

TEKNİK RESİM, ÖLÇME VE TOLERANS TARİHÇESİ

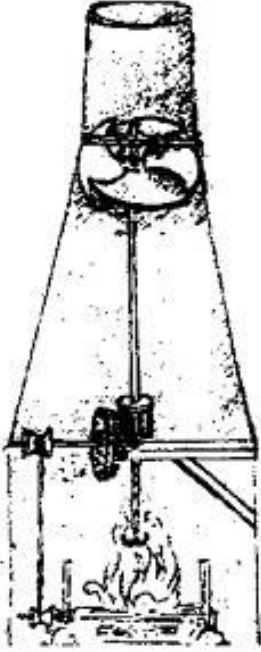
Cahit TÖRE

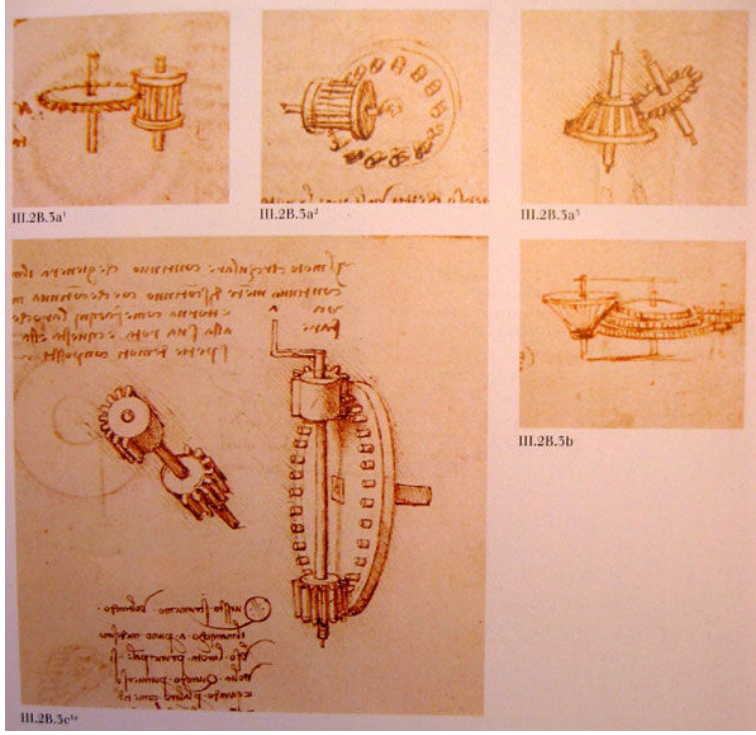
Tasarım Hizmetleri - TAI

Ölçülendirme ve Toleransın Tarihsel Gelişimi

Kullandığımız ürünleri ölçülendirme gereksinimi Milattan önce (M.Ö.) 6000 yıllara kadar dayanmaktadır. O tarihte Nil'de kol dirseğinden orta parmak ucuna kadar mesafe 'Royal Cubit' olarak tanımlanmıştır. Royal Cubit 45 ile 48 cm arasında değişen mesafe olup, Mısır'daki Piramitlerin yapımında 100 Royal Cubit değeri kullanılmıştır. Piramitlere tolerans boyutundan bakıldığında kullanılan her bir taş bloğunda 30 cm yakın farklılıklar olacağı anlamını da taşımaktadır. Standartların gelişmesi Royal Cubit'i 524 ± 2 mm ye eşitlenen bir ölçü haline getirmiştir.

Tarihsel gelişim içinde ölçüm toplum içinde kullanımını sürdürmesine karşın ölçüye uygulanan tolerans uygulamalarda görülmez. Bununla beraber teknik resim olarak tanımlayabileceğimiz tasarım çalışmalarında da ölçü ve tolerans kavramına rastlanılmamaktadır. Bunun en belirgin örneklerini Leonardo Da Vinci'nin tasarım çalışmalarını yaptığı teknik resimlerle örneklendirebiliriz. (bakınız Şekil 1 ve 2).





Şekil 1. Leonardo Da Vinci'nin Mekanik İzgara Resmi. (sıcak havanın yükselmesi ve hızlanmasyla dönen pervanenin dişli, zincir, kayışlı düzenek yardımıyla izgarayı döndürmesi. (yıl:1500)

Şekil 2 : Leonardo Da Vinci' nin Dişli Aktarım Teknik Resimleri. (yıl:1500)

Leonardo Da Vinci'nin Teknik Resimlerde

Neden Ölçülendirme ve Tolerans Göremiyoruz?

Şekil 1 ve 2'ye göre teknik resimlerde ölçü ve tolerans gösterilmemesinin farklı nedenleri olabilir. Bu nedenler;

- Teknoloji tanımının temellerinin atıldığı dönemde yapılan her teknik resim yeni bir icad (-taslak tasarım) olabilir.
- Ürünün gerçek ölçüsel boyutları tecrübe, gözlem ve deneme-yanılmayla yapılan imalat sonucunda ortaya çıkmıştır.
- O dönemde seri üretim ihtiyacının olmaması teknik resmin tanımını gereksiz kılmıştır.

Zanaatkar

Teknik resimlerde ölçü ve tolerans olmaması, ürünü imal eden sınıf olarak 'Zanaatkar' tanımını ortaya çıkarmıştır. Zanaatkar, tecrübesini ve ustalığını bireysel yetenekleriyle birleştirip imalat yapan kişi olarak tanımlanabilir.

Parçaların Birbirine Göre İmalatı

Zanaatkarlığın en önemli özelliği parçayı parçaya göre imal etme veya revizyonla birbirine uydurma becerisidir. Zanaatkarlar da çoklu üretim yapmalarına karşın bozulan parçaların değiştirilebilirliği özelliğini tamir etme veya yeni imal edilen parçayı yerine uydurma sistemi geçerli olmuştur.

Bugünkü yapıda sanayi çarşılarında iş yapan ustaların (-zanaatkar) yüksek maliyetli parça değişimi yerine, parçaları ufak tefek revizyonlarla tamir etme veya düşük işçilikle tekrar yapma düşüncesi hala geçerli metot olarak karşımıza çıkmaktadır. Dikkat edildiği takdirde bu ustalar teknik resim kullanmazlar ve resim okuma becerileri de sınırlıdır.

Seri Üretim

Zaman içindeki değişimlerle artan tüketim seri üretim düşüncesini oluşturmuştur. Seri üretim, ürünü oluşturan parçaların montaj edileceği yerden bağımsız olarak üretilmesi ve montaj edilmesi olarak özetlenebilir.

Seri Üretim ve Ölçü Tanımı

Seri üretimde aynı parça farklı zamanlarda, farklı kişilerle, farklı tezgahlarda üretilebilir olması parçanın tanımlama ihtiyacını ölçülendirilmiş teknik resim olarak ortaya çıkarmıştır.

Ölçülendirilmiş teknik resim oluşumu aynı zamanda toplumsal değişimleri de beraberinde getirmiş, zanaatkar sınıfın yerini işçi sınıfı almaya başlamıştır. Bu değişimde işçi'nin zanaatkar kadar yetenekli, becerikli olması gerekmemekte, sadece belirtilen miktardaki işi belirlenen zamanda yapması istenmektedir.

Seri üretimde Tolerans Gereksinimi

1900 lü yıllarla seri üretimle birlikte ürünlerdeki parçaların değiştirilebilir olma gereksinimi de artmıştır. Özellikle savunma sanayii ürünlerinde parçalarının değiştirilebilir olma özelliği yerine getirilebilmesi gereken en önemli şartlardan birisi sayılmıştır.

Değiştirilebilirlik özelliği ürünlerin imalat tolerans kavramının da başlangıç noktası olmuştur. Değiştirilebilirlik zaman içinde 2 farklı tolerans metoduyla gelişme göstermiştir. Bu metotlar





- Ölçülemeyen hassaslık (precision)

- Ölçülebilen sapma miktarı (accuracy) dır.

ÇOKLU ÜRETİM veya ÜRETİM (ZANAATKAR)	ÜRÜNE ÖLÇÜ GEREKSİNİMİ	SERİ ÜRETİM (İŞÇİ SINIFI)
SERİ ÜRETİM (ÖLÇÜLENDİRME)	TOLERANS UYGULAMASI	ÜRÜNÜN PARÇALARININ DEĞİŞTİREBİLİRLİK ÖZELLİĞİ

Ölçülemeyen Hassaslık (precision)

Seri üretimi uygulayacak tezgah çeşitliliğininin az, hız ve yeteneklerinin sınırlı olması üretim ihtiyacını ve parçaların değiştirilebilir özelliğini sağlamak için Şekil 3'deki ilk nesil üretim tezgahlarına ilaveten master aparatı kavramını geliştirmiştir.

			
Torna-Pratt & Whitney Circa (1865)	Panç tezgahı-James Nasmyth (1840)	Vargel-Circa (1851)	Silindir frezeleme tezgahı-John Wilkerson (1775)

Şekil 3 : Kas gücünden mekanik güce geçiş tezgahları (yıl: ~1850)

Master Aparatı

Şekil 4'de gösterilen master aparatlı üretim biçimiyle kapak delikleri ortak bir referans oluşturan master aparatına koordine edilmektedir. Master aparatı üretimi Şekil 3'de gösterilen ilk nesil üretim araçlarıyla yapılmaktadır. Bu sistemde Şekil 5'de görüldüğü gibi master aparata koordineli parçaların gereğinden fazla ve ölçülemeyen hassaslıkta (precision) üretilmesidir. Bu üretimin 'ne kadar hassas' sorusunun cevabıysa ölçülemeyen bir değer olduğu için 'merkezleme yapan pim girmediği yuvada serbestçe dönebilmesi' olarak örnek tanımlama yapılabilir.

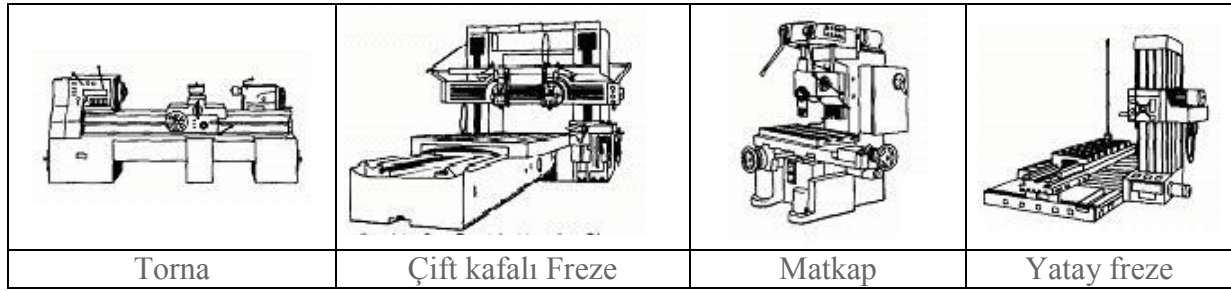
<p>Şekil 4 : Mastar Aparatıyla kapak ve kapak yuvası delme sistemi (yıl:1940-1950)</p>	<p>Şekil 5 : Mastar aparatı- parça tolerans ilişkisi Ölçülemeyen hassaslık (precision) tanımı (yıl:1940-1950)</p>

Mastar aparat kavramı uçak imalatında geçerliliğini koruyan bir üretim şekli olarak günümüzde de örneklerini sürdürmektedir.

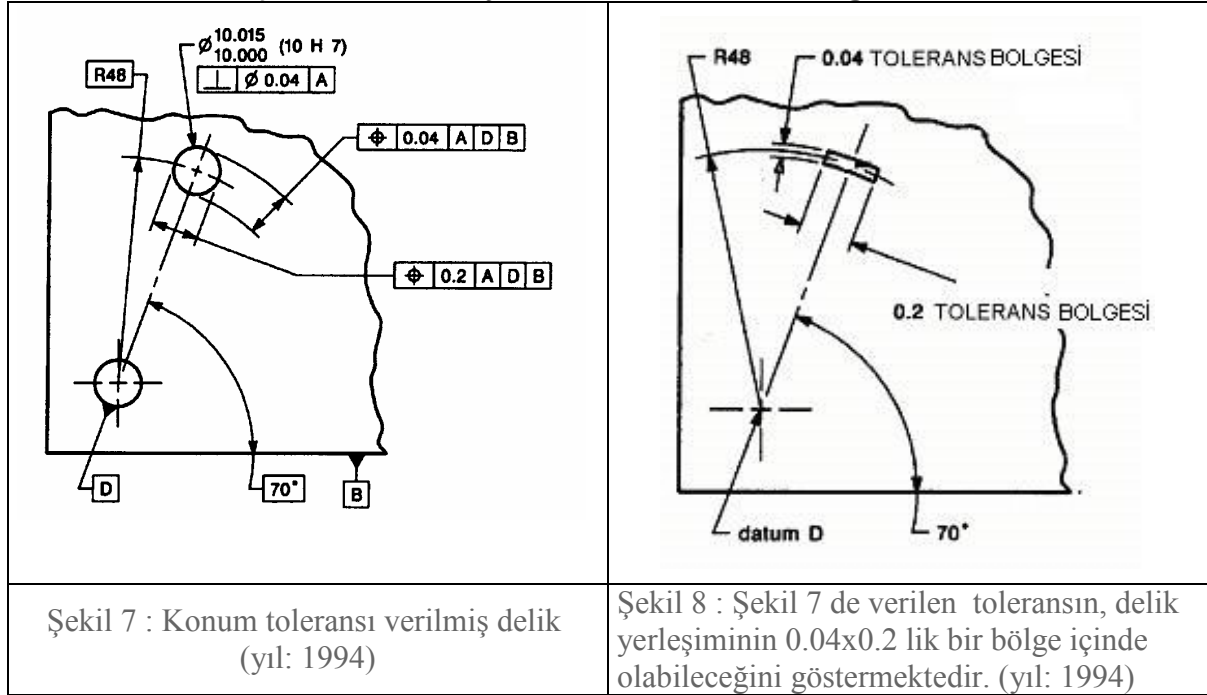
Ölçülebilen Sapma Miktarı (-accuracy)

Ürün özelliklerinin gelişmesi, imalat alanlarının farklı ortamlara (fabrikalar-yan sanayi, farklı ülkeler) taşınması, Şekil 6'da görülen yarı otomatik seri üretim tezgahların, ölçme cihazlarının gelişmesi, ürünlerdeki parça değiştirilebilirlik ihtiyacının büyümesi ve maliyetin önem kazanması ölçülemeyen hassaslıktan da (precision) gerektiği kadar tolerans (ölçülebilen sapma miktarı (-accuracy)) düşüncesinin oluşmasını sağlamıştır (bakınız Şekil 7 ve 8). Bu sistemde parçalarda geometrik ve ölçüsel değişikliklerin olabileceği kabul edilmiş, parça montaj ölçülerinin toleranslar dahilinde tutulmasıyla gerçekleştirilebileceği düşüncesi üretimin temel düşüncesi olmuştur.

Ölçülebilen sapma miktarının fiziksel anlamı Şekil 7 ve 8'de açıklanmıştır. Şekil 7'de gösterilen toleransların gerçekten ne kadar sapmaya müsaadesi olduğu Şekil 8'de gösterilmektedir.

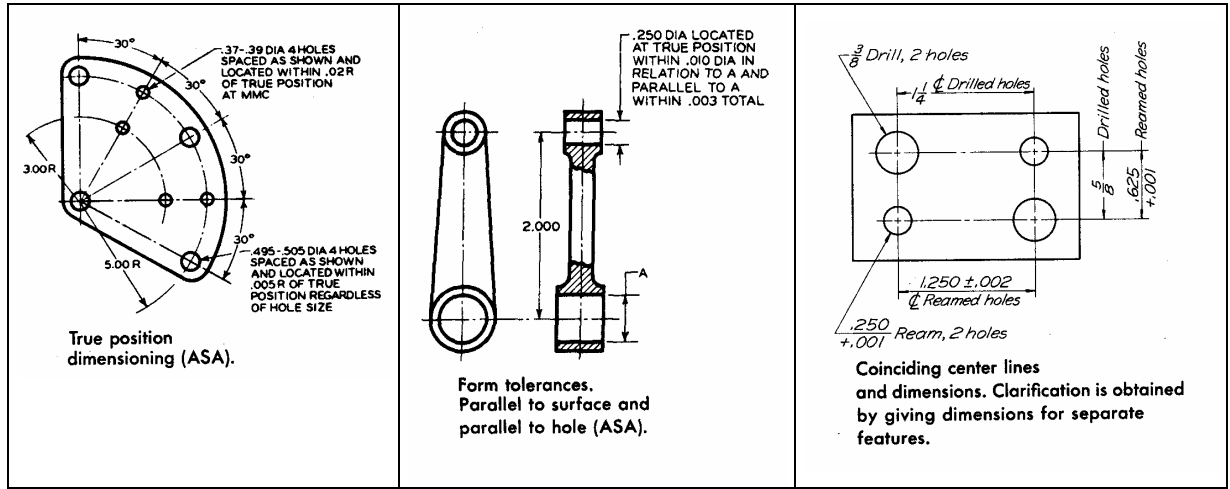


Şekil 6 : 2. Nesil yarı otomatik seri üretim tezgahları



Teknik Resim Standartları Tarihiçesi

Ölçülendirme ve tolerans tanımlarının gelişmeyle birlikte ürünün tanımlanma kurallarının oluşturulması gerekliliğinin ilk örneğini 1911 yılında ilk basımı yapılan Charles J. Vierck ve Thomas E. French'in Mühendislik Çizim el kitabında görmekteyiz. Gerçi tolerans tanımı ilk defa 1929 yılındaki 4. baskısında yalnızca 1 paragraf olarak bahsedilmesi bu yıllara kadar imalat toleranslarında master aparat kavramının ne kadar etkin olduğunu göstermektedir. 1966'da basılan French ve Vierck'in Mühendislik Çizimi kitabının 10. baskısında Amerikan Standartlar Birliğine (ASA) göre verilen en çok malzeme koşulu, paralellik (//) ve artı/eksi tolerans (\pm) gösterimleri Şekil 9'da belirtilmiştir. Toleransların Şekil 12'de gösterilen tolerans sembolleri yerine yazısal olarak resimlerde belirtilmesi 1966'lı yıllarda bile ölçülebilen sapma miktarı düşüncesinin olgunlaşma aşamasında olduğunu göstermektedir.

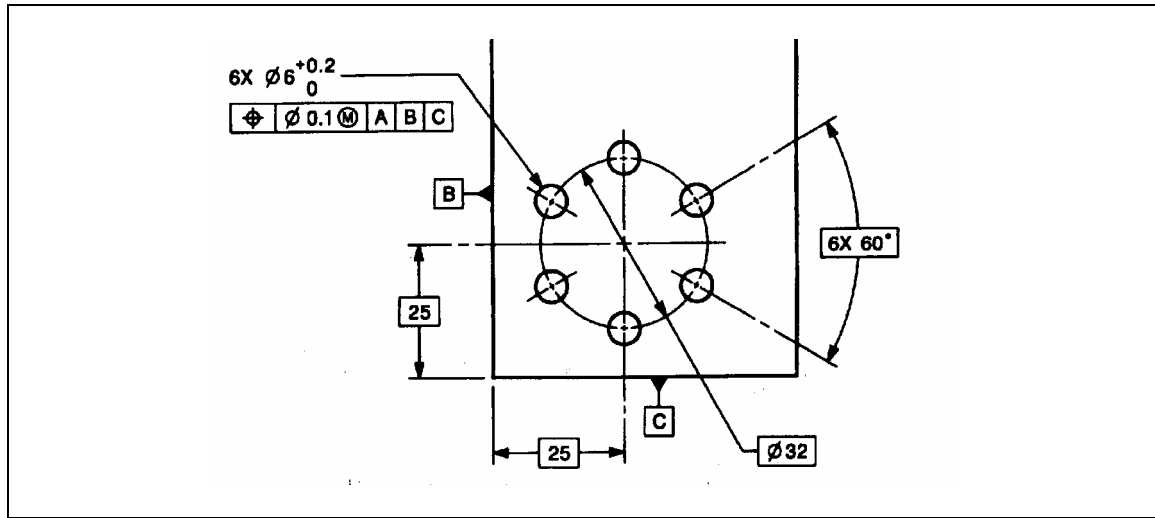


Şekil 9 : French ve Vierck'in Mühendislik Çizimi 10. baskısında Amerikan Standartlar Birliği

(ASA) ne göre teknik resimdeki en çok malzeme durumu, paralellik ve tolerans gösterim örnekleri (yıl:1966)

Konum Toleransı

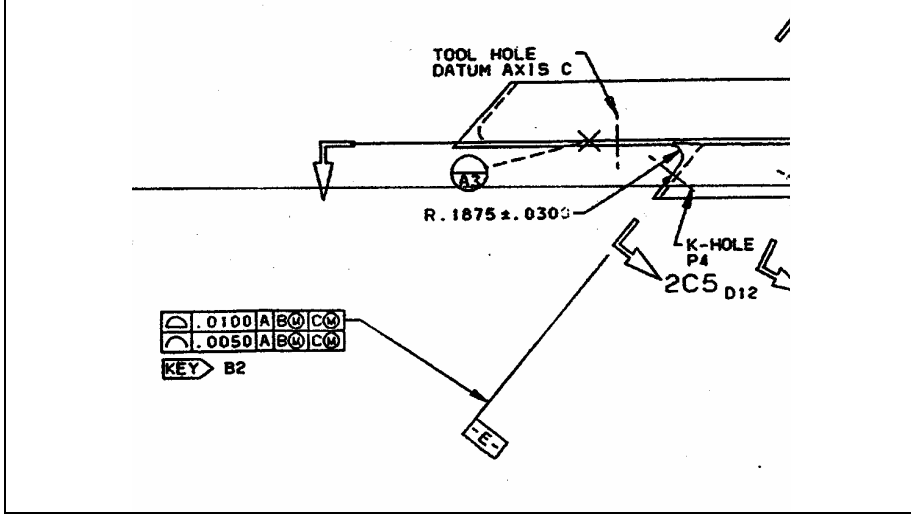
1930 yılında Stanley Parker, ilk defa konum tolerans teorisini Kraliyet Torpido fabrikasında gerçekleştirmiştir. Daha sonraki yıllarda İngiliz Donanması tarafından da standart haline getirilmiştir (bakınız Şekil 10).



Şekil 10 : Konum tolerans gösterimi (yıl:1994)

En Çok Malzeme Durumu

1940'da basılan Chevrolet Teknik ressam el kitabı dönemin toleranslarla ilgili en fazla bilgiyi ihtiva eden bir dökümandı. En çok malzeme durum toleransı bu standartta açıklanmıştır (bakınız Şekil 11).



Şekil 11 : Teknik resimde En çok Malzeme Koşulu uygulama örneği (yıl:1995’de yapılan teknik resim)

Tolerans Sembolleri

Ölçülendirme ve toleranslarla ilgili ilk Amerikan Askeri Standardı 1949 yılında yayınlanmıştır (MIL STD-8) ve 1953 yılındaki revizyonunda (MIL STD-8A) toleranslar için sembol tanımına geçilmiştir. Şekil 12’de tolerans sembolleri ASME Y14.5M ve ISO ile karşılaştırılmalı olarak örneklendirilmiştir. Örneklenen sembol gösterimlerinin her iki standart için aynı olması, uluslararası düzlemde imalatın da standart haline geldiğinin göstergesidir.

TOLERANS TANIMI	ASME Y14.5M	ISO
DOĞRUSALLIK	—	—
DÜZLEMSELLİK	▭	▭
DAİRESELLİK	○	○
SİLİNDİRİKLİK	⊘	⊘
PROFİL (ÇİZGİ)	⌒	⌒
PROFİL (YÜZEY)	⌒	⌒
ÇEVRE BOYUNCA	⊘	⊘
AÇISALLIK	∠	∠
DİKLİK	⊥	⊥
PARALELLİK	//	//
KONUM	⊕	⊕
EŞ MERKEZLİLİK	⊙	⊙
SİMETRİ	≡	≡
DAİRESEL YALPALAMA	↗	↗
TOPLAM YALPALAMA	↗↗	↗↗
EN ÇOK MALZEME DURUMU	Ⓜ	Ⓜ
EN AZ MALZEME DURUMU	Ⓛ	Ⓛ

Şekil 12 : Tolerans Sembolleri

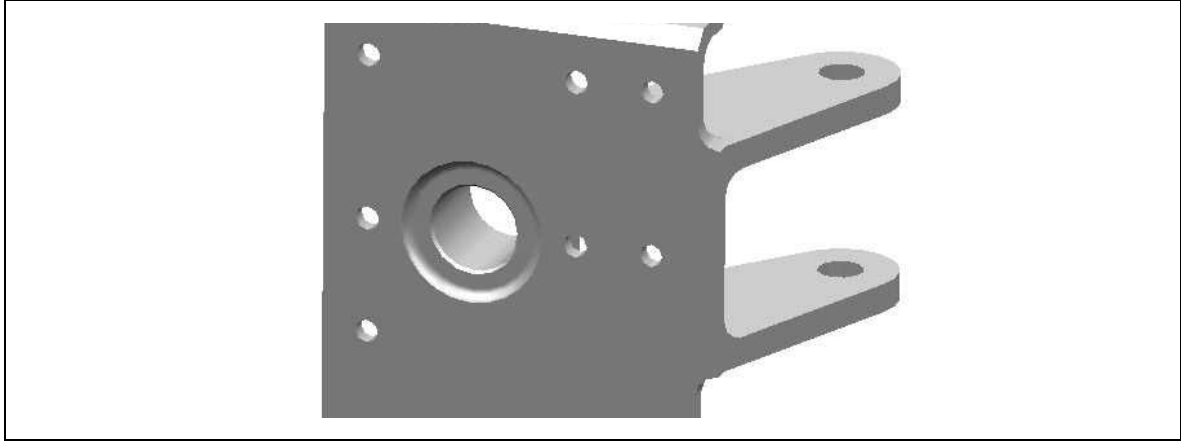
Günümüzde Teknik Resim

Yakın bir dönem öncesine kadar teknik resim, parçanın tasarım ve imalat bilgilerinin her ikisini de tanımlamaktaydı. Teknolojinin ilerlemesi tasarım bilgilerini imalat bilgilerinden ayırmıştır. Günümüzde teknik resim sadece imalat verilerini içeren bir dökümantasyon şekli almıştır. Bu ayrımı günümüzde

- Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)

- Teknik resim (DRAWING)

olarak tanımlanmaktadır.



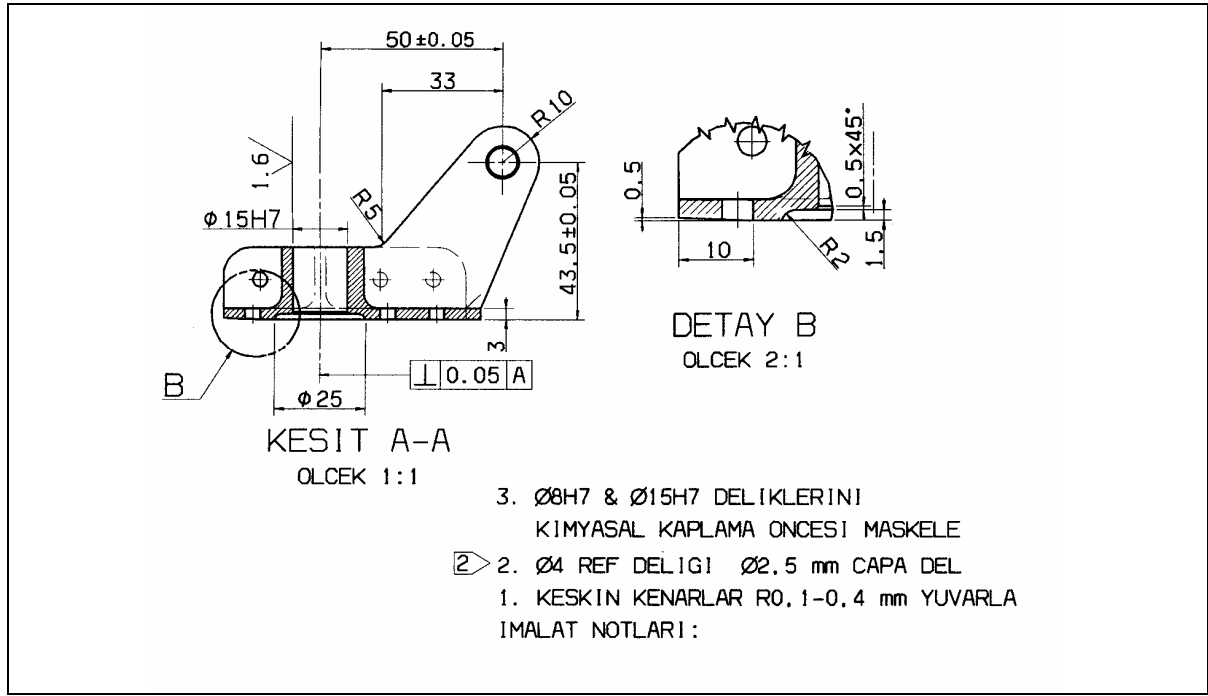
Şekil 13 : CAD Modeli (yıl: 2003)

Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)

CAD genel olarak ürünün mukavemet, imal edilebilirlik ve montaj ilişkileri tanımlamalarının oluşturulduğu modül olarak tanımlanabilir. Bilimsel bir ifadeyle CAD modülü, parçanın matematiksel olarak tanımlandığı bir ortamdır. Bakınız Şekil 13.

Teknik Resim

Teknik resim, tasarlanan ürünün imalatı için gerekli iletişiminin şekilsel ve ölçüsel dökümantasyonu olarak tanımlanabilir. Şekil 14’de teknik resim bilgilerin CAD ortamında görmek, hissetmek, algılamak zor olabilir. Bunu örneklemek gerekirse Şekil 14’deki teknik resim yalnızca Şekil 13’deki CAD modelindeki 15H7 deliğinin diğer iki eş merkezli deliğe tanımı örneklenmiştir. Parçayla ilgili diğer imalat bilgileri gösterilmemiştir. Delik bilgilerinin CAD modeliyle karşılaştırması Tablo 1’de gösterilmiştir.



Şekil 14 : Teknik resim tanımı ve imalat notları (yıl :2003)

Dünya üzerinde teknolojiyi üreten firmalar ürün verilerini elektronik ortamda (teknik resim yapılmadan üretim) bilgisayardan üretim tezgahlarına aktararak üretim yapma çalışmaları sürmesine karşın Tablo 1’de açıklanan imalat tanımlama farklılıklarının standart haline getirilememesi teknik resim tanımını günümüzde de geçerli kılmaktadır. Bu tanımlamaya farklı bir açı ile bakarsak CAD modeli aslında sadece görsel açıdan mükemmeliktir. Teknik resim boyutundaysa hisler, duygu, düşünce ve yorum devreye girer. Parçanın boyutlarını görmek, ne kadar ağır olduğunu hesaplamak, uygulanan toleranslarla ne kadar kompleks olduğunu farketmek, modelleme esnasında yapılabilecek hataları görebilmek, ürünü yorumlayabilmek, kontrol edebilmek teknik resim sayesinde gerçekleşmektedir.

Teknik Resim	Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD)
50 ± 0.05	CAD ortamında ölçülebilir.(50 ve 43.5)
43.5 ± 0.05	CAD ortamında tolerans tanımı yoktur. (± 0.05)
1.6 Yüzey kalitesi	CAD ortamında yüzey kalitesi tanımı yoktur
Ø15H7	CAD ortamında H7 tolerans tanımı yoktur
Ø25	
R10, R2	CAD ortamında hatalı ölçüm yapılabilir (R2, 33)
3	CAD ortamında ölçme işlemi uzun sürebilir (Ø25, R10, R23, 3, 33)
33	
0.5x45 pah	Bu ölçüler bilindiği takdirde CAD ortamında belirlenebilir, aksi takdirde CAD ortamında görmek zordur, hatalı ölçüm yapılabilir
10x0.5 eğim	Bakınız şekil 13.
1.5	CAD ortamında ölçme işlemi uzun sürebilir
İmalat notları	CAD ortamında imalat not tanımı yoktur.

Tablo 1 : Teknik resim ve CAD model tanımlamaları

Anahtar Ölçü (Key Value)

Ölçülendirme ve toleransla sistematik yapıya kavuşan imalat, günümüzde tolerans değişimini de kontrol altına almayı amaçlayan 'anahtar ölçü' metodu geliştirilmiştir.

Bu metotla kiritik ölçülere anahtar ölçü (key value) verilerek üretilen parçaların tolerans farklılıkları birbirleriyle karşılaştırılır.

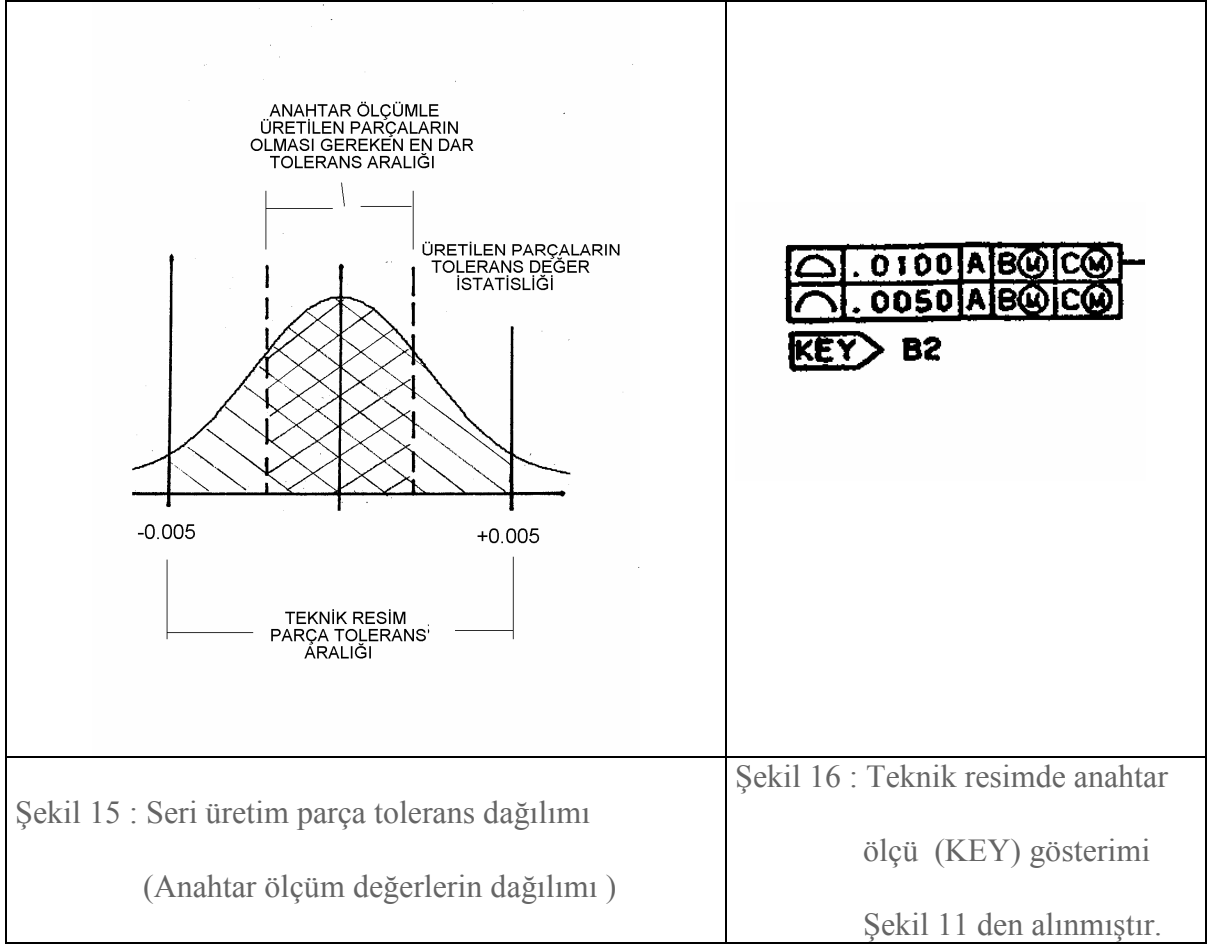
Şekil 11 ve 16'da profil toleransına verilen anahtar ölçü değeri parçanın tolerans limitlerini ± 0.005 arasında olması gerektiğini ve tolerans eğrisinin Şekil 15'deki gibi olması beklenir. ± 0.005 arasındaki her ölçü parçanın kalite kontrolü açısından kabul bir ölçü olmasına karşın tolerans limitleri içindeki değişimler üzerinde tartışılır.

Anahtar ölçümle toleranslar farklılıkları yaratan sebeplerin bazılarını örneklemek istersek;

- Parçayı kesen çakı aşınması toleransı limitlere taşımış olabilir.
- Gece gündüz ısı farklılıkları parçaların toleranslarını artı ve eksi yönde etkilemektedir.
- Farklı tezgahlardaki üretim ve kesme hızlarında değişiklik tolerans değişikliği yapabilir.
- Vardiya değişikliği-operatör kalitesi
- Soğutma suyunun kalitesi
- Parçanın üretimi ve ölçümü arasındaki ısı farkları

gibi genel sonuçlara çıkabilir. Bu sonuçlara göre yapılan iyileştirmelerle üretilen parçaların Şekil 15'de gösterilen en dar tolerans aralığında olması sağlanmaya çalışılır.

Anahtar ölçü metoduyla amaç üretilen parçaların toleransın içinde olması yanında tolerans değişmelerinin de mümkün olan en dar tolerans aralığı içinde olmasını sağlayıp imalat standardizasyonunu da sağlamaktır.



SONUÇ

Sosyal, kültürel, ekonomik etkilerle ürüne olan talebin artması imalat düşüncesinin 3 aşamaya

- Parçaların birbirine göre,
- Parçaların ölçülemeyen hassaslıkta,
- Parçaların ölçülebilen sapma miktarı ölçüsüne göre gelişme gösterdiğini belirtmiştik. Bilimin ürün tasarımına ve üretimine etkisinin artması ürünün kurumsal yönetim ve üretim sistemleri içinde gelişmesini zorlamaktadır. Bilgilerin organizasyon içinde kişilere bağımlı olmadan dağılması ve anlaşılabilmesi teknik resim düşüncesi gelecekte de geçerliliğini koruyan bir tanımlama metodu olarak gelişimini sürdürecektir. Bilginin genele yayıldığı günümüzde kullanılan çizim standartlarının (ISO, ANSI, ASME, MIL vb.) isimleri farklı olsa da Şekil 12’de görüldüğü gibi benzer tanımlamaları kullanarak standart bir üretim sağlamaktadırlar.

KAYNAKÇA

1. Applied Geometric Tolerancing- Samuel J. Levy
2. Dimensioning and Tolerancing-ASME Y14.5-1994
3. Material and Process in Manufacturing- E. Paul DeGarmo

4. Interchangeability/Replaceability Master Gage Program-Lockheed Martin Aircraft Company

5. www.leonet.it