

АНАЛИЗ НА МЕТОДИТЕ ЗА ПОЛИРАНЕ НА МИКРООПТИЧНИ ДЕТАЙЛИ

ВАЛЕРИ БАКЪРДЖИЕВ

Технически университет – София, Филиал - Пловдив
bakardzhiev@tu-plovdiv.bg

Резюме: Процесът на полиране е най-продължителният процес в оптичното производство. Това води до значително ограничаване на производствените възможности въпреки повишеното търсене на тези продукти на световния пазар. За да може оптичната повърхнина да бъде полирана и да получи необходимата точност, е необходимо наличието на подходяща полираща суспензия и подходяща полираща подложка. Настоящата статия разглежда методите за полиране на микрооптични детайли с диаметър от 2 до 20мм.

Ключови думи: леци, оптични детайли, полиране

MICRO-OPTICAL POLISHING COMPONENTS: METHODS ANALYSIS

VALERI BAKARDZHIEV

Technical University – Sofia, Branch Plovdiv
bakardzhiev@tu-plovdiv.bg

Abstract: Polishing is the most time-consuming process in optical production. This leads to manufacturing capacity constraints despite the growing demand for these products in the world market. It is necessary to have suitable polishing slurry and a pad in order to polish the optical surface and obtain the required accuracy. This article examines methods for micro-optical polishing components with a diameter of 2 to 20 mm.

Key words: lenses, optical components, polishing

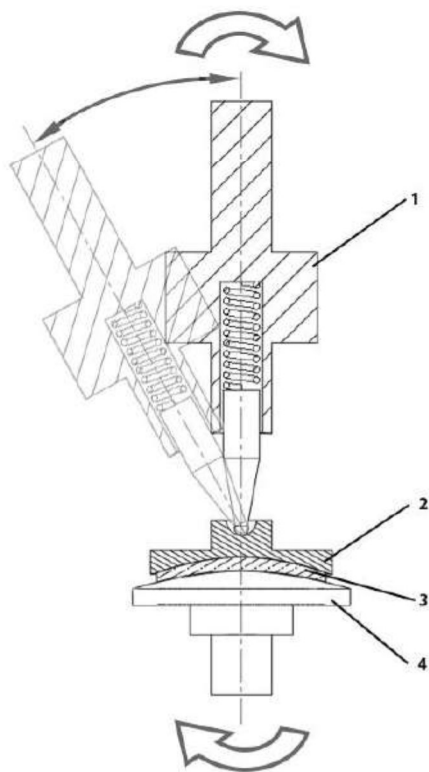
1. Въведение

Производството на оптични елементи преминава през следните етапи:

- планиране и създаване на технология за оптичния детайл;
- рязане на заготовка от оптично стъкло;
- фрезование за получаване на определените радиуси;
- лепинговане за прецизно достигане на необходимата геометрия;
- полиране на оптичния елемент;
- нанасяне на покритие;
- контрол на качеството.

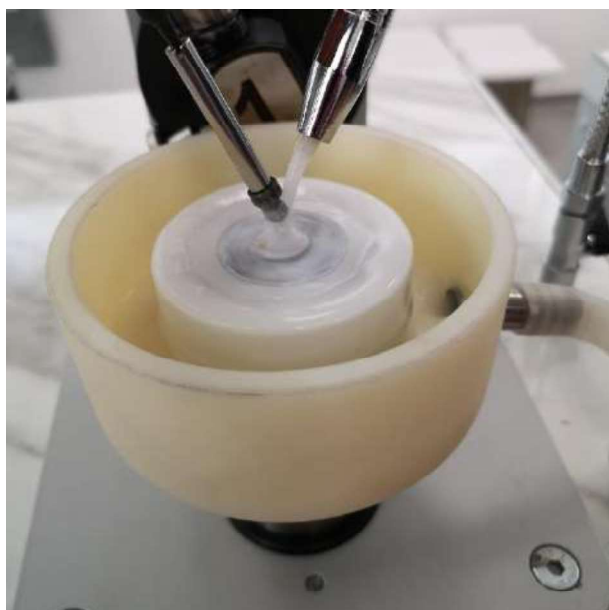
В настоящата статия се разглежда процеса на полиране, чрез който се придава прозрачност и точност на матовите повърхнини на оптичните детайли. Шлифованите повърхнини са матови, поради което отразяват разсеяно светлината. С полирането се постига премахване на

шлифования матов слой до получаване на прозрачност и необходимата степен на чистота на повърхнината, както и получаване на зададената точност на полираната повърхност. Това се постига чрез ръчно или машинно полиране. Ръчното полиране се извърша само при единични оптични детайли. Машинното полиране се прилага при серийното производство на оптика. На фигура 1 е показана схема на машина за полиране на микрооптични детайли. Полиращата машина разполага с няколко полиращи глави от 1 до 6, на всяка от които се монтира по един оптичен детайл. Машината има осцилиращо движение на горния шпиндел – позиция 1 е в диапазон $\pm 45^\circ$ и по този начин се обхожда сферичната повърхнина на детайла. Големината на ъгъла се задава в зависимост от радиусите на полиращата неща. Горният шпиндел има ъглова скорост, която се регулира в диапазон 0-300 грм. Чрез подходящ нипел към него се монтира обработвания детайл и той му



Фиг. 1. Схема на полиране

придава съответната ъглова скорост. През оста на горния шпиндел се придава постоянен натиск, който също се регулира от 0 до 0,5kg за да може да се осигури контакт между полирания детайл – позиция 3 на фигура 1 и полировникът в позиция 4 на същата фигура. На долния шпиндел се монтира полировника с полиращата подложка и шпинделът се върти с регулируема ъглова скорост в диапазон от 50 до 2500rpm.



Фиг. 2. Машинно полиране

На фигура 2 е показана снимка на машина за полиране на микрооптични детайли. За да се осъществи процеса на полиране се използва полираща подложка и полираща суспензия, която е в течна фаза и се подава в зоната на полиране чрез помпа.

2. Описание на полиращите суспензии

Полиращите суспензии[1] се използват съвместно с различни полиращи подложки върху широка гама от оптични материали, за да превърнат фино шлифованата повърхност в силно светло пропускаща повърхност. Винаги при полирането се търси не само отлична светло пропускаща повърхност, но също и много точна обработка на радиусите на детайлите. Съставът на материала и размерът на зърната на полиращите смеси трябва да бъде много внимателно подбран.

Полиращите съединения са съставени от различни по химичен състав синтетично получени или редкоземни елементи. Едно от най-старите полиращи съединения е железният оксид FeO. Има сведения, че в древен Египет занаятчиите са използвали железен оксид за полиране на различни предмети и скъпоценни камъни. Това полиращо съединение не се използва вече и е заменено с други, които са по-ефективни.

Циркониевият оксид ZrO_2 се използва като алтернатива на FeO в оптичната индустрия.

Друго съединение, което се използва в суспензиите е алуминиевият триоксид Al_2O_3 – корунд с размер на частиците 1-2 μm . Праховете от алуминиев триоксид се смесват с вода, за да се образува суспензия, която се използва за прецизно полиране на голямо разнообразие от оптични материали. Праховете могат също да се смесват с леки масла или други съвместими течности за специални приложения.

Смеси от редкоземни материали и по-специално цериев оксид CeO_2 са основните полиращи съединения, използвани днес за полиране на голямо разнообразие от оптични детайли.

Предпочитаните полиращи съединения за прецизна оптика[2] са висококачествен цериев оксид CeO_2 и готови смеси, съдържащи циркониев оксид ZrO_2 . Съединенията се разтварят в дейонизирана вода до получаване на суспензия с подходящ вискозитет. За да се постигне високо качество на полирането, суспензията се разбърква постоянно и се поддържа определена температура от 20-28 $^{\circ} C$.

3. Видове полиращи подложки

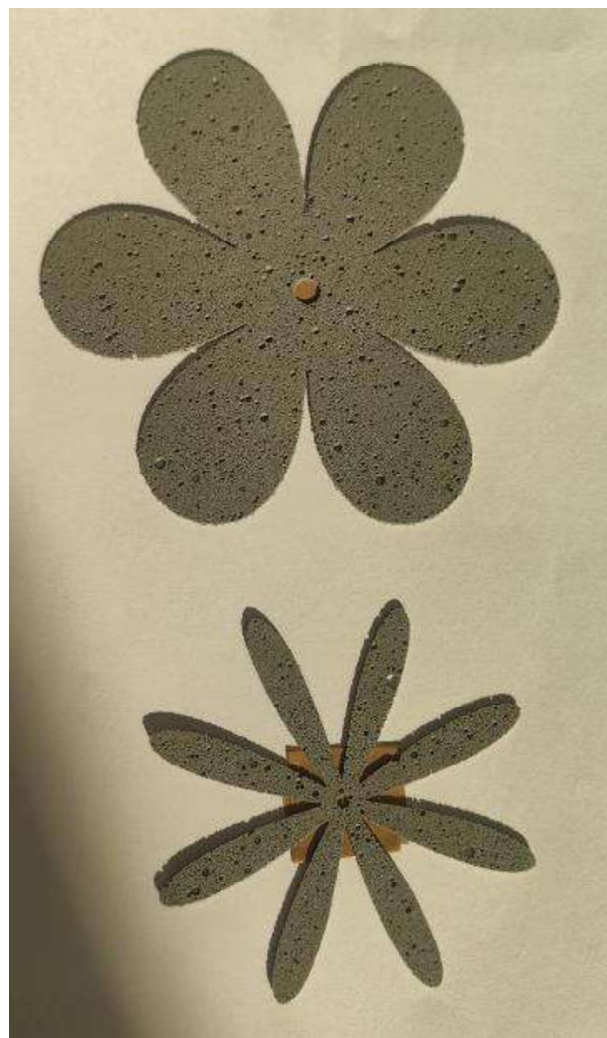
Има различни видове полиращи подложки[1] – филцови, термопластични, полимерни и други. Всяка една от изброените подложки се монтира в предварително изработен полировник от месинг, алуминий или неръждаема стомана. На фигура 3 са показани различни видове полировници. Радиусът на полировника трябва да е близък до радиуса на лещата, която ще се полира. Когато се използва термопластична смола като подложка, дебелината на подложката може да бъде значително по-голяма в сравнение с останалите типове. Ще се разгледат няколко основни типа подложки.



Фиг. 3. Различни видове полировници

Полиращите подложки от филц и сукно се използват за полиране на лещи от доста време. Това са еластично-полиращи подложки, които са изградени от аминокиселини, които съдържат карбоксилна група – COOH , която определя въздействието върху обработваемото стъкло. Чрез подходящо лепило се прикрепват към формата на полировника. Плътно прилепване на филца към детайла може да наруши сравнително бързо неговата геометрия. Това прави контрола на оптичния детайл почти невъзможен, въпреки че може да се постигне висока степен на полиране за относително кратко време. Именно поради тези причини полиращите подложки, изработени от филц и сукно, се използват сравнително рядко, предимно при плоски оптични детайли. Полиращите подложки, изработени от филц, са много полезни, когато трябва да се полират ръбове и фаски на оптични детайли.

Полимерните полиращи подложки[3] се изработват от твърди пластмаси. Не са широко използвани, защото повечето полимери абсорбират вода и променят формата си в резултат на това. Когато полимерните подложки се използват за сухо полиране, без подаването на суспензия, те се загряват и се деформират, което води до дефекти в полирания детайл. Днес, с развитието на техническите полимери, доста фирми предлагат полимерни полиращи подложки с нанесен абразивен слой, което значително подобрява техните характеристики. Монтажът на полимерните подложки се извършва чрез епоксидно лепило към полировника. В зависимост от дебелината на подложката, се изчислява и радиусът на инструмента за полиране.



Фиг. 4. Полимерна полираща подложка

На фигура 4 е показана полимерна полираща подложка преди да се залепи към полировника. Тъй като подложката не се деформира, при полирането тя образува плътен слой върху полиращия инструмент.

Подложката се доставя на листове с определена дебелина и след като се определи площта на полировника, се изрязва кръг с този размер от подложката. С помощта на софтуер се изчисляват прорези така, че да има възможност за движение на полиращата суспензия. Този тип подложка позволява по-висока скорост на полиране, но е трудоемко залепването на подложка в полировника при детайли с малък диаметър.

Термопластичните полиращи подложки [1,2 и 4] се изработват от смола или восък. На фигура 5 е показан полировник, изработен от термопластична смола.



Фиг. 5. Полировник с термопластичен слой

Полиращите подложки от восък се използват рядко и то само за полиране на плоски детайли.

Полиращите смоли се произвеждат от естествени или синтетични материали. Има няколко основни вида смоли, базирани на дървесна смола, колофон, битум и други. Често термопластичните смоли са комбинация от няколко продукта, за да се постигне желаната твърдост. Например смес от колофон и битум

прави полиращата подложка много подходяща за полиране на микрооптични детайли. За да се придаде желаната форма на смолата, освен последовника, към него се изработва профилиращ инструмент със същия радиус като този на обработвания детайл. В зависимост от типа на смолата, тя се загрява между 50-120 ° C, след което се поставя в полировника и се притиска с профилния инструмент, за да получи желаната форма.

4. Заключение

На базата на изложеното в доклада може да се твърди, че полирането на микролеци е сложен процес, при който се изисква използването на подходящи полиращи суспензии и полиращи подложки. Полиращите суспензии с цериев оксид CeO_2 и циркониев оксид ZrO_2 са широко разпространени и често се предлагат под различни търговски марки. Акцентът пада върху полиращата подложка. Полиращите подложки, изработени от сукно и филц, не се използват при полирането на микрооптични детайли, защото променят своята форма в процеса на полиране. Полимерните подложки повишават производителността на процеса, но трудно се изработват за малки диаметри на полиращите детайли. При термопластичните подложки полировниците се изработват лесно и лесно се коригират при нужда, но смолата се влияе от температурата в помещението и при ниски температури се надрасква обработвания детайл. Затова може да се обобщи, че проблемът с полирането не е решен напълно и съществува научен интерес към този технологичен процес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Karow, H, Fabrication methods for precision optics, Wiley, 2004, 768p. ISBN: 978-0-471-70379-2
2. 2024_ Микро Вю Ендоскопи Оптик АД. Online: <https://micro-view.bg/>
3. 2024_ZEISS Group Online: <https://www.zeiss.com/corporate/en/home.html>
4. 2024_Pieplow & Brandt GmbH Online: <https://pieplow-brandt.de/en/>
5. Иванчев, Н., Алахверджиева, Д. Оптика и оптични уреди, Техника, 1987, София