

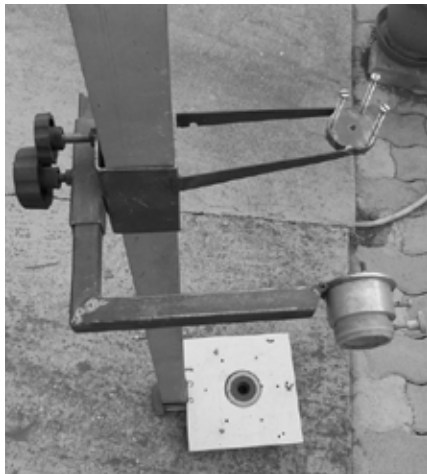
# A Dall–Kirkham-távcső III.

A távcsőkészítő tudja, hogy bármilyen rendszert is vizsgálunk, mindenkor az égbolt alatt produkált leképezés a döntő paraméter, még ha ez egzaktul nem is mérhető. Esetünkben is igaz ez a megállapítás, tehát akármilyen kifinomult mérőeszközökkel is dolgozunk, a csillagteszteknek hibátlannak, vagy elfogadható hibahatáron belülnek kell lenniük, különben célunk még nem valósult meg teljesen. A Cassegrain-rendszerek nagy előnye, hogy egyik optikai elem hibája korrigálható a másikkal, de ez sokszor inkább elvi, mint valóban fennálló lehetőség, ám a Dall–Kirkham-elrendezés azért több lehetőséget enged. Az ellipszoidunk egy alulkorrigált optikai elem, tökéletes képet szintén alulkorrigált gömb-segédtükrrel ad. De végtelen sok alulkorrigált főtükröghöz hozzáigazítani egy segédtükröt. A hagyományos Cassegrain-rendszerrel például hatékonyan lehet alulkorrigált főtükröghöz alulkorrigált hiperboloidot készíteni, a leképezés végül pontosan olyan jó lesz, mint ha minden elem önmagában is tökéleteshez közeli lenne. Mivel a Dall–Kirkham elsősorban az optikai tengely közelébe eső fénysugarak tökéletes leképezését tudja biztosítani, az ilyesféle korrekciók teljesen észrevételnek lesznek a távcső használatakor. A problémát leginkább a segédtükrő kicsi mérete miatt gyakran mindössze másodpercekig tartó polírozási idő jelenti, ugyanis így nehéz egyenes felületet elérni. Időbe telik, mire mindenki a maga kezének próbáival ráérez, hogy pontosan mennyi erő, mekkora mozgásokkal, milyen polírozóanyaggal és főleg milyen szurokkal vezet eredményre, de általában megfigyeltem, hogy a főtükrökhöz szánt szurkok

keményebb változataival könnyebb boldogulni. A barázdák egy hegyes szerszámmal karcolhatók a szerszámba, szélességük mindössze néhány tized mm, a négyzetek élhossza pedig nálam 4–8 mm között szokott lenni. Sok szakirodalom egy mélyebb és szélesebb (1–2 mm), átmérő irányú barázdát is ajánl vágni a szurokba, amelyben összegyűlhet a fölösleges polírozóanyag. Eleinte magam is így csináltam, de nincs rá feltétlenül szükség.

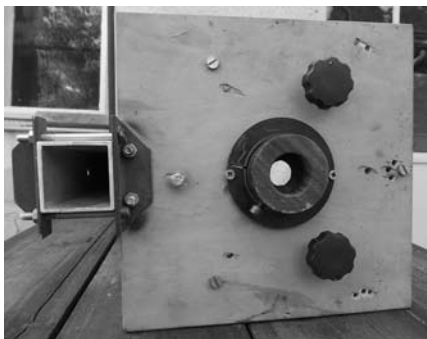
Igyekeznem kell teli szerszámmal, minden eszközzel megelőzni a zónahiba létrejöttét, de ha fennáll, javítása a másik optikai elem segítségével gyakorlatilag lehetetlen, mert biztos, hogy annak felületét is el fogjuk rontani. A 249/5000-es Cassegrainem 1030 mm fókuszú főtükrének pereme magasabb, mint kellene. A paraboloid így 94 Strehl-t produkál, ami jócskán elfogadható érték, de a csillagteszten ez jól látható hiba. Ezt a hibát a segédtükrrel csillagon 500x-os nagyításon is alig látható mértékűre sikerült csökkentenem, de például reménytelen próbálkozni, ha mondjuk az átmérő felénél egy komoly árok van a felületben. A legjobb stratégia a minél szabályosabb főtükrő elkészítése lehetőleg nulla zónahibával, s ezután akár végleges tükrözőréteg felvitele, majd a segédtükrő szobai, később pedig csillagon tesztelés közbeni finomítása. Csillagteszt alkalmazásával a tükrök közül az egyik feltétlenül legyen bevonatos, különben nagyon kevés fény marad, a kép halvány lesz. Mindenképpen szükség van egy próbatubusra, amelyben az optikai elemek pontosan ugyanúgy jusztróizhatók kell, hogy legyenek, mint a végleges szerelésben. Kell még egy elég stabil mechanika is óragéppel, de egy jó finomozgató rendszerrel is meg lehet békülni. A látómező elég kicsi lesz, gyakorlat kell, hogy megtaláljuk a tesztelésre kiszemelt égitesteket. A kereső felszerelése sajnos nem sokat segít, ugyanis újabb szerelés után megint párhuzamosítani

kellene. Elég sokat töprengtem, mire a csak éppen a szükséges mértékben bonyolult, könnyen kezelhető, de jó működésében meg nem alkuvó próbatubust kifejlesztettem, amely különben alkalmas Newton-szerelésű tesztelésre is. Ebben a főtükör egy platform nyugszik három csavar között, melyekre puha műanyagcső darabokat húzok, de egyéb rögzítés nincs, az üveg könnyen ki- és behelyezhető. A tükör alatt három jusztirozócsavar van, amelyen az megtámaszkodik, vékonyabb üveg esetén betétlemezekkel kilenc pontos támasztás is használható. A kihuzat egyszerű csókihuzat, csavaras rögzítéssel, de sokkal finomabb rendszer is beépíthető lenne, ám ezt fölöslegesnek tartom. A tükörtartó egy 50x50-es alumínium zártszelvény gerincen fixen rögzített, de a segédtükör tartója egy csavar oldásával a gerincen elcsúsztható, így a durva helyzetbeállítás egy mérőszalaggal gyorsan megy. Magát a segédtükört három jusztirozócsavarral lehet dönteni, az alaplemez cserélhető, és egyező átmérőjű a segédtükörrel. A segédtükör hátával ezen műanyagkorongon fekszik, és egy szigetelőszalagsíkkal, vagy széles gumipánttal körben rögzíthető, ezután centiméteres nagyságrendben az általánosan elterjedt csavaras megoldással jusztirozható. A jusztirozás a Dall–Kirkham-rendszerben sokkal megbocsájtóbb, mint a Cassegrain-változatban. Ennek oka, hogy a segédtükör gömb, aminek pedig akármelyik tengelyét vizsgáljuk is, ugyanazt a görbült felületet találjuk, míg bármilyen más kúpszeletnek csak egyetlen szimmetriatengelye van. A korrekció vizsgálatánál a csillagteszten megbecsüljük annak mértékét, az eltérés irányát pedig azonnal látjuk. A segédtükört közelítve a főtükörhöz a rendszer korrekciója csökken, a főtükörtől távolodva pedig nő. Ha így próbálunk korrigálni, akkor a segédtükör elmozgatása csak addig lehetséges, amíg az a főtükör egész fénykúpját be tudja fogni. Általánosan elterjedt módszer az ilyenforma finomítás, de sajnos következményei is vannak. Az első részben már volt szó róla, hogy a segédtükör milliméteres pozíciójának változására a fókuszpont centiméteres nagyság-



A képen a próbatubus látható oldalról-főnről fényképezve. Az alumínium zártszelvény gerincen lent a főtükör tartója, fönt a Newton rendszerű kihuzat, illetve a segédtükör tartója három db M4-es jusztirozócsavarral. A Newton kihuzat helyzete az optikai tengelytől mérve 80–150 mm között változtatható. Az egész egység kihuzatostól egyszerre elcsúsztható a gerincen, így 260/1400 méretéig mindenféle tükör tesztelhető

rendben vándorol. Ha ez még belefér, akkor minden rendben, de gyakran inkább tovább kell dolgozni a felületen. A jusztirozást én mindig lézeres kollimálóval, a segédtükörrel kezdem, ügyelve rá, hogy a lézerpötty a tükör közepén legyen. A reflektált fénysugár már egy folt lesz, amelynek közepe a kollimátor közepébe esik. Ezután a kihuzatba nézve a főtükör mozgatásával koncentrikussá teszem a tükrök képeit, majd csillagon finomítom tovább, legalább 2D (mm) nagyságon. Biztosan jó munkát végeztem, ha erős nyak- és hátfájás gyötör, de ennek ellenére nagy élvezettel tovább távcsövezek. (A próbatubus nagyon kényelmetlen tud lenni.) A felül- és az alulkorrigáltság pontosan úgy jelentkezik, mint a paraboloidok esetén, de az alulkorrigált kép túlkorrigált segédtükört jelent. Mivel két felület felváltva alakítható felbecsülhetetlen hosszúságú időt is igénybe vehet, ezért érdemes a főtükört jónak minősítése után érintetlenül hagyni, és csak a segédtükört dolgozni tovább. A nulltesztek,



A képen a próbatubus tükrortartója látható a kihuzat felől nézve. Anyaga 20 mm-es rétegelt lemez, benne a túoldalra átnyúló 3 db M6x60-as csavar, melyek közrefogják a főtükröt. A csavarok számára rendszerint benzincsvet húzok. A jobb oldalon több egymáshoz közel fekvő furat közül a csavar abba kerül, amelyik leginkább megfelel a sokszor nem teljesen kör alakú, illetve változó átmérőjű korongoknak.

A 120 fokonként elhelyezett furatok minden gyakoribb átmérőre elkészültek, így 150, 200, illetve 250 mm-re is. A tükrortartó hátulján a kettő kézzel mozgatható csavar a jusztírozást szolgálja. A harmadik, a gerinchez legközelebbi csavar hatlapfejű, ezt az első beállítás után már nem kell mozgatni. Középen a Cassegrain kihuzat, amelybe szabványos 31,7 mm-es toldócsövekkel lehet csatlakozni. A középső betét menetes, ennek elforgatása kb. 15 mm finombeállítási lehetőséget jelent. Jól tesszük, ha a tükrő peremén jelölést készítettünk, hogy az esetleges korrekciók után mindig ugyanabba a helyzetbe kerüljön vissza a próbatubusba. A próbamechanikám óragépes, és már többször előfordult, hogy a pontosan visszahelyezett főtükrő képe még mindig a látómezőben volt, alig igényelt újabb jusztírozást. Télen a csiszoló helyiségben nekem mindig el van készítve egy nagyobb lábasnyi, legalább egy napot pihent víz, hogy a hidegből bevitt tükröt abba merítve és szárazra törölve pár perc után máris felvatlatni lehessen a felület alakítását

vagy az interferométer helyes használata mindenképpen legalább diffrakcióhatárolt eredményre vezet nagy fényerőnél is, és egy jó másodtükrrel a teljesítmény tökéletes szintet is elérhet. Mivel az ellipszoid nem alkalmas önállóan tökéletes képképzésre, nekünk csak a két elem együttes teljesítménye a fontos. A Cassegrain paraboloid főtükrőre lehetőséget ad, hogy Newton-szerelést is használhassunk, de akkor a paraboliodnak tökéletesnek kell lennie éppúgy, ahogy a segédtükrőnek is. Az ilyen rendszer gyártási rugalmassága sajnos szinte nulla, emiatt is nehéz az elkészítése.

A segédtükrő finom módosíthatósága nehéz feladat. Esetünkben valószínűleg nem lesz rá szükség, mert mindkét optikai elem tökéletesen tesztelhető a műhelyben. Amennyiben mégis utólagos korrekciót kell eszközölnünk, úgy az egyik lehetőség, hogy a szuroktárcsát érintetlenül hagyva módosítunk a mozgáson, vagy a szurkot megfelelő helyen könnyítve próbáljuk lemunkálni a szükséges üvegmenynységet. E módszerrel kisebb az esély a durva zónahiba kialakulására. A másik módszer, hogy egy-egy zónát alakítunk, kör keresztmetszetű, apró szerszámmal, amely azonban nem kisebb átmérőjű a segédtükrő átmérőjének harmadánál, negyedénél, legfeljebb ötödénél. A nagyon keskeny zónákat is szélesebb szerszámmal érdemes eldolgolni, esetleg a szerszám peremét csillag alakban le kell könnyíteni, így a szurok átmérője, a mozgás tágassága, valamint a lefaragott rész szélessége függvényében egy átmenet alakítható ki az érintetlenül hagyott részekkel. Nekem kétféle mozgás vált be a kicsi szerszám esetén, mégpedig az epiciklus, valamint a munkálandó zónát lapos szögben keresztelő oda-vissza mozgás. Vegyük tekintetbe, hogy az átmérőjéhez képest magas, apró szerszám munka közben billegni igyekszik, ennek következtében a legtöbb üvegmenynységet a pereme mentén hajlamos lemunkálni, ezért erre figyelniünk kell. A két ujjal fogott szerszámot nem könnyű irányítottan használni. Gondoljunk bele, hogy ha egy 50 mm-es segédtükrőn 15 mm-es, a peremén megfaragott szerszámmal dolgozunk, akkor előfordulhat, hogy telibe mindössze 8 mm szurok dolgozik! Ennek megfelelően mindig ügyeljünk, hogy a kezünket izmainkkal tartva ne annak teljes súlyával nyomjuk a polírtárcsát. A bővebben felvitt fényezőpor segít a mozgások kontrollálásában, ugyanis a szuroktárcsának a mozgására jellemző, kitűnően látható rajzolatot hagy az üvegen. A szurkot fa, műanyag vagy fémkorongra vihetjük fel, de mérete ne legyen nagyobb, mint a dolgozó szuroké, ugyanis ekkor még a nem középpontosan támadó nyomóerőnk is fokozottan módosít a szerszám munkáján. A teli – a segédtükrővel egyező méretű

– szerszám hordozójaként mindenképpen érdemes üveget választani. Az idő, amíg dolgoznunk kell, igen rövid. Nálam az 1–2 fordulat/perc fordulatszámú függőleges tengely forgatja a tükröt, míg fölötte polírozók, javítók. Mindig ügyelek, hogy a polírozás ott fejeződjön be, ahol elkezdődött, mert előfordul, hogy a végén egyetlen körülfordulás is elég, vagy még sok is. Ilyenkor a nyomóerőt változtatom. A kis tükrünk elkészítése első esetben nem biztos, hogy kevesebb időt fog felemészteni, mint maga a főtükör, de egy jó Cassegrain-típusú, nagyobb átmérőjű rendszer fix telepítésben olyan kényelmet és teljesítményt biztosíthat viszonylag kis mérettel is, ami megsokszorozza az észlelési élményt, főleg a Hold és a bolygók, valamint a kompakt, vagy viszonylag fényes mélyég objektumok esetén, így utólag biztosan nem fogjuk sajnálni a befektetett munkát.

A főtükör készítése közben technikailag semmi különbség nem lesz a paraboloidhoz képest, de az ellipszoid közvetlenül nem tesztelhető csillagon. Egy-két tulajdonság azonban így is megállapítható, attól függően, hogy mennyire készülünk fel a próbára. Megpróbálhatjuk például késéssel kimérni a zónák fókuszkülönbségét a csillagteszten is. Amennyiben a késélt biztos kézzel használjuk, úgy ez is elég pontos megoldás lehet. Megmutatkozik az asztigmia is, bár gyakorlott optikus ritkán kell, hogy számíton erre a hibára. Mindenképpen próbáljunk jó, de legalábbis zónahibától mentes főtükröt kialakítani. Ha ez sikerül, akkor ne nyúljunk hozzá többé, figyelmünket fordítsuk inkább a segédtükör felé.

A kész tubus mechanikai kivitelére hiába próbálnánk konkrét útmutatást adni, azt úgyszólván egyéni lehetőségek fogják megszabni. Néhány direktívát azért érdemes szem előtt tartani, amelyek nagyon meghatározhatják a későbbi használatot. A tubus belső átmérője legalább 40 mm-rel legyen nagyobb, mint a főtüköré, mert a hőkiegyenlítés itt is képront hatású. A tükrörtartóval ne zárjuk le a tubust, mert minél inkább szellős marad, annál gyorsabban áll be a hőegyensúly, de a használat közben már meg kell akadályoz-



A képen néhány, a segédtükör polírozásakor használt szerszám látható. Balra főt egy teli szerszám, amelybe szokványos ezt szükséges lappal vágtam barázdákat. Ezt egyetlen szakirodalom sem ajánlja, de jól működik. A barázdákat sohasem vágom át teljesen, mélységük itt is kb. 0,5 mm. A négyzetek a peremen kissé lekönnyítettek, mert a peremkopás ezt szükségessé tette. Középen egy a peremet erősen munkáló, míg a jobb szélén finomabb átmenettel dolgozó, de ugyanilyen célú polírkorong látható. Lent balra egy 22 mm-es teli szerszámot, középen pedig egy szírom alakúra faragott felületű láthatunk. Ez a közepén dolgozik erősebben, de kiválóan irányítható átmeneteket lehet vele kialakítani – akár a teljes felületen is járható. A jobb oldalon lent, egy 12 mm-es teli szerszám van, ennél kisebbet nem is igen használok. A retusálásra való apró alkalmatlanságok felületébe nedves, méhsejt szövésű túll anyagot nyomok melegen, így elegendő mértékben barázdáltak lesznek. Mint minden szerszámmal, ezekenél is elkerülhetetlen a hideg és a meleg préselés is. A kicsi szurokfelülethez melegen a hüvelykujjunk gyenge nyomóereje, hidegen pedig néhány dekagramm, esetleg, méretől függően fél kilogramm- súly elég. A szurok hordozója a felső három szerszámmal üveg, lent balra műanyag, a maradék kettő pedig fa. A fából készült kis korongokat érdemes olvasztott paraffinban kifőzni, hogy ne legyenek nedvszívók

ni, hogy a főtükörhöz igen közel történő betekintéskor a test melege a csöbe jusson. Nálam ezt egyelőre egy sűrű szövésű, méretre varrt „zsák” akadályozza meg.

A tükrök foglалása a végletekig precíz legyen, mert a legkisebb elmozdulások is fokozottan jelentkezők a fókuszpont vándorlásában. A távcső nagyon jó kereső és mechanika híján szinte alig használható, ezért ezekre már a tervezéskor is gondolnunk kell. Sok szó szokott esni az árnyékoló cső problémájáról. Ez az alkatrészt hivatott az oldalról szórt, vagy közvetlen fények okulárba jutását megakadályozni. Az árnyékoló tubus méretei a főtükör fényerejétől, a nyújtástól, a furat nagyságától és a leké-

pezni kívánt éterterületől függ, ezért már a kezdetekben érdemes számolva, vagy legalább papíron kiszkeresztve a hozzávetőleges méretet megállapítani, és a tükörfalt, valamint a fókuszírozót is ennek megfelelően kialakítani. A Cassegrain-féle rendszereknél előre kell gondolni mindenre, mert az elkészült optikák nagyon korlátozott szerelési rugalmasságot engednek meg. Az sem baj, ha mire a csiszoláshoz fogunk, addigra a tubus legfőbb vonalai már összeálltak.

A cikksorozat végéhez érve csak annyit mondhatok, hogy talán a legfőbb irányelvek papírra kerültek, a haladó optikus ebből előrébb tud lépni. Ezek a leírások saját tapasztalaimon alapulnak, de biztos, hogy vannak más, esetleg jobb megoldások is. Nem térhettem ki mindenre, egyszerűen azért sem,

mert a műhelyben magától értetődő dolgok egy részéről többszöri átgondolás ellenére is kimaradnak részletek és nem is lehet minden eshetőségre előre felkészülni. Azzal a reménnyel, hogy többek fantáziáját beindította ez a rövidke sorozat, kívánok minden „tükörgörbítőnek” sok sikert és kitartást ehhez a mindenképpen jellemformáló munkához. Remélem, hogy akik még most kezdik az üveg megmunkálását, később hasznos segítséget találnak majd itt, de bízom abban is, hogy a távcsöveket használók is érdekesnek találták a mondanivalót, mert betekintést nyertek abba a cseppet sem problémamentes folyamatba, amelynek során talán a saját távcsövük optikája, vagy annak egy része is megszülethetett.

*Kurucz János*

## Botrány a csillagok között

A csillagos ég ebben a hónapban pikáns családi botrány színhelye lesz. Jupiter ur nevelt leánya Venus asszony özvegy menyecske létere unta már nagyon a magános életet s vágyódott egy kis regény után. Venus asszony nincs ugyan már első virágjában, de – pártatlan csillagászok állítása szerint – még mindig igen jó karban levő szépség arra, hogy regényeket rögtönözhesen. Akadt is vállalkozó, a ki segítségére van a regényírásban. Mars hadtestparancsnok, a kit hosszas szolgálati ideje már tábornoki rangra juttatott, magas méltóságáról szeret időnkint megfedkezni és mint csillagászati rossz nyelvek állítják, komolyabb viszonyt folytat már régebb idő óta a regényre vágyó özvegy menyecskével. Végre már Jupiter urnak is füléhez jutott ez a dolog s megakadályozta a szerelmesek találkozását. De indiszkrét távcsövek a tanúi, hogy a csillagok között is ismeretes a tiltott gyümölcs édessége. Mars tábornok ur legújabbán már este 6 óra 15 perckor lenyugszik, csak azért, hogy – megfedkezze rangjáról és podagrájáról – még hajnalhasada előtt reggeli 2 órakor felkeltethesse magát a privátdínerje által. A dereshaju szerelmes ilyenkor had-

nagy könnyedséggel siet ki az utcára, hogy megláthassa a szép özvegyet, ki ilyenkor szabad, mert a szigorú börtönör Jupiter már este 10 óra 15 perckor lefekszik s ágyulövés sem ébresztené fel másnap 11 óra 15 perccig. Venus asszony megelőzi, fölkel már reggel 9 órakor s mint csillagászaik pirulva állítják, a tábornok mindig ott lesi az ablak alatt, hogy a szép asszony mikor végzi toalettjét. Mikor azután 11 óra elmúlt s Jupiter kezd ébredezni, akkor elválnak egymástól a szerelmesek. Venus asszonynak migrénje van egész nap s már 9 óra 15 perckor visszavonul hálószobájába. A legmulatságosabb a dologban az, hogy az öreg Szaturnusz a helybeli rendőrség szigorú erkölcséről ismert főnöke, ki minden reggel 3 óra 30 perckor kél, kénytelen tanúja lenni a szerelmesek találkozásának, mert egy tábornokot nem olyan könnyű felelősségre vonni, még akkor sem, ha mint Jupiter ur – ablakon át jár szerelem után. A legkellemetlenebb azonban mégis Nap bátyánkra vár, ki épen abban a hónapban, mikor ilyen skandalumok folynak a planéták között, – kénytelen a szende Szűz jegyébe lépni.

*Budapesti Hírlap, 1887. aug. 3. p. 7*