

A Dall–Kirkham-távcső I.

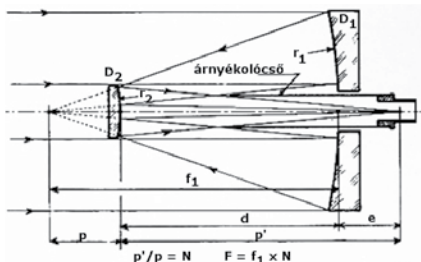
A Dall–Kirkham-teleszkóp a Cassegrain-csald egyik legkönnyebben elkészíthető tagja, és az optikai ellenőrzések menete semmiben nem különbözik az alaptípus készítése közben alkalmazottól. A Dall–Kirkham-távcső főtükre homorú ellipszoid, segédtükre domború gömb, emiatt az optikai tengelyen kívüli leképezése hibákkal terheltebb, mint például a Cassegrain, amely viszont sokkal nehezebben kialakítható, homorú paraboloid–domború hiperboloid kombinációval alkot képet. A típus eleve nagy nagyítást igénylő megfigyelésre, és nagy felbontású fotózásra készült, így előnyei elsősorban bolygó- és Hold-megfigyeléskor mutatkoznak meg, ahol kicsi látómező mellett igen éles leképezés kívánatos. A következő tudnivalók elsősorban olyan amatőrtársakhoz szólnak, akik már túl vannak első optikai tapasztalataikon, és sikerrel vették a fényerősebb Newton-főtükör készítésének nehézségeit is, ám bár – mint azt látni fogjuk –, a nagy fényerő nem feltétlenül szükséges, csak ajánlott feltétele a rendszer elkészítésének.

A főtükör paramétereinek meghatározása mindig a támasztott követelményektől függ, de mivel összetett rendszerről beszélünk, kicsit alaposabban körül kell járnunk a témát. A bolygózás egyik alappillére a minél kisebb központi kitarakás. Jómagam ezt 25 százalékos felső korlát alá igyekszem szorítani, mert tapasztalati úton ezt találtam még nem számottevő képrontó hatásának. A Cassegrain-távcsövek zöme 30–35 százalék kitarakással készül, de ha már ránk van bízva, miért is ne legyen ennél jóval kisebb kitarakásunk? Lássuk, mitől is függ ez! A kitarakás annál kisebb, minél rövidebb a főtükör fókusztávolsága, és minél nagyobb nyújtást tervezünk, valamint némileg csökken a képpont és a főtükör visszaverő felülete közötti távolság csökkentésével is. Ezt azonban semmiképpen nem ajánlatos 200 mm alá tervezni, sőt a rendelkezésre álló majdani fókuszírózó paramétereit ismerve kell megszabni a fókuszpont helyzetét,

mert utólagosan csak kevés lehetőség marad annak áthelyezésére. A Dall–Kirkham-rendszerek általában nagy nyújtásra használatosak, nem idegen az $f/40$ -es fókusznújtás sem, ám nekünk a célszerűség is fontos szempont. Gondolnunk kell arra is, hogy ekkora fókusztávolsághoz igen stabil mechanika szükséges, ami többnyire nem eredményez hordozható kategóriájú távcsövet. A saját 249/5000-es Cassegrainem ellensúlyokkal együtt már 30 kg-ot is meghaladó tömegű, de igen masszív mechanikájával és végső kiegyesztővel már a 100 kg-ot is meghaladja. Persze ultrakönnyű változatban is elkészíthető egy ilyen távcső, ha bizonyos engedményeket teszünk, ám ebből a szempontból távcsövünk nem tud versenyre kelni egy akár még jóval nagyobb, például Dobson-szerelésű Newtonnal. Az is tudnivaló, hogy a tartórendszer is magasabbra kell, hogy kerüljön, ami megint csak a stabilitás rovására megy, de enélkül a betekintés kényelmetlen lesz a zenit környékén. Mindent összevetve tehát obszervatóriumba szánt távcsövet készítünk, amelynek központi kitarakása 15 százalék alatt is lehet, kezelése kényelmes, használata pedig egy állítható magasságú irodai bőrfotelből is lehetséges. A hosszú fókusztávolság redukálható, ami – mivel ezt kisebb nagyítást céljából tesszük – sokkal előnyösebb, mint a rövid fókusztávolság, nagy kitarakású rendszer fókusztávolságának többszörözése, amely megoldás nem a kontrasztos kép barátja.

A manapság általánosan leginkább elterjedt webkamerás bolygófotózáshoz 200–250 mm-es tükröt véve alapul, kb. 3–5 m célszerű fókusztávolság adódik. Mindenképpen előnyös legalább $f/5$, de inkább $f/4$ nyílászó viszony körüli fényerős főtükörrel terveznünk, amelyből az utóbbi már nem egykönnyen megvalósítható feladat, ám mindenképpen meg fogja érni a befektetett munkát. Mivel több egyszerű tesztelési lehetőség is adódik mint egy paraboloidnál, valamivel könnyebb az elkészítése is. A rendszer természetesen bármekkora

fókusz távolsággal és átmérővel elkészíthető. Egyik feltalálója Horace E. S. Dall (1901–1986) pl. összecukható, zsebben hordható változatot is készített, amit nappali megfigyelésre is használt (l. Meteor 2014/7–8.).



A fenti ábrán a Cassegrain-teleszkópok vázlatát, és a számolásokhoz tartozó jelölések láthatók. A képletekbe könnyen behelyettesíthetjük az általunk megálmodott távcső adatait. Itt most csak a műhelymunkánál feltétlenül fontos számítások kapnak helyet, de természetesen sok más, a működést érintő paraméter is kiszámítható még. Aki el akar mélyedni a témában, annak Jean Texereau: How to Make a Telescope c. munkáját ajánlom, de bőséges információkat találunk az interneten is. Nem kell csüggednie annak sem, aki nem szívesen végez számításokat, mert többek között Tomas Maruska Cassegrain Calculator nevű szoftvere pillanatok alatti számolást tesz lehetővé. Mindazonáltal mindenkinek ajánljuk, hogy végezze el legalább az első egy-két változat számításait, mert némileg ez is segíteni fogja a későbbi munkájában.

Példaként vegyünk most egy $D_1=200$, $f_1=800$ paraméterű főtüköröt, amelynek fókuszát ötszörösére, ($N=5$) azaz 4000 mm-re szeretnénk nyújtani, úgy, hogy az eredő fókuszpont a főtükör visszaverő felületétől $e=250$ mm-re keletkezzék. Már itt érdemes elgondolkozni, hogy 25 mm vastag főtüköröt feltételezve ekkor már csak 225 mm marad a tükör hátsó lapja mögött! Gondoljunk rá, hogy zenittüköröt is használnunk kell majd, és még fejünknek is el kell férnie, ha az okulárba tekintünk, valamint némi helyet foglal még a tükörfoglatat is!

Elsőként a segédtükör visszaverő felületének helyzetét keressük a főtükör fókuszpont-

jától. Az ábra jelöléseinek megfelelően ezt a következő képlet adja:

$$p = \frac{F_1 + e}{N + 1} = \frac{1000 + 250}{5 + 1} = 208,333 \text{ mm}$$

(A segédtükör főtükörtől mért (d) távolsága ezek szerint: $1000 - p = 791,667$ mm)

$$p' = p \cdot N$$

Ez a keletkező kép és a segédtükör távolsága: $208,333 \cdot 5 = 1041,66$ mm, amely egyben a tubus hozzávetőleges hossza is lesz, a kihuzattal együtt. A végleges méret ízlés és kivitel kérdése.

A segédtükör görbületi sugara:

$$r_2 = \frac{2p \cdot N}{N - 1} = \frac{2 \cdot 208,33 \cdot 5}{5 - 1} = 520,832 \text{ mm}$$

A segédtükör átmérője:

$$D_2 = \frac{D_1 \cdot p}{F_1} = \frac{200 \cdot 208,333}{1000} = 41,666 \text{ mm}$$

A számított D_2 átmérőt a gyakorlatban legalább 2 mm-rel növelni kell, mivel a foglalás és a fázetta is felemészít néhány tized, esetleg 1 mm-t. Az így megnövelt méret lesz az a legnagyobb furat, amit a főtükörön készíthetünk, és a továbbiakban az egész kihuzati szekcióit ennek megfelelően kell kialakítanunk.

A főtükörhöz a szokásos direktívák szerint választjuk az üveget, de jusson eszünkbe, hogy a közepét majd ki kell fúrunk, ezért jobb választás a feszültségmentes táblaüveg, mint az esetleg akár csak enyhén is feszültségesegyéb öntött fajták. A legjobb persze direkt optikai célú üveg lenne, ez azonban nem mindenkinek áll rendelkezésére. A legkritikusabb tényező az üveg feszültsége. Nekem jó tapasztalataim vannak a táblaüveggel, de mindenképpen ellenőriznünk kell.

Ennek egyszerű megvalósításához egy polárszűrőre és egy üveglapra lesz szükségünk, amelynek minősége teljesen lényegtelen, még egy nagyobb ablaküvegdarab is megteszi. Az üveget a szabadban kb. vízszintesre lefektetjük, majd eltávolodunk tőle annyira, hogy nagyjából 45 fok alatt lássuk benne tükröződni az égboltot. Szemünk elé emelve a polárszűrőt azt addig forgatjuk,

míg az égbolt tükörképe elsötétül, majd kissé közelebb vagy távolabb lépve oda állunk, ahol a legerősebben érvényesül a fénykioltás. A másik kezünkbe vett üvegorongot most a polárszűrő elé emeljük. Ha a korong bármely részén átnézve nem változik semmi, akkor az üveg feszültségmentes. Ha feszültség van benne, akkor szivárványos, világos foltokat, gyűrűket, esetleg kereszteket látunk az üvegben. Az ilyen üveg kifűrésra nem alkalmas, de az enyhébben terhelt példányokból azért még jó Newton készíthető. Különben a legjobb az ilyen korongot az időjárásnak kitéve néhány évig pihentetni.

Segéd-tükör céljára legalább 8 mm vastag táblaüveget keressünk, amelyből legalább három egyforma korongot kell majd kivágnunk. A feszültségvizsgálatot itt is végezzük el, mert a feszültség hatására kivágás közben segéd-tükörünk anyaga valószínűleg eltörik.

A segéd-tükör kivágását vagy megcsináltatjuk, vagy magunk végezhetjük, ha van hozzá szerszámunk. Az alább látható fűrészszerző egy cső, melynek befenekelt egyik vége szárban folytatódik, így állványos fűrógépbe fogható:



A cső falvastagsága 1–2 mm, belső átmérője a számított segéd-tükör átmérőjénél 2–3 mm-rel nagyobb. A cső palástján néhány hosszirányú bevágást ejtünk, és az így előálló sarkokat a forgásirányban elől járó oldalon kb. 45 fokban levágjuk. Ezzel szerszámunk kisebb eséllyel szorul be, valamint gyorsabban dolgozik. Az üveg egyik oldalára előmelegítés után 2–4 mm vastag hulladék táblaüveget ragasztunk, három rész gyanta és egy rész méhviasz keverékével. Míután teljesen kihűlt, a másik oldalára alkoholos filccel felrajzoljuk

a segéd-tükör körvonalát, majd melegragasztó-pisztollyal a körvonal mentén attól kb. 10-mm-re, körben egy „sáncot” készítünk. A műanyag csak éppen kinyomható hőmértékletű legyen, így akár 5 mm magas is lehet a víz tárolására szánt kis gát. A túl forró ragasztóanyag nagyon könnyen elterül, és olyan erősen az üveghez kötődik, hogy szinte lehetetlen eltávolítani, de a főntebb leírtak szerint eljárvá, a művelet után gyenge feszítésre egyben, nyom nélkül lepattan az üvegről. Ezután nyersanyagunkat a védőüveggel lefelé, gumilapra fektetjük a fűrógép asztalán. 100–200/perc fordulatszám, 100-as körüli csiszolóporral bőven vizezve megkezdjük a fűrészt. Ha nyikorgó hangot hallunk a kezdeti harsogás után, akkor a fűrészt felemeljük, illetve újabb poradagot és vizet juttatunk alá. A fűrészt érzéssel, enyhe nyomással folytassuk, rendszerint 10–20 perc alatt végzünk is vele. Amikor a fűró átér, hajlamos kissé szorulni, és szinte biztosan letöri az alsó oldal peremét, de ez csak a védőüveget fogja érinteni, amelyet ezért is ragasztottunk fel. Míután kiszűrtük a korongokat, melegen letolhatók róluk a védőüvegek. A ragasztó maradványait nitrohígítóban áztatva eltávolítjuk. A fűrógépet ahogy tudjuk, óvjuk a szétcsapódó portól és víztől, pl. újságpapír csomagolással. Dolgunk végeztével alaposan tisztítjuk meg, mert a csiszolópor nagyon káros hatással van a szerszámgépekre. A fűrészszerzőt is tisztítjuk meg és helyezzük biztonságba, mert ugyanezzel a szerzővel fűrhatjuk ki majd a főtüköröt is.

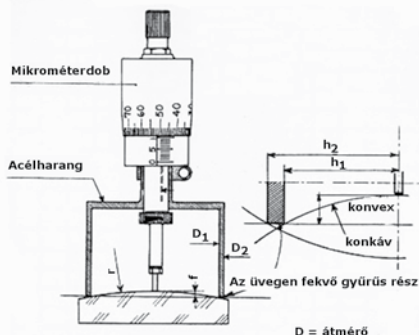
A korongokat először fazettáznunk kell, kb. 0,5 cm szélességben. Mivel a görbület mélysége kicsi, lehet, hogy ennyi elég is lesz, ám csiszolás közben folyton ellenőrizve esetleg még tovább növeljük a perem letörését.

A csiszolás igazi kikapcsolódás lesz, ugyanis nagyon csekély üvegmennyiséget kell eltávolítani, ámbár megnehezíti a dolgunkat a kis méret. Egy kis kétoldali ragasztó és két kisebb fakorong, vagy valamilyen speciális megfogó szerző sokat segíthet a műveletben, de nem feltétlenül szükséges. Kezdetől figyeljünk a mozgásokra, mert ami a főtükörnél érvényes, itt is érvényes marad, és a kis méretek miatt

hozzá kell szokni a kicsi mozgásokhoz. A csiszolóporból 100-as jelzésűnél durvábbat ne használjunk, mert a peremen apró lepatogzás keletkezik, ami normál idő alatt nem tűnik el maradéktalanul. Az apró méretnek köszönhetően bátran felcserélhetjük a korongokat, kicsi eséllyel romlik el a gömbfelület, de ha elromlik, akkor is csupán néhány perc lesz kijavítani. Itt már a szokásos csiszoláskori ellenőrzések mellett felmerül a görbületi sugár ellenőrzésének problémája. A Dall-Kirkham rendszer egyik legfontosabb ismérve, hogy közel sem olyan érzékeny a kisebb görbületi eltérésekre és jusztrózási hibákra, mint a Cassegrain. Minden további nélkül a Nap segítségével ellenőrizhetjük a görbületet, ha a csiszolókorongot nedvesítve, milliméter pontossággal megmérjük a fókusz távolságot. Ez elsőre nem tűnik könnyűnek, de a módszer működik és természetesen a görbületi sugár felé kell kapnunk. A 600-as por után már elég éles képet rajzol a nedves felület, és ha egy-éles centiméter eltérést tapasztalunk, ne térjünk vissza durvább fokozatra, a korongok helycseréjével, a mozgások változtatásával állítsuk be a kívánt görbületet, amely művelet így is csupán percekig fog tartani. A finomabb fokozatoknál már igyekezzünk megtartani a görbületet, de ha nem sikerül, akkor se lépünk vissza, a 4–600-as közötti fokozatnál.

A görbület ellenőrzésének professzionálisabb módja a szferometria. Kényelmes a használata, igen pontos, de anyagi befektetést és gépi munkát igényel a műszer előállítás. Jómagam eddig négy hiperboloid segédtükröt készítettem el, 0,001 mm pontosságú szferométerrel ellenőrizve a görbületet. Ezzel szinte száz százalék pontossággal lehet dolgozni, de közben a Nap képén mértem a fókusz távolságokat is. A végsőig gondosan kivitelezett fókusz mérés egyike sem adott olyan mértékű eltérést, amely használhatatlan görbületet eredményezett volna. A görbület csekély, 1–2 mm-es eltérése a segédtükrő kismértékű áthelyezésével kompenzálható, de emlékezzünk rá, hogy erre csak 1–2 cm-nyi lehetőségünk lesz, mert különben az átmérőnk is változnia kellene. Mindent tegyünk meg, hogy minél pontosabb görbületet kapjunk!

A gyűrűs szferométer felépítését a következő ábrán láthatjuk:



A mérőműszer manapság rendszerint mérőóra és nem mikrométer, de bármelyik megfelel, amelyeknek a pontossága legalább 0,01 mm. Használat előtt egy sík üveg vagy fémlapon nullázni kell műszerünket, legalább a mérési pontosságnak megfelelő pontossággal. Az ábra jobb oldalán az üvegre fekvő gyűrűs részt kinagyítva láthatjuk, mert homorú és domború felületek esetén hol a gyűrű külső, hol meg belső átmérőjével kell számolnunk. A műszert csak akkor van értelme elkészíteni, ha mindenütt 0,01 mm pontosságot tartani tudunk, de az interneten sok más alternatíva is fellelhető a megvalósítására.

A görbület így adódik a hűrmélység ismeretében:

$$r = \frac{h^2}{2f} + \frac{f}{2}$$

Miután a görbület már megfelelő, a következő feladat a homorú ellendarab gömbbé fényezése lesz, ezt fogjuk referenciának használni a segédtükrő polírozásakor. A szurkot a harmadik, munkálatlan korongra öntjük fel kb. 2 mm vastagságban, barázdákat karcolunk bele, és a húzáshosszokra ügyelve fényezünk. Ha jól csináljuk, akár 15 perc után előállítható egy kb. 50 százalékban fényezett gömbfelület, amit késéllal ellenőrzünk. Ha a felület alakja jó, akkor abbahagyjuk a fényezést, mert nem lesz szükség teljesen polírozott felületre, ami hibátlan alak fontos. A tükrök további megmunkálásáról és teszteléséről a cikk folytatásaiban lesz szó.

Kurucz János