МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Приладобудівний факультет

РЕФЕРАТ

на тему: «Технологія обробки асферичних поверхонь»

Виконала:

студентка групи ПО-71

Васильчук Єлизавета

Перевірив:

Тимчик Г.С.

Київ 2020

Зміст

[Вступ 3](#_Toc37609339)

[1. Асферичні поверхні 4](#_Toc37609340)

[2. Виготовлення асферичної оптики 5](#_Toc37609341)

[2.1 Рівняння провисання 6](#_Toc37609342)

[2.2 Способи виготовлення оптичних деталей з асферичними поверхнями 8](#_Toc37609343)

[3. Методи обробки асферичних поверхонь 11](#_Toc37609344)

[3.1 Траєкторне копіювання 11](#_Toc37609345)

[3.3 Взаємний притир 12](#_Toc37609346)

[3.4 Взаємний притир з елементами траєкторного копіювання 13](#_Toc37609347)

[4. Переваги використання асферичної оптики 14](#_Toc37609348)

[5. Метрологія асферичної оптики 15](#_Toc37609349)

[Висновки 16](#_Toc37609350)

[Список використаної літератури 17](#_Toc37609351)

Вступ

Протягом тривалого часу пильна увага оптотехніків притягнута до асферичної оптики. Це пов'язано з перспективами значного скорочення габаритів оптичних систем і поліпшення їх оптичних характеристик, за рахунок використання асферичних поверхонь. Переваги, якими володіють оптичні системи з асферичними поверхнями, завдяки наявності у них додаткових, в порівнянні з звичайною сферичною оптикою, розрахункових параметрів, досить широко і давно відомі. Ще Декарт, Ньютон, Кассегрен, Грегорі займалися дослідженням цього питання і практично застосовували асферичні поверхні в своїх оптичних системах для усунення аберацій і поліпшення якості зображення. Однак значні труднощі, пов'язані зі складністю розрахунку, виготовлення і контролю асферичної оптики, довгий час стримували і обмежували її широке використання. В останні роки тут намітився значний прогрес, який пояснюється двома обставинами:

* Впровадженням в розрахункову практику сучасної електронно-обчислювальної техніки, що дозволило подолати труднощі, пов'язані з великим обсягом обчислювальної роботи;
* Вдосконаленням відомих і розробкою нових методів контролю, завдяки використанню лазерів, різноманітних компенсаторів, анаберраціонних точок поверхонь обертання другого порядку, сферичних і асферических пробних стекол, застосування засобів контролю з використанням голографії.

1. Асферичні поверхні

Асферична поверхню - це відбиваюча або переломлююча поверхня, виготовлена з відхиленням від сфери.

Термін «асфера» охоплює будь-яку лінзу з поверхнями, які не є частинами сфери. Однак, коли ми використовуємо тут термін, ми конкретно говоримо про підмножину сфер, які є осесиметричною оптикою з радіусом кривизни, який радіально змінюється від центру лінзи. Як обговорювалося раніше, асферичні лінзи покращують якість зображення і зменшують кількість необхідних оптичних елементів. Від смартфонів і лазерних пристроїв до високоякісних об'єктивів для мікроскопів та хірургічного обладнання, асферичні лінзи набувають все більшого значення для кожного аспекту оптики, обробки зображень та фотоніки в зв'язку з явними перевагами, які вони пропонують в порівнянні з традиційною сферичної оптикою.



Рис.1 Асферична та сферична лінза

Більшість лінз і фокусуючих або дефокусуючих дзеркал, які використовуються в загальних оптичних приладах і в лазерній техніці, мають сферичні оптичні поверхні - поверхні, які мають форму сфери в деякій розширенній області. (Вони можуть бути як опуклими, так і увігнутими.) Оптичні елементи асферичної оптики демонструють профілі поверхні, які не мають постійного локального радіусу кривизни - часто з більш слабкою кривизною деталей, які знаходяться далі від оптичної осі. У більшості випадків профілі поверхні, принаймні, обертально-симетричні.

Мета використання асферичною оптики зазвичай полягає в тому, щоб уникнути сферичної аберації.

2. Виготовлення асферичної оптики

Геометрично неможливо отримати несферичні поверхні простим шліфуванням; сферичні поверхні є єдиними, де можна поперечно переміщатися навколо шліфувального інструменту, зберігаючи повний контакт з поверхнею процесу.

Тому для виготовлення асферичної оптики потрібні більш досконалі методи виробництва. Існують адаптовані процеси шліфування, а також методи алмазного точіння, які можуть працювати без згаданого повного контакту між робочим інструментом і обробленим зразком. Деякі з них пов'язані з використанням машин з комп'ютерним управлінням (ЧПУ, роботизоване виробництво).

За останні пару десятиліть було розроблено значну різноманітність технологій виготовлення асферичної оптики. Деякі з них можуть також застосовуватися до різних видів дзеркал. Деякі методи підходять для генерації довільних поверхонь довільної форми. Вибір методу виготовлення може залежати від різних аспектів:

* Деякі методи застосовні тільки до певних оптичним матеріалами. Наприклад, алмазна токарна обробка працює з полімерами і металами, але не зі склом.
* Деякі методи добре підходять для гнучкого виробництва прототипів або невеликих обсягів, в той час як інші більш ефективні для масового виробництва.
* Є також компроміс між вартістю виробництва і оптичною якістю.

2.1 Рівняння провисання

Традиційно точна форма асферических поверхонь описується рівнянням прогину:



де z - висота профілю як функція радіальної координати h;

h – відстань від оптичної осі;

С – зворотній радіус кривизни;

K - конічна константа, яку можна використовувати для отримання певних типових форм (таблиця 1.):

*Таблиця 1.*

|  |  |
| --- | --- |
| Конічна константа | Конічна поверхня |
| К= 0, формула описує сферичну поверхню зі зворотним радіусом кривизни С. | Сфера | сфера |
| К= -1, призводить до параболічної формі. Це підходить для щільного фокусування колімованого променя. Це часто використовується для параболічних дзеркал. | Парабола | парабола |
| K≥1, створює еліпсоїд, який може бути користаний для передачі світла з одного фокуса в інший. | Еліпс | Эллипс |
| K≤1 створює форму гіперболи, наприклад, для зміни кривизни хвильового фронту для пучка, що вже розходиться. | Гіпербола | Hyberpola |

Асферичні поверхні також можуть бути визначені з використанням ортогональних коефіцієнтів $Q\_{bfs}$ і $Q\_{con}$. Асфери, описані з використанням цих коефіцієнтів, називаються сферами Q-типу. Коефіцієнт $Q\_{bfs}$ описує середньоквадратичне відхилення нахилу асферичною поверхні від сфери максимальної відповідності умовам. Цей виліт може бути легко розрахований і дає корисну кількісну оцінку того, наскільки легко буде перевірити поверхню. Коефіцієнт $Q\_{con}$ описує відхилення провисання асферичної поверхні від базової коніки. Сфери Q-типу дають дизайнерам більше контролю над оптимізацією сфер. Вони також зменшують кількість термінів, необхідних для виробництва, тим самим уникаючи непотрібних складнощів при виготовленні, спрощуючи тестування і знижуючи вартість.

Унікальна геометрична особливість асферических лінз полягає в тому, що радіус кривизни змінюється з відстанню від оптичної осі, на відміну від сфери, яка має постійний радіус (Рис.2). Ця відмінна форма дозволяє асферичним лінзам забезпечувати поліпшені оптичні характеристики в порівнянні зі стандартними сферичними поверхнями.



Рис.2 Порівняння асферичних та сферичних профілів поверхні

2.2 Способи виготовлення оптичних деталей з асферичними поверхнями

В наш час, для отримання асферичних поверхонь використовують наступні способи формоутворення:

* Точіння, фрезерування, шліфування та полірування.
* Пресування та виливок із пластичного чи в’язкого матеріала.
* Пластичне змінення форми вихідних поверхонь тиском чи нагріванням заготовки в певних межах.
* Нанесення на вихідну поверхню додаткового шару речовини, що розподілений по поверхні у відношенні з певним законом, шляхом напилення, наплавлення чи нанесенням гальванічного покриття.

Кожний з цих методів має свої певні недоліки та переваги. Вибір способу залежить від ряду факторів, в тому числі – від потрібної точності деталі, що виготовляється.

Найбільш перспективними з відомих способів при масовому виробництві деталей середнього рівня точності можна вважати пресування и полімеризацію із пластичних матеріалів. Основним недоліком цих методів являються помилки, що виникають через усадки матеріалу під час полімеризації чи пресування, а також спотвореня поверхонь з часом. В останні роки ці проблеми в багатьох аспектах були успішно вирішені.

Асферичні поверхні, що мало відступають від сфери чи площини, можна успішно виготовляти шляхом наненсення прозорих чи відбиваючих шарів на відповідні вихідні поверхні. Слід зазначити, що вказані методи придатні найбільше для виготовлення дзеркал.

Найбільш поширеними залишаються методи формоутворення асферичних поверхонь шляхом шліфування і поліровки заготовки.

Потрібну форму поверхні і її точність отримають послідовним застосуванням полірувальних інструментів з різними діаметрами і конфігураціями робочої поверхні, а також за рахунок зміни часу обробки, зміщення і величини штриху в процесі полірування. При цьому форма і точність поверхні періодично контролюються.

 Рівняння кривих другого порядку, вершини яких знаходяться на початку координат, мають наступний вигляд:

 $у^{2}-2рх+\left(1-е^{2}\right)х^{2}=0$ (1)

де р – параметр кривої;

е – ексцентриситет.

На рис.3 показана схема до розрахунку відступів кривих другого порядку від сфери найближчого радіуса.

 Тут $х\_{0}$ та х – абсциси відповідно для сфери (а) та кривої другого порядку (б);

 $у\_{0}$ та у – ординати;

 ∆х = $х- х\_{0}$ – відступ кривої другого порядку від сфери найближчого радіуса при $у\_{0}$ = у.



Рис.3 До схеми розрахунку відступів кривих другого порядку від сфери найближчого радіуса

Розкладаючи функцію (1) в ряд і нехтуючи членами починаючи з 5-ої степені у, отримаємо:

 ∆х = $х- х\_{0}=\frac{у^{2}е^{2}}{8р^{3}}\left(h^{2}-у^{2}\right)$,

 де h – половина діаметра деталі, що обробляється.



Рис.4 Трьохпелюсткова маска

 На рис.4 показаний контур інструменту, що побудований по розрахунковим даним.

 Методи формоутворення асферичних поверхонь зазвичай виконуються шляхом полірування та шліфування заготовок.

 Скло традиційно являється одним із основних матеріалів для виготовлення оптичних деталей, в тому числі і з асферичними поверхнями. Обробка скла при виготовлення оптичних заломлюючих чи відбиваючих поверхонь зазвичай складається з наступних процесів:

* Точіння за допомогою звичайних токарних чи алмазних різців.
* Фрезерування за допомогою алмазного інструмента.
* Шліфування вільним абразивом.
* Полірування полірувальними порошками.

На відмінну від простіших форм поверхонь – сфери та площини – асферичні поверхні не маю властивостей, які б дозволяли обробляти їх «класичними» способами «притира» по всій поверхні з взаємним виправленням поверхні, що обробляється, і інструмента.

 Деякі типи асферичних поверхонь допускають обробку з автоматичною правкою інструмента, але інструмент при цьому може бути тільки лінійним. Сюди відносять параболи обертання, тори, конуси та інші лінійні поверхні. Як правило, при виготовленні асферичних поверхонь для досягнення необхідної точності потрібні спеціальні прийоми і значна затрата кваліфікованого труда.

3. Методи обробки асферичних поверхонь

Актуальність і перспективність застосування методів отримання асферичних поверхонь, завдяки використанню для цієї мети геометричних властивостей останніх,

пояснюється можливостями реалізації цих методів за допомогою плоских і сферичних шаблонів та інших найпростіших пристроїв. Крім того, методи геометричного формоутворення, у багатьох випадках, можуть бути реалізовані з використанням притиру - методу, який до теперішнього часу є в промисловості практично єдиним засобом отримання поверхонь оптичної точності (частки мкм). Відомі методи геометричного формоутворення засновані на:

* Траєкторному копіюванні;
* Копіюванні шаблону, яка має контакт з заготовкою;
* Взаємному притирі заготовки та інструменту;
* Взаємному притирі з елементами траєкторного копіювання.

3.1 Траєкторне копіювання

Всі способи асферізації, що відносяться до цієї групи, в кінцевому рахунку зводяться до забезпечення примусового переміщення інструменту по заданій траєкторії, що відповідає профілю одного з перетинів оброблюваної поверхні. Великі можливості в реалізації цього напрямку відкриває застосування різноманітних шаблонів, профіль яких переноситься інструментом на оброблювану поверхню. Відомі засновані на застосуванні шаблонів верстати Пері і Ванштейна, а також верстат Берча, в яких використані для формоутворення диференціальні властивості оброблюваних поверхонь. Шаблоном в цих верстатах служить кулачок з профілем, відповідному еволюті утворюючій поверхні, що виготовляється.

3.2 Копіювання шаблону, яка має контакт із заготовкою.

Ці методи обробки, мають багато спільного з методами траєкторного копіювання, забезпечують більш високу точність формоутворення оптичних поверхонь. Збільшення точності тут досягається завдяки можливості притиру заготовки до інструменту - шаблоном за допомогою вільного абразиву. Більшість методів, що відносяться до цієї групи, реалізують умови притиру по таким лінійним ділянкам поверхні, які не змінюють кривизну при переміщенні по поверхні.

Н.П. Заказнов і Л.Я. Шевченко запропонували виконати інструмент у вигляді просторового шаблону, що складається зі стрижнів, які розташовані по прямолінійним утворюючим однополостного гіперболоїда обертання. Таким чином, метод обробки за допомогою названого інструменту можна віднести до методів, що використовують для формоутворення властивості сімейства ліній постійної кривизни на оброблюваній поверхні. Метод дозволяє обробляти випуклі поверхні, еквідистантні двополосні

гіперболоїд обертання.

3.3 Взаємний притир

Виняткові по точності результати широкого застосування в промисловості «класичного» методу виготовлення сферичної оптики визначаються, головним чином, сукупністю особливостей його геометричних передумов і взаємного притирання інструменту і оброблюваного виробу. Тому одним з напрямів, що розвивається, отримання асферичної оптики є виявлення і використання геометричних властивостей оброблюваних поверхонь для створення умов формоутворення асферических поверхонь, аналогічних тим, якими характеризується «Класичний метод».

В даний час досить широко відомий і практично реалізований метод обробки асферических поверхонь ножовим інструментом. Метод заснований на властивостях плоских, що проходять через фокус перетинів поверхонь обертання другого порядку, що мають постійний радіус кривизни при вершині. В цьому випадку, обробка поверхні проводиться пластиною типу ножа, яка притирається за допомогою вільного абразиву до поверхні заготовки, що обертається, здійснюючи при цьому коливальний рух навколо осі, перпендикулярній осі обертання заготовки і проходить через один з

фокусів поверхні, що виготовляється.

3.4 Взаємний притир з елементами траєкторного копіювання

Використання геометричних властивостей оброблюваних поверхонь дозволяє побудувати процеси отримання асферичної оптики, аналогічні добре освоєному в промисловості методу обробки асферических поверхонь шляхом взаємного притирання заготовки до інструменту. Однак можливості методів геометричного формоутворення цим не вичерпуються. Є дані, в яких обґрунтовано шляхи подальшого

підвищення точності процесу формоутворення різноманітних оптичних поверхонь, а так само можливості інтенсифікації цього процесу.

Наприклад, за рахунок створення таких процесів обробки асферических оптичних поверхонь, які поєднують у собі взаємний притир заготовки та інструменту з елементами траєкторного копіювання. Останні забезпечують безперервну правку під час обробки робочої поверхні інструменту, зберігаючи тим самим її стабільність, і відкривають можливості активного контролю і автоматичного управління процесом

формоутворення оброблюваної поверхні. Безперервна правка інструменту реалізується завдяки використанню для цієї мети геометричних властивостей сімейств ліній постійної кривизни на робочій поверхні інструменту.

На початку 1980-х років компанія Canon провела дослідження і розробки в області лиття скляних асферических лінз з великою апертурою і в 1985 році успішно розробила діючу виробничу систему. Ці скляні асферичні лінзи виробляються прямим литтям скла в формувальні машини з використанням асферичної металевої форми ультрависокої точності.

При цьому забезпечується висока точність, яка задовольняє вимоги до якості змінних об'єктивів для дзеркальних камер, а також можливість серійного виробництва при відносно низьких витратах.

У 1990 році компанія Canon додала в свій арсенал четверту технологію виробництва асферичних лінз, розробивши технологію копіювання асферических лінз з використанням смоли, що застигає під дією ультрафіолетового опромінення, для формування асферичного шару на поверхні сферичної лінзи. При розробці об'єктивів EF ці чотири типи асферичних лінз забезпечили конструкторам компанії Canon

виняткову гнучкість, дозволяючи вибирати найкращий тип лінз для кожного застосування. Асферичні лінзи особливо корисні для: компенсації сферичних аберацій в об'єктивах з великою апертурою, компенсації спотворень в ширококутних об'єктивах, виробництва високоякісних компактних зум-об'єктивів.

4. Переваги використання асферичної оптики

Оскільки асферична оптика в першу чергу дозволяє уникнути сферичних та інших аберацій, вона може істотно спростити як процес оптичного проектування, так і виникаючі в результаті оптичні конструкції. Це також може привести до створення більш компактних оптичних систем, що особливо актуально, наприклад, для проектування мобільних пристроїв. Наприклад, надзвичайно компактні об'єктиви камери, необхідні для смартфонів, повинні працювати з мінімальною кількістю оптичних елементів і, отже, сильно залежати від асферичної оптики. Зменшена кількість оптичних поверхонь також може бути істотною перевагою. Крім того, через різні складні компроміси в оптичному дизайні, використовуючи асферичні елементи, часто можна усунути певні вимоги і в кінцевому підсумку досягти в цілому кращих оптичних характеристик.

Інші області застосування - оптичне зберігання даних, волоконна оптика (наприклад, запуск лазерних променів в волокна або волоконні коліматори) і оптична космічна технологія. Залежно від ситуації загальна вартість виготовлення може навіть зменшитися, незважаючи на більш високу вартість виготовлення асферических оптичних елементів. З цих причин сучасні програмні пакети для оптичного проектування повинні мати розширені функції, що стосуються асферичної і загальної оптики вільної форми. Фактично, чисельні методи в даний час найбільш часто використовуються для проектування асферических лінз.

Часто в системі достатньо однієї асферичною поверхні!

Зверніть увагу, що, як правило, немає необхідності або не доцільно використовувати асферичну оптику у всій системі. Замість цього часто досить використовувати одну асферичну поверхню, щоб отримати хороший контроль над різними типами аберацій. Така поверхня може бути або близькою до сферичної, але з деякими конкретними відхиленнями, або може не мати власної функції розпізнавання, тільки компенсуючи аберації, що вносяться іншими елементами (коригуючими пластинами).

Часто асферичні лінзи виготовляють у вигляді плосковипуклих або плосковвігнутих елементів, тобто з одного боку, є плоскою.

Є також лінзи, які є одночасно асферическими і ахроматичними. Наприклад, можна комбінувати сферичну скляну лінзу з асферичною полімерною частиною.

5. Метрологія асферичної оптики

Існують технічні проблеми не тільки у відношенні виготовлення асферичних поверхонь, але і у відношенні до оптичної метрології. Потрібно вимірювати не тільки прості величини, такі як фокусні відстані (тобто, оцінювати помилки радіуса), але також і додаткові параметри рівняння прогину. Як точність поверхні, так і шорсткість поверхні представляють інтерес; перший розповідає, наскільки добре оптична служба відповідає проектній формі на великих площах, а шорсткість - явище в менших масштабах. Для кількісної оцінки таких неточностей оптичних елементів використовуються різні методи.

У багатьох випадках для таких цілей використовуються вдосконалені типи інтерферометрів в поєднанні з відповідним комп'ютерним програмним забезпеченням. Вони дозволяють дати точну оцінку найвищій точності поверхні, набагато нижче 1 мкм або невеликої частки оптичної довжини хвилі. Інший варіант - використовувати оптичні профілометри 2D або 3D. Останні є досить гнучким методом, але зазвичай істотно нижчої точності, ніж інтерферометрія.

Висновки

Загальною властивістю, що об'єднує всі методи геометричного формоутворення, є використання для отримання асферичної оптики особливостей геометричних форм оброблюваних поверхонь:

* Властивостей плоских перетинів;
* Інваріантних властивостей;
* Диференціальних властивостей;
* Копіювання асферичних лінз з використанням смоли;
* Ліній постійної кривизни на оброблюваних поверхнях.

Сьогодні асферичні елементи використовуються не тільки у високотехнологічних додатках, таких як літографія, астрономія і космічні оптичні пристрої. Вони також широко використовуються в промислових оптичних пристроях, таких як датчики, системи машинного зору і навіть споживчі оптичні продукти. Проте, хоча асферичні технології все більше приймаються та впроваджуються, ще багато що належить вивчити і зробити, щоб повністю використовувати свій потенціал.

При роботі з асферичними технологіями необхідно враховувати три основних аспекти, які всі взаємопов'язані: оптичний дизайн, технологія виробництва та метрологія.

Список використаної літератури

1. Каширин В.И. Универсальная асферическая поверхность / В.И. Каширин. Деп. в ВИНИТИ 26 дек. 1986, № 8358-84; РЖФиз. 1985. № 3. 3Л 570.

2. В.В. Горелик. Изготовление асферической оптики / Н.П. Заказнов, В.В. Горелик. – М.: Машиностроение, 1978.

3. Духопел И.И. Изготовление и методы контроля АП / И.И. Духопел., С.С. Качкин, В.А. Чунин. – Л.: Машиностроение, 1975.

4. Сайт: <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/optics/all-about-aspheric-lenses/>

5. Сайт: <https://www.rp-photonics.com/aspheric_optics.html>