

Tasarımda Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslama

Macit Karabay

Dr. Mak.Y.Müh.

Makina Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
06531 ANKARA

Mekanik parçaların beklenen tamlıkta, çok sayıda ve ekonomik olarak üretiminde tasarımın önemi ve etkisi yadsınamaz. Geometrik ölçülendirme ve toleranslama (GD&T), bu konudaki etkinliği nedeni ile daha da yaygınlaşarak tasarım, üretim ve ölçme-kontrol aşamalarındaki yerini almaktadır. ANSI (ABD. Ulusal Standartlar Enstitüsü) ve ISO (Uluslararası Standartlar Organizasyonu) bu konuda ortak çalışmalar içine girerek kısaca GD&T diye anılan bu uygulamaya, tüm ulusları içine alan bir nitelik kazandırma çabası içindedir. Son söz söylenmiş değildir. Yeni yöntemler, simgeler, kavramlar üzerinde çalışmalar sürmektedir. Her ne kadar ülkemizde mekanik parçalar tasarımı sınırlı ise de, ümit edilir ki bu konuda da beklenen aşamalara erişilecek, GD & T li tasarımlarla üretim ve doğrulama yöntemleri geliştirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslama, Tasarım, Doğrulama.

GD&T'İN KAZANDIRDIKLARI

Teknik resimlerde bulunan tüm bilgilerin kolay, anlaşılır ve yanlışlığa neden olmayacak biçimde tek anlamlı olmaları beklenir. Teknik resimlerde bazı özelliklerde kullanılmakta olan \pm li toleransların çoğu yerini geometrik toleranslara bırakmıştır. Oldukça karmaşık gibi görünen bu toleranslamanın da yanlışlıklara neden olmayacak biçimde kullanımı için gereken yapılmalıdır. Bu amaçla ulusal ve uluslararası standartlar geliştirilmektedir. ISO, 8-10 değişik standard içindeki konuları yeni bir düzen içinde GPS (geometrik ürün özellikleri) adı ile birleştirme çabalarını sürdürürken ABD'nin Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsüne (ANSI) hazırlattığı 212 sayfalık yeni standardını 1995 yılında kullanıma sunmuş, bir taraftan da gözden geçirmeye almıştır. Bu standartta bileşik, çoklu iki tekli konum toleransları gibi yeniliklerle yeni tanımlamalar yer almakta, tartışmalı olduğu ileri sürülen konulara açıklıklar getirilmektedir.

Ancak hala konu üzerinde son söz söylenmiş sayılmamaktadır. Çalışmalar sürmekte, araştırmalar, değerlendirmeler yapılmakta, öneriler ileri sürülmektedir. ANSI ve ISO standartları arasındaki kavram ve simge farkları en aza indirilmiş olmakla beraber tümü ile giderilmiş değildir. Bu iki standart

kuruluşu şimdi beraberce çalışarak GD&T'yi gerçek uluslararası ortak bir dil olarak düzenlemektedirler.

Klasik koordinat ölçülendirme ve toleranslamaya (CD&T) karşı, GD&T özetle, aşağıdaki ek bilgileri, herhangi bir anlaşılması zor olan "not" düşmeye gereksinim duymadan oldukça kolaylıkla verebilmektedir.

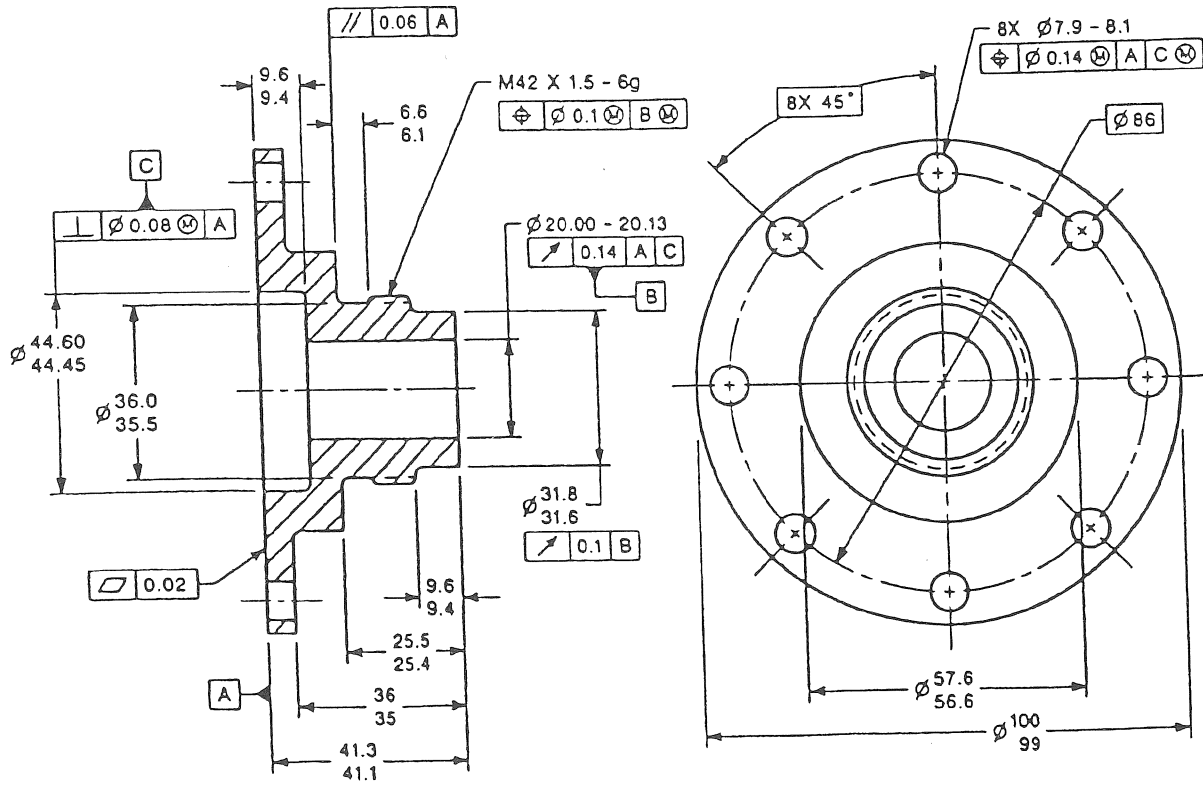
1. Geometrik biçimler olan doğrusalılık, düzlemsellik, dairesellik, silindiriklik ve profil ile, diklik, paralellik gibi yönelme (orientasyon) ve eşmerkezlik, eşeksellik, simetriklik, konum gibi konumlandırma, dairesel ve toplam salgı gibi özellikleri simgeliyerek ve bunlardaki kabul edilebilir kusurların (toleransların) basitçe gösterilmelerini sağlamaktadır.
2. Bu geometrilere bir ya da daha fazla yüzeye, eksene, doğruya bağımlı olanlar varsa bu bağımlılığı basit bir biçimde, sırasıyla gösterebilmektedir.
3. Parçanın yüzeylerine referans yüzeylerine hangi noktalarla ya da yüzeylerle dokunularak konumlama yapılacağı, singelenerek gösterilebilmektedir.
4. Tolerans miktarı, \pm yerine ϕ (çap) olarak konulabildiğinde tolerans bölgesi bu özelliğin işlevini aksatmadan % 57 arttırılabilmekte, ekonomiye katkı sağlanmaktadır. Ayrıca, bu

uygulama basitleştirilmiş işlevsel master kullanımını kolaylaştırmaktadır.

5. En çok malzeme koşulu (M) kullanıldığında, tolerans miktarı, koşullu da olsa, artırılabilen, ekonomiyeye katkı sağlanmaktadır. Ayrıca, bu uygulama basitleştirilmiş işlevsel master kullanımını olanaklı kılmaktadır.
6. (M) kullanımı ile, koşullu olarak, sıfır tolerans verme olanağı bulunmakta, geometrik master daha da basit hale getirilebilmektedir.
7. İzdüşmüş tolerans verilerek montaj garantisi artırılabilir.
8. İstatistiksel tolerans kullanımı, not düşmeden, simge ile gösterilebilmektedir.
9. Bileşik, iki teklî konum toleranslama en yeni standartlarda yerini almakta, ürün tasarımında ve üretiminde güvenilirlik daha da artırılmakta, kalite garantisine katkı sağlanmaktadır.

10. Çok parçalı geometrik toleranslama ile bir geometrinin, örneğin deliklerin, tamlığı ve işlevselliği kademeli olarak belirlenebilmektedir.
11. İşlenirken esneyen parçaların toleranslandırılmaları basitleştirilmektedir.
12. Özelliğin bir başında daha sıkı kontrol sağlanabilmektedir.
13. Toleransların istenilmeyen yığılmasını önlenmektedir.

Şekil 1'de bir flanşın GD&T tekniği ile ölçülendirilmesi görülmektedir. Yazılı ek bir bilgiye gereksinim duyulmadan bir kutu içinde, sırasıyla, toleransların cinsi simgelerle, tolerans değerleri (mm), malzeme koşulları olarak kullanılmakta olan en çok malzeme koşulu (M), en az malzeme koşulu (L), ya da, eğer (M) ve (L) bulunmuyorsa, gerçekleşmiş özellik koşulu (S), gerekli danışman yüzeyler, sıralı biçimde olmak üzere tümü kolaylıkla belirtilebilmektedir.



Şekil 1. GD & T tekniği uygulanmış bir parça [1]

GD&T YE UYUM SAĞLAMA ZORUNLULUĞU VE GİRİŞİMLER

Otomotiv kesiminin Kalite Güvence Sistemi Standardı olan ve General Motors, Ford, Chrysler ile ABD Kamyon Üreticileri Birliğince, ISO 9001 genişletilerek hazırlanan QS 9000 dokümanı, GD&T'in kullanımını birinci koşul olarak göstermektedir.

Gereksinimler nedeniyle, gelişmiş ülkelerdeki teknik elemanların, hızla ek eğitim ve deneyimden geçirilerek, geçmişte kalan ve \pm li toleranslama - ya da koordinat ölçülendirme ve toleransla (GD&T) - denen geleneksel olan sistemden bu yeni sisteme uyumu sağlanmaktadır. Bir yazıda ABD'de bu amaçlı bir eğitimde, eski teknikte deneyimli tasarımcıların 80 saatlik bir karşılıklı etkileşimli sınıf çalışmasından sonra altı aylık bir işbaşı eğitimi ayrıca, ek olarak aralıklarla, tazeleme kurslarından geçirildiklerine değinilmektedir.

Yalnızca tasarımcıların değil, kuşkusuz teknik resimleri okuma, algılama, değerlendirme yaparak üretimi için gerekli araç-gereç-aygıt seçen, düzenleyen, tasarlayan ve bunları işleterek üreten, ayrıca bunları doğrulayan (ölçen, kontrol eden) kişilerin de GD ve T ye yakın ve yatkın olmaları gerekir. Bu elemanlara da, değişik bakış açıları içinde ve taşınacak sorumlulukların ölçüsü ve niteliğine uygun biçimde, uyum sağlama eğitimi verilmelidir. Gelişmiş ülkeler bu konuda da yoğun bir çaba içindedir.

GD&T TASARIMI

Genel Ölçülendirme ve Toleranslama işlevi makine tasarımı içinde çok önemli bir yer tutar. GD&T tasarımı, bu genel tasarıma ek olarak yeni kavramlar ve uygulamalar içerir.

İşlev ve kuvvet çözümlenmeleri sonucu, seçilen gereç te gözönüne alınarak yapılacak dayanım ve/veya biçim değişiklik hesaplamaları ile, ekonomik yaklaşımlar ve üretilebilirlikte içerilerek parçaların genel biçimleri ve yapıları ortaya konulduktan sonra ömür, kalite, güvenilirlik, bakılabilirlik, ekonomi ve diğer tüm olası etmenler bir eniyileştirme (optimizasyon) yöntemi ile kapsandığında GD&T için gerekli kararlar alınabilir, seçimler yapılabilir ve çağdaş üretim resimlerine ulaşılabilir.

GD&T Tasarımında tasarımcının öncelikle ölçülendirme ve toleranslamadaki temel kuralları bilmesi ve uygun bulduğunu seçmesi gerekir.

Örneğin ISO nin bağımsızlık kuralını mı yoksa örtüşmüşlük kuralını mı uygulayacağı, bunlardan birini seçince tüm büyüklüklerin ve geometrilerin ne

biçimde, genel mi, özel mi, ne gibi simge ve standartları, ne gibi yöntemlerle kullanacağını algılaması ve uygulaması beklenir.

Şekil 2 ve Şekil 3 'deki şemalarda bir GD&T tasarımcısının uygulayacağı işlem sırası gösterilmiştir.

Bağımsızlık kuralına göre belirtilmiş her boyutsal ve geometrik gereksinimler bağımsız işlem görürler. Örtüşmüşlük kuralında ise, büyüklük en çok malzeme durumunda iken özelliğin yüzey yada yüzeyleri boyutsal kusursuz biçimi belirleyen örtünün dışına çıkmayacaktır. Eğer boyutsal büyüklük en çok malzeme durumundan en az malzeme durumuna doğru bir değişim göstermişse, geometrik biçimin, aradaki fark kadar, ek bir değişimine izin verilir. ISO, örtüşmüşlük kuralı kullanılacaksa o ölçüye (E) simgesinin konulmasını, ANSI ise buna gerek olmadığını, ABD endüstrisinin bağımsızlık kuralı yerine örtüşmüşlüğü yıllardır standart olarak kullanıldığını ileri sürmektedir.

GD&T TASARIMINA YÖNELİK KURALLAR

Teknik Resimde eğer Başkaca Bilgi Verilmemişse GD&T Tasarımında Aşağıdaki Kurallar Gözönüne Alınmalıdır

1. Konum tolerans bölgesi, delik eksen doğruluğu ile, bu eksenin bağlı olduğu belirtilen danışman yüzeye dikliğini de içerir.
2. Silindiriklik için verilen tolerans dairesellik, doğrusallık ve konikliği de denetime alır.
3. Diklik toleransı, ilgili geometrilerdeki düzlemsellik yada doğrusallıkları da bir ölçüde denetler.
4. Açısallık da, diklik gibi, geometrilerdeki düzlemsellik ve doğrusallığı denetler.
5. Toplam salgı (yalpa) dairesellik, doğrusallık, eşmerkezlik, açısallık (alında), koniklik, profil kusurları ve düzlemsellikteki (alında) birikimli değişimlerin bileşik bir kontrolüdür.
6. Dairesel salgı (yalpa) ise dairesellik ve eşmerkezlikteki birikimli değişikliklerin bileşik bir kontrolüdür.

TOLERANS DEĞERLERİ ARASINDA ÇOKLUKLA KULLANILAN KRİTİK BAĞINTILAR

1. Doğrusallık toleransı eğer özelliğin bir büyüklüğü varsa buradaki toleranstan küçük olmalı (yarısından daha az olması önerilir).

2. Düzlemsellik toleransı, eğer büyüklüğü varsa buradaki toleranstan daha az olmalı (yarısından az olması öneriler).
3. Dairesellik toleransı, boyuttaki toleranstan daha az olmalı (yarısından az olması beklenir)
4. Silindiriklik toleransı büyüklük toleransından az olmalı (yarısından az). Dairesellik, doğrusalılık, koniklik değişimi toplam olarak silindiriklik toleransından az olmalı.
5. Diklik toleransı doğrusalılığı ve düzlemselliği de kontrol ettiğinden bunlardaki değişim diklik toleransından az olmalı.
6. Diklik yada paralellik konum toleransının inceltilmesi olduğundan örneğin diklik, konum toleransından daha az olmalı (yarısından daha az).
7. Açışallıkta durum diklik gibidir, aynı kural uygulanır.
8. Dairesel yalpa dairesellik, eş eksenliği de kontrol ettiğinden bunlardaki tolerans toplamı dairesel yalpa toleransından az olmalı.
9. Toplam yalpa da ise doğrusalılık, koniklik, dairesellik, eş eksenlik ve profildeki toleranslar toplamı toplam yalpa toleransından az olmalı.
10. Profil toleransı biçim yada, büyüklük, biçim ve oriyantasyon (diklik yada paralellik gibi) kontrolleri de içerdiğinden büyüklük toleransından az olmalıdır.

GD&T TASARIMDA AŞAMALAR

Şekil 1, 2 nin incelenmesi ve genel kurallar ile genel toleranslar gözönüne alındığında, özel geometrik toleranslara girince, aşağıdaki sıralama ile tasarım gerçekleşir:

1. Danışmanlar (datum): Etkinlik, işlevsellik ve üretim süreç gereksinimleri gözetilerek danışmanlar saptanır, sıralanır ve harflendirilir. Kinematik serbestliklerin sistematik engellenmesi kuralına uyum içinde kalınır.

2. Danışmalar (datum target): Her ne kadar şekil 1'de gösterilmemişse de, ANSI ve ISO da belirtildiği gibi, gereğinde "danışma" (datum target)'lar saptanır ve gerekiyorsa ayrı bir resimde belirlenir. Danışmaların kullanılmaması durumunda üretim ve denetimde değişik noktalardan yapılan konumlamalar yanlışlıkla red yada kabul olasılıklarına neden olabilir.

3. Geometrik Toleranslar: Hangi geometrilere ne türden geometrik tolerans uygulanacağı saptanır.

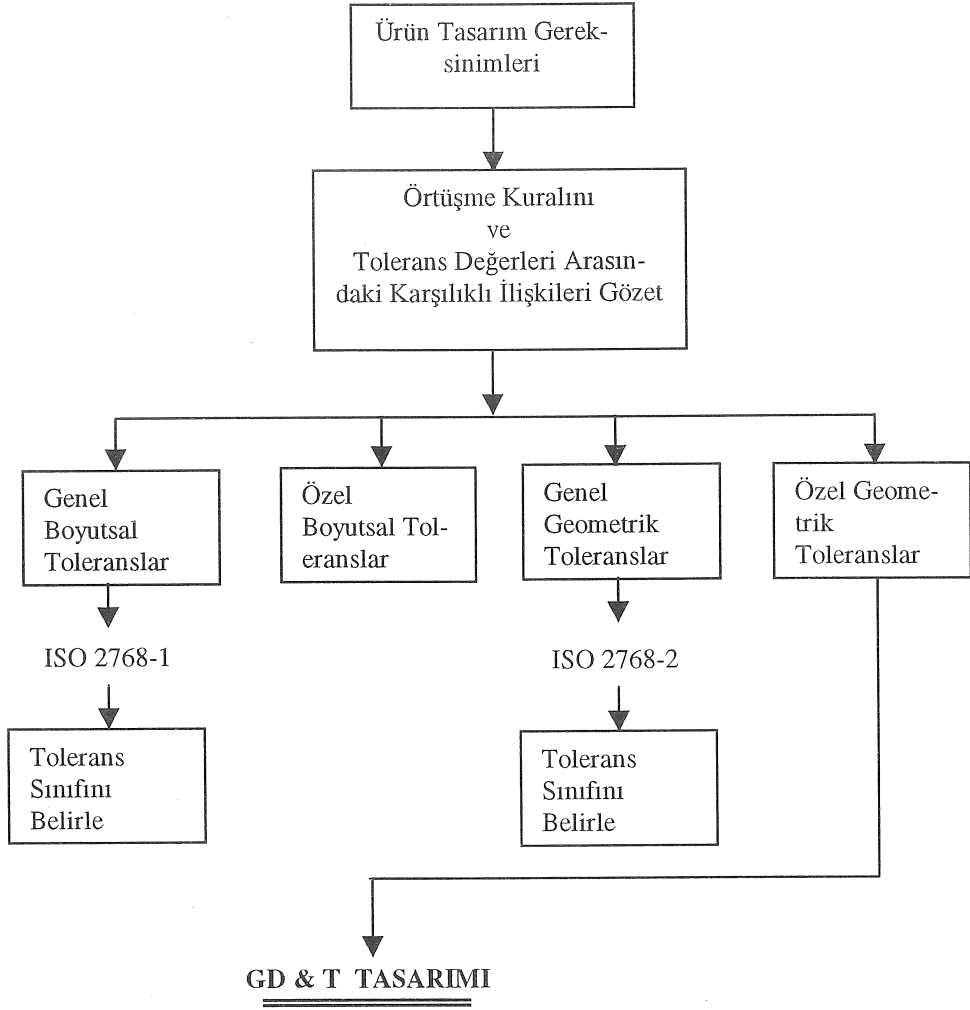
4. Tolerans Değerleri: Parçanın özelliği işlevi ile diğer parçalarla olan ilintisi nasıl ve nerede işleneceği vb. gözönünde tutulup tolerans değerleri saptanır. Deneyini ve bilgi birikimi gerektiren çok önemli bir aşamadır.

5. Malzeme Koşulları: Üretimde ve kontrollerde kolaylık ve ucuzluk, parça işlevinde rahatlık sağlayan koşulların saptanarak tolerans kutularına, toleransların yanına konulması da önemli bir aşamadır. Ayrıca danışmalara da, bu bakış açısı ile, malzeme koşulu eklenir.

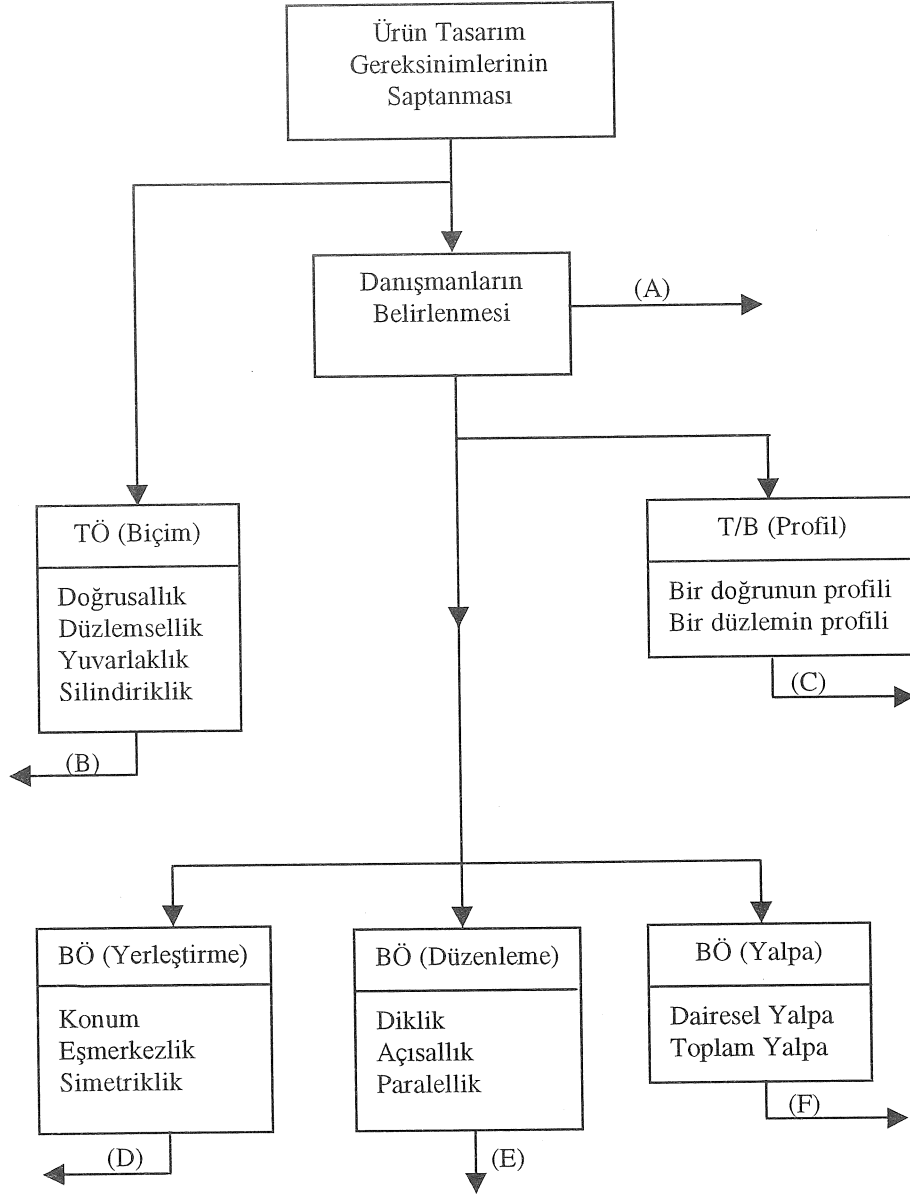
6. Doğrulama (verification) ölçme-kontrol koşulları: ANSI de, "konulan geometrik tolerans kullanılacak üretim ve ölçme yöntemini sınırlamaz. Özel yöntem isteniyorsa belirtmek zorundadır. Özel yöntem belirtilmemişse, söz konusu olan tolerans bölgesinin tanımına uygun olan herhangi bir yöntem seçilebilir" denilmektedir. Ancak araştırma [3] göstermiştir ki, uygulanan değişik doğrulama yöntemleri o özellikteki kusurun farklı bulunmasına neden olmaktadır. Bu ise o özelliğin yanlışla red ya da yanlışlıkla kabulü sonucunu doğurabilir.

Her ne kadar ISO ve ANSI kullanılacak yöntemlerin belirtilmesini standart duruma getirmemişse de, yakın bir gelecekte bu yola gidileceğine inanılmaktadır. Özelliğin tasarımı aşamasında, ölçme yapılırken ölçüm alınacak noktaların, kesitlerin saptanmasında ve ayrıca kusurun değerlendirilmelerinde kullanılacak olan referansların belirtilmesinde gelecekte zorunluluk duyulacağına inanılmaktadır [2].

7. Tekli, Bileşik, Karmaşık Konum Toleransları: Konum toleransları geometrik toleranslar içinde en çok kullanılanıdır. Standartlara henüz girmeyen karmaşık uygulamaları yoldadır. İşlevsel tamhıklar arttıkça, üretim giderlerini düşürmek için giderek daha karmaşık konum toleranslarına resimlerle rastlanılacaktır [4].

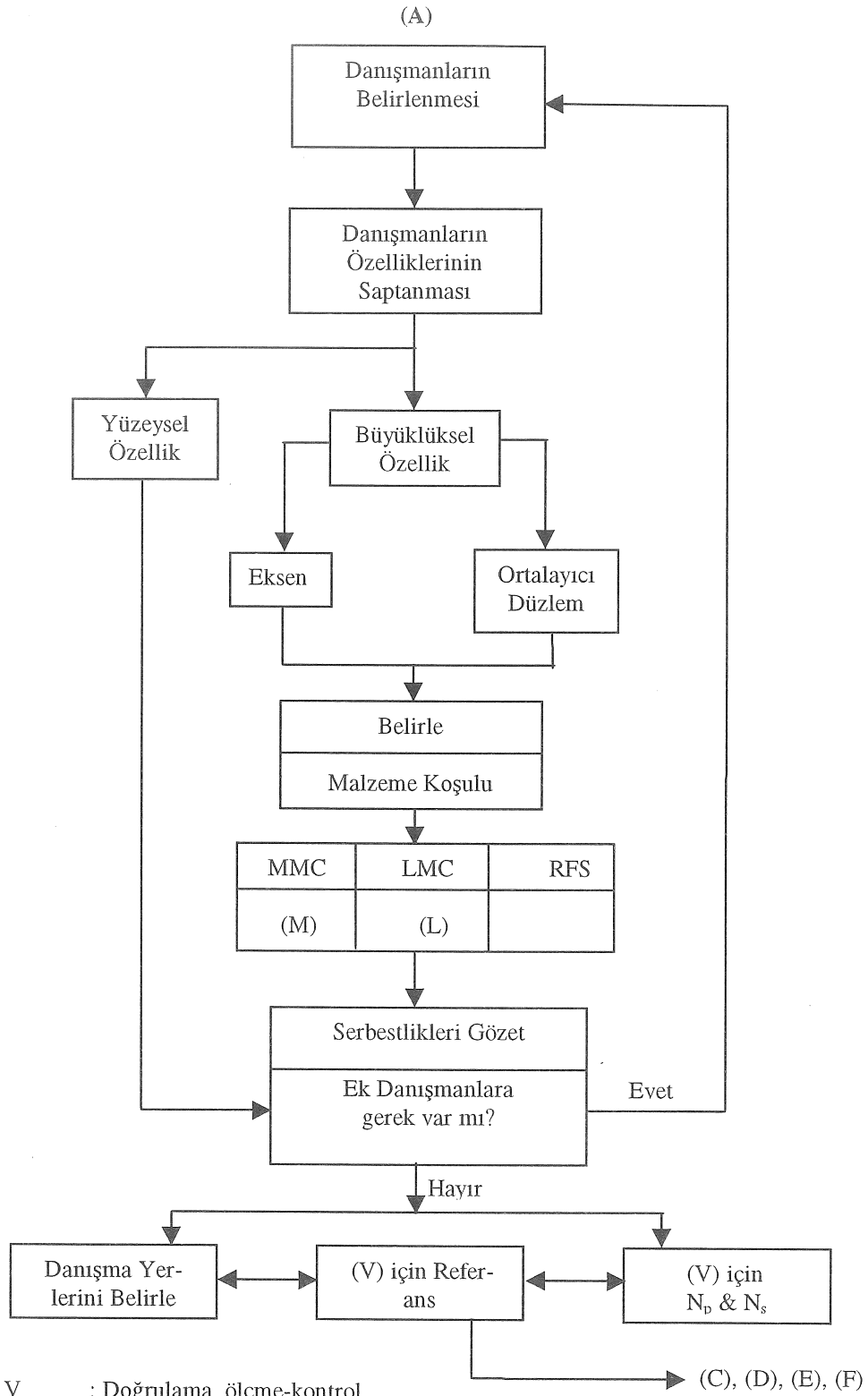


Şekil 2. Tolerans seçiminde işlem sıralaması



TÖ : Tek Özellik
BÖ : Bağlı Özellik
T/B : Tek yada Bağlı Özellik

Şekil 3. Geometrik toleranslamada işlem sıralaması



V : Doğrulama, ölçme-kontrol

N_p : Nokta sayısı

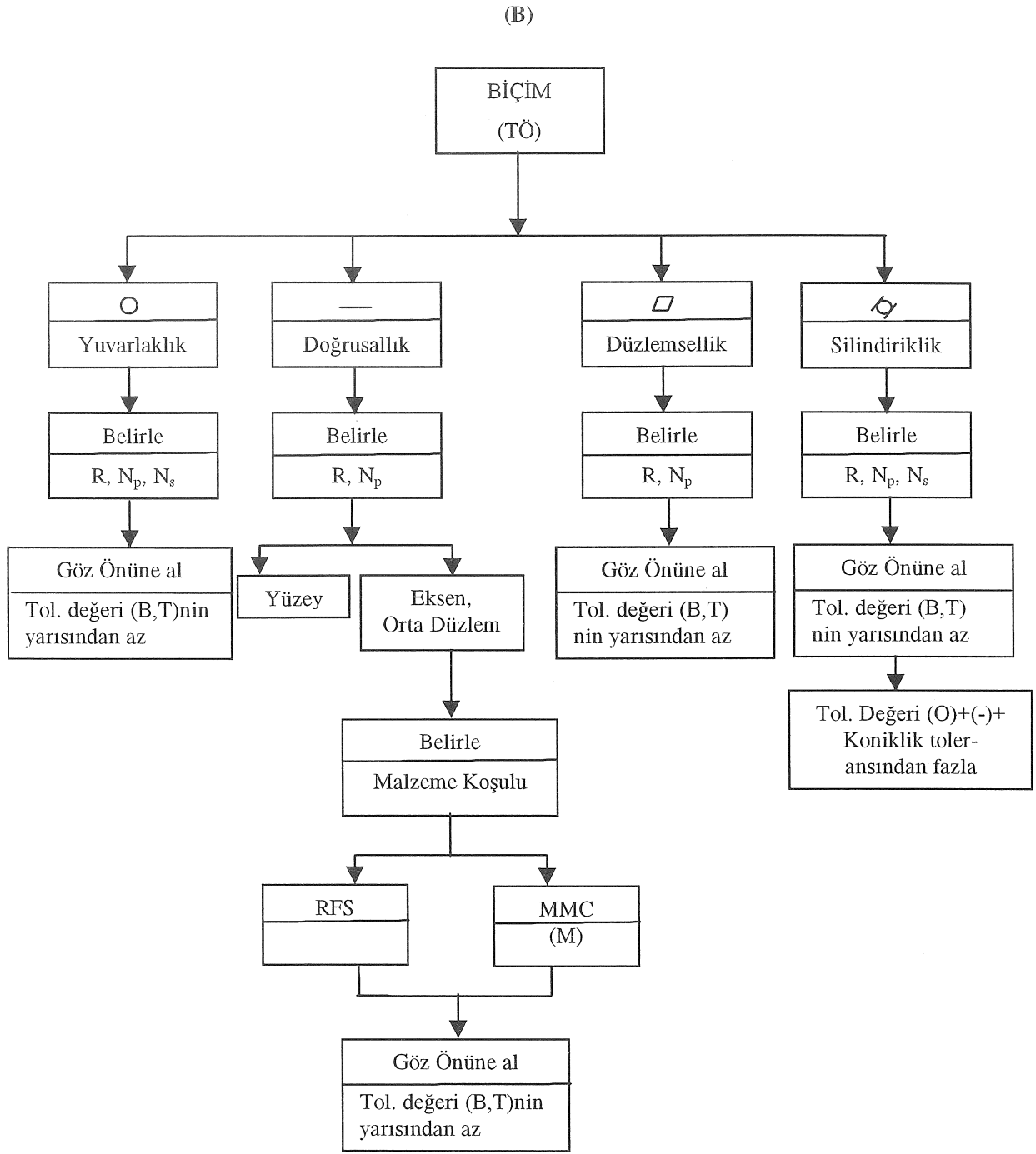
N_s : Kesit sayısı

MMC : Ençok malzeme koşulu

LMC : Enaz malzeme koşulu

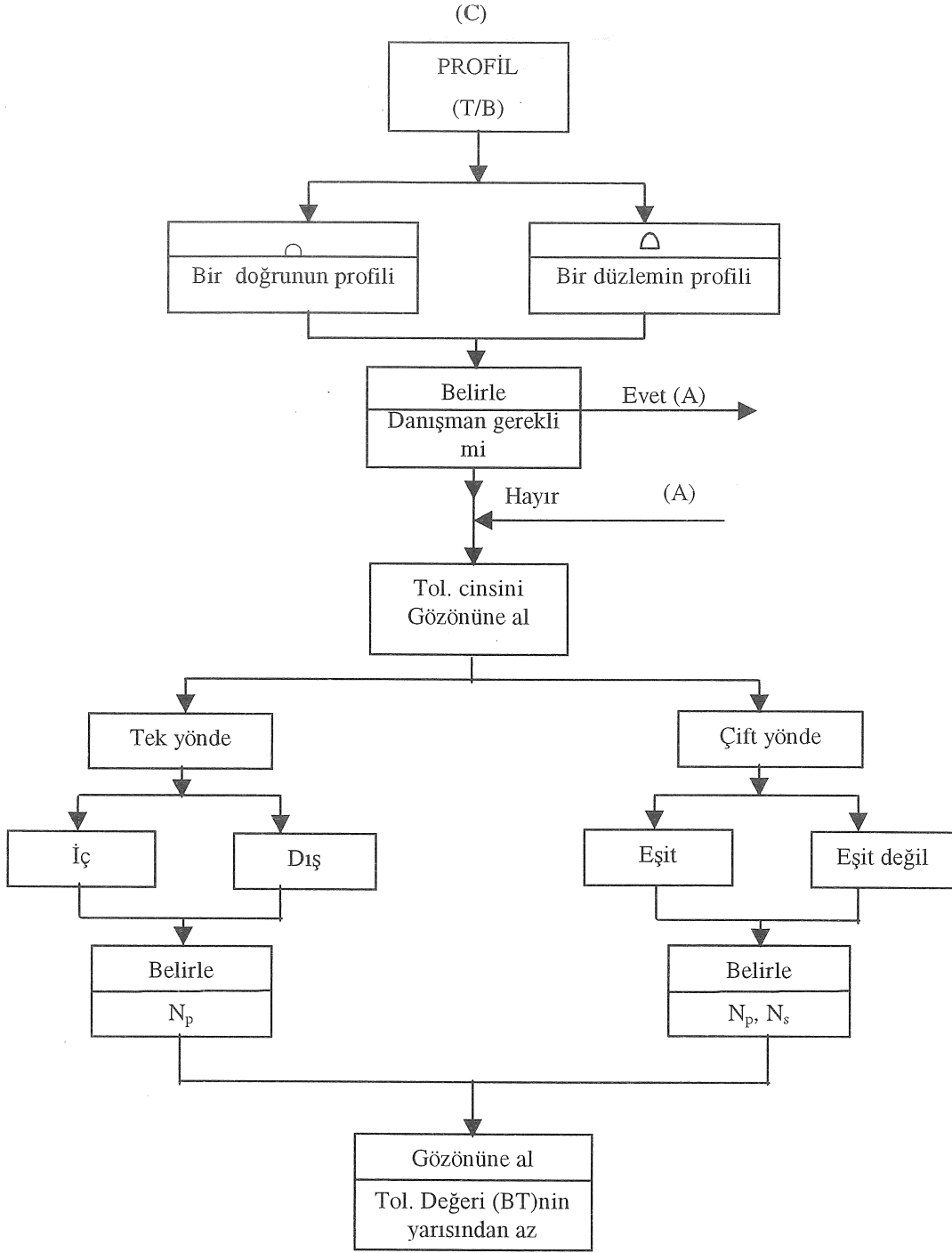
RFS : Belirtilen koşul, özellik gerçek büyüklüğü koşulu

Şekil 3. Geometrik toleranslamada işlem sıralaması (devamı)

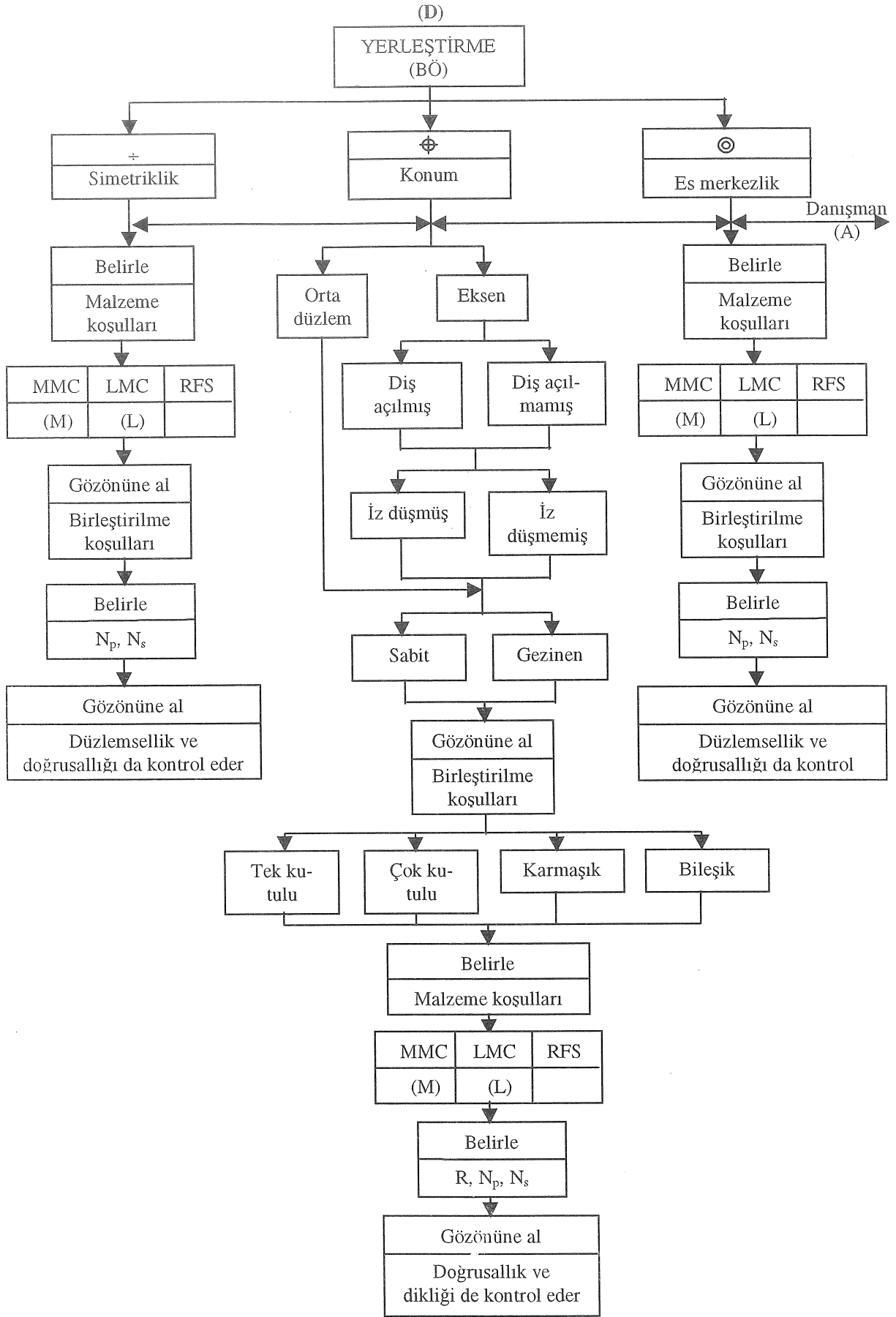


BT : Boyut toleransı
R : Ölçme ve kontrolde kullanılacak referans

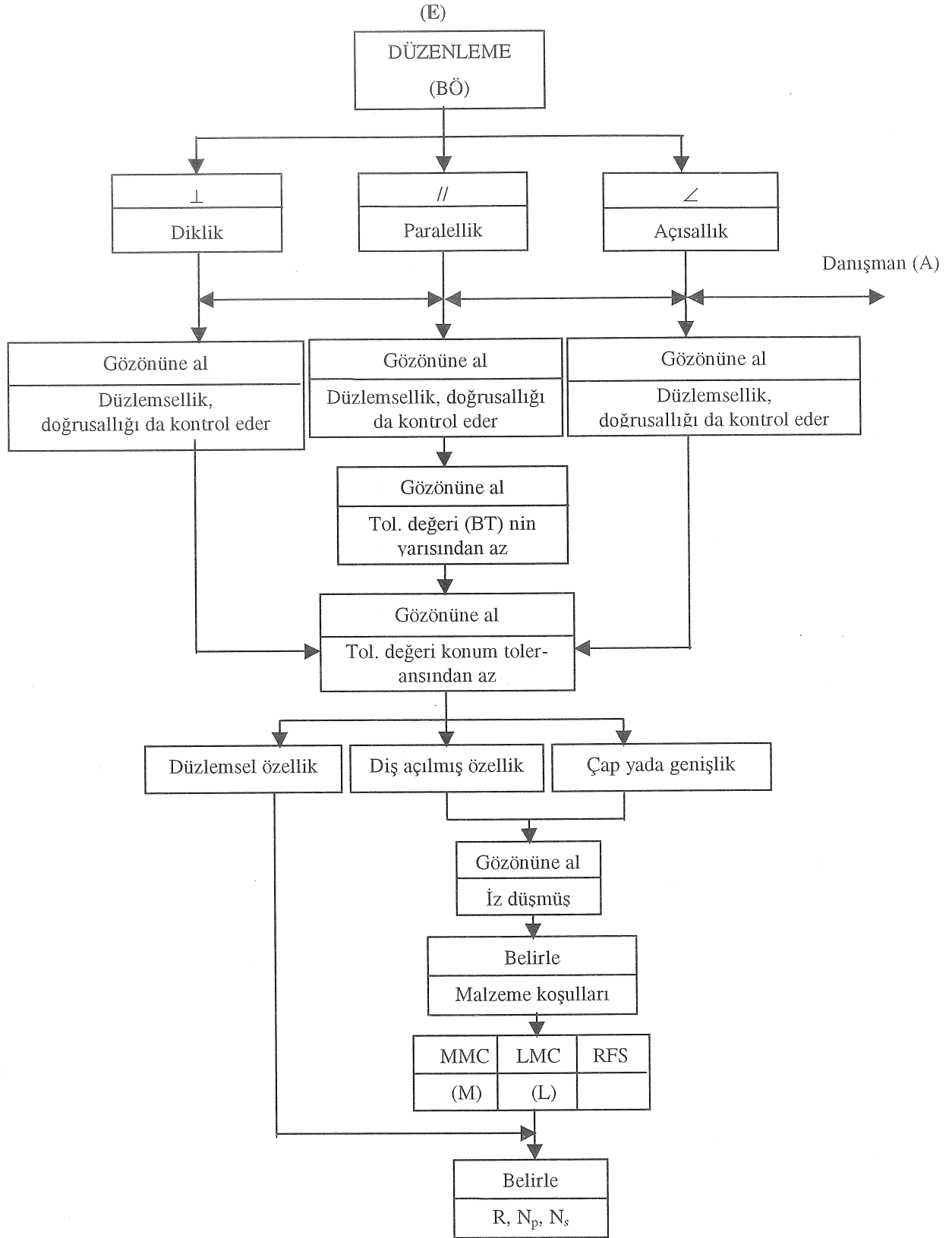
Şekil 3. Geometrik toleranslamada işlem sıralaması (devamı)



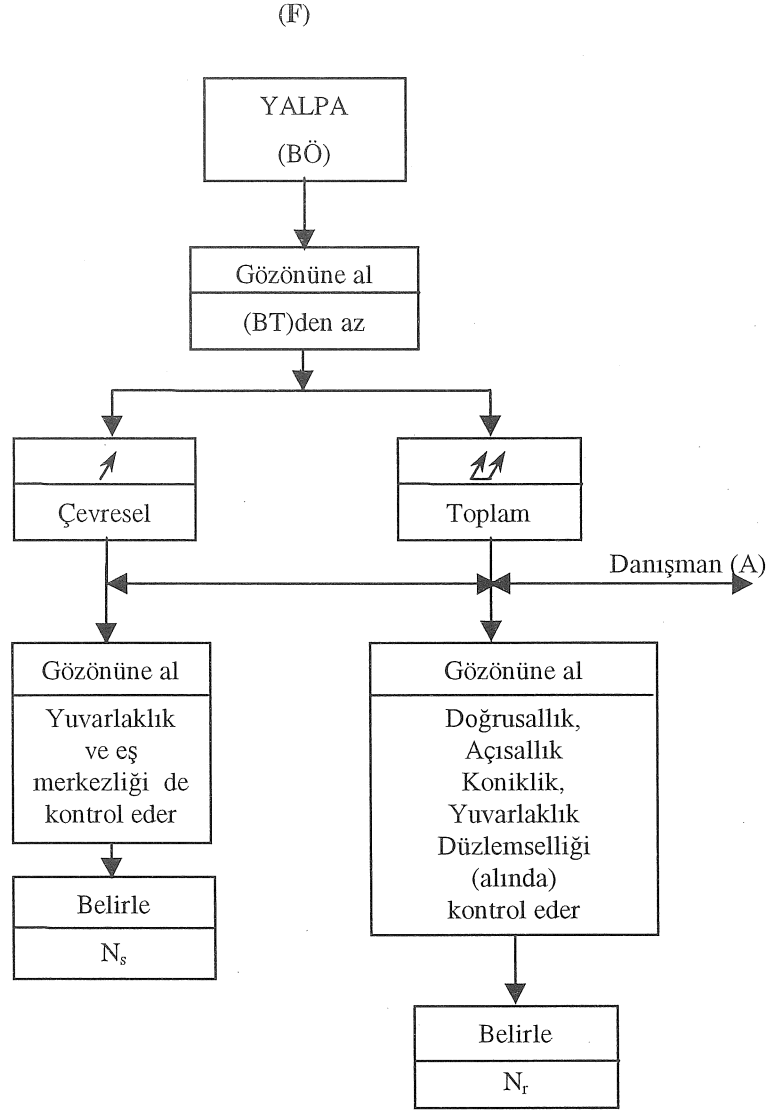
Şekil 3. Geometrik toleranslamada işlem sıralaması (devamı)



Şekil 3. Geometrik toleranslamada işlem sıralaması (devamı)



Şekil 3. Geometrik toleranslamada işlem sıralaması (devamı)



N_r : Döndürme sayısı

Şekil 3. Geometrik toleranslamada işlem sıralaması (devamı)

SONUÇ

Ülkemiz dar toleranslı olan duyarlı mekanik parçalar tasarımı yönünden de deneyim kazanma aşamasındadır.

Kazanılanların duyurulması ile tasarım yönünden gelişmiş ülkelere yapılan, yapılması düşünülenleri, onların edindikleri deneyimleri, çoğu firmalarının gizliliği içinde tutulan verileri kestirmek, ülke endüstrisine yaymak önemli görev sayılmalıdır. Ders kitaplarında sözü edilen tolerans tasarım tekniklerinin çok ötesine çıkan GD&T tasarımının önemini vurgulamak gerekir. Konu gerek tasarım ve gerekse üretim - doğrulama (ölçme, mastarlama) bakımından eğitim kuruluşlarımızla endüstrimizde, üzerinde önemli durulması gereken bir nitelik kazanmıştır.

GEOMETRIC DIMENSIONING AND TOLERANCING IN DESIGN

Geometric dimensioning and tolerancing has found large area of application in mechanical component design and manufacture. It provides definite advantages over coordinate type. In this article the

design rules and steps are discussed. New symbols to eliminate ambiguity are presented.

It is shown by experimentation that the application of GD&T falls short of requirements and new outlook is needed to meet the shortcomings.

Keywords: Geometric Dimensioning and Tolerancing, Design, Verification.

KAYNAKÇA

1. ANSI-ASME Y. 14.5. *Dimensioning and Tolerancing* (1994).
2. Karabay, M., Kaftanoğlu, B., Geometrik Toleransların Ölçümlemelerinde Oluşabilecek Yanılgılar, III. Ulusal Ölçümbilim Kongresi, MMO Eskişehir Şubesi, Ekim 1999.
3. Karabay, M., *Daha İyi Kalite Oluşum Gereği, Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslama, Bir araştırma*, Mühendis Makina, Cilt 40 Sayı 478, s. 26-31, Kasım 1999.
4. Karabay, M., Kaftanoğlu, B., Geometrik Ölçülendirme ve Toleranslama Tasarımında Yanılgıları Önlemeye Yönelik Bir Araştırma, IX. Uluslararası Makina Tasarım ve İmalat Kongresi Bildiri Kitabı, s.25-47, ODTÜ, 2000.