

ÜRETİM PARÇALARI KARAKTERİSTİKLERİNİN MODERN ÜRETİMDE KOORDİNAT ÖLÇME TEKNİĞİ (CMM) VASITASIYLA BELİRLENMESİ

¹M. Numan DURAKBAŞA, ²Anıl NOMAK

¹Technische Universitaet Wien, Austauschbau und Messtechnik, A 1040 Wien ÖSTERREICH
Tel: +43 1 58801 31142 E-Mail: durakbasa@mail.ift.tuwien.ac.at

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Mak. Fak., Mak. Müh. Bölümü., Makine Malzemesi ve İmalat Teknolojisi
Anabilim Dalı İSTANBUL
Tel: 212 2597070 / 2604 E-Mail: nomak@yildiz.edu.tr

ÖZET

Modern üretim sistemlerinde iş parçalarının kontrolü için geliştirilen muayene metodlarının en önemlilerinden biri, hareketli şekil elemanlarının karşılıklı etkileşimlerinin sonuçlarını tam olarak tesbit edebilmek için üç boyutlu koordinat ölçme cihazında geometrik ürün spesifikasyonu ve verifikasyonu temelinde boyutsal ve geometrik ölçümlerinin yapılmasıdır.

Bu temelde, ürün ve üretim kalitesini iyileştirme ve rasyonel üretim amacıyla gerçekleştirilen yeniden tasarım uygulamaları ile hassas ölçme laboratuvarlarında, doğrudan reel iş parçaları üzerinde yapılan araştırmalar ve analizler sonucu elde edilen bilgiler ışığında, parçaların tasarımları yeniden yapılarak üretime hazır hale getirilmektedirler.

Ölçülen parçalardan elde edilen değerler ve bu değerlerin analizi ile, üretim parçalarının tasarımı aşamasında, ekonomik üretimin yanı sıra ürün ve üretim kalitesini geliştirmeye yönelik üretim koşulları etkenleri belirlenmektedir.

Kontrol edilen modelin yeni teknik resmi gerçekte sahip olduğu ölçülere göre çizilmekte, şekil elemanları fonksiyonlarına göre yeniden toleranslandırılmakta ve tüm bu işlemler sırasında Geometrik Ürün Spesifikasyonu Standardları esas alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Koordinat Ölçme Tekniği, Toleranslar, Geometrik Ürün Spesifikasyonu ve Verifikasyonu, Geometrik Sapmalar

1. KOORDİNAT METROLOJİSİ VE KOORDİNAT ÖLÇME CİHAZLARI

Günümüz modern ve ekonomik seri üretim yöntemlerinin en önemli şartlarından biri makina parçalarının 'değiştirilebilirlik' özelliğine sahip olarak üretilmeleridir. Üretilen parça veya makinelerin ve özellikle birlikte çalışacak hareketli parçaların fonksiyonlarını tam olarak yerine getirmeleri bakımından, boyut, şekil, konum ve istikametleri için tesbit edilmiş belirli düzenlemeler, şartlar ve özellikle tolerans değerleri olmalıdır. Bu kavramların izlenmeleri ve kontrolü, ölçme tekniği veya üretim ölçme tekniği cihazları ile metodları tarafından gerçekleştirilmektedir.

Bu anlayışla, büyük ve küçük bir çok üretim hattında yaygın olarak kullanılan ve en güçlü metrolojik cihazlardan birisi olan Koordinat Ölçme Makinaları (CMM), iş parçalarının hareketli şekil elemanlarının muayenesi için kullanılmaktadır. CMM ile boyutları ölçülemeyecek hemen hemen hiç bir iş parçası yoktur. Yüksek esneklik ve hassasiyete rağmen ölçümlerin maliyetleri endüstriyel metroloji için halen kabul edilebilir bir değerdedir.

Koordinat metrolojisinin temel fonksiyonları iş parçasının gerçek şeklini tayin etmek, tasarlanan şekliyle karşılaştırmak, metrolojik bilgiyi değerlendirmek, boyut, biçim, konum ve istikamet gibi toleransları belirlemektir.

Bu amaçla kullanılan koordinat ölçme cihazları; iş parçaları üzerinde noktadan noktaya ölçümler yaparak, bu bilgileri bir araya toplayan, boyutlar ile geometrik toleransları analiz edebilen bilgisayar destekli muayene cihazlarıdır. Ölçme bilgisi, genellikle bir dokunma ucu veya tarayıcı probun bir sensör gibi iş parçası üzerine dokunarak yüzey noktalarının koordinatlarını, bir referans koordinat sistemine göre belirlemesi suretiyle elde edilmektedir.

CMM'le ölçümde ilk adım probun, kalibreli bir top başının referans olarak kullanılmasıyla kalibrasyonudur. İş parçası pozisyonunun, iş parçasının ilişkili olduğu koordinat sisteminde belirlenmesinden sonra, iş parçası üzerindeki yüzey noktaları söz konusu koordinat sisteminde ölçülür ve geometrik parametreler belirlenir.

İş parçasının konvansiyonel metrolojide olduğu gibi el ile zaman kaybettirici yerleşimine gerek olmayışı, kullanılan software sistemleri sayesinde cihazın değişen ölçme görevlerine kolay adaptasyonu, ölçüm sonuçlarının matematiksel ve nümerik modellerle kıyaslanabilme imkanının olması ve boyut, biçim, konum toleranslarının ve sapmaların bir referans sisteminde belirlenebilmesi gibi avantajları koordinat metrolojisinin konvansiyonel metroloji ile farklarını açıkça ortaya koymaktadır.

2. KONSTRÜKSİYON VE İMALAT

İmalat önceden hazırlanmış teknik resimlere göre yapılmaktadır. İmalat sonunda, teknik resimlerde talep edilen ideal geometrik formdan farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu durum daha konstrüksiyona resimden itibaren hata ile başladığını göstermektedir. İmalat koşullarındaki çeşitli faktörlerden doğacak farklarda gözönünde tutulursa, istenen formdan meydana gelecek sapmaların boyutları tahmin edilebilmektedir.

Üretim safhalarında, operatörler, kullanılan makina, tezgah ve techizatlar, çevre koşulları ve bunun gibi daha birçok etken dolayısıyla, üretim sonunda yapılan kontrollerde aslında parçaların talep edilen bu ölçü ve tolerans değerlerine sahip olmadıkları görülmektedir.

Ayrıca, teknik resimlerde bir parçanın saptanması için verilen ölçüler ve boyutlar, verilen toleranslar dahilinde mümkün kılınsa dahi; konstrüksiyonun müşterek çalışacak parçaları arasında uygun çalışma şartlarını sağlayabileceği iddia edilemez.

3. GPS VE UYGULAMA

Geometrik ürün spesifikasyonu standartları; teknik ürünlerin tanımı, özellikleri ve muayenesi safhalarında etraflı olarak hazırlanmış uluslararası standartlardır.

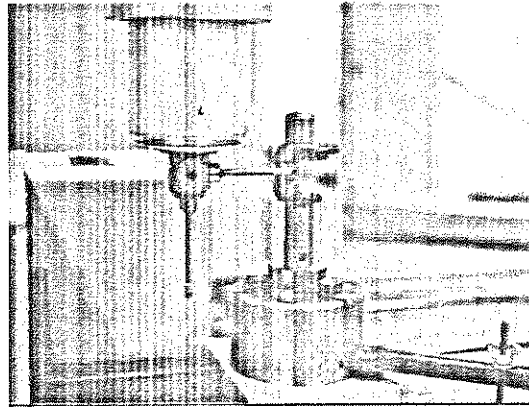
Üretim parçalarının yüzeyleri tek tek şekil elemanlarından oluşmaktadır. Üretim parçalarının şekil elemanları ideal şekillerinden ve konumlarından sapmalar gösterdikleri için geometrik ideal parçaların üretimi mümkün değildir. Şekil ve konum toleransları da Geometrik Ürün Spesifikasyonu standartlarında sapmaların sınırlarını

tain edecek şekilde tanımlanarak, tolere edilen elemanın içinde bulunması gereken tolerans sınırlarını belirlemektedir.

Üretimden kaynaklanan şekil ve konum sapmalarının üretim parçalarının fonksiyolarını önemli ölçüde etkilediği gerçeği gözönüne alınarak; elde edilen hatalı ürünü direkt iskartaya göndermek yerine incelemeye alarak yeniden kazanabilmeyi, zaman, malzeme ve insan gücünden tasarruf sağlayarak üretim maliyetlerini azaltmayı hedef alan 'Yeniden Tasarım Mühendisliği' uygulamalarına başvurulmuştur. Amaç aynı zamanda, ürün ve üretim kalitesini geliştirme ve talep edilen kalite değeri açısından bir iyileştirmeye gidilmesidir.

Bu amaçla, bu çalışmada, Viyana Teknik Üniversitesi, Üretim ve Ölçme Tekniği Departmanı, Hassas Ölçme Laboratuvarında, üretim veya imalattan alınan örnek bir iş parçasının hareketli şekil elemanlarının boyut, şekil ve konum toleransları üç boyutlu koordinat ölçüm cihazında tesbit edilmiş; geometrik ürün spesifikasyonu standartları ışığında yeniden toleranslandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

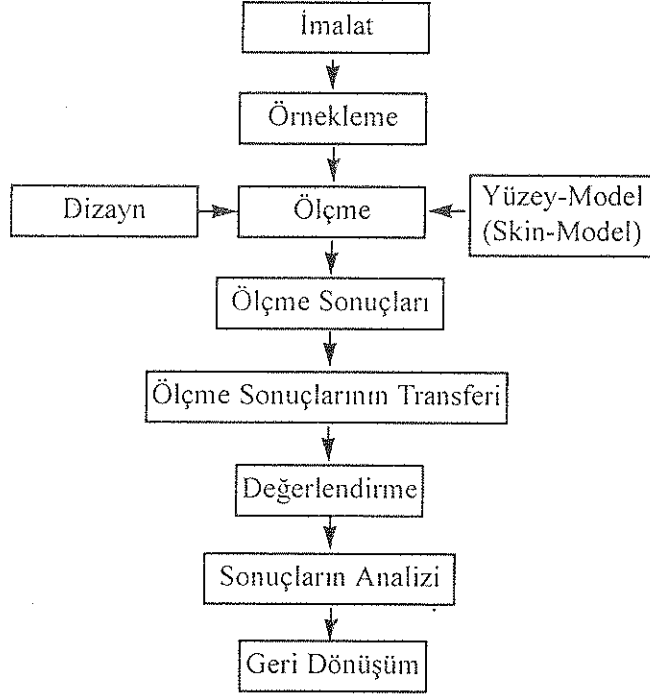
İlk adımda; bir pistonlu soğutucu kompresörün nominal geometrik karakteristikleri, dizaynından ya da teknik resminden belirlenmektedir. Operatör tarafından karar verilen ölçme stratejisi ve karakteristiği uygulanmaktadır. Kompresör hareketli elemanlarından, biyel, krank mili ve piston; 500x200x300 mm ölçme mesafelerinde, 0,1 µm mertebesinde çözülüm hassasiyetine sahip olan üç boyutlu bir koordinat ölçme cihazında muayeneye tabii tutulmuştur. Geometrik ürün spesifikasyonu standartları gözönünde tutularak; krank milinde sırasıyla, D_1 , D_2 , D_3 çap boyutları ile D_1 ve D_3 eksenlerinin koaksiyalitesi, yüzeylerinin düzlemsellikleri ve parçanın uzunluğu ölçülmüştür. (Şekil 1)



Şekil 1. İş parçasının CMM'de ölçülmesi

Konseptin prensibini, geometrik ürün spesifikasyonu ve verifikasyonunun (GPS) koordinat ölçme tekniği temelinde yüzey modeline (skin-model) uygulanması oluşturmaktadır. Bu konsept çerçevesinde, ölçme stratejileri, imalattan alınan örnekler, tasarım ve teknik resimden elde edilecek nominal geometrik karakteristikler yardımıyla belirlenirler.

Örneklerin ölçme işlemleri bir sonraki aşamada yüzey modeli ve tespit edilen karakteristiklere uygun olarak koordinat ölçme cihazında gerçekleştirilir. Cihazın bilgisayar sistemindeki bir software programının uygulanmasıyla ölçme sonuçları ileriki bir hesaplama ve çalışma için uygun bir veri formatına transfer edilir (Şekil 2).



Şekil 2. CMM'le yüzey modeli konsepti

Bir sonraki adım, ölçme sonuçlarının değerlendirilmesidir. Teknik resminde verilen nominal değerleri, arka arkaya tekrar edilen ölçümlerin sonuçlarının ortalamalarıyla standard sapma değerleri Tablo 1'de verilmektedir.

TABLO 1. Sayısal değerler

	NOMİNAL DEĞER	ORTALAMA	STANDART SAPMA
Boyut ($\phi D1$)	19,15 (-0,25,+0,25)	19,0704	0,0002
Boyut ($\phi D2$)	18,15 (-0,45,+0,45)	18,1327	0,0006
Boyut ($\phi D3$)	19,15 (-0,25,+0,25)	19,0695	0,0009
© (D3 ve D1) Koaksiyalite	0,05	0,0057	0,0010
— Düzlemsellik	0,05	0,0006	0,0001
— Düzlemsellik	0,05	0,0016	0,0002
— Düzlemsellik	0,05	0,0011	0,0002
— Düzlemsellik	0,05	0,0007	0,0004
Boyut L	87,79 (-0,05,+0,05)	87,7995	0,0031

4. DEĞERLENDİRME

Bir iş parçasının öngörülen ölçme değerinde imal edilmesi hiç bir zaman mümkün olmamaktadır. İşte bu değerlere verilen toleranslar ile makina parçalarının kendi aralarında değiştirilebilme özelliğini yakalamaları imalat sektöründe büyük önem taşımaktadır.

Endüstriyel imalatçılardan seçilmiş bir iş parçasını oluşturan makina elemanlarından alınan örnekler hassas ölçme laboratuvarında, üç boyutlu koordinat ölçme cihazında muayene edilmişlerdir.

Makina parçalarının farklı karakteristiklerinin karşılıklı ilişki ve etkileşimlerini araştırmak için uygun muayene metodları seçilmiş, hesaplamalar yapılmış, değerlendirme analizleri belirlenmiş ve sonuçlar ortaya konmuştur. Modern üretim hatlarında, koordinat ölçme tekniği yöntemlerinin zamanında kullanılmasıyla ürün ve üretim kalitesinde bir iyileştirmeye gidilmesi hedeflenmektedir.

Günümüz üretim sistemlerinde; makina parçalarının farklı geometrik sapmaları ve imalat şartları arasındaki ilişkilerin bilinmesi daha düşük maliyetlere ve daha yüksek kalite değerlerine ulaşmada büyük önem taşımaktadır.

Mevcut çalışma, iş parçası geometrisinin daha geniş kapsamlı analizleri doğrultusunda bir basamak teşkil edebilir.

5. KAYNAKLAR

- [1] ISO/TR 14638: Geometrical Product Specification (GPS) - Masterplan. 1995.
- [2] Durakbasa, N.M, P.H. Osanna, A. Afjehi-Sadat, A. Nomak: "Skin-Model for Product Characterization in Co-ordinate Measurement Technique" XVI IMEKO World Congress, Volume VIII, September 2000, s.73-76.
- [3] ISO/TS 17450: Geometrical Product Specification (GPS) - Model for Geometrical Specification and Verification. 1999.
- [4] Osanna, P. H., Durakbasa, N.M.: Comprehensive Analysis of Workpiece Geometry by Means of Co-ordinate Measurement Technique. Surface Topography 1 (1988), pp. 135/141.
- [5] Nomak, A.: "Geometrik Ürün Spesifikasyonlarına Göre Kompresör Parçalarının Kontrol Metodları ve Tolerans Analizleri", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2000