



## Optik Yöntem İle Parça Muayenesi OPTİK METROLOJİ

**ARPROM 3D Ölçü Sistemleri Ltd.**  
**R. Bahadır ONAT**

Optik yöntem ile boyutsal parça muayenesi gerek tarama sistemleri gerekse de yazılımda gelişmelerle gittikçe daha yaygın uygulanmaktadır. Yurt dışı firmalarca çok iyi bilinen “optik tarama yöntemi ile parça muayenesi”, kalite/fiyat paritesi olarak imalat sektörü için yüksek performans içerikli bir ölçüm yöntemidir. Yazıda “3D Optik Metroloji” konusu ele alınmakta, yöntem hakkında genel bilgiler verilmektedir.

Arprom 3D Ölçü Sistemleri 2004 yılında kuruldu. Geçen 10 yıla aşkın süre içinde yurt içi ve dışı tanınmış birçok firmaya yüzlerce optik metroloji hizmeti götürdü. 2010 yılında ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi kurdu, “Endüstriyel Optik Tarama”, “CAD Veri Hazırlama ve “Optik Metroloji” başlıkları altında Bureau Veritas üzerinden DAKKS (DAR)’a akredite oldu. Donanım olarak; Steinbichler COMET6 - 16Mp tarama sistemi, NIKON 36M Fotogrametri, kalite kontrol yazılımı Inpect Plus ve Colin3D (2 lisans), CAD yazılımı Siemens NX (3 lisans) ve Geomagic kullanıyor. Çeşitli uygulama örnekleri için [www.aprom.com.tr](http://www.aprom.com.tr) WEB sayfasını ziyaret edebilirsiniz. Arprom sadece hizmet kuruluşu olup herhangi bir sistem veya yazılım satışı, temsilciliği bulunmamaktadır.

Değişebilir ölçme mercekleri ile bir iki milimetreden 5.. 10 metreye kadar her türlü parça şekli optik yöntem ile sayısallaşmakta, boyutsal ve hacimsel muayene edilmektedir. Araç kaporta parçaları gibi serbest/karmaşık geometriler veya form/performans ilişkisi olan türbin kanadı, pervane gibi parçalar ya da dişli çark gibi kurallı geometrilerde başarı ile uygulanmaktadır. Bu özellikleri ile hemen her sektör ve her imalat türü için uygulanma alanı bulmaktadır. Denilebilir ki sanayide bu teknoloji ile ölçülemeyecek diğer deyişle bilgisayar ekranına aktarılamayacak –sayısallaştırılamayacak- hiçbir form/şekil kalmamaktadır. Bu itibarla beyaz ışık yöntemi ile optik tarama bize göre endüstride bir mini devrimdir.

Optik yöntem ile parça muayenesi hızlı, güvenli ve düşük maliyetlerle gerçekleştirilmektedir. Optik tarama yöntemi ile ölçümün diğer sistemlere göre başlıca avantajları şunlardır:

- Objeye temas edilmeden ölçüm işleminin gerçekleşmesi ile her türlü doku ve sertlikteki malzemenin (sünger, tekstil, deri, lastik ...) güvenle ölçümü,
- Yüzbinler veya milyonlarca nokta ile sayısallaşan parça geometrisinin bir bütün olarak ele alınması ile farklı açı ve konumlarda muayene, kritik bölgelerden kesitler alma imkânı,
- CAD veri ile karşılaştırılarak çekme, form değişiklikleri, aşınma gibi deformasyonların, geometrik farklılıkların hızlı ölçümü,
- Dar veya ulaşılmaması zor kısımlara kolayca erişim ile prob hataları ve sorunlarının ortadan kalkması,
- Elde edilen yüzbinlerce nokta ile geometrik toleransların istatistiksel değerlendirmeler altında kolay ve güvenle ölçülebiliyor olması,
- Herhangi bir aparat vs. gerektirmeden serbest konumda uygulama ile değişik bağlamalardan doğan ölçme hatalarının ortadan kalkması,
- Farklı özellik ve karakterlerde değişik ölçme aletlerine gerek duyulmaksızın tek bir hassasiyet değeri içinde ölçümün tamamlanması,
- Mobil düzen ile ağır, hacimli veya kıymetli parçaların yerinde ölçümü.

Optik metroloji bu itibarla parça hakkında daha hızlı ve daha çok bilgi vermekte, geometrik şekil değişikliklerine bakarak çekme ve deformasyon bir form bütünlüğü içinde ele alınmakta, sayısal ve geometrik muayene referans CAD veriye göre daha iyi yorumlanmakta, yenileme/düzeltilme daha bilinçli yapılmakta ve önemli zaman tasarrufu sağlanmaktadır.

Optik ölçüm güvenilirliğinde, diğer sistemler ile ölçümlerde de olduğu gibi iki ölçüt her zaman önde gelmektedir, “sistem hassasiyeti” ve “uygulama güvenilirliği”.

Optik tarama sistemleri Alman Mühendisler Odası VDI 2634 no’lu tebliğine göre test ediliyor. Yönetmelik, boyutları ölçme mercek takımlarına göre saptanmış ve bağımsız kuruluşlardan sertifikalı mastarlara göre “doğrusal”, “düzlemsel” ve “hacimsel” ölçütlerin, üretici firmanın deklare ettiği hata pay

aralığı içinde kalıp kalmadığını saptıyor. Yönetmelik bu itibarla sadece test usullerini belirlemekte, herhangi bir hassasiyet sınırı vaaz etmemektedir. Yani bir optik tarama sisteminin VDI 2634 e uygun test edilmiş olması ölçme hata paylarının belirtilen talimata uygun test edildiğini ifade eder ve her firma için farklı "ölçme hata payı" vardır. Tebliğ 3 kısımdan meydana geliyor. Mobil tarama sistemleri Bölüm 2 ve Bölüm 3 e göre test edilmektedir. Bölüm 2 ye göre yapılmış testler tarama sisteminin "tek" bir çekimdeki hata miktarını belirler. Bölüm 3 e göre test edilmiş sistemlerde ise "ardışık birden çok" çekimlerdeki hata oranı ölçülür. Büyük üretici firmalar daha gerçekçi olması nedeniyle sistemlerini Bölüm 3 koşullarına göre sertifikalandırmaktadır. Diğer bir anlatımla, hizmet alan firmalar sistem hassasiyetini sorgularken aradaki bu farkı irdelemelidirler.

Piyasada, 90..150 bin € fiyat aralığı ile hassas parça ölçümleri için üretilmiş yüksek çözünürlük ve dar toleranslı tarama sistemleri yanı sıra 5, 10 misli daha düşük fiyat farkı ile, ayakkabı tabanı, şişe vs. gibi geniş toleranslı parçalar için üretilmiş optik tarama sistemleri de mevcuttur. Hassas parça ölçümleri için hizmet alacak firmaların servis bürosundan sistem ölçümleme raporlarını, test referans sertifikalarını sorgulamalarını tavsiye ederiz.

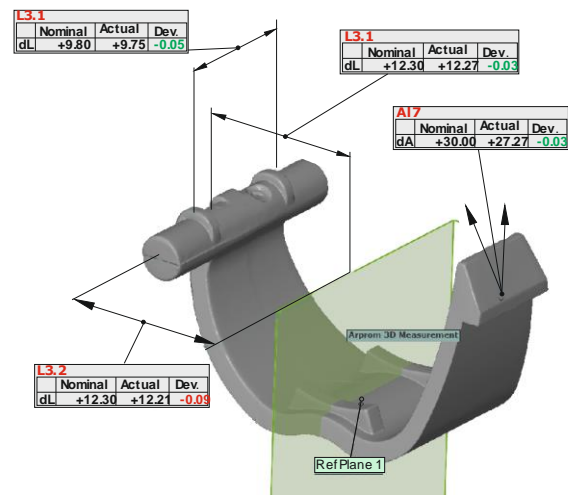
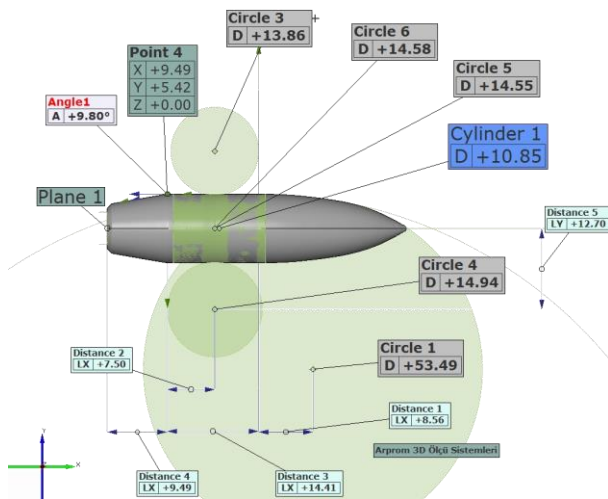
Tarama sistemlerinde ayırt edici önemli bir husus sistem çözünürlüğü/veri yoğunluğudur. Bir mega pikselden (Mp) başlayıp 16 Mp le kadar değişen sistemler mevcuttur. 1 Mp çözünürlük ile ölçü alınabilen iki nokta arası yaklaşık 0,1 mm iken, 16 Mp bir sistemde bu oran 10..15 mikrona inmekte, obje üzerinden çok daha yoğun detay elde edilmektedir. Bu husus türbin kanadı gibi kritik parça geometrileri veya küçük parçaların mikro lensler ile yapılan ölçümlerinde çok önemlidir. Genel değerleri ile yüksek hassasiyet ve çözünürlükte bir sistem ile 50 mm boyutlarında bir parçanın 5..6 mikron ve 900 mm boyutlarında ise 40 .. 45 mikron hata payı ile ölçümü yapılabilmektedir. Fotogrametri uygulaması ile 5 m ebatlarında bir parçada 0,1..0,15 mm hata payı ile ölçüm sağlanabilmektedir.

Bu hassasiyet içinde, gerek donanım kullanımı gerekse ölçümleme operasyonunda sistem operatörünün mutlaka iyi eğitim almış, genel makine ve imalat bilgisi yüksek olmalıdır. Tüm metroloji aktivitelerinin firma içinde talimat ve prosedürler ile çerçevelenmiş ve süreç takibinin mutlaka titizlikle takip ediliyor olması gerekir. Sonuç olarak yapılan bir ölçüm hatası pahalı bir kalıbın bozulmasına veya hatalı kalıp ile üretim yapılmasına neden olacağından, telafi edilemez zaman, para ve emek kaybına neden olacaktır.

Temel olarak optik metrolojiyi sayısal ve hacimsel olmak üzere iki kısma ayırıyoruz:

### Sayısal Metroloji:

Kalite kontrol yazılımı içinde tarama verisi (aktüel) , referans teknik resimdeki ölçülendirmeye uygun olarak ölçülür ve ölçme hücresinde CAD veri (nominal) ile karşılaştırılır. Çıktı verisi Excel veya html format olarak hazırlanır.



Serbest konumda taranarak elde edilen aktüel verinin ölçümü için yapılan ilk işlem eksen takımına (sıfırlama) alınma işlemidir. Eğer parçanın CAD verisi mevcut ise iki veri karşılaştırılarak CAD veri eksen

Takımı aktüel veri üzerine kopyalanır, taşınır. CAD veri mevcut değilse bu durumda 3-2-1 metodu ile aktüel veri eksen takımına alınır.

Aktüel veri eksen takımı alma işlemi yapılan tüm ölçülemeyi etkilemektedir. Bu nedenle operasyonun son derece dikkatle yapılması, çakıştırma sonrası "Bestfit" ile parça genel kondisyonu incelendikten sonra ölçülemeye geçilmesi gerekir.

İki şekilde ölçüm yapılmaktadır.

İlki yaygın ve basit şekli ile parça, teknik resimde belirtilmiş yerlerden, kenar, plan, merkez vb. alınmış referanslara göre, bir düzlem doğrultusunda ölçülür (2D Ölçüm).

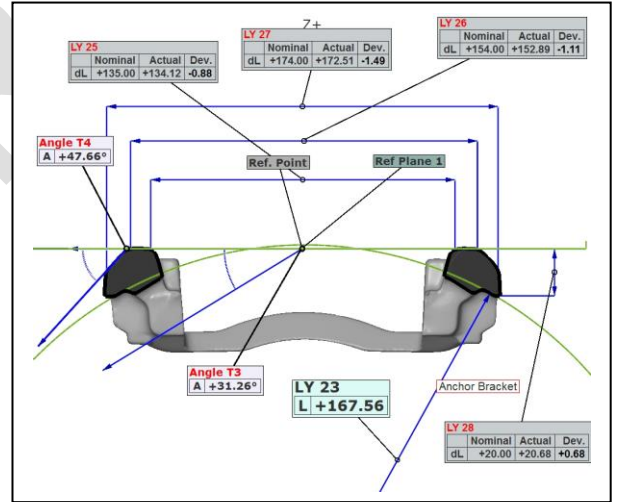
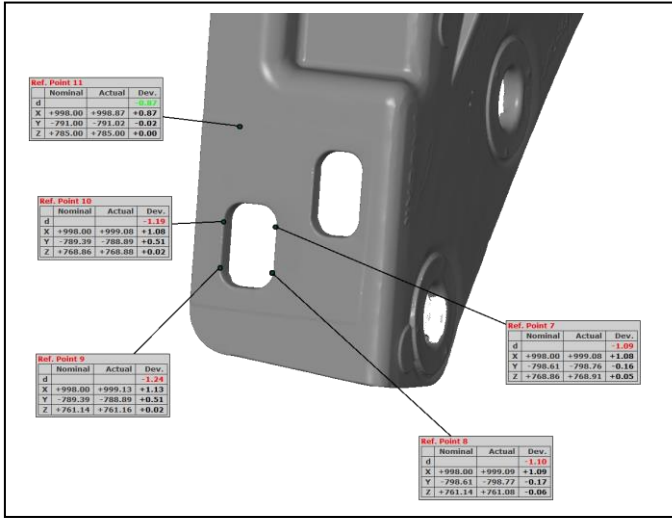
İkinci ölçüm şekli ise, optik taramada parça şeklinin 3 boyutlu elde edilmiş olmasının getirdiği bir özellik ile, iki veri çakıştırılmış konumda iken, nominal veri üzerinde saptanmış referans kontrol noktalar aktüel veri üzerinde "iz düşüm yöntemi" ile ölçülür (3D ölçüm). Bu yöntem, belli bir "0" referans noktasına göre ölçülendirilmiş veya tasarlanmış konstrüksiyonların, otomobil örneğinde olduğu gibi, komponentlerinin konum/duruş raporlaması ile ilgili sonuçları verir.

C1		
LY	+44.86	
2D CMM		
	Nominal	Actual
dL	+45.00	+44.86
		Dev.
		-0.14

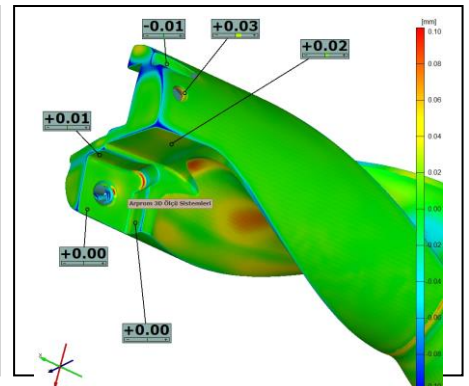
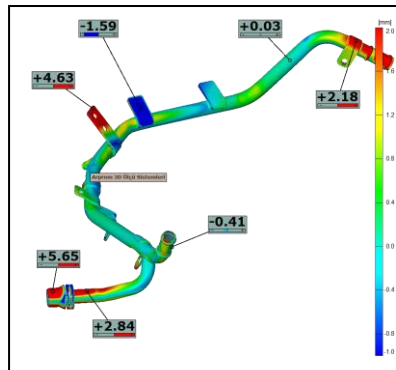
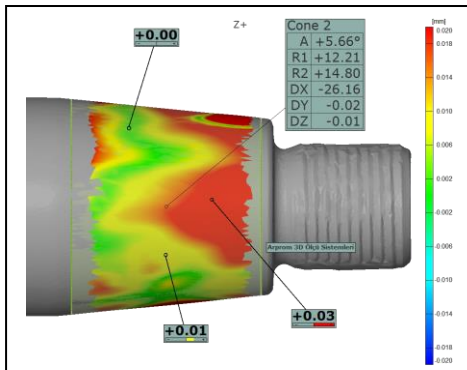
3D CMM		
	Nominal	Actual
d		-0.03
X	+40.21	+40.21
Y	+22.40	+22.37
Z	-1.73	-1.73
		Dev.
		+0.00
		-0.03
		+0.00

Tekrar etmemiz gerekirse, diğer sistemlerde de olduğu gibi, doğru sonuç elde etmek için parça eksen takımına alma –sıfırlama- işleminin parça genel referans değerlerini dikkate alarak "mutlaka" titizlikle yapılması gerekir.



## Hacimsel Metroloji:

Yüzbinler veya milyonlarca nokta ile tamamen sayısallaşarak bilgisayar ekranına alınan parça şeklinin, kendi içinde basit elementler ile (plan, silindir v.b) lokal olarak veya CAD veri ile çakıştırılıp karşılaştırmalı olarak (eğilme, burulma, çekme v.b) ölçümü, optik metrolojinin sağladığı önemli bir avantajdır. Sayısal ölçüme geçmeden önce geometrik muayene ile parça kondisyonu hakkında çok kısa sürede bilgi edinilmekte, farklı açı ve konumlarda bakış, muayene, kritik bölgelerden kesitler alma imkânı sağlanmaktadır.



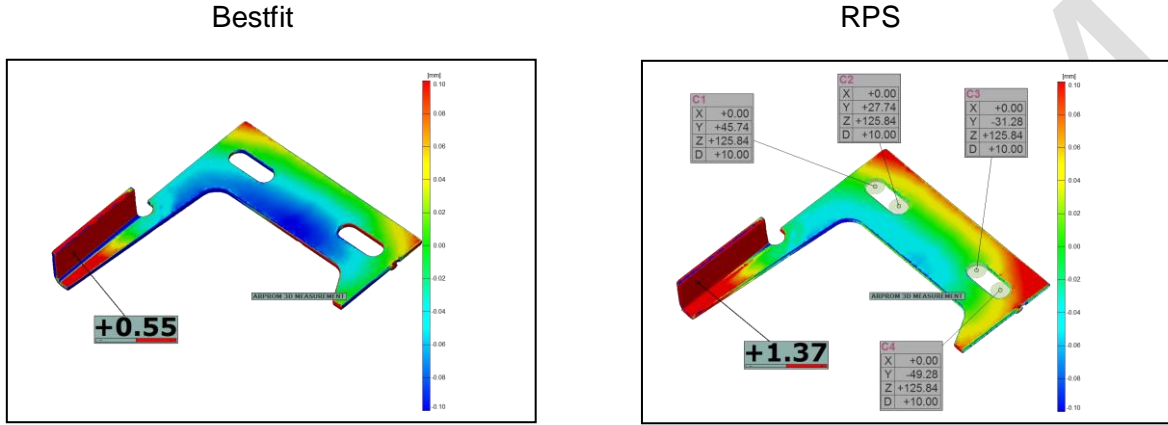
Nominal veri ile aktüel verinin karşılaştırılma işlemi başlıca 2 şekilde yapılmaktadır:

### Bestfit methodu:

İki veri uzayda en uygun konum altında karşılaştırılır. Nokta koordinatlara dönüştürülmüş nominal veri ile aktüel veriyi meydana getiren noktalar, kalite kontrol yazılımı içinde en yakın ortak koordinatlara (bestfit) yaklaştırılır. Yazılım belli bir averaj altında ortalama sapmayı hesaplayarak sonucu raporlar.

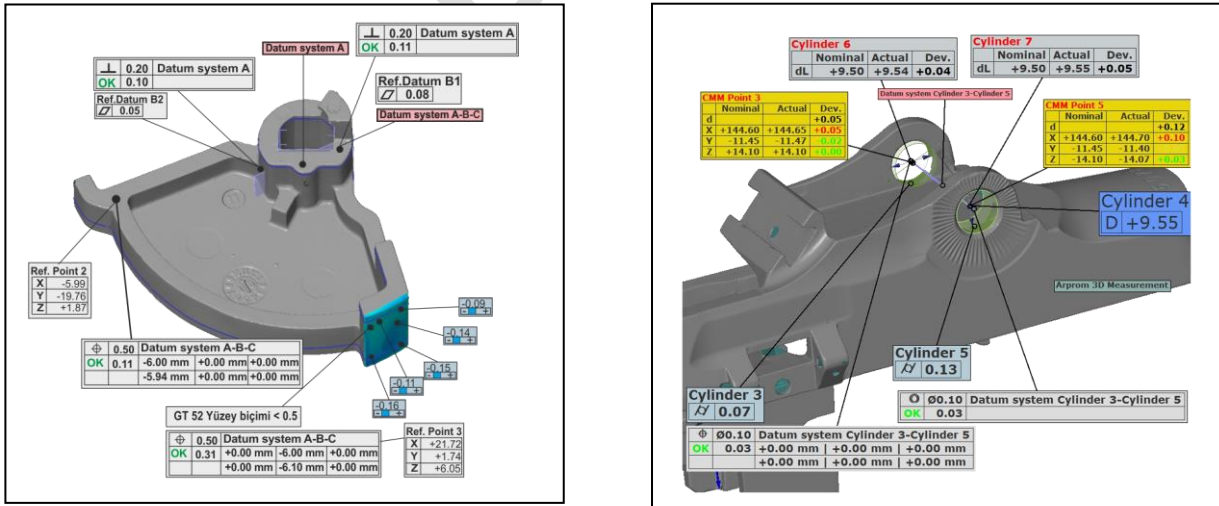
### RPS methodu:

Parçanın montaj/çalışma konumuna göre belirlenmiş referans noktaları dikkate alınarak iki verinin karşılaştırılması yapılır. Aşağıda aynı parça üzerinde Bestfit ve RPS uygulama örneği görülmektedir. Dikkat edilirse bestfit ile 0,55 mm olan fark kısmı aslında aktüel veri parça slot delikleri üzerinden montaj konumuna göre eksene alındığında 1,37 mm dir. Tüm ölçülendirmeyi etkileyen bu hususun, daha önce de belirttiğimiz gibi önceden kararlaştırılmış olması gerekmektedir.



### Geometrik toleransların ölçümü:

Üretilen parçaların ömrünü artırmak, fonksiyonelliğini daha iyi hale getirmek, montaj sorunlarını gidermek için kullanılan geometrik toleransların dikkat ve hassasiyet içinde ölçülmesi gerekir. TS 1304, ISO 1101, ASME Y14.5 normlara uygun form ve konum geometrik toleransları ölçümü optik metrolojide, problu sistemlere göre birkaç noktadan alınan değerler ile değil, taramadan elde edilmiş binlerce noktanın istatistiksel değerleri dikkate alınarak yapılır, yüksek hassasiyet ve güven sağlar.



### Son söz:

Bu sayfaların yer verdiği imkanlar ile optik metroloji konusuna değindik. 10 yılı aşan uygulamalarda gördük ki optik metroloji hizmetimizin yüzde 80 e yakını yurt dışı kaynaklı. Ya doğrudan bu firmalar ile çalışıldı veya bunların Türkiye’de iş verdikleri kalıpçılardan/imalatçılardan talep ettikleri "ilk parça muayene" raporları üzerine metroloji çalışması yapıldı.

Giriş kısmında da ifade ettiğimiz gibi, yurt dışında çok iyi bilinen "optik tarama yöntemi ile ilk parça muayenesi", kalite/fiyat paritesi olarak imalat sektörü için yüksek performans içerikli bir ölçüm yöntemidir. Bize göre, kalite kontrol departmanları son derece efektif olan bu ölçüm teknolojisini zaman/maliyet/hassasiyet ilişkisi içinde değerlendirmelidirler.