

BOYUT METROLOJİSİ VE KALİBRASYONUNDA LASER İNTERFEROMETRİK SİSTEMLERİN KULANILMASI

Emre SEZER (Uzman)

TSE Bursa Bölge Müd.

Üretim kalitesinde Kalite Emniyet Sistemlerinin ve Kalite Kontrolün önemi bilinmektedir. Ancak, Kalite Kontrolde kullanılan ölçme ve Kontrol Cihazlarının istenilen doğrulukta (müsaade edilen toleranslar içersinde) netice verip vermediği konusu gündeme geldiğinde, cihazların kalibrasyonunun ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Kalibrasyonu yapılmamış cihazlar sağlıklı sonuçlar vermeye, buna bağlı olarak üretimin hatalı olmasına ve dolayısı ile geri dönüş maliyeti çok yüksek olan büyük maddi zararların doğmasına sebebiyet verebilecektir.

Endüstriyel imalat sanayisinde yerleştirilmeye çalışılan Kalite Emniyet Sistemlerinde, Mamül ölçümlerinde, imalatta ve Kalite Kontrolde boyut metrolojisi ile ilgili şu kalibrasyonların yapılması gündeme gelmektedir.

- Etalonların Kalibrasyonu
- Ölçü ve Alet ve Cihazlarının Kalibrasyonu
- İş ve Ölçme Tezgahlarının Kalibrasyonu

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak bu tip hassas ölçme işlemi Teknolojinin gelişmesine paralel olarak bu tip teknolojiler getirilmekte ve buna bağlı olarak da daha hassas, daha sağlıklı ölçümlere imkan tanınmaktadır. İşte Laser Ölçme Tekniği ve Teknolojisi son yıllarda Metroloji ve Kalibrasyon sahasına kazandırılan en önemli ve faydalı tekniklerden birisidir.

Son 20 yıldır üzerinde çalışılan Laser Ölçüm Sistemleri (laser interferometreler) ölçme tekniğinin hizmetinde kullanılmaya sunulmuş olup gündün güne kabiliyetleri geliştirilmekte stabilize edilmekte ve ölçme belirsizliği küçültülmektedir. Ölçme tekniğinin dışında sağlık sektörü savaş sanayisi, reklam sanayi, araştırma geliştirme laboratuvarları uzay sanayi, imalat sanayi gibi değişik sektörlerde de hizmet veren laser teknoloji ölçme tekniğinde aşağıdaki hizmetleri uzmanların hizmetine sunmaktadır.

- Lineer Ölçümler
- Doğrusallık Ölçümleri

- Açısal Sapmaların Ölçümleri
- Diklit Ölçümleri
- Hız Ölçümleri
- Paralellik Ölçümleri

Laser interferometresinin sunduğu bu ölçme imkanları ile;

→ Koordinat ölçme cihazlarının kalibrasyonu

(kalınlık ölçen cihazlar, linear uzunluk ölçen cihazlar, hassas mihengirler vb)

⇒Koordinat ölçme cihazlarının kalibrasyonları

(Ünivesal ölçme cihazları, profil projektörler optik cihazlar vb.)

⇒Koordinat ölçme cihazlarının kalibrasyonları

(optik, mekanik ve elektromekanik üç koordinat ölçme cihazları v.b.)

• CNC ve NC tezgah ve iş makinalarının kalibrasyonları

(torna, freze vb. tezgahlar vb.)

• Pleytlerin kalibrasyonları

• Etalonların kalibrasyonları yapılmaktadır.

T.S.E. Boyut Metrolojisi ve kalibrasyonu biriminde de en son teknoloji bir Laser Interferometre cihazı bulunmakta olup, bu cihazla sanayimizin yukarıda zikredilen kalibrasyon ihtiyaçları uzman personelimiz nezaretinde yerinde karşılanmaktadır.

1- Laser Interferometrelerin Esasları

Boyut ölçümlerinde Etalonların, ölçü alet ve cihazlarının yanısıra Interferometrik ölçümlerin de tatbiki gittikçe artan bir sıklıkta ölçme tekniğine girmektedir. Burdaki esas Etalolarda veya ölçü alet ve cihazlarında olduğu gibi ölçülerek kültreyi, ölçüm değeri daha önceden hassas bir şekilde daha hassas cihazlarla değeri tespit edilmiş başka kütlelerle (Etalonlar, taksimatlandırılmış cetveller vb.) mukayese ederek ölçüm değerini tesbit etmek değildir. Interferometrik sistemlerde kütle, ışığın dalga boyu (dalga uzunluğu) ile mukayese edilmektedir. Interfenez ölçü diye adlandırılan bu ölçümün en büyük faydası dalga boylarının simetrik takimatlı hassas ve eşit uzunluklarda elde edilebilir olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak iyi bir Interferometrik ölçümde havanın kırılma endeksinin, havadaki nem oranının, hava basıncının ve hava sıcaklığının iyi bilinmesi ve kontrol altına alınması gerekmektedir. Bunun yanısıra bütün kolaylıklarına karşın interferometrik sistemlerde elde edilebilen ölçünün, ölçümü istenen kütle (boyuta) aktarılmasındaki güçlükler bazen bazı yardımcı aperişatlar vasıtası ile çözülebilsede bazen de dalga boyunun, ölçümü istenen boyut ile karşılaştırabilmesi için ayarlanabilmesi oldukça güç olmakta hatta bazen de imkansızlaşmaktadır.

Laser Interferometreler uzunluk ölçümünde kullanılan Kripton ya da Kadmiyum lambalı diğer interferometrik sistemlerden bir ışık kaynağı ile ayrılır. Bahsi geçen bu sepektral lambaların ışıkları yaklaşık 80 cm. ve 20 cm civarındadır. Daha büyük uzunluklar için laser interferometrik sistemler kullanılır. Laser interferometrik sistemlerle metrelerce uzunluklar sürekli olarak ölçülebilir.

Ölçme amacı ile kullanılmaya hazır hale getirilmiş bir laser ışığının gözle incelemede interferenz çizgileri açık olarak görülebilir. Diğer araftan sık kullanılan He-Ne laser Int. ölçüm sistemlerinde laser ışığının gönderilen yayılma güvü 1 mw civarındadır ve ışık kaynağına direkt olarak bakılmadığı sürece zararsızdır.

Bir He-Ne Laser Interferometre ile relatif doğruluğu 2×10^{-6} dan daha iyi bir uzunluk ölçme kabiliyeti istenirse Laser frekans stabilizasyonuna gerek duyulmaktadır.

Laser Interferometrelerin Ölçüm Teknikleri (Prensipleri)

Laser interferometrelerde bir laser ışık kaynağı vardır. Bu ışık kaynağından elde edilen ve çıkan kırmızı laser ışıkları intefere edilerek laser interferometrenin yapılış metoduna göre

iki frekans tekniği veya tek frekans tekniği ile kendi yansıma doğrultularında yol alırlar. Bir prizma yardımı ile 90° ayrıştırılan ve iki ayrı ışına dönüştürülen laser ışıkları, yansıtıcı aynalar vasıtası ile yeniden laser int. cihazı içerisinde bulunan alıcılara geri yansıtılır. Işıkların geri yansımalarını sağlayan aynalardan birisi referans ışığı yansıtan sabit ayna, diğeri ise ölçme işlemine esas teşkil eden ve $(\lambda = \text{Dalga boyu}) \lambda \cdot \eta = x$ (mesafe) kadar uzunluk kateden, ışığı elektronik dalga sayıcılarına yansıtan hareketli aynadır.

İki frekans metodunda iki ayrı frekanstaki ışınlar f_1 ve f_2 , prizma vasıtası ile 90° ayrıştırılır. f_1 ışını sabit kırılarak tekrar laser cihazı içerisindeki dalga boyu sayıcılarına yönlendirilir. Prizma vasıtası ile direk yoluna devam eden f_2 ışını ise hareketli ayna tarafından 180° geri yansıtılarak prizma içinden direk olarak laser cihazı içerisindeki elektronik sayıcılar yönlendirilir. Hareketli ayna ölçülecek mesafe kadar (x) hareket ettirildiği takdirde x mesafesi kadar λ (dalga boyu) artışı elektronik sayıcılar tarafından sayılacaktır. Dalga boylarının sayılabilmesi için f_1 ışınının sabit dalga boyu adedi referans olarak alınarak f_2 ışının x hareket miktarı $\lambda \cdot \eta$ kadar elektronik sayıcılar tarafından sayılarak belirlenir.

Tek frekans metodunda ise laser ışığı prizma vasıtası ile birbiri ile faz farkı olan iki ışına dönüştürülerek diğeri metoda olduğu gibi birisi referans olarak kullanılıp diğeri bu referansa göre aldığı x mesafesi λ (dalga boyları) adetleri sayılarak ölçme uzunluk değeri belirlenir. Frekans stabilizasyonu yapılmış bir He-Ne laser ölçüm cihazında vakum ortamında kırmızı ışık $\lambda \approx 0,633$ mm olarak elektronik hesaplayıcılar tarafından hassas bir şekilde $x = \lambda \cdot \eta$ olarak hesaplanır ve ölçülen mesafenin değeri hassas bir şekilde elde edilmiş olur.

Laser Interferometrelerin Ölçme Belirsizlikleri

Frekans stabilizasyonu yapılmış bir laser int. ölçüm cihazında 10^{-7} mertebesinde bir ölçme belirsizliği elde edilebilmektedir.

Laser interferometreler ile yapılan boyut ölçümlerinde aşağıdaki ölçme belirsizlikleri nazarı dikkate alınmalıdır.

- Laser interferometrelerin ölçme belirsizliği
- Ölçü aktarımındaki ölçme belirsizliği
 - Elektronik aktarıcılardan kaynaklanan
 - Mekanik aktarıcılardan kaynaklanan
- Ölçülen cihaz veya kütlenin sıcaklık farklılığından kaynaklanan ölçme belirsizliği
- Çevre şartlarından kaynaklanan belirsizlikler

Interferometrelerde uzunluk ölçümlerinde kullanılan dalga boyu $\lambda = \lambda_0 / n$ dir. Burada " λ_0 " vakum ortamındaki dalga boyu, " n " ise havanın kırılma indeksini tanımlar.

Uzunluk ölçümlerinde stabilize edilmiş bir He-Ne laser ölçüm cihazında, vakum ortamında elde edilen ölçme belirsizliği, bugüne kadar elde edilen tecrübelerle yukarıda zikredildiği gibi 10^{-7} metrebesindedir. Mukayeseli ölçümlerde Krypton lambası ile elde edilen belirsizlik ise 3×10^{-8} veya daha küçük olabilmektedir.

Burada havanın kırılması indeksi olarak tanımladığımız " n " in fonksiyonları olarak hava sıcaklığı " v ", hava basıncı " p " ve relatif nem miktarı " RF " olarak tanımlanabilir. O takdirde

$$n = f(v, p, rf)$$

Örneğin: n (20° c; 1013 m bar; %50 RF) = 1.0027127 şunlara bağlıdır.

$$\text{Hava Sıcaklığı} \quad \frac{dn}{dy} \cong - 10^{-6} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Hava Basıncı} \quad \frac{dn}{dp} \cong - 3.10^{-7} \text{ K}^{-1}$$

$$\text{Relatif Nem Oranı} \quad \frac{dn}{df} \cong - 10^{-9} (\%RF)^{-1}$$

Sıcaklık dalgalanmasının 0.2 K den büyük olmadığı ölçme ortamlarında ortam sıcaklığı 0.055-0.1 K ölçme belirsizliği ile edilebilmesi için ortam sıcaklığının ölçümünün ölçme belirsizliği çok önemlidir.

Hava basıncının ölçülmesinde kullanılan dijital göstergeli Barometrelerle 0.1 mbar mertebesinde ölçüm yapabilmektir. Normal barometrelerde ölçüm esnasında 0.2 mbar mertebesinde bir ölçme belirsizliği elde edebiliriz. Buda uzunluk ölçümlerinde interferansiyel sistemlerde 10 mertebesinde dir.

Havadaki Relatif Nem miktarını basit olarak bir Hygrometre (Haarhygrometer) ile $\pm \%10$ - $\pm \%20$ mertebesinde ölçme belirsizliği elde edilir. Bu interferansiyel uzunluk ölçümlerinde 2×10^{-8} mertebesinde ölçme mertebesinde ölçme belirsizliğine tekabül etmektedir.

Ölçme belirsizliğinin alt sınırı interferenz sistemdeki ölçme çözülebilirliğiyle doğru orantılıdır. Buda elektronik devrelere photo (foto) alıcılara ve elektronik sayıcılara bağlıdır. İmalat ölçme tekniğinde en küçük hareket $\lambda/8, \lambda/4, \lambda/2$ dir. Burada tüm elektronik göstergeli cihazlarda olduğu gibi bir ölçme belirsizilği tanımlanabilir.

Ölçü aktarımında mekanik hatalardan veya mekanik elemanlarla, mekanik aparatlardan kaynaklanan toplam ölçme belirsizliği Endüstriyel ölçümlerde 0.5 mm olarak tanımlanmıştır. Ancak bu belirsizlik ölçme tekniğinde hassas laboratuvarlarda ve çok uygun çevre şartlarında çok daha küçültülebilmektedir.

Bu belirsizliklere ilaveten ölçülen parça, kütle (uzunluk) sıcaklık farklılığından kaynaklanan ölçme belirsizliği de oldukça önemli bir faktör olarak nazarı dikkate alınmalıdır.

Burada sıcaklık farkı, ölçülen kütlenin genleşme katsayısı, uzunuluk ve ölçü aktarımı bu belirsizliğin tesbit edilmesinde fonksiyonları oluştururlar.