

A Dall–Kirkham-távcső II.

A jó segédtükör elkészítésének egyik komoly feltétele, hogy a részben vagy teljesen kifényezett csiszolókorong mind ráccsal, mind késéllal vizsgálva tökéletes gömb legyen, mert a továbbiakban ezt fogjuk ellenőrzésre használni. Az a legjobb, ha nagyon sűrűn ellenőrizve, a homorú darab minél kevesebb munkával gömbbé polírozódik, mert ekkor a görbület gyakorlatilag semmit sem változik. Ellenkező esetben lehet, hogy kicsit többet kell majd dolgoznunk a segédtükörön. Ennek oka, hogy a fényezés, mint anyagleválasztó tevékenység közben mindig számolnunk kell bizonyos görbületváltozással is, ami azonban rendesen igen kicsimértékű, a távcső működésének szempontjából már számba sem vehető.

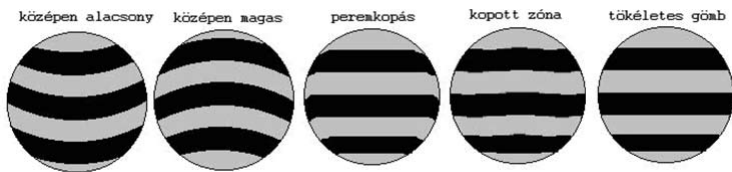
A segédtükör fényezését tükör lent, szerzőszám fönt módszer szerint végezzük, és nem is igen térünk el ettől. A művelet elég rövid idő alatt zajlik, de mindenkor – már a csiszoláskor is – sokat segít egy lassan forgó tengely, amelyre esetleg az apró optikákat foghatjuk, mert komfortosabbá teszi a munkát. Elérkezett a tesztelés időszaka, amit a főttebbi okok miatt rövid időközönként érdemes lesz elvégezni.

A vizsgálatban az interferencia jelenségét fogjuk segítségül hívni. Be kell szereznünk valami erősen vonalas spektrumú fényforrást, de a lézertény is szépen működik. A legolcsóbban egy HGLI izzó állítható üzembe, amit én jobban kedvelek a lézeres megoldásnál. Végső soron az energiatakarékos lámpa és a fénycső is működik, de némileg gyengébb kontraszttal.

Az „interferométer” legegyszerűbb esetben egy fényforrásból és egy kondenzorlencséből áll, amely a fényt párhuzamosítja. A fényforrást a lehetőleg síkdomború lencse fókuszpontjába helyezzük, amelynek átmérője legalább pár milliméterrel meghaladja a vizsgált segédtükör átmérőjét és

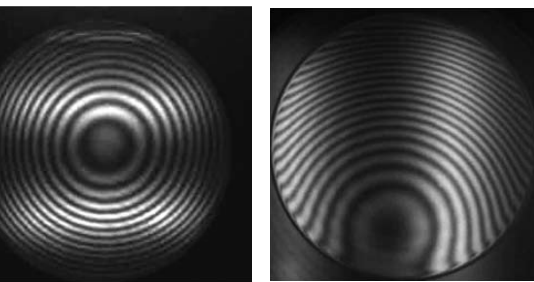
fényereje nem nagyobb $f/5$ -nél. A képet közvetlenül a fényforrás mellől, a lencsén át vizsgálhatjuk, de egy 45 fokban döntött üveglappal elérhetünk kényelmesebb betekintési pozíciót is. A lencse sík oldalával fordul a fényforrás felé, optikai minősége teljesen mellékes. A szerkezet nálam a falra van szerelve szemmagasságban, ami különben itt most nem fontos, azonban ha később síkok tesztelését is végezni szeretnénk, pl. vízfelszínhez képest, akkor gondolnunk kell a minimális rezgéshajlamra. A későbbiekre is gondolva igyekezzünk minél nagyobb átmérőjű lencsét beszerezni. Ha nem sikerül, akkor csiszoljunk egyet táblaüvegből, nem szükséges bonyolult ellenőrzés, a minősége teljesen lényegtelen lesz, de a jobb kontraszt elérése érdekében érdemes pusztá szemmel megítélve tökéletesen polírozni.

A vizsgálandó üvegeket kockázatos egymásra helyezni, három ponton kell hézagolással elválasztani őket. A hézagolókat egy nem enyvezett újságpapír széléből alakítjuk ki, kb. 5×5 mm-es négyzeteket, esetleg csíkokat kivágva. Fontos, hogy ugyanazon lapról, közvetlenül egymás mellől vágjuk ki a hézagolókat. Az összefordított és legalább részben fényezett korongok rendszerre az első pillanattól valamiféle interferenciamintát produkálnak, mely leginkább koncentrikus gyűrűkből, vagy hajló vonalakból áll. Ahhoz, hogy értelmezni is tudjuk az képet, a következőt tesszük: Egyik ujjunkkal gyenge nyomást fejtünk ki, közvetlenül valamelyik hézagoló fölött. E mozdulatra az interferenciakép élénk változásokat mutat, mivel az újságpapír – bizonyos mértékig – rugalmasan összenyomható. Mikor koncentrikusak a vonalak, akkor a két görbület szimmetria-tengelye egybeesik. Ha ügyesek vagyunk, akkor eltalálhatjuk azt a megfelelő nyomás erősséget, amely után kezünket elemelve



Néhány lehetséges interferenciaminta és ezek értelmezése (a vékonyabb távtartó minden ábrán lent)

koncentrikus gyűrűkből álló képet látunk. Most az egyik hézagolót nagyon gyengén összébnymova ívelt vonalak mutatkoznak. Jelenleg itt a legkisebb a két üveg közötti távolság. A cél az egyenes vonalak kialakítása lesz, mivel ezek a két görbület azonosságát jelzik. A vonalaktól a következők szerint nyerünk információt: Ha a vonalak az összenyomott hézagoló köré kanyarulnak, vagyis ujjunktól nézve homorúak, akkor a segédtükör domborúbb mint kellene, tehát a közepe magas. Ha a vonalak az ujjunktól nézve domborúak, akkor a görbületi sugár nagyobb mint kellene, tehát a tükör közepe alacsony.



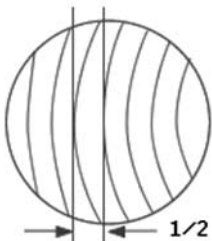
Interferenciaképek előbb koncentrikus, majd kissé megdöntött felületek esetén. Itt a világos koncentrikus gyűrűk számának fele lesz az eltérés lambdában kifejezve, amely mindenkor a vizsgálatra használt hullámhosszban értendő

Végül is a nyomás hatására az üvegek egyik oldala kissé közelebb kerül egymáshoz, mint az ujjunkkal átellenes oldal, vagyis akkor tudunk helyes következtetést levonni, ha ismerjük a két korong közötti „levegőék” irányát. Ha egyáltalán nem látunk interferenciát, annak oka csak az lehet, hogy a felületek nagy szögben hajlanak egymáshoz képest, tehát egy vagy

két hézagoló aránytalanul magasan tartja a peremet. A másik ok az lehet még, hogy a görbületek jelentősen különböznek egymástól. Ez utóbbira nagyon csekély esély van, mert végig együtt munkáltuk őket, tehát nagyon el kell rontani hozzá a polírozást. Az interferenciakép nagy ellensége továbbá a nedves felület is. Mindig igyekezzünk könnyű kézzel dolgozni, ne felejtsük el, hogy nagyon kicsi felületem munkálunk, amely gyorsan alakítható. Az eljárás egyszerűbbnek látszik leírva, mint amilyen valójában, de ezt már megszokhattuk az optikakészítés világában. Érdemes két sikküveg darabbal játszani egy kicsit előtte, kísérletezni, hogy megszokjuk és érzékeljük a minden apró rezdülésre érzékenyen alakuló, tűnékeny vonalak megjelenését. Nehéz szabályt kimondani, tekintve, hogy igen kis felületet munkálunk, de polírozással kb. 15 gyűrűnyi görbületeltérést érdemes megpróbálni kijavítani, ennél nagyobb eltérésnél már érdemes lehet inkább a legfinomabb porral újra csiszolni a korongokat.

Hiába is próbálnánk receptet adni, biztosan működő eljárás minden eshetőségre nem létezik. Ahogy a főtükrökön végzett beavatkozások a szuroktárcsán, vagy a mozgások változása itt is gyakran együttesen vezetnek eredményre. A tökéletesen polírozott gömb segédtükör az ellendarabbal egyenes vonalakat rajzol, párhuzamos helyzetben pedig az egész felületen fénykioltás, vagy egy szín felfénylése jelzi, hogy a munkát befejeztük és a segédtükörhöz nem nyúlunk többé. Az ideális alak elérése persze türelem kérdése. A gyakorlott csiszoló maximalista, de tudjuk, hogy ez adott hibahatár alá szorított, de nem feltétlenül tökéletes felületet jelent. Hogy pontosan

mekkora adott hibával kell számolnunk, azt a vonalak görbületének mértékéből nagyon pontosan megtudhatjuk. A tükör fölött, annak átmérőjén át kifeszítünk pl. egy cérnaszálat, mely egy interferenciavonallal a tükör két peremén találkozik. (Az alábbi ábrán ez a jobb oldali egyenes vonal.) Most egy másik, párhuzamos szálat húzunk, amely ugyanennek az interferenciavonalnak a közepét érinti. (Jobb oldali vonal.) Most megmérjük, hogy a közöttük lévő távolságban hányszor fér el a hajlott vonalak távolsága, ugyanis annyiszor fél lambda eltérésünk van a felületben. Ha pl. úgy találjuk, hogy négy vonalnyi áthajlás van az interferenciaképen, akkor ez $4 \cdot \frac{1}{2} = 2$ lambda eltérés a felületen.



Egy vonalnyi áthajlás fél lambdányi felületeltérést jelent

Bizonyára felmerül a kérdés, hogy létezik-e ennél egyszerűbb megoldás a segédtükör vizsgálatára. A válasz igen, több ilyen is létezik, de csak bizonyos feltételek teljesülése esetén. Egyik a kész főtükörrel együtt való csillagteszt, a másik a Kutter-nullteszt. Előbbihez biztosan jó főtükör, utóbbihoz egyik oldalán optikailag sík üvegyanyag szükséges, ezek viszont általában nem állnak azonnal egy amatőr rendelkezésére, emiatt végül is nem feltétlenül könnyebb a megvalósításuk. Aki kész főtükör birtokában szeretne továbbhaladni, annak ezen elem elkészítésével kell kezdenie a munkát. Mostantól tehát a főtükör megmunkálásával fogunk foglalkozni.

A tükör fúrását a durvacsiszolás után kezdjük el, de kb. 2–3 mm-rel a görbült felület előtt abbahagyjuk, tehát a tükröt nem fúrjuk át teljesen.

A finom felület elérése után megkezdjük a polírozást. Igyekezzünk gömböt, vagy ahhoz közeli alakot előállítani. Mikor a felület már száz százalékbán fényes és nincs nagyobb javítanivaló, akkor a továbbfúrás válik esedékessé. Ez kényes művelet, de nem érdemes elvégezni a gömbre polírozás előtt. Ennek oka a szilárd anyagokra is jellemző a felületi feszültség jelensége, amit a szakirodalom Twyman–Green-effektusként is említ, és szinte biztosan beleszól a felület alakulásába.

A tükröt polírozott oldala felől fúrjuk tovább, míg a közepén maradó üvegpor-gácsa teljesen el nem szabadul. A tükör felületét maszkolószalaggal elég védeni, nem baj, ha a szétcsapódó csiszolópor részben a polírozott felületre kerül, mert erős vízszugárral nyom nélkül el lehet távolítani. A polírozott felületre már ne nyomjunk melegragasztót, a homotú tükör ugyanis megtart némi vizet, de jó szolgálatot tesz esetleg egy vastagabb puha gumigyűrű, amit a furat köré fektethetünk. A szépen fénylő felületre sellak védelmet ajánl több irodalom is, de igazából ott van rá szükség, ahol fogjuk a korongot. Bekenhetjük a felületet, olvadt parafinnal, esetleg a már közölt ragasztóval, vagy leragasztathatjuk valamilyen öntapadós szalaggal, de ezek későbbi eltávolítása elég nehézkes tud lenni. Én eddig mindig csak széles maszkoló szalagot használtam, amellyel teljesen leragasztottam a felületet, kivéve a furat közvetlen környezetét. A maszkolószalag egyáltalán nem bírja a vizet, hamarosan felválk, de távolabb, a peremeknél elég védelmet nyújt a megfogás idejére. Minden mozdulatot fontoljunk meg, és ne töröljük le az esetleg rossz helyre elköbörgő csiszolózemcséket! Elég félelmetes látvány, de egyetlen karc sem keletkezik, ha nem nyúlunk a felülethez, mert gyakorlatilag nincs összenyomó erő a por és az üveg között. Mikor végeztünk, a szalagot visszafelé hajtva húzzuk le az üvegről, majd erős vízszugárral távolítsuk el a csiszolóport.

Problémát okozhat fúráskor, hogy pontosan szembetalálkozzanak a fúrásnyo-

mok. Erre az egyik megoldás, hogy a már hátoldalon meglévő körkörös horonyba illeszkedő szerszámot készítünk, amelyet a fűrőgép asztalára csavarozva a szerszámmal szembe állítjuk, majd erre fektetve fúrjuk tovább a tükröt. Ragaszthatunk az üvegre egy a fűrő belméretének megfelelő műanyag, vagy fapogácsát is, a lényeg, hogy a fűrőt középen tartsa. Mindenképpen igyekezzünk valahogy pontosan szembetálcálni az eredeti fúrásnyommal, különben azok találkozásakor a fűrő nagyon könnyen beszorul. Mikor a furat kész, akkor kb. 45 fokban letörjük a szélét egy fémszerszámmal és csiszolóporral, de akár egy üvegpalack nyakát is használhatjuk.

Most nézzük meg a felületet! Szinte biztos, hogy változott. Általában homorúbb, vagy domborúbb lesz koncentrikusan, kb. az átmérő belső harmadát érintve. Nem baj, erre számítottunk. A szuroktárcsa már jól be van avatva, folytatjuk a polírozást a gömbig. Nem kell félni, a furat semmit sem változtat az eljárás, Hamarosan gömbhöz közel jutunk megint. Megkezdjük az ellipszoid kialakítását, a szokásos parabolizáló mozdulatokkal. Nagyon vigyázni kell, mert az ellipszoid eléréséhez kevesebb munka szükséges, mélysége csak töredéke a paraboloidénak. Amennyiben nem tudjuk egyszeri alkalommal befejezni a munkát, a tükröt ne hagyjuk a szuroktárcsán, mert a furatba türemkedő szurok lehetlenné teszi a munkát. A legjobb, ha vízbe tesszük a szerszámot, így akár hetekig is eltartható. Préselésnél a szurok rendszerint benyomul a furatba. Előfordulhat, hogy még erősebb hideg, vagy melegpréselés is szükségessé válik. Ha a szurok nagyon a furatba hatol, jobb, ha pl. forrasztópákával megmelegítjük ezt a részt, és eltolva tükröt, lesimítjuk a felületet. Megoldás az is, hogy a még lágy szurkon körkörösen mozgatva a tükröt, a kiemelkedés egyre kisebb körbe szorul, majd az üveg furatának széle idővel le fogja vágni a fölösleget, amit azután mint egy szurokhrúrkát kiemelhetünk a furatból. Ekkor a tükröt folyton mozgatni kell, amíg ki nem húl a szurok. Tíz esetből kilencszer

az sem okoz problémát, ha a furathoz eső részt kissé kivájjuk, így erősebben is lehet préselni. A furat szélének peremkopása nálam még egyszer sem jelentkezett, de tudjuk, hogy a szurok aktuális keménységétől nagyon sokminden függ. A szuroktárcsa karbantartása tehát az elkerülhetetlen préselések miatt több odafigyelést igényel, mint egy átlagos tükrőnél, de csupán precizitás kérdése a siker.

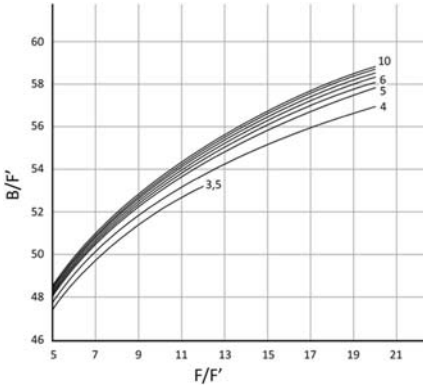
Elérkeztünk az ellenőrzés problémájához, amelyre a Dall nullteszt általánosított formája lesz segítségünkre. A Dall nullteszthez meg kell határoznunk tükrünk excentricitását. A segédtükrő ezen értéke nulla, hiszen gömbről van szó. A főtükrő excentricitása a már előzőleg közölt ábra alapján:

$$C = \frac{s(N-1)(N+1)^2}{N^3(N+s)} - 1, \text{ ahol}$$

$$S = \frac{P'}{d}$$

A kapott érték egy 0 és 1 közé eső szám, amely tulajdonképpen a tükrő mélységét mutatja egy ugyanolyan átmérőjű és fókusz távolságú paraboloidhoz képest, Vagyis például az eredményül kapott 0,71 érték a parabolikus mélység 71 százalékát jelenti. Ezen ismeret birtokában akár ki is mérhetjük késéssel a zónákat, ahogy azt a paraboloidnál minden csiszoló megtanulja.

De hogy lehet ezt felhasználni? A Dall-nullteszt részletezése már megtörtént a Meteor 2014/7–8. számában. Itt most egy bővített görbesereget közlünk, amely már hiperboloidra és ellipszoidra is használható, valamint pontosítva van paraboloid nyílászviszonyokra is. Csupán az excentricitás és a nyílászviszony értékének megfelelő grafikont kell kiválasztani, és a kompenzátor helyzetét ennek megfelelően kiszámítani, és beállítani. Az ellenőrzés a továbbiakban úgy zajlik, mint egy paraboloid esetén. A grafikonok adott nyílászviszonyokra vonatkoznak, de ha kicsi eltérésünk lesz a fókusz távolságban, ahhoz bátran becslhetjük a legközelebbi értéket, ugyanis ez



A Dall-nulltesztet már használók kedvéért íme egy külön a paraboloid nyílászviszonyokra pontosított görbesereg!

komoly eltérést nem okoz a végeredményben.

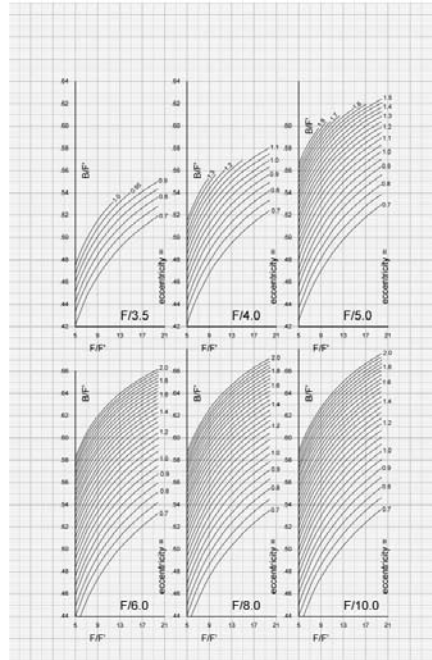
Meg kell említeni, hogy az ellipszoidot lehetséges egyszerűbben is nulltesztelni, mivel annak egyik fókuszpontjába helyezve a fényforrást, az a másik fókuszpontban tökéletesen képeződik le. Sajnos azonban a céljainknak megfelelő ellipszoidok egyik fókuszpontja rendszerint tízmeteres nagyságrendű távolságba esik, tehát többnyire igen nehézkes a módszer megvalósítása. Ilyen eljárást használva célszerű az apró fényforrást – rést, vagy műcsillagot – a tükör közelebbi fókuszpontjába helyezni, míg a vizsgálatot a távolabbi fókuszpontból végezhetjük. A fókuszpontok helyzete:

$$\text{Közelebbi fókuszptávolság} = \frac{R}{1+E}$$

$$\text{Távolabbi fókuszptávolság} = \frac{R}{1-E}$$

ahol R a görbületi sugár, E pedig az excentricitás. Az eljárás egy nullteszt, így a jó ellipszoid a görbületi sugárból vizsgált gömbre jellemző tulajdonságokat mutat késéssel, vagy ráccsal.

Nem szóltunk még az interferométer adta lehetőségekről. Ha a műszer jó és biztonságosan kezeljük, akkor kitűnő eredményt kaphatunk vele, de hazai szinten még manapság sem általánosan elterjedt esz-



A bővített görbesereg, amely már hiperboloidra és ellipszoidra is használható, valamint pontosítva van paraboloid nyílászviszonyokra is. Csupán az excentricitás és a nyílászviszony értékének megfelelő grafikont kell kiválasztani, és a kompenzátor helyzetét ennek megfelelően kiszámítani és beállítani. Az ellenőrzés a továbbiakban úgy zajlik, mint egy paraboloid esetén

közlől van szó. Aki már használja, annak nagy segítséget lehet, e sorok írója azonban nem tartja kikerülhetetlenül szükségesnek, ugyanis végül minden az égbolt alatt dől el. Évi egy-két tükör miatt nem érdemes pénzt és sok időt fordítani erre az egyébként nagyszerű, de a felületalakításhoz nehézkesen használható műszerre.

Nincs más hátra, mint hogy végezetül köszönetemet nyilvánítsam Nagy Tibor és Vizi Péter amatőrtársaimnak, akik hiányos grafikai ismereteimet pótolva, alig olvasható mintákról, igényes formában elkészítették a főntebb közölt grafikonokat.

Kurucz János