

# Amatör Teleskop Yapımı-3

## Teleskop Aynası Yapımında İş Akışı

Amatör bir teleskop aynası yapımında aşağıdaki iş akışı izlenir.

**Kaba ve ince aşındırma:** Cam diskin çukurlaştırılarak cilalanmaya hazır hale getirilmesi işlemidir. Hareketlerin çok fazla sayıda ve rastgele doğrultularda olması nedeniyle kusursuz küresel bir yüzey oluşur. İnce aşındırma sonunda cam ıslatıldığında saydamlaşır.

**Cilalama:** Bir önceki aşamada elde ettiğimiz küresel yüzey, cilalama lapı denilen bir alet ve serum oksit yardımıyla cilalanarak optik bir yüzey haline getirilir.

**Test ve biçimlendirme:** Cilalanmış yüzeydeki çeşitli kusurlar test yöntemleri ile ortaya çıkarılır ve çeşitli biçimlendirme hareketlerinin uygulanması ile giderilir. Son olarak vakum içinde buharlaştırılan çok ince bir alüminyum film ile kaplanır.

### Çalışma Ortamının Hazırlanması

Kaba ve ince aşındırma, üzerinde rahatça çalışabileceğimiz yükseklikte bir masa ya da varil üzerinde yapılabilir. Çalışılacak yüzeyin üzerine bir kaç kat gazete kâğıdı ya da “kaydırmaz” olarak adlandırılan lastik matlardan koyarak camın ve aşındırma aletinin kaymasını engelleyebiliriz. Ayrıca ince camların bu şekilde desteklenmesi, astigmatizma kusurunun oluşmasını engeller. Daha ince grit ölçüsündeki aşındırıcıya geçerken, kullandığımız tüm araç gereci ve çalıştığımız yüzeyi olabildiğince dikkatli temizlemek, ellerimizi iyice yıkamak gibi önlemleri almalıyız. Böylece, tek bir aşındırıcı taneciğin bile yol açabileceği çiziklerden korunmuş oluruz. Camı ve aşındırma işleminde kullandığımız aleti temizlemek için eski bir fırça ve yarısına kadar su dolu bir kova kullanabiliriz. Böylelikle akan su altında aynayı ve aşındırma aletini yıkamaya çalışırken oluşabilecek talihsizliklerden de

kaçınabiliriz. Cam tozları ile birleşen ve bulamaç kıvamına gelen aşındırıcı artıkları, uzun süre sonunda da olsa, sıhhi tesisatı tıkayabilir. Bu yüzden su dolu kovanın dibindeki çamuru, üstteki suyun içinde çökmesini bekledikten sonra alarak doğrudan çöpe atmamız. Çalışma yüzeyinin sürekli olarak bir atomizerle ıslatılması, cam tozunun solunması ya da havalanması tehlikesini ortadan kaldırır ve bu bakımdan önemlidir. Kaba aşındırma sırasında masamızın üstünde sadece su püskürtmek için bir atomizer, silisyum karbür ve alüminyum oksit tozlarını içine koyduğumuz kap ve aşındırma aleti bulunmalıdır. Bunlar dışındaki diğer malzemeler, gerekmedikçe çalışma ortamına getirilmemelidir. Çünkü az bir olasılıkla da olsa, üzerlerine bulaşacak aşındırıcı tozlar, daha ince tozlarla çalışırken dökülerek camın çizilmesine yol açabilir.

### Kaba Aşındırma

Aşağıdaki fotoğrafta görülen cam disk 203 mm çapında. Bu camdan f/6 odak oranında bir ayna yapabilmek için ortasını 2,11 mm derinliğinde aşındırmamız. 2,11 mm’lik bu çukurluk değerine sagitta deniliyor. Sagitta değerini hesaplamak için <http://www.atmsite.org/contrib/Prewitt/sagitta/> sayfasındaki uygulamayı kullanabiliriz. Ya da D aynamızın çapı, F odak uzaklığı olmak üzere, S sagitta değerini gösterecek şekilde  $S = [(D/2)^2 / 4 * F]$  bağlantısından da yararlanabiliriz. Bu değere tam olarak ulaşmamız gerekmez. Örneğin S=2,11 mm yerine S=2,21 mm durumunda, odak uzaklığımız 1218 mm’den, 53 mm azalarak 1165 mm’ye düşecek ve aynamızı da f/6 yerine f/5,74 olarak adlandıracağız. Tüpün uzaması veya kısalması dışında bunun önemi yoktur.

Yine de hedeflediğimiz sagitta değerine olabildiğince yaklaşılmaya çalışırsak, teleskobu planlarken bağımlı değişkenleri de, örneğin ikincil ayna boyu-

tunu kontrol altında tutmuş oluruz. Kaba aşındırma sırasında Sagitta değerini geçmemeye özen göstermeliyiz çünkü bu aşamada metal bir alet kullanacağız ve bu aletle, ince aşındırmada kullanacağımız aşındırma aletinde olduğu gibi, sagittayı azaltmanın bir yolu yoktur. Kaba aşındırmada, hedeflediğimiz sagitta'nın % 75'ine ulaşmamız yeterli. Geri kalan aşındırmayı ince aşındırma yolu ile yapabiliriz. Kaba aşındırmada kullanacağımız metal alet, çevremizde kolaylıkla bulabileceğimiz iri bir somun, halter ağırlığı ya da demir bir disk olabilir. Elde rahatça tutulabilir olması ve keskin bir kenarının olmamasının gerekmesi dışında bu aletin çapı, aynamızın çapının yarısı ile üçte biri kadar olmalıdır. Fotoğrafta böyle bir metal alet görülmektedir.

Cam diskin aşındırılmasında dikkat etmemiz gereken ilk nokta, kenar pahının en az 2 mm genişliğinde olması ve düzgün şekilde yapılmış olmasıdır. Eğer camı satın aldığımız yerde pahlama işlemi yapılmamışsa, bu durumda bir zımpara taşı kullanarak pahlama işlemini bizim yapmamız gerekir. 220 kum inceliğinde bir zımpara taşı kullanarak ve atomizerle su püskürterek camı 45 derece bir açı ile aşındıracak şekilde pahlama yapabiliriz. Bu sırada cam diski sürekli çevirmeliyiz ki, hep aynı yerlerinden aşınmasın. 203 mm çapında bir cam disk sabırlı bir çalışma ile 2-3 saat içerisinde düzgün şekilde pahlanabilir. Kenar pahı kaybolmasına karşın kaba ve ince aşındırmaya devam edilirse, cam diskin kenarlarında kırılma ve kopmalar başlar. <http://getir.net/u5r> adresindeki videoda kenar pahlamanın nasıl yapıldığını görebilirsiniz.

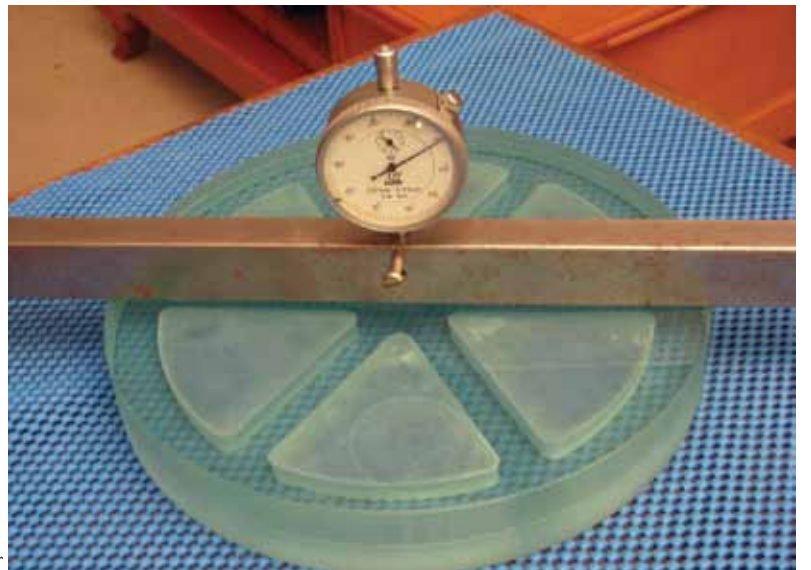
Örnek olarak cam diskimizin ortasını 2,11 mm aşındırmak ve kaba aşındırma sonucunda bu değer % 75'i olan yaklaşık 1,75 mm'ye ulaşmayı deneyelim. Bu değere ulaşıp ulaşmadığımızı kontrol etmek için birkaç yöntem kullanabiliriz. Örneğin 1/100 mm hassasiyetinde ölçüm yapabilen bir komparator saat ve saat gövdesinin saplanabileceği bir metal profil kullanarak, camı önce ortasından yüzeye değebilecek bir yüksekliğe getirip daha sonra en kenara doğru ilerlettiğimizde, saatin ibresi camın en dışındaki noktada sagitta değerini gösterecektir. <http://getir.net/u5s> adresindeki videoda tarif edilen ölçüm yöntemini izleyebilirsiniz.

Komparator saat ve master yerine, çapını bildiğimiz bir matkap ucu ya da bir çivi ve çelik cetvel kullanarak da derinliği yaklaşık olarak kestirebiliriz. Çiviyi L şeklinde kıvrıyarak, aynanın çap eksenini boyunca dik olarak yerleştireceğimiz çelik cetvel ile cam yüzey arasından geçip geçmediğine bakabiliriz.

Metal aleti cam üzerinde hareket ettirirken, bir seferde kullanmamız gereken aşındırıcı tozun miktarını uygulayacağımız baskı kuvvetine ve camın büyüklüğüne göre seçmeliyiz. Eğer gereğinden az miktarda aşındırıcı kullanırsak aşınma hızı yavaşlar. Gereğinden fazla aşındırıcı kullanımı ise taneçiklerin sadece cama değil birbirlerine de sürtünerek ufanmasına yol açar. Silisyum karbür tozunu camın ortasına koyup atomizer ile ıslattıktan sonra, metal alet ile dairesel ya da çap ekseninden geçen ileri geri hareketler uygulayarak aynayı çukurlaştırmaya başlayabiliriz. Kuvvet, sadece camın merkezine uygulanmalıdır. Bir süre sonra, çıkan seslerden de anlayabileceğimiz gibi, aşındırıcı tozları ufanacak ve artık daha az ses çıkaracaklardır. Bu durumda yeniden toz eklemeliyiz. Yeniden aşındırıcı ekleyene kadar geçecek 2-3 dakikalık süre içinde de camı kendi eksenini etrafında, her

Fotoğraf 1: Metal alet olarak kullanılan demir ağırlık. Benzer bir alet ile cam oldukça hızlı biçimde aşındırılabilir.

Fotoğraf 2: İçbükey bir aynada komparator saati ile sagittanın ölçülmesi.





**Fotoğraf 3:** Burada anlatılan yöntemlerle yapılmış bir aşındırma aleti. Cam mozaikler epoksi ile alçı gövdeye yapıştırılmış.

**Fotoğraf 4:** Kalem testi adı verilen yöntem ile küreselliğin kontrol edilmesi. Kurşun kalem izleri, aşındırma aletinin kısa süreli hareketleri sonrasında yüzeyin her yerinde eşit olarak silinmeli.

seferinde ufak miktarlarda değiştirdiğimiz açılarla döndürmeliyiz, böylece aşındırma hareketini hep aynı eksen boyunca yapmamış oluruz. Böylelikle metal aletimiz tüm çap eksenleri boyunca yaklaşık aynı sayıda ileri geri hareket yapmış olacaktır. Kusursuz bir küre elde edilebilmesinin sebebi de bu rasgele hareketlerin çokluğudur. Kaba aşındırma sırasında çekilmiş bir video görüntüsünü <http://getir.net/u5t> adresinden indirerek inceleyebilirsiniz.

## İnce Aşındırma

Bir önceki aşama sonrasında hedeflediğimiz derinliğin dörtte üçüne kadar aşındırdığımız cam diski, ince aşındırma aşamasında kusursuz küresel bir iç bükey yüzey haline getirirken aynı zamanda cilalanmaya da hazır hale getireceğiz. Hedeflerimizden birincisi olan küresellik, uygulayacağımız

mız aşındırma hareketlerinin sonucunda neredeyse kendiliğinden oluşacak. Bir tanesi iç bükey (ayna) diğeri ise dışbükey (aşındırma aleti) iki yüzey arasında ancak kusursuz bir küresel uyum olduğu durumda düzgün bir hareket mümkün olabilir.

Kullanacağımız aşındırma aletini, basit bir şekilde alçı ve cam mozaikler kullanarak yapabiliriz. Bunun için kaba aşındırma sonrasında ortasında çukurluk oluşan cam diskimizi kalıp olarak kullanmalı ve buraya 3-4 cm kalınlığında alçı dökmeliyiz. Camın kenarlarından 4-5 cm kadar yükseğe çıkacak şekilde bir plastik şerit sardıktan sonra, çabuk donan dışçı alçısını döküp kurummasını bekleyip daha sonra bu kalıptan dışarı çıkaralım. Dış bükey yüzeye, daha önce bir kâğıt üzerinde işaretlediğimiz yerlere yapıştırdığımız cam mozaikleri bir seferde epoksi kullanarak yapıştıralım. Kuruduktan sonra aşındırma aletimiz kullanılmaya hazırdır. <http://getir.net/u5u> adresinde bu işlemler sırasında çekilmiş bir video görüntüsünü bulabilirsiniz.

Normal olarak elimizde sırası ile 80 , 120 , 220, 320, 500, 800 ve 1200 grit tanecik büyüklüğünde aşındırıcılar bulunur ve ince aşındırmaya 120 grit silisyum karbür ile başlayabiliriz. Silisyum karbür tozlarını ufak bir kaşık ya da daha iyisi bir tuzluk kullanarak kontrollü biçimde ayna ya da aşındırma aletinin üzerine dökülebiliriz. Alüminyum oksit tozları ise ılık su içinde boya kıvamında hazırlanarak uygulanabilir. Aşındırma aleti, ince aşındırmanın başlangıcında cam mozaiklerin yapıştırıldığı yüz yukarı bakacak şekilde yerleştirilir; ayna ise içbükey yüz aşağıya bakacak durumdadır. Bu konuma uygun kullanımı ile "ayna yukarıda" ya da MOT (Mirror On Top) konumu adı verilir. Tahmin edilebileceği gibi diğer konumda ise ayna aşağıda ve aşındırma aleti de yukarıdadır ve TOT (Tool On Top) yani "aşındırma aleti yukarıda" olarak adlandırılır. MOT konumu, aynanın ortasını aşındırırken TOT konumu ağırlıklı olarak kenarlarını aşındırır. MOT ve TOT konumlarını değişen sürelerle kullanarak, sagitta değerini kontrol altında tutabiliriz. Örneğin sagitta değerini geçmişsek geri dönmek için TOT konumunda çalışmaya başlarız. İnce aşındırıcı taneciklerle çalışmaya başladığımızda, sagitta değerinin artık çok fazla değişmediğini görebiliriz. Örneğin 800 grit alüminyum oksit ile çalışırken sagittayı artırmak ya da azaltmak ancak uzun sürelerle çalıştığımızda mümkündür. Tırnağımızla fark edebileceğimiz derinlikteki çizikler cilalama ile giderilemez. Çalışmanın herhangi bir aşamasında yüzeyde çizikler fark edilirse, bir önceki kalın aşındırıcı tozuna geri dönülerek yeterli bir süre çalışılır.



Küresel kundaklı 8" f/6 teleskop, ekvatoryal platform ve gözlem iskemlesi, Uludağ Tutyeli'nde 2200 metre yükseklikte yapılan bir gözlem sonrasında. (Solda)

Küresel kundaklı 8" f/6 bir teleskop ve yüksekliği ayarlanabilen bir gözlem iskemlesi. (Sağda)

120 gritten 1200 grite kadar yapacağımız aşındırma sırasında "normal hareket" adı verilen bir aşındırma hareketi kullanabiliriz. <http://getir.net/u5v> adresindeki videoda görülebilecek bu hareket sırasında bazı noktalara dikkat etmeliyiz. Öncelikle MOT ya da TOT konumunda ayna ve aşındırma aletinin merkezleri arasında, zaman zaman değiştireceğimiz ufak farklar olmalı. 3-5 ileri geri hareket çifti boyunca bu merkezler üst üste gelecek şekilde hareket ettirilmişse, bir dahaki 3-5 ileri geri hareket çifti boyunca merkezler arasında 1,5 cm aralık bırakılmalı. Bu aralık değeri sürekli olarak değiştirilmeli. Aynı şekilde, dışarı taşma miktarı çapın ortalama üçte biri yani 203 mm çapında bir ayna için 70 mm kadar olmalıdır. Ama dışarı taşma miktarı da zaman zaman değiştirilmeli ve birkaç santimetrelilik artma ve azalmalar göstermelidir. Tüm bu önlemlerin nedeni, aynanın ve aşındırma aletinin sürekli olarak periyodik izler boyunca hareket etmesine engel olmaktır. Küresellikten sapmaları işaret eden tepelerden ve çukurlardan oluşan bölgeler barındırmayan, kusursuz küresel bir yüzey ancak bu şekilde elde edilebilir.

Herhangi bir tanecik büyüklüğündeki aşındırıcı ile ortalama 45 dakika çalıştıktan sonra, bir sonraki ve daha ince aşındırıcıya geçmeden önce bir büyüteç ile yüzey dikkatlice incelenir ve yüzeydeki oyukların homojen büyüklükte olup olmadığı kontrol edilir. Bir önceki aşındırıcı tarafından oluşturulmuş ve diğerlerinden daha büyük oyuklar varsa, bunlar kayboluncaya kadar çalışmaya devam edilir. Yüzeyde çizikler varsa yine aynı şekilde bu çizikler kayboluncaya kadar çalışılır. Gerektiği gibi çalışıldığında, her bir aşındırıcı büyüklüğünden bir sonrakine geçmeden önce, tavandaki bir ışık kaynağına doğru oldukça eğik bir açı ile yüzeye baktığımızda açık ya da koyu gri bölgeleri bir arada görmemeliyiz. Bu

görüntüdeki açıklık koyuluk farklılıkları, yüzeydeki bölgenmeleri işaret eder. Eğer yukarıdaki yönlemlerle bir sonraki aşındırıcıya geçebileceğimizi görüyorsak aşındırma aletini, aynayı ve çalıştığımız yeri iyice temizledikten sonra yeni aşındırıcı ile çalışmaya başlayabiliriz. Bölgenmeler kaçınılmazı gereken yüzey kusurlarındandır ve ince aşındırma sonunda bölgenmelerin tamamen giderilmiş olmasını bekleriz. Yeni başlayanların sık sık yaptığı bir hata, cam diskin dış kenar bölgelerinin yeterince aşındırılmamış olmasıdır. TOT konumunda yeterince uzun çalışmaya ve dışarı taşma miktarını gerektiği gibi uygulamaya dikkat edilmelidir. Yoksa cilalama sırasında bu kısımların puslu kaldığı görülür. Her şeyi gerektiği gibi yapmışsak, ince aşındırma sonucunda dokunulduğunda sanki yağlıymış gibi hissedilen pürüzsüz bir küresel yüzey elde ederiz. Bundan sonraki aşamada camımızı cilalayarak "optik bir yüzey" haline getireceğiz.

Fotoğraf 5: Küresellik, fotoğrafta görülen sferometre ile kontrol ediliyor. Üç noktadan yüzeye değen sferometrenin ortasındaki komparator saatinin ucu, diğer 3 nokta ile düzlem üzerinde ise, yüzeyde hareket etmesizin gezinebiliyor.

