

Aluminisering av astronomiska speglar

av Göte Flodqvist, A3 (Aktiv AmatörAstronom)

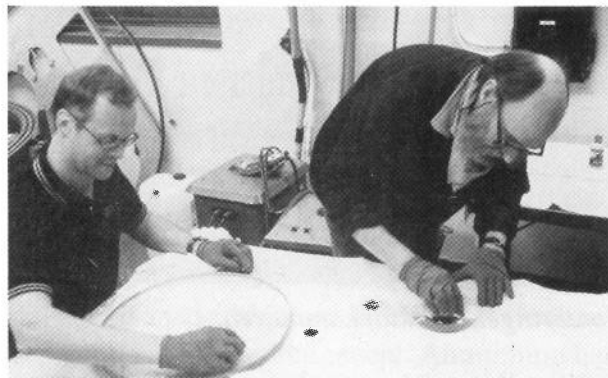
Astronomiska speglar har idag ett mycket tunt skikt av metallen aluminium på glasytan. Optik för andra våglängder än vanligt vitt ljus kan ha andra ytskikt, t.ex. guld för speglar avsedda för infrarött ljus. Försilvring av speglar kan den händige amatörastronomen göra hemma på "köksbordet". Men, med tanke på dagens svavelföreningar i luften svärtas ett sådant skikt snabbt och blir optiskt obrukbart.

Ny teknologi (högvakuumtekniken introducerad 1930) har gjort aluminiseringen till gällande standard. Processen innebär att aluminium värms upp till kokpunkten i en sluten kammare med högvakuum. Att högvakuum måste råda beror på att aluminiumet vid vanligt lufttryck oxiderar mycket snabbt (= brinner upp!). Eventuella överlevande aluminiumatomer skulle dessutom ha kort "fri medelväg" innan de krockar med annat än syre, t.ex. luftens kvävemolekyler. Gissningsvis inom avståndsintervallet mikrometer eller mindre. I högvakuum är oxideringsfenomenet i praktiken försumbart och den "fria medelvägen" är mycket lång (> antal meter).

Jag hade möjlighet att närvara under en aluminiseringsprocess, i mitten av december 2003, vid anläggningen tillhörande Uppsala Astronomiska Observatorium. Den klarar speglediametrar upp till 1,3 meter, vilket precis räcker till för primärspeglarna i Schmidtteleskopet i Kvistaberg. Vi skulle aluminisera en 18 tums-, en 8 tums-, och en liten diagonalspegel, samt mina tre glaslinser! De senare objekten skulle aluminiseras på de konvexa glasytorna, för att utvärderas i mitt "All Sky Camera"-projekt.

En hel del förberedelser behövs innan själva beläggningen kan göras. I undre delen av kammaren finns sex stycken "båtar" av wolfram. De hade fyllts med ett nystan av ultraren aluminiumtråd. Därefter monterades en metallram med flera olika stora hål i, i övre delen av kammaren. I dessa hål passades de

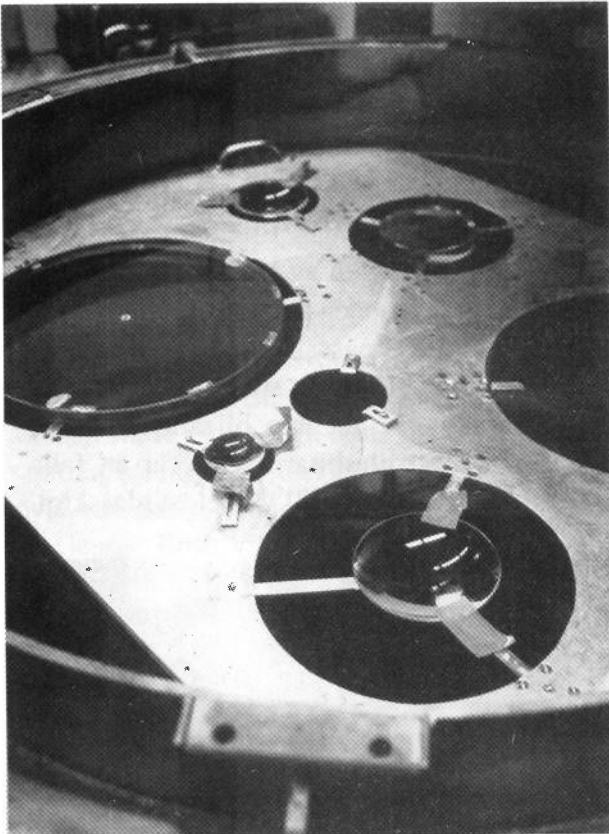
olika glasbitarna in genom att justera avståndet på tre stycken stödpinnar. Eftersom aluminiummånga alstras i botten av kammaren kommer dessa pinnar att kasta en skugga på glaskanten. Därför måste dessa passas in mycket noga, för att skärma bort så liten yta som möjligt på spegeln. Samtidigt får det inte bli alltför osäker montering, så att glasbitarna riskerar att falla ned i kammaren och bli till värdelöst glasskrot.



Den stora rengöringen.

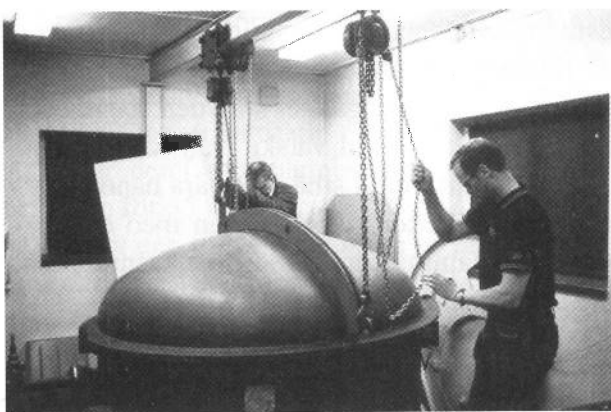
Innan glasbitarna kan aluminiseras måste de dessutom rengöras synnerligen noggrant. Den aktuella stora spegeln skulle också bli av med sitt gamla aluminiumskikt. Det görs med hjälp av de aggressiva kemikalierna natrium-/kaliumhydroxid och saltsyra. Med en bomullstuss, doppad i Häxan (!), utförs sedan en grovrengöring av spegeln. Efter en generös sköljning i vatten, används en bomullstuss indränkt i en blandning av isopropanylsprit och destillerat vatten för finrengöring av glasytorna. Kanten och undersidan görs också rena, men inte lika många gånger som den speglade ytan. Denna väts med vätska från tussen som sedan förs runt, runt i små cirkulära banor över hela ytan. Därefter avtorkas ytan med en torr tuss enligt samma rörelsemönster. Denna process upprepas minst fyra gånger.

När den omsorgsfulla rengöringen är klar, placeras glasbitarna i respektive förberedda hål i metallramen. Den rätta sidan skall vändas nedåt (dubbelkollas!). Bredare och/eller tyngre glasbitar hanteras antingen med en traverskran



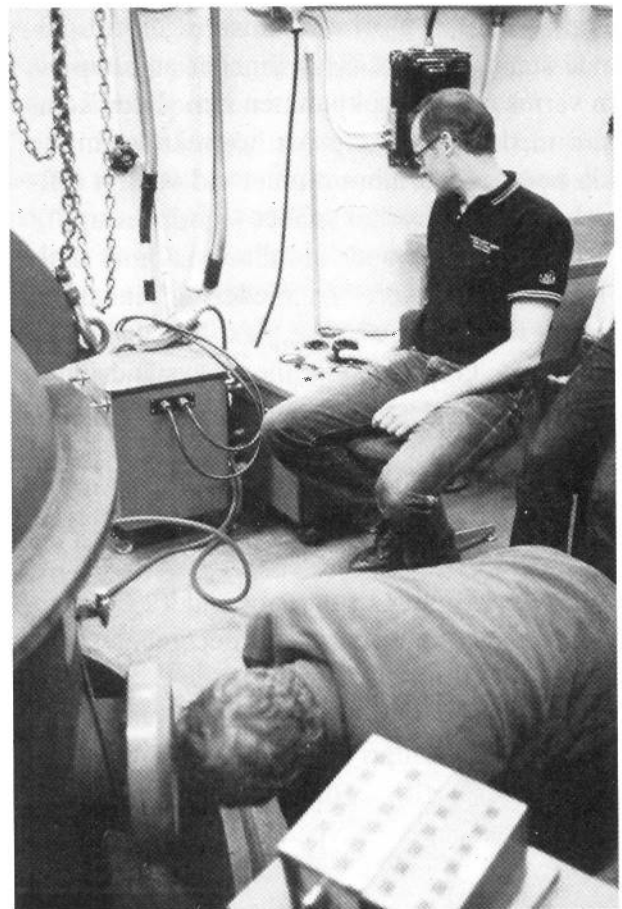
Monteringen i vakumkammaren.

i taket eller med en vakuumsug. Det tunga kammarlocket baxas nu på plats med hjälp av sin egen taktravers. Vakuumpumpningen kan äntligen påbörjas. Kammaren måste först förevakueras med en mekanisk vakuumpump. Den puffar på som den värsta tändkulemotor på en gammal fiskebåt. Under tiden förevakueringen pågår skall de stora högvakuumpumparna värmas upp (två stycken s.k. oljediffusionspumpar i parallell). De skall koka vakuumlja och det tar ca 40 minuter för att uppnå full pumpkapacitet på dem.



Under väntetiden gick vi och tog en snabblunch på en pizzeria i närheten. Efter lunchen kunde vi öppna kammaren till högvakuumpumparna.

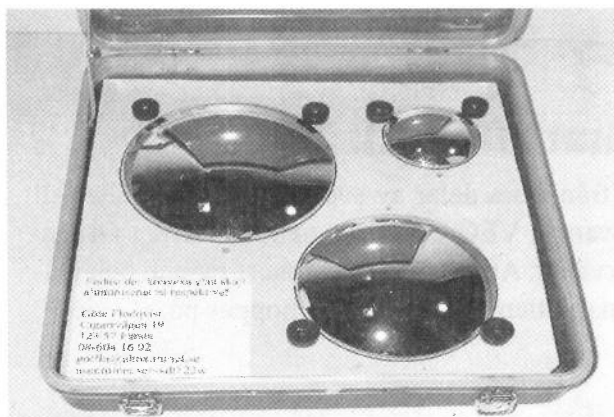
Och vänta igen i ca 45 minuter. När vakuomet uppnådde ett visst värde kopplades en mycket hög elektrisk spänning in till kammaren. Då lyste kammarens inre upp i ett pupurblått ljus. I botten kunde vi också se små intensiva blixtar. Denna process genererar ett plasma och det består av snabba elektroner och joner som far fram och tillbaka i kammaren. Finregleringen av mängden plasma sker med en nålventil, som släpper in luft på ett kontrollerbart och säkert sätt. Jonerna träffar naturligtvis också glasytorna. Då stöts småpartiklarna av damm och bomullsrester bort och glasytorna blir nu ytterligare ett steg renare. Detta är alltså syftet med plasmat.



Nedpumpningen fortsatte ytterligare en stund, för att uppnå det ännu högre förångningsvakuomet. På kammarens sidor finns två motsatta inspektionsfönster. De används för att bedöma när och hur aluminiumet smälter i sin wolframbåt. Den höga strömmen till båtarna styrs för hand med hänsyn till vad rapportören ser. Det smälta aluminiumet skall sjuda något och räcka i 2 - 3 minuter. Wolframbåtarna får inte brinna av. När alla sex båtarna har bränts är aluminiseringsdelen klar. Vid denna körning

fungerade alla båtarna perfekt. Redan efter den första brända båten kunde någon obestämd förändring av glasytorna skönjas. Vid den sista bränningen var inspektionsfönstren så igensatta av aluminium, att det var omöjligt att se speglarna i kammaren. Eftersom inspektionsglasen är täckta med tunn plastfolie på insidan i kammaren, kan de enkelt återställas till transparent skick genom att riva bort plasten, utan att använda kemikalierna beskrivna ovan.

Nu kan luft släppas in i kammaren, efter öppning och stängning av ett antal olika mekaniska ventiler till för- och högvakuumpumparna. Här gäller det att hålla tungan rätt i munnen, eftersom detta är ett helt manuellt system. Görs ett misstag kan det bli dyrt, mycket dyrt. Småningom kan locket till kammaren lyftas av. Med viss andäktighet och förhöjd spänning kunde den ena efter den andra glasbiten försiktigt lyftas ut ur kammaren och placeras i sin special-byggda transportlåda för närgången och nyfiken inspektion.



Granskningen av spegelns aluminiumskikt bör alltid göras från sidan. Då minimeras risken för att saliv (prat!) eller hudflagor (klia sig i skägget av pur förundran!) hamnar på den busfärska aluminiumytan. Det kan bli permanenta fläckar av sådana substanser. Även vid rengöringen av glasbitarna bör småprat undvikas av dem som huvudet i närheten av glasytorna. Att ha sitt huvud rakt ovanför spegelytor är självklart alltid riskfyllt. Efter en månads mognad kan spegeln hanteras på vanligt försiktigt vis. Ytan bör förvaras i en torr och varm miljö, så att bildningen av aluminiumoxid premieras. Är miljön fuktig finns stor risk för att aluminiumhydroxid bildas, vilket märks som en mattering av den annars helt blanka ytan. Aluminiumseri-

ngsprocessen kan aldrig förbättra en dåligt utpolerad och/eller repig glasyta genom att fylla i ofullkomligheterna. Tvärtom, processen accentuera felen.

Den största spegeln blev perfekt. En av mina glasbitar (från ett 40 år gammalt Zeiss episkop) visade sig ha några små repor, men de bedöms vara av det mer kosmetiska slaget än verkligt optiskt störande. En annan hade några pyttesmå diffusa fläckar längs periferin. Förmodligen beroende på att jag inte tvättade den enligt givna instruktioner. Tyvärr fick spegelytan inte en jämn tjocklek, vilket yttrar sig som en vinjettering av bilden i min "All Sky Camera".

Skall en riktigt hållbar yta på spegeln göras bör ett tunt lager av kiseloxid förångas på den. Det är en avancerad process, som inte görs i Uppsala för närvarande. Kommersiella teleskopspeglar marknadsförs ibland med att de kan fås med förbättrad reflektivitet ("enhanced coating") med olika recept. Aluminium har ca 87 % reflektans inom det synliga våglängdsområdet. Om den lilla förbättringen är värt pengarna (två till tre gånger aluminiseringskostnaden) är den resandes ensak.

Det åtgår uppemot sex timmar att genomföra det hela processen, om allt går bra. Slutresultatet beror kritiskt på hur noggrann rengöringen av glasytorna har varit och hur vakuumpumpen har uppfört sig. Det förstnämnda bör vara under hyfsad kontroll, det senare kan spela en del spratt. Det är också en förutsättning att två personer är med, men helst tre. Det är en hel del manuellt arbete inblandat och handräddning är alltid välkommet.

samtliga foton Göte Flodqvist

