

Geometrik Ölçülendirme, Toleranslama ve ISO 9000

Macit Karabay

Mak. Y. Müh.
Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
06531 ANKARA

Geometrik ölçülendirme ve toleranslama, geleneksel koordinat ölçülendirme ve toleranslamaya göre, parça kalitesinde açıklık ve tamlık bakımından önemli üstünlükler sağlamaktadır. Ürünlerin kalitesinin tasarım ve teknik resimlemeden etkilenmediği savunulamayacağından, yakın bir gelecekte, ISO 9000 Kalite Güvence Sistem standartları, bu ve benzer tekniklerin kullanımını daha da açık bir biçimde ve titizlikle isteyecektir. Bu yazıda, sözü edilen bu iki teknik karşılaştırılarak ISO 9000 beklentileri incelenmektedir.

GİRİŞ

Teknik resimlerin kaliteli olması kaliteli ürün için en önemli etmenlerdendir. Kusurlu teknik resimler üretilen parçaların bazılarının, yerine takılamadıklarından sonradan yeniden işlenmelerine, ya da hurdaya atılmalarına neden olabilir. Bazı kusursuz parçaların kusurluymuş gibi işlem görmeleri, bazı kusurlu parçaların ise kusursuzmuş gibi yerine takılarak kaliteyi olumsuz etkilediği izlenegelmıştır. Endüstrilemiş bir ülkede yapılan bir incelemede parça resimlerinin yarısına yakınında eksikler-kusurlar olduğu, % 5-10 oranında yapılacak bazı değişikliklerle ancak bu resimlerin kullanılabilir duruma gelebileceği gözlenmiştir. Bu yazıda teknik resimlerdeki kusurları azaltıcı yeni yöntemlerle ISO 9000 'nin beklentileri ele alınmakta, örgün ve yaygın yöntemlerle teknik eğitim veren kuruluş ve kişilerle, teknik resimlerle haşır neşir olup bunları hazırlayan ve kullananlara bu konuda en güncel bir konu olan Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslamanın önemini ve yerini anımsatarak bu konunun kullanım ve eğitiminde topyekün bir girişime çağrı yapılmaktadır.

TEKNİK RESİM KUSURLARI VE SONUÇLARI

Teknik resimlerde ortak olan kusurlar içinde danışman (referans) yüzey ve yerlerin belirsizliği, uygun olmayan ve aşırı sınırlayıcı nitelikte toleransların varlığı, delik merkezlerinin konumunda, geometrik toleranslardan olan konum toleransları yerine klasik (\pm) li koordinat toleranslarının verilmiş olması bulunmaktadır. Bu tür, üretimi ve kaliteyi doğrudan etkileyen özelliklerin yeterli ve uygun olmadığı durumlarda, öyle olabilir, böyle de olabilir gibi

varsayımlarla üretim ve kalite denetimi yürütüldüğünde, örneğin üretim ve kontrolde parça üzerindeki farklı yerlerden referans alındığında tutarsızlıklar, anlaşmazlıklar ve sürtüşmeler doğmaktadır.

Sonuçta, genelde, işlevini beklenildiği gibi vermeyen parçalar nedeniyle üretim ve teslim sürelerinde gecikmeler, parça düzeltmeleri olmakta, tartışmalar ve görüşmeler bunlara eklenerek beklenmedik giderler oluşmaktadır.

Teknik resimlerin tek anlam verebilecek biçimde düzenlenmemiş olmasının bedeli ödenegelmektedir. Yürürlüğe girmiş olan uluslararası birçok standartların varlığına karşın yine de sorunun tam anlamı ile çözülebildiği söylenememektedir. Bu standartların, gelişen teknoloji, hızlanan üretim, beklenen daha yukarı düzeydeki kalite ve tamlık nedeniyle hızla güncelliğini yitirdiği, çoğunun incelemeye alınmasından bellidir.

Ülkemizin uluslararası bu olayları ve gelişmeleri yakından izlemesi kaçınılmazdır. Bu konularda da gerek okul içi gerekse işbaşı - endüstri içi eğitiminin çok daha ciddi biçimde ele alınması koşuldur. Geri kalırsak bedelini daha da acımasız ödeme durumunda kalacağımız kesindir. Bu gibi konuları bilim değildir diye bir yana atıvererek, ilgilenmemek yanlışlıkların en büyüğüdür.

Kuşku olmanın, başka bir deyişle tek anlamlı olan teknik resimlerin elde edilebilmesi hazırlık aşamasında üzerinde ciddi biçimde düşünmeyi gerektirir. Parçanın işlevi ve onu işlemek için uygulanabilecek olası süreçlerle, olası muayene-kontrol yöntemleri tam anlamı ile çözümlenmeli, ilgililerle sağlanacak bilgi alışverişi ile sonuca varılmalıdır. Basit bir örnek olarak, eğer ürün tasarımcısı, üretim aşamasında mastarın ürünün (A) yüzüne dayanıp öbür ucu ile (B) yüzünün sınanmasını öngörüyor, oysa kontrolde bunun tersi

yapılıyorsa iyi bir parçanın bozuk, bozuk parçanın iyi olma olasılığı belirir.

Bu ve benzeri nedenlerle denilebilir ki, işlevsel olacak, kolaylıkla ve ucuza kontrol edilebilecek kaliteli parçaları belirleyen teknik resimleri elde etmek üretim endüstrisinde çok önemli bir öncelik alır. Teknik resimlerin hazırlığında gözetilecek dikkat ve özenin giderleri kendini kolaylıkla ve kısa sürede öder. Hızla, elde bir resim olsun da ne olursa olsun diye hazırlanan göstermelik teknik resimlerin neden olduğu giderleri sabırla incelediğimizde işin önemini ve parasal boyutunu kolaylıkla görmemiz olasıdır.

Elinde teknik resimleri olmadan üretim yapan, başka bir deyişle, üretime geçerken teknik resime gerek duymayan ve de ürettikleri için "kalite uygunluk belgesi" almış üreticilerin olduğunu görmüş kişiler bu ülkede üretime hazırlık aşamalarında çok önemli sorunların olduğunu rahatlıkla söyleyebilirler.

GELENEKSEL ÖLÇÜLENDİRME - TOLERANSLAMAYA KARŞI GEOMETRİK ÖLÇÜLENDİRME VE TOLERANSLAMA

Geometrinin denetiminde sorunlar seri üretimin devreye alınması ile doğdu. Çözüm İkinci Dünya Savaşı sonu İngiliz ordu donatım mühendislerinin geliştirdiği bir biçim denetim tekniği olan geometrik ölçülendirme ve toleranslama ile gerçekleşme yoluna girdi.

GD & T (geometrik ölçülendirme ve toleranslama) tekniğinden önce kullanılagelen ve bugün bile pekçok resimde görülen klasik koordinat ölçülendirmeli ve \pm li toleranslamalı teknik resimlerin çok anlamlı "müphem" olduğu teknik bir ortak görüştür. Parçanın yerine takılabilmesi ve kullanım süresi içinde işlevini sürdürebilmesinde karşılaşılabilecek sorunların biçimsel bazdaki kaynağı kuşkusuz geometrilere, bir yuvarlaklık, silindiriklik kavramı ve onun toleranslarını gözönüne almadan, üretimde yumrulaşma denilen bir sonucu bilmeden saptanacak iç-diş çap ölçülerine verilecek boyutsal toleranslarla ortaya konulan bir alıştırma durumu bekleneni vermeyebilir. Nedeni boyutsal toleranslarla belirtilemeyecek geometrik kusurlardır. Teknik resimlerde bazı boyutsal ölçülerin bu klasik teknikte verilmesi gereklidir.

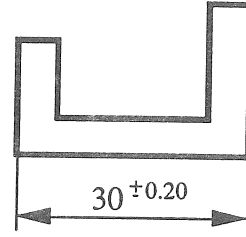
Ancak, doğrusallık, düzlemsellik, yuvarlaklık, konum vb. gibi doğrudan geometriyi ilgilendiren onüç değişik biçim ve durum özelliklerinin koordinat ölçülendirme ile kuşku yaratmayacak biçimde anlatımı bu hızlı ve yüksek tamlik gerektiren ortamda olanaksızlaşmıştır. Geliştirilen yeni teknikte, parçanın işlevini gözönüne alarak ölçümlerin bu amaca yönelik yeniden düzenlenip kritik geometrilerin özel olarak toleranslandığı bir yöntem çağdaş üretim endüstrisinde hızla yaygınlaşmaktadır. Gerekli danışman yüzey, doğru ve eksenlerin bilinen ve istenilen sıraya göre dizilebildiği, ölçme ya da masterla kontrolde ucuzluk ve tekdüzeliğin gerçekleştirilmesi için örneğin M (en çok malzeme durumu) gibi koşulların kolaylıkla ve kesinlikle belirtilebildiği, böylece teknik resimlerde pek çok ek not ve yazıların ortadan kaldırılarak evrensel bir

dilin oluşturulabildiği ilginç bir uygulama gündemdedir.

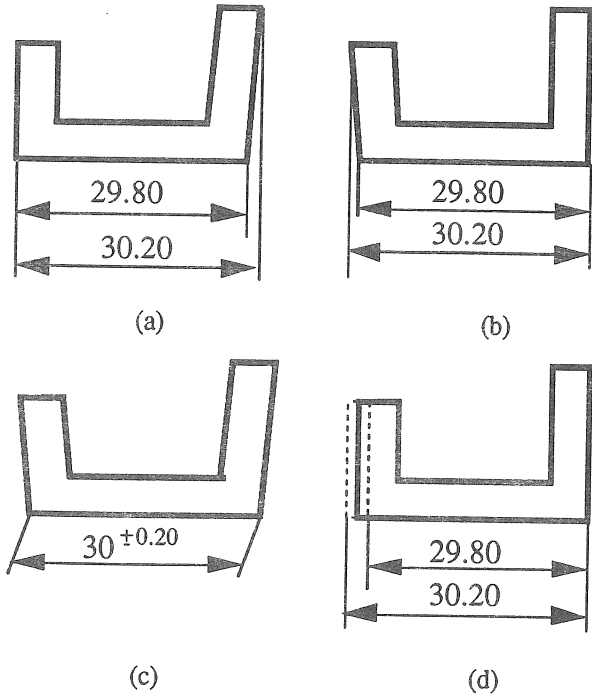
Aslında anahatları ile 20-30 yıldır geliştirilen bu sistem son duruma gelmemiş olmasa da, bu kadarı bile, gerek tasarım, gerekse üretim ve kontroldaki gereksinimi nedeniyle gelişmiş ülkelerde, son yıllarda özel seminer, kurs ve eğitimle, üzerinde durulan birincil önem düzeyinde olan konulardan olmuştur. Bir yabancı yazara göre sağlıklı bir GD & T uygulaması için mühendis düzeyinde elemanların 60 saatlik sınıf içi eğitime, altı ay pratiğe gereksinimi vardır.

TEKNİK RESİMDE ÇOK ANLAMLILIK

Çok anlamlıya bir örnek olsun diye aşağıdaki şekil verilmiştir. Şekil 1 'de verilen bir geleneksel koordinat ölçülendirmesinde resmi eline alan kişi 30 ± 0.20 özelliğini Şekil 2 (a), (b), (c) ve (d) 'deki gibi yorumlayabilir. Varsayalım ki tasarımcı Şekil 2 (b)'deki yorum beklentisi içinde olsun. Geometrik ölçülendirme ve toleranslama tekniğini kullansa idi, tasarımcı teknik resmi Şekil 3'deki gibi ölçülendirir,

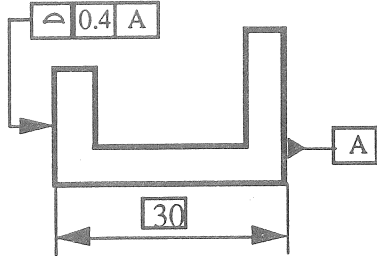


Şekil 1. Geleneksel Boyutlandırılmış Bir Resim.



Şekil 2. Geleneksel Boyutlandırmadaki Çeşitli Yorumlar.

diğer yorumlara olanak bırakmazdı. Şekil 3'de, tolerans konulan yüzün belirlenmiş profilinin tümü ile, A yüzüne göre, 29.80 - 30.20 mm uzakta duran paralel iki kusursuz yüzey arasında kalması öngörülmektedir. Kutu içindeki 30, bu yüzeyin temel (adsal) konum ölçüsüdür.



Şekil 3. Şekil 2 (b) 'deki Yorumu Göre Ölçülendirme.

GEOMETRİK ÖLÇÜLENDİRME VE TOLERANSLAMANIN KOORDİNAT ÖLÇÜLENDİRME VE TOLERANSLAMAYA GÖRE ÜSTÜNLÜKLERİ

Şekil 4'de iki delikli bir prizmatik parçanın koordinat ölçülendirme ve toleranslama tekniğine göre hazırlanmış teknik resmi verilmektedir. Resmi karmaşıklaştırmamak için yalnızca konuya ilişkin özellikler gösterilmiştir.

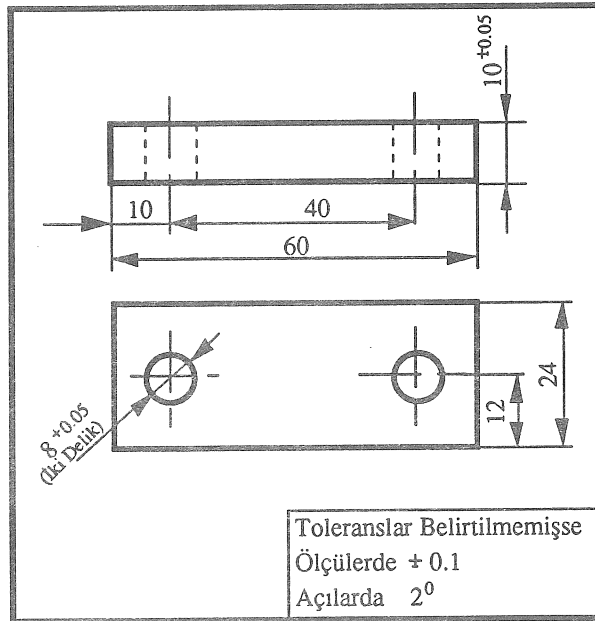
Şekil 5'de de aynı parçanın ilgili özelliklerinin geometriye göre yeniden düzenlenmesi görülmektedir.

Bu iki teknik resim karşılaştırıldığında aşağıdaki farklar görülür:

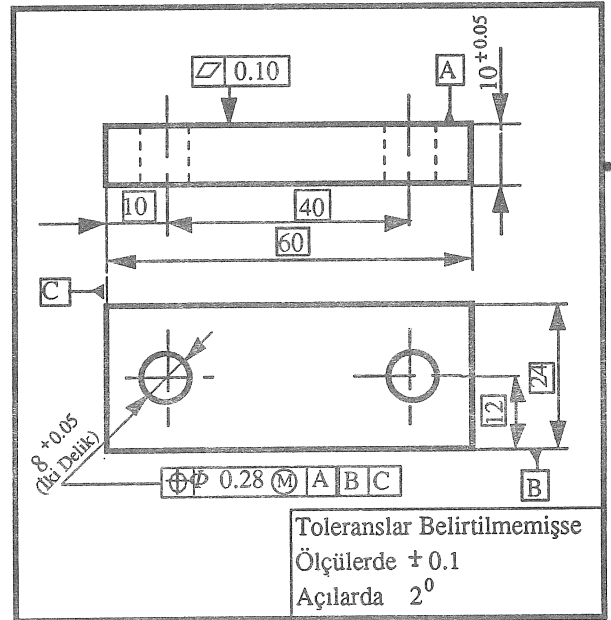
1. Parçanın düzlemselliği: Her iki resimde de parça kalınlığı 10 ± 0.05 olarak verilmiştir. Ancak, koordinatlıda parçanın (A) yüzüne ilişkin bir düzlemsellik gereksinimi gösterilememiştir. Kalınlıktaki tolerans noktasal bazda olup düzlemsellik ile ilgili bir bilgi içermez. Oysa düzlemsellik toleransı ile, bu parçanın, aralığı 10.10 mm olan iki gerçek düzlemsel plaka arasında kalması öngörülmektedir. Koordinatlı resimlerde, gerekiyorsa bu husus "parça, arasında 10.10 mm olan iki gerçek düzlem arasında kalmalıdır" gibi bir notla anlatılmak istenir.

2. Toleransların istenilmeyen yığılımı: Geometrik resimde kutu içine alınan birçok ölçü bulunmaktadır. Bunlar temel ölçüler olup geometrik toleranslamanın en önemli birimleridir. Temel ölçüler, toleransların çerçevesi içinde gerçek konumları gösterirler. Koordinatlı ölçülendirmede karşıt bir terim bulunmaz. Bu bakımdan oralarda tolerans yığılımı olabilir. Tolerans yığılımı birçok durumda asla arzu edilmez. Geometrik resimlerde bu husus "x işaretli ölçüler master ölçüleridir. Parça toleransları için parça özelliklerine ilişkin notlara bakınız" gibi resim üzerine yazılı notlarla belirtilmek istenebilir.

3. Parçanın kontrolü: Önceden de değinildiği gibi, farklı ölçme teknikleri farklı sonuçlar verir. Örneğin Şekil 3'deki resme göre delik merkez aralarını kontrol için parçanın hangi yüzeylerine ve hangi sıraya göre danışılacağı anlaşılacaktır. Oysa Şekil 4'de açıkça önce (A), sonra (B) ve sonra (C) nin danışman olacağı belirtilmektedir. Koordinatlıda böyle bir bilgi olmadığından bazı koordinatlı resimlerde "parçanın kontrolünde parçayı önce sırasıyla (A), (B), (C) gibi birbirine dik düzlemlere göre dayatarak yerleştir" diye



Şekil 4. Koordinatlı Ölçülendirilmiş ve Toleranslanmış Bir Parça Resmi.



Şekil 5. Aynı Parçanın Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslamaya Göre Düzenlenmesi.

yazılır. Bu sıra bozulursa parça konumu farklı olacağından ölçüm kusurlu olur.

4. **Delik Konumları:** Koordinatlı resimlerde x ve y doğrultusundaki \pm li toleranslarla, delik merkezi için bir kare alanı belirtilir. Oysa, çap işaretli toleransla bu karenin içinde kalacağı bir daire saptanır. Koordinatlı ölçülendirme, köşegeni de içerdiğinden bunu içeren daire alanı da uygun sayılmalıdır. Bu yaklaşımla geometrik tolerans, koordinatlıya göre bir miktar primlidir. Kusursuz olduğu halde koordinatlı toleransa uygun bulunmadığı için red edilecek parça sayısında azalma gerçekleşmektedir.

x ve y deki \pm 0.1 lik tolerans, çapta 0.28 olmakta, bu ise tolerans alanında % 54 artış sağlamaktadır. Öte yandan, parçanın işlevi dikkatle incelendiğinde delik merkez tolerans alanının delik çapı en küçük iken en kritik olduğu görülür. Delik çapı büyürken, merkezinin toleransı, parçanın işlevini etkilemeden bir miktar arttırılabilir.

M (En Çok Malzeme Durumu) simgesi kullanılarak, büyük delik çaplarında delik merkez toleransının daha büyük olmasına izin verilmiş olur. Bu da geometriğin ek bir primidir. Örneğimizde delik çap toleransı 0.05 olup, delik merkez konum toleransı ϕ 0.28 dir. M simgesi konulduğunda, delik en çok metal durumunda, yani 8.00 iken istenilen konum toleransının ϕ 0.28; delik çapı büyürken bunun delikteki artma kadar artabileceğini ve delik en az metal durumunda iken yani çapı 8.05 olduğunda konum toleransının $0.28 + 0.05 = 0.33$ olabileceğini, tasarımcının buna izin verdiğini, parça işlevinin etkilenmeyeceği belirtilmektedir. Delik çapı bundan da fazla artamayacağından 0.33 değerinin üstüne çıkabilme olasılığı yoktur. Koordinatlı resimlerde bunu simgelemek olanaksızdır. Eski bazı resimlerde bu durum özel uzun notlarla belirtilmeye çalışılırdı. Oysa şimdi, bu önemli ayrıntılar kısaca, kolaylıkla ve fazlaca yer kaplamadan, uluslararası bir dille anlatılabilmektedir.

BUGÜNKÜ DURUM

Geometrik ölçülendirme ve toleranslamanın yararları ve önemi uluslararası boyutta giderek daha da iyi anlaşılacaktır. Bugün teknik resme ve ölçülendirmeye yönelik tüm ulusal standartların geometrik bakış açısı ile önemli kusur ve eksiklikler içerdiği ileri sürülmektedir. Bu konuda uluslararası iletişim için ISO 1101 yürürlüktedir. ABD ulusal standardı ANSI Y 14.5 M geniş kapsamına karşın gözden geçirilmeye alınmıştır. Yeni ve daha ileri yaklaşımlar, kavramlar, simge ve uygulamalar için endüstrileşmiş ülkelerde çalışmalar yapılmaktadır.

Aslında ölçülendirme ve toleranslama evrensel bir sorundur. Özellikle tolerans verme genelde itilip kakılan, bir başkalarına aktarılan, sonunda birilerinin deneyimine bırakılan bir olaydır. Bunun nedenlerini araştırmak ve kaliteye olan etkilerini ortaya çıkarmak olanaklıdır. Oysa bilinir ki tolerans doğrudan kaliteyi etkileyen çok önemli bir etmen olduğundan seçimi, kullanımı özel yetiştirme ve deneyim gerektirir.

Birçok teknik elemanın klasik toleranslamada bile zorluklarla karşılaştığı, karmaşık teknik resimlerin okunabilmesinin uzun süren pratik gerektirdiği düşünülürse, geometrik ölçülendirme ve toleranslama olayını küçümsememek, gereken önemi verip biran önce eğitim ve pratik için alt tabanı oluşturmak gerekir.

ISO 9000 VE MEKANİK PARÇALARIN RESİMLENDİRİLMESİ

Mekaniksel parçaların teknik resimlerini kullanan firmalar, içinde bulunduğumuz ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri döneminde resimlerin önemini gözardı edemezler. ISO 9000 'e göre firma içi ya da dışından bir değerlendirme yaparak firmanın kalite güvence sisteminin, ürün kalitesinden beklenenleri gerek düzey gerekse süreklilik açısından verebilecek nitelikte olup olmadığını saptama durumunda olanlar, teknik resimlerdeki tamlığın ve tek anlamlığın ölçme ve istatistiksel yöntemler gibi önemli olduğunu kavrayabilecek görgü ve yetenekte iseler, incelemelerinde teknik resimlerden başlarlar. Kalitenin tasarımdan, dolayısı ile de teknik resimlerden başladığını kimse yadsıyamaz ?

Geleneksel (\pm) li ölçülerle çizilmiş "kuşuklu" üretim resimleri ISO 9004 - 9.2 de istenilen eksiksizlik - tamlık ve doğruluk gereksinimlerine uygunluk göstermemektedir.

Kalite Güvence Sistemlerini ISO 9002 ya da 9003 e (bunlar firma içi tasarım girişimlerini içermemektedir) göre belgelendirme durumunda olan firmaları inceleyecekler, eğer imalat teknik resimleri çağın gereği olan bu tekniğine uygun hazırlanmamışlarsa, yalnızca geleneksel yöntem kullanılmışsa, bu eski yöntemin neden olacağı kuşuklu, sorgulu durumun üretimi ve denetimi olumsuz yönde etkileyeceği gerçeğini vurgulamalı ve bu hususun ISO 9000 için birincil derecede önemli bir uygunsuzluk olduğunu belirtmelidirler.

ISO 9001 (tasarımı da içerir) için bir belge sözkonusu ise teknik resimlerin, tasarım amaçlarını ve girdilerini belirtmede kesin etken olduğu ısrarla vurgulanmalıdır. Aksi halde tasarım çıktısı yetersizdir. Ürün kalitesi güvenilir değildir. Kalite Güvence Sistemi ISO 9001 e uygun değildir.

Bu doğrultudaki sorunların çözümünde teknik resimleri geometrik tabanlı standartlara ve uygulamalara uygun biçimde yeniden düzenleme ve ilgili tüm kişileri (tasarım, kalite, ölçüm ve ISO 9000 ler için inceleme - değerlendirme vb. işlerde çalışanları) geometrik ölçülendirme ve toleranslama konularında yeterli ve sürekli bir eğitimden geçirme önemli bir rol oynar.

SONUÇ

Geometrik toleranslamanın tipik bazı üstünlükleri yukarıdaki örnekte belirtilmiştir. Buna benzer daha pek çok özellikler ve üstünlükler söz konusudur.

1. Özellikle çoklu üretimde master tasarımı ve kullanımı gerektiğinde M simgesine resimlerde pek çok yerde rastlanmaktadır. Bu simge master tasarımını çok önemli oranda basitleştirmekte ve ekonomik- leştirmektedir.
2. Eldeki teknik resimler eğer geometrik teknikle toleranslanmadılarsa bunların hızla, bilinçli ve sistemli biçimde elden geçirilmeleri üretime ekonomik katkı sağlamak ve verimliliği artırmak için gereklidir.
3. Master tasarımı, ölçme teknikleri, bu bakış açısı ile yeniden ele alınmalı ve yeni tekniklere uyum sağlamalıdır.
4. Yeni resimlemelerde kesinlikle bu teknikler kullanılmalı, nerede, en uygun ve ne miktar toleranslar verileceği araştırılmalı, veri tabanı oluşturulmalıdır.
5. Önceden de değinildiği gibi, Avrupa Ekonomik Topluluğuna katılma aşamasında GD & T yönünde de önemli girişimler, çalışmalar yapılmalı, her düzeyde, okul içi, işbaşı eğitimi ile konu üzerinde beceri ve yetiştirme sağlanmalıdır.
6. Bu standartların, geliştirilme, yaygınlaştırılma aşamasında bulunduğu, şimdiden sayıları 20 - 30 'u bulan simgelerin daha da artacağı, yüksek üretim hızı ve yukarı düzeyde tamliklerin bunları gerekli kıldığı bilinci içinde en azından gelişmeler yakından izlenmelidir.

Endüstrinin araştırma kuruluşları, üniversite, MPM, TSE, TÜBİTAK gibi kurumların ilgi ve dikkatine sunulur.

GEOMETRIC DIMENSIONING, TOLERANCING AND ISO 9000

Geometric dimensioning and tolerancing deliver completeness, clarity, and precision to the quality that coordinate dimensioning cannot provide. It is therefore certainly advantageous. The use of ambiguous coordinate tolerancing contravenes the requirements for accuracy and completeness stipulated in ISO 9000 family of International Standards, quality assurance systems, which, in near future, will require the use of these new approaches more meticulously. In this article these two techniques are compared and ISO 9000 requirements are discussed.

KAYNAKÇA

1. Fong, R.K.C., *Ambiguous Blue Prints Create ISO 9000 Nonconformities*, ISO 9000 News 2/1994.
2. Krulikowski, A., *GD & T Challenges the Fast Draw, Manufacturing Engineering*, February 1994.
3. *ISO 1101 Form and Position Tolerances*.
4. *ANSI Y 14.5 M*. (ABD Ulusal Standardı).
5. Foster, W., *Modern Geometric Dimensioning and Tolerancing*, National Tooling and Machining Association, 1982.
6. Karabay, M., *Geometrik Toleranslar ve Master Tasarımı, Seminer Notları*, ODTÜ Sürekli Eğitim Merkezi, Ankara, 29-31 Mayıs 1995.