

# Amatör Teleskop Yapımı-5

## Optik Testler, Aynanın Biçimlendirilmesi ve Kaplanması

### Yumuşak Yüzey

Cilaladığımız yüzeyi, kusursuz parabolik bir ayna yüzeyi ile kıyasladığımızda, başlıca iki gruba ayrılacak farklarla karşılaşmayı bekleyebiliriz:

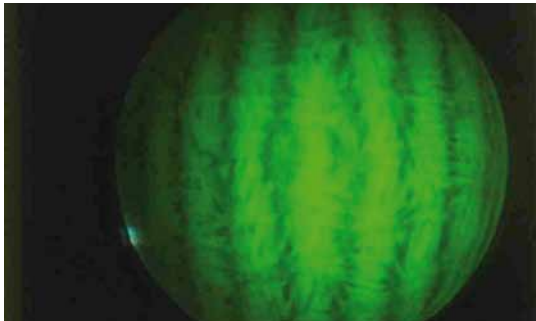
- Aynamızın çap eksenini boyunca alınacak bir kesit, ideal parabolden sapmalar gösterecektir. Oysa yerince iyi bir teleskop aynasında, bu farkların en çok ışığın dalga boyunun dörtte biri kadar ya da daha az olması gerekir (ortalama 450 nanometrelik ışık dalga boyu değeri göz önüne alınırsa, 112 nanometre).

- Kenar dönüklüğü, bölgenmeler, yüzey kabalıkları ve hatta astigmatizma gibi çeşitli kusurlara sahip bir yüzey elde etmiş olabiliriz.

Biçimlendirme, yukarıdaki türden hataları giderip bir yıldızın ışığını odak noktasında toplayacak parabolik aynanın elde edilebilmesi için bize olanak sağlar. Biçimlendirilmesi yapılmamış bir ayna ile de gözlem yapılabilir, gök cisimleri bir dereceye kadar izlenebilir ve hatta çoğu deneyimsiz göz için aralarında çok az bir fark vardır. Ancak atmosferik görüş koşullarının iyi olduğu durumlarda, iyi biçimlendirilmiş bir ayna ile diğerleri arasındaki farklar belirginleşmeye başlar.

Biçimlendirmenin ilk aşamasında aynamızın yumuşak ve bölgenmelerden uzak bir yüzeye sahip olmasını sağlamalıyız. Aşağıdaki ilkelere uymak, bu amacımıza ulaşmamıza yardımcı olacaktır:

Cilalama sonrasında aynanın yüzünde görülebilecek çeşitli kusurlar bir arada: Yüzey kabalığı, kenar dönüklüğü



Başar Titiz

- Aynamızı aşındırır ya da cilalarken, bir masanın üzerinde ya da köşesinde değil de etrafında dönerek çalışabileceğimiz büyüklükte bir sehpa ya da daha iyisi varil üzerinde çalışmalıyız. Masa üzerinde çalışmak pratik olmasına karşın aynı aşındırma hareketini gereğinden uzun süre yaparak periyodik hatalara yol açma tehlikesini de doğurabilir. Buna karşın bir varil etrafında dönerek çalıştığımızda, akıcı ve tekrarlamalardan uzak bir çalışma temposu yakalamak daha kolay olur. Ayrıca her bir hareket sonrasında durup aynayı ya da lapı çevirmek gerekmeyeceği için daha hızlı çalışmak da mümkün olacaktır.

- Uygun optik reçine sertliği ve çalışma sıcaklığı. Eğer optik reçine gereğinden sert ise, akarak ayna yüzeyine uyamaz. Bir lap ile uzun süre çalışıldığı halde yüzey bozulmuyorsa, gereğinden daha sert olduğunu düşünebilirsiniz. Aynı şekilde çalışılan yerin sıcaklığı ve nemi de olabildiğince kontrollü olmalıdır. Sıcaklık dalgalanmaları, biçimlendirme sırasında tahmin edilebilir şekilde ilerlenmesini olanaksız hale getirir.

- İyi durumda olmayan cilalama laplarıyla çalışmak da aynanın biçimlendirilmesini olanaksız hale getirir. Lap yeni dökülmüşken veya kullanım ömrünün sonlarına yaklaşmışken, tahmin edilemeyen şekilde davranmaya başlar. Belirli bir yüzey biçimi değişikliği yapacağını umduğumuz bir biçimlendirme hareketinin sonucunu bu şekilde yeni dökülmüş laplarla veya çok uzun süre kullanılmış laplarla göremeyebiliriz.

- Lapın ayna yüzeyine yetersiz uyumu. Lap ile ayna sürekli olarak çok iyi bir uyum içinde olmalıdır. Biçimlendirmede çok önemli olan bir konu da budur. Eğer lap ile ayna 1 saat ya da daha az bir süre için birbirlerinden ayrılmışlarsa, yeniden çalışılmadan önce en az 20 dakika üst üste bırakılmalıdır. Birbirlerinden birkaç saat ayrılmışlarsa, bu süre 1 saate

çıkarılmalıdır. Bir kaç gün ya da daha uzun süre için ayrılmışlarsa en az 12 ya da 24 saat üst üste koyularak lapa nınyanın biçimini alması sağlanmalıdır.

- Biçimlendirme sırasında ayna ya da lap yumuşak bir şekilde hareket ettirilmelidir ve ayna ya da lapa birbirlerine bastırırken uygulanan kuvvet, dikey olarak uygulanmalıdır. Biçimlendirme sırasında ayna ya da lapa aşırı bir kuvvet uygulamak gerekmez.

## Optik testler

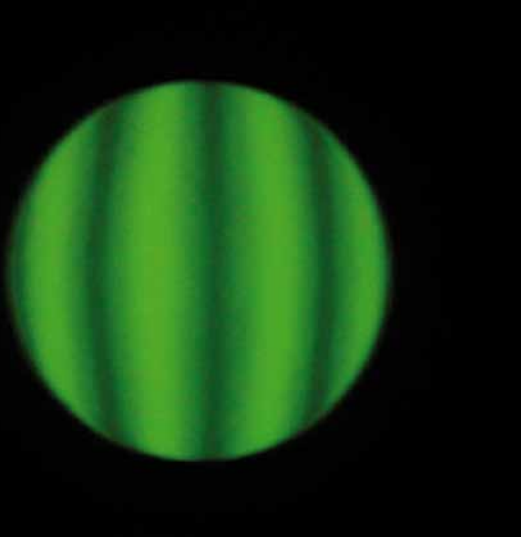
Biçimlendirme sırasında, Sagitta ölçüm aşamasında yaptığımız gibi bir komparator saati ve master gibi ölçü aletleri ile bu son derece ufak yüzey hatalarını ve dalgalanmalarını ölçemeyeceğimize göre, onların yerine geçecek başka yöntemler kullanılmalı, yüzeyin şeklini başka şekillerde görebilmeliyiz.

Optik testlerin amatör ayna yapımcıları için en uygun olanları Ronchi ve Foucault testleridir. Her iki test de amatör ayna yapımcıları tarafından oldukça sık kullanılır. Ronchi testi daha kolay olması nedeniyle, Foucault testi de ayna yüzeyinin hassasiyetini sayısal olarak belirlemeye olanak sağlaması sebebiyle avantajlıdır. İnterferometre benzeri pahalı ya da karmaşık ölçüm yöntemlerine göre çok daha kolay ve ucuz bir şekilde, sadece bu testleri kullanarak, neredeyse kusursuz amatör teleskop aynaları yapmak mümkündür.

rılır. Örneğin ayna üzerinde bir çukur veya tümsek varsa, bantlar eğrilik yarıçapı içerisinde veya dışarısında bu çukur ya da tümseği gösterecek şekilde bükülür. Bantların eğrilik içi ve dışında farklı yönlere eğilmesi astigmatizmayı, uçlarının kıvrılması kenar dönüklüğünü, bantların kenarlarının keskin ve düz olmaması ise bölgenin ya da cilalama kusurlarını gösterir. <http://getir.net/ept> adresindeki uygulamayı kullanarak, belirli bir çap ve odak oranına sahip bir ayna için görülmesi umulan Ronchi gölgeleri ekranda görülenler ile karşılaştırılarak, aynayı kabaca biçimlendirmek mümkündür. Özellikle çok hızlı olmayan ( $> f/5$ ) aynalar için bu yöntem kullanılabilir. <http://getir.net/9pa> adresinde Ronchi testi konusunda daha ayrıntılı bilgi bulabilirsiniz.

Foucault testinde ise ayna üzerine, aynayı eşit alanlı bölgelere ayıran bir Couder maskesi yerleştirilir. Eğrilik yarıçapından aynayı aydınlatan bir LED ışığının yolu, jilet bıçağı kenarı ile kestirilerek bu maske üzerindeki farklı bölgeleri "sıfırlayacak" uzaklıklar, ışık kaynağının üzerinde olduğu platformun aynaya uzaklığını milimetrenin 1/100'ü mertebesi hassasiyetinde ölçülebilen bir düzenele kaydedilir. Bu değerler kullanılarak aynanın yüzey biçiminin ideal parabole olan yakınlığı, sayısal olarak tayin edilebilir. Özellikle ilk kez yapanlar için bu testin en zor yanı, çok kolay yer değiştirebilen gölgeleri çevre koşullarından olabildiğince az etkilenerek görebilmek ve ölçüm sonuçlarını istikrarlı şekilde okuyabilmektir. <http://getir.net/9pb> adresinde Foucault testi konusunda daha ayrıntılı bilgi bulabilirsiniz.

Parabolik bir teleskop aynasında Ronchi gölgeleri (Solda)



Bayar Titiz

Her iki test de aynanın odak uzaklığı mesafesinin iki katına eşit olan eğrilik yarıçapı civarında yapılır. Ronchi testinde bir LED ışığından çıkan ışınlar 25 milimetresinde yaklaşık 100 çizgi bulunan bir ekrandan geçirilerek aynaya yansıtılır ve daha sonra da ayna üzerinde oluşan Ronchi bantlarının şekillerine bakılarak yüzey hakkında çeşitli sonuçlara va-

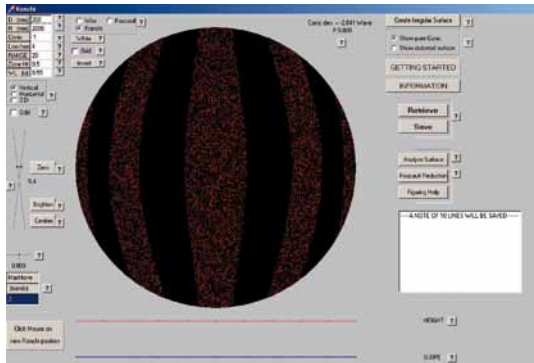
## Ronchi Testi

Cilalamanın son aşamalarına doğru aynayı, dik kenarı üzerinde düşme tehlikesi olmadan durabileceği bir test tutucu üzerine yerleştirdikten sonra, fotoğrafta görülen türden basit bir test cihazı kullanılarak Ronchi testi yapılabilir. Bu test, cilalanmış yüzey hakkında başka yöntemlerle öğrenemeyeceğimiz bilgiler edinmemizi sağlar. Hatta bu iş için yazılmış bir uygulama kullanarak, belirli çap ve odak oranına sahip bir aynaya hangi uzaklıktan baktığımızı bağlı olarak göreceğimiz Ronchi gölgelerinin nasıl olması gerektiğini, gördüklerimizle karşılaştırmak da mümkündür. Bu tür bir uygulamayı <http://getir.net/ep3> adresinden bilgisayarınıza indirip inceleyebilirsiniz. Ronchi testini yapmak, ilk kez deneyecekler için bile çok zor değildir. Dikkat edilecek şeyler arasında, testlerin hava akımlarının ve ısı kaynaklarının olmadığı bir yerde yapılması ve aynanın test tutucu üzerinde, test öncesi yeterince uzun bir süre bırakılarak

ıslı dengeye ulaşmış olması sayılabilir. Gölgele, optik eksen üzerinde çok dar olmayan bir alanda görülebilir. Yine de ilk seferinde kolayca görebilmek için, Ronchi test cihazı ile ayna arasındaki uzaklığın yavaş yavaş artırılarak eğrilik yarıçapı mesafesine kadar kontrollü biçimde ilerlenmesi önerilir. Eğrilik yarıçapı uzaklığında, kaynaktan aynaya gelen ışık, tüm ayna yüzeyini kaplayacak kadar büyümeye başlar. Gölgele tüm ayna yüzeyini kaplamaya başladığında, bantlar arasındaki aralıklar eğrilik yarıçapı noktasına yaklaşmaya başladıkça önce artar, bu noktayı geçtikten sonra da azalmaya başlar. Yüzey hakkında en çok bilgi, ekranda 4-5 bant görmeye başladığımız uzaklık bölgesinde alınmaya başlar.

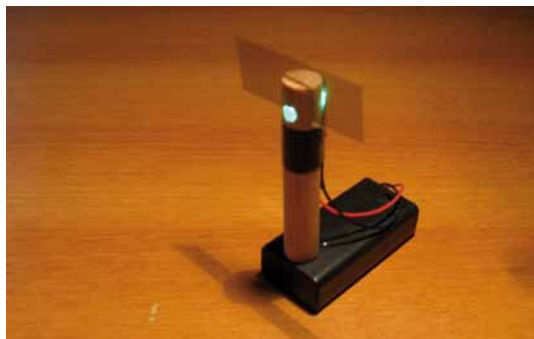
Ronchi test cihazını yaptıktan sonra gereken Ronchi ekranını, <http://getir.net/epi> adresinden indirip matbaalara renk ayrımı için film çıkış hizmeti veren bir yerde yüksek çözünürlükte (>2500 DPI) film çıktısı olarak kullanabilirsiniz. 133 ve 100 satır/inç sıklığındaki bu ekranlar test cihazının üst kısmındaki yarığa sıkıştırılarak kullanılır. Izgaranın arkasından gözle bakılabileceği gibi fotoğraf ve video çekilerek de incelenebilir. Eski film kutularının ortası delinerek buraya dairesel şekilde yapıştırılabilecek Ronchi ızgaraları ile, Ronchi gözmercekleri yapılabilir. Bu gözmercekleri ile yıldız ışığı odak gerisi ve ilerisinde incelendiğinde görülen Ronchi bantları, teleskobun optik kalitesi konusunda kabaca da olsa hızlı bir şekilde yorum yapma olanağı sağlar. Eğer kusursuz düz bantlar görebiliyorsak, teleskobun mükemmel bir parabolik aynası olduğuna karar verebiliriz.

RonchiZ uygulamasında f/5 odak oranında ve 200 mm çapında bir eğrilik yarıçapından 5,4 cm uzaklıkta bantların görünüşü



Bayar Titiz

İki adet 3V kalem pil ve LED kullanılarak yapılan basit bir Ronchi test cihazı



Bayar Titiz

## Biçimlendirme hareketleri

Biçimlendirme öncesinde ayna yüzeyimiz küresel ise, Ronchi testinde düz, çubuk şeklinde herhangi bir yere kıvrılmayan bantlar görürüz. Biçimlendirmeye bu aşamadaki bir ayna ile başlanmıyorsa, öncelikle aynayı küresel biçime getirmeye çalışmakta yarar vardır. Yapacağımız biçimlendirme hareketleri, temel olarak  $\frac{1}{2}$ - $\frac{1}{4}$  genlikli MOT ya da TOT konumunda W hareketleridir. İsteddiğimiz biçime ulaşmaya çalışırken, aynanın kontrastını azaltıcı bir kusur olan kenar dönüklüğünü (TDE-Turned Down Edge) giderecek hareketler yapmak isteyebiliriz. <http://getir.net/epn> adresindeki videoda benzeri düzeltme hareketlerinin nasıl yapıldığını görebilirsiniz. Aynanın herhangi bir bölgesinden camı aşındırarak o bölgeyi derinleştirmek istediğimizde, vurgulanmış baskı (accented pressure) adı verilen yöntemi kullanabiliriz. <http://getir.net/epo> adresindeki videoda bu yöntemin 3. bölgede kullanılmasını izleyebilirsiniz. Bu hareketler sırasında, bölgeler arasındaki geçişlerde yumuşaklık kaybolabilir. Bu durumda <http://getir.net/epq> adresindeki yumuşatma hareketlerini uygulayabilirsiniz.

## Aynanın kaplanması

Biçimlendirme sonrasında ayna alüminyum ya da gümüş ile kaplanabilir. Gümüşle kaplama, gereken kimyasal maddelerin satın alınmasını takiben <http://getir.net/ts8> sayfasında anlatılan yöntemle yapılabilir. Kaplama öncesinde ayna yüzeyinin olabildiğince iyi şekilde temizlenmesi gerekir. Yüzeydeki yağ ya da tozlar, kaplamanın yüzeye yapışmasını engeller. Temizleme işleminde yağ çözücüler ve leke bırakmayan saf su kullanılmalıdır.

Alüminyum kaplama için ise, piyasada bu hizmeti ücret karşılığında veren bir yer ile çalışmak gerekecektir. Bu yöntemde, vakum ortamındaki saf alüminyum, tungsten bir filaman üzerinde yüksek gerilimle buharlaştırılır ve bu şekilde çok ince bir alüminyum tabakası optik yüzeyi homojen olarak kaplar. Cilalama ve biçimlendirme sırasında göze çarpmayan çizikler ve yüzey kusurları kaplama sonrasında görünür hale gelir. Kaplama, birkaç gün içinde gerçekleşen oksidasyon sonrasında bir miktar dayanıklılık kazanırsa da, hiçbir şekilde elle ya da başka bir cisimle üzerine dokunulmaz. Zaman içinde tozlardan temizlenmesi gerekirse, son derece dikkatli bir şekilde saf su ile yıkanabilir ama bu işlem sırasında kaplamanın zarar görmesi ve bozulması tehlikesi her zaman vardır. Eski kaplamayı sökerek yeniden kaplatmak çoğu zaman daha iyi bir çözümdür. Kaplanmış aynanın orta noktası dikkatli biçimde işaretlenir ve optik hizalamanın kolayca yapılabilmesi için, bu noktaya dairesel bir etiket yapıştırılabilir. Kaplanmış ve ortası işaretlenmiş birincil ayna, daha sonra bir ayna hücresi içerisine yerleştirilerek kullanılmaya başlanabilir.