил складання оптичних деталей та показники якості деталей.

Зміст лекції:

12.1. Основні правила складання креслень оптичних деталей
12.2. Показники якості деталей

12.1. Основні правила складання креслень оптичних деталей

Оптичні деталі зображуються на кресленнях у відповідності до загальних правил встановлених СКД. Креслення повністю характеризує

оптичну деталь та є вихідним документом для розробки технологічного процесу її виготовлення та контролю.

При зображенні оптичної деталі використовують загальні правила машинобудівного та приладобудівного креслення, але із-за специфіки її службового значення задають деякі доповнення, а також виконання особливих нормативних вимог.

Приклади виконання креслень деяких оптичних деталей показані на рис. 12.1-12.5.

Наведемо деякі особливості виконання креслення оптичних деталей:

- деталі розміщуються на кресленнях у напрямку розповсюдження світла зліва направо;
- числове значення радіусів сферичних поверхонь позначають літерою R.
- асферичні поверхні визначають рівнянням кривої поверхні обертання;
- циліндричні поверхні задають значенням радіуса R перед яким пишуть слово ”Циліндр”.
- у правому верхньому кутку креслення розміщують таблицю в якій вказують: вимоги до матеріалу, вимоги до деталі, розрахункові данні;
- у полі креслення і примітках вказують додаткові конструктивні особливості та технологічні вимоги, наприклад: штрихів та цифр у збільшеному масштабі з вказуванням розмірів, визначення виду покриття та його шифру, розмір світлового діаметру, розміри для довідок із зірочкою, тощо.
- у штампі обов’язково пишуть найменування деталі, марку скла і ГОСТ, масу деталі, масштаб креслення;
- для збірних одиниць таблиця складається із вимог до виробу і оптичних характеристик;
- на кресленнях збірних одиниць склеювану поверхню виділяють лінією подвійної товщини і вказують стрілкою з літерою К в її розриві.

За кресленням деталі розроблюють креслення заготовки для прийнятого технологічного процесу. На цьому кресленні вказують допуски на обробку, чистові розміри деталі і вимоги до матеріалу. Креслення заготовки необхідне

для замовлення напівфабрикату (частини або пресованої заготовки) з склозаводу.

При розробці технологічного процесу складають пооперaційні ескізи заготовки на окремі операції. Значення оптичних характеристик, визначених при габаритному розрахунку системи вказують у таблиці, а при підготовці виробництва технологи не повинні їх передивлятись.

12.2. Показники якості деталей

Наявність або відсутність певного показника в таблиці вимог до деталей має для процесу виготовлення достатньо визначений технологічний зміст. Числові значення показників якості обумовлюють трудомісткість і складність виконання операції технологічного процесу обробки деталі.

Гранично допустимі відхилення стрілки кривизни N_A, N_B виконуючих оптичних поверхонь А і Б від стрілки кривизни поверхні пробного скла задають в числах (рис. 12.1 N_A=5 і N_B=3) інтерференційних кілець або смужок, які збігаються з діаметром D, або з найменшим розміром деталі при контролі пробним склом. У виробничих умовах інтерференційну картину звичайно, називають “кольором”, так як при освітленні білим світлом лінії мають райдужне забарвлення.

Розміри сферичної поверхні задані на кресленні як R±ΔR мм, вимірюють побічним методом через відхилення кривизни полірованої оптичної поверхні деталі від вимірювальної бази – робочої поверхні пробного скла (оптичного калібру). Вимірювання N надійні якщо оброблювальна поверхня має правильну сферичну форму. Показникам N_A і N_B прямопропорційні відхилення кривизни поверхні від заданих розрахунком.

Якщо діаметр деталі D більше діаметра пробного скла D, то для сферичної поверхні справедлива формула перерахунку:

$$N_D = (\frac{D}{D_{пр.ст}})^2 N_{пр.ст.} \qquad (12.1)$$

Перерахунок зменшує надійність результатів вимірювань, так як помилка у вимірюванні N пробним склом збільшується при $D_{пр.ст} < D$ пропорційно відношенню $(\frac{D}{D_{пр.ст}})^2$. У деяких випадках N і ΔN вказують із

знаками плюс або мінус. Це означає, що спостерігається повітряний проміжок на краю, а дотик в центрі при знаку плюс і проміжок в центрі, а дотик на краю при знаку мінус (рис. 12.6).

У виробничих умовах відхилення першого випадку прийнято називати загальний бугор, а другого – загальна яма. Для плоскої поверхні це означає, що при знаку плюс вона злегка випукла, а при знаку мінус злегка увігнута. Показники N_A і N_B при знаку плюс або мінус можуть бути чисельно рівні, але інтерференційна картина буде різна. При знаку плюс лінії сходяться до точки прикладення сили натиску Р, зберігаючи вигнутість, а червоне забарвлення знаходиться в середині лінії. Таку картину називають не яма, а мілкий колір. Для плоских поверхонь загальні поняття “бугор” і “яма” зберігають своє значення.

Вимірювання значень показників N_A і N_B не залежить від того, замикаються інтерференційні лінії у кільця або зображуються скривленими смугами, і не залежить від симетричності розміщення картини відносно центру деталі. Значення N_A і N_B визначають по числу кілець, які ми бачимо на площі деталі під пробним склом (на рис. 12.7 N=3), або у відношенні $\frac{\Delta t}{t}$ яке визначає вигнутість лінії N=0,4. Значення N_A і N_B можуть бути менше 1 і виражатися дробними числами. В таких випадках оцінку загального відхилення кривизни оброблювальної поверхні від вимірювальної поверхні пробного скла ведуть по забарвленню райдужних кольорів інтерференційних ліній, так як повного кільця не видно.

Значенням N_A і N_B пропорційне товщі шару скла, який потрібно полірувати, щоб зробити відхилення кривизни поверхні менше. Товща цього шару по осі збільшується пропорційно квадрату діаметра деталі. Труднощі обробки в процесі полірування у зв’язку з цим зростають пропорційно квадрату або кубу діаметра деталі, а полірування виконується приблизно в 20 разів повільніше шліфовки. Якщо на інтерференційній картині кільця витягнуті в одному і стиснуті в іншому напрямку, то є загальне відхилення форми поверхні від сферичної. Це відхилення називають астигматичністю поверхні. Геометрично це означає, що оптична поверхня скла є сфероциліндричною (на рис. 12.8 N=1). Значення астигматичності визначається як різниця кілець N по осям |-| і ||-||.

Значну частину допустимих граничних значень N_A і N_B складають відхилення, що виникають при обробці, а також внаслідок вибраного способу

кріплення заготовки. Наприклад, при еластичному способі блокування можна одержати N>1 , а при твердому блокуванні можна одержати тільки N>3.

Гранично допустимі відхилення радіусів пробних скелець (калібрів) ΔR_A і ΔR_B згідно з ГОСТом 2412-81, або Δr_A і Δr_B, згідно з ГОСТом 2786-82 (на мал. 12.1 $\Delta R_A=\pm 0{,}1\%$, і $\Delta R_B=\pm 0{,}05\%$), задають в мікрометрах, або у відсотках від значення номінальних радіусів, або в долях інтерференційних смуг для плоских поверхонь. Гранично допустимі відхилення форми виконуючих оптичних поверхонь А і Б ($\Delta N_A=0{,}5$ на рис. 12.3 та $\Delta N_B=0{,}3$ на рис. 12.4) обчислюють для діаметра деталі:

$$\Delta N_D = (\frac{D}{L})^2 \Delta N_M = (\frac{D}{D_M})^2 \Delta N_M \qquad (12.2)$$

де L, D, N– довжина, діаметр, значення окремої помилки. Помилки форми бувають двох видів: загальні і місцеві.

Загальні помилки форми – це утворення сфероциліндричної поверхні, яка в кожній точці має подвійну кривизну. Це викликає появу астигматизму, а під пробним склом з'являються витягнуті кільця або дуги, які не утворюють частин кола. Відхилення кривизни поверхонь від заданої визначається формулою:

$$\Delta\rho = \frac{4\Delta N\lambda}{D^2} = \frac{\Delta R}{R^2} \qquad (12.3)$$

Окремі помилки форми бувають зональні, тобто симетричні відносно вершини сферичного сегмента, або несиметричні в різних місцях поверхні, як на рис 12.9. Як загальні так і окремі помилки форми оптичних поверхонь зменшують роздільну здатність системи, що не компенсується розмірами товщини і радіусів лінз, повітряних проміжків. Тому підхід до припустимих значень ΔN вимогливіший, ніж до N.

Граничні відхилення ΔN завжди призначають в долях N. До того ж при звичайних цехових спостереженнях інтерференційної картини під пробним склом око не може розрізнити помилки менше 10% N і результати вимірювання стають не надійними.

Зональні помилки виявляються як зміна відстані між інтерференційними кільцями, або, якщо картину орієнтувати на смуги, що лежать поперек напряму відхилення поверхні, як місцевий вигин смуг (рис. 12.9).

Окремі помилки виникають як результат різкої невідповідності розмірів інструменту та оброблювальної поверхні, грубих помилок в налагодженні верстата, наявність неоднорідностей і різнотемпературності матеріалів, які

взаємно притираються.

Гранично допустимі дефекти чистоти полірування P_A і P_B задають в класах чистоти оптичних поверхонь згідно з ГОСТ 11141-84.

Всі поліровані поверхні мають шорсткість 13 і 14 класів згідно з ГОСТ 2789-73, яку визначають відповідно $R_z \overset{0,1}{\sqrt{\ }}$ і $R_z \overset{0,05}{\sqrt{\ }}$. Згідно з ГОСТ 11141-84 встановлені додатково більш жорсткі вимоги до чистоти виконуючих поверхонь оптичних деталей, обумовлені розміри і число дефектів – подряпин і точок.

Вимоги регламентовані 9-ма класами Р – від 9 до 2 для поверхонь, віддалених від площини зображення, і ще більш жорстким класом Р1 з підрозділами 1-40, 1-20 і 1-10 для поверхонь, розташованих в площинах зображення предметів. Наприклад, по класу Р підрозділами 1-10 дозволяється ширина подряпини 0,002 і діаметр точки 0,004 мм. Останні вимоги такі жорсткі, що обумовлюються кругові середня і крайова зони діаметром 1/3 і 2/3 світлового діаметра, в яких дефекти допускаються, а в центральній їх не повинно бути.

Гранично допустимі відхилення від центричності лінз С задають в долях міліметра. Значення С вказують на величину паралельного зміщення геометричної осі симетрії допоміжної складальної циліндричної поверхні від оптичної осі виконуючих поверхонь лінзи. Це допуск на взаємне розташування двох виконуючих і однієї допоміжної поверхні лінз: їх відносний поворот, або зміщення. Децентрована лінза ніби складена із правильної лінзи і сферичного клину з кутом σ, який обумовлює різну товщину краю лінзи.

На кресленні її задають допуском С, перетворюючи до децентрованості другого роду паралельним зміщенням осей. Децентрованість лінз викликає появу аберацій коми, астигматизму і поперечного хроматизму. Виникає децентрованість на перших операціях поштучної обробки і при блокуванні лінз через помилки базування при встановленні заготовок. Децентрованість зменшують до допустимих значень круглим шліфуванням на операції, яку виконують після полірування іншого боку лінзи.

Показники якості виготовлення призм N_A, ΔN_A, N_B, ΔN_B, Р мають такий самий зміст, що і для лінз. Гранично допустимі значення пірамідальності призми задають в кутовій мірі. Пірамідальність - це непаралельність ребер призми, яку висловлюють допуском π, або непаралельність ребра одного із

кутів до зовнішніх виконавчих граней в головному перерізі призми. Для прямокутної призми - це непаралельність ребра прямого кута гіпотенузної грані. Пірамідальність являє собою допуск на взаємне розташування оптичних поверхонь призм: їх відносний поворот При цьому роздільна здатність призми зменшується. Пірамідальність виникає із-за похибки обробки і технологічного базування.

Гранично допустимі відхилення кутів призми визначають в кутовій мірі.

Якщо $\sigma_{45} \neq 0$, то призма не розгортається в плоскопаралельну пластину. Клин пластини відхиляє промені від розрахункових напрямків і вносить хроматизм. В цих умовах назначають допустиме значення σ_{45}. Різниця гострих кутів призм виникає із-за похибки обробки і технологічного базування.

Допустиме значення границі роздільної здатності ε визначають в кутових секундах. Значення визначає вплив однорідності подвійного променезаломлення, бессвільності скла, а також вплив значень на роздільну здатність призми (рис. 12.3, ε=30’’).

Довжина ходу променя L в призмі визначається габаритним розрахунком деталі.

Показники якості виготовлення клинів N, ΔN, P та інші мають такий само зміст, як для лінз і призм, додається тільки σ. Кут відхилення променя визначають в кутових значеннях, на які назначають гранично допустимі відхилення.

Світловий діаметр деталі св. ∅ визначають в міліметрах.

Показники якості виготовлення сіток N, ΔN, P, мають такий самий зміст, як і для клинів. Гранично допустиме значення клиновидності θ визначають в кутових секундах, або хвилинах.

Відхилення кута клина, або клиновидність плоскопаралельної пластини виникають за рахунок похибки технологічного базування і обробки.

Для сіток гранично допустимі відхилення штрихів по ширині, різниця ширини, відстань між ними, а також шрифту написів, запуску фарбою і травлення вказують в полі креслення у вигляді приміток.

Значення f', S_F, $S'_{F'}$, св. ∅, вказані згідно з даними габаритного розрахунку для складання таблиць комплектації лінз та перевірки оптичних параметрів збірної одиниці. На одній із величин, яка є замикаючою ланкою розмірного ланцюга, вказують граничне відхилення. Крім перерахованих головних показників якості виготовлення, до оптичних деталей пред'являють

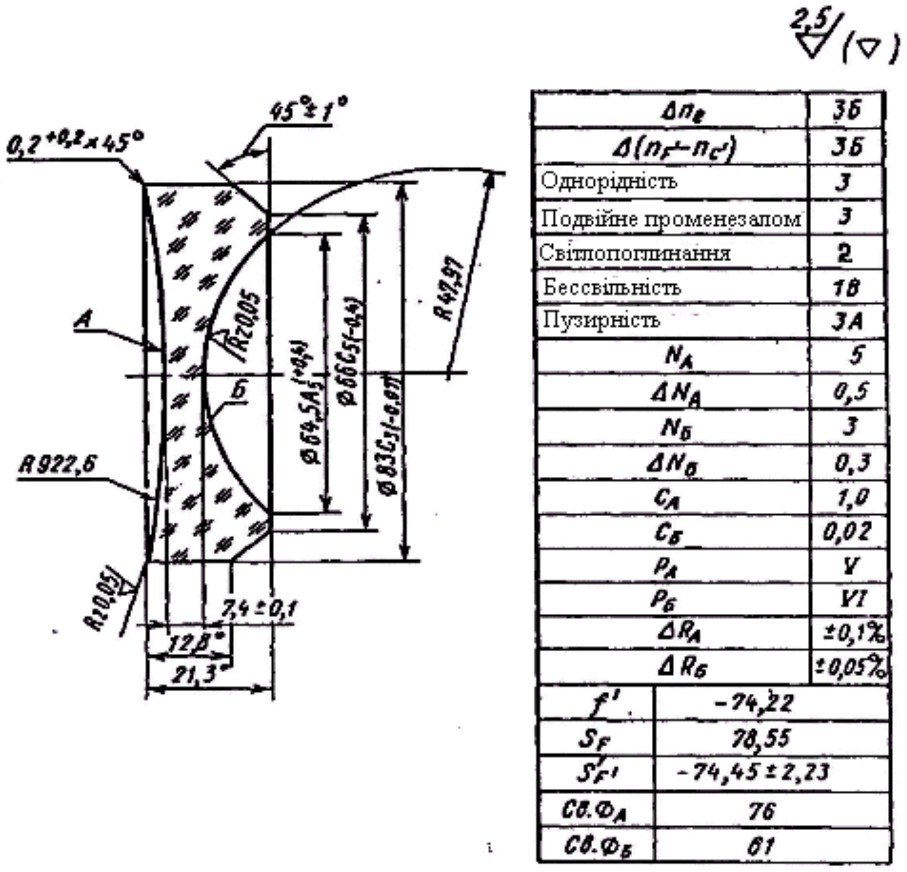
і додаткові вимоги, але останні задають не так часто. Гранично допустимі відхилення, вказані в таблицях вимог до деталей як показники якості, відображають сумарну дію похибок технічного базування, обробки, вимірювань. Сумарні похибки, незалежно від чого вони одержані, складаються за правилом максимуму, мінімуму або ймовірно і не повинні перевищувати значення граничних відхилень, вказаних в таблицях вимог до деталей. В навчальних розрахунках дозволяється використовувати приблизні допустимі значення граничних відхилень (табл. 12.1), що призначаються як показники якості оптичних деталей.

Таблиця 12.1 Рекомендовані допустимі відхилення граничних значень

Елементи оптичних приладів	Допустимі відхилення оптичних поверхонь		
	За кривизною N	За формою ΔN	За дефектами чистоти
Об'єктиви:			
коліматорів і астрономічні	1-3	0,2-0,3	7- 8
телескопічні	3-5	0,3	4-5
аерофотознімальні	1-3	0,1-0,5	5-6
фотографічні	3-5	0,3-0,5	5-6
Мікроскопів до 10^x	2-3	0,2-0,5	3
від 10^x до 40^x	1-2	0,1-0,2	2
більш 40^x	0,5-1,0	0,05-0,1	2
Окуляри, лупи	3-5	0,5-0,8	3
Призми: відбиваючі поверхні	0,5-1,0	0,1-0,3	2-3
заломлюючі поверхні	2-4	0,5-1,0	3-4
Сітки і колективи	5-10	1,0-2,0	1-10,20,40
Захисні скельця і світлофільтри перед об'єктивом	3-5	0,3-0,5	5
Світлофільтри за і перед окуляром	5-10	0,8-2	2-3
Дзеркала середньої точності	0,5-1,5	0,1-0,3	3-4

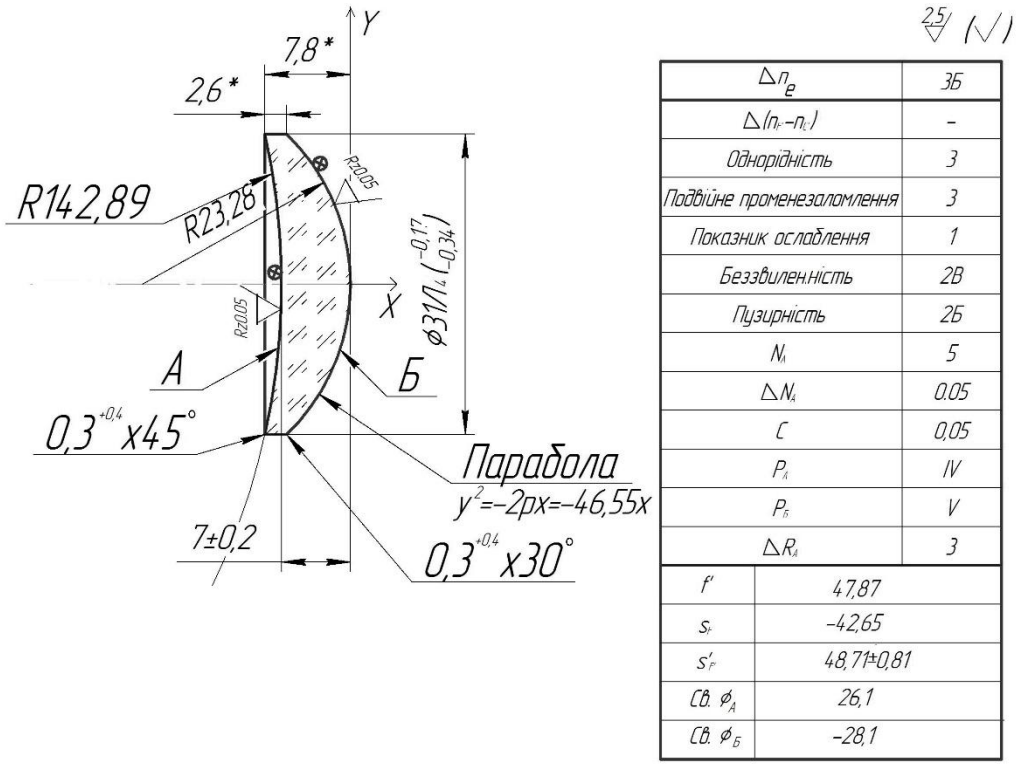
Закріплення матеріалу:

1. Як позначають склеювані поверхні деталей.
2. Як позначають циліндричні поверхні деталей.
3. Як позначають асферичні поверхні деталей.
4. Як визначать відхилення форми поверхні деталей.
5. Світловий діаметр.



Δn_e	3б
$\Delta(n_F - n_{C'})$	3б
Однорідність	3
Подвійне променезалом	3
Світлопоглинання	2
Бессвільність	1в
Пузирність	3А
N_A	5
ΔN_A	0,5
$N_Б$	3
$\Delta N_Б$	0,3
C_A	1,0
$C_Б$	0,02
P_A	V
$P_Б$	VI
ΔR_A	±0,1%
$\Delta R_Б$	±0,05%
f'	-74,22
S_F	78,55
$S'_{F'}$	-74,45±2,23
Св.Φ_A	76
Св.$\Phi_Б$	61

Рис. 12.1. Приклад виконання креслення лінзи



Δn_e	3Б
$\Delta(n_F - n_C)$	-
Однорідність	3
Подвійне променезаломлення	3
Показник ослаблення	1
Беззвилен.ність	2В
Пузирність	2Б
N_A	5
ΔN_A	0.05
C	0,05
P_A	IV
$P_Б$	V
ΔR_A	3

f'	47,87
S_F	-42,65
S'_F	48,71±0,81
Св. ϕ_A	26,1
Св. $\phi_Б$	-28,1

Рис. 12.2. Приклад виконання креслення асферичної лінзи

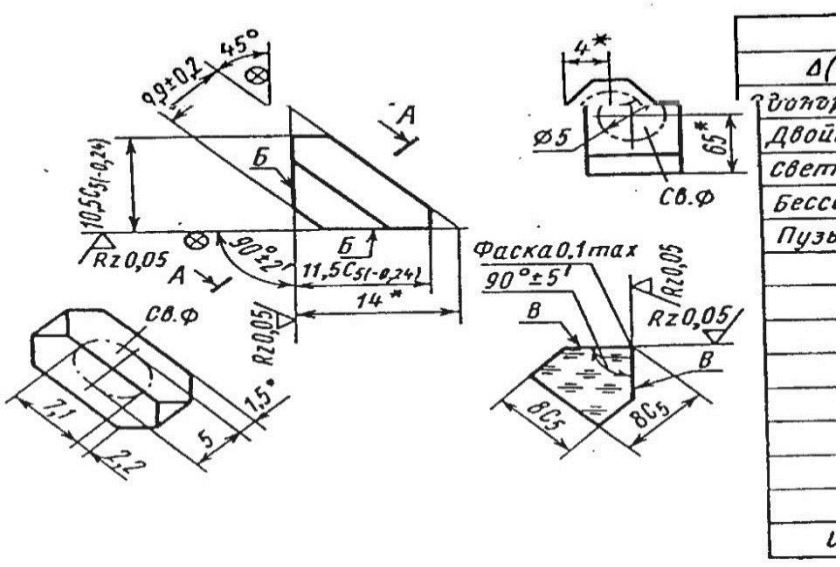
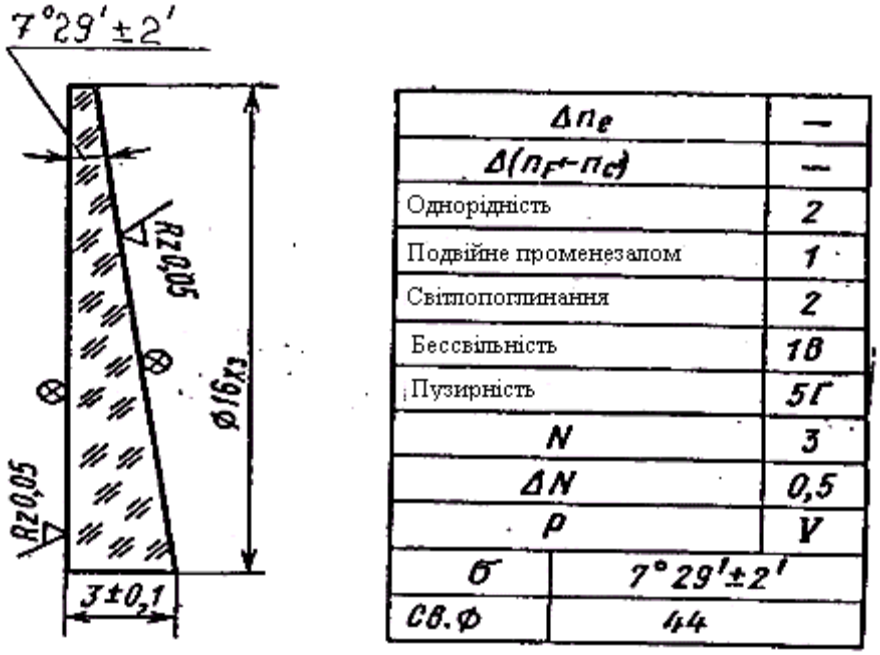
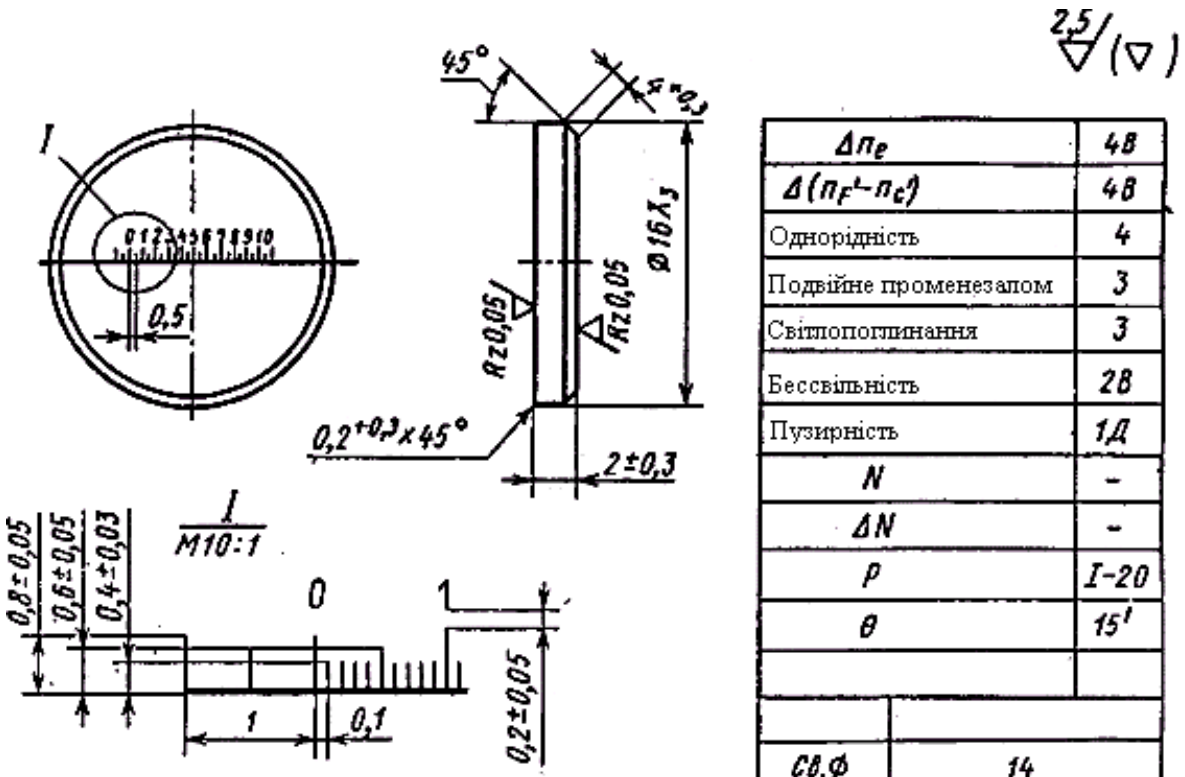


Рис. 12.3. Приклад виконання креслення призми з дахом типу АКР-90^0



Δn_e	—
$\Delta(n_F'-n_C')$	—
Однорідність	2
Подвійне променезалом	1
Світлопоглинання	2
Бессвільність	1В
Пузирність	5Г
N	3
ΔN	0,5
P	V
б	7°29'±2'
Св.ф	44

Рис. 12.4. Приклад виконання креслення клина оптичного



Δn_e	4В
$\Delta(n_F'-n_C')$	4В
Однорідність	4
Подвійне променезалом	3
Світлопоглинання	3
Бессвільність	2В
Пузирність	1Д
N	-
ΔN	-
P	I-20
θ	15'
Св.ф	14

1. Ширина штрихів 0,05±0,003 мм.
2.Разність штрихів по ширині деталі не більше 0,003 мм.

Рис. 12.5. Приклад виконання креслення сітки

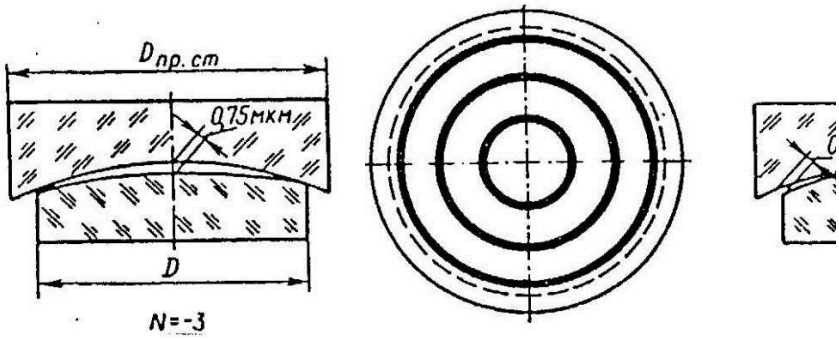


Рис. 12.6. Схема вимірювання відхилень кривизни пробним склом

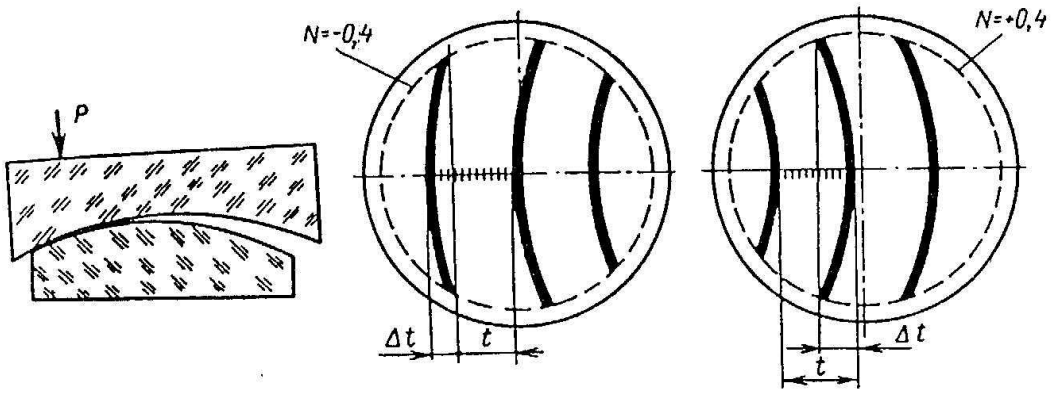


Рис. 12.7. Схема підрахунку інтерференційних смуг при вимірюванні кривизни пробним склом

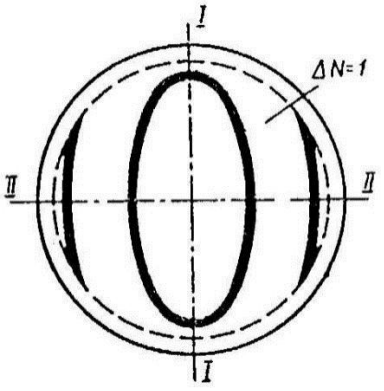


Рис. 12.8. Вигляд інтерференційної картини при вимірюванні сфероциліндричної поверхні.

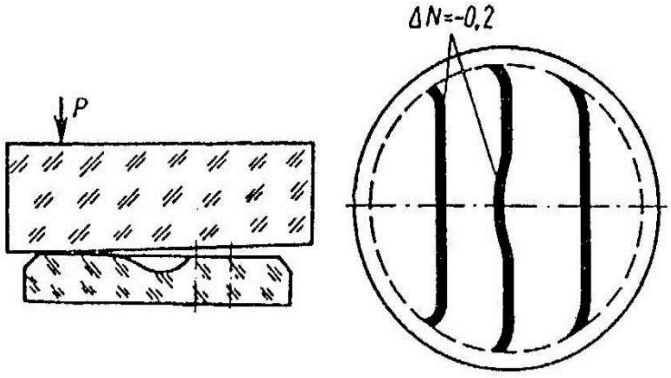


Рис 12.9. Вимірювання місцевих похибок кривизни поверхні

РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 13

ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ ШЛІФУВАННЯ І ПОЛІРУВАННЯ ОПТИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Мета лекції: ознайомлення зі шліфуваннями абразивними зернами та суспензіями абразивних порошків; полірування оптичних поверхонь.

Зміст лекції:

13.1. Шліфування закріпленими абразивними зернами
13.2. Шліфування суспензіями абразивних порошків.
13.3. Полірування оптичних поверхонь

13.1. 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 порошків 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 ≈150°.

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 $F_к$ 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 утворяться малі мікронерівності поверхні навіть при використанні інструмента з зернами великої зернистості.

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

13.2. 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 енергію інструмента на оброблювану поверхню скла. Скло руйнується абразивними зернами і замість вихідної, утворюється нова поверхня з більш досконалими 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 утворять 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 рис. 13.2.

Відносний рух скло-інструмент відбувається при деякому натиску верхньої ланки Q на нижню і плюс сила P тиску поводка верстата. Причому зерна перекочуються або прослизають з деякою швидкістю $V_{\text{отн}}$. Найбільш великі зерна взаємодіють зі склом і інструментом. Скло руйнується, а інстру-

мент 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 Fn спрямована перпендикулярно вектору відносної швидкості $V_{отн}$ і не може робити роботу по видаленню шару припуску. Сила Fn забезпечує лише контакт між шліфувальником, абразивним зерном і склом, викликаючи появу тріщин скла і пружних деформацій інструмента, роздавлюючи виступи поверхневих нерівностей скла.

Сила Fn 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 порошків називають переходом. Так поверхню підготовляють до наступної операції – полірування.

13.3. 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 порошків 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 порошків мають меншу твердість і менш різко виражені абразивні властивості самозагострювання при розколюванні. Про розколювання і притуплення зерен поліруючих порошків, що у більшості випадків мають розміри 0,2 – 1,0 мкм, можна судити лише по другорядних непрямих ознаках.

Полірувальник має смоляний робочий шар. Площадки 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 $\bar{V}_{\text{отн}}$.

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 утворяться 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 кожнім 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 утворяться 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.

Закріплення матеріалу:

1. Особливості шліфування закріпленими абразивними зернами.
2. Як працює одиничне закріплене зерно абразива.
3. Назвіть групи абразивів.
4. Для яких поверхонь використовують полірування.
5. Як оцінюють якість полірованої поверхні.

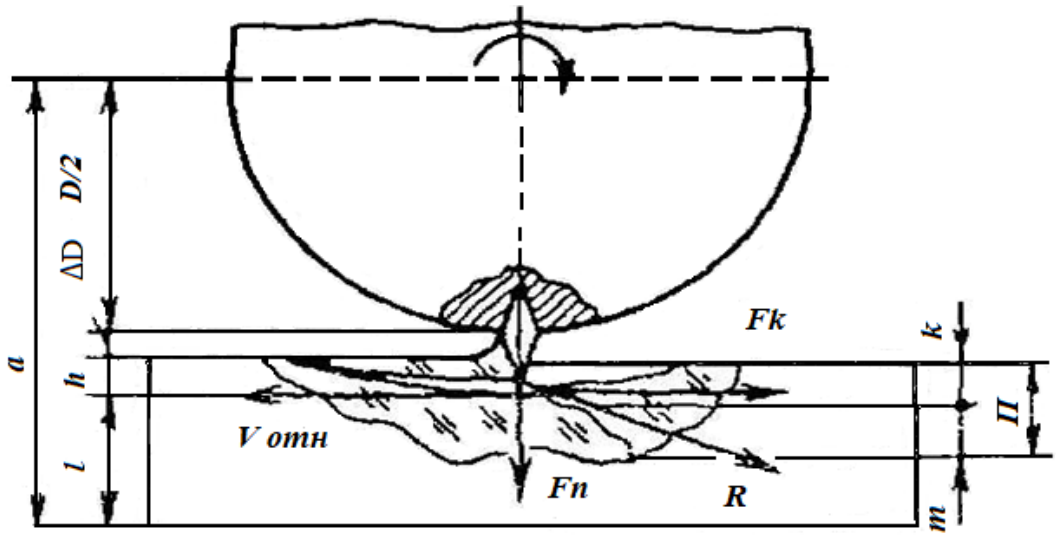


Рис. 13.1 Схема роботи закріпленого абразивного зерна

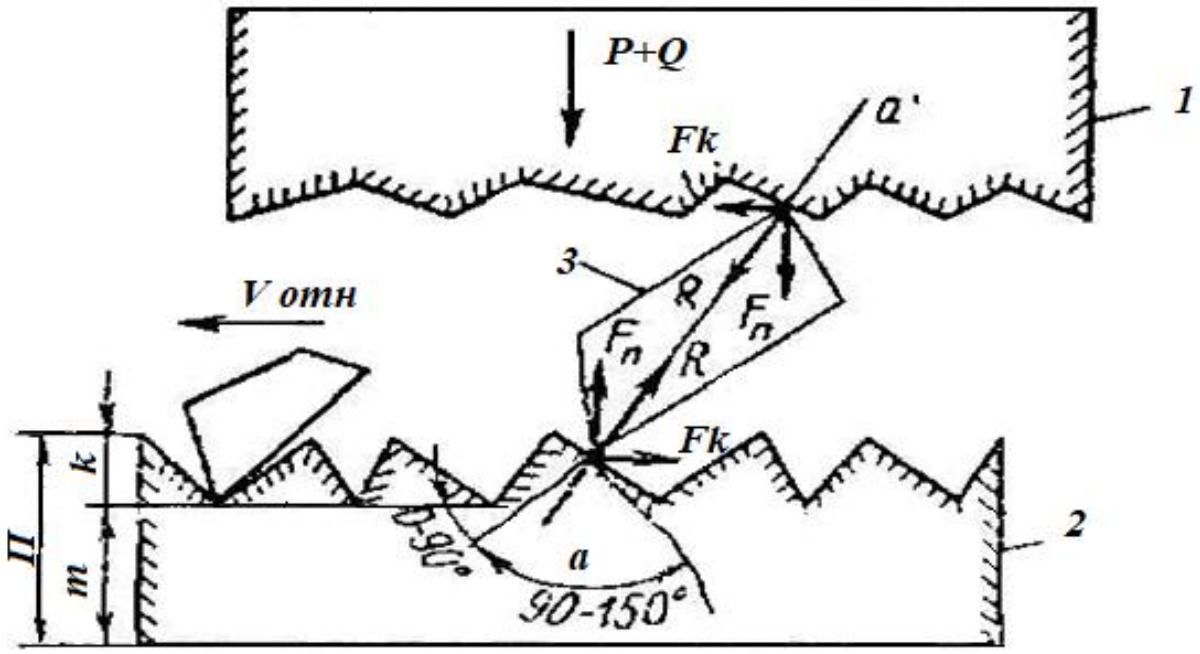


Рис. 13.2 Схема роботи вільного абразивного зерна

РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 14

СХЕМИ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ШЛІФУВАННЯМ

Мета лекції: ознайомлення з технологічними системи обробки; вивчення способу вільного притирання; кінематичні схеми обробки.

Зміст лекції:

14.1. Технологічні системи обробки
14.2. Спосіб вільного притирання
14.3. Кінематичні схеми обробки

14.1.Технологічні системи обробки

Оптичні деталі виготовляють механічною обробкою заготівок зі зняттям

припусків. Припуск знімається послідовним виконанням ряду технологічних операцій: точінням різцем, шліфуванням інструментом із закріпленими абразивними зернами (ЗАЗ), притиранням водяними суспензіями, обробкою абразивним порошком і шліфування.

Ціль кожної операції - уточнення розмірів і форми і зменшення мікронерівностей обробленої поверхні заготовки. Для цього вибирають визначену технологічну систему обробки: верстат-пристосування-інструмент-деталь. Найбільш поширена в оптичних технологіях система ВПІД - верстат-пристосування-інструмент-деталь (рис. 14.1).

Система ВПІД характеризується геометричною побудовою і кінематичною схемою обробки, видом інструменту і способом його замикання з заготівкою, а так само способами обробки поверхонь з необхідною точністю.

Основні ознаки системи ВПІД є:

1. Спосіб замикання ланцюга руху робочих органів елементами кінематичної пари інструмент-заготівка, геометричний чи силовий, від якого залежить досяжна точність форми і кривизни оброблюваної поверхні;
2. Вид взаємодії інструмента з оброблюваною поверхнею заготовки (у точці, по лінії, по поверхні), від якого залежить клас чистоти обробки і геометрична досконалість форми поверхні.

У системі ВПІД на рис.14.1а здійснено геометричне замикання заготівки з інструментом – у точці, різець переміщається прямолінійно, а заготівка обертається, основна вимірювальна база сполучена з настановною. Неточності виготовлення і настроювання інструмента і заготовки передаються на задану форму і розміри деталі. Така система використовується для зняття великого обсягу припуску при попередній обробці допоміжних поверхонь великих розмірів.

У системі ВПІД на рис.14.1б здійснено геометричне замикання заготовки з інструментами по лінії. Коло з ЗАЗ переміщається й обертається, а заготівка тільки обертається. Основна вимірювальна база сполучена з настановною. Застосовується ця схема для обробки допоміжних циліндричних поверхонь лінз, сіток і фасок, точність обробки до 0,01 мм.

У системі ВПІД на рис.14.1в здійснено зіткнення заготовки з інструментом по лінії, а замикання цієї кінематичної пари силове, тобто силою Р. Знімання припуску відбувається в процесі взаємного притирання робочої

кромки інструменту і поверхні заготовки за допомогою абразивної суспензії. У процесі обробки заготівка обертається, а інструмент робить складний зворотно-поступальний рух паралельно осі 1-1. Така схема рекомендується для обробки асферичних поверхонь типу параболоїда, еліпсоїда, гіперболоїда.

У схемі ВПІД на рис.14.1г заготівка стикається з інструментом по поверхні при геометричному замиканні розмірного і кінематичного ланцюга. При обробці інструмент закріплений жорстко і не змінює геометричного профілю під час операції. Застосовують для обробки плоских поверхонь, призм, сіток, шкал, оптичних клинів.

У схемі ВПІД на рис.14.1д інструмент і заготівка обертаються на осях розташованих під деяким кутом, що дозволяє обробляти сферичні поверхні. Обробляється методом врізання, при якому інструмент усією площею подається на оброблювану поверхню заготовки. Відхилення виникає від похибок установок. Цю систему застосовують головним чином для попереднього шліфування виконуючих оптичних поверхонь деталей, остаточного шліфування допоміжних плоских і сферичних поверхонь.

У схемі ВПІД на рис.14.1е інструмент взаємодіє з заготівкою по поверхні силовим замиканням, і вони взаємно притираються суспензією абразивних порошків. Інструмент працює по методу врізання. Така система застосовується для обробки виконуючих поверхонь, попередніх і фінішних операцій шліфування і полірування оптичних поверхонь, оцінюваних параметрами N, ΔN, P.

14.2. Спосіб вільного притирання

При шліфуванні заготівка притирається до обробного поверхні твердого інструмента - шліфувальника, а при поліруванні м'які смоляні і повстяні підкладки інструментів притираються до шліфованої поверхні заготовки скла.

Схема способу вільного притирання показана на рис. 14.2. Настановною базою для робочої поверхні інструмента 2 є вихідна поверхня заготовки 1. При знятті припуску настановна база змінює своє положення щодо деталей верстата і радіус $R_{зах}$ змінюється на радіус R оброблюваної поверхні.

Для оброблюваної поверхні 1 вимірювальною базою являються центр сфери О, від якого визначається єдиний розмір сфери – радіус R. Така обробка називається способом вільного притирання.

Спосіб вільного притирання визначається наявністю наступних ознак:

1) зіткнення робочої поверхні інструмента з оброблюваною поверхнею заготовки відбувається по площадках кінцевих розмірів;
2) прилягання, поверхонь інструмента і заготовки, що притираються як двох елементів кінематичної пари третього класу здійснюється силовим замиканням;
3) одна з поверхонь, що притирається самовстановлюється на іншій за допомогою кульового шарніра 3 поводка верхньої ланки;
4) відносний рух інструмента 2 по оброблюваній поверхні заготовки 1 складається з трьох простих обертальних рухів зі швидкостями W_B и W_H верхньої і нижньої ланок і швидкості W_{KOP} - хитання коромисла навколо центра сфери О;
5) вісь одного з обертальних рухів являється нормаллю до сферичних або плоских поверхонь, що притираються;
6) відносне переміщення і геометрія площадок інструмента обрані так, що всі точки на поверхнях, що притираються знаходяться в багаторазовому аперіодичному покритті всіма площадками парної ланки.

Спосіб вільного притирання завжди використовують при обробці сферичних і плоских поверхонь. Спосіб притирання це коли один елемент кінематичної пари вільно встановлюється (самовстановлюється) на своїй парній ланці.

Технологічними ознаками обробки способом вільного притирання є:

1) наявність суспензії абразивних порошків;
2) зміна геометрії профілю робочої поверхні інструмента через його знос за час обробки навіть однієї заготовки;
3) наявність притирань з матеріалів, що мають по відношенню до зерен суспензії при шліфуванні фрикційні, а при поліруванні адсорбційні властивості.

Найбільш істотний недолік способу вільного притирання полягає в тім, що на верстаті не можна заздалегідь установити заданий радіус обробленої поверхні, він досягається лише шляхом виправлення інструмента і переналагодження верстата в процесі виконання операцій шліфування і полірування.

14.3. Кінематичні схеми обробки

Кінематичні схеми обробки поверхонь оптичних деталей відображають абсолютні прості обертальні і поступальні рухи, що у тім чи іншім сполученні надаються інструментам і заготівці в різній технологічній системі верстат-пристосування-інструмент-деталь.

Кінематична схема обробки є кінематичною основою системи верстат-пристосування-інструмент-деталь, якою вони принципово відрізняються одна від іншої. Найбільш розповсюджена кінематична схема обробки сфер на верстаті типу ШП шліфуванням і поліруванням сфер оптичних поверхонь показана на рис. 14.3.

З кінематичної схеми верстата виділені і розглядаються прості рухи навколо осей 1-1 і 2-2. Повідець 4 качається навколо осі 3 разом з коромислом 5 і навколо останнього разом з кареткою 6. Це складний рух завдяки замиканню силою Р кульового шарніра 7 приводиться до простого плоского руху навколо центра оброблюваної сферичної поверхні. Прийнято умовно, що оброблювана заготівка є завжди нижньою ланкою.

Закріплення матеріалу:

1. Визначення технологічної системи обробки.
2. Основні ознаки технологічної системи обробки.
3. Типові схеми технологічних систем обробки.
4. В чому полягає спосіб вільного притирання.
5. Структура кінематичної схеми обробки.

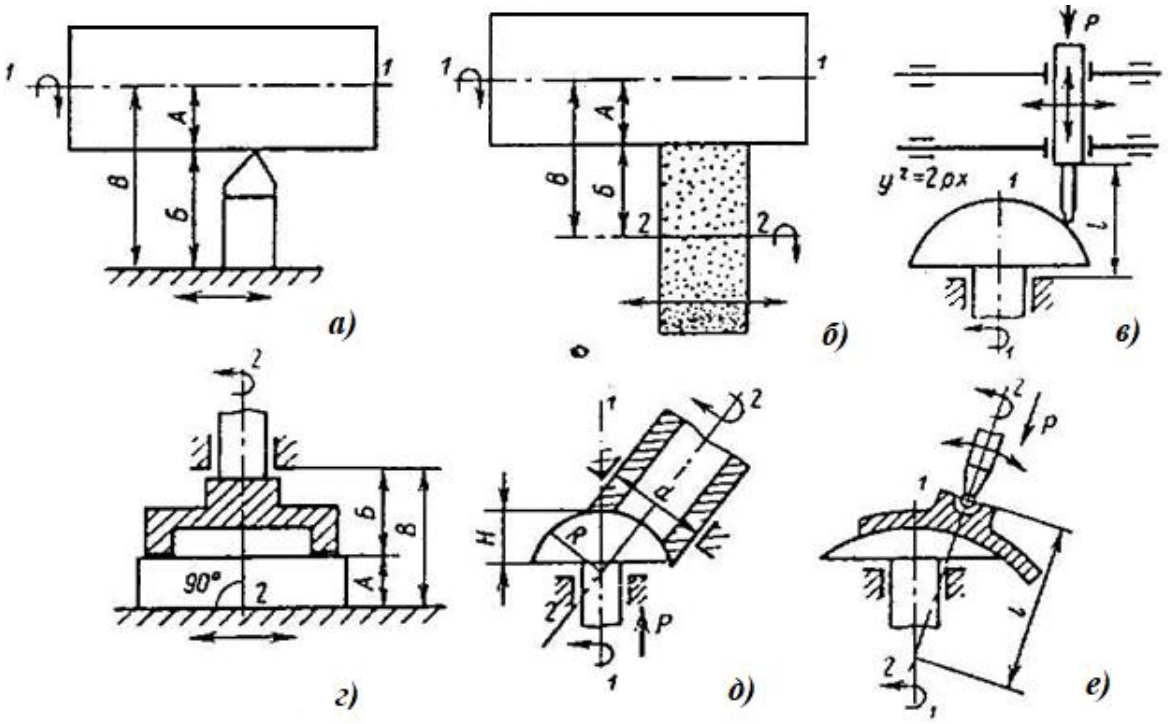


Рис. 14.1 Системи ВПІД обробки оптичних деталей: ***а***-геометричне замикання, контакт у точці; ***б***- геометричне замикання, зіткненням по лінії; ***в***-силове замикання, зіткнення по лінії; ***г***-замикання силове, зіткнення по поверхні; ***д,е***-замикання силове, зіткнення по поверхні, відповідно два і три обертальних рухи;

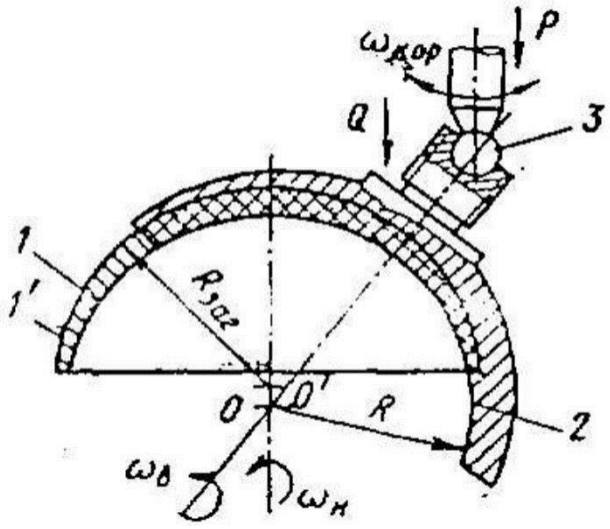


Рис.14.2.Схема обробки вільним притиранням

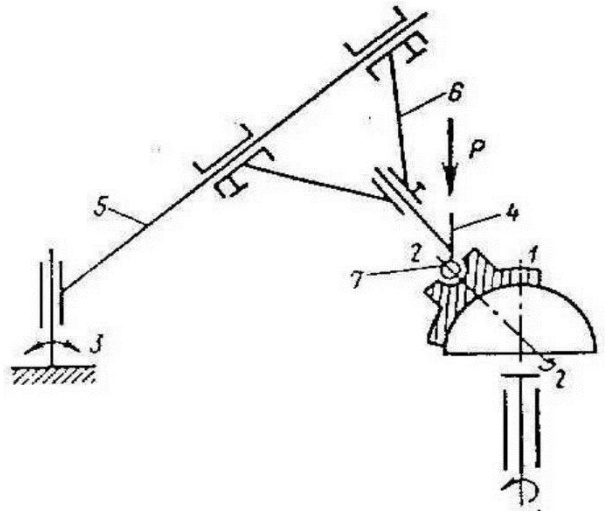


Рис. 14.3 Кінематична схема обробки притиранням

РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 15

ПАРАМЕТРИ І ПОКАЗНИКИ ВІЛЬНОГО ПРИТИРАННЯ

Мета лекції: ознайомлення з технологічними системи обробки; вивчення способу вільного притирання; кінематичні схеми обробки.

Зміст лекції:

15.1. Схеми розташування припусків

15.2. Коефіцієнт заповнення

15.1. Схеми розташування припусків

Вихідна поверхня заготовки відстоїть від сферичної, заданого радіуса поверхні деталі, на шар припуску, що по кругових зонах у загальному випадку має різні товщини. При обробці сфер способом вільного притирання шар припуску обмежений двома завжди сферичними поверхнями-вихідної заго-

товки й оброблюваної деталі. Існують три схеми розташування міжопераційного припуску:

1) шар рівної товщини;
2) мінімум припуску на краю;
3) мінімум при вершині заготовки.

Усі три ці схеми можна представити графічно на рис. 15.1. Міжопераційний припуск завжди більше, ніж технологічно мінімально необхідний шар z_k, обумовлений класом шорсткості R_z попередньої обробки. Обсяг припуску q, що знімається з поверхні заготовки також більше мінімально необхідного. Зазначені схеми служать основою для вибору програми обробки. Обсяг припуску q, що знімається з поверхні заготівлі визначають по відповідних аналогічних залежностях для кожної схеми розташування припуску окремо.

Так, для першої схеми, коли $z_\lambda = z_{\min}$ при $\lambda = \mathrm{Q}$, тобто мінімальний шар припуску з краю, обсяг припуску q визначається:

$$q = \frac{\pi R_2^2}{\cos Q}\left[z_{\min}\sin^2 Q - (R_1 - R_2)(1-\cos^2 Q)\right] , \qquad (15.1)$$

де $R_2 = R$ - радіус готової деталі, а $R_1 = R_{ЗАГ}$

Для схеми мінімуму товщина шару припуску в центрі, тобто $z_\lambda = z_{\min}$ при $\lambda = 0$

$$q = \pi R_2^2\left[z_{\min}\sin^2 Q - (R_1 - R_2)(1-\cos^2 Q)\right] \qquad (15.2)$$

Для схеми припуск рівної товщини, тобто $z_\lambda = z_{\min} = const$

$$q = 2\pi R_2^2 z_{\min} \qquad (15.3)$$

Розглянуті схеми на рис. 15.1 і відповідні аналогічні залежності описують усі можливі і дійсні схеми розташування припуску. Сучасне технологічне устаткування дозволяє досить швидко видаляти такий припуск, але немаловажну роль грає не тільки товщина припуску, але і його розташування по кільцевих зонах обробки. У залежності від цієї схеми вибирають геометричні параметри інструмента і режими настроювання верс-

тата. Для забезпечення оптимізації програми необхідно також враховувати коефіцієнт заповнення зони обробки скла при обробці блоків заготівок.

15.2. Коефіцієнт заповнення

Для підвищення продуктивності технологічного процесу у виробництві застосовують блокову обробку, тобто збирають оброблювані деталі в блоки, де всі деталі обробляють одночасно. Схеми розташування заготівок вибирають заздалегідь. По них вибирають розміри і геометрію інструментів. У блоків заготівок і обробного інструмента розрізняють геометрію площ поверхонь, які притираються і геометрію профілю. У технологічній підготовці виробництва прийнято на блоках заготовки і інструмент розглядати по кільцевих зонах, які симетричні осі обертання блоку.

Геометрія робочого інструмента і блоків визначається коефіцієнтом заповнення кільцевих зон розташованих по радіусу від осі обертання блоку. Геометрію площадок заготовки і робочого елемента інструмента розглянемо по кільцевих зонах радіуса r чи кута λ, а також мають лінійну і кутову ширину Δr і $\Delta\lambda$ зон відповідно. Коефіцієнт заповнення $\eta_{r,\lambda} = f(r,\lambda)$ чисельно характеризує опір даної зони обробки в порівнянні із суцільною зоною, того ж радіуса r чи кутового положення λ, а також ширини Δr і $\Delta\lambda$, відповідно.

Коефіцієнт заповнення $\eta_{r,}$ кільцевої зони середнього радіуса r визначимо наступною аналітичною залежністю

$$\eta_r = \frac{\sum_i^n \delta_r}{2\pi r \Delta r}, \qquad (15.4)$$

де n і δ_r - число і площа відповідно ділянок робочих площадок вхідних у кільцеву зону для плоскої поверхні показаної нижче на рис. 15.2а); r і Δr - середній радіус і ширина кільцевої зони, відповідно.

При обробці сферичних поверхонь аналогічно розглянемо коефіцієнт заповнення $\eta_{\lambda,}$ блоку, схема розташування деталей якого знаходиться на рис. 15.2б).

$$\eta_\lambda = \frac{\sum_i^n \delta_\lambda}{2\pi R \Delta\lambda \sin\lambda} \qquad (15.5)$$

де n і δ_λ - число і площа відповідно ділянок робочих площадок вхідних у кільцеву зону для сферичної поверхні показаної нижче на рис. 15.2б); λ і Δλ - середній кутовий радіус і кутова ширина кільцевої зони, відповідно.

Коефіцієнт заповнення - величина безрозмірна, як правило, менше 1. Для зон суцільних поверхонь заготівок $\eta_,$ дорівнює 1, а для всіх інших зон $\eta_,$ менше 1. Якщо в зоні взагалі немає ділянок, заповнених склом, металом чи смолою, то $\eta_,$=0

У загальному випадку площадки мають довільну конфігурацію і розташування, тобто геометрію. Тоді для обчислення $\eta_,$ випливає: 1) усю поверхню розбити на ряд концентричних зон постійної ширини; 2) чи графічно за допомогою планіметра визначити сумарну площу $\sum_1^n \delta$ заповнення зон; 3) обчислити коефіцієнти заповнення $\eta_,$. Найбільше зручно прийняти r=0;0,1;0,2…;1 і розбити всю поверхню на 10 кільцевих зон, що дозволить табулювати наступні обчислення значень $\eta_,(r)$. Цей спосіб підрахунку $\eta_,(r)$ дає погрішність результату 2 – 4%.

Закріплення матеріалу:

1. Що таке припуск.
2. Перелічіть види припусків.
3. Типові схеми припусків для сферичної поверхні.
4. Коефіцієнт заповнення блока заготовок.
5. Призначення коефіцієнта блока заготовок.

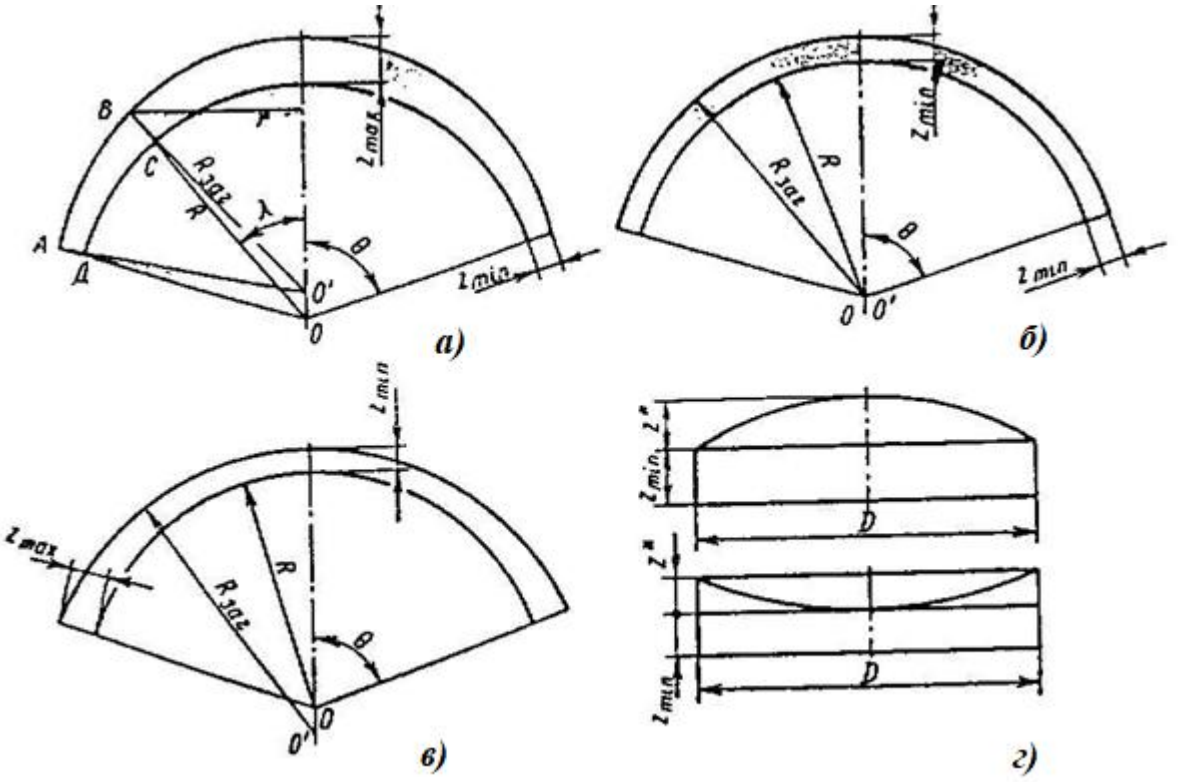


Рис. 15.1 Схеми розташування припуску : ***а)***- Zmin по краї; ***б)***-Zmin у центрі; ***в)***- шар рівної товщини; ***г)***-припуск на площині Zmax у центрі

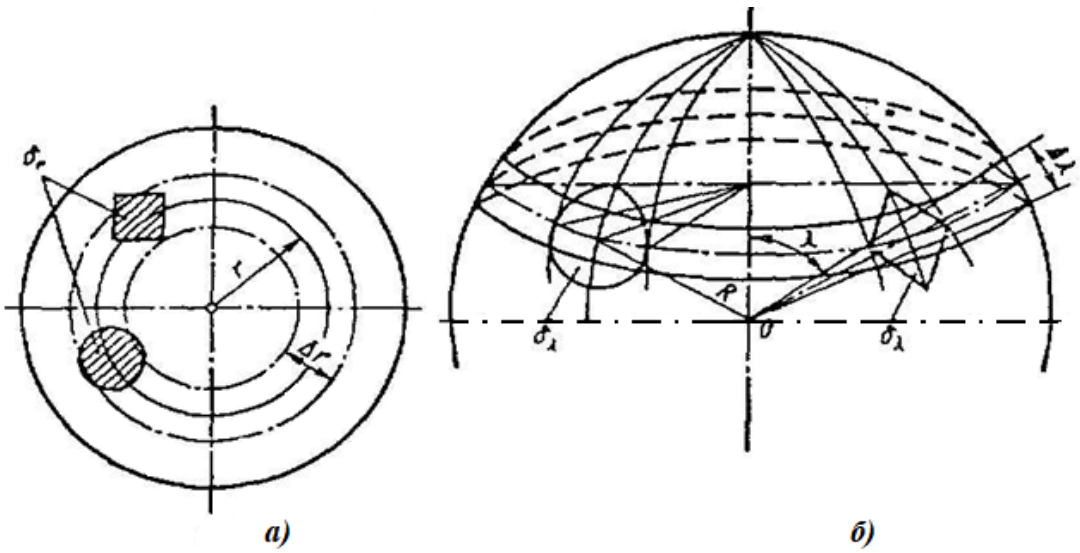


Рис. 15.2 Коефіцієнт заповнення поверхонь, що притираються матеріалом : ***а)***- плоских; ***б)***-сферичних.

РОЗДІЛ 4. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 16

АНАЛІЗ РОБОТИ ПРИТИРАННЯ

Мета лекції: інтенсивність обробки; вивчення технологічних параметрів і факторів; ознайомленні з прийомами управлінням процесом обробки та функція розподілу інтенсивності обробки.

Зміст лекції:

16.1. Інтенсивність обробки
16.2. Технологічні параметри і фактори
16.3. Прийоми управліня процесом обробки
16.4. Функція розподілу інтенсивності обробки

16.1. Інтенсивність обробки

Видалення припуску абразивним руйнуванням, полірування скла, а також знос інструмента в процесі вільного притирання скла відбувається при витраті механічної роботи, значна частина якої переходить у тепло.

Об’єм припуску q скла, вилученого притиранням прямо пропорційний кількості витраченого на нього роботи, отже:

$$q = k \cdot A, \qquad (16.1)$$

де A - робота витрачена на видалення припуску; k - технологічний коефіцієнт, що виражається питомим об’ємом припуску знятого з заготовки при витраті одиниці роботи з урахуванням дії технологічних параметрів.

Механічна робота A визначається як:

$$A = F \cdot V \cdot n \cdot T, \qquad (16.2)$$

де F - середнє значення за цикл T взаємодії верхньої ланки (інструмента)

з нижнім (блоком обробки заготівок), тобто середнє робоче зусилля; V- середнє за цикл Т значення вектора відносної швидкості руху верхньої ланки по нижньому, тобто середня робоча швидкість; n - число циклів обробки. Зусилля F і швидкість V названі робочими, тому що їх значенням прямо пропорційна робота, витрачена на видалення об'єму припуску. Сила F – це середнє значення вектора сили, прикладеної до кульового шарніра повідця верхньої ланки, спрямованого тангенціально до оброблюваної поверхні і прямо протилежна вектору відносної швидкості.

Експериментально встановлено, що при шліфуванні:

$$F = (P + Q)/4, \qquad (16.3)$$

де $k_ш$=3,8. Також експериментально встановлено, що при поліруванні:

$$F = 2(P + Q)/3, \qquad (16.4)$$

де $k_п$=3,8•10^{-5}, P - сила натискання повідця верстата; Q - сила ваги верхньої ланки.

Якщо верхня ланка обертається вільно (у більшості випадків обробки), то приблизно приймають, що робоча швидкість V у всіх зонах r дорівнює середньої відносної швидкості руху центра верхньої ланки, тобто:

$$V = (L \cdot \pi \cdot n)/60, \qquad (16.5)$$

де L - розмах хитання верхньої ланки. Так, у першім наближенні за значеннями параметрів режиму обробки визначають роботу A, призначену для видалення шару припуску об'ємом q.

Інтенсивність обробки вимірюють об'ємом припуску q, вилученого в одиницю часу. Інтенсивність режимів обробки вибирають у залежності від геометричних параметрів і заданої точності обробки.

16.2. Технологічні параметри і фактори

Технологічними параметрами процесу механічної обробки називають, наприклад, якість матеріалів інструментів і скла, зернистість абразивного

порошку, витрата і кислотність суспензії, температура в приміщенні цеху й ін. Ці параметри впливають на інтенсивність обробки, що враховується значеннями технологічного коефіцієнта.

Крім технологічних параметрів, значення яких постійні в часі і відомі заздалегідь, є ще і технологічні фактори, що впливають на процес обробки.

Технологічними факторами називають результат одночасної дії багатьох незалежних параметрів режиму обробки, основних і допоміжних властивостей матеріалів або даних навколишнього середовища.

Їх звичайно не можна розрахувати заздалегідь і виразити в явній функціональній залежності від одного з них. Якісно результат їхньої дії виявляються тільки після початку виконання операції, переходу.

Повним прикладом технологічного фактора є розподіл абразивної суспензії. Він виражає результат сполучення одночасної дії декількох незалежних параметрів: геометрії і кутових швидкостей верхньої і нижньої ланок; витрати, концентрації, властивостей, місця і способу подачі абразивної суспензії.

Вплив технологічних факторів порушує сталість і закономірність дії незалежних параметрів процесу і повторюваність результатів обробки. Їх дія викликає необхідність регулювання обробки по способу пробних проходів, підвищення допоміжного часу, що знижує продуктивність.

Сила натискання повідка P і сила ваги верхньої ланки Q (мал. 16.1) розподіляються по зонах сполучених поверхонь. Ці сили діють на шари металу інструмента і скла заготовки складної геометричної форми, шари клеючої і полірувальної смоли, абразивної суспензії, і робочий тиск стає технологічним фактором.

Тиск по зонах поверхонь, що притираються розподіляється при переміщенні верхньої ланки 2 по нижній ланці 1 і руйнуванні їх матеріалів. Пружні, пластичні, теплові й інші деформації цих шарів взаємозалежні, але не мають будь–якої визначеної тимчасової залежності. Аналіз розподілу роботи в часі роблять при розробці прийомів керування процесом обробки.

16.3. Прийоми управління процесів обробки

Перерозподіл інтенсивності обробки по зонах оброблюваної поверхні здійснюється за допомогою механізмів і елементів управління, передбачених

у конструкціях верстатів і інструментів. Засобами управління процесом утворення поверхні деталі і виконання програми обробки змінюють параметри геометрії поверхні інструмента, розмах руху верхньої ланки, частоти обертання.

В одиничному виробництві головним, найбільш ефективним прийомом управління служить зміна геометрії суцільної обробної поверхні інструмента за допомогою різів. Різи змінюють розподіл робочих площадок по кільцевих зонах інструмента, що згодом викликає зміну кривизни профілю сполучених поверхонь.

У серійному виробництві головним засобом управління процесом утворення оптичної поверхні заданої кривизни також служить виправлення інструмента. Перенастроювання і під настройка застосовується рідше через недосконаліть конструкції верстатів ШП і складності для робочого розрахунків ефекту дії зміни кінематичних параметрів. Щоб уникнути зупинок верстата для виправлення інструмента, доцільніше застосовувати інструменти із секторно-кільцевою і каблуковою геометрією, які розраховані на закономірну зміну кривизни.

16.4. Функція розподілу інтенсивності обробки

Робота верстата затрачається на те, щоб за найменшу кількість циклів T с заготовки поперехідно зняти шар припуску товщиною z і утворити поверхню зміненого стану і необхідного радіуса кривизни і чистоти.

Щоб швидше одержати необхідну поверхню, потрібно привести закон розподілу роботи притирання затрачуваної в кругових зонах заготовки r, у відповідності зі схемою розташування припусків. Роботу притирання A_r у зонах r приймають як суму окремих компонентів наступного рівняння.

$$A_r = n \cdot F_r \cdot V_r^{отн} \cdot t_r , \qquad (16.6)$$

де n - число циклів взаємодії інструмента зі склом; F_r - середня сила взаємодії зон скла з інструментом за цикл T; $V_r^{отн}$ - середня робоча швидкість у зонах r за цикл T; t_r - середній робочий час, тобто середнє значення часу обробки зон r узяте за цикл T.

Рівняння профілю шару z припуску і роботи A_r, затрачуване на його видалення, є вихідною і кінематичною програмами обробки. У результаті

виконання кінематичної програми на заготовки утвориться задана поверхня оброблюваної деталі. Сила F_r у зоні r змінюється в процесі обробки мимовільно, не керовано перетворюючись, але так, що її середнім значенням залишається F_r. Мимовільне вирівнювання робочого тиску P_r і, отже, сили F_r дозволяє керувати процесом зміни кривизни оброблюваної поверхні, програмуючи значення тільки кінематичних компонентів V_r і t_r, тобто можна прийняти рівняння

$$z(r) = A_r / K = \text{const}\, V_r \cdot t_r \qquad (16.7)$$

Задаючи деякий режим обробки значеннями A_r і K за схемою розташування припуску z(r) можна скласти програму розподілу роботи верстата по зонах оброблюваної поверхні $V_r \cdot t_r$. Роботу A_r по зонах r розподіляє обробний інструмент у залежності від настроювання верстата. Програма зняття припуску z(r), виражена добутком кінематичних показників $V(r) \cdot S(r)$, виконується за допомогою інструменту деякої геометрії і настроювання верстата по визначених параметрах при обраному режимі обробки.

Геометрія інструмента і настройка верстата, будучи незалежними параметрами процесу керування обробкою, проектуються так, щоб добуток кінематичних компонентів був плавною функцією, графік якої погодиться з видом функції припуску z(r).

Закріплення матеріалу :

1. Від чого залежить інтенсивність обробки.
2. Як можливо керувати інтенсивністю обробки.
3. Як визначити силу притискання при шліфуванні і поліруванні.
4. Перелічіть прийоми керування процесом обробки.
5. Що таке функція розподілу інтенсивності обробки.

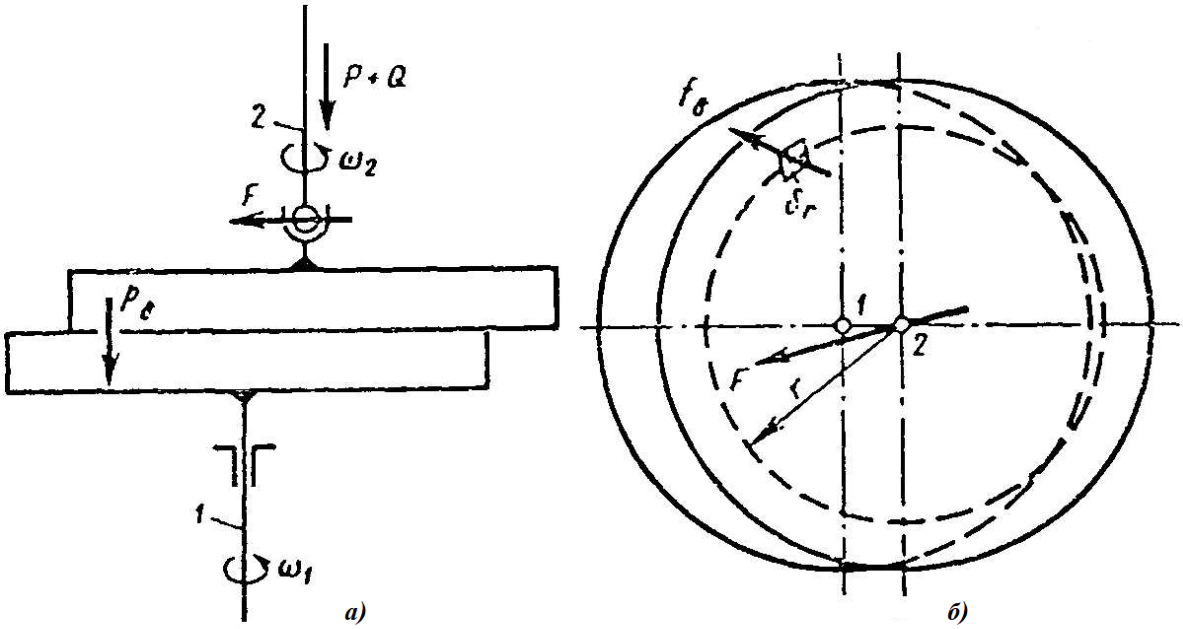


Рис. 16.1 Зусилля при обробці притиранням: а)-вид збоку; б)-вид у плані.

РОЗДІЛ 5.ІНСТРУМЕНТИ, ПРИСТОСУВАННЯ І ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 17

АБРАЗИВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Мета лекції: ознайомлення зі шліфувальними абразивами; вивчення зернистості та зернового складу абразивів; мікропорошки та полірувальні абразиви.

Зміст лекції:

17.1. Шліфувальні абразиви
17.2. Зернистість і зерновий склад абразивів
17.3. Мікропорошки
17.4. Полірувальні абразиви

17.1. Шліфувальні абразиви

Шліфуючі абразиви - тверді, дрібнозернисті, кристалічні речовини в порошкоподібному стані. За походженням бувають природними і штучними. В оптичному виробництві абразиви застосовують у вільному стані – у вигляді рідких суспензій, або в зв'язаному – алмазний інструмент. Основними шліфуючими абразивами є алмаз, корунд, електрокорунд, карбід кремнію, карбід бору.

Алмаз (природний і синтетичний) – кристалічна модифікація вуглецю. Твердість по мінералогічній шкалі 10, мікротвердість 100 000 мПа. Алмаз зустрічається в природі у вигляді окремих кристалів, що вросли у гірську породу. Синтетичні алмази у вигляді порошків одержують різними методами: кристалізацією вуглецю з його розчинів у розплавлених металах; епітаксиальним нарощуванням на алмазних запалах у присутності вуглецевоутримуючих газів або рідкого середовища; прямою перебудовою кристалічних ґрат графіту в алмазну. У залежності від умов синтезу одержують порошки, зерна яких відрізняються розмірами, формою, характеристикою поверхні, міцністю і крихкістю. Для обробки оптичних матеріалів їх в основному використовують у зв'язаному стані. У вільному вигляді вони знаходять застосування на завершальних стадіях обробки деяких оптичних кристалів.

Корунд – кристалічний оксид алюмінію Al_2O_3. Зустрічається як складова частина гірських порід у вигляді кристалів. Вміст корунду в гірських породах коливається від десятих часток до 100%. Домішки Fe, Cr обумовлюють колір корунду. Наждаком називають корунд у сполученні з гематитом, піритом, магнетитом і слюдами. Твердість корунду по мінералогічній шкалі 9 одиниць, мікротвердість 16000 – 24000 мПа. У вільному стані використовується для шліфування практично всіх оптичних матеріалів.

Карбокорунд – хімічна сполука вуглецю з кремнієм, отримана при плавленні суміші вугілля з кварцовим піском. Чистий карбокорунд безбарвний, технічний – пофарбований у різні кольори від ясно-зеленого до чорного. Твердість 9,5, мікротвердість 28000 – 33000 мПа. Для обробки оптичних матеріалів має обмежене застосування, тому що залишає на поверхні глибокі подряпини.

Електрокорунд – кристалічний окис алюмінію, одержуваний електрови-

плавкою гірських порід. Промисловість випускає кілька видів електрокорунда, який у залежності від кількості в ньому кристалічної фракції оксиду алюмінію і домішок має різну структуру, властивості і колір, тобто: електрокорунд нормальний; електрокорунд білий; електрокорунди леговані; монокорунд. Застосовується у вигляді водяних суспензій для шліфування всіх оптичних матеріалів, крім особливо твердих.

Карбід бора – сполука вуглецю з бором. Одержують плавленням суміші борного ангідриду і коксу. По твердості близький до алмазу, мікротвердість 33000 – 43000 мПа. Застосовують при свердленні отворів у склі й інших оптичних матеріалах і шліфуванні твердих оптичних кристалів.

17.2. Зернистість і зерновий склад абразивів

Всі абразиви, у залежності від розмірів, розділені на групи, а в групі по цій же ознаці на номери зернистості. Здійснити класифікацію так, щоб порошок кожного номера зернистості складався лише з зерен одного розміру практично неможливо. Зміст його становить кілька фракцій (груп зерен, розміри яких обмежені вузькою межею): основна - прийнята за характеризуючу даний номер зернистості; побічна - крупніше і дрібніше основних. Кількісний вміст фракцій характеризує зерновий склад абразиву.

Шліфуючі порошки природного і синтетичного алмазу розділяють на дві групи: шліфпорошки, мікропорошки.

Шліфпорошки природного алмазу мають одну марку – А, синтетичного – п'ять: АСО, АСР, АСВ, АСК, АСС (АС – алмаз синтетичний; ПРО, Р, У, ДО, З – індекси типів порошків, що відрізняються фізико-механічними властивостями).

Зерна порошку АСО мають підвищену крихкість, а зерна АСР більш міцні і менш тендітні в порівнянні з АСО. У зерен АСВ міцність вище, ніж АСО й АСР і менш тендітні; АСК мають велику міцність і менш тендітні, ніж АСВ.

Шліфпорошок шляхом просіювання вихідних елементів через сито з послідовно зменшуваним розміром ячейки розділений на номери зернистості. У порошок кожної зернистості входить 3 фракції: велика, основна і дрібна. Розмір зерен кожної фракції визначається розміром ячейки (мкм), що відповідає ситу через яке відбувається просівання.

Зернистість установлюється неправильним дробом, у якого чисельник – це розмір ячейки верхнього сита, знаменник – розмір ячейки нижнього сита.

Зерна, що залишилися на кожнім ситі зважуються, і визначається їхній вміст, що виражається у відсотках.

Якість порошку характеризують міцністю зерен. Нижче в таблиці 17.1 приведені зернистість і зерновий склад алмазних шліфпорошків.

Таблиця 17.1 Зернистість і зерновний склад алмазних шліфпорошків

Діапазон зернистості	Зернистість	Фракція			
		Велика		Основна	Дрібна
		Повинно проходити через сито 100%	Може затримуватися в ситі не більш 15%	Повинно затримуватися на ситі не менш 15%	Може проходити через сито не більш 3%
Широкий	400/250	500	400	250	200
	250/160	315	250	160	125
	160/100	200	160	100	80
	100/63	125	100	63	50
	63/40	80	63	40	—
Вузький	630/500	800	630	500	400
	500/400	630	500	400	315
	400/315	500	400	315	250
	315/250	400	315	250	200
	250/200	315	250	200	160
	200/160	250	200	160	125
	160/125	200	160	125	100
	125/100	160	125	100	80
	100/80	125	100	80	63
	80/63	100	80	63	50
	63/50	80	63	50	40
	50/40	63	50	40	—

17.3. Мікропорошки

Мікропорошки природних алмазів мають марки АМ і АН, а синтетичних – АСМ і АСН. Характеристикою якості порошків АСМ і АСН, поряд із зерновим складом, є гарантована норма шліфуючої здатності, що задається режимом синтезу і режимом технологічної обробки порошку. У порошків марки АСН вона на 30 – 40% вище в порівнянні з АСМ.

Шліфуюча здатність порошків, АМ і АН залежить від природних родовищ алмаза. У порошків АМ вона нижче, ніж в АН. Мікропорошки на номери зернистості розділяються центрифугою або осадженням у стовпі рідини. Зернової склад мікропорошків визначають, вимірюючи розмір 500 штук зерен за допомогою мікроскопа.

Мікропорошки мають розмір зерен від 80 до 1 мкм. Порошки зерна, яких дрібніше 1 мкм служать вихідною сировиною для виготовлення субмікропорошків використовуваних при обробці напівпровідникових кристалів кварцу і рубінів. Якість абразивних порошків оцінюють по їхній шліфуючій здатності і шорсткості обробленої поверхні. Далі в таблиці 17.2 зазначені зернистість і зерновий склад алмазних мікропорошків АСМ, АСН, АН і АМ

Таблиця 17.2 Зернистість і зерновий склад алмазних мікропорошків АСМ, АСН, АН і АМ

Зернистість	Фракція, мкм		
	Велика, не більше 5%	Основна, не менше 65%	Дрібна, не більше 30%
60/40	80-60	60-40	40-20
40/28	60-40	40-28	28-14
28/20	40-28	28-20	20-10
20/14	28-20	20-14	14-7
14/10	20-14	14-10	10-5
10/7	14-10	10-7	7-3
7/5	10-7	7-5	5-2
5/3	7-5	5-3	3-1
3/2	5-3	3-2	до 2
2/1	3-2	2-1	до 1
1/0	2-1	(не менше 95%)	—

Шліфуючу здатність, характеризують масою матеріалу зшліфованого зі зразка скла в стандартних умовах іспиту. Її відносне значення для деяких абразивів наступна:

Таблиця 17.3 Відносне значення шліфуючої здатності для абразивів

Абразив	Відносна шліфуюча здатність
Алмаз	1.0
Кубічний нітрид бора	0,58-0,60
Карбід бора	0,50-0,6
Карбід кремнію	0,25-0,45
Монокорунд	0,15-0,25
Електрокорунд	0,14-0,16
Наждак	0,03-0,08
Кварцовий пісок	0,02-0,03

17.4. Поліруючі абразиви

До поліруючих абразивів відносяться мілкокристалічні оксиди деяких металів, що перебувають в порошкоподібному стані.

Крокус Fe_2O_3 - безводний окис заліза, одержують осадженням солей заліза (сульфатного, вуглекислого, щавлевокислого) з розчину і наступним прожарюванням при температурі близько 700 - 800°С, зерна мають округлу форму, розміри від 0,6 до 1 мкм. Застосування крокусу обмежене в порівнянні з іншими порошками низькою поліруючою здатністю. Використовують для полірування деталей зі скла, чистота поверхні, якого повинна відповідати першому класу за ГОСТ 11141-76.

Полірит – складається в основному з оксидів рідкоземельних металів, вихідна сировина – мінерали лопарит і монацит. Зерна мають форму подовжених пластинок розміром до 5 мкм. Вони легко дробляться, утворюючи гострокутні осколки. Твердість від 6 до 7 одиниць. Це основний поліруючий абразив, що використовується при виготовленні деталей зі скла.

Окис торію ThO_2 - одержують прожарюванням торію або його органічних солей. Зерна мають форму чотирикутних пластинок розміром до 10 мкм. Вони тендітні, легко руйнуються. Твердість 6.5 одиниць. Трудомісткість виготовлення торію обумовлює його високу вартість, що

обмежує застосування порошку.

Двоокис цирконію ZrO_2 - одержують розкладанням термічно нестійких карбонатів і сульфатів. Вихідною сировиною є баделит і циркон. Середній розмір зерен 3,5-5мкм. В оптичних технологіях застосовують для полірування скла марки СТК.

Окис хрому Cr_2O_3 - виготовляють відновленням біхромату калію сіркою, або термічним розкладанням біхромату амонію. Першим способом одержують порошок з розмірами зерен від 0,8 до 1,2 мкм. А другим від 0,3 до 0,4мкм. Твердість по мінералогічній шкалі 9 одиниць. В оптичних технологіях застосовується для полірування деталей із кристалічних матеріалів з малою твердістю.

Алмазні мікропорошки АСМ і АСН зернистостей від 3/2 до 1/0 і субмікропорошки зернистостей від 0,7/0 до 0,3/0 – використовують при поліруванні кристалів рубіна і кремнію. За певних умов, що характеризуються в основному властивостями зв'язування, мікропрошки застосовують і для полірування оптичного кварцового скла.

Якість порошків оцінюють по їхній поліруючій здатності і чистоті обробленої поверхні. Поліруючу здатність характеризують кількістю скла зполірованого в заданий проміжок часу зі зразка визначеного розміру зі скла марки ДО8 у стандартних умовах.

Відносне значення поліруючої здатності для різних порошків близького зернового складу приведено нижче в таблиці 17.4:

Таблиця 17.4 Відносне значення поліруючої здатності для різних порошків близького зернового складу

Поліруючий абразив	Відносна поліруюча здатність
Окис хрому	0,5
Крокус	1,0
Поліріт	1,5
Окис торія	2,2
Двоокис цирконію	2,0

Закріплення матеріалу:

1. Визначення шліфувальних абразивів.
2. Види шліфувальних абразивів.
3. Зернистість та зерновий склад шліфувальних абразивів.

4. Мікропорошки.
5. Види і призначення полірувальних абразивів.

РОЗДІЛ 5.ІНСТРУМЕНТИ, ПРИСТОСУВАННЯ І ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 18

АЛМАЗНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Мета лекції: вивчення елементів конструкції інструмента; типи алмазного інструмента.

Зміст лекції:

18.1. Елементи конструкції інструмента
18.2. Типи алмазних іструментів

18.1. Елементи конструкції інструмента

Алмазний інструмент будь-якого типу являє собою металевий корпус, з яким міцно з'єднаний алмазоносний шар - робоча частина інструменту. Алмазні технологічні інструменти характеризують по:

1) формі і розмірам;
2) розмірам алмазного шару;
3) марці, зернистості і концентрації алмазного порошку;
4) марці зв'язування.

Ці параметри визначають ефективність роботи інструмента, питому витрату алмазу і ціну обробки, їх оптимальний вибір має істотне значення у виробництві.

Форму і розміри встановлюють у залежності від форми, розміру і матеріалу оброблюваної деталі, конструкції і потужності верстата. Перевагу віддають інструменту з максимально припустимими за умовою обробки розмірами алмазоносного шару, це зменшує витрати на інструмент, тому що вартість його виготовлення знижується з підвищенням кількості алмазного

порошку в алмазоносному шарі.

Марку алмазного порошку вибирають виходячи з умов роботи інструмента. Порошки з зернами малої міцності АСО ефективні в роботі з малими навантаженнями (кругле шліфування лінз), а порошки з зернами високої міцності (АСВ, АСК, АСС) дозволяють досягти високої продуктивності при роботі з великими навантаженнями (розпилювання, грубе шліфування, свердління отворів).

Зернистість алмазного порошку призначають у залежності від вимог до шорсткості оброблюваної поверхні і розміру інструмента. Зі зниженням зернистості, а разом з тим і шорсткості, знижується продуктивність і підвищується вартість обробки. З іншого боку, з підвищенням зернистості підвищується продуктивність, але одночасно підвищується і шорсткість поверхні і глибина порушеного шару, і припуски на них.

Концентрація алмазного порошку характеризує його зміст (по масі) в одному сантиметрі кубічному алмазоносного шару. За концентрацію 100% прийнято 4,4 карати (1 карат = 0,2 грами). Вона впливає на термін служби інструмента, продуктивність і глибину порушеного шару. Призначають концентрацію в залежності від розміру робочої поверхні інструменту, зернистості алмазного порошку, зносостійкості зв'язки.

Зі зниженням контакту інструменту з деталлю підвищується знос алмазоносного шару. Для зниження зносу концентрацію підвищують (вона знаходиться в прямої залежності від зернистості порошку). З підвищенням зернистості при постійній концентрації порошку число зерен на одиницю площі робочої поверхні інструмента знижується, продуктивність процесу зменшується, а більше навантаження на кожне зерно прискорює знос алмазного шару.

Зі зниженням зернистості при постійній концентрації, число одночасно працюючих зерен підвищується, але простір у який повинні надходити продукти зносу інструменту й оброблюваної деталі знижується. Продуктивність знижується, режим самозагострювання інструмента порушується. З огляду на це, концентрацію алмазного порошку з підвищенням зернистості підвищують, а зі зниженням - знижують.

Марку зв'язки вибирають, з огляду на марку порошку, властивості оброблюваного матеріалу, вид і режим обробки. Зв'язка впливає на продуктивність процесу, стійкість інструменту, глибину порушеного шару.

Для обробки оптичних матеріалів використовують багатокомпонентні

металеві зв'язки, у яких основний компонент мідь, залізо, алюміній, а добавками служать олово, свинець, цинк і ін.

18.2. Типи алмазних інструментів

Інструмент для грубого шліфування сферичних і плоских поверхонь нормалізований у вигляді алмазних кільцевих кіл форми АК, кіл алмазних чашкових АЧК і інших видів кіл у таблиці 18.1.

В інструменті використовують алмазний порошок марок АСВ, АСК, АСС. Концентрація порошку підвищується від 25% до 100% з підвищенням його зернистості і діаметру інструмента.

В одиничному виробництві грубе шліфування плоских поверхонь, зняття фасок роблять алмазними колами форми АПК у виді планшайб. Марки порошків алмазу і їхня зернистість аналогічні АЧК і АК, концентрація алмазів 50-100%.

Інструмент для тонкого шліфування сферичних поверхонь способом примусового формоутворення аналогічний колам АК і АЧК, марка алмазного порошку АСН. Зернистість порошку від 28/20 до 14/10. Алмазний інструмент для тонкого шліфування сферичних і плоских поверхонь способом притирання має форму грибів, чашок і планшайб.

Робочу поверхню інструмента утворюють алмазоутримуючі елементи 1 у вигляді таблеток, закріплених на корпусі 2, алмазний порошок типу АСН, концентрація від 10 до 25%.

Інструмент для свердлення отворів виготовляють трубчастої форми. В інструменті використовують алмазний порошок марок АСК і АСС. Зернистість від 125/100 до 315/250, підвищується з підвищенням діаметра інструменту, концентрація від 50 до 100%.

Інструмент для розпилювання скла стандартизований у вигляді алмазних відрізних кіл - АОК, кіл із внутрішньою ріжучою кромкою, АКВР, кіл АПС із міжсегментними пазами. Алмазне відрізне коло АОК використовується для розпилювання силікатного і кварцового скла, сіталів, оптичної кераміки і кристалів.

Основою кіл являється диск із листової холоднокатаної сталі. Алмазна суміш виготовляється гальванічним методом. В інструменті застосовують алмазний порошок марки АСК, АСС, зернистість від 630/500 до 125/100, кон-

центрація 25-100% підвищується з підвищенням зернистості алмаза і розміру кола.

Алмазне коло з внутрішньою ріжучою кромкою, АКВР застосовують для розпилювання напівпровідникових кристалів. Алмазний порошок марки АН, АСН закріплений на корпусі методом гальваностегії.

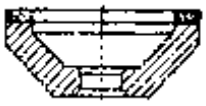
Алмазні кола з міжсегментними пазами застосовують для розпилювання великогабаритних заготівок, виливків зі скла. Їх ріжуча кромка складається з окремих сегментів, число яких (16-155) залежить від діаметру кола, зернистість алмазного порошку 500/400-250/200, концентрація 50-100%

Інструмент для круглого шліфування пластин і лінз - алмазні кола плоского профілю - АПП. В інструменті для центрування лінз методом кругового шліфування застосовують алмазний порошок марки АСО, АСВ зернистістю 160/125-50/40 при концентрації 100%.

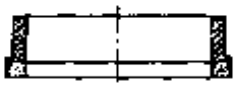
Закріплення матеріалу:

1. За якими параметрами характеризують алмазний інструмент.
2. За якими параметрами встановлюють концентрацію порошка алмазного.
3. Назвіть типи алмазних інструментів.
4. Області використання інструментів.
5. Позначення алмазних інструментів.

*Таблиця 18.1.*Деякі типи і області використання алмазного інструменту

Назва інструменту	Профіль інструменту	Область використання
Алмазні чашкові круги форми АЧК (ГОСТ 16172-70)		Грубе і тонке шліфування плоских сферичних поверхонь.

Продовження таблиці 18.1.

Алмазні Кольцові круги форми АК (ГОСТ 17006-71)		
Алмазні круги плоскі прямого профілю форми АПП (ГОСТ 16167-70)		Кругле шліфування пластин, центрування лінз.
Алмазні плоскі круги форми АПК (ГОСТ 17007-71)		Грубе і тонке шліфування плоских поверхонь в одиничному виробництві, нанесення фасок.
Алмазні відрізні круги форми АОК (ГОСТ 10110-71)		Розпилювання скла і кристалів.
Алмазні відрізні круги з внутрішньою ріжучою кромкою форми АКВР		Розпилювання напівпровідникових кристалів.
Алмазні відрізні сегментні круги (ГОСТ 16115-70) (ГОСТ 16117-70)		Розпилювання крупногабаритних заготовок скла

РОЗДІЛ 5.ІНСТРУМЕНТИ, ПРИСТОСУВАННЯ І ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 19

ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ШЛІФУВАННЯ ВІЛЬНИМ АБРАЗИВОМ

Мета лекції: ознайомлення з елементами конструкції інструмента; розрахунок та підготовка шліфувальників.

Зміст лекції:

19.1. Елементи конструкції інструмента
19.2. Розрахунок шліфувальників
19.3. Підготовка шліфувальників

19.1. Елементи конструкції інструмента

Для шліфування оптичних матеріалів суспензіями абразивних порошків застосовують металеві інструменти – шліфувальники, що у залежності від форми оброблюваної поверхні мають вид: планшайб, грибів і чашок.

До інструмента і матеріалу, з якого він виготовлений, висувають наступні вимоги:

1. Конструкція повинна мати твердість, при якій деформація робочої поверхні інструмента під дією його сили ваги і прикладеного навантаження має мінімальну величину.
2. Матеріал повинний бути стійкий до абразивного зносу.
3. Матеріал інструмента повинний інтенсивно зшліфовувати матеріал оброблюваної деталі.
4. Не повинний викликати глибокого руйнування поверхневого шару.

Конструкція планшайб визначається їхнім розміром. При діаметрі до 300 мм вони мають вид плоского диску з відносною товщиною (відношення товщини до діаметра) від 1/10 до 1/15.

Планшайби діаметром більше 300 мм підсилюють кільцевими і радіальними ребрами жорсткості, відносна товщина таких планшайб від 1/20

до 1/30.

Інструменти, що мають форму грибів конструктивно різні. Так при радіусі до 30 мм, їх виготовляють у вигляді суцільного сферичного сегмента. Гриби з великим радіусом кривизни робочої поверхні для зменшення маси мають порожнину і стовщення в центрі корпуса для посилення твердості. По аналогічному принципу з посиленням твердості в центральній частині виконані конструкції інструменту у вигляді чашок.

Планшайби, гриби і чашки з'єднані зі шпинделем верстата хвостовиками, що у залежності від розміру інструмента мають на хвостовику внутрішнє чи зовнішнє різьблення М8, М14, М20, М27.

Як матеріал при виготовленні планшайб будь-якого діаметра для грубого і тонкого шліфування застосовують сірий чавун СЧ28-48 і латунь ЛС59-1Л. При виготовленні грибів і чашок для грубого шліфування застосовують сталь 10, сталь 20, чавун СЧ28-48, а для тонкого шліфування латунь ЛС63 і ЛС59-1Л.

19.2. Розрахунок шліфувальників

Діаметр планшайб, висоту грибів і глибину чашок визначають виходячи з умов, при яких, може бути досягнута мінімальна швидкість зміни кривизни робочої поверхні інструмента.

Діаметр планшайб $Д_{пл}$ знаходять по відомому діаметрі $Д_0$ заготовки або блоку заготовок з урахуванням положення інструмента, що може виконувати функцію як нижньої, так і верхньої ланки:

$$Д_{пл} = Д_0 \ (1{,}1 \div 1{,}25) \text{ – інструмент знизу;}$$

$$Д_{пл} = Д_0 \ (0{,}8 \div 0{,}9) \text{ – інструмент зверху.}$$

Радіус кривизни $R^{бл}$ робочої поверхні блоку шліфувальника для кожного переходу визначається за відомим радіусом R_0 кривизни поверхні готової деталі, зернистості *Mn* абразиву, для якої призначений інструмент і глибині $Г_{Mn}$ шару порушеного цим абразивом, товщина A_{Mn} - шару абразиву зернистості *Mn*, який знаходиться в зазорі між притираючимися поверхнями.

Радіус кривизни $R^{бл}_{Mn}$ поверхні заготовки після шліфування абразивом зернистості *Mn* відрізняється від радіуса R_0 готової деталі на величину F_{Mn}, що відповідає глибині шару порушеного цим абразивом тобто

$$R_{Mn}^{бл} = R_0 \pm 1.2F_{Mn}, \qquad (19.1)$$

де коефіцієнт 1,2 вибирається експериментально і враховує можливі коливання зернового складу абразиву.

Радіус кривизни $R_{Mn}^{шл}$ робочої поверхні шліфувальника (гриба або чашки) змінюється для кожного переходу і повинний відповідати $R_{Mn}^{бл}$ поверхні заготовки після обробки на даному переході з урахуванням товщини шару A_{Mn} абразиву, що знаходиться в зазорі між притираючимися поверхнями тобто

$$R_{Mn}^{шл} = R_{Mn}^{бл} \pm A_{Mn} = R_0 \pm (1.2F_{Mn} + A_{Mn}), \qquad (19.2)$$

де вибирають «+» – коли робоча поверхня має вигляд чашки, «–» – коли робоча поверхня має вигляд гриба. Чисельні значення параметрів F_{Mn} і A_{Mn} необхідно вибирати з наступної таблиці, де вони зазначені для скла марки К8.

Ширину робочої поверхні опуклого і глибину увігнутого *Ншл* визначають у залежності від їхньої форми і положення.

Так для грибів: Для чашок:
Ншл = *Нбл* – інструмент зверху; *Ншл* = (0,8÷0,9)*Нбл* – інструмент зверху;
Ншл =(1,2÷1,4)*Нбл* –інструмент знизу. *Ншл*=(1,1÷1,2)*Нбл* – інструмент знизу.

Зернистість абразиву *Mn*	Глибина F_{Mn} порушеного шару, мкм	Товщина A_{Mn} шару абразиву, мкм	
		При положенні інструмента	
		знизу	зверху
М28	22	29	31
М20	15	20	27
М14	10	13	19
М10	7	8	14
М7	5	5	11

19.3. Підготовка шліфувальників

Контроль величини радіусів кривизни робочої поверхні шліфувальників у процесі їхнього виготовлення практично неможливий, тому критерієм оцінки відповідності фактичного $R_{Mn}^{шл}$ розрахунковому значенню є радіус кривизни $R_{Mn}^{бл}$ поверхні заготовки після шліфування інструментом, призначеним для даного переходу.

Підготовку шліфувальника виконують у наступній послідовності:

1. Робочу поверхню шліфувальників для всіх переходів тонкого шліфування проточують різцем за номінальним значенням радіуса кривизни R_0 готової деталі.

2. Здійснюють контроль їхньої форми металевими радіусними шаблонами.

3. Інструмент для кожного переходу розшліфовують по допоміжній заготівці або блоку, використовуючи абразив відповідної зернистості.

4. Здійснюють контроль отриманої поверхні накладенням пробного скла радіуса R_0.

Закріплення матеріалу:

1. Які вимоги встановлено для інструменту з вільними абразивами.
2. Характеристика планшайб.
3. Які матеріали використовують для виготовлення шліфувальників.
4. Послідовність розрахунку шліфувальників.
5. Послідовність підготовки шліфувальників.

РОЗДІЛ 5.ІНСТРУМЕНТИ, ПРИСТОСУВАННЯ І ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 20

ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОЛІРУВАННЯ

Мета лекції: ознайомлення з елементами конструкції та розрахунку інструменту.

Зміст лекції:

20.1. Елементи конструкції полірувальників.
20.2. Етапи розрахунку полірувальників.

20.1. Елементи конструкції полірувальників

Полірувальник являє собою металевий корпус, на якому закріплений матеріал (полірувальна смола, технічна вовняна тканина, синтетична тканина), що утворить робочу поверхню і виконує функцію носія поліруючого абразиву. У залежності від форми оброблюваної поверхні, полірувальники мають вигляд планшайб, чашок і грибів. (мал. 20.1).

До корпусу полірувальника пред'являють ті ж конструктивні вимоги, що і до шліфувальників. Матеріал корпусу повинен мати малу щільність і низьку вартість. Для виготовлення корпусів діаметром до 250 мм використовують цинковий сплав ЦМ4С.

При більшому розмірі корпусів - алюмінієві сплави АЛ-2, АЛ-9, АЛ-11. Матеріал, що утворює робочу поверхню полірувальника, вибирають у залежності від вимог до точності форми, чистоти оброблюваної поверхні і інтенсивності технологічного процесу полірування.

20.2.Етапи розрахунку полірувальників

Розміри полірувальників так само, як і шліфувальників, визначають, виходячи з умов, при яких може бути досягнуто найбільше рівномірне зполірування порушеного шару.

Діаметр - $D_{пол}$ для обробки плоских поверхонь знаходять зі співвідношень, що аналогічні використовуваним при визначенні розмірів планшайб для шліфування вільним абразивом, по відомому діаметру D_0 заготівки.

$$D_{пол} = D_0(1{,}1\text{-}1{,}25) \text{ - для полірувальника знизу} \qquad (20.1)$$

$$D_{пол} = D_0(0{,}8-0{,}9) \text{ - для полірувальника зверху} \qquad (20.2)$$

Якщо в якості матеріалів, що утворюють робочу поверхню полірувальників, використовують речовини, у яких відсутня властивість

пластичної текучості (технічні вовняні тканини, синтетичні матеріали), то діаметр корпусу $D_к$ полірувальника приймають рівним розміру полірувальника, тобто $D_к=D_{пол}$.

Якщо ж застосовуються полірувальні смоли, що мають текучість, яка викликає зміну розміру полірувальника, то край шару зрізують під кутом 45˚. У цьому випадку діаметр корпусу

$$D_К = D_{пол} + 2b_0, \tag{20.3}$$

де b_0 - товщина шару смоли нового полірувальника, рівна;

$$b_0 = 0,015D_{пол} + 0,5(мм) \tag{20.4}$$

Відносна товщина корпусу полірувальника без ребер жорсткості складає не менш 1:6, а полірувальника посиленого ними не менш 1:20. При розрахунку полірувальників у вигляді грибів і чашок визначають радіус кривизни $R_{до}$ поверхні корпуса, на яку наносять матеріал-носій поліруючого абразиву, висоту $H_к$ опуклого або глибину увігнутого корпусу, відповідно.

Вихідними даними являються радіус кривизни R_0 поверхні готової деталі, висота або глибина H_0 сферичної поверхні блоку, його діаметр D_0. Радіус кривизни $R_к$ поверхні корпусу полірувальника для сферичних поверхонь з відносною кривизною $H_0/R_0>0,5$ визначають:

$$R_{ДО} = R_0 \pm b_{кон} \tag{20.5}$$

де $b_{кон}$ - товщина шару матеріалу, що утворить робочу поверхню полірувальника до моменту закінчення терміну його служби. У формулі заміна b_0 на $b_{кон}$ пояснюється тим, що радіус кривизни поверхні опуклого або увігнутого полірувальника змінюється в процесі роботи за рахунок зменшення товщини смоли в центрі.

Щоб різнотовщинність шару (край-центр) згодом не збільшувалася, а зменшувалася, розрахункова товщина шару повинна бути однаковою по всій поверхні корпусу.

Значення $b_{кон}$ збільшується зі збільшенням R_0 і знаходиться в межах 0,4-2 мм. Товщину b_0 шару матеріалу нового сферичного полірувальника призначають керуючись співвідношеннями для плоского інструмента. При використанні матеріалів, що не мають пластичної текучості, під $b_{кон}$ мають

на увазі товщину, обумовлену при стиску вимірювальним інструментом.

Якщо відносна кривизна полірованої поверхні $H_0/R_0 \leq 0{,}5$, то різниця в товщині шару матеріалу між центром і краєм мала. Виходить, радіус кривизни $R_{до}$ поверхні корпуса може бути прийнятий рівним R_0 поверхні готової деталі, тобто $R_к = \pm R_0$.

Якщо такий корпус не виготовляють спеціально, а вибирають з набору оптичних інструментів нормованих радіусів, то $R_к^{норм}$ його поверхні може не відповідати R_0. Через цього товщини шару на краях і в центрі будуть різними, отже , допускають його меншу товщину по краю до 1/3 товщини в центрі.

Перевірку виконують по різниці висот фактично наявного $H_к^{норм}$ і розрахункового $H_к^{розр}$ корпусів. Для корпусів у вигляді чашок повинна виконуватися нерівність:

$$H_К^{норм} - H_К^{розр} \leq b_{0/3} \qquad (20.6)$$

Для корпусів у вигляді грибів повинна виконуватися наступна нерівність:

$$H_К^{розр} - H_К^{норм} \leq b_{0/3} \qquad (20.7)$$

Висоту $H_{пол}$ опуклих і увігнутих полірувальників визначають по співвідношеннях для розмірів сферичних шліфувальників. Розміри корпусу відрізняються від розмірів полірувальника деякою величиною, що зв'язана з відносною кривизною.

Вона визначається кутом, під яким повинний бути зрізаний край шару матеріалу, що утворює робочу поверхню полірувальника.

В увігнутих полірувальників із кривизною $H_0/R_0 \leq 0{,}5$ край шару зрізують під кутом 45° до робочої поверхні. Діаметр корпусу в цьому випадку більше діаметра полірувальника на подвійну товщину шару.

В увігнутих полірувальників з $H_0/R_0 > 0{,}5$ шар зрізують по твірній корпуса, висота якого більше висоти полірувальника на товщину шару в центрі. В опуклих полірувальників з $H_0/R_0 > 0{,}5$ висота корпусу може бути рівною висоті полірувальника або менше її на товщину шару в центрі.

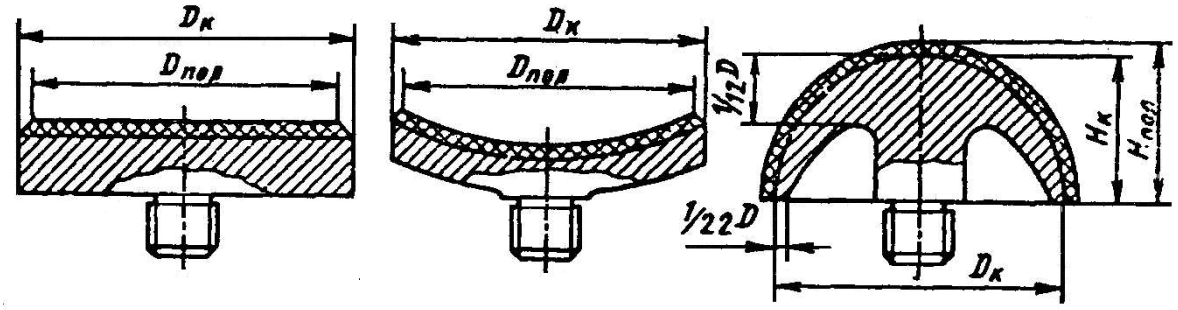


Рис. 20.1 Загальні конструктивні форми полірувальників

Закріплення матеріалу:

1. Назвіть види полірувальників.
2. Елементи конструкції полірувальників.
3. Вхідні дані для розрахунку полірувальників.
4. Послідовність розрахунку полірувальників.
5. Як визначають товщину робочого шару полірувальників.

РОЗДІЛ 5.ІНСТРУМЕНТИ, ПРИСТОСУВАННЯ І ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 21

ОХОЛОДЖУЮЧІ РІДИНИ І МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ФІКСАЦІЇ ЗАГОТОВОК

Мета лекції: вивчення призначення і типи ЗОР; матеріали для кріплення заготовок клеєм.

Зміст лекції:

21.1. Призначення і типи змащувально-охолоджувальних рідин
21.2. Матеріали для кріплення заготовок клеєм

21.1. Призначення і типи змащувально-охолоджувальних рідин

Обробку скла абразивами, що перебувають в зв'язаному і вільному стані, виконують із застосуванням змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), призначення яких:

- відведення тепла і продуктів зносу з зони контакту інструмента зі склом,
- утворення фізико-хімічних взаємодій у зоні обробки для прискорення руйнування скла,
- зменшення тертя інструмента об заготівку.

Продуктивність процесу, якість, споживана потужність і сила різання знаходяться в прямому зв'язку зі складом, кількістю і способом подачі ЗОР у зону контакту інструмента з заготівкою.

При виконанні грубого і тонкого шліфування плоских і сферичних поверхонь, свердлінні і розрізці, круглому шліфуванні, нанесення скосів, пазів і каналів використовують ЗОР, що містить емульсол, воду і гас.

Крім зазначених компонентів для адгезії диспергованих часток скла поверхні робочої кромки інструмента і їхньої здатності до коагуляції до складу ЗОР уводять також кальциновану соду.

Поліпшені властивості мають 3-5% водяні емульсії, що мають в своєму складі сульфокислоту і гліцерин. У результаті обмінної реакції сульфокислоти з тринатрійфосфатом у масляному середовищі утвориться дрібнодисперсна структура, у якій вода і добавки стабілізовані усередині часток сульфоната. У зоні тертя частки руйнуються.

Їхня активна група прикріплюється до твердих тіл, а вуглецеві радикали адсорбовані поверхнями алмаза і скла стикаючись, забезпечують змащення.

Вода не має доступу до поверхням, що труться, вона поглинає тепло і випаровується. До складу емульсола іноді додають фосфорні з'єднання, що поліпшують антикорозійні властивості емульсії.

При використанні водомістких ЗОР і роботі інструмента з малим навантаженням спостерігається його «засолювання». До числа причин, що викликають це явище відноситься адгезійна взаємодія часток зруйнованого скла зі зв'язкою інструмента.

Якщо окислювання зв'язки відбувається швидше, ніж її знос, то плівка окису, що утвориться, буде утримувати на собі частки скла. Останні викону-

ють захисну функцію, сповільнюють знос зв'язки і видалення затуплених зерен алмазу.

Режим самозагострювання інструмента порушується, що приводить до втрати ріжучої здатності. Адгезію зменшують, вводячи в ЗОР речовини, що абсорбуються на зв'язці даного складу краще, ніж стекло.

За критерії оцінки ЗОР мають поверхневий натяг σ і кислотність pH, що роблять вплив на продуктивність процесу шліфування і шорсткість оброблюваної поверхні. Величини σ і pH залежать від концентрації емульсії, з її підвищенням продуктивність підвищується, але одночасно зростає шорсткість. Оптимальні показники процесу досягаються при σ=380 – 440 Н/м, pH=9 – 9,2.

21.2. Матеріали для кріплення заготовки клеєм

Такі матеріали повинні задовольняти наступним технологічним вимогам:

- мати високу адгезійну здатність до матеріалу заготівки і пристосування;
- не викликати пружної деформації заготовки при зміні свого агрегатного стану;
- не вносити похибок;
- не вступати в хімічну взаємодію з матеріалом заготовки;
- легко відставати від поверхні заготовки і пристосування;
- не вимагати їхнього очищення від токсичних і вогненебезпечних розчинників.

Вимогам задовольняють: сплави термопластичних речовин (наклеювальні смоли, парафіни, воски, шелак) речовини, що сублімуються і гіпс, водяні розчини якого переходять у твердий стан.

Наклеювальні смоли – це сплави ряду речовин, взятих у визначених вагових співвідношеннях. Основним компонентом є каніфоль соснова – залишковий продукт переробки природної смоли (живиці) сосни. Температура розм'якшення 65 – 80°С, добре розчиняється в спирті, ацетоні, ефірі, гірше в бензині. Має високу клеючу здатність, і входить у наклеювальні смоли всіх марок у кількості 25 - 90%. З підвищенням змісту каніфолі твердість і температура розм'якшення смоли підвищуються.

Пек сосновий – залишковий продукт переробки дьогтю, одержуваний шляхом термічної обробки деревини з великим змістом смоли. Температура розм'якшення 45 - 60°С, добре розчиняється в бензині й ацетоні, гірше в спирті. Є компонентом наклеювальних смол більшості марок, де виконує роль пластифікатора, зменшуючи в'язкість смоли, додаючи еластичність і підвищуючи клеючу здатність.

Парафін нафтовий – це суміш твердих вуглецiв, одержуваних з парафінової нафти. Температура плавлення дорівнює 38 – 65°С. Стійкий до дії лугів і кислот. Має вигляд білої кристалічної маси.

Бітум – продукт із важких нафтових залишків, багатих асфальтосмолистими речовинами. Це основні складові асфальтени, смоли і нафтові олії. Перші обумовлюють твердість, другі – еластичність, треті є середовищем, що розріджує смолу, і асфальтени. Температура розм'якшення твердого бітуму 60 – 90°С. До складу смол вводять у кількості до 2% для підвищення пружних властивостей.

Бджолиний віск – продукт плавлення вощини. Має кристалічну будову і являє собою з'єднання складних ефірів, спиртів і кислот. Віск добре розчинний в ацетоні і бензині, погано в спирті. Стійкий до дії кислот. До складу смол деяких марок уводять віск у кількості від 3 до 25% для підвищення пластичності.

Шелак – це природна смола, являє собою продукт біологічної діяльності тропічних комах. Температура плавлення 35 - 40°С, розчинний у лугах і спирті, майже не розчинний в ефірі й ацетоні. До складу смол деяких марок його вводять у кількості 40 – 50% для підвищення механічної міцності.

Наклеювальні воски – являють собою сплави каніфолі з воском. Кількість каніфолі в сплавах 80 – 90%, а воску 10 – 20%. Наклеювальні воски застосовують для склеювання заготовки між собою і фіксації їхнього положення на технологічних пристосуваннях. Через високу в'язкість товщина клеючого шару, повинна бути 0,2 - 0,3 мм.

Сублімаційні клеї – на основі алкілутримуючих фреонів мають малу в'язкість, що дозволяє одержувати товщину клеючого шару, від 0,002 до 0,003 мм. При цьому міцність з'єднання заготовки із пристосуванням у 2-3 рази вище, ніж приклеєних смолою. Також клеї відрізняються тим, що при нагріванні вони улетючуються не викликаючи забруднення на поверхні заготовки і пристосування. Недоліки: необхідність попереднього нагрівання заго-

товки до 60 – 70°С при їхньому з'єднанні і до 120 – 130°С при розбиранні.

Сплави металів з низькою температурою плавлення в межах 60 - 90°С по ряду технологічних властивостей мають переваги перед смолами: блок може бути розібраний зануренням у теплу воду, що виключає потребу в складних установках, скорочується витрата органічних розчинників, малі втрати сплаву, багаторазове використання.

Гіпс – дрібнозернистий порошок, одержуваний відпаленням природного двоводного гіпсу до його перетворення в напівводний. Розчин гіпсу у воді через якийсь час твердіє й утримує заготівки під дією сил тертя і зчеплення. Збільшення обсягу затверділого розчину гіпсу характеризують його питомим розширенням, що нейтралізують додаючи в гіпс цемент 6 – 8% від маси гіпсу, який при затвердінні зменшується в обсязі. Із збільшенням змісту цементу тривалість затвердіння розчину скорочується, але утрудняється розбирання блоку і відділення заготовки. Тривалість робочого стану розчину (час від засипання гіпсу у воду до заливання блоку) становить не більш 3 хв, а час затвердіння суміші від 4 до 6 годин.

Закріплення матеріалу :

1. Від яких показників ЗОР залежить якість обробки скла.
2. Призначення ЗОР при обробці скла.
3. Критерії оцінки ЗОР.
4. Вимоги до матеріалів для кріплення заготовок.
5. Перелічіть основні матеріали для кріплення заготовок.

РОЗДІЛ 5.ІНСТРУМЕНТИ, ПРИСТОСУВАННЯ І ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 22

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПРОМИВКИ,ЗАХИСТУ ПОВЕРХОНЬ І ЇХ ПОЛІРУВАННЯ

Мета лекції: ознайомлення з промивальними рідинами та матеріалами для протирання; поняття захисні лаки; матеріали полірувальників.

Зміст лекції:

22.1. Промивальні рідини
22.2. Матеріали для протирання
22.3. Захисні лаки
22.4. Матеріали полірувальників

22.1. Промивальні рідини

Рідини для промивання заготовки і чищення деталей повинні швидко і надійно видаляти забруднення, розчиняти захисні лаки, наклеювальні смоли й інші речовини, не містити зважених часток і розчинених домішок, що можуть забруднювати оптичні поверхні, не робити руйнуючого впливу на полірованні поверхні, не бути токсичними і пожежонебезпечними.

Основними промивними рідинами, що використовуються на початковій стадії і наприкінці процесу механічної обробки заготовки є:

1) Чиста вода кімнатної температури для видалення шліфуюючих і поліруюючих абразивів із поверхонь оброблених деталей;

2) Водяні розчини лугів для розчинення наклеювальних смол із шліфованих поверхонь, застосовують 5-10% водні розчини NaOH і KOH, котрі розчиняють віск, парафін, наклеювальні смоли і захисні лаки зі шліфованих поверхонь оброблюваних деталей. Полірованні поверхні цими розчинами не промивають, тому що вони викликають їхнє руйнування;

3) Органічні розчинники і їхні суміші для розчинення наклеювальних смол і захисних лаків на полірованій поверхні. Бензин добре розчиняє сосновий пек, віск, жирові забруднення. Ацетон розчиняє каніфоль, захисні лаки на основі нітроемалі, жири, каучук. Етиловий спирт розчиняє наклеювальні смоли, спиртові лаки, шелак.

4) Однопроцентний розчин двохлористого олова в концентрованій соляній кислоті застосовують для видалення слідів поліруючих абразивів по контуру й із фасок оброблюваних деталей.

22.2. Матеріали для протирання

Для очищення полірованих поверхонь перед нанесенням покрить і при складанні використовують різні розчинники: петролейний ефір; ефір етило-

вий, спирт етиловий ректифікат, спирт ректифікат сухий, суміш петролейного ефіру зі спиртом і інші.

Промиті деталі витираються серветкою з м'яких білих тканин (фланель, батист, лляна полотнина й ін.). Жири і бруд із поверхонь тканин видаляють при знежиренні лугом.

Для остаточного чищення полірованих поверхонь оброблюваних деталей використовують знежирену гігроскопічну вату, застосовувану й у медичній практиці.

22.3. Захисні лаки

Лаки застосовують для захисту полірованих поверхонь від ушкоджень у процесі їхньої механічної обробки. Лаки повинні мати гарну адгезію до наклеювальної смоли і скла (оптичним кристалам), легко відокремлюватися від скла, не вимагаючи для цього великої кількості розчинника.

Лаки не повинні вступати в хімічну взаємодію зі склом (оптичними кристалами), при висиханні повинні утворювати гладку однорідну плівку.

Марку лаку вибирають у залежності від виду виконуваної операції, способу з'єднання заготовки із технологічними пристосуваннями, матеріалу заготівки. Зокрема, поліровані поверхні, що з'єднуються з пристосуванням через смоляні подушки, або просочені смолою прокладки з тканини, захищають нітроемаллю НЦ-25 (це розчин нітроцелюлози, смоли і барвного пігменту в суміші летучих розчинників). Нітроемаль НЦ-25 використовується і для захисту швів з'єднання заготовки із контактними пристосуваннями.

Для цих же цілей застосовують цапонлак (розчин нітроцелюлози в летучих органічних розчинниках із додаванням пластифікаторів – з’єднань, що прискорюють затвердіння).

Поліровані поверхні хімічно нестійкого скла (СТК-скла), водорозчинних і гігроскопічних кристалів, захищають фторорганічним лаком Ф32Л. Для зменшення світлорозсіювання й усунення відблисків, створюваних неробочими поверхнями і фасками, поверхні фарбують у чорний колір матовою емаллю ХС-1107 або ПФ-163.

Для збільшення адгезії наклеювальної смоли до скла і поліпшення умов спостереження дефектів (подряпин і крапок) на полірованій поверхні на шліфовану поверхню заготовки до їхнього з'єднання зі смоляними подушками

додатково наносять шар бітумного лаку.

22.4. Матеріали полірувальників

В якості матеріалів, що утворюють робочі поверхні полірувальників, використовують:

1) технічні вовняні тканини (сукно, фетр);
2) полірувальні смоли;
3) синтетичні речовини (поліуретан, синтепол, пілон).

Якість матеріалів оцінюють за продуктивністю процесу, здатності утворювати чисту, без видимих дефектів, поліровану поверхню і по тривалості збереження форми робочої поверхні, створеної при виготовленні.

Технічні вовняні тканини використовують для виготовлення полірувальників, застосовуваних у процесах, що протікають із великою інтенсивністю, і при виготовленні деталей із низькими вимогами до точності форми поверхні, але високими до чистоти.

Чистоту забезпечують еластичні властивості тканини, що визначають можливість нівелювання рівня зерен поліруючого абразиву. Тканина на корпус приклеюється смолою. Для міцності з'єднання матеріалу, що наклеюється, його притискають до корпуса і формують додатково допоміжним інструментом (планшайбою, грибом, чашкою) під тиском на пресі.

Полірувальні смоли являють собою сплави соснового пеку і соснової каніфолі з додаванням домішок бджолиного воску або каніфольного мила, які виконують роль пластифікатора. Смоли застосовують для виготовлення полірувальників, використовуваних у процесах одержання точних поверхонь деталей зі скла і багатьох оптичних кристалів. Марку смоли вибирають, з огляду на інтенсивність процесу і температуру в зоні обробки.

Наявність у смол пластичних властивостей і здатність текти під дією навантаження обмежує температурний інтервал їхнього застосування і можливості інтенсифікації процесу.

Для розширення температурного інтервалу і підвищення стабільності форми поверхні полірувальника в процесі його експлуатації в пеко-каніфольні смоли додають наповнювачі: деревні опилки дуба, вільхи, сосни, нафтовий бітум, полістирол і ін.

Синтетичні речовини мають мікропористу структуру. У їхній склад вводять поліруючий абразив (окис церію), зерна якого, насичуючи робочу поверхню інструмента, підвищують інтенсивність процесу полірування. Відмінна риса синтетичних речовин - висока зносостійкість, водо- і теплостійкість, значний опір розтяжним зусиллям. Застосовують їх у процесах із підвищеними швидкостями і робочим тиском для полірування деталей зі скла й оптичних кристалів.

З корпусом синтетичні речовини з'єднують водостійким клеєм, температура плавлення якого нижче температури плавлення матеріалу, що приклеюється.

З підвищенням вимог до точності форми полірованої поверхні товщину матеріалу зменшують. Відповідно підвищуються вимоги до точності форми поверхні корпуса полірувальника.

Чітко сформульованих вимог до фізико-механічних властивостей матеріалів полірувальників поки немає. Однак відомо, що максимальну швидкість полірування мають речовини, модуль пружності яких лежить у межах $(9\text{-}29)\cdot 10^2$ Па.

Нижня межа відповідає величині пружності, необхідної для передачі склу зусиль різання від закріплених абразивних зерен.

Верхня межа характеризує пружність, що допускає нівелювання на процес різних рівнів висоти абразивних зерен інструмента в процесі обробки.

Закріплення матеріалів:

1. Рідини для промивання і їх характеристика.
2. Матеріали для протирання деталей.
3. Матеріали для робочих поверхонь полірувальників.
4. Особливості синтетичних матеріалів для полірувальників.
5. Полірувальні смоли.

РОЗДІЛ 5.ІНСТРУМЕНТИ, ПРИСТОСУВАННЯ І ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 23

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИСТОСУВАННЯ

Мета лекції: розгляд уніфікації пристосувань, пристосування для плоского шліфування, сферошліфувальних і центрувальних операцій та наклеєчні шліфувально-полірувальні пристосування.

Зміст лекції:

23.1. Уніфікація пристосувань
23.2. Пристосування для плоского шліфування
23.3. Пристосування для сферошліфувальних та центрувальних операцій
23.4.Наклеєчні шліфувально-полірувальні пристосування

23.1. Уніфікація пристосувань

В оптичній технології застосовують верстатні пристосування загального машино- і приладобудівного призначення. Специфічні оптичні верстатні пристосування застосовують лише для наклейки або затиску заготовки. При використанні верстатних пристосувань намагаються:

1) усунути вивірку положення заготовки;
2) підвищити точність і продуктивність обробки;
3) розширити технологічні можливості устаткування;
4) скоротити допоміжний час на установку і закріплення заготовки.

Уніфікація пристосувань дозволяє підвищити економічну ефективність виробництва. Її ведуть по трьох напрямках:

1)створення універсальних пристосувань груп деталей, що забезпечують обробку;
2)створення стандарту на деталі пристосувань і їхні окремі елементи;
3) створення універсально-налагоджувальних пристосувань.

Вибір схеми пристосувань ґрунтується на об'єднанні деталей у групи по видах обробки, габаритним розмірам, схемам базування і закріплення. Поверхні, що базують, повинні забезпечувати заготівці незмінність положення в процесі обробки, найменші похибки установки, твердість і стійкість під дією закріпляючих зусиль, робочого тиску інструменту і нагрівання, швидку установку і зняття з пристосувань.

По ступеню універсальності пристосування поділяють на: *спеціальні* (використовують для виконання однієї операції або обробки групи конструктивно і технологічно однорідних заготовки); *непереналагоджувальні універсальні* (застосовують для обробки різних заготовки за допомогою підналагодження пристосування, що допускається конструкцією*);* переналагоджувані багатопредметні пристосування (дозволяють обробляти різні заготівки за рахунок своєї універсальної збірно-розбірної і агрегатованої конструкції).

Монолітний корпус пристосування поєднує в єдине ціле окремі його елементи, він сприймає зусилля, що виникають у процесі закріплення заготівки і її обробки. Корпус повинний бути:

1) досить міцним і твердим;
2) зручним для установки і зняття з верстата;
3) зручним для установки і зняття заготовки;
4) доступним для швидкого очищення пристосування від продуктів зносу інструменту і оброблюваного матеріалу;
5) стійким до корозії;
6) жароміцним, кислото-, лужностійким при використанні у вологому хімічно агресивному середовищі.

23.2. Пристосування для плоского шліфування

Найбільш розповсюдженим типом універсальних пристосувань являються прямокутні, плоскопаралельні металеві пластини зі звичайної конструкційної сталі 20, на яку за допомогою воску або парафіну наклеюють оброблювані заготівки.

Пристосування на столі верстата закріплюють гвинтовими або кулачковими затискачами, або електромагнітним пристроєм. Основним недоліком таких пристосувань являється тривалість операції кріплення і

зняття заготовки на пристосуванні.

Більш досконалі пристосування, робота яких заснована на використанні механічних упорів і поверхні натягу рідкої плівки. Упори сприймають основні зусилля різання, а тонкий шар води між базовими поверхнями і заготовки запобігає вібрації заготовки і їхньому мимовільному віджиманню.

Для обробки бічних поверхонь заготовки некруглої форми використовують багатомісні універсальні і спеціальні пристосування, показані нижче на рис. 23.1. Таке пристосування виконане у вигляді косинця 1 з базовим кутом, змочені водою склеєні заготівки 2 укладають стовпчиком і затискають гвинтом через прокладку 3.

Для грубого шліфування призм, зібраних у стовпчики застосовують пристосування з відповідним розташуванням опорних поверхонь (рис. 23.2). Похибки виконання кутових і лінійних розмірів пристосувань повинні бути в 1,5 – 2 рази менше, ніж в оброблюваних заготовки. Похибки виконання кутових розмірів призм і клинів при використанні цього типу складає 2 – 5 хв, а пірамідальність стовпчиків 0,05 – 0,01 мм.

Останнім часом знаходять широке поширення багатомісні багатопозиційні пристосування у вигляді ділильних пристроїв, застосовуваних для установки оброблюваних заготовки, складених або склеєних у стовпчик, у різні положення.

23.3. Пристосування для сферошліфувальних і центрувальних операцій

При обробці сферичних і асферичних поверхонь одиночних осесимметричних заготовки і блоків використовують цангові і пневматичні пристосування, що виконують затискні центруючі функції. Схема цангового пристосування показана на рис. 23.3. Основа цанги 1 що має прорізи 2 жорстко кріпиться на верхньому торці шпинделя верстата. Центрування і затиск заготівки здійснюється осьовим переміщенням штока 3, що має на верхньому кінці кільце 4 яке затискає заготівку 5. Вертикальне переміщення штока може відбуватися як від механічного, так і від пневматичного приводу.

Застосовують також вакуумні затискні патрони, схема яких показана на рис. 23.4. У такому пристосуванні його корпус 1 жорстко закріплений на торці

шпинделя верстата. При натисканні заготівка 2 долаючи опір пружини штовхальника 3, притискається до опорної площини корпуса. Для забезпечення вакуум щільного з'єднання в корпусі є кільцева канавка, у яку уставлено гумове кільце 4. При впуску повітря в патрон пружина, розтискаючись, переміщає штовхальник нагору і виштовхує заготівку.

На центрувальних верстатах застосовують два види патронів. На верстатах де оптичну вісь лінзи 3 сполучають з віссю обертання шпинделя спостерігаючи за кутовим биттям зображення нитки розжарення лампи відбитого від поверхні встановлюваної лінзи застосовують патрони, схема яких показана на рис. 23.5. У такому патроні хвостик 1 зі сталі 50 напресовується лінза 2 з латуні ЛС59-1. Латунь цієї марки завдяки осипній стружці забезпечує гарну якість підрізання гострого краю і швидке нагрівання (охолодження) смоли 4 і гільзи 2 у процесі роботи.

На самоцентруючихся верстатах застосовують сталеві центровочні патрони з конічною базовою поверхнею (рис. 23.6). Такі патрони виготовляють із бромистих сталей з наступним загартуванням, що забезпечує найбільш низький коефіцієнт тертя по склу і зносостійкість.

Для нанесення фасок на лінзу з товстим краєм застосовують вакуумні затискні патрони. Хвостовик затискних патронів виконують зі сталі 50, а гільзу і кільце- з латуні ЛС 59-1.

23.4. Наклеєчні шліфувально-полірувальні пристосування

Хвостовики таких наклеювальних пристосувань погоджують з посадковими місцями шпинделів верстатів і дозволяють закріплювати їх безпосередньо на шпинделі або через перехідні втулки. Конструктивні форми наклеювальних пристосувань для еластичного кріплення заготовки лінз в основному аналогічні конструкціям шліфувальників і полірувальників сферичної форми. Пристосування діаметром до 500 мм виготовляють із сірого чавуна СЧ 12-28 методом лиття з наступною проточкою посадкових місць. Пристосування більших розмірів виготовляють комбінованими: корпус зі сплаву АЛ2, а різьбова втулка зі сталі 40.

Наклеювальні пристосування типу грибів і чашок для твердого кріплення заготовки виготовляють з чавуна литтям у кокіль і наступним гострінням, пластмасові – литтям під тиском пластмаси АГ-4. Комбіновані

пристосування, схема яких показана на рис. 23.7 мають корпус 1 зі сплаву типу АЛ2 із запресованим хвостовиком 2 зі сталі 40 або корпус із пластмаси АГ-4, армований латунною різьбовою втулкою – хвостовиком. Іноді хвостовик з'єднують з корпусом через підшипник кочення.

Для кріплення деяких тонких заготовки, наприклад, ковпаків 3 застосовую вакуумні одномісні патрони, схема яких показана нижче на рис. 23.8. Вакуум створюється за допомогою еластичної діафрагми 2, виготовленої з гуми товщиною від 2 до 4 мм. Корпус 1 відливають зі сплаву АЛ2, шток 4 і інші кріпильні деталі виготовляють з нержавіючої сталі.

Закріплення матеріалу:

1. Призначення пристосувань.
2. Мета уніфікації пристосувань.
3. Вимоги до корпуса пристосування.
4. Матеріали для виготовлення пристосувань.
5. Мета використання центрувальних пристосувань.

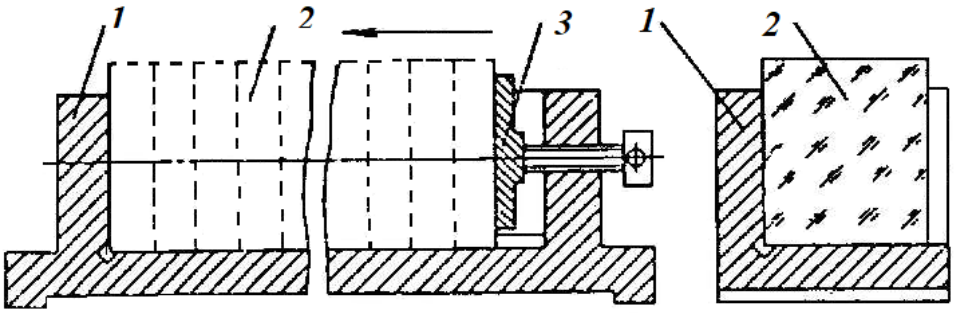


Рис. 23.1. Пристосування для обробки торців заготовки не круглої форми

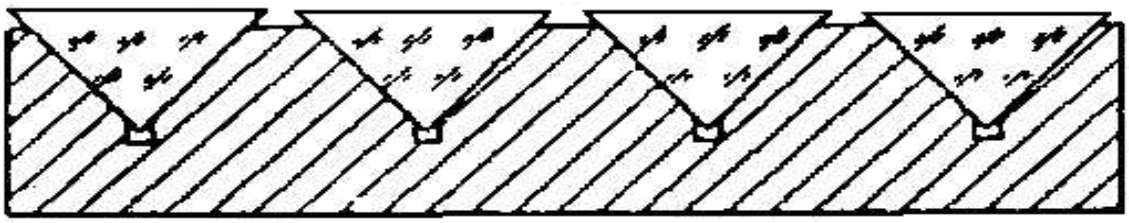


Рис. 23.2. Пристосування для обробки призм

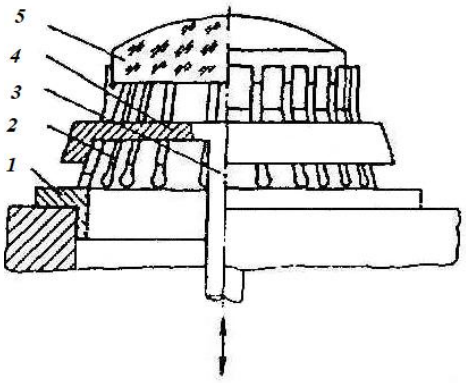


Рис. 23.3. Цангове пристосування

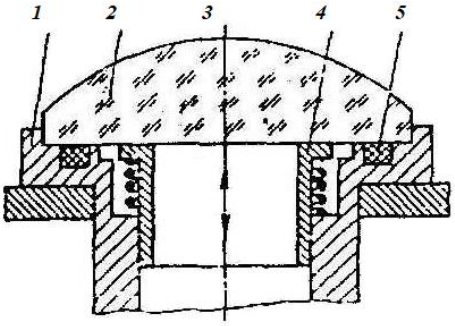


Рис. 23.4. Вакуумне пристосування

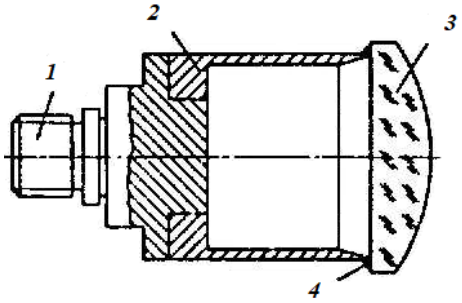


Рис. 23.5. Латунний центрувальний патрон

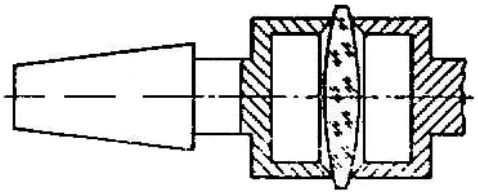


Рис. 23.6. Сталеві центрувальні патрони

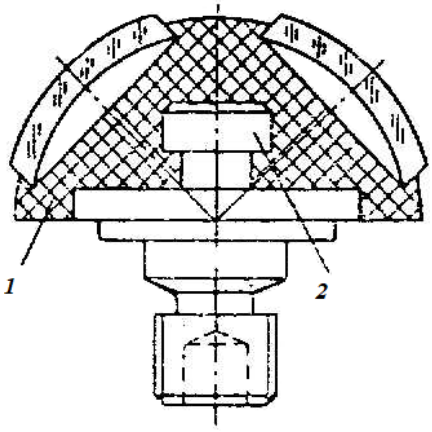


Рис. 23.7. Комбіноване наклеювальне пристосування

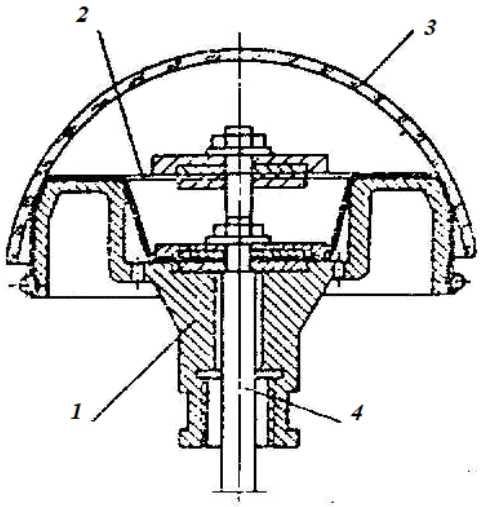


Рис. 23.8. Вакуумне сталеве пристосування

РОЗДІЛ 5.ІНСТРУМЕНТИ, ПРИСТОСУВАННЯ І ДОПОМІЖНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 24

ПРИПУСКИ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ

Мета лекції: ознайомлення з припусками на розміри заготовки та допуски на шліфування і полірування плоских та сферичних поверхонь.

Зміст лекції:

24.1. Припуски на розміри заготовки
24.2. Припуски на шліфування і полірування плоских та сферичних поверхонь

24.1. Припуски на розміри заготовки

Вибір оптимальних припусків має велике техніко-економічне значення при проектуванні технологічних процесів, так як завищення припусків призводить до перевитрат матеріалів, інструментів, збільшення трудомісткості і собівартості виготовлення деталей. Занижені припуски збільшують матеріальний брак, потребують підвищеної точності установки заготовки на пристосуваннях тощо.

В оптичному виробництві використовують дослідно-статистичний метод встановлення припусків, основу якого складають систематизовані і узагальнені дані підприємств. Дослідно-статистичні значення припусків завищені порівняно з розрахунково-аналітичними, так як в них вкладають такі вимоги виготовлення заготовки та їх механічної обробки, при яких можливий мінімальний матеріальний і технологічний брак.

Припуск Z_t на товщину по осі заготівки лінз та пластин установлюють від верхньої межі допуску на розмір готової деталі. Величину Z_t, яка лежить в межах від 1,8 до 8,0 мм, призначають в залежності від діаметра D_0 округлих або найбільшої сторони не округлих пластин:

$$Z_t = 0,014D_0 = 1,22мм \quad (24.1)$$

Припуск Z_d на діаметр встановлюють від номінального розміру готової деталі - від 1,5 до 12 мм. Призначають Z_d так само, як і припуск на товщину по осі, в залежності від діаметра деталі. При товщині краю більше 0,3 мм:

$$Z_d = 0,022D_0 = 1,05мм \quad (24.2)$$

При товщині менше 0,3 мм обводова зона заготівки деформується у процесі обробки і ускладнює формоутворення. Зменшуючи припуск на діаметр, збільшують товщину краю заготівки, а також і її жорсткість.

Припуски на радіуси кривизни $R_З$ сферичних поверхонь пресовані заготовки встановлюють в залежності від призначеного раніше припуску Z_t на товщину по осі і коефіцієнта k, передбачаючи потовщення або потоншення заготовки по краю. Радіус збільшують (+) при обробці з краю, зменшують (-) при обробці у центрі:

для випуклих поверхонь: $+R_З = +R_0 = Z_t / 2k$ (24.3)

для увігнутих поверхонь: $-R_З = -R_0 = Z_t / 2k$, (24.4)

де R_0 - радіус кривизни поверхонь готової деталі. Коефіцієнт k знаходять із формули:

$$k = (R_0 + D_0)^2 \quad (24.5)$$

або побудованої по ньому номограмі, D_0 -діаметр деталі.

Припуски на довжину Z_L і ширину $Z_Ш$ не округлих пластин встановлюють від номінального розміру готової деталі. Їх значення (від 0,5 до 4,0 мм) призначають по розміру найбільшої сторони деталі.

Припуски на розміри заготовки призм встановлюють від верхньої межі допуску на розмір готової деталі і призначають по найбільшій її стороні. На чистих поверхнях пресованих заготовки призм припуск складає 1,2 - 2,0 мм, а на забруднених 1,5 - 2,7 мм.

24.2. Припуски на шліфування і полірування плоских та сферичних поверхонь

Загальний припуск Z_t складається із його проміжних значень, встановлених на кожну операцію і перехід, що передбачені технологічним процесом. Триступеневий процес механічної обробки поверхонь включає операції:

- грубе шліфування,
- тонке шліфування,
- полірування, відповідно:

Тоді загальний припуск становить

$$Z_t = Z_t^a + Z_t^b + Z_t^c \qquad (24.6)$$

На операцію грубого шліфування відводять частину припуску Z_t, після усунення якого товщина заготовки

$$t = t_0 + \Delta t + F^a, \qquad (24.7)$$

де F^a- глибина шару, порушеного грубим шліфуванням, t_0 - номінальна товщина деталі по осі, Δt - додатній допуск на товщину деталі по осі.

Припуск на тонке шліфування і полірування сумарно дорівнює глибині шару, порушеного грубим шліфуванням:

$$Z^b + Z^c = F^a \qquad (24.8)$$

Тонке шліфування вільним із зв'язним абразивом виконують в більшості технологічних процесів у два переходи. На кожний перехід відводять частину загального припуску, рівну різниці глибині шарів, порушених абразивом M_{n-1} попереднього і абразивом M_n даного переходу, таким чином:

$$Z^b = Z^b_{tMn-1} + Z^b_{tMn} \qquad (24.9)$$

де

$$Z^b_{tMn-1} = F^b - F^b_{tMn-1}, \qquad Z^b_{tMn-1} = F^b_{tMn-1} - F^b_{tMn} \qquad (24.10)$$

Припуск на полірування відповідає глибині шару, порушеного абразивом останнього переходу операції тонкого шліфування, таким чином

$$z_t^c = F^b_{tMn}.$$

Практично, враховуючи похибки базування заготовок на пристосуваннях, маючи на увазі можливість виникнення на оброблюваних поверхнях дефектів у вигляді подряпин, виколок, точок, передбачаючи також можливість ряду інших виробничих похибок і складність контролю фактичної товщини знятого шару, допуск на операції тонкого шліфування і полірування кожної поверхні збільшують (до 0,15 мм).

Номінальні розміри заготовок товщину, діаметр, довжину, ширину - визначають з врахуванням відповідного номінального розміру готової деталі, поля допуску на даний розмір, припуску на механічну обробку і допуску згідно з ГОСТ 13240-78 на розмір заготовки, виготовлених методом пресування.

Закріплення матеріалу:

1. Що таке припуск.
2. Для чого встановлюють припуски.
3. Види припусків.
4. Способи розрахунку припусків.
5. Особливості визначення припусків для лінз і призм.

РОЗДІЛ 6. ВЕРСТАТИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 25

ВЕРСТАТИ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЗАГОТОВОК

Мета лекції: ознайомлення з верстатами для обробки плоских поверхонь та сферичних поверхонь.

Зміст лекції:

25.1. Верстати для обробки плоских поверхонь
25.2 Верстати для обробки сферичних поверхонь

25.1. Верстати для обробки плоских поверхонь

Верстат ШС-1600 (рис.25.1) призначений для обробки плоских, осесиметричних, сферичних та асферичних поверхонь, а також циліндричних та конічних поверхонь оптичних деталей (ОД) з різних оптичних середовищ (скло, сітал, карбід кремнію, германій), закріплених у технологічних пристосуваннях або на планшайбі столу верстата.

ОД обробляються за технологічними переходами:

- кругління габариту;

- обробка багатогранника (шестигранника) по периметру;

- обробка прямокутних деталей по периметру;

- обробка фасонних, наприклад, еліптичних деталей із співвідношенням розмірів великої та малої осей до 1,4;

- попереднє шліфування робочих поверхонь ОД: плоских, сферичних, асферичних кільцевим алмазним інструментом;

- висвердлювання та розшліфування центрального (наскрізного) отвору;

- висвердлювання та шліфування глухих отворів на тильній поверхні ОД (допоміжні; ті, що полегшують; кріпильні);

- шліфування конічних кріпильних отворів спеціальним інструментом;

- нанесення конструктивних та технологічних фасок.

Управління роботою верстата можна здійснювати як у ручному, так і автоматичному режимах.

Управління роботою верстата в автоматичному режимі здійснюється пристроєм числового програмного керування (ПЧПК) з виведенням на екран СУ заданих показників.



*Рис.25.1.*Верстат шліфувальний ШС-1600

Таблиця 25.1. Технічні характеристики верстата шліфувального ШС-1600

Діаметр заготовки, мм	от 300 до 600
Товщина заготовки по краю, мм	от 80 до 350
Товщина заготовки по центру, мм	от 40 до 350
Радіус сфери оброблювальної заготовки, мкм	от ±300 до ∞
Діаметр осьового отвору, що обробляється, мм	от 80 до 300
Діаметр кріпильних отворів, мм	от 40 до 60
Маса заготовки, кг, не більш	1200
Кут нахилу шпинделя інструменту, градус	от +15 до -45
Шорсткість оброблювальної поверхні Ra, мкм	от 10 до 40
Встановлена потужність, кВт, не більш	41
Габаритні розміри верстата, мм, не більш Д х Ш х В	5700х3200х3000
Маса, кг	15000

Верстат РСШ-100 (рис.25.2) призначений для розрізання брусків, пластин, циліндричних заготовок із традиційних та нетрадиційних оптичних матеріалів (кварц, скло тощо) набором стрічкового інструменту (штрипсами) з подачею в зону різання абразивної суспензії.

Управління процесом розпилювання здійснюється у вигляді системи управління з урахуванням програмованого контролера.



Рис.25.2. Верстат РСШ-100

Таблиця 25.2. Технічні характеристики верстата РСШ-100

Розміри заготовки, що розрізається, мм, не більш	
Довжина	230
Ширина	160
Висота	65
Маса заготовки, що розрізається кг, не більш	10
Ширина різу, мм, не більш	0,3
Найменша товщина одержуваних заготовок, мм	2
Точність розпилювання, мкм	0,1-0,5
Максимально можлива кількість різальних інструментів, що встановлюється, шт	25
Потужність, що споживається кВт, не більш	5
Габаритні розміри верстата, мм, не більш Д х Ш х В	1950х1000х1300
Маса верстата, кг	1500

Верстат РСД-100 (рис.25.3) призначений для розпилювання оптичних заготовок (брусків, штабиків, пластин, циліндричних заготовок, шматкового скла) на мірні заготовки алмазними інструментами.

Управління процесом розпилювання здійснюється за допомогою системи управління на базі програмованого контролера.



Рис.25.3. Верстат РСД-100

Таблиця 25.3. Технічні характеристики верстата РСД-100

Розміри розпилювальних заготовок, мм	
Довжина, ширина	от 50 до 200
Висота	от 10 до 70
Діаметр	от 5 до 70
Діаметри алмазно-відрізних кіл за ГОСТ 10110-87, мм	от 125 до 250
Кількість алмазно-відрізних кіл, шт	от 1 до 5
Ширина різу, мм	от 0,7 до 2,0
Переміщення столу, мм	
Повздовжнє	от 0 до 320
Поперечне	от 0 до 200
Частота обертання шпинделя інструменту з-1 (об/хв)	от 25 до 50 (от1500 до 3000)
Потужність, що споживається, кВт	5,5
Габаритні розміри верстата, мм: Д х Ш х В	1450х1350х1600
Маса верстата, кг	1200

Верстат КШС-35 (рис.25.4) призначений для круглення заготовок оптичних деталей діаметром від 3 до 35 мм із кристалічних, аморфних та інших оптичних матеріалів.

Управління процесом круглення здійснюється у вигляді системи управління з урахуванням програмованого контролера.



Рис.25.4. Верстат КШС-35

Таблиця 25.4. Технічні характеристики верстата КШС-35

Розміри оброблювальних заготовок, мм	
Сторона квадрата заготовки	от 10 до 35
Довжина стовпчика заготовки	от 100 до 200
Вимоги до оброблювальної заготовки	
Точність обробки діаметра, мм	от 0,05 до 0,5
Частота обертання шпинделя виробу, об/хв	от 50 до 400
Частота обертання шпинделя інструменту, об/хв, трохи більше	4500
Діаметр кола алмазного шліфувального чашкового конічного за ГОСТ16172-90, мм	100
Потужність, що споживається, кВт	3,8
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	1100х900х1465
Маса, кг	800

Верстат КШС-100 (рис.25.5) призначений для отримання круглих заготовок оптичних деталей із прямокутних заготовок з квадратним перетином та інших профілів із кристалічних, аморфних та інших оптичних матеріалів алмазним інструментом.

Управління процесом обробки здійснюється за допомогою системи управління на основі програмованого контролера.



Рис.25.5. Верстат КШС-100

Таблиця 25.5. Технічні характеристики верстата КШС-100

Розміри оброблювальних заготовок, мм	
Сторона квадрата заготовки	от 35 до 100
Довжина стовпчика заготовки	от 100 до 200
Вимоги до оброблювальної заготовки	
Точність обробки діаметра, мм	от 0,05 до 0,5
Шорсткість, Ra згідно ГОСТ 2789-73, мкм	3,2
Діаметр кола алмазного шліфувального чашкового конічного за ГОСТ16172-90, мм	100
Потужність, що споживається, кВт, не більш	5
Габаритні розміри: Д х Ш х В	800х850х1950
Маса, кг	1000

25.2. Верстати для обробки сферичних поверхонь

Верстат ОС-320 М (рис.25.6) призначений для обдирання та шліфування плоских та сферичних поверхонь заготовок оптичних деталей або блоків діаметром до 320 мм.



Рис.25.6. Верстат обдирочний ОС-320М

Таблиця 25.6. Технічні характеристики верстата ОС-320М

Діаметр оброблювальних заготовок, мм, не біль	320
Частота обертання шпинделя (регулюється безступінчасто) в діапазоні, об/хв	от 30 до 600
Допуск радіального биття центруючої поверхні шпинделя, мм	0,05
Допуск биття опорного торця шпинделя, мм	0,05
Встановлена потужність, кВт	30
Габаритні розміри верстата, мм, не більш Д х Ш х В	910х900х1230
Маса, кг, не більш	350

Верстат АЗК-100 (рис.25.7) призначений для отримання круглих заготовок оптичних деталей із прямокутних заготовок із квадратним перетином та інших профілів із кристалічних, аморфних та інших оптичних матеріалів алмазним інструментом. Управління процесом обробки здійснюється за допомогою пристрою числового програмного керування (ПЧПК).

Верстат призначений для застосування у багатономенклатурному оптичному виробництві.

Верстат укомплектований системою ЗОР та встановленням відсмоктування та очищення аерозолів "Вихор-2".



Рис.25.7. Верстат АЗК-100 (модернізація верстата КШС-100)

Таблиця 25.7. Технічні характеристики АЗК-100

Розміри оброблювальних заготовок, мм	
Діагональ квадратної заготовки	от 35 до 140
Довжина стовпчика заготовки	от 100 до 200
Вимоги до оброблювальної заготовки	
Точність обробки діаметра, мм	до 0,05
Шорсткість, Ra за ГОСТ 2789-73, мкм	3,2
Діаметр кола алмазного шліфувального чашкового конічного за ГОСТ 16172-90, мм	100
Потужність, що споживається, кВт, не більш	5
Габаритні розміри, мм, не більш Д х Ш х В	950х1050х1990
Маса, кг, не більш	1200

Верстат АЗР-100 (рис.25.8) призначений для розпилювання оптичних заготовок (брусків, штабиків, пластин, циліндричних заготовок, шматкового скла) на мірні заготовки алмазними інструментами. Управління процесом розпилювання здійснюється у вигляді системи управління з урахуванням програмованого контролера. Верстат призначений для застосування в багатономенклатурному та дрібносерійному оптичному виробництві. Верстат укомплектований системою ЗОР та встановленням відсмоктування та очищення аерозолів "Вихор-2".

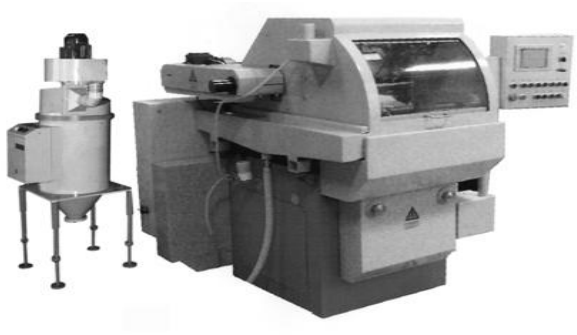


Рис.25.8. Верстат АЗР-100 (модернізація верстата РСД-100)

Таблиця 25.7. Технічні характеристики АЗР-100

Розміри розпилювальних заготовок, мм	
Довжина, ширина	от 50 до 200
Висота	от 10 до 70
Діаметр	от 5 до 70
Діаметри алмазно-відрізних кіл за ГОСТ 10110-87, мм	от 125 до 250
Кількість алмазно-відрізних кіл, шт	от 1 до 5
Ширина різу, мм	от 0,7 до 2,0
Переміщення столу, мм	
Поздовжнє	от 0 до 320
Поперечне	от 0 до 200
Частота обертання шпинделя інструменту з-1 (об/хв)	от 25 до 50 (от 1500 до 3000)
Потужність ,що споживається, кВт, не більш	5,5
Габаритні розміри, мм, не більш Д х Ш х В	1455х1200х1600
Маса верстата, кг, не більш	1030

Закріплення матеріалу :

1. Які види обробки виконують верстатами серії ШП.
2. Для чого використовують ЗОР на верстатах.
3. Які типи заготівок оброблюють верстатами АЗР.
4. Надайте характеристику верстатів РСШ і РСД.
5. Що означають цифри в маркуванні верстатів.

РОЗДІЛ 6. ВЕРСТАТИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Лекція 26

ШЛІФУВАЛЬНО-ПОЛІРУВАЛЬНІ І ЦЕНТРОВОЧНІ ВЕРСТАТИ

Мета лекції: ознайомлення з видами верстатів таких як шліфувальні та центровочні.

Зміст лекції:

26.1. Шліфувальні верстати
26.2. Центровочні і промивальні верстати

26.1. Шліфувальні верстати

Верстат ША-10 (рис.26.1) призначений для тонкого алмазного шліфування сферичних поверхонь оптичних деталей кільцевим або сферичним алмазним інструментом.

Керування верстатом можна здійснювати як у ручному, так і автоматичному режимах.

Управління верстатом в автоматичному режимі здійснюється за програмою системи керування (СК) на базі програмованого контролера з виведенням на екран СУ заданих показників.



Рис.26.1. Верстат шліфувальний ША-10

Таблиця 26.1. Технічні характеристики верстата шліфувального ША-10

Діаметр заготовки, мм	от 3 до 11
Граничне відхилення прогину обробленої поверхні діаметром 5мм, мм	±0,001
Товщина заготовки, мм, не більш	10
Граничне відхилення товщини обробленої деталі після операції ТАШ, мм	±0,01
Кут нахилу шліфувальної бабки, кут. од.	От 0 до 45°
Величина усунення шпинделя, мм	от 0 до ± 10
Кількість керованих осей координат виконавчих двигунів	4
Частота обертання шпинделя, об/хв	от 4000 до 48000
Частота обертання шпинделя виробу, об/хв	от 100 до 1000
Встановлена потужність, кВт, не більш	3,5
Габаритні розміри верстата с електрошафою, мм: Д х Ш х В	1800х1180х1600
Маса, кг, не більш	1250
Маса електрошафи, кг, не більш	170

Верстат АШС-10 (рис.26.2) призначений для обробки блоків сферичних та плоских поверхонь оптичних деталей по технологічним шпинделям:

- обробка по шпинделю;

- сферошліфування;

- тонке алмазне шліфування (ТАШ) кільцевим алмазним або сферичним алмазним інструментом;

- обробка конструкційних та технологічних фасок.

Управління верстата можна здійснювати як у ручному, так і в автоматичному режимах.

Управління верстата в автоматичному режимі здійснюється по керуючій системі управління (СУ) на базі програмованого модуля з виведенням на екран СУ заданих показників.



Рис.26.2. Верстат алмазно- шліфувальний АШС-10

Таблиця 26.2. Технічні характеристики алмазно- шліфувальний АШС-10

Діаметр заготовки, мм	от 3 до 11
Граничне відхилення шпинделя після обробки деталі, шпиндель за ГОСТ25347-82	7
Радіус сфери оброблення, мм	от 2 до ∞
Товщина заготовки по краю, мм, не більш	5
Товщина заготовки по центру, мм, не більш	10
Граничне відхилення товщини обробленої деталі після операції сферошліфування і ТАШ, мм, не більш	±0,01

Продовження таблиці 26.2.

Розмір фасок по катету, мм	от 0,1 до 0,5
Граничне відхилення шпинделя вихідної заготовки при її обробці в цанговому патроні, шпинделі по ГОСТ25347-82, не більш	12
Кут нахилу щліфувальної бабки, кут. од.	От 0 до 45°
Зміщення шліфувальної бабки від шпинделя і розташування шпинделів, мм	от 0 до ±20
Кількість керованих осей координат виконавчих двигунів, шпинделя	10
Частота обертання шпинделя , об/хв	от 4000 до 48000
Частота обертання шпинделя виробу, об/хв	от 100 до 1000
Встановлена потужність, кВт, не більш	7,5
Габаритні розміри станка с електрошафою, мм, Д х Ш х В	1800х1350х1830
Маса, кг, не більш	1853

Верстат ШП-50 М (рис.26.3) призначений для тонкого алмазного шліфування алмазним інструментом та полірування сферичних та плоских поверхонь окремих оптичних деталей, або блоків деталей загальним діаметром від 15 до 50 мм.



Рис.26.3. Верстат шліфувально-полірувальний ШП-50М

Таблиця 26.3. Технічні характеристики верстата шліфувально-полірувальний ШП-50М

Діаметр оброблювальних ОД або блоків, мм	от 15 до 50
Кількість шпинделів, шт	3
Тривалість циклу, сек	от 10 до 100
Максимальна споживана потужність, кВт	2,8
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	850х920х1440
Маса, кг	400

Верстат 3ШП-350М (рис.26.4) призначений для тонкого шліфування та полірування плоских та сферичних поверхонь заготовок окремих оптичних деталей, або блоків деталей методом вільного притира із застосуванням вільного абразива.



Рис.26.4. Верстат шліфувально-полірувальний ЗШП-350М

Таблиця 26.4. Технічні характеристики шліфувально-полірувальний ЗШП-350М

Діаметр оброблювальних ОД або блоків, мм	от 200 до 350
Кількість шпинделів, шт	3
Частота обертання шпинделя (регулюється безступінчасто), об/хв	от 30 до 180
Число подвійних ходів повідець за хвилину (регулюється безступінчасто), об/хв	от 28 до 110
Максимальна споживана потужність, кВт	7,55
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	2280х1080х1660
Маса, кг, не більш	1300

Верстат 6ШП-20 (рис.26.5) призначений для тонкого шліфування та полірування вільним абразивом сферичних поверхонь зазотівок оптичних деталей, закріплених на одномісних або багатомісних наклейкових пристосуваннях.



Рис.26.5. Верстат 6ШП-20

Таблиця 26.5. Технічні характеристики верстату 6ШП-20

Діаметр оброблювальних деталей, мм	от 5 до 20
Кількість шпинделів, шт	6
Споживана потужність, кВт	1,02
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	1000х900х1340
Маса, кг	320

Верстат П-10 (рис.26.6) призначений для полірування поверхонь сферичних оптичних деталей. Обробка ведеться шляхом притиру.



Рис.26.6. Верстат полірувальний П-10

Таблиця 26.6. Технічні характеристики верстата полірувального П-10

Діаметр оброблювальних деталей (блоків), мм	от 1 до 11
Кількість шпинделів, шт	3
Діаметр наклеєчного пристрою з ОД, мм, не більш	15
Частота обертання шпинделя, об/хв	от 250 до 2500
Частота хитання повідця, дв.ход/хв	от 20 до 100
Кут хитання повідця, градус	от 0 до ±45
Кут усунення повідця , градус	от 0 до ±45
Встановлена потужність, кВт, не більш	2,0
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	825х745х1250
Маса, кг, не більш	220

Верстат ПД-500А(рис.26.7) призначений для тонкого шліфування, полірування та доводки сферичних і плоских поверхонь ОД або блоків методом притиру із застосуванням вільного абразиву.

Частота обертання шпинделя і частота хитання повідця регулюються безступінчасто.



Рис.26.7. Верстат ПД-500А

Таблиця 26.7. Технічні характеристики верстата ПД-500А

Діаметр оброблювальних ОД або блоків, мм	от 300 до 500
Параметр шорсткості Ra оброблювальної поверхні деталі, мкм	от 0,012 до 0,4
Продуктивність, шт/год	от 0,2 до 5
Потужність, що споживається, кВт	2,27
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	1400х1000х1500
Маса, кг	1100

Верстат 6ПД-100М (рис.26.8) призначений для полірування та доведення плоских та сферичних поверхонь заготовок оптичних деталей або блоків методом притиру із застосуванням вільного абразиву.

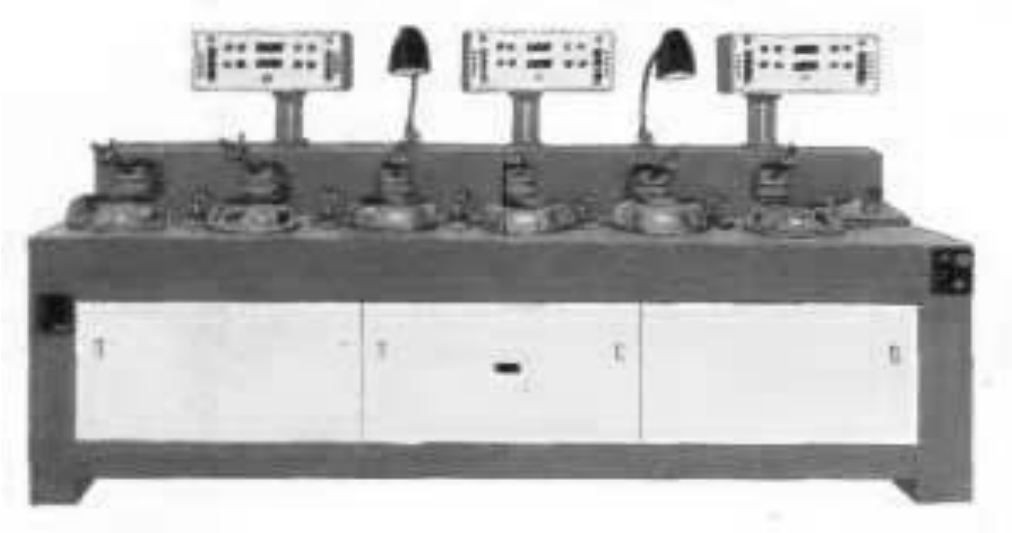


Рис.26.8. Верстат полірувально-доводочний 6ПД-100М

Таблиця 26.8. Технічні характеристики верстата 6ПД-100М

Діаметр оброблювальних ОД або блоків, мм	от 25 до 100
Кількість шпинделів, шт	6
Частота обертання шпинделя (регулюється безступінчато), об/хв	от 10 до 100
Число подвійних ходів повідця в за хвилину (регулюється безступінчато), об/хв	от 7 до 70
Посилення натискання, Н	от2,45 до 98
Довжина штриху, мм	от 0 до 130
Потужність всіх двигунів приводів, кВт, не більш	4,0
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	2650х900х1300
Маса, кг, не більш	1300

Верстат МАП-300 (рис.26.8) призначений для полірування плоских поверхонь оптичних деталей фероабразивним порошком під дією магнітного поля.



Рис.26.9. Верстат МАП-300

Таблиця 26.9. Технічні характеристики верстата МАП-300

Діаметр оброблювальних ОД, мм	от 25 до 300
Товщина оброблювальних ОД, мм	от 1 до 10
Матеріал оброблювальних ОД	стекло оптичне, монокристал фторидів, кремній
Шорсткість Rz поверхні обробленої ОД, нм	от 5,0 до 1,0
Глибина дефектного (порушеного) шару обробленої поверхні, нм	от 3 до 0,5
Продуктивність верстата, циклів/год	3

Верстат Д-150М (рис.26.10) призначений для доведення оптичних деталей діаметром трохи більше 150 мм.



Рис.26.10. Верстат доводочний Д-150М

Таблиця 26.10. Технічні характеристики верстата Д-150М

Діаметр оброблювальних деталей, мм	от 15 до 150
Діаметр таза, внутрішній, мм, не менш	265
Частота обертання шпинделя (регулюється безступінчастно), об/хв	от 15 до 1500
Потужність електродвигуна шпинделя, кВт	0,55
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	750х820х920
Маса, кг, не більш	150

26.2. Центровочні і промивальні верстати

Верстати-автомати АЦС-25 і АЦС-100 призначені для центрування та фасетування оптичних деталей (рис.26.11а, 26.11б)



Рис.26.11.а) Верстат АЦС-25



Рис.26.11.б) Верстат АЦС-100

Таблиця 26.11. Технічні характеристики верстатів АЦС-25 та АЦС-100

	АЦС-25	**АЦС-100**
Діаметр обробленої ОД, мм	от 3 до 25	от 20 до 100
Висота оброблюваної ОД, мм, не більш	10	25
Кут затискачів, град, не менш	17	17
Допустиме децентрування лінз, мм.	от 0,003 до 0,005	от 0,005 до 0,01
Параметр шорсткості Ra обробленої поверхні деталі, мкм	от 1,6 до 0,8	от 1,6 до 0,8
Граничне відхилення діаметра оброблених деталей, кваліфікація за ГОСТ 25347-82	h6	h6
Продуктивність, шт/год	от 70 до 120	от 10 до 120
Потужність, що споживається, кВт	1,2	3
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	1400х1500х1820	1880х1635х1870
Маса, кг	530	1300

Верстат ЦС-350 (рис.26.12) призначений для обробки алмазним інструментом сферичних та плоских поверхонь оптичних деталей, закріплених на наклеювальних пристосуваннях, за технологічними переходами:

- сферошліфування;
- тонке алмазне шліфування кільцевим алмазним інструментом;
- кругління габаритного розміру;
- фрезерування плоских поверхонь;
- свердління та розшліфування отворів;
- центрування;
- виконання конструктивних та технологічних фасок.



Рис.26.12. Верстат багатофункціональний ЦС-350

Таблиця 26.12. Технічні характеристики верстата багатофункціонального ЦС-350

Діаметр оброблювальних ОД, мм	от 80 до 320
Граничне відхилення товщини оброблювальної деталі, мм	± 0,01
Параметр шорсткості Ra оброблювальної поверхні, мкм	от 2,5 до 0,25
Децентричність лінз, мм	от 0,01 до 0,05
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	2900х1500х2300
Маса, кг	3500

Установка для промивання «Орфей» (рис.26.13) призначена для очищення деталей малих серій.

Передбачено оснащення кожного модуля незалежною системою та інтенсифікацією технологічного процесу та керування.

При цьому досягається можливість експлуатації модулів як окремо, так і у складі технологічних ліній.



Рис.26.13. Установка «Орфей»

Таблиця 26.13. Технічні характеристики установки «Орфей»

Діаметр деталей, що промиваються, мм	от 10 до 90
Продуктивність, шт/год	380 – 2500
Робоча частота коливань випромінювачів ультразвуку, кГц	44
Встановлена потужність споживачів, кВт	11
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	3600х800х1200
Маса, кг	800

Установка УВП-1М (рис.26.14.) забезпечує промивання друкованих валів у водних розчинах ПАР від друкованих фарб.

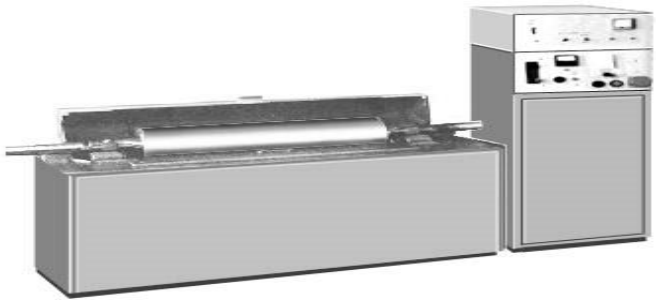


Рис.26.14. Установка УПВ-1М

Таблиця 26.14. Технічні характеристики установки УПВ-1М

Розміри друкованих валів, мм:	
Діаметр робочої поверхні	190-192
Довжина робочої поверхні	660-740
Діаметр опорних шийок	80-85
Довжина по опорним шийкам	840-1500
Загальна довжина валу	не обмежена
Час промивання одного валу, хв	от 4 до 30
Встановлена потужність нагрівальних елементів, кВт, не більш	3,2
Габаритні розміри, мм, не більш	
Установки: Д х Ш х В	660х1350х810
Електрошафи: Д х Ш х В	600х600х1600
Маса установки з електрошафою, кг	250

Цей комплекс РТКП-1 (рис.26.15) призначений для промивання оптичних деталей із силікатних марок скла в органічному розчиннику та у водних розчинах ПАР після операції полірування та центрування.



Рис.26.15. Установка РТКП-1

Таблиця 26.15. Технічні характеристики установки РТКП-1

Діаметр промивних ОД, мм	от 10 до 90
Продуктивність, шт/год	360 – 4500
Загальна кількість промивних ванн, шт	11
В тому числі ультразвукових ванн, шт	6
Робоча частота коливань випромінювачів ультразвуку, кГц	44
Встановлена потужність споживачів, кВт	80
Габаритні розміри, мм: Д х Ш х В	7700х5000х2600
Маса, кг	2800

Комплекс АКП-1 призначений для екологічно чистого, безпротирного промивання оптичних деталей з різних марок скла після їх механічної обробки та перед нанесенням покриттів у вакуумі.

Комплекс (рис.26.16) може також використовуватися в інших галузях промисловості для промивання деталей із металу, пластмаси, скла. Управління роботою комплексу здійснюється у вигляді системи керування з урахуванням програмованого контролера. Перенесення касет з деталями із ванни у ванну здійснюється за спеціальною програмою двома автооператорами.

Комплекс складається з окремих модулів, які стикуються в лінію з бокових повіх. Промивання здійснюється у водних розчинах поверхнево-активних речовин та в органічних розчинниках.

Комплекс призначений для застосування в серійному та багатономенклатурному виробництві.



Рис.26.16. Комплекс АКП-1

Таблиця 26.16. Технічні характеристики комплекса АКП-1

Діаметр ОД, що очищаються, мм	от 5 до 90
Час виходу комплексу на робочий режим , хв, не більш	30
Загальна кількість промивних ванн, шт	11
В тому числі ультразвукових ванн, шт	7
Робоча частота коливань випромінювачів ультразвуку, кГц	44
Потужність потужності комплексу, кВт, не більш	20
Габаритні розміри ванни, мм: Д х Ш х В	250х300х250
Габаритні розміри базового комплексу без електрошафи та стійки управління , мм: Д х Ш х В	6400х1400х2050
Маса, кг	1500

Закріплення матеріалу:

1. Як позначають верстати.
2. Який вид обробки виконують верстатами серії Ш.
3. Характеристика центрувальних верстатів.
4. Характеристика верстатів для промивання.
5. Характеристика верстатів серії ПД.

РОЗДІЛ 6.ПОКРИТТЯ ОПТИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ І З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ МІЖ СОБОЮ

Лекція 27

ПОКРИТТЯ ОПТИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

Мета лекції: ознайомлення з типами покриття, їх призначенням та позначення; вивчення хімічних та фізичних способів нанесення покриття.

Зміст лекції:

27.1. Типи покриття та їх призначення.
27.2. Позначення покриття.
27.3. Хімічні способи нанесення покриття.
27.4. Фізичні способи нанесення покриття.

27.1. Типи покриття і їх призначення

На заломлюючі і поверхні деталей, що відбивають, наносять тонкі прозорі плівки різних речовин (металів, діелектриків, напівпровідників, органічних і кремнійорганічних полімерів і ін.). З їх допомогою змінюють оптичні, хімічні й електричні властивості деталей. По призначенню покриття розділені на кілька типів.

Відбивальні (дзеркальні) покриття відбивають від поверхні падаючий на неї світловий потік; характеризуються коефіцієнтом відбивання ρ.

Світлоділильні (напівпрозорі) покриття ділять падаючий на поверхню світловий потік на відбитий і минаючий; характеризуються відношенням коефіцієнтів відображення і пропущення ρ/τ і коефіцієнтом поглинання світла деталлю.

Просвітлюючі покриття, збільшують потік минаючого світла за рахунок зменшення відбиття на границі розділу середовищ з різними показниками заломлення; характеризуються залишковим коефіцієнтом відбиття ρ.

Фільтруючі інтерференційні і нейтральні покриття перемінної щільності призначені для виділення з падаючого світлового потоку визначеної області спектра чи його рівномірного ослаблення по всьому спектрі. Ці покриття характеризуються коефіцієнтом пропущення τ_λ чи відбиття ρ_λ при даній довжині хвилі, шириною спектрального інтервалу на половині максимуму пропущення $\delta_{\lambda 0,5}$.

Захисні покриття підвищують хімічну стійкість поверхонь деталі чи покрить інших типів, збільшують їхню поверхневу міцність.

Струмопровідні покриття охороняють деталі від обмерзання, запотівання, знімають накопичені електростатичні заряди.

Поляризуючі покриття дозволяють одержати лінійно поляризоване світло у вузькій області спектра; характеризуються ступенем поляризації минаючого і відбитого світлового потоку у визначеній ділянці спектра.

До числа властивостей, що характеризують покриття, крім оптичних відносяться хімічна і корозійна стійкість, механічна і термічна міцність.

Кожен тип покриття має кілька різновидів, що відрізняються матеріалом плівки, способом її нанесення, захисту і т.п. У залежності від цього плівки мають різні властивості.

Тип і різновид покриття вибирають у залежності від матеріалу деталі, вимог до неї, умов експлуатації й ін.

Способи нанесення різних видів покриття розділяють на хімічні і фізичні способи.

Хімічні засновані на реакціях, що протікають у плівкоутворювальних речовинах на поверхні деталі чи при їхній взаємодії з останньою. До них відносяться травлення (Т), осадження з розчинів плівкоутворювальних речовин (Р), обробка в парах і газах (Г), електроліз (Е), нанесення розплаву (Н), нанесення кистю чи пульверизатором (П).

Фізичні способи засновані на випарі і конденсації речовин у вакуумі, у тому числі випар (И), катодне розпилення (ДО), випар за допомогою електронного нагрівання (ИЭ).

27.2. Позначення покриття

Усім типам покриття привласнені умовні символи (Таблиця 27.1), плівкоутворювальним матеріалам – умовні номери (Таблиця 27.2), а способам нанесення відповідні знаки літерами за абеткою кирилиця.

На кресленнях оптичних деталей покриття позначають декількома послідовно записуваними знаками: символ типу покриття – скорочена назва – номер, матеріалу плівки – спосіб її нанесення.

При позначенні покриття, що складаються з двох, трьох і більшого числа шарів, вказують матеріал і спосіб його нанесення послідовно для кожного шару покриття.

Таблиця 27.1 Умовні символи типів покриття

Тип покриття	Скорочене найменування	Позначення на кресленні	Тип покриття	Скорочене найменування	Позначення на кресленні
Дзеркальні: Зовнішні	Дзеркальн.		Фільтри	Фільтр.	
Задні.	Дзеркальн.		Захисні	Захисн.	
Світлоділильні (напівпрозорі)	Світлоділил.		Струмопровідні (обігрівальні)	Струмопров. (чи обігрів.)	
Просвітлюючі	Просвітл.		Поляризуючі	Поляриз.	

Таблиця 27.2 Умовні номери плівкоутворювальних матеріалів

Матеріал	Умовне позначення	Спосіб нанесення і його умовне позначення	Матеріал	Умовне позначення	Спосіб нанесення і його умовне позначення
Алюміній	1	Випарювання в вакуумі (И)	Срібло азотнокисле	25	Осадження з гідролизуючихся розчинів (Р)
Золото	2		Торій азотнокислий	30	
Никель	4		Кремнієвий эфір	43	
Палладій	5		Титановий эфір	44	
Срібло	8		Суміш титанового и кремнієвого эфірів	45	
Хром	9		Мідь	3	Електроліз (Е)
Титан	15		Палладій	5	
Стронцій фтористий	18		Фосфорнокислий аммоній	21	
Магній фтористий	24		Азотна кислота	61	Травління (Т)
Сурма трисерниста	27		Уксусна кислота	63	
Цинк сернистий	29		Лак бакелітовий	72	Кисттю, пульверизатором (П)
Моноокис кремнію	31		Лак бутерально-бакелітовий з наповнювачем	75	
Парафін	84	Нанесення розплаву (Н)			
Воск	85				

27.3. Хімічні способи нанесення покриття

Травлення – спосіб утворення плівки, заснований на хімічній взаємодії скла з водою чи водними розчинами кислот. У результаті травлення з поверхневого шару витягаються всі розчинні компоненти, і залишається тонка плівка кремнезему, показник заломлення якої n_e = 1,44÷1,45.

Основну роль у процесі виконують рухливі іони водню. У воді їхня концентрація, у якій концентрація іонів водню більше, відповідно зростає і швидкість росту плівки. Час досягнення нею визначеної товщини залежить від хімічної стійкості скла, умов процесу і може складати від декількох хвилин до сотень годин.

Показник заломлення плівки $n_{пл}$ менше, ніж у всієї маси скла $n_{ст}$, тому плівка являє собою одношарове просвітлююче покриття. Цілком усунути відбиття світла даної довжини хвилі λ вона може при оптичній товщині $n_{пл}h_{пл} = \frac{1}{4}\lambda$ і показнику заломлення $n_{пл} = \sqrt{n_{ст}}$. Остання умова здійсненна лише для скла з n_e=1,9÷2,0, для інших у залежності від величини n_e відбиття може бути лише зменшено. Так у скла з n_e=1,71÷1,75 воно знижується до 15%, а у скла з n_e=1,51÷1,52 до 50% від вихідної величини.

Технологія утворення покриття складається з підготовки поверхні, її травлення, сушіння і контролю. Рівномірність товщини і швидкість утворення плівки залежать від чистоти поверхні, тому попередньо її обробляють 0,5н розчином лугу (NaOH).

Травлення виконують у водних розчинах кислот, концентрація яких визначається хімічною стійкістю скла. Найчастіше використовують 0,1 н розчин оцтової кислоти, який хоч і утворить плівку повільніше, ніж сірчана чи азотна кислоти, але не такий летючий і агресивний до апаратури, менш шкідливий для виконавця. Після одержання плівки необхідної товщини деталь промивають і сушать.

Товщину плівки контролюють безпосередньо чи в процесі травлення (по зміні інтерференційного фарбування), чи виміром пропускання (відбиття) світла готовою деталлю. Товщина і показник заломлення таких плівок при зберіганні не міняється. Після старіння вони мають найвищу (нульову) групу міцності, стійкі у воді, кислотах, органічних розчинниках.

Поверхнева плівка кремнезему, що утворилася в результаті травлення,

разом з ефектом просвітління виконує захисну роль, утруднюючи дифузію пари води, всередину скла, і охороняє його тим самим від подальшого руйнування. Ступінь захисту залежить від хімічної стійкості скла. У скла, що містить у своєму складі мало Si_2 і багато оксидів таких, наприклад, як B_2O_3, Ba, Pb, які утворюють легкорозчинні і гідролізуємі з'єднання, плівка має великі пори і захисну дію практично не робить.

До вагомих недоліків даного способу нанесення покриття відносяться наступні особливості:

- можливість відновлення подряпин, закритих продуктами зносу скла,
- великий час росту плівки на хімічно стійкому склі,
- необхідність зміни режиму травлення для скла різних марок і ін.

Просвітлюючі плівки, наносять травленням у тих випадках, коли не можна використовувати інші способи їхнього утворення (деталі великих чи розмірів складної форми). На деталі, що склеюються, плівку наносять до їхнього з'єднання.

Плівкоутворювальні розчини являють собою розчини гидролізуючих з'єднань. Утворення плівок – це процес поступової зміни хімічного складу вихідної речовини. Зміни відбуваються в розчині в стадії формування плівки на поверхні скла і при термообробці. Здатність утворювати стабільні плівки мають переважно вищі оксиди елементів типу R_2O_3, RO_2, R_2O_5. Як плівкоутворювальні з'єднання використовують ефіри ортокислот, розчини деяких неорганічних з'єднань у спирто- і ацетоноводних сумішах, мономери і полімери кремнійорганічних з'єднань .

Міцність зчеплення плівки з підкладкою залежить від природи матеріалу підкладки, речовини плівки, її товщини, структури поверхні підкладки, її температури в процесі нанесення плівки і при термообробці, відносній вологості і температури повітря приміщення й ін. Найбільша агдезія плівки до поверхні скла має місце при наявності в складі плівкоутворювальних речовин функціональних груп B_IH, NH_2, OC_2H_5 і інших, які забезпечують закріплення плівок за рахунок хімічних зв'язків.

З розчинів гидролізуючихся з'єднань утворюють плівки всіх типів товщиною від 5 до 5000 нм, а на матеріалах, що мають високу термічну стабільність, зокрема на кремнію, до 30000 нм. Технологія утворення плівок зводиться до наступного: деталь закріплюють на вертикальному шпинделі і

приводять в обертання з частотою від 2000 до 20000 об/хв (у залежності від розміру).

Після підготовки поверхні (чищення, промивання) на її центр у строго дозованій кількості подають розчин плівкоутворювальної речовини. Під дією відцентрової сили розчин розтікається рівномірним шаром. Товщину плівки регулюють кількістю розчину, його концентрацією, в'язкістю і змістом води, швидкістю обертання деталі.

Піроліз полягає в обробці поверхні деталі парами солей металів, напівпровідників, кремнійорганічних з'єднань, що розкладаються при нагріванні. Цим способом наносять струмопровідні і захисні покриття. Установка для нанесення струмопровідних плівок (рис. 27.1) являє собою шахтну електричну піч 1 з нагрівачем 2. У піч входить вал 3 із тримачем деталі 4. У нижній частині печі на відкидному кронштейні укріплений пек-випарник 5 нагрівач 6 і тигель 7 для речовини, що випаровується, 8. Для нанесення плівки деталь закріплюють у тримачі і нагрівають обидві печі.

По досягненню тиглем температури, що відповідає температурі розкладання випаровуємої речовини, відкривають шибер 9, що відокремлює пек-випарник від печі-нагрівача, і пари речовини приходять у зіткнення з деталлю.

Після того, як плівка одержить визначений колір, що корелює з її електричним опором, шибер закривають. Товщина плівки залежить від часу обробки парами, а електропровідність від температурного режиму печі. Процес нанесення плівки піролізом складається з послідовно виконуваних операцій: чищення поверхні деталі, її закріплення, нагрівання установки, нанесення плівки, контролю її опору, охолодження деталі і зняття з установки.

27.4. Фізичні способи нанесення покриття

Термічне випаровування полягає в тім, що плівкоутворювальна речовина 1 (рис. 27.2) разом з підкладками 2 поміщають у вакуумну камеру 3, з якої відкачують повітря через отвір 6 до $(1{,}3 – 0{,}6)10^{-3}$ Па. Речовину нагрівають до температури випару. Конденсуючись, вона осідає на поверхні підкладок, і утворює плівку. Товщину плівки контролюють у процесі випару за допомогою фотометричних пристроїв, вимірюючи пропускання і відбиття світла.

Випарники 4 можуть бути встановлені у верхній, середній чи нижній частині камери в залежності від роду роботи. Їхнє число і розташування виз-

начають виходячи з вимог до рівномірності товщини плівки. Матеріал випарників –молібден чи вольфрам, температура випаровування, яких відповідно 2480 і 3230°С. Нагрівання випарників здійснюється електричним струмом великої сили, що надходить від боку живлення 5.

Необхідне розрідження в камері створюють відкачкою повітря послідовно двома насосами: форвакуумним (ротаційним) – приблизно до 1,3 Па і дифузійним (пароструминним) – до необхідного ступеня розрядження. Випаром наносять плівки з речовин з низькою температурою плавлення і високим тиском пари (лужних і лужноземельних металів, сульфідів, фторидів).

Процес нанесення покриття складається з ряду послідовно виконуваних операцій:

- підготовки підкладок (промивання, знежирення, чищення);
- підготовка вакуумної камери (промивання ковпака, підковпачної арматури, завантаження випарників плівкоутворювальною речовиною, установки підкладок і ін.);
- відкачки вакуумної камери форвакуумним насосом до розрідження ≈ 1,3 Па;
- обробки підкладок тліючим розрядом;
- відкачки камери дифузійним насосом до розрядження (1,3-0,6) 10^{-3} Па при одночасно працюючому форвакуумному насосі;
- прогріву речовини, що випаровується, при екрануванні підкладок заслінкою для попередження нанесення зовнішнього забрудненого шару речовини;
- випару речовини на поверхню підкладок;
- розгерметизації вакуумної камери.

Спосіб термічного випару має ряд недоліків: змінюється зміст компонентів при випаровуванні речовин складного складу утворена плівка не рівномірна по товщині при випарі речовин із крапкових джерел на поверхню значного розміру, утруднений випар тугоплавких речовин, мала міцність зчеплення плівки з підкладкою.

Катодне розпилення – процес, при якому відбувається перенос речовини катода на підкладки, що знаходяться поблизу анода. При виникненні електричного розряду в газі катод під дією іонного бомбардування руйнується. Частина осаджених атомів осаджується на підкладки, частина повертається

назад у результаті зіткнення з молекулами газу.

Катодне розпилення може проводитися при постійному струмі і при перемінному струмі високої частоти. При постійному струмі в атмосфері інертного газу можна наносити тільки металеві плівки. В атмосфері активного газу одержують плівки оксидів металів. Розпиленням на перемінному струмі в необхідному середовищі можна одержувати плівки будь-яких з'єднань. Спосіб нанесення плівок у присутності невеликих кількостей активного газу називають реактивним розпиленням.

Катодним розпиленням наносять просвітлюючі, світлоділильні, фільтруючі і захисні плівки з тугоплавких металів, діелектриків, напівпровідників. Основна перевага способу – відсутність фракційності і можливість одержання плівок, склад яких відповідає термічно і хімічно стійким з'єднанням, що необхідно для деталей приладів, які працюють в умовах підвищеної вологості і високої температури. Адгезія плівок до поверхні скла і їхня твердість вище, ніж в одержуваних термічним випаром.

Для катодного випару використовують установки, що відрізняються від застосовуваних при термічному випарі меншою висотою камери (через невелику відстань між електродами) і підковпачним пристроєм. У вакуумній камері 1 (рис. 27.3) розміщені анод 2, який виконує роль тримача заготівок (підкладок) 3 і катод 4 з речовини, що розпорошується.

Процес ведуть при тиску в камері 0,13 Па. При подачі на катод і анод невеликої напруги від джерела живлення 5 поверхня підкладок бомбардується позитивними іонами й очищається від забруднень.

Після подачі на катод негативного потенціалу в кілька сотень вольтів починається його інтенсивне бомбардування позитивними іонами. Вибиті атоми катода осаджуються на поверхні підкладок. Для одержання плівки рівномірної товщини розмір катода повинний перевищувати розмір підкладки, а форма його поверхні відповідати формі поверхні підкладки. Технологічний процес нанесення покриття катодним розпиленням близький до процесу термічного випару.

Випар речовин електронно-променевим нагріванням також використовують для одержання плівки. За допомогою електронних пучків одержують потік енергії великої концентрації потужності на порівняно малій поверхні випару (до $5 \cdot 10^8$ Вт/см^2). Практично крапкове фокусування електронного пучка дозволяє одержати високу температуру і велику швидкість випаровування тугоплавких речовин.

Плівки відрізняються чистотою й однорідністю складу, тому що можна уникнути безпосереднього контакту гарячої зони речовини, що випаровується, з матеріалом випарника. Легко здійснюється регулювання температури нагрівання і швидкості випару.

Установка (рис. 27.4) являє собою вакуумну камеру 1, усередині якої розміщені підкладки 2, мішень 3 з речовиною, що випаровується, 4, анод 5, і катод 6. Живлення подається від джерела 7.

Використовуються багатопозиційні електронно-променеві випарники, що наносять багатошарові покриття.

Закріплення матеріалу:

1. Типи покриття і їх призначення.
2. Принципи позначення покриття.
3. Матеріали покриття.
4. Способи нанесення покриття.
5. Структура технологічного процесу нанесення покриття.
6.

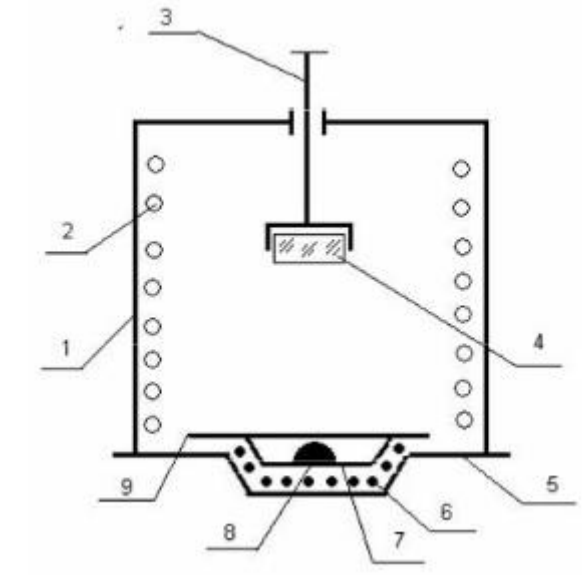


Рис. 27.1. Схема установки для нанесення плівок піролізом речовини.

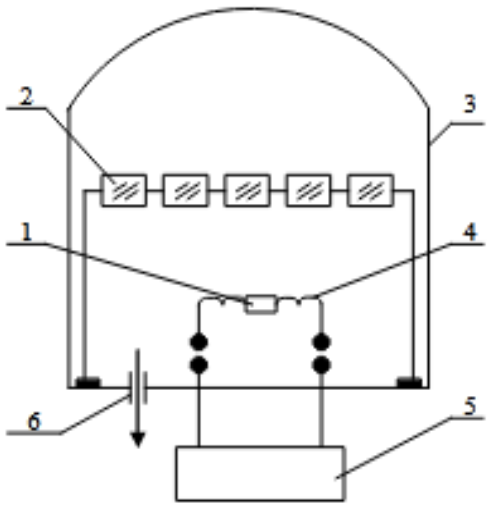


Рис. 27.2. Схема вакуумної установки для термічного випару речовини.

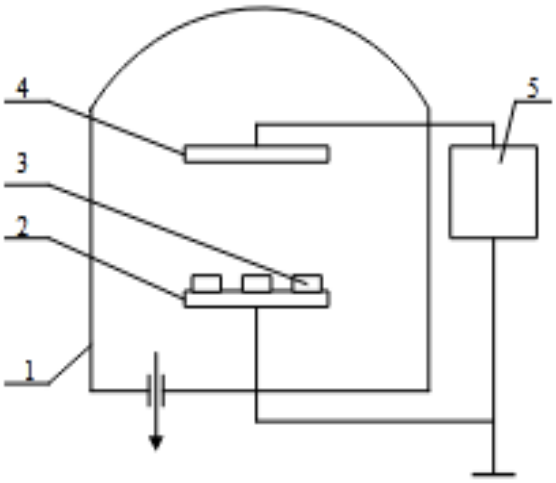


Рис. 27.3. Схема пристрою катодного розпилення речовини

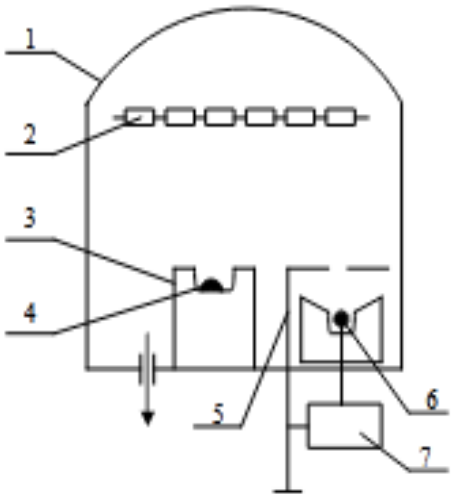


Рис. 27.4. Схема установки випаровування речовини електронно-променевим нагріванням

РОЗДІЛ 6.ПОКРИТТЯ ОПТИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ І З'ЄДНАННЯ ДЕТАЛЕЙ МІЖ СОБОЮ

Лекція 28

З'ЄДНАННЯ ОПТИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ

Мета лекції: вивчення з'єднання приклеюванням,спіканням та зварюванням; поняття глибокий оптичний контакт.

Зміст лекції:

28.1. З'єднання склеюванням
28.2. Глибокий оптичний контакт
28.3. З'єднання спіканням та зварюванням

28.1. З'єднання склеюванням

Склеювання це найбільш поширений спосіб з'єднання оптичних деталей у приладобудуванні. Склеювання лінз необхідно для точної фіксації їхнього взаємного розташування, зменшення кількості світла відбитого вільними поверхнями.

Лінзи найбільш часто з'єднують клеями: бальзамін, ОК-72Ф, ОК-50 при кімнатній температурі (20-22°С), які знаходячись у рідкому стані не вимагають попереднього прогріву компонента для процесу полімеризації. Перед склеюванням проводять додатково операцію комплектування лінз по товщинам. Така комплектація дозволяє підсумовувати похибку з'єднання лінз, що виключає зниження якості зображення формованого склейкою. Крім того, вона створює певні зручності при складанні приладу. Лінзи комплектують так, щоб алгебраїчна сума відхилень їхньої товщини приблизно дорівнювала (наближалася) нулю.

У трилінзових компонентах відхилення товщини однієї з лінз повинно дорівнювати по абсолютній величині і бути протилежним за знаком значенню сумарної товщини двох інших лінзових компонентів. Склеювання попередньо скомплектованого (наприклад, дволінзового компонента) складається з послідовно виконуваних технологічних операцій:

1) підготовка деталей і клею (поверхні, що з'єднуються, промивають, чистять, накладають одну на іншу). Полімеризуючийся клей готують у кількості з урахуванням тривалості його робочого стану, тобто до затвердіння;

2) процес склеювання: знявши позитивну лінзу, на поверхню негативної наносять необхідну кількість клею. Знову установивши позитивну лінзу і притискаючи її до нижньої (негативної) лінзі забезпечують товщину шару клею від 0,005 до 0,2 мм. Зі зменшенням товщини шару клею механічна міцність, морозостійкість з'єднання підвищується;

3) центрування компонентів: до завершення полімеризації (затвердіння клею) сполучають оптичні осі деталей, що склеюються. Для цього використовують різні технологічні пристосування, що дозволяють виконувати центрування і контроль їхньої не співвісності. Такі пристрої збирають з мікроскопів, коліматорів, інтерферометрів і т.д.

Нанесення на лінзи плівкових просвітлюючих покрить фізичними способами повинно передувати їхньому склеюванню, оскільки при обробці деталей їх нагрівають до 200-300°С, а це нагрівання викликає зміну властивостей

клею.

Особливості склеювання призм полягають у наступному. Склеювання виконується так само як і в лінз. Істотно відрізняються лише конструкції контрольно-юстувального пристосування, використовуваного при з'єднанні призм різних типів.

Більшість призм з оптичних матеріалів прозорих у видимій області спектра склеюються бальзаміном і клеєм ОК-72Ф. Призми з матеріалів прозорих в ультрафіолетовому діапазоні склеюють клеєм УФ-235, а з матеріалів прозорих в інфрачервоному діапазоні склеюють клеєм ТКС.

Складні призми, що складаються з кількох деталей, склеюють у тій же послідовності, що і багатолінзові компоненти. Напівпрозорі дзеркала склеюють бальзаміном, ОК-72Ф, ОК-50. Процес склеювання таких деталей такий же, як і при склеюванні лінз.

28.2. Глибокий оптичний контакт

Глибокий оптичний контакт (ГОК)- це безклейове з'єднання оптичних деталей, що полягає в наступному. На одну чи обидві поверхні, що з'єднуються, наносять тонку плівку кремнезему. Установлюють ці поверхні на оптичний контакт, а потім піддають ці компоненти термічній обробці (прогрівши при температурі 250°С), тоді кисень і кремнезем утворять хімічні зв'язки, міцність яких дорівнює міцності монолітного скла. Отримані з'єднання стають нероз'ємними.

Глибокий оптичний контакт розширює область застосування оптичного контакту, заміняє спікання і зварювання. Застосування його доцільне при створенні складних вузлів, які працюють у важких експлуатаційних умовах (різкі перепади температур, висока вологість, наявність навколишніх середовищ, що виключають застосування клею), а так само для спрощення кріплення вузлів, підвищення їхньої механічної міцності.

Зібрані таким чином вузли стійкі при роботі в умовах високих (до 500°С для силікатного, до 1500°С для кварцового скла) температур, в агресивних середовищах (кислоти, луги, органічні розчинники), при механічних впливах (вібрація, удар, прискорення, нейтронному і γ-опроміненні).

28.3. З'єднання спіканням і зварюванням

Ці способи знаходять застосування при виготовленні деталей з підвищеними вимогами до механічної міцності і хімічної стійкості з'єднань відповідно до умов їх експлуатації.

До таких, зокрема, відносяться кювети зі скла, заповнювані розчинами (органічні, лужні, кислотні), що виключають можливість з'єднання склеюванням, а метод ГОК трудомісткий.

З'єднання таких деталей може бути виконано наступними технологічними способами:

- зварюванням лазерним випромінюванням, що фокусують у площину шва, який містить світлопоглинальний прошарок (плівку, припой), пучок переміщають по периметрі шва і він розплавляє припой;
- зварюванням у полум'ї киснево-водневого пальника, який забезпечує температуру нагрівання 2000°С що викликає деформацію елементів, які з'єднуються, і кристалізацію поверхневого розплавленого шару;
- спіканням при низькотемпературному нагріванні за допомогою легкоплавкого припою і при високотемпературному нагріванні у вакуумній печі (дифузійне зварювання), вакуум дозволяє видалити адсорбовані гази, сприяє активній поверхневій дифузії в площині з'єднання.

Закріплення матеріалу:

1. Технологічний процес зклеювання.
2. Особливості зклеювання призм.
3. Глибокий оптичний контакт.
4. З’єднання зпіканням.
5. З’єднання зварюванням.

Перелік посилань

Основна

1. Тимчик Г.С. Технологія оптичного виробництва. Методичні вказівки з курсової роботи. - Київ, НТУУ"КПІ", 1996, 40с.
2. Тимчик Г.С. Технологія оптичного виробництва. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт. - Київ, НТУУ"КПІ", 1998, 48с.
3. Тимчик Г.С., Філіппова М.В., Маркін М.О. Технологія оптичного виробництва. Навчальний посібник для студентів ВНЗ / Під заг. ред. Г.С.Тимчика – К.: НТУУ "КПІ", 2016. - 168 с.
4. Основи технології оптичного приладобудування. Ч.1. Технічна підготовка виробництва та виготовлення оптичного скла: Навчальний посібник / Укл.: О.М.Козаков. – Чернівці: Рута, 2007 р. – 96 с.
5. Основи технології оптичного приладобудування. Ч.2. Основи технологічних процесів виготовлення оптичних деталей: Навчальний посібник / Укл.: О.М.Козаков. – Чернівці: Рута, 2008 р. – 118 с.
6. Проектування технологічних процесів виготовлення оптичних деталей приладів і систем: навч. посіб. / О. М. Козаков ; М-во освіти і науки України, Чернів. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. - Чернівці : ЧНУ, 2014. - 86 с.
7. Основи конструювання приладів: навч. посіб. / Л.А.Міхеєнко, М.С. Мамута. – К.: НТУУ "КПІ", 2015. – 202 с.

додаткова

1. Малов А.Н., Законников В.П. Обработка деталей оптических приборов.- М.:Машиностроение, 1976, 303с.
2. Панов В.А. Справочник конструктора оптико-механических приборов.- Л.:Машиностроение, 1980, 741с.
9. Технология оптических деталей : учебник для вузов / В. Г. Зубаков, М. Н. Семибратов, С. К. Штандель; Под ред. М. Н. Семибратова. —Москва: Машиностроение, 1985. — 368 с.: ил.. — Библиогр.: с. 360-365.