

METAL SERTLİĞİ TEST CİHAZLARININ KALİBRASYONU VE BELİRSİZLİK HESAPLAMALARI

Cihan KUZU

ÖZET

Sertlik test cihazlarının kalibrasyonu yapılırken, sertlik ölçeğini oluşturan bileşenlerin hepsinin ayrı ayrı kalibrasyonlarının/doğrulamalarının yapılması, bu bileşenlerin ilgili EN ISO standartlarının talep ettiği toleransların içinde olması gerekmektedir. Bütün bileşenleri ilgili standartlara uygun hale getirilen sertlik test cihazlarının akredite bir laboratuvar ya da bir ulusal metroloji enstitüsü tarafından kalibrasyonu yapılmış sertlik referans bloklarıyla kalibrasyonu yapılır ve test cihazlarının toplamda doğru çalışıp çalışmadığı gözlemlenir. Böylelikle sertlik test cihazlarının ölçülebilir olmayan fakat performanslarına etki eden parametrelerin etkisi kontrol edilmiş olur. Bu çalışmada sertlik test cihazlarının Rockwell, Brinell ve Vickers sertlik ölçekleri için, sırasıyla EN ISO 6508-2, EN ISO 6506-2 ve EN ISO 6507-2 standartlarına göre kalibrasyon yöntemleri ve belirsizlik hesaplamaları açıklanmıştır.

1. GİRİŞ

Günümüzde müşteri memnuniyetini göz önünde bulunduran endüstri kuruluşları, ilerleyen teknoloji ile birlikte daha kaliteli ve güvenilir ürünler sunma konusunda yaşanan rekabet ile ülkemiz içinde ve dışında talep edilen kalite standartları seviyesine ulaşma zorunluluğu sonucunda ürünlerinin oluşum sürecinde çeşitli mekanik testler uygulamaktadırlar. Malzeme testlerinin ana amacı ürünlerde kullanılan malzemelerin uygunluğunun belirlenmesidir. Böylece uygun olmayan malzeme kullanılmayarak veya daha iyi malzeme geliştirilmesi sağlanarak, ortaya çıkabilecek muhtemel arızalar veya hasarlar önlenmiş ve olası tehlike ve zararlardan kaçınılmış olur. Malzemeye uygulanan bu mekanik testlerden bir tanesi de sertlik testidir.

Sertlik, malzemenin deformasyona karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Bu tanıma göre malzemenin şekil değiştirmeye, çizilmeye, sürtünmeye veya kesmeye karşı gösterdiği dirence sertlik denir [1].

Metal malzemelerin sertlik ölçümlerinden bahsedilebileceği gibi plastik ve kauçuk malzemelerin de sertlik ölçümleri gerçekleştirilmektedir. Metal malzemelerde en çok Rockwell, Brinell ve Vickers sertlik ölçekleri kullanılırken plastik ve kauçuk malzemeler için Shore ve Irhd sertlik ölçekleri ve test cihazları mevcuttur. EN ISO sertlik standartlarına göre kalibrasyon iki ana fikir üzerine kurulmuştur: Birincisi, sertlik test cihazlarının sertlik ölçeğini oluşturan temel parametrelerin ilgili standarda göre toleransların içinde olup olmadığını görmek için kalibrasyonlarının/doğrulamalarının yapılmasıdır. Burada sözü edilen adımlar sertlik test cihazlarının kuvvet uygulama sistemlerinin kalibrasyonu, ucun -geometrik özelliklerinin- doğrulanması, iz ölçme sisteminin kalibrasyonu ve test döngüsünün doğrulanmasıdır. Bu işlemler dizisine doğrudan kalibrasyon da denir. Doğrudan kalibrasyonda sertlik ölçeğini oluşturan ölçülebilir büyüklüklerin kalibrasyonu yapılmış olur. İkincisi ise doğrudan kalibrasyon sonucunda ilgili standarda uygun olduğu tespit edilen test cihazlarının bir bütün olarak sertifikalı sertlik referans blokları ile kalibrasyonlarının yapılması ve böylece cihazların performansına etki eden fakat ölçülemeyen parametrelerin etkilerinin kontrol edilmesi prensibidir. Bu prosedüre dolaylı kalibrasyon

da denir. Sertlik test cihazlarının kalibrasyonu müşterinin talebine göre EN ISO veya ASTM standartlarına göre yapılmaktadır. Biz bu çalışmada metal malzemelerin sertlik ölçümünde kullanılan sertlik test cihazlarının EN ISO standartlarına göre kalibrasyonları ile belirsizlik hesaplamalarını anlatacağız. Sertlik test cihazları benzer yöntemlerle ASTM standartlarına göre de kalibre edilirler.

2. CİHAZLARIN KALİBRASYONA HAZIRLANMASI VE ÖN MUAYENESİ

Sertlik test cihazlarının kalibrasyonuna başlamadan önce bazı hazırlıkların yapılması gerekmektedir. Cihazın ön muayenesi aşağıda kısaca ifade edilmiştir:

- Sertlik test cihazlarının kalibrasyonuna başlamadan önce cihazların üreticilerinin dizayn kriterlerine göre çalışıp çalışmadıkları kontrol edilir. Gereken durumlarda çalışır hale getirilir [1].
- Uçun taşıyıcının yuvası içinde hareket kabiliyetinin olup olmadığına bakılır [2,3,4].
- Uçun takıldığı yuvaya sıkı tutturulması gerekmektedir, bunun olup olmadığı kontrol edilir [2,3,4].
- Cihazın kuvveti darbesiz, titreşimsiz ve salınım yaptırmadan uygulama kabiliyeti kontrol edilir [1,2,3,4].
- Cihazın genel anlamda ve özellikle blokların üzerine konuldukları tablanın temizliğine dikkat edilir.
- Blokların/numunelerin üzerine konuldukları tablanın düzgün ve yatay konumda olması gerekmektedir. Gerekli hallerde tabla bir su terazisi yardımıyla yatay konuma getirilir [1].
- Ortam koşulları kaydedilir [1].
- Lüzumsuz bir numune üzerinde deneme amaçlı bir iki ölçüm alınır ve cihazın çalıştığı gözlemlenir

Yukarıdaki genel kontroller gerçekleştirildikten ve istenen koşullar sağlandıktan sonra cihazın kalibrasyonuna başlanabilir.

3. SERTLİK TEST CİHAZLARININ KALİBRASYONU

Sanayi kuruluşlarının, kalite kontrol ve test laboratuvarlarında malzemelerin sertliklerinin ölçümünde kullanılan sertlik test cihazları Rockwell, Brinell ve Vickers sertlik ölçekleri için, sırasıyla ISO 6508-2, ISO 6506-2 ve ISO 6507-2 standartlarına göre kalibre edilirler. Bu cihazların bakımları, taşınması, ciddi bir tamirat geçirmeleri veya montajlarının sökülüp tekrar monte edilmeleri kalibrasyonlarını bozabilir. İlgili standarda göre bu cihazların tekrar kalibrasyonları/doğrulanmaları gerekmektedir. Cihazların taşınması da cihazların performansını etkileyen önemli faktörlerden biri olduğu için cihazların kalibrasyonlarının özellikle yerinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Her sertlik test cihazı kalibrasyonunun yapıldığı ölçekler için kullanılır, ya da, kullanılacağı ölçekler için kalibre edilir [1].

3.1. Kuvvet Uygulama Sistemi Kalibrasyonu

Sertlik ölçeğini oluşturan bileşenlerden biri kuvvettir ve sertlik ölçme cihazlarının kalibrasyonunda öncelikle test kuvveti kalibrasyonu yapılır. Bu kalibrasyon yapılırken referans bir kuvvet ölçme cihazı (kuvvet dönüştürücü, yük hücresi, karşı ağırlık uygulama sistemi) sertlik test cihazının tablası üzerine, sertliği ölçülen numunenin yerine yerleştirilir. Cihazda hangi ölçeğin kalibrasyonu gerçekleştirilecekse o ölçeğe ait uç ve kuvvet değeri yük hücresine sertlik testi yapar gibi uygulanır ve göstergeden okunan değer kaydedilir. Bu işlem mümkün ise sürekli data alan bir kuvvet ölçüm sistemi ile gerçekleştirilir. Kuvvet ölçme işlemi uçun hareket doğrultusundaki 3 farklı konumu için, her konumda 3'er defa olmak

üzere toplam 9 kez tekrarlanır. Alınan bu kuvvet değerlerinden her birinin değerinin EN ISO standartlarında belirtilen toleranslarda olması gereklidir. Aynı cihaz için birden fazla ölçeğin kalibrasyonu yapılacaksa aynı işlem her ölçek için ilgili uç ve kuvvet değerleri seçilerek ayrı ayrı tekrarlanır. Kuvvet değerlerinin istenen toleranslarda çıkmaması halinde kuvvet değerindeki sorun giderilir ve tekrar kuvvet ölçümleri alınarak değerlerinin toleranslar içinde olduğu görülür. Kalibrasyon kısaca aşağıdaki adımlar takip edilerek gerçekleştirilir:

- Kuvvet kalibrasyonunda kullanılacak kuvvet ölçme referans cihazının en az ISO 376 standardına göre ya sınıf1 bir kuvvet ölçme cihazı ya da $\pm 0,2$ % doğrulukla çalışan bir mekanik karşı ağırlık dengeleme sisteminin olması gerekmektedir [1,2,3,4].
- Yük hücresi veya terazi deney cihazında blok konulan yere yerleştirilir.
- Sertlik deneyi yapar gibi yük hücresi üzerine basacak şekilde test gerçekleştirilir ve yük hücresinden belirli zaman aralıklarında sürekli veri toplanır. Sürekli veri toplanamıyorsa, kuvvetin uygulanma zamanları bir kronometreyle ölçülür.
- Kuvvet ölçümü, ucun hareket doğrultusu (aşağı-yukarı) boyunca hareket kabiliyetinin olduğu mesafe içerisinde üç ayrı pozisyonda, her bir pozisyonda üçer kuvvet ölçümü yapılarak gerçekleştirilir [1,2,3,4].
- Toplam 9 adet kuvvet testinin her birinde toplam kuvvetin (Rockwell için ön yük, toplam yük ve tekrar ön yükün) belirsizlikleriyle beraber EN ISO standardında ifade edilen kuvvet toleranslarında olup olmadığı kontrol edilir.

Kuvvet kalibrasyonu esnasında alınan kuvvet değerleri değerlendirilirken kuvvetin hata değeri ile birlikte kuvvet ölçüm cihazının belirsizliği de hesaplanmalıdır. Burada hata sertlik test cihazının kuvvet uygulama sisteminin kalibrasyonunda kullanılan referans kuvvet ölçme cihazından okunan değerinin nominal kuvvet değerinden sapmasıdır ve şöyle hesaplanır;

$$\text{Hata}=(\text{ölçüm değeri-nominal değer})/\text{nominal değer} \times 100$$

Toleranslar ile karşılaştırıldığı zaman hata ve belirsizlik toplanarak tolerans ile karşılaştırılmalıdır.

3.2. İz Ölçme Sistemi Kalibrasyonu

Sertlik ölçümlerinde izi oluşturmak kadar izin doğru ölçülmesi de önemlidir çünkü izi oluşturma yönteminiz ne kadar doğru olursa olsun iz ölçme sistemi yanlış ölçüyorsa sertlik değeri yanlış olacaktır. Kuvvet uygulama sisteminden sonra iz ölçme sisteminin kalibrasyonu gerçekleştirilir. Bilindiği üzere Brinell ve Vickers sertlik yönteminde sertlik, malzeme üzerinde oluşan kalıcı deformasyonun ölçülmesiyle yani bilye veya kare tabanlı elmas ucun belirli bir kuvvet altında malzemenin yüzeyine dik olarak etkimesi sonucu oluşan dairesel (küresel) izin çapının ya da kare (ters piramit) izin köşegen uzunluğunun ölçülmesi ile gerçekleştirilir. İz ölçümleri bir mikroskop sistemi ile gerçekleştirilir. Son zamanlarda bir kamera ve uygun bir yazılım bu mikroskopa entegre edilmiştir. Oluşan izin büyüklüğüne göre mikroskop sisteminde çeşitli objektifler vardır. Ölçüm yapılan sertlik ölçeğine bağlı olarak, hangi objektifler kullanılıyorsa bu objektiflerin kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir. Bu kalibrasyon ulusal standartlara izlenebilir bir stage mikrometre (ölçeklendirilmiş cetvel) ile yapılır. Burada dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesi cetvel üzerinde bulunan çizgilerden hangileri kalibreli ise o çizgiler kullanılmalıdır. Stage mikrometre sertlik test cihazının iz ölçme sisteminde blok yerine konular ve iz ölçüyormuş gibi kalibreli çizgiler arasındaki referans mesafeler ölçülerek yapılan kalibrasyona göre cihazın EN ISO standartlarında belirtilen toleranslarda olup olmadığı kontrol edilir. Kalibrasyon kısaca aşağıdaki kademeler takip edilerek gerçekleştirilir:

- İz ölçme sisteminde bulunan objektiflerden hangileri kullanılıyorsa o objektif aktif hale getirilir ve görüntü ayarları yapılır. Sistem sıfırlanır.
- En az 5 noktada ölçüm alınır.
- 3 adet ölçüm serisi yapılır ve cihazın her bir noktadaki sapması ve belirsizliği ile beraber EN ISO standartlarında belirtilen toleranslarda olup olmadığı kontrol edilir.

Yukarıda belirtilen kalibrasyon yöntemi Brinell ve Vickers için kullanılır. Rockwell sertlik ölçeğinde ise durum farklıdır. Rockwell'de dalma derinliği ölçümü söz konusu olduğu için referans cihaz olarak stage mikrometre yerine dalma derinliği ölçüm cihazına uygun bir referans sensör kullanılarak bu kalibrasyon aynı şekilde gerçekleştirilir

3.3. Uçun Doğrulanması

Üçüncü olarak ucun geometrisi kontrol edilmelidir. Öncelikle gözle yapılan kontrolde batıcı ucun üzerinde herhangi bir kusur, ezilme, bozulma, kırılma vb. olup olmadığı kontrol edilir. Daha sonra uç kalibrasyon imkanları mevcut değilse uçların akredite bir laboratuvar yada ulusal metroloji enstitüsü tarafından kalibrasyonu yapılmalıdır. Bilya uçların kimyasal yapılarının yanında çap ölçümlerinin yapılması, Rockwell sertlik cihazlarında kullanılan küresel-konik elmas uç için eğrilik yarıçapı, tepe açısı, açı eksenini ile taşıyıcı eksenini arasındaki sapma ve koni kenarlarının düzgünlüğü ölçülür. Vickers sertliğinde kullanılan kare tabanlı elmas ucun tepe açısı, açı ile taşıyıcısının eksenleri arasındaki sapma ile tepe kenar uzunluğunun ölçülmesi gerekmektedir. Uç kalibrasyonu daha sonra detaylı bir şekilde açıklanacaktır.

3.4. Test Döngüsünün Doğrulanması

Kontrol etmemiz gereken son madde madde olarak test döngüsüdür. Bu kalibrasyon kuvvet uygulanırken yapılı ve cihazın kuvveti ne kadar zaman tuttuğu sürekli veri toplayan sistemlerde yazılımdan gelen zaman birimiyle, sürekli veri alamayan sistemler için ise bir kronometre ile kontrol edilir. Toplam 9 adet kuvvetin test döngüsünün Rockwell, Brinell ve Vickers sertliklerinin (Rockwell için ön yük ve toplam yükün uygulama ve blok üzerinde tutulma zamanlarının) her birinin EN ISO standartlarına uygunlukları kontrol edilir.

3.5. Sertlik Referans Bloklarıyla Kalibrasyon

Sertlik ölçeklerini oluşturan bileşenlerin kalibrasyonundan sonra test cihazının son olarak sertifikalı sertlik referans blokları ile kalibrasyonu yapılır. Kalibrasyonu istenen ölçeğe ait düşük, orta ve yüksek sertlik değerlerine sahip 3 adet farklı referans sertlik bloğu belirlenir. EN ISO standartlarında belirtilen prosedürlere uygun olarak ölçümler yapılır. Her referans blok üzerinden 5 sertlik değeri alınır ve alınan 5 adet sertlik değeri ile sertlik test cihazının hatası ve tekrarlanabilirliği ile belirsizliği hesaplanır ve cihazın ilgili standarda göre hata ve tekrarlanabilirlik toleranslarında olup olmadığı kontrol edilir.

Alınan ölçümler küçükten büyüğe doğru H_1, H_2, H_3, H_4, H_5 şeklinde sıralanır. Bu değerlerin ortalaması H_{ort} bulunur. En büyük değer ile en küçük değer arasındaki fark cihazın tekrarlanabilirliğidir. 5 ölçümün ortalaması ile blok değeri arasındaki fark ise cihazın hatasıdır.

Hata: $H = H_{ort} - H_{ref}$

Tekrarlanabilirlik: $r = H_5 - H_1$ dir.

Brinell ve Vickers sertlik test cihazları için tekrarlanabilirlik $r = d_5 - d_1$ olarak hesaplanır.

3.6. Kalibrasyon Periyodu ve Sertifika

Sertlik test cihazlarının dolaylı kalibrasyon periyotları 12 ayı geçmemelidir. Her bir doğrudan kalibrasyonun sonunda bir dolaylı kalibrasyon yapılmalıdır. Bir sertlik test cihazının yada sertlik referans bloğunun kalibrasyon sertifikası en az aşağıdaki bilgileri içermelidir [1,2,3,4]:

- Kullanılan standarda atıf,
- Test makinesinin ya da referans bloğun tanıtılması (tip, üretici, üretim yılı, seri no),
- Sertlik test cihazları için, cihazın bulunduğu yer (adres),
- Kalibrasyon metodu ve kalibre edilen sertlik ölçeği,

- e) Kalibrasyonun yapıldığı tarih,
- f) Kalibrasyonu gerçekleştiren otoritenin adı veya işareti,
- g) Genel muayene sırasında belirlenen her türlü anormallik,
- h) Elde edilen sonuçlar ve değerlendirmeler,
- i) Kalibrasyon belirsizliği,
- j) Uygunluk beyanı,
- k) Ortam koşulları.

4. BELİRSİZLİK HESAPLAMALARI

Sertlik test cihazlarının ölçüm belirsizlikleri referans sertlik blokları ile kalibrasyon sonuçlarına hesaplanır. Bu kalibrasyonda cihazların hatasına bakılır ve hatanın ya da ölçümün belirsizliği hesaplanır. Hatanın ya da ölçümün belirsizliğine etki eden büyüklükler ise, cihazın tekrarlanabilirliği (ortalamanın sapması), cihazın çözünürlüğü ve referans blokların belirsizliğidir. Bu doğrultuda oluşturulan belirsizlik bütçesine ait model fonksiyon aşağıdaki gibidir:

$$\Delta H = H_c - H_{R\text{-blok}} + \delta s_c + \delta H_{SDCC} \quad (1)$$

Kalibre edilen sertlik test cihazı belirsizliği bu model fonksiyon kullanılarak bulunacaktır. Belirsizlik bütçesi oluşturulurken kullanılan semboller listesi ve açıklamaları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan sembol listesi

Sembol	Anlam	Birim
δH_{SDCC}	Sertlik deney cihazının çözünürlüğünün etkisi	ilgili sertlik ölçeği
ΔH	Referans Sertlik Bloğunun Sertlik Değeri ile Sertlik Test Cihazının Bu Blok Üzerinde Alınan 5 Adet Sertlik Değerinin Arasındaki Fark	
$H_{R\text{-blok}}$	Referans sertlik bloğunun değeri	
H_{ci}	Blok üzerinde alınan 5 adet sertlik değeri	
H_c	Blok üzerinde alınan 5 adet sertlik değerinin ortalaması	
δs_c	Sertlik deney cihazının standart sapmasının etkisi	
s_c	Blok üzerinde alınan 5 adet sertlik değerinin standart sapması	
$u(H_{SDCC})$	Sertlik deney cihazının çözünürlüğünün belirsizliği	
$u(s_c)$	Blok üzerinde alınan 5 adet sertlik değerinin belirsizliği	
u_b	Bloğun k=2 İçin Ölçüm Belirsizliği	
u_{SDC}	Sertlik Test Cihazının k=1 İçin Ölçüm Belirsizliği	
U_{SDC}	Sertlik Test Cihazının k=2 İçin Ölçüm Belirsizliği	

Yukarıda ifade edilen model fonksiyonu kullanılarak belirsizlik bütçesini oluşturan belirsizlik bileşenleri aşağıdaki gibi tablo şeklinde oluşturulabilir.

Tablo 2. Belirsizlik Bütçesi

Belirsizlik kaynakları	Bel. tipi ve dağı. fonk.	Kısmi belirsizlikler (HR, HV, HB)	Kısmi varyanslar (HR ² , HV ² , HB ²)
Blok, u _b	B Tip, Normal	u _b	u _b ²
SDC'nin Standart Sapmasının Belirsizliği	A Tip, Normal	$u(s_c) = \frac{t \times s_c}{\sqrt{5}}$	$u(s_c)^2 = \left(\frac{t \times s_c}{\sqrt{5}}\right)^2$
SDC'nin Çözünürlüğünün Belirsizliği	B Tip, Dikdörtgen	$u(H_{SDC\check{C}}) = \frac{H_{SDC\check{C}}}{2\sqrt{3}}$	$u(H_{SDC\check{C}})^2 = \left(\frac{H_{SDC\check{C}}}{2\sqrt{3}}\right)^2$

Bu tanımlamalara göre belirsizlik hesabı 5 ölçüm için (n=5) aşağıdaki gibi yapılabilir;

$$s_{ci} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 (H_{ci} - H_c)^2}{4}} \quad (2)$$

$u(s_c) = \frac{t \times s_c}{\sqrt{5}}$, burada t=1,14 olup student-t dağılımından gelen bir katsayıdır.

$$u_{STM} = \sqrt{u_b^2 + u(s_c)^2 + u(H_{SDC\check{C}})^2} \quad (3)$$

Bu değer standart belirsizlik değeri olup genişletilmiş belirsizlik için k=2 çarpım faktörü ile çarpılır;

$$U_{STM} = k \times u_{STM}$$

5. SONUÇ

Sertlik test cihazları kalibrasyonu yapılırken cihazın performansına etki eden ölçülebilen ve ölçülemeyen parametrelerin etkilerini kontrol etmek gereklidir. Etkileri ölçülebilen kuvvet, iz ölçme sistemi, uç ve test döngüsü parametrelerinin kalibrasyonu / doğrulaması yapılır. Bu 4 bileşeni ilgili EN ISO standardına uygun olan sertlik test cihazının ölçülemeyen parametrelerin etkilerini görebilmek için sertifikalı sertlik referans blokları kullanılır. Cihazın belirsizliği bloklar ile kalibrasyonu neticesinde hesaplanır. Sertlik test cihazları kalibre edildikleri ölçekler için kullanılır, ya da, kullanılacakları ölçekler için kalibrasyonları yapılır.

KAYNAKLAR

- [1] KUZU, C., Genel Sertlik Metrolojisi Eğitim Dokümanı, UME, 2008.
- [2] BS EN ISO, 2005. Metallic Materials - Rockwell Hardness Test - Part2: Verification and Calibration of Testing Machines (scales A,B,C,D,E,F,G,H,K,N,T) (ISO 6508-2)
- [3] BS EN ISO, 2005. Metallic Materials - Brinell Hardness Test - Part2: Verification and Calibration of Testing Machines (ISO 6506-2)
- [4] BS EN ISO, 2005. Metallic Materials - Vickers Hardness Test - Part2: Verification and Calibration of Testing Machines (ISO 6507-2)
- [5] European Co-operation for Accreditation, EA Guidelines on the Estimation of Uncertainty in Hardness Measurement (EA – 10/16)

- [6] Sertlik Deney Cihazlarının Kuvvet Uygulama Sistemi Kalibrasyon Talimatı, UME, 2005
[7] Sertlik Deney Cihazlarının Referans Blok İle Kalibrasyon Talimatı, UME, 2005
[8] Brinell-Vickers-Microvickers Sertlik Deney Cihazı İz Ölçme Sistemi Kalibrasyon Talimatı, UME, 2005

ÖZGEÇMİŞ

Cihan KUZU

1974 yılında Hatay'da doğdu. 1991 yılında Samandağ Lisesinden mezun olarak ilk, orta ve lise öğrenimini Hatay'da tamamladı. 1992 yılında girdiği Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden 1998 yılında mezun oldu ve aynı yıl TÜBİTAK-UME (Ulusal Metroloji Enstitüsü) Kuvvet Ölçümleri Laboratuvarı'nda araştırmacı olarak çalışmaya başladı. 2000 yılında sertlik ölçümleri üzerine çalışmaya başladı. Eylül 2003'de Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı ve bu programı 2006 yılında tamamladı. Halen Sertlik Laboratuvarı'nda araştırmacı olarak çalışmaktadır.