

T. C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜRETİM İŞLETMELERİNDE
SPESİFİKASYON VE TOLERANS ANALİZİ
– BİR OTOMOTİV İŞLETMESİNDE UYGULAMA –

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN : PROF. DR. MUSA ŞENEL

A. SERMET ANAGÜN
Anadolu Üniversitesi
Mühendislik - Mimarlık Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ESKİŞEHİR, 1985

Ö Z E T

Üretimde uygulanan spesifikasyonlar ve toleranslar, işletmelerin başarısını, işgörenlerin moralinden piyasada yaratılacak imaja, üretim süre ve maliyetlerinden satış gelirlerine kadar, çok farklı yönlerden etkilemektedir. Bu çalışmada bir otomatik işletmesinde beş işlem noktasında işlenen bir özelliğin, lisans sahibi firma tarafından belirlenen sonuç toleransının, işlem noktalarına dağıtılması için analitik yollarla elde edilen sonuçlar benzetimle sınanmış ve çeşitli maliyetleri enküçükleyecek şekilde bir toleranslama politikası getirilmiştir. Daha sonra bu tolerans limitlerinin uygulanması durumunda en iyi muayene politikasının nasıl olması gerektiği araştırılmıştır.

A B S T R A C T

Specifications and tolerances applied in production processes have diverse effects on the success of business such as morale of employee, the image created in the market, production time, and costs, and the revenues. This study conducted in an automotive industry is directed to distribute the final tolerance imposed by the licence owner, of a property generated in five manufacturing operations to each stage of manufacturing. The analytical results are tested via simulation and a policy is determined to minimize the various costs. Finally, the optimum inspection policy, in the case of applying the determined tolerance limits, are investigated.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	vii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

SPESİFİKASYONLAR

1.1 SPESİFİKASYON GEREĞİ	6
1.2 SPESİFİKASYON KAVRAMI	10
1.3 SPESİFİKASYONLARIN SINIFLANDIRILMASI	14
1.3.1 Proje Spesifikasyonları	16
1.3.1.1 Mamul Spesifikasyonları	17 ^a
1.3.1.2 Üretim Spesifikasyonları	19
1.3.1.3 Müşteri Spesifikasyonları	21
1.3.1.4 Kabul Spesifikasyonları	23
1.3.2 Muayene Spesifikasyonları	25
1.4 SPESİFİKASYONLARIN BELİRLENMESİ	27
1.5 SPESİFİKASYONLARIN YORUMLANMASI	33

İ K İ N C İ B Ö L Ü M

TOLERANSLAR

2.1 TOLERANS KAVRAMI	42
2.2 TOLERANSLARIN SINIFLANDIRILMASI	47
2.3 TOLERANSLARIN BELİRLENMESİ	52
2.3.1 İstatistiksel Yöntemler	54
2.4 TOLERANSLAR İLE MALİYETLERİN İLİŞKİSİ	62

Ü Ç Ü N C Ü B Ö L Ü M

BİR ÜRETİM HATTINDA İŞLEM NOKTALARINDAKİ TOLERANSLARIN BELİRLENMESİ

3.1 UYGULAMANIN YAPILDIĞI FIRMANIN TANITIMI	71
3.2 FİRMADA UYGULANAN SPESİFİKASYONLARIN ANALİZİ	72
3.3 FİRMADA UYGULANAN TOLERANSLARIN ANALİZİ	73
3.4 FİRMANIN ÜRETTİĞİ KRANKDA YAĞ KEÇE YUVASI GENİŞLİĞİ İÇİN TOLERANS TASARIMI	78
3.4.1 Verilerin Normal Dağılıma Uygunluğu Testi	79
3.4.2 Yağ Keçe Yuvası Genişliği İçin Tolerans Limitlerinin Belirlenmesi	80

3.4.3 Belirlenen Tolerans Limitleri ile	
Maliyetlerin İlişkisinin Kurulması	88
3.4.3.1 Bilgisayar Programlarının Tanıtımı	88
3.4.3.2 Bilgisayar Programlarında Kullanılan Değişkenlerin Tanıtımı	98
3.4.3.3 Bilgisayar Programlarının Çıktılarının Kullanılması	100
SONUÇ	112
KAYNAKLAR	117
EKLER	120

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil: II.1	Tasarım Kalitesi ile Kalite Maliyeti ve Kalite Değeri Arasındaki İlişki	66
Şekil: II.2	Uygunluk Kalitesi ile Kalite ve İşlem Maliyetleri Arasındaki İlişki	67
Şekil: III.1	Krankda Yağ Keçe Yuvası Genişliği İçin Yapılan İşlemler	76
Şekil: III.2	SERTEZ1 Programının Akış Şeması	92
Şekil: III.3	SERTEZ2 Programının Akış Şeması	97
Şekil: III.4	Tolerans Limitleri ile Maliyetlerin İlişkisi	107
Şekil: III.5	Muayene Oranı ile Muayene Etmemenin Kârı Arasındaki İlişki	110

TABLULAR LİSTESİ

Tablo(I)	Tahmin Edilen ve Gerçekleşen Nominal Ölçüler İçin Tolerans Aralığında Üretimde Bulunma Olasılıkları	87
Tablo(II)	Krank Hattında Bazı İşlem Noktaları İçin İşleme Zamanları, Birim Zaman İşçilik Ücretleri ve Tezgahların Birim Zaman Amortisman Payları	102
Tablo(III)	Farklı Tolerans Aralıklarında Kalite İşlem ve Toplam Maliyetlerinin Aldığı Değerler	106
Tablo(IV)	Verilen Tolerans Aralığı İçin; Muayene Etmemenin Getirisi, Muayene Etmemenin Maliyeti ve Muayene Etmemenin Kârı ile Muayene Arasındaki İlişki	106

G İ R İ Ş

Günümüzde mamuller, birden çok parçadan oluşmakta ve bu parçaların montajı ile elde edilmektedir. Yanısıra, üretim hatlarında bir dizi işlemden geçerek elde edilen ve mamulü oluşturan parçaların birbirinin aynı olması beklenmemelidir. Parçaların nominal ölçülerindeki bu farklılaşma, birden çok üretim hattında işlenerek elde edilen parçaların sonuçta monte edilmesinde problemlere yol açabilir. Mamulü oluşturan parçaların farklı üretim hatlarında üretilmesi, montaj hattındaki problem olasılığını daha da arttırmaktadır. Mamulü oluşturan parçaların birbirlerine uygun nominal ölçülerde üretilmesi, montaj aşamasında parçaların reddedilmesine neden olabilir. Bu durum maliyeti artıran bir unsur olmaktadır. Parçaların uygun olmamasından kaynaklanan bu maliyet, mamul parçalarının işlenmesinde söz konusu olan maliyetin üzerine eklenmek durumundadır.

Mamul parçalarının istenilen nominal ölçülerde üretilmemesi, mamulü oluşturan parçaların belirli limitler arasında gerçekleştiril-

mesini zorunlu kılacaktır. Tolerans limitleri denilen bu limitler içinde üretimde bulunulması, parçaların nominal ölçülerinin montajı aksatmayacak bir düzeyde esneklik kazanmasını olanaklı kılmaktadır. Belirlenen bu tolerans limitleri girdi alınarak üretimde bulunulması; ya parçaların ara işlemlerin birinde reddedilmesine ve bu nedenle son aşamaya gelemeyen parçanın malzeme maliyetine katlanılmasına ya da bir dizi işlemden geçerek üretim hattının sonuna kadar gelen parçaların montaj aşamasında problemler yaratmasına neden olabilir. Yanısıra, daha hassas makina ve ekipmana, daha kaliteli işgücüne ve daha yüksek muayene oranına gerek duyulabilir.

Bu çalışma, montaj işleminin oldukça yoğun olduğu bir otomotiv işletmesinde gerçekleştirilmiştir. İşletmenin bir üretim hattında üretilen bir mamul parçasının beş işlemden geçerek oluşan bir özelliği ele alınmış ve farklı tolerans limitlerinde üretimde bulunması durumunda, istenen özelliğin hangi maliyetle elde edileceği tolerans limitleri değiştirilerek analiz edilmiştir. İşletmede üretilen mamulün montajında kullanılan parçalar için aynı şekilde derlenen verilerin kullanılarak aynı işlemin yapılabilmesi nedeniyle bir mamul parçasının sadece bir özelliği ele alınmış ve tolerans limitleri analiz edilmiştir. Çalışmada; seçilen özellik için, farklı tolerans aralıklarında üretimde bulunulması durumunda elde edilen parçaların, her bir işlem noktası için belirlenen tolerans limitleri içine düşen parça sayısı kadarı, başka bir deyişle red ya da kabul edilen parçalar için işlem noktalarına yönelik oluşturulan maliyetler ile toleranslar arasında ilişki kurulması, yanısıra maliyeti minimum düzeyde tutacak tolerans limitleri temel alınarak, bu tolerans aralığında hangi mua-

yene oranı ile üretimin kontrol altında tutulmasının firma için eniyi olacağını belirlemesi amaçlanmıştır. Toleranslar ile maliyetlerin ilişkisinin kurulması aşamasında, özellikle direkt işçilik, direkt hammadde ve genel giderler gibi maliyet kalemlerinden oluşan maliyetlerin, çalışmada belirlenen amaçlar için yeniden belirlenmesi ve bu maliyetlerin kullanılması, çalışmada söz edilen maliyetleri tolerans limitlerindeki değişikliğe karşı daha duyarlı kılmaktadır. Çalışmada belirtilen amaçlara uygun olarak üç bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, kısaca doğuşu ve gelişiminden söz edilen spesifikasyonun sınıflandırılmasına, belirlenmesine ve uygulamadaki problemler dikkate alınarak yorumlanmasına yer verilmiştir.

İkinci bölümde, spesifikasyonların sağlanması için oluşturulan tolerans limitlerinin üretimin özelliğine göre sınıflandırılması, belirleme yöntemleri ve analitik olarak belirlenen tolerans limitleri ile maliyetler arasındaki ilişkilerin, mamulün tasarım ve uygunluk kalitesine bağlı olarak gösterdiği değişiklikler anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde, çalışmanın önceki bölümlerinde anlatılanlara bağlı olarak, bir otomotiv işletmesinde üretim hatlarının birinde seçilen bir özellik için spesifikasyon ve tolerans analizi yapılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, her bir işlem noktası için analitik olarak farklı tolerans limitleri belirlenmiş ve bu değerler kullanılarak benzetim yapılmış, en düşük maliyeti sağlayan eniyi tolerans aralığı ve eniyi tolerans aralığı için en düşük maliyetli muayene oranı belirlenmiştir.

Çalışmanın sonunda ise, analitik olarak belirlenen tolerans limitleri ile uygulamanın yapıldığı otomatik işletmesinde uygulanan tolerans limitleri karşılaştırılmıştır.

Bu çalışma ilgili işletmedeki diğer mamuller için tekrarlanarak, işletme için uygun toleranslama ve muayene politikaları geliştirilebilir.

B İ R İ N C İ B Ö L Ü M

SPESİFİKASYONLAR

Bir firma, belirli bir ihtiyacı karşılamak üzere bir mamul üretiyorsa, iki farklı durum söz konusudur. Bu durumlar, üretici firmanın hangi tüketici ihtiyacını karşılayacak mamulü üreteceği ve tüketicinin de hangi ihtiyacı için talepte bulunacağıdır. Bu aşamada, hem üretici firmayı hem de tüketiciyi, üretim-tüketim açısından rahatlatacak bir araca ihtiyacı vardır. Üretici ile tüketici arasında dengeyi sağlayacak bu araç *spesifikasyon* dur. Bu kısa açıklamaya bağlı olarak spesifikasyonun doğuşu, gelişimi ve gerekliliği, spesifikasyon kavramı, spesifikasyonların belirlenmesi, spesifikasyonların sınıflandırılması ile yorumlanması yapılacaktır.

1.1 SPESİFİKASYON GEREĞİ

Endüstriyel döneme geçmeden önceki dönemlerde, üretici ile tüketicisi arasında dengeyi sağlayan bir araç olan spesifikasyona, bu anlamda gerek duyulmamıştır. Bunun yerine, üretici ve tüketicisi var olan mamul için pazaryerinde karşı karşıya gelerek, ihtiyaçları doğrultusunda kıymet takdirinde bulunurlardır (1). O dönemde yeterli görülen bu kıymet takdiri, üretici firmaların tüketicisi ihtiyaçlarına uygun mamul üretememeleri ve tüketicilerin de var olan mamullere olan taleplerinin, ihtiyaçlarının karşılanamaması sonucu düşmesiyle, daha sonraki dönemlerde yetersiz kalmıştır. Böylelikle kıymet takdiri, spesifikasyonla ikâme edilmeye başlamıştır. Bu ikâme sonucu, hem üretici firmalar hem de tüketiciler tarafından spesifikasyona ihtiyaç duyulduğu, Eski Mısırlılar tarafından bulunan bir çok yazılı spesifikasyon ve örnekle belirlenmiştir. İzleyen dönemlerde ise, üretici firmaların artan tüketicisi ihtiyaçlarını ellerindeki imkanlarla karşılayamamaları, başka bir deyişle spesifikasyonlara uygun mamul üretememeleri nedeniyle iç ve dış ticaret artışı gözlenmiştir.

Eski dönemlerde sadece ihtiyacı ve günümüzün karmaşık endüstriyel toplumlarında son derece önemli ve gerekli olan spesifikasyonlar, endüstriyel yasaların karakteristikleri durumuna geçmiştir (2).

(1) J.M.JURAN, FRANK M.GRYNA Jr; Quality Planning and Analysis;

Mc Graw Hill; New York; 1970; s. 232.

(2) J.M.JURAN, F.M.GRYNA Jr.; A.g.e; s. 232.

Bu aşamada, gelişimini tamamlamış endüstriyel toplum olarak nitelendirilebilen işletmeler ortaya çıkmış ve günümüz ihtiyaçları doğrultusunda üretimde bulunmaya başlamışlardır. Bunun yanısıra, üretimde bulunan işletmelerin çıktılarının, ihtiyaçlara uygunluğunu sınavabilmek için, bir takım standartlara ihtiyaç duyulmuş ve bunlar toplum genelinde hazırlanmıştır. Hazırlanan bu standartlara göre, üretilen mamullerin ölçülebilen ve ölçülemeyen nitelikleri kontrol edilebilmektedir. Üretilen mamullerin ölçülemeyen nitelikleri; mamulün renk, desen gibi kalitenin doğrudan ölçülemediği nitel özellikleridir. Bu nedenle, üretilen mamullerin ölçülemeyen nitelikleri yerine, ölçülebilir nitelikleriyle ilgilenmek yerinde olacaktır. Başka bir deyişle, bir mamulün spesifikasyonlara uygunluğundan söz ederken, firmaya ya da tüketici hislerine bağlı niteliklere değil, toplum genelinde oluşturulan standartlara uygunluğu anlaşılmaktadır.

Toplum genelinde hazırlanan bu standartlara göre belirlenen spesifikasyon, üretilecek mamul için, üretimde kullanılacak hammadde-den başlayarak mamul hale gelinceye kadar bütün aşamaların tanımlanmasıdır. Örneğin, bir otomobil lastiği üretiminde kullanılacak hammaddeler ve bu hammaddelerin üretime katılma payları, üretimde izlenen yol, lastiğin çapı, lastiğin üzerinde bulunan dişlerin şekli ve sertliği, üretim sonrası kabul ve red etme ölçütleri, uygunluk kontrolü için test etme yöntemleri gibi konularda verilecek tüm kararlar, ilgili mamulün spesifikasyonunu ve en genel şekliyle spesifikasyonlar kümesini oluşturacaktır. Özet olarak bir spesifikasyon;

- (a) Kullanılacak Hammaddeler,
- (b) Üretim Yöntemleri,

- (c.) Mamuller,
- (d.) Test Etme Yöntemleri,
- (e.) Kabul ve Red için Ölçütler,
- (f.) Kullanma Yöntemleri

gibi konuların hepsini ya da bir kısmını içerir (3). Böylece, ilgili spesifikasyonda mamulün bütün özellikleri belirlenmiş olacaktır.

Üretilen mamullerin spesifikasyonlara uygunluğu, endüstriyel dönemin ilk yıllarında kolaylıkla kontrol edilebilirken, günümüzün çok değişik geometrik biçim, büyüklük ve özellikte olan makina parçalarının ve üretim maddelerinin, değişik gereçleri işleyerek farklı ölçü duyarlıklarında ve kalite düzeylerinde elde edilmesi ve bunların ekonomik koşullar içinde satılmayarak iadelere yol açması, toplumlar için önemli sınai ve toplumsal sorunlar haline gelmiştir. Üretilen mamullerin spesifikasyonlara uygunluğunun sağlanamaması, yeni teknoloji ve uygulamalarıyla daha hızlı ve hassas üretime geçilmesi ve üretilen mamulün kalitesinin kontrolünde da daha güvenilir, ekonomik ve etkili yöntemlerin araştırılması gereğini ortaya çıkarmıştır (4). Bütün bunlara ek olarak üretimin, üretilen mamullerin kalitesini büyük oranda etkilemeyecek ve gerçekçi bir biçimde saptanmış sınırlar içinde tutulma gerekliliği, üretimin her aşamada kontrol edilmesini, baş-

(3) MUSA ŞENEL; "Spesifikasyon ve Tolerans"; ELMS Kalite Kontrol Seminerinde Sunulan Bildiri; 3-6 Nisan 1984; Eskişehir; s. 1.

(4) MACİT KARABAY; "Kalite ve Kalite Kontrol Kavramları ve Tanımları için Kriterler"; Kalite Kontrolü Yöneticiler Toplantısı ve Sempozyumu; MPM Yayın No. 177; Ankara; 1976; s. 54-55.

ka bir deyişle istatistik kalite kontrol faaliyetinin uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Böylelikle, spesifikasyon ve spesifikasyonlara erişebilmek amacıyla saptanan sınırlar, kalite kontrolünün iki önemli elemanı olmaktadır. Bundan böyle, bu çalışmanın ilerleyen kesimlerinde, kalite kontrol yerine kalite spesifikasyonu ve kabaca spesifikasyonu sağlamak için gerekli olan sınırlar olarak tanımlanabilen tolerans kavramları üzerinde durulacaktır.

Kalite kontrolünün özünün kalite spesifikasyonu ve tolerans olarak kabul edilmeye başlandığı dönemlerde, istenen spesifikasyonlara uygun mamul üretim yüzdesinin düşük olmasının yanısıra, eldeki kaynaklarla istenen spesifikasyonda mamul üretme konusundaki fiziksel imkansızlıklar, üretici firmaları ve özel kişileri, özellikle tolerans konusunda çalışmalar yapmaya zorlamıştır. Bu durum, tolerans konusunun yeterince önemsendiğinin ve spesifikasyon için gerekli görüldüğünün bir göstergesidir.

Belirlenen spesifikasyona uygun ve bir takım kısıtlara bağlı olarak tolerans limitlerinin oluşturulması ve uygulamaya konulması halinde gerçekleşme oranının kontrol edilmesi işlemi oldukça güç olmaktadır. Genelde tolerans limitlerinin belirlenmesinde istatistik temeli olan çalışmalar, belirlenen limitlerin gerçekleşip gerçekleşmediğinin kontrolünde da kalite kontrol uygulaması söz konusu olmaktadır. Böylelikle seçilecek kurala göre, üretilen mamullerin hepsini içerecek şekilde ve belli bir örnekleme tekniğine uygun olarak üretimden alınan numuneler kontrol edilerek, üretim kontrol altında tutulmaya çalışılır. Üretimin kontrol altında tutulma gerekliliği, üretilen mamullerin belirlenen spesifikasyona uyup uymayacağının ön-

ceden kestirilememesinden ve bu üretim sürecinden geçen mamullerin satış anında fazlaca iadelere yol açabileceğinden kaynaklanmaktadır. Pratikte mühendislik uygulamalarında, kalite özellikleri için içinde kalması istenen sınırlar, temelde üretim yöntemine ve üretilen mamule ilişkin bir tolerans türü ve yöntemi seçilerek belirlenir. Belirlenen sınırlara bağlı olarak yapılan üretim sonucu, mamule ilişkin kalite özellikleri belirlenen sınırlar içinde kalıyorsa bir düzeltmeye gerek kalmamaktadır. Bu amaçla KARABAY (5), kontrol ile yapılan işleri, tasarlanan ya da belirlenen kalite sınırları bakımından "pozitif" ve "negatif" uygunluk olarak adlandırmaktadır. Burada pozitif uygunluk, mamulün özelliklerine ilişkin ölçüm değerlerinin belirlenen sınırlar içinde kalması, negatif uygunluk ise, ölçüm değerlerinin sınırların dışında olması olarak tanımlanabilmektedir.

1.2 SPESİFİKASYON KAVRAMI

Tüketicilerin, önceleri hiç bir ayrıntıya bakmaksızın, sadece ihtiyaçlarını karşılayacak mamulü satın aldıkları, ancak daha sonraları ihtiyaçlarını karşılayacak mamulde bazı özellikleri aramalarının spesifikasyonun doğuşuna ve giderek önem kazanmasına neden olduğu bir önceki kesimde belirlenmiştir. Ancak bu gelişim, spesifikasyonun ne olduğu ya da ne anlama geldiğini açıklayıcı düzeyde değildir. Bu nedenle, tüketicilerin talep ettikleri mamullere

(5) MACİT KARABAY; a.g.e.; s. 58.

olan bu tür davranışları firmaları güç durumda bırakmaya başlamıştır.

Tüketicilerin herhangi bir süreçten geçerek satışa sunulan mamulleri talep etmemeleri ve bu süreçte girdi olarak kullanılan hammaddenin süreç için uygun olmaması, firmaların yaşamlarının kısa olacağı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Firma bu aşamada, üretimde kullandığı hammaddenin süreç için uygunluğundan mamullerinin talep edilme nedenlerine kadar, geniş çaplı bir araştırma yapmak zorunda kalabilir. Bu durum, özellikle üretim esnasında bir dizi kimyasal işlemin yapıldığı kimya endüstrilerinde önemli olabilmektedir. Kimyasal mamuller, diğer endüstrilerin çıktıları gibi yeniden işleme tabi tutulamazlar. Ancak, mamulde düzeltme yapabilmek için, mamulün yeniden aynı süreçten geçmesi gerekir. Şüphesiz bu durum, mamul başına düşen maliyeti etkileyecektir. Bu nedenlerle, mamul için gerekli hammaddenin seçiminden tüketiciye mamul olarak sunuluncaya kadar karşılaşılabılır durumların, firma tarafından kontrol altına alınmaması gerekecektir. Kontrolün gerektiği şekilde yapılabilmesi, bir başka deyişle üretimin kalitesinin korunması ve güven altında tutulabilmesi için bir kalite-güven kümesine ve bu kümenin üretime uygunluğunu denetleyebilmek için de bir kalite kontrol laboratuvarına ihtiyaç vardır.

Bir kalite-güven kümesi; politikalar, standartlar, yöntemler ve spesifikasyonlardan oluşur. Kalite kontrol ise, kabaca firmanın yapısına ve olanaklarına uygun olarak belirlenen bir kalite-güven kümesinin elemanları olan standart ve spesifikasyonların uygunluğu için üretimin sürekli olarak gözlenmesidir. Bu kalite-güven kümesi

ve kalite kontrol laboratuvarı, ihtiyaçların karşılanması ve mamul özelliklerinin sağlanabilmesi amacıyla, firmalar tarafından oluşturulur (6).

Kalite-güven kümesinin bir elemanı ve kalite kontrolünün da temel dayanağı olan spesifikasyon, genelde bir modelin açıklaması olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma nedeniyle spesifikasyon, hem başka kavramlarla karıştırılmakta hem de farklı şekillerde değerlendirilmektedir. Spesifikasyon kavramının değişik tanımları aşağıda verilmiştir;

"Spesifikasyon; mamul, kullanım ve sınırlanan kaliteye erişmeyi sağlayacak amaçlar ve sorumluluklardır (7)",

"Spesifikasyon, hammadde ve bitmiş mamullerin hepsinin farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin kontrol limitlerinin maksimum ve minimum değerlerinin belirlenmesidir (8)",

"Spesifikasyon, bir işin nasıl yapılacağını belirten ayrıntılı bir talimat veya belirli özellikleri yanılığa meydan vermeyecek açıklıkta ve ölçülerde tanımlayan bilgilerdir (9)",

(6) MORTON E.BADER; *"Specifications"*; Chemical Engineering; Feb.11; 1980; s. 88.

(7) GEORGES BOREL; *"Customer Satisfaction is Assured When a Product as Expected"*; Quality; Vol. 19; No.1; Spring 1975; s. 17.

(8) MORTON E.BADER; *"Speci"*; a.g.e.; s. 87.

(9) BÖLENT KOBU; *Endüstriyel Kalite Kontrolü*; İstanbul Univ.Yayınları No.2763; ÜNSÖZ Basım ve Yayıncılık Koll.Şti; İstanbul; 1981; s. 152.

"Spesifikasyon, işletme içinde tasarım, üretim ve kalite kontrol faaliyetlerinin yürütülmesinde etkin bir haberleşme aracıdır (10)".

Bunların yanısıra, spesifikasyon, üretilen mamullerin tüketici ile üretici arasında dengeyi sağlayan özellikleri (11) olarak da tanımlanabilmektedir. Günümüzde ulusal ekonomi ve uluslararası ticaret açısından da etkin bir fonksiyonu vardır.

Spesifikasyon, işletme faaliyetlerinde, çoğunlukla "standart" kavramı ile karıştırılmakta ve bazen de eş anlamda kullanılmaktadır. Oysa, aralarında yakın ilişki olan bu iki kavramı birbirinden ayırmak yerinde olacaktır. Standartlar genelde; tasarım, üretim, ölçme, haberleşme gibi özel bir konuda belirlenmiş kurallardır. Buna göre standartlar, bilimsel ve teknik araştırma ve deneyim sonuçlarına dayanılarak oluşturulur. Bu nedenledir ki, standartlar, modern yaşamın her kesiminde yer alan ve ekonomi üzerinde etkinliği büyük olan kurallardır (12).

Standart ile spesifikasyon arasındaki ayırım, KOBU (13)'nun verdiği bir mil üretimi örneğinde; milin çapı ve bu çaptan izin verilen sapmalar olarak belirlenen rakamların spesifikasyonları, bu rakamların saptanma biçiminin veya belirli kurallara uygunluğunun

(10) BÜLENT KOBU; a.g.e; s. 151.

(11) W.G. IRESON, E. GRANT; "Control of Engineering Quality"; Handbook of Industrial Engineering and Management; Sec. 14; Second Ed.; Prentice Hall; Englewood Cliffs; 1962, s. 721.

(12) BÜLENT KOBU; a.g.e.; s. 151-152.

(13) BÜLENT KOBU; a.g.e.; s. 152.

standartları oluşturmasıyla görülmektedir. Bu örnekten, spesifikasyonların standartlara göre daha dar kapsamlı olduğu açıkça görülmektedir. Bunun yanısıra, standartlar aracılığıyla, üretimin hacmine ve biçimine bağlı olarak yapılacak uygunluk testlerinde, seçilecek numunelerin kaçar birim olacağı belirlenebilir.

Böylelikle benzer kavramlardan farkları açıkça ortaya konan spesifikasyon kavramı, en azından anlam olarak netleşmiştir. Konuyla ilgili diğer açıklamalar izleyen kesimde yapılacaktır.

1.3 SPESİFİKASYONLARIN SINIFLANDIRILMASI

Spesifikasyonların, üretilen mamullerin boyut, uzunluk, genişlik, çap gibi ölçülebilir ve renk, desen gibi ölçülemeyen nitelikleri belirlediğini, ölçülemeyen niteliklerin üretici firmalar açısından çok önemli olmadığı ve ölçülebilir niteliklerin de kalite spesifikasyonları olarak kabul edildiği birinci kesimde açıklanmıştı. Bu açıklamaya göre, bundan böyle sadece kalite spesifikasyonlarının sınıflandırılması ele alınıp, açıklanacaktır.

Kalite spesifikasyonlarının sınıflandırılması üzerine farklı yaklaşımlar söz konusudur. Bir kaynağa göre spesifikasyonlar;

- (a) Mamul kullanımını tanımlama spesifikasyonları,
- (b) Mamulün kendini tanımlama spesifikasyonları,
- (c) Mamulün nasıl gerçekleştirilebileceğini tanımlama spesifikasyonları

olarak sınıflandırılmaktadır (14). Başka bir çalışmada spesifikasyonlar;

- (a) Mamul Spesifikasyonları,
- (b) Süreç Spesifikasyonları,
- (c) Malzeme ve Parça Spesifikasyonları,
- (d) Test Spesifikasyonları,
- (e) Paketleme Spesifikasyonları

olarak sınıflandırılmıştır (15). BADER (16) ise, spesifikasyonların firmadan firmaya değişiklik göstermesine karşın, genelde;

- (a) Hammadde Spesifikasyonları,
- (b) Üretim Spesifikasyonları,
- (c) Mamul (Satış) Spesifikasyonları,
- (d) Müşteri Spesifikasyonları

olarak sınıflandırılabileceğini savunmaktadır. MASTALERZ (17), kalite spesifikasyonlarını; mamul ve materyallerin spesifikasyonları, süreç spesifikasyonları ve kullanma spesifikasyonları olarak sınıflamıştır. KOBU (18) ise, bu sınıflamayı yetersiz bularak, test spesifikasyonlarını da bu sınıflamaya dahil etmiştir.

Yukarıda, incelenen probleme veya kişisel amaçlara bağlı olarak yapılan sınıflandırmalar, spesifikasyonların gerekli bilgi ve de-

(14) GEORGES BOREL; "*Customer Satis....*"; a.g.e.; s. 17.

(15) W.G.IRESON, E.GRANT; a.g.e.; s. 722.

(16) MORTON E.BADER; "*Speci.....*"; a.g.e.; s. 87.

(17) ROMAN MASTALERZ (Çev.T.C.PAMİR ve M.TÜFEKÇİ); Kalite Kontrolü; SEGEM Yayın No. 52; Ankara; OCAK 1980; s. 12-13.

(18) BÜLENT KOBU; a.g.e.; s. 173-174.

tayları içerecek şekilde sınıflandırılabilceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Ancak bu sonuca rağmen, genel olarak bir kalite spesifikasyonunun; hammaddeler, üretim yöntemi, mamul, test etme yöntemleri, kabul ve red için ölçütler ve kullanma yöntemleri gibi konuların bir kısmını ya da hepsinin içereceği unutulmamalıdır. Gerek bir kalite spesifikasyonunun içerdeği konular ve gerekse yapılan sınıflandırmalar, üretimine geçilecek mamul için söz konusudur ve bu nedenle de bir proje niteliğindedir. Her projenin sonucunda olduğu gibi, ilgili spesifikasyon için, çeşitli şekillerde belirlenen amaçlara ne derece erişildiği test edilmek durumundadır.

Bu açıklamalara göre, kalite spesifikasyonu; üretimine karar verilen mamulün üretiminde kullanılacak hammaddeyle, üretim yöntemiyle, mamulün son tüketiciye sunumuyla, kabul ya da reddiyle ilgili bilgileri içerecek proje spesifikasyonları ve üretim sonrası elde edilen mamullerin, belirlenen spesifikasyonlara uygunluğunun sınanması için test etme yöntemleri ve beraberinde spesifikasyonun günlendirmesini içeren muayene spesifikasyonları olarak iki yönlü düşünülebilir. Konuyla ilgili açıklamalar, bu sınıflama esas alınarak yapılacaktır.

1.3.1 Proje Spesifikasyonları

Proje spesifikasyonları, üretilecek mamullerin tasarlanan özellikleridir. Bu özellikler, üretimine başlanacak mamulün hammadde olarak girişinden son şeklini alıncaya kadar olan özellikleridir. Bu nedenle, üretim, proje spesifikasyonu olarak tanımlanan özel-

liklere erişebilmek için belirlenen kalite sınırları içinde gerçekleştirilmek durumundadır. Proje spesifikasyonları, üretilecek mamulün özelliklerine erişimi kolaylaştırmak amacıyla; mamul, üretim, müşteri ve kabul spesifikasyonları olmak üzere dört grupta incelenir.

1.3.1.1 Mamul Spesifikasyonları

Mamul spesifikasyonları, mamulün kendine özgü ve diğer mamullerden ayıran özelliklerini içerir. Bir başka deyişle, mamulün üretiminde kullanılacak hammaddenin seçilmesi, bir takım özelliklerinin tanımlanması ve kullanılması için gerekli spesifikasyonlardır.

Üretilecek mamulün geleceği, bir başka deyişle kalitesi büyük oranda hammaddeye bağlı olduğundan, her kalite kontrol sisteminde hammadde spesifikasyonlarının belirlenmesi oldukça önemli bir adımdır. Üretilecek mamul için gereken hammaddenin spesifikasyonları, üretim öncesi araştırma ve geliştirme aşamasında belirlenmelidir. Bu aşamada, hammaddenin önemli özellikleri saptanmalı ve olabildiğince esnek kontrol limitleri hazırlanmalıdır (19). Hazırlanan limitlere bağlı olarak sipariş edilen hammaddeler, mutlaka daha önce belirlenmiş olan spesifikasyonlarla karşılaştırılmalı ve hammaddeler arzu edilen düzeyde spesifikasyonlara uymuyorsa, red edilmelidir. Hammaddenin kalitesi, hem yapısal hem de fiziksel özelliklere bağlı

(19) MORTON E.BADER; "Specifi"; a.g.e.; s. 88.

olduğundan (20), üretimde bu anlamda kalitesi düşük hammadde kullanılması halinde, mamul kalitesi oldukça ciddi ve olumsuz yönde etkilenebilecek ve beraberinde mamul ömrü kısalabilecektir. Bunun gibi durumlar, mamul spesifikasyonlarının etkilenmesine ve dolayısıyla mamulün bir çok özelliğini yitirmesine neden olabileceğinden, hammadde spesifikasyonlarına olabildiğince uyulması gerekecektir.

Hammadde spesifikasyonları için belirlenen kontrol limitlerine göre seçilecek ve üretime girdi olarak sokulacak hammaddeler, belirli bir süreçten geçerek mamul hale gelirler. Firma ürettiği mamulü, aynı hammaddeler kullanılarak ve bunları benzeri süreçten geçirerek elde etmiş olsa bile, diğer firmaların mamullerinden ayırmak isteyebilir. Bu durumda, firmanın, bir termometrenin rahat çalışabileceği atmosfer basıncı ve sıcaklık aralığı gibi, ürettiği mamulünü diğer mamullerden ayırıcı kullanım yönlü spesifikasyonlar belirlemesi gerekecektir. Bütün bunlar, bir başka deyişle hammadde spesifikasyonları ve mamul için kullanım yönlü spesifikasyonlar, bu kesimin başında belirtildiği şekildeki mamul spesifikasyonu için yeterli olmayabilir. Bu durumda, üretilecek mamulü diğer benzeri mamullerden ayırabilmek için, mamulün kendisinin tanımlanması, bir başka deyişle mamulün sahip olduğu özelliklerinin belirtilmesi gerekebilir. Ancak, mamul için kullanım yönlü spesifikasyonların ve mamulün özelliklerinin belirlenmesi işlemlerinin, tüketicilere yönelik olduğu ve firma,

(20) T.LAMNI; *"Towards Definition of the Useability of Materials"*; *Quality*; Vol. XXVI; No. 1; 1982; s. 3.

için son derece gerekli olmayan bir yan faaliyet olduğu unutulmamalıdır.

1.3.1.2 Üretim Spesifikasyonları

Genelde hangi mamulün hangi üretim yöntemiyle üretileceğini, bir başka deyişle nasıl gerçekleştirileceğini belirleyen üretim spesifikasyonları, aynı zamanda üretilecek mamul için fiziksel ve varsa kimyasal özellikleri de tanımlar.

Üretim spesifikasyonları başlıca iki amaca yöneliktir. Bu amaçlar;

- (a) Sözkonusu mamulün istenilen koşullara uygun ve ekonomik üretimi için, üretimle ilgili tüm kişi ve bölümlerin yapması gerekenleri belirleme,
- (b) Mamul karakteristikleri ile üretim koşullarını bir arada ele alarak kaliteyi tanımlama (21).

olmaktadır. Böylece üretim spesifikasyonları, sadece üretimle ilgilenen ya da gerçekleştirenler değil, kalite kontrol personeline de kullanılmak durumunda olacaktır. Üretim spesifikasyonları, üretimi tamamlanmış mamul karakteristiklerinin tesbitinde ve bütün bölüm işlemleri için minimum kalite performans standartlarını temsil edecek şekilde tasarlanmalı (22), bir başka deyişle aralarında bir uyum olmalıdır.

(21) BÜLENT KÖBU; a.g.e.; s. 173.

(22) MORTON E.BADER; "Specifi"; a.g.e.; s. 88-89.

Üretim spesifikasyonlarının mamule uygun üretim yöntemini belirleme gibi önemli bir uzantısı da, üretim esnasında gerçekleşmesi istenen tolerans düzeyinin ya da limitlerinin belirlenmesidir. Burada sözü edilen tolerans düzeyi; kullanılan hammaddenin özelliklerinin sürecin kendisinin ve kalite kontrol laboratuvarının analitik kapasitesinin bir fonksiyonudur (23). Gerek hammadde, gerekse üretim spesifikasyonlarına bağlı olarak yapılan üretim sonucu elde edilen mamullerin spesifikasyonları, belirlenen limitler içinde ve arzu edilen değer in altında veya üstünde olabilir. Bu durumda, limitlerin arzu edilen değerden izin verilen sapmalar olduğu düşünülerek üretim kabul edilir. Eğer üretim sonucu elde edilen mamullere ilişkin ilgili değerler, belirlenen bu aralığın dışında kalır ise, üretim red edilmeli ve mutlaka bu uygunsuz durumun nedeni araştırılmalıdır.

Bunların yanısıra, yeni bir mamulün üretimine başlanması durumunda, üretilecek mamule uygun üretim yönteminin kestirilememesi, üretime başlama problemlerini ortaya çıkarmaktır. Bu problemler, üretim spesifikasyonları ve bu spesifikasyonların belirlenmesiyle önem kazanmaktadır. Çünkü, üretimine geçilecek mamule uygun üretim yöntemi seçilmemesi halinde, üretimle ilgili bir çok problemle karşılaşılması ve bu nedenle de spesifikasyonlara uymayan mamul üretimi kaçınılmaz olacaktır. Bu sebeple, üretim spesifikasyonlarının belirlenmesi önemli bir adım olmaktadır.

(23) MORTON E.BADER; "Specifi"; a.g.e.; s. 89.

1.3.1.3 Müşteri Spesifikasyonları

Firmalar için müşteri spesifikasyonlarının esası, çeşitli ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla talepte bulunan müşterilerin talep ettikleri mamuller için söz konusu olan beklentilerinin kestirilmesidir. Müşterilerin mamuller için beklentileri, firma içinde bulunan pazarlama ve satış bölümlerince kestirilebilir. Müşteri tatminsizliğine neden olacak görünür bir eksiklik olmasa da, temel ihtiyaçların incelenmesiyle, mamul için istenmeyen bir durum varsa ortaya çıkarılabilir (24). Burada amaç, ihtiyaçlara cevap verecek nitelikte mamul üretimi için, böyle istenmeyen durumları ortadan kaldırmaya çalışmaktır.

Müşteri spesifikasyonları, üreticiden çok mamulu kullanacak olanların yararlanması amacıyla hazırlanırlar. Aynı zamanda bu spesifikasyonlar, mamulün kullanılabilceği koşullar, çalıştırma ve bakım işlemlerine ilişkin ek bilgi ve talimatı da içerirler (25).

Her mamul, farklı insanların ihtiyaçlarını farklı şekillerde karşılamayı amaçladığından, mamul için beklentilerin kestirimi ve spesifikasyonların detaylandırılması güçleşmektedir. Örnek olarak, açık bisküi tüketiminin dönemler itibariyle farklılaşmasının üretici firmayı değişiklik yapmaya zorlaması gösterilebilir. Yapılan değişiklik sonucunda, söz gelişi ambalajlı bisküiye olan talep artarsa, firma siparişleri karşılamayacak belki de kısa bir süre yoksata-

(24) GEORGES BOREL; "*Customers Satis*"; a.g.e.; s. 18.

(25) BÜLENT KOBU; a.g.e.; s. 174.

caktır. Bu durumda firmanın pazar payı, kısa dönemli de olsa düşecektir. Günümüz koşullarında, lüks tüketim maddesi sayılan bisküi için bu durum oldukça önemli olabilir. Bu aşamada firma belki; bisküiyi bayatlatmayan, kırılmasına engel olan ve müşteriler tarafından kabul görececek bir ambalajlama tekniği bularak uygulamak durumunda kalacaktır. Benzeri durumlar dayanıklı tüketim mamulleri ve giyim için de geçerli olabilmektedir. Ancak, müşteri beklentileri, kullanım dışında kişi zevkiyle ilgili ise, bu tür beklentilerin mamul kalitesi üzerinde doğrudan ölçülemeyen niteliklerle ilgili olması, firmalar için önemsiz olabilmektedir.

Bu örnekler müşteri spesifikasyonlarına ilişkin temel sorunun, mamul için müşteri beklentilerinin kestirilmesi olduğunu göstermektedir. İzleyen aşamada ise, kestirilen değerlere göre, mamuller için müşterilerin tatmin düzeyinin eniyelenmesi gerekmektedir. Bu amaçla;

- (a) İlk olarak; raporlanan bir başka deyişle var olan problemlerin belirlenmesinde müşteri iade ve şikayetlerinin analizi,
- (b) İkinci olarak; müşterilerle doğrudan ilişki kurarak, mamul ile müşteri tecrübelerinin araştırılması,
- (c) Son olarak da; müşteri kullanım bulguları, tesis denetimi, test ve süreç kontrol yöntemlerine bağlı olarak son spesifikasyonlara dönüştürülmesi yer alır (26).

(26) R.W.PEACH; "Defining Hard-To-Define Customer Quality

Expectations"; Quality Progress; Vol. 13; Dec. 1980; s. 15.

Böylelikle, firmalar için son derece önemli olan müşteri beklentileri, hem mamulle ilgili spesifikasyonu günlemede hem de yeni mamuller için spesifikasyon hazırlamada, kısmen de olsa kestirilmiş olacaktır.

1.3.1.4 Kabul Spesifikasyonları

Genelde kabul spesifikasyonları, üretilen mamullerin kabul ya da red edilmesi için gerekli ölçülerdir. Bunlar;

- (a) Belirli bir mamul ya da malzeme ünitesinin istenilen niteliklere sahip olup olmadığını kanıtlama,
- (b) Bir parti mamul ya da malzemenin kabul edilip edilemeyeceği

amaçlarına yönelik ölçüleri belirleyen spesifikasyonlar olmak üzere iki yönlüdür (27). Bir başka deyişle kabul spesifikasyonları, bir mamulün üretiminde kullanılacak hammaddenin, bu hammadde kullanılarak elde edilecek mamulün ve özellikle seri üretimde, belirli bir ölçüte göre ve çeşitli aralıklarla seçilecek partilerin kabulünde kullanılan spesifikasyonlardır.

Üretilecek mamulün; çeşitli özelliklerinin, üretiminde kullanılacak hammaddenin, üretim yönetiminin, müşteriye sunum şeklinin belirlenen bazı spesifikasyonlarla açıkça ortaya konmasıyla mamulün istenilen spesifikasyonlarda elde edilmesi beklenir. Ancak bu kimi zaman gerçekleşmeyebilir. Her ne kadar üretilecek mamul için gerekli

(27) BÖLENT KOBU; a.g.e.; s. 174.

spesifikasyonlar belirlenmiş de olsa; fiziksel imkansızlıklar, personel hataları, yanlış anlaşılmalara, kontrol yetersizliği gibi aksaklıklar, üretimin en azından tümüyle kabul edilmesini engelleyebilecektir. Kabul edilse bile tüketimi sırasında önemli sorunlar ortaya çıkabilir. Bu tür aksaklıkların üretime olan olumsuz etkilerinin nasıl kontrol altında tutulabileceği ve bu etkileri azaltabilmek için nelerin yapılması gerektiği belirlenmelidir. Üretimin ne kadarının hangi ölçüde göre kabul edileceği bu aşamada önemli bir problem olmaktadır. Bu nedenle; üretilen mamul sayısına, üretim tipine ya da başka bir takım kriterlere bağlı olarak ölçüm frekansı ve ölçülecek birim sayısının belirlenmesi için, numune alma teknikleri yardımıyla kabul ve red için ölçütler belirlenmelidir. Belirlenen bu ölçütlere, en genel anlamda kabul spesifikasyonları denilir.

Böylelikle, daha önce belirlenen mamul, üretim ve müşteri yönlü spesifikasyonlara bağlı olarak üretilen mamullerin kabul ya da red edilmesi, kabul spesifikasyonlarıyla kararlaştırılmış olmaktadır. Kabul spesifikasyonları, sadece bitmiş mamullerin kabul ya da reddiyle ilgili bilgileri değil, aynı zamanda ilgili kararın verilmesinde girdi olacak ölçüm kriterleri, kullanılacak alet ve cihazlar, yapılacak ölçme ve kayıt işlemleri gibi bilgileri de içerirler. Şüphesiz, üretimin kabul ya da red edilmesine yol açabilen bu spesifikasyonların olabildiğince güvenilir olması gerekmektedir. Aksi halde, red edilmesi gerektiğinde kabul edilen mamuller büyük oranda tüketilemeyecek veya tüketilenler kısa sürede iade edilebilecek ve bu tip olaylar sonucunda firmanın pazar payı düşebilecektir. Bu nedenlerle kabul spesifikasyonları firma açısından oldukça önemlidir.

Üretilecek mamulün tasarlanan özelliklerine erişebilmek için belirlenen kalite sınırları içinde çalışmak, mamullerin muayene edilmesi gereğini ortaya çıkarmaktadır. Mamul üretimi için uygun hammadde ve üretim yönteminin belirlenerek üretime geçilmesi ve elde edilen mamullerin kontrol edilmesi, proje spesifikasyonlarının da gözden geçirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu amaçla, izleyen kesimde incelenecek olan bir başka spesifikasyon türüne ihtiyaç vardır.

1.3.2 Muayene Spesifikasyonları

Proje spesifikasyonları aşamasında belirlenen kalite sınırları, mamul için tasarlanmış özelliklere olabildiğince erişimin sağlanmasında bir ölçüttür. Muayene spesifikasyonları ise, üretimine başlanacak mamul için tasarlanan özelliklere ne derece erişildiğinin kontrolü için geliştirilen spesifikasyonlardır.

Üretilecek mamulün bazı önemli niteliklerine tolerans tanınması, üretim sürecinde, bitmiş mamulün özelliklerinde değişkenliğe yol açabilen *etkenler* olduğunun delilidir. Bu temel etkenler şöyle sıralanabilir (28):

- (a) Kullanılan *malzeme* ; tasarruf nedeniyle her zaman en iyisi kullanılmıyor olabilir,
- (b) Kullanılan *makinalar* ; bunlar da her zaman en yenisi ve mükemmeli olmayabilir,

(28) UMBERTO TURELLO; "Ürün Kalitesinin Yönetimi"; Kalitenin Ulusal Ekonomiye Katkısı Konferansı; Ankara; Eylül 1981; s. 166-167.

- (c) Mevcut işgücü ve personelin eğitim seviyesi ; özellikle ve yaptığı işe uygun eğitim görmemiş personel,
- (d) Çalışma metodları ; kaliteye değil fazla üretime yönelik olabilir,
- (e) Ölçü aletleri ; her zaman en uygunu değildir ve sürekli kalibre edilmiyor olabilir.

Yukarıda belirtilen etkenlerin yol açacağı zararların en aza indirilmesi için üst düzeyde bir kontrol uygulanmalıdır. Bir başka deyişle, mamulün bazı önemli nitelikleri için belirlenen tolerans limitleri uygun aralıklarla zaman zaman gözden geçirilmelidir.

KARABAY (29), mühendisin mamulün krokisini çizip ressama verdiği, ressamın da resimleri temize çekince toleranslama işlemini yardımcısına bıraktığını, onun da başı derde girmesin diye bildiği en dar toleransı seçtiğini kanıtlayan araştırmalardan söz etmektedir. Belirlenen bu dar toleranslar, üretilen mamullerde fazlaca ıskartaya yol açabilecek ve dolayısıyla maliyeti arttıracaktır. Öte yandan olması gerektiğinden daha dar olarak belirlenmiş tolerans limitlerinin, muayene edenler tarafından yeterince ciddiye alınmaması ihtimali de vardır. Bu durumda mühendislerin öngördüğü limitlerin dışında kalan ve gerçekte ıskarta olan mamullerin de kabul edilmesi söz konusu olabilecektir. Bir başka deyişle, üretilecek mamulde belirlenen tüm spesifikasyonlara erişilemeyecek ve kalitesiz mamul üretilecektir. Bu nedenle, tasarlanan spesifikasyonlar ile muayene sonucu el-

(29) MACİT KARABAY; a.g.e; s. 64.

de edilen değerler karşılaştırılarak, mamulün gerçekleşen özellikleri belirlenmelidir. Temelde muayene spesifikasyonları řu aşamalardan oľuřur (30):

- (a) Spesifikasyonların yorumlanması,
- (b) Mamulün üzerinde gerekli ölçümlerin yapılması,
- (c) Sağlanan verilerin spesifikasyon verileriyle karşılaştırılması,
- (d) Spesifikasyonlara uygunluk derecesi konusunda bir yargıya varılması,
- (e) Bu yargıya göre mamul üzerinde gerekli işlemlerin yapılması ve
- (f) Derlenen verilerin değerlendirilmesi

Üretim ncesi belirlenen proje spesifikasyonlarının yorumlanarak işleme sokulması ve üretim sonucu elde edilen mamullerde yapılacak kontroller, mamulün tasarlanan özelliklerinin gerekleşi gerçekleşmediğinin belirlenmesi için yukarıdaki prosedür doğrultusunda uygulanmalıdır. Böylelikle tasarlanan özelliklere erişim için belirlenmiş olan proje spesifikasyonlarının uygunlukları, yeniden değerlendirilebilecek ve kontrol edilebilecektir.

1.4 SPESİFİKASYONLARIN BELİRLENMESİ

Spesifikasyonlar genel anlamda, bir mamulün (birimin) tüm özelliklerini yazılı olarak gösterir belgedir. Aynı zamanda, firma

(30) ROMAN MASTALERZ; *"Denetim rnekleme ve Test"*; Kalite Kontrolu Yöneticiler Toplantısı ve Sempozyumu; MPM Yayın No, 177; Ankara; 1976; s. 178-179.

olanaklarına bağılı olarak, var olan şartlar altında üretilecek mamullerin belirlenen özelliklerine erişebilme derecesine ilişkindir.

Spesifikasyonlar, mamullerin yeterli veya hizmete yararlı olacakları biçimde belirlenirler (31). Başka bir deyişle, mamulün, firmanın var olan şartlarına ve yapısına uygun olacak şekilde belirlenen ilkeler doğrultusunda üretilmesi söz konusu olmaktadır. Bu amaçla bir spesifikasyonda; kullanılacak hammaddeye, uygulanacak üretim yöntemine, elde edilecek mamule, mamulün kontrol edilmesine ve bunların dışındaki konulara ilişkin bilgiler olmalıdır. Üretilecek mamulün geleceğini etkileyecek önemli özelliklerine yönelik, detaylı araştırma ve çalışmayla belirlenen bu bilgilerin varlığı gereklidir ancak yeterli değildir. Bunun yanısıra bu bilgi birikiminin, üretime geçilmesi halinde olabilecek bir takım aksaklıkların ve yanlış anlaşılmaların en azlanabilmesi için tam kapsamlı, açık ve doğru anlaşılır olması da önemlidir.

Sürekli kontrol altında olan bir sürecin, mamulde istenen özelliklere bağılı olarak, belirlenen şartnameye uygun mamuller üretmesi garantili değildir. Bu durum, kontrol altına alınamayan ya da belirlenemeyen şans faktörlerinin mamullerde değişkenliğe yol açabileceğinin bir sonucudur. Makinada, çalışan işgörende ve çevre şartlarında olabilecek bir takım aksamalar, bu değişkenliğe neden olarak gösterilebilir. Bu tür faktörlerin etkisinde üretilen mamullerin özellik-

(31) SEDAT AKALIN; Üretim ve Kalite Kontrolü; izmir i.T.B.F.Yayınu; Yayın No. 64/30; Ege Üniversitesi Matbaası; 1973; s. 68.

leri, üretime geçilmeden önce oluşturulan spesifikasyonlardan büyük sapmalar gösterilebilmektedir. Bu sapmalar, üretimin yapıldığı anda var olan şartlara bağlı olarak, bitmiş mamuller için tasarlanmış sınırların (limitlerin) dışına çıkacak kadar büyük olabilir.

Genelde firmalar için spesifikasyonların belirlenmesi işlemi, yeni bir mamulün üretimine karar verilmesi durumunda söz konusu olmaktadır. Ancak bazı hallerde, üretimde bulunan mamule ilişkin daha önce belirlenmiş spesifikasyonlarda bazı özelliklere erişilememe durumunda yapılması gerekli işlemler spesifikasyon belirleme olarak nitelendirilebilmektedir. Firmalar, üretim öncesi belirledikleri spesifikasyonlar doğrultusunda ürettikleri mamullerin, spesifikasyonlara uygunluğunu kontrol etmek durumundadırlar. Bu kontrol; firma yöneticilerine, firma olanaklarına, üretim biçimine ve üretilen mamul sayısına bağlı olarak, genelde sürekli ya da kesikli kontrol, bir başka deyişle, yüzde yüz muayene ya da numune alma olarak kendini göstermektedir. Yapılan bu kontrollerle, mamullerin belirlenen spesifikasyonlara uymadığı ya da bazı özelliklerin sağlanamadığı tesbit edilir ve bu uygunsuz durum önemli bir sınıra gelir ise, uygulanan spesifikasyonların yeniden gözden geçirilmesi ve düzeltilmesi gerekebilir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında yapılması gerekli faaliyet, ilk bakışta bir düzeltme gibi görünürse de, mamulün sağlanmayan özelliğinin ve bu uygunsuz durumun sürecin neresinden kaynaklandığının bulunması, üretim öncesi belirlenen değer ile gerçekleşen değer arasındaki farkın hesaplanması gibi işlemler, belki, yeni bir mamul için spesifikasyon belirleme işleminden daha fazla zamana ve araştırmaya ihtiyaç duyabilir. Bu durum, spesifikasyonlarının düzeltilmesinin belirlenmesi kadar önemli olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Aslında belirlenen spesifikasyonların bazı nedenlerden dolayı düzeltilmesi, genelde toplum ve özelde firma içerisinde, üretilecek mamulün özelliklerine ilişkin standartların olmamasından kaynaklanmaktadır. İşte bu yüzden düzeltme, bir yerde aynı mamul için yeniden belirlene olduğundan önemlidir.

Konuyla ilgili bazı standartların olmaması ya da mamullerin büyük bir yüzdesinin var olan standartlara uymaması durumunda, spesifikasyonların düzeltilmesi işlemi üç farklı şekilde olmaktadır (32).

Birincisi, üretim sürecini değiştirmektir. Ancak bu durum, üretim anında kullanılan metodlarda önemli değişikliklere yol açabilmekte ve bu yüzden firma açısından oldukça masraflı olabilmektedir. Bu tür olumsuz etkisi nedeniyle uygulamada sık sık bu duruma başvurulmaz.

İkincisi, üretim sonucu, özelliklerinin bir kısmı sağlanmayan mamulleri diğerlerinden ayırmak ve bu mamulleri ıskartaya ayırmak veya yeniden işleme sokarak yüzde yüz muayeneye tabi tutmaktır. Ancak bu seçenek de, çoğunlukla ıskartaya ayrılan mamullerin gerçekten ıskarta olup olmadığının belirlenmesinde ya da yeniden işlenerek istenen hale gelebilecek mamullerin seçiminde güvenilir değildir ve bu mamullerin yeniden işlenmesi ve yüzde yüz muayene edilmesi nedeniyle maliyeti yüksektir. Bu yüzden özellikle, muayenenin mamullerin tahribatı ile yapıldığı ve yüzde yüz muayenenin ihmal edilemeyeceği durumlar için elverişsizdir.

(32) SEDAT AKALIN; a.g.e; s. 68-70.

Üçüncüsü ise, belirlenen spesifikasyonların çok sıkı olduğu ve tolerans limitlerinin biraz genişletilmesinin mamulün hizmet etme yeteneğini azaltmayacağı düşüncesinden hareketle, spesifikasyonların değiştirilmesidir. Bu durumda, spesifikasyonlara uymayan mamuller, genişletilen limitler içerisinde kalacağından yeni bir düzenlemeye gerek olmayacaktır.

Son seçenek, her ne kadar eniyi yol olarak görünmekte ise de, spesifikasyonlara uymayan mamulleri içine alacak limitlerin ne kadar genişletileceği önemli bir problem olmaktadır. Başka bir deyişle, mamulün kullanım anındaki hizmet etme yeteneği, büyük oranda bu limitlere bağlı olduğundan, limitleri gereğinden fazla genişletme yarar yerine sakınca getirebilir. Bu sonuca göre, nasıl bakılırsa bakılsın ya da hangi seçenek uygulamaya konulursa konulsun, spesifikasyonların değiştirilmesi, yeniden belirlenmesi gibi işlem ve külfet yoğun olmaktadır.

Firmalar, tüketici ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla üretimde bulunurlar. Bu nedenle, öncelikle hangi tüketici ihtiyacını karşılayacak mamulün üretileceğine karar verilir. Daha sonra firma, önceki kesimlerde belirtildiği gibi genelde mamul, üretim, müşteri ve kabul spesifikasyonlarından oluşan ve ilgili mamulü üretebilmek için gerekli bilgi ve özellikleri içeren spesifikasyonu belirler. Belirlenen spesifikasyona bağlı olarak, kabaca hangi aşamada ne tür işlerin yapılacağıının netleşmesiyle, üretime başlanabilir. Aksi halde, üretime geçilmesi durumunda bir takım aksamalar söz konusu olabilir.

Spesifikasyonlar, çeşitli bölümlerin katkısı ile ortaya çıkmaktadır. Özellikle mamul spesifikasyonlarında satış, tasarım, üretim ve kalite kontrol bölümlerinin işbirliği gerekli olmaktadır. Firma içerisinde bulunan bu bölümler, sadece spesifikasyonların belirlenmesinde değil, uygulamaya konulması halinde olabilecek aksamalarını denetleme işlevini de yerine getirmek durumundadırlar. Sadece bir tek spesifikasyon için dört bölümün işbirliği, spesifikasyon belirleme işleminin oldukça geniş kapsamlı ve karmaşık olduğunu kanıtlayacak düzeydedir. Spesifikasyonlar, uzun bir çalışma sonunda ortaya çıkmaktadırlar. Böylesine detaylı bir çalışma sonunda elde edilen bilgi birikimi, konuyla ilgili olarak yapılacak benzeri çalışmalara girdi olarak yönlendirilebilecek ve standartların oluşmasına katkıda bulunabilecektir. Önceleri olmayan bazı spesifikasyonların bu şekilde geliştirilmesi, günümüzde spesifikasyonların belirlenmesini ve denetimini kolaylaştırmıştır. Daha sonraları da özellikle boyut ve beraberinde tolerans saptamada bazı standartların geliştirilmesi ile büyük aşama kaydedilmiştir.

Herhangi bir tüketici ihtiyacını karşılayacak yeni bir mamulün üretimine karar verilmesi durumunda, mamul özellikleri hem tüketicilerce hem de üretici firmanın çeşitli bölümlerince farklı şekillerde değerlendirilir. Buradaki yeni mamul, kalite kontrol açısından, gerçekten yeni ya da bazı özellikleri değiştirilmiş eski mamul olabilir. İşte bu yüzden; eski mamulün farklı büyüklük ve şekillerdeki ambalajlarla satışa sunulması, rakip mallara göre daha ucuz ve güvenilir olması, mamulde model değişikliği yapılması, başka bir mamulün taklit edilmesi ya da tümüyle yeni bir mamul olarak nitelendirilmesi gibi

farklı değerlendirmeler yapılabilir (33). Sözü edilen bu durumlarda, var olan spesifikasyonun yeniden belirlenmesi yerine, sadece bazı yönleriyle gözden geçirilmesi yeterli olabilir. Ancak, piyasa şartları dikkate alınarak, üretilen mamule ilişkin spesifikasyonların periyodik olarak gözden geçirilmesi çoğu kez daha yararlı olmaktadır. Aslında böyle bir çalışmanın yapılması, modelin güvenilirliği açısından son derece önemli ve gereklidir.

Buraya kadar yapılan açıklamalar, tüketici ihtiyacını karşılayacak yeni bir mamulün üretimine karar verilmesi durumunda, yeni mamul ve özellikleri için spesifikasyonların belirlenmesi işleminin oldukça geniş kapsamlı ve derinlemesine araştırmaların bir ürünü olduğu (34), aynı zamanda mevcut şartların ayrıntılı analizini ve bölümlerarası işbirliğini gerektirdiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle izleyen kesimlerde spesifikasyonların belirlenmesi yerine, belirlenmiş ya da var olan spesifikasyonların gerçekleşmesi için tesbit edilen tolerans limitleri ve bu limitlerin belirleme yöntemleri üzerinde durulacaktır.

1.5 SPESİFİKASYONLARIN YORUMLANMASI

Spesifikasyonların kolay anlaşılır olmaması, bir başka deyişle spesifikasyonların neye benzediğinin ya da ne olması gerektiğinin bilinmemesi önemli sorunlara yol açmaktadır. Bazı hallerde işlem

(33) ERDOğAN FIRATLI; Yeni Mamul Kalite Kontrolü; Anadolu Üniv. Yayınları No. 7; Anadolu Üniv. Basımevi; Eskişehir, 1983, s.13-15.

(34) ERDOğAN FIRATLI; a.g.e; s. 12.

sonucu ortaya çıkan hataların kaynağı, yeterli derecede açık ve anlaşılır olmayan spesifikasyonlar olmaktadır. Çünkü;

- (a) Spesifikasyonlar öz olarak belirsizdir,
- (b) Resmi spesifikasyonlar, resmi olmayan bilgilerle çelişirler,
- (c) Spesifikasyonlar bazı özellikler hakkında hiç bir şey belirtmezler,
- (d) Spesifikasyonlar önemli ve önemsiz özellikleri birbirinden ayırmazlar,
- (e) Operatör, spesifikasyonları yorumlayacak bilgiden yoksundur (35).

Bu tür nedenlerden kaynaklanan problemler, eğitim veya işe hazırlama kılavuzlarıyla kısmen de olsa giderilebilir. Yapılacak bu ve buna benzer faaliyetler, operatörün neyi, ne için yapması gerektiğini açıklayacaktır.

Spesifikasyonların kolay anlaşılır olmamasının bir başka nedeni de, üst yönetim ile üretimi gerçekleştirenler arasındaki, spesifikasyonun *yasa* mı yoksa *kural* mı olarak kabul edileceği konusundaki çelişkidir. Spesifikasyonların *yasa* olarak kabul edilmesi ve bu şekilde uygulanmasının hiç şüphesiz yararı vardır. Eğer bir spesifikasyon *yasa* olarak kabul edilirse, özellikle benzeri mamul üreten firmalar için, mamullerde ve üretim sürecinde bir bütünlük ve aynılık söz

(35) ROMAN MASTALERZ; a.g.e; s. 56-57.

konusu olacaktır (36). Bu tür kabulde belirlenen çok katı sınırlara uyulması, belki de yüzde yüz muayene yapılması gerekir. Aksi halde, mevcut şartlar altında üretilen mamuller kabul edilmeyeceklerdir. Kalite kontrol uygulamasının gerektiği şekilde yapılması, kalite maliyetlerinin doğru olarak belirlenmesinde faydalı olmaktadır.

Öte yandan spesifikasyonların yasa olarak kabulü, yeni bir spesifikasyonun belirlenmesi ya da var olan spesifikasyonda gerekli değişikliklerin yapılması konusunda üst yönetimin desteğinin alınmasında güçlük yaratmaktadır. PITT (37)'e göre üst yönetimin bu davranışı, yeni spesifikasyonun tümüyle olmasa da, bir kısmının yasaya uymaması halinde, mamullerin kabul görmeme ihtimalinin artacağı düşüncesindedir. Çünkü yasa olarak kabul edilmiş spesifikasyonların çok katı kalıplar içinde uygulanması gerekmektedir. Spesifikasyonların yasa olarak kabulü; doğruluğunun olduğu gibi kabul edilmesi, hakkında yalnızca tutarlı yorumlamalarda bulunulabileceği, efektif olabilmesi için mümkün olduğunca gerçeğe uygun olarak belirlendiğinin kabul edilmesi gerektiği gibi, böyle bir spesifikasyona kesinlikle müdahale edilemeyeceği izlenimini yaratan sonuçları doğurur. Böyle bir izlenim ise önemli sakıncalara yol açabilir. Örneğin, firmaların yeni bir teknolojiyi benimsemelerini ya da üretim sürecinde değişiklik yapmalarını büyük oranda engelleyebilir.

(36) HY PITT; "Specifications: Laws or Guidelines?"; Quality Progress; July 1981; s. 15.

(37) HY PITT; "Specifications: Laws"; a.g.e; s. 15.

Spesifikasyonların yasa olarak kabulünde olduğu gibi, kural olarak kabul edilmesinde de bazı aksamalar gözlenmektedir. Spesifikasyonların *kural* olarak kabul edilmesi halinde, yararları *icselel duyarlık* içinde kalır (38). Genelde kurallar, düzenleyenler tarafından kolaylıkla ve kısa sürede değiştirilebilmektedir. Bu değişiklik, belirli dönemlerde ekipmanın ve sürecin denenmesi ve gözlenen aksaklıkların nasıl düzeltilebileceğinin araştırılması sonucu yapılmalıyken, her defasında öne sürülen ve kararlaştırılan kurallar için bir öncekinden bağımsız kararlar verilebilmektedir. Örneğin, üretilen birim sayısının çok olduğu durumlarda spesifikasyonlara uymayan birim, üretimin sadece %5'i ise, kuralları gözden geçirmeye gerek yoktur. Spesifikasyonlara uymayan birim sayısının ve gönderilen partilerdeki iadelerin artması durumunda ise, kurallar mutlaka kontrol edilmelidir. Ancak, çoğu kez uygulamada böyle davranılmaz. Kuralların tümüyle kontrol edilmesi gerekirken, sadece ara istasyonlarda değişiklik yapılmaktadır. Oysa ki, spesifikasyonun kural olarak kabul edilmesi, çok küçük aksamalarda bile değişiklik yapılması sonucunu doğurabilir.

Herşeye rağmen, spesifikasyonların kural olarak kabul edilmesi, gözlenen aksaklıklara bağlı olarak yapılabilir değişiklikler mamul lehinde olduğundan, firmalar için elverişli durumlar yaratmaktadır. Ancak;

- (a) Firmaların kendi çıkarları çerçevesinde spesifikasyonları için kurallar belirlemesi ve bu kuralların farklılık

(38) HY PITT; "Specifications: Laws"; a.g.e; s. 17.

göstermesi, piyasada aynı ihtiyacı karşılayan farklı mamullerin oluşmasına,

- (b) Kuralların esneklik vermesi nedeniyle üretimde ve mamullerin spesifikasyonlara uygunluğunun kontrolunda gerekli disiplinin sağlanamamasına,
- (c) Hammadde, ekipman ve sürecin sınırlı kontrolu, mamullerde daha yüksek kusurlu oranına,
- (d) Hacim kalitesinin önceden belirlenebilmesi için gereken numune hacminde büyük sapmalara,
- (e) Uygulanan prosedürde sık sık değişikliğe imkan vermesine

neden olmaktadır (39).

Uygulamada spesifikasyonların kolay anlaşılır olmasındaki engellerin yanısıra, yorumlanması konusunda da bazı çıkmazlar yaşanmaktadır. Çoğu zaman spesifikasyonların yorumlanması sorumluluğu, teknik bilgi açısından yetersiz olan atelye işçilerine yüklenmektedir. Proje spesifikasyonlarını hazırlayanlar, kaç parçanın hangi aralıklarla ölçüleceğini (kabul spesifikasyonlarını) belirlemezlerse, operatör hem ilgili konuda hem de bir dizi işlem sonucu elde edilen mamullerin hazırlanan spesifikasyonlara uyup uymadığı konusunda kendi başına karar vermek durumunda kalacaktır. Operatörü kendi başına karar vermeye iten neden, sadece bazı spesifikasyonların belirlenmesi değildir. Diğer nedenler şöyle sıralanabilir (40):

(39) HY PITT; "Specifications: Laws"; a.g.e; s. 16-18.

(40) ROMAN MASTALERZ; a.g.e; s. 57-58.

- (a) Operatör, yönetimin hem nitelik hem de nicelik gibi kendisine çelişkili gelen istekleri ile karşılaşır. Bazı hallerde operatör çalışmalarını tamamen üretimin niceliğine yöneltir. Bunun nedeni, ona göre yönetimin esas ilgisinin nicelikte olduğudur,
- (b) Operatör, spesifikasyonları karşılayabilmekteki eksikliklerin doğuracağı sonuçlar hakkında bilgilendirilmemiştir,
- (c) Operatör, hata nedenlerinin büyük çoğunluğunun kendi kontrol alanlarının dışından kaynaklandığını bilir. Bu, onu yönetimin hata önleme konusunda çok ciddi olamayacağı kanısına yöneltir.

Aslında bu sorunların çoğunun başlangıcı modern yatırımların karmaşıklığında yatmaktadır. Operatör, küçük bir imalathanede tasarım, üretim ve satışlar döngüsünün tümünü görebilmektedir. Herşeyden önce, müşteri ile karşı karşıya gelerek, onun ilk elde gereksindiği mamul kalitesini öğrenebilir. Büyük bir fabrikada ise durum bundan farklıdır. Operatör son derece özel bir işte çalışır ve sahip olduğu bakış açısı ile anlama yeteneğini büyük oranda yitirir (41). Bu durumda daha önce belirtildiği gibi, spesifikasyonların anlaşılması ve yorumlanması konularında ortaya çıkan problemler; var olan bakış açısı ve anlama yeteneğinin eğitim, gösteriler ve diğer ilgili faaliyetlerle güçlendirilmesiyle çözümlenebilir. Konuyla ilgili olarak yapıla-

(41) ROMAN MASTALERZ; a.g.e; s. 58.

bilir faaliyetlerin bazıları şunlardır:

- (a) Standartların sağlanması ve spesifikasyonların yeterli olmadığı yerlerde gerekli açıklamaların yapılması
- (b) Kullanılan sözcüklerin anlamlarının açıklığa kavuşturulması,
- (c) Bilinçli bir çalışma için gerekli kalite özelliklerinin açıkça saptanması (42),
- (d) Firmada; tanıtıcı kitapçıklar, işleri tanıtıcı broşürler, iş alanı-işlem el kitapçıkları gibi yayınlarını çoğaltılarak dağıtılması,
- (e) Hatalı mamullerin (hatalarını belirterek) ve rakip firmaların mamullerinin sergilenmesi,
- (f) İşçi-idareci komiteleri oluşturmak,
- (g) Çeşitli konularda reklam yapmak (43).

Buraya kadar yapılan açıklamalar, spesifikasyonu tam olarak belirli, bir başka deyişle sadece nominal ölçüsü verilen bir siparişin hiç bir firma tarafından güvenle kabul edilemeyeceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Ancak, ilgili spesifikasyonun firmalar açısından farklı şekillerde yorumlanabilmesi, üretimin, siparişi veren(ler) tarafından belirlenen normlara uygun olarak gerçekleştirilebilmesini mümkün kılabilir. Şöyle ki, firma ilgili siparişdeki spesifikasyonu yasa olarak kabul ederse, genelde fiziksel imkansızlıklar ya da başka aksaklıklar nedeniyle, istenilen nominal ölçüde üretimde bulun-

(42) ROMAN MASTALERZ; a.g.e; s. 82.

(43) ROMAN MASTALERZ; a.g.e; s. 59.

mayabilecektir. Bunun aksine, verilen spesifikasyonun kural olarak kabul edilmesi, üretimin disiplinsizlik ve kontrolsüzlük nedeniyle istenilen nominal ölçünün çok üstünde ya da çok altında gerçekleşmesine ve bu yüzden de aşırı mamul iadeleriyle karşılaşılmasına neden olabilecektir. Bu yüzden istenilen nominal ölçüde üretimini gerçekleştiremeyen firma, kullanacağı malzemesini, ekipmanını ve sürecini gözden geçirerek, istenilen ölçünün altında ve üstünde üretimde bulunacağı limitleri (sınır değerlerini) belirlemek durumunda kalacaktır. Bu limitlerin belirlenmesi aşamasında, büyük oranda firma olanakları dikkate alındığından, spesifikasyon kural olarak, belirlenen limitlere uygun üretimde bulunma aşamasında ise, spesifikasyon yasa olarak yorumlanmalıdır. Gerçekten de, üretimin verilen siparişe uygun olarak belirlenen limitler içinde gerçekleşmesi gerektiğinden, ilgili spesifikasyonun üretim aşamasında yasa olarak kabul edilmesi yararlı olacaktır. Böylelikle, kural olarak kabul edilmesi durumunda söz konusu olan disiplinsizlik ve kontrolsüzlük kendiliğinden ortadan kalkmış olacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

TOLERANSLAR

Firmalar, herhangi bir tüketici ihtiyacını karşılayacak bir mamulün üretimine karar vermeleri durumunda, üretilecek mamulün ölçülerini tek değer olarak saptarlar. Bu ölçüye nominal ölçü ya da tasarım ölçüsü denir. Belirlenen bu ölçüye bağlı olarak üretime geçilmesi durumunda, üretim işlemlerini etkileyen ve nominal ölçüden sapmalara yol açan nedenler söz konusu olduğundan, üretilen mamullerin hepsinin ilgili nominal ölçüde olması beklenmemelidir. Bu nedenlerden bir kısmının kontrol edilebilir olmasına karşın, geriye kalan nedenleri engellemenin maliyeti yüksek olduğundan, herhangi bir girişimde bulunulamaz. İşte bu engellenemeyen nedenlere bağlı mamul ölçülerindeki değişimin kaçınılmazlığı gözönüne alınarak, nominal ölçü ile birlikte izin verilebilecek sapma miktarları, başka bir deyişle

toleranslar belirlenir.

2.1 TOLERANS KAVRAMI

Üretilen mamullerin spesifikasyonlara uygunluğu, üretim sonucu elde edilen mamullerin özelliklerinin daha önce belirlenen sınırlar içinde olup olmamasına bağlıdır. Bu sınırlara *tolerans limitleri* ve bu limitler arasındaki farka da *tolerans aralığı* denilir.

Mamuller için tolerans kavramı, bu genel çerçevede çok eskiden beri vardı. Ancak, proses değişkenlerini kontrol etme ve ölçme son derece ilkel idi. Bina, araç ve mobilya yapımında kullanılan bileşenlerde toleransa ihtiyaç duyulduğu iyi biliniyordu. Bunlara ek olarak, eski zamanlarda bu bileşenlerin montajı, normal olarak değiştirilebilen parçalarla değil, arzu edilen durum elde edilinceye kadar bileşenlerin tekrar tekrar hazırlanmasıyla yapılıyordu (45).

Endüstriyel çağ ile birlikte, her şeyin çok sayıda üretiminin söz konusu olması bu anlayışı değiştirdi. Makina parçaları üreten firmalar, talepleri karşılayamaz duruma geldiler. Bunun sonucunda firmalar, karşılayamadıkları talebi benzer üretimde bulunan firmalarla anlaşarak karşılama yoluna gittiler. Ancak, aynı işi yapan firmaların değişik hassasiyetle çalışmaları, bir başka deyişle ilgili firmaların uygun olmayan tolerans seçimi, az miktarda üretimde maliyeti pek fazla etkilememesine rağmen, üretim miktarının artması ma-

(45) ROMAN MASTALERZ; a.g.e.; s. 15.

liyeti büyük oranda arttırdı (46). Bu maliyet artışının giderek önem kazanması, özellikle birbirine monte edilecek parçaların ne kadar büyük ya da ne kadar küçük olabileceğinin belirlenmesi gereğini ortaya çıkardı. Üstelik bu gelişme, sadece boyut ile ilgili olarak değil diğer kalite özelliklerini de içine almaya başladı.

Endüstriyel çağda, üretilen mamullerin boyut ve beraberinde diğer kalite özellikleri için tolerans belirleme giderek önem kazanmasına rağmen uygulamada önemli sorunlar gözlenmektedir.

Bir çok spesifikasyonda en önemli eleman olan tolerans limitleri (47), günümüzde, eskiden beri uygulanılagelen ve gereğine inanılan bir değişkendir. Buna karşılık, mamulün üretimi ve tüketimi ile ilgilenen her birim tarafından, toleransın ne olduğu ve nasıl uygulanmasının gerektiği konusunda farklı yorumlar yapılmaktadır. Üreticiler, kalite kontrol personeli, toptancılar, tüketiciler ve konuyla ilgili olarak çalışan bilim adamları, toleransı, farklı bakış açılarından değerlendirirler (48). Bu durumun en temel nedeni mamulün üretimi ve pazarlanmasındaki farklı yaklaşımlardır. Bu nedenle, konuyla ilgilenen birimler arasında, henüz bir kavram bütünlüğü sağlanamamıştır.

(46) ROMAN MASTALERZ; a.g.e; s. 13-15.

(47) J.M.JURAN, F.M.GRYNA-Jr; a.g.e.; s. 234.

(48) BARTLETT Jr, PROVOST; "*Tolerances in Standarts and Specifications*"; Quality Progress; Dec. 1973; s. 14.

Genelde tolerans, bir limit anlamında minimum ve/veya maksimum bir değer olarak kabul edilir. Bu limit, belirlenen ya da var olan bir standarda göre bir küme de olabilir. Gerçek anlamıyla tolerans, tek bir kalite değişkeninin istenen uygun (nominal) lsnden hesaplanabilir sapmalardır (49), diye tanımlanmaktadır. Bir demir çubuğun boyutları, bir mamulün etiketinde yazılı olan ağırlılığı, bir elik malzeme için minimum gerilme mukavemeti, kimyasal bir bileşimin toplam yüzdeleri, toleransa örnek gösterilebilir.

retilecek mamule ilişkin özelliklerin içinde kalması istenen sınırlar, genelde mamulün üretimine karar verilmesinden sonraki aşamalarda saptanmaktadır. Öncelikle, firma içerisinde bulunan tasarımcılar tarafından, üretimine karar verilen mamulün bazı özelliklerini içerecek tarzda ve kağıt üzerinde bir modeli kurulur. Daha sonra kullanılacak makina ve ekipman, çalışacak personel, konum, yerleştirme tipi ve bağlı olarak üretim yöntemi gibi firma olanakları dikkate alınarak, kurulan model üzerinde bir takım teknik hesaplar ve ilk toleranslandırma işlemi yapılır. Yapılan bu işlemlerle geliştirilen model, uygun bir ntip (prototip) hazırlanarak bazı karakteristiklerini test etmek amacıyla ve çoğunlukla laboratuvar ortamında deneme üretimine tabi tutulur (50). Kesin üretime geçme öncesi böyle bir işlemin yapılmasında amaç, hesaplamalar için her ne kadar firma olanakla-

(49) H.N.BROOM; Production Management; Richard D.Irwin, Inc; Illinois; 1967; s. 445.

(50) ERDOğAN FIRATLI; a.g.e; s. 17-23.

rı dikkate alınmışsa da, firma içerisinde ya da firma dışında bazı kontrol dışı değişkenlerin ve bu değişkenlerin etkilerinin söz konusu olabileceğidir. Bunlara ek olarak, tasarımcı üretilecek mamul ile ilgili olarak, model üzerinde verdiği tolerans(lar)ın doğruluğu hakkında yeterli bilgiye sahip olmayabilir. Ayrıca, toleranslandırma işleminde, firma olanaklarının ne ölçüde dikkate alındığı da oldukça önemlidir. Buna rağmen, mamul üzerinde tesbit edilmesi gerekli bir çok tolerans olabilir, ancak bunlar zaman yetersizliğinden, ihmalden ya da başka bir takım nedenlerden dolayı yapılamamış olabilir (51). Bu gibi durumlar, toleranslandırma ya da tolerans limit(ler)ini belirleme işleminin gerektiği biçimde yapılmaması halinde, üretilecek mamulün kalitesini doğrudan ve büyük oranda olumsuz yönde etkilenebileceği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

Toleranslandırma ya da tolerans limit(ler)ini belirleme işlemi son derece gerekli ve önemli olmasına karşın, çoğu zaman yeterli olmayabilir. Belirlenen tolerans, uygulamaya geçilmesi anında, özel amaçlı bir takım ölçüm aletlerinin kullanımını gerekli kılabilir. Bunun yanısıra, üretime geçilmesi halinde, belirlenen toleransların üretime uygunsuzluğu süreç verimini azaltabilir ve uygulayıcılar açısından özel bir eğitimi gerektirebilir. Bu gibi olumsuz durumlar, tolerans türünün seçimi ve limitlerinin belirlenmesi işleminin, genelde üretime ve firma olanaklarına uygun olmasını zorunlu kılacaktır. Çünkü mamulün özelliklerinin gerçekleşmesi, bir başka deyişle hizmet etme yeteneği büyük oranda bu faaliyetlere bağlı olmaktadır. Bu aş-

(51) J.M.JURAN, F.GRYNA Jr; a.g.e; s. 234.

mada, gerekenden daha dar tolerans limitleri belirlenerek üretime geçilmesi durumunda, özellikle kalite kontrolü ile ilgili sorunların, artan üretim kapasitesine bağlı olarak, büyük bir hızla çoğalacağını (52), kaçınılmaz olduğu söylenebilir. Benzeri durum, tolerans limitlerinin gerekenden daha geniş belirlenmesinde de gözlenebilir.

KOBU (53)'ya göre, doğada ve insan yapısı sistemlerde birbirinin aynı iki varlık bulmak mümkün değildir. Değişme, değişik olma ve farklılık kaçınılmayan evrensel bir yasadır. Buna karşın bilim, teknoloji ve hatta günlük yaşamda ölçme ve tanımlamalarda kesin olduğu varsayılan değerlerden söz edilmesi çelişkili görülebilir. Ancak bu değerlerin, söz konusu varlıkların gerçek değerlerini belirli bir duralıkla temsil ettiği unutulmamalıdır.

Bu yaklaşıma göre, hiç bir firma, özellikleri ve özelliklerine ilişkin nominal değerleri belirlenmiş bir siparişi güvenle kabul edemez. Kullanılacak malzeme, makina, ekipman seçiminde ve işçilikte çok büyük titizlik gösterilse bile, başka bir takım imkansızlıklar veya aksamalar nedeniyle, büyük oranda olmasa da, istenilen nominal boyutlardan sapmalar olabilir. Bu durum, son derece hassas ölçüm aletlerinin kullanılmasıyla tesbit edilebilir. İlgili firma böylelikle, her ne kadar aldığı siparişe uygun üretimde bulunmak istese de, mamule ilişkin nominal boyutların altında ve üstünde olmak üzere, üretimini iki limit arasında gerçekleştirilebilecektir. Zaten, alınan siparişte belirtilen spesifikasyonlara tümüyle uygun üretimde bulun-

(52) MACİT KARABAY; a.g.e; s. 66.

(53) BÜLENT KOBU; a.g.e; s. 179.

mak mümkün değildir. Bu denli olumsuz koşullara rağmen, belirtilen spesifikasyonda üretime geçilmesi durumunda, hem daha hassas işçilik gerekeceğinden üretim hızı düşecek hem de üretimin büyük çoğunluğunda, istenilen nominal değerler gerçekleşmeyeceği için kusurlu mamul sayısı artacaktır. Bu durumlar, firmanın birim mamul başına düşen maliyetinde artışa neden olacaktır.

İşte bu nedenlerden dolayı, firmalar, verilen spesifikasyonun etrafında belirleyecekleri iki limit değer arasında üretimde bulunmak durumundadırlar. Genelde değerler, biri sipariş vereni ya da müşteriyi korumak için ve değeri firmanın maliyetini dengelemek, bir başka deyişle aşırı israfını dengelemek için iki tolerans limiti olmaktadır. Böylelikle siparişi veren alacağı mamullerin çoğunluğunun istediği spesifikasyonlara uyduğundan, üretici firma da elindeki olanaklarla bir siparişe uygun mamul üretebildiğinden tatmin sağlayacaktır. Ayrıca, nominal değerleri verilen bir mamulün, hizmet etme yeteneğini büyük oranda etkilemeyecek şekilde belirlenecek limitler içinde üretebilebileceğinin anlaşılması, tolerans kavramının ne denli önemli ve gerekli olduğunu açıkça ortaya koyacaktır.

2.2 TOLERANSLARIN SINIFLANDIRILMASI

Kesim 2.1'de belirtildiği gibi, hem üretici firmalar hem de tüketiciler tarafından son derece önemli olan toleranslar, genelde *tek yönlü (unilateral)* ve *çift yönlü (bilateral)* olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilirler. Bu sınıflamanın aslı, mamulün ya da parçaların kullanılacağı yere ve üretim yöntemine uygun olarak tole-

rans verme ya da tolerans limitleri belirlemedir. Her bir tolerans için temelde aynı, ancak uygulama aşamasında bazı değişikliklerle kısmen farklı tolerans belirleme yöntemleri söz konusu olmaktadır. Bu kesimde sadece tolerans çeşitleri üzerinde durulacak, belirleme yöntemleri ise izleyen kesimlerde tartışılacaktır. Açıklanacak toleranslar, mamule ilişkin olduğundan mamul toleransları olarak isimlendirilmektedir.

Mamul toleranslarını, tek yönlü ve çift yönlü toleranslar olmak üzere iki grupta ilk kez JURAN (54) sınıflandırmıştır. Aslında bu sınıflama, konuyla ilgili olan her türlü farklı durumu içine almasına karşın, toleranslar üzerinde çalışanlar, yukarıdaki sınıflamayı içerecek tarzda ve daha detaylı sınıflamalar yapmışlardır.

BROOM (55)'a göre mamul toleransları; *Birim (Unit) Tolerans*, *Birleştirilmiş (Combined) Tolerans* ve *Kabul (Allowance)* olmak üzere üç grupta sınıflanmalıdır.

Birim tolerans tek toleranstır. Başka bir deyişle sadece bir tek kalite değişkenine ya da tek işlemde oluşan parçaya ait toleranstır. Buna göre mamul parçalarının her birinin kendileri için belirlenen tolerans limit(ler)i içine düşüp düşmediği bir türlü ölçülür ve varsa gereken düzeltme yapılır. Sadece spesifikasyonu ya da nominal ölçüsü verilen sipariş karşılanmak istendiğinde, bir takım fiziksel imkansızlıklar nedeniyle, verilen nominal ölçüye tamamiyle uygun mamul

(54) JAMES M. JURAN; Quality Control Handbook; First Edition; McGraw-Hill; New York; 1951; s. 74.

(55) H.N. BROOM; a.g.e; s. 446.

üretilemeyeceği göz önüne alınırsa, nominal ölçünün altında ve üstünde küçük bir miktar sapma kabul edilmek durumunda kalınacaktır. Bu durumda, mamulün nominal ölçülerinin nominal ölçülerden yaptığı sapmaların değerlerinin belirlenecek *çift yönlü* bir tolerans aracılığıyla kontrol edilmesi gerekecektir. Çift yönlü bu tolerans, nominal ölçünün altında ve üstünde olabilecek eşit (ya da eşit olmayan) miktardaki sapmayı belirtecek tarzda ve Y , nominal ölçü olmak üzere, Y^+ sapma (ya da $Y+Sapma_1$ ve $Y-Sapma_2$) şeklinde gösterilir. Birim toleranslar sadece çift yönlü değildir. Bir ambalaja doldurularak satışa sunulan bazı mamullerin üretim sonrası maliyeti, büyük oranda dolulukla ilgili olduğundan, olabildiğince fazla dolulardan ya da fazla malzeme kullanımından kaçınılmasını gerektirebilir. Böyle bir durum söz konusu olduğunda, istenen nominal ölçünün üstüne çıkacak her mamul kritik olacak ve firma açısından kontrolü gerekecektir. Bunun için firma tarafından *tek üst tolerans* belirlenir ve Y , nominal ölçü olmak üzere, $Y+Sapma$ şeklinde gösterilir.

Birim toleransın, bir mamulün kritik olabilecek herhangi bir kalite değişkeninin kontrolünde, çift yönlü ve tek-üst tolerans olarak sınıflandırılması her zaman yeterli olmayabilir. Bazı durumlarda üretim için kullanılacak malzeme ya da mamulün nominal ölçüsü için bir alt sınır gerekebilir. Elde edilecek mamulün nominal ölçüsünün belirli bir değerden aşağı olmaması gerektiğini belirten bu durum da, firma için kritik bir değer olacaktır. Bu nedenle firma tarafından *tek-alt tolerans* belirlenir ve Y , nominal ölçü olmak üzere, $Y-Sapma$ şeklinde gösterilir. Bazı durumlarda; tek-alt tolerans, çift yönlü toleransın alt sınırı, tek-üst tolerans da üst sınırı olarak kabul

edilebilir. Ancak burada önemli olan kullanılabilir en az malzeme ve en fazla mamul madde sınırının belirlenmesidir. Gerekenden daha fazla malzeme kullanılması durumunda, aynı miktarda üretimde bulunabilmek için daha fazla malzemeye ihtiyaç duyulmakta ve işlem sonucu kalan malzeme artıkları, ancak bir dizi işlemde geçerek yeniden kullanılabilir hale gelebilmektedir. Öte yandan dolunda kullanılan mamul madde miktarının üstten sınırlanmaması durumunda ise, her defasında gerekenden daha çok mamul madde kaybı söz konusu olacaktır. Bu nedenlerle, belirlenen sınır değerleri maliyet açısından oldukça önemli olmaktadır.

Kimi mamuller ya da parçalar için üretim ya da kullanım gereği belirlenen tek-üst ya da tek-alt toleransa, tek yönlü toleranslar denir ve nominal ölçüden izin verilen sapmalar ya sadece "+" ya da "-" olarak gösterilir. Bu durumda ilgili mamul için artma ya da azalma sınırları dikkate alınmış olmaktadır. Öne sürülen bu nedenlerle, birim toleransın mamule ve üretim yöntemine bağlı olarak; çift yönlü, tek-alttan ve tek-üstten olmak üzere üç farklı türde olabileceği görülebilmektedir.

Birleştirilmiş toleranslar ise, genellikle montaj olayının gerekli olduğu durumlarda söz konusu olmaktadır. Bunlar, birbirine monte edilerek oluşturulan mamul parçaları için düşünülen ya da belirlenen toleranslardır. İlgili toleranslar, mamulü oluşturacak parçaların izleyen kesimde anlatılacağı şekilde, ortalamalarının ve standart sapmalarının belirlenmesiyle elde edilen birim toleranslar kümesinin elemanları olmaktadır. BROOM (56)'a göre birleştirilmiş toleranslar,

(56) H.N.BROOM; a.g.e; s. 450.

mamulün her bir parçası için belirlenen birim toleranslar ve bunların montajın özelliğine ve sırasına uygun olarak değerlendirilmesiyle elde edilen ve montaj olayından dolayı mamul ömrü üzerinde etkili olan toleranslardır. Birleştirilmiş toleranslar, çoğunlukla çift yönlü ancak eşit miktarda sapmalar olarak düşünülür ve Y , nominal ölçü olmak ve i parça numarasını göstermek üzere, her bir parça için $y_i \pm \text{Sapma}_i$ şeklinde gösterilir. Çünkü, bir montaj olayı söz konusudur ve rahat çalışmayı sağlamak ve montaj sırasında olabilecek hataları en azlamak amacıyla bileşenler için karşılıklı uygun toleransların belirlenmesine ihtiyaç duyulacaktır. Bu uygunluk, izleyen kesimlerde açıklanacak yöntemler yardımıyla ve mümkün olduğunca büyük yapılmaya çalışılır.

Bir diğer ve son tolerans çeşidi ise, kısmen de olsa montaj durumunu içeren kabul toleransıdır. Kabul, genellikle birbirine geçmeli parçaların (mating parts) iki yönlü ölçüsünde kabul edilebilir maksimum ve minimum farkı belirtir (57). Bu fark bir toleransdır ve T , tolerans olmak üzere, $T_{max} - T_{min}$ şeklinde alt ve üst limit olarak gösterilir. Limitlerin söz konusu olması nedeniyle, bu toleransa kimi zaman ve yerlerde *limitler şeklinde tolerans* da denilmektedir.

Endüstriyel toplumların ilkel şekillerinden bu yana gelişimini sürdüren ve gün geçtikçe de önem kazanan tolerans, temelde tüketicilerin özellikle yirminci yüzyılın mamullerinde güvenilirlik, bakılabilirlik ve kullanılabilirlik gibi bazı özelliklere (58) ihtiyaç

(57) H.N.BROOM; a.g.e; s. 446.

(58) J.M.JURAN, F.GRYNA Jr; a.g.e; s. 241.

duymaları ve talep ettikleri mamullerde bu özellikleri aramaları nedeniyle, üretimin vazgeçilmez bir unsuru durumuna gelmiştir. Bu aşamada; üretim sürecinin ve mamulün özelliklerine bağlı olarak, ne tür bir toleransa ihtiyaç olacağı, nasıl belirleneceği ve test edileceği gibi bazı konuların açıklığa kavuşturulması gerekmektedir. Bu konularla ilgili açıklamalar izleyen kesimlerde yapılacaktır.

2.3 TOLERANSLARIN BELİRLENMESİ

Oldukça geniş kapsamlı ve derinlemesine araştırmaların ürünü olan spesifikasyon, üretime geçilmesi durumunda, genelde firma olanaklarına bağlı olan kontrol sınırları içinde tutulmaya çalışılır. Bu kontrol sınırlarına; spesifikasyon sınırları, spesifikasyon limitleri ya da tolerans limitleri denilmektedir. Tolerans limitlerinin belirlenmesindeki esas, üretici firmanın, müşteriler tarafından belirlenen mamulün kalite düzeyini tutturması ve böylelikle de müşteri beklentilerini karşılayarak tatmin sağlamasıdır. Bunun için müşterilerin ilgili mamule ilişkin bilinen kullanım ihtiyaçlarını yerine getirecek tasarım toleransları oluşturulur. Ancak bu oluşum sırasında (59);

- (1) İstenen kalite düzeyi belirlenmeli,
- (2) Müsaade edilebilir değişim yönleri ve miktarı araştırılmalıdır,

(59) EUGENE L.GRANT, RICHARD S.LEAVENWORTH; Statistical Quality Control; Fourth edition; Mc Graw Hill; New York; 1972, s. 318-319.

(3) İyi ve kötü mamullerin doğru olarak ayırt edilebilmesi için toleransın kontrolü ekonomik olmalıdır.

Belirli hacimdeki partilerin değerlendirilmesinde uygulanan bu üç aşama, genelde mamul toleranslarının belirlenmesinde kullanılır.

Tolerans, belirlenen spesifikasyona bağlı olarak, üretilecek mamul için seçilecek üretim türünü ve üretim yöntemini kararlaştırma da etkilidir. Seçilen tolerans, çok az makina kullanılarak istenilen üretimin gerçekleştirilmesini mümkün kılabilir (60). Öte yandan seçilen tolerans, firmada var olan makina ve ekipmanı yetersiz kılarak bazı özel amaçlı makina ve aletler, montaj söz konusu ise, özel montaj donanımı gerektirebilir. Bunlara ek olarak, seçilen ya da belirlenen tolerans; sürecin verimini azaltabilir, özel eğitim gerektirebilir veya ek işlemlere ihtiyaç gösterebilir. İşte bu nedenlerle belirlenen spesifikasyona uygun mamul üretilmesi, bir başka deyişle mamulün istenen özelliklerinin sağlanabilmesi için, son derece yararlı ve gerekli olan toleranslandırma işlemi, genelde sürece ve mamule uygun şekilde yapılır. Toleranslandırma işleminin yapılmasında ya da tolerans limitlerinin belirlenmesinde; bazı temel tanım ve aritmetik işlemlerin yapıldığı basit yöntemler ve istatistiksel teknikler ve olasılık teorisinin yer aldığı istatistiksel yöntemler, kullanılmaktadır. Basit yöntemlerin; farklı problemlere farklı şekilde uygulanması, aritmetiksel işlemlerde hata yapma olasılığının yüksek olması

(60) ROMAN MASTALERZ; a.g.e; s. 15.

ve ikili sistemler için elverişli olmasına karşın, çok sayıda parçadan oluşan mamullerde başarısız kalması nedeniyle istatistiksel yöntemlerin kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu nedenle bu çalışmada, basit yöntemler yerine, büyük oranda istatistiksel yöntemler ve kullanımları konusuna yer verilmiştir.

2.3.1 İstatistiksel Yöntemler

Çok sayıda parçadan oluşan bir mamulün tolerans hesabı, ikili sistemlere kıyasla daha karmaşıktır. Bu tür sistemlerle ilgili tolerans hesaplarında başlıca iki hareket yolu vardır (61):

- (1) Fonksiyonel gereksinimlere göre bitmiş mamulün toleransları belirlenir ve buna bağlı olarak parçaların toleransları ayrı ayrı hesaplanır,
- (2) İmalat işletmelerindeki koşullara göre parçaların toleransları belirlenir ve bitmiş mamulün tolerans limitleri hesaplanır.

Her iki yolda da yapılan tolerans hesaplarının esas amacı, sistemin tümünün, bir başka deyişle bitmiş mamul için belirlenen tolerans limitleri dışına çıkma olasılığının kontrol edilmesidir. Genelde bu olasılık, mamulün hatalı olma riski olarak tanımlanır ve α ile gösterilir. Bu yöntemler ve kullanımları, çok sayıda parçanın montajıyla elde edilen mamuller için söz konusu olmaktadır. Ancak, yarı mamulün

(61) BÜLENT KÖBU; a.g.e; s. 203.

bir dizi işlemden geçerek mamul hale gelmesi ve bir mamulün bir tezgahta birden çok işlenmesi durumlarında da söz edilen yöntemler kullanılabilir (62).

Toleranslar, üretimin seçilen tolerans limitlerini sağlayabilme yeteneği ve mamulün spesifikasyonlara uygunluğunun tesbitinde kullanılan aletlerin ne derece hassas olduğu gibi konularda yapılacak deneylerin sonuçlarının istatistiksel incelemesinden sonra belirlenirse, bu durumda optimal bir tolerans aralığı elde edileceğinden bazı sakıncalar ortadan kalkacaktır. Tolerans belirlemede kullanılan istatistiksel teknikler, genel olarak verilen bir α değerini gerçekleştirecek parça toleranslarının ya da tasarım sırasında belirlenen parça toleranslarına göre α değerinin bulunmasına yardımcı olmaktadır. Bir mamulün, nominal ölçüleri X_1, X_2, \dots, X_n ve toleransları $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$ olan n parçanın montajıyla elde edildiği düşünülürse, bitmiş mamul için nominal ölçü ve tolerans,

$$y_{\bar{T}} = (X_1 \bar{x}_1) + (X_2 \bar{x}_2) + \dots + (X_n \bar{x}_n)$$

olmaktadır (63). Burada temel prensip, parçaların her birikendi tolerans limitleri içinde kaldığı takdirde, bitmiş mamulün nominal ölçüsü y 'nin \bar{T} tolerans limitleri içinde kalacağıdır. Bir başka deyişle, hatalı mamul ya da ıskarta söz konusu olmayacaktır. Mamulün, mamulü oluşturan parçaların tolerans limitlerine bağlı olarak ve yukarıdaki

(62) ÖMER YAĞIZ; Kalite Planlaması ve Kontrolü; Segem Yayın No. 85; Ankara; Haziran 1981; s. 32.

(63) BÜLENT KOBU; a.g.e; s. 203.

formülle hesaplanan tolerans limitleri dışına çıkması, α değerine bağlı olduğundan, bu α değerini istenilen düzeyde tutmak ve kontrol edebilmek için de istatistiksel yöntemlerden yararlanılmaktadır.

Tolerans belirlemede kullanılan her istatistiksel yöntem, mamulü oluşturan parçaların nominal ölçülerinin, parametreleri \bar{X}_i ve $\sigma_{\bar{X}_i}$ olan normal dağılıma uyduğu varsayımına dayanmaktadır. Öte yandan normal dağılım, mamulün özelliklerinin gerçekleşip gerçekleşmediğinin, bir başka deyişle istatistiksel anlamda mamullerin yüzde kaçının oluşturulan tolerans aralığına düştüğünün belirlenmesinde de kullanılabilir. Normal dağılımın bu denli önemli olması ve yaygın olarak kullanılmasının iki temel nedeni vardır. Bunlardan biri, teorik özelliği nedeniyle bir çok farklı örnekleme için kolaylıkla uygulanabilir olmasıdır. Diğeri ise, normal dağılımın birçok fiziksel ölçülerin ve doğal olayların gerçek frekans dağılımlarına çok yakın bir şekilde uymasındır. LAPIN (64)'e göre, üretimden alınan mamullere ilişkin ağırlık yükseklik, genişlik gibi kalite karakteristikleri ve boy, ağırlık, zeka düzeyi gibi insan karakteristiklerinin frekans dağılımı normal dağılıma uymaktadır. Merkezi limit teoremine göre, ana kütlelerin dağılımı ne olursa olsun, örneklerdeki birim sayısı yeterince arttırıldığında örnek ortalamasının dağılımı normal dağılıma yaklaşır (65). Bu teoremi, kalite kontrolü için, birden çok parçadan oluşan mamullerin

(64) LAWRENCE L.LAPIN; Statistics of Modern Business Decisions; Harcourt Brace Jovanovich, Inc.; New York; 1973; s. 157.

(65) İMDAT KARA; Olasılık; Bilim ve Teknik Yayınevi; İstanbul; 1983; s. 381.

üretimine uyarlamak mümkündür. Buna göre, mamulü oluşturan parçaların dağılımları bilinmediği durumlarda, ilgili ana kütlede alınan ve yeterince birim içeren numuneler için elde edilen ortalamaların normal dağıldığının varsayılabilceği sonucu ortaya çıkacaktır. Mamulü oluşturan her parçanın normal dağılmış olması halinde de, bitmiş mamul, \bar{Y} ortalama ve σ_y standart sapmasıyla normal dağılıma uyacaktır. Burada, bitmiş mamulün ortalaması, bir başka deyişle nominal ölçüsü, mamulü oluşturan parçaların nominal ölçülerinin cebirsel olarak toplamı ve/veya farkları olarak, $(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_n)$,

$$\bar{x}_i = \frac{\sum X_i}{n} \quad , \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

formülüyle belirlenen ve normal dağılıma uyan mamul parçalarının nominal ölçüleri olmak üzere,

$$Y = \bar{x}_1 \binom{+}{-} \bar{x}_2 \binom{+}{-} \bar{x}_3 \binom{+}{-} \dots \bar{x}_n \binom{+}{-} \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır. Bitmiş mamulün standart sapması (66) ise;

$(\sigma_{\bar{x}_1}, \sigma_{\bar{x}_2}, \sigma_{\bar{x}_3}, \dots, \sigma_{\bar{x}_n})$, mamulü oluşturan ve aralarında ilişkisi olan mamul parçalarına ait ve

$$\sigma_{\bar{x}_i} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{x}_i)^2}{n}} \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

formülüyle belirlenen standart sapmalar olmak üzere,

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_{\bar{x}_1}^2 + \dots + \sigma_{\bar{x}_n}^2 + 2r_{1,2} \sigma_{\bar{x}_1} \sigma_{\bar{x}_2} + \dots + 2r_{n-1,n} \sigma_{\bar{x}_{n-1}} \sigma_{\bar{x}_n}} \quad (4)$$

şeklinde hesaplanır. (3) numaralı formül, aralarında ilişki olan, bir başka deyişle istatistiksel olarak bağımlı iki parçadan oluşan mamul için basitleştirilirse,

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_{\bar{x}_1}^2 + \sigma_{\bar{x}_2}^2 + 2r_{1,2} \sigma_{\bar{x}_1} \sigma_{\bar{x}_2}} \quad (5)$$

elde edilir. Eğer mamulü oluşturan parçalar, istatistiksel anlamda birbirinden bağımsız ise, (3) numaralı formülde belirtilen r'ye bağlı bütün terimler sıfır değerini alır ve işlem dışı bırakılır. Bu durumda standart sapmaları (2) numaralı formülle belirlenen, (n) parçadan meydana gelen mamulün standart sapması, istatistikte ispatlanmış çok önemli bir formülle hesaplanabilmektedir. ŞENEL (67)'e göre, birden çok bağımsız değişkenin toplamından meydana gelen bir değişkenin standart sapması, değişkenlerin varyansları toplamının kareköküne eşittir ve

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_{\bar{x}_1}^2 + \sigma_{\bar{x}_2}^2 + \sigma_{\bar{x}_3}^2 + \dots + \sigma_{\bar{x}_n}^2} \quad (6)$$

(67) MUSA ŞENEL; "Üretimde İstatistik Metodları Yardımıyla Spesifikasyon ve Toleransların Bulunması" Eskişehir İ.T.İ. Akademisi Dergisi; Cilt IX; Ocak 1973; Sayı 1; s. 233-234.

olarak gösterilir. (6) numaralı formül, birden çok parçanın birleştirilmesinden meydana gelen mamul toleransının belirlenmesinde de kullanılır ve U =üst limit, L =alt limit olmak üzere;

$$(U-L)_y = \sqrt{(U_1-L_1)^2_{\bar{x}_1} + (U_2-L_2)^2_{\bar{x}_2} + \dots + (U_n-L_n)^2_{\bar{x}_n}} \quad (7)$$

şeklini alır. Ayrıca mamulün tolerans aralığı, mamulü oluşturan parçaların tolerans aralıkları, başka bir deyişle standart sapmaları eşit kabul edilerek,

$$\sigma_y = \sqrt{n(\sigma_{\bar{x}_i})^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

formülüyle bulunur. Bir parçanın standart sapması ise, (8) numaralı formül yardımıyla,

$$\sigma_{\bar{x}_i} = \sqrt{\frac{(\sigma_y)^2}{n}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

şeklinde elde edilir. Mamulün toleransının, mamulü oluşturan parçaların toleranslarının toplamı olduğu gibi farkları alınarak da belirlenmesi söz konusu olabilir. Bu durumda farklardan meydana gelen mamulün nominal ölçüsünün standart sapması,

$$\sigma_y = \sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\sigma_{\bar{x}_1}^2 + \sigma_{\bar{x}_2}^2} \quad (10)$$

formülüyle belirlenir.

Genelde (2), (3) ve (6) numaralı formüller kullanılarak hesaplanan; bitmiş mamulün nominal ölçüsü, Y , standart sapması, σ_y 'ye ve üretime uygun olacak şekilde saptanan anlam seviyesine bağlı olarak çizilen normal dağılım eğrisi; ortalama, başka bir deyişle mamulün nominal ölçüsü etrafında, standart sapmanın alacağı katsayıya bağlı olarak, bitmiş mamul için farklı tolerans aralıklarını farklı olasılıklarla tanımlar. Belirlenen standart sapmanın ortalama etrafındaki bir katı, başka bir deyişle $Y \pm \sigma$ aralığı, çizilen normal eğri altındaki alanın yüzde 68.27'sini; iki katı ($Y \pm 2\sigma$) aralığı, normal eğri altındaki alanın yüzde 95.45'ini; üç katı ($Y \pm 3\sigma$) aralığı, normal eğri altındaki alanın yüzde 99.73'ünü; dört katı ($Y \pm 4\sigma$) aralığı, normal eğri altındaki alanın yüzde 99.99'unu kapsadığından (68), çizilen normal eğri, üretilen mamullerin her bir seçenek için verilen yüzdesi kadarının, benimsenen seçeneğe göre istenen tolerans aralığı içine düştüğünü göstermektedir. Buna göre her bir seçenek için tolerans aralığı, standart sapmanın K katı olmakta ve $Y \pm K\sigma_y$ olarak gösterilmektedir. Burada; Y nominal ölçü, $Y + K\sigma_y$ üst tolerans limiti, $Y - K\sigma_y$ alt tolerans limiti ve $\pm K\sigma$ da tolerans aralığı olmaktadır.

Belirlenen standart sapma σ_y , 6 ile çarpılır, başka bir deyişle $Y \pm K\sigma$ tolerans aralığında K , 3 değerini alırsa; tezgahın veya işlemin ilgili parça için, sürecin de mamul için doğal toleransı bulunur ve

(68) KOSTAS N.DERVITSIOTIS; Operations Management; McGraw Hill; New York; 1980; s. 668-669.

$$\text{Doğal Tolerans} = 6\sigma_y$$

ya da

$$\text{Doğal Tolerans} = \pm 3\sigma_y$$

şeklinde gösterilir (69). Böylece kabul edilen anlam seviyesine göre üst limit ile alt limit arasında kalan alanın, genelde $\pm 3\sigma_y$ ya da $6\sigma_y$ değerine eşit olduğu, başka bir deyişle üretilen mamullerin yüzde 99.73'ünün istenilen tolerans aralığına düştüğü normal dağılım tablosundan kolaylıkla bulunabilir. Bu durumda,

$$(Y + K\sigma_y) - (Y - K\sigma_y) = 6\sigma_y$$

eşitliği söz konusu olacaktır. Bazı durumlarda, $\pm 3\sigma$ doğal toleransı, üretilecek mamulden istenen hassasiyete, üretim sürecinin yeteneğine bağlı olarak $\pm 2\sigma$ ya da $\pm 2.5\sigma$ olarak değiştirilebilmektedir. Genelde toleransın bu şekilde daraltılması, en azından daha hassas işçilik gerektireceğinden uygulamada pek tercih edilmez. Ancak üretim gereği, son derece hassas montaj işlerinde kullanılacak bazı parçaların işlenmesinde, dar toleransla çalışmak kaçınılmaz olabilir. Bu durumda firma, ortaya çıkacak bazı ek maliyetlere de katlanmak zorunda kalacaktır. Toleransların dar ya da geniş tutulmasıyla gerçekleştirilecek üretim sonucu ortaya çıkabilecek maliyetler izleyen kesimde tar-

(69) J.M.JURAN, F.M.GRYNA Jr.; a.g.e; s. 255.

tıslanacaktır.

Anlatılan bu yöntem, genellikle birden çok parçadan meydana gelen mamullerin üretiminde söz konusu olan ve mamulün hizmet etme yeteneğini büyük oranda etkileyen birleştirilmiş toleransların ve kabul toleranslarının belirlenmesinde kullanılır. Ancak, bazı değişikliklerle bir önceki kesimde belirtilen birim tolerans için de kolaylıkla kullanılabilir. Bu durumda belirlenecek tolerans, tek bir parçaya ait olacağından, istenilen ya da uygun olan yön(ler)e bakılarak, başka bir deyişle tek-alttan, tek-üstten veya hem alttan hem de üstten sınırlanacağına karar verilerek, sadece standart sapmasının bir K katı alınır ve ilgilenilen koşullar için $X-K\sigma$, $X+K\sigma$ veya $X^{\pm}K\sigma$ şekillerinde gösterilir. Şüphesiz ilgili parçanın doğal toleransının bulunması için izlenen yol, diğer tolerans türlerinin belirlenmesinde kullanılanın aynısı olacaktır.

2.4 TOLERANSLAR VE MALİYETLERİN İLİŞKİSİ

Tolerans belirlemenin esas amacı, mamul üretiminin spesifikasyonlara bağlı olarak belirlenen tolerans limitleri ya da kalite sınırları içinde kalmasını sağlamak, bir başka deyişle kaliteli mamul elde etmektir. Tolerans limitlerinin tercihi çok önemli ekonomik bir karardır. Toleransı seçen ya da belirleyen tasarımcı, öncelikle mamulün satışını ve beraberinde firma gelirini etkiler (70). Bu nedenle, kalite ve maliyet arasındaki dengenin sağlanması tolerans seçi-

(70) ROMAN MASTALERZ; a.g.e; s. 15.

mine bağılı olmaktadır.

İmalat sanayiinde tolerans saptama, temelde alternatif teknik çözümler ile maliyetler arasında uzlaştırıcı noktanın bulunmasından ibarettir. Tasarımcı, mamulün; fonksiyonu, dayanıklılığı, görünüşü ve üretim maliyetleri arasında uygun bir denge konumunu saptama sorumluluğunu taşır (71). Gerçekten de bir mamulün kalitesi (ya da kalite düzeyi), büyük oranda mamulün tasarımıyla ilgili olmaktadır. Bu nedenle de mevcut kalite düzeyinin maliyetini düşürmeye ya da aynı maliyetle daha yüksek kalite düzeyi elde etmeye çalışılır. Mamulün tasarım sırasında belirlenen ve genelde,

ÜST SPESİFİKASYON LİMİTİ (U.S.L.)-ALT SPESİFİKASYON LİMİTİ (A.S.L.) olarak gösterilen resim toleransı ile doğal tolerans 6σ arasında bir ilişki söz konusudur. Bu ilişki;

$$(1) \quad 6\sigma > (U.S.L. - A.S.L.)$$

$$(2) \quad 6\sigma = (U.S.L. - A.S.L.)$$

$$(3) \quad 6\sigma < (U.S.L. - A.S.L.)$$

gibi üç farklı durumda gerçekleşebilmektedir (72).

Birinci durum, süreç ya da işlem kontrol altında olsa bile, mamulü oluşturacak bir kısım parça ölçülerinin alt ya da üst limitlerinin dışında olduğunu ve bu nedenle de hatalı üretildiklerini göstermektedir. Bu problemin çözümü için; mümkünse belirlenen toleransın genişletilmesi, süreç standart sapmasının yayılımının azaltılma-

(71) BÖLENT KOBU; a.g.e; s. 197.

(72) ÖMER YAĞIZ; a.g.e; s. 33-36.

sı ya da üretilen parça ve beraberinde mamullerin yüzde yüz muayene/edilmesi gibi seçeneklerden, uygun olan en az bir tanesi ya da bir bileşimi uygulanabilir. İkinci durum ise, süreç dağılımının uç noktaları, belirlenen limitler ile çakışıyor ve süreç kontrol altında tutuluyor olsa bile, süreç ortalamasındaki herhangi bir kaymanın ya da yayılımda olabilecek bir artışın büyük sorun yaratabileceğini göstermektedir. Gerçekleşebilecek bu uygunsuz durum, resim toleransını arttırmak ya da daha nitelikli işgücü, malzeme veya tezgah kullanılarak süreç yayılımını azaltmak suretiyle etkisiz kılınabilir.

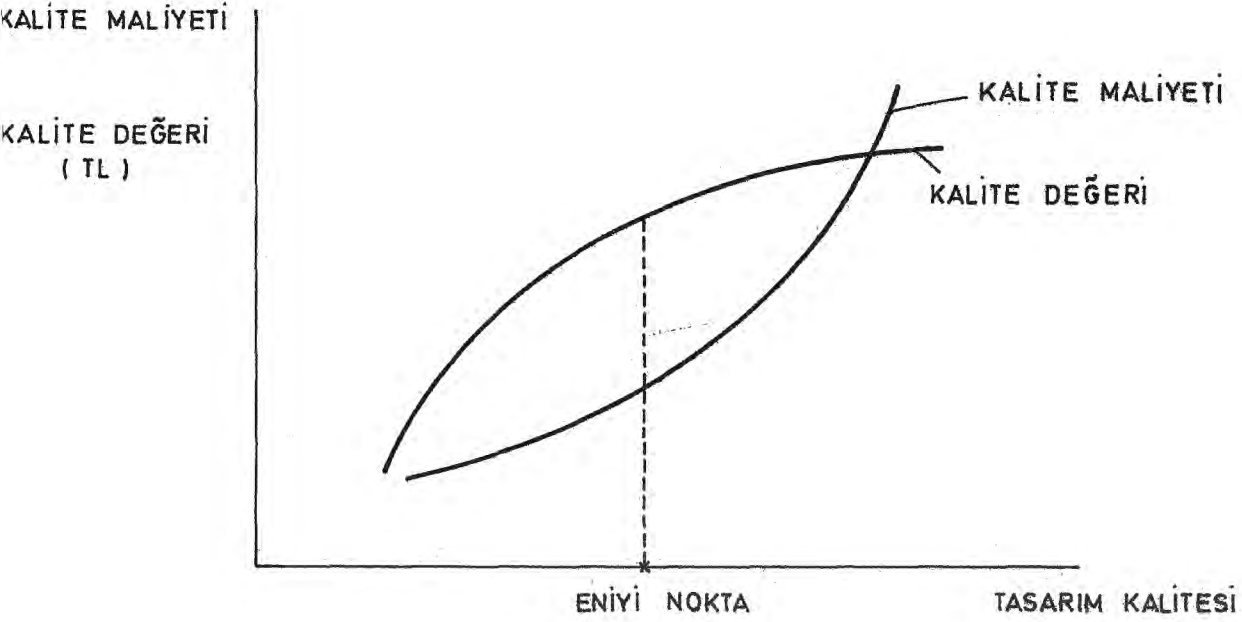
Gerek birinci ve gerekse ikinci durumda belirtilen aksaklıklar ve bu aksaklıkların giderilmesi için kolaylıkla uygulanabilir çözüm seçeneklerinin olmaması nedeniyle büyük oranda maliyet artışı söz konusu olabilmektedir. Çözüm için toleransın genişletilmesi seçeneği ele alınırsa; geniş toleransların, üretimi daha az kısıtlama, hatalı mamul yüzdesini azaltma ve işgücü verimliliğini artırma yönünden yararlar sağlamasına karşın, mamulün güvenilirliğini, dayanıklılığını, ömrünü olumsuz yönde etkilemesi ve başka nedenlerden dolayı uygulamaya koyulmaması istenir. Öte yandan toleransları dar tutmakla kendilerini emniyete almak isteyen tasarımcılar, sürecin performansı, işgücü verimliliği ve makina(lar)ın işleme yeteneği nedeniyle güçlükle karşılaşılabirler. Ancak, süreçde; yeni makina veya tezgahın, daha nitelikli işgücü ve malzeme kullanılması gibi önemli ve köklü değişiklikler yapılarak, yeni koşullara geçilebilir. Çünkü; hangi mamulün üretileceği, üretilecek mamulün hangi işlem noktalarından geçeceği ve hangi parçalardan oluşacağı, bu parçaların resim toleransları ve benzeri konular, mamulün tasarımı sırasında tartışılmış ve bir

Tasarım Kalitesi oluşturulmuştur. Genelde tüketici beklentileri gir-di alınarak yapılan bu tasarıma göre, üretilecek mamul için; estetiklik, uzun ömür, yedek parçasının kolaylıkla bulunması ve tamir-bakım kolaylıklarının olması gibi üstünlükler sağlanabilir. Ancak ilgili mamul için, aynı işi yapacak mamullere kıyasla sağlanan bu üstünlükler, mamulün daha çok talep edilmesini gerektirmeyebilir. Müşteri, en azından tasarım kalitesine bağlı olarak artan maliyeti her zaman kabul etmeyebilir. Bu nedenle, nereye kadar tasarım kalitesi, sorusunu yanıtlayacak bir en iyi nokta söz konusu olmaktadır. Tasarım kalitesi için gerekli bu nokta, doğal tolerans ile resim toleransı arasındaki,

60 < (Ü.S.L. - A.S.L.)

ilişkisiyle sağlanabilir. Bu ilişkiye göre, süreç ortalamasında kaymalar olsa bile, hatalı üretim söz konusu olmayacaktır. Böylece işgören, her defasında tezgah ayarlamak, kalıp ve aparat değiştirmek zorunda kalmayacaktır. Üretilecek mamulün istenilen tolerans aralığı içine düşen sayısı, bu ilişkiyle en üst düzeye erişebilmektedir. Bu ilişkiye bağlı olarak, tasarım kalitesi için elde edilecek en iyi nokta Şekil:II.1'de gösterilmiştir. Bu noktanın üstünde, daha iyi bir kalite için yapılan masraf, bu mamulün piyasadaki değer artışından farklıdır. Altında ise, kalite düşüklüğü kalite maliyetinden daha fazla maliyetli talep düşüklüğüne yol açar. Ancak, böyle bir nokta mamul kalitesi için yeterli değildir (73).

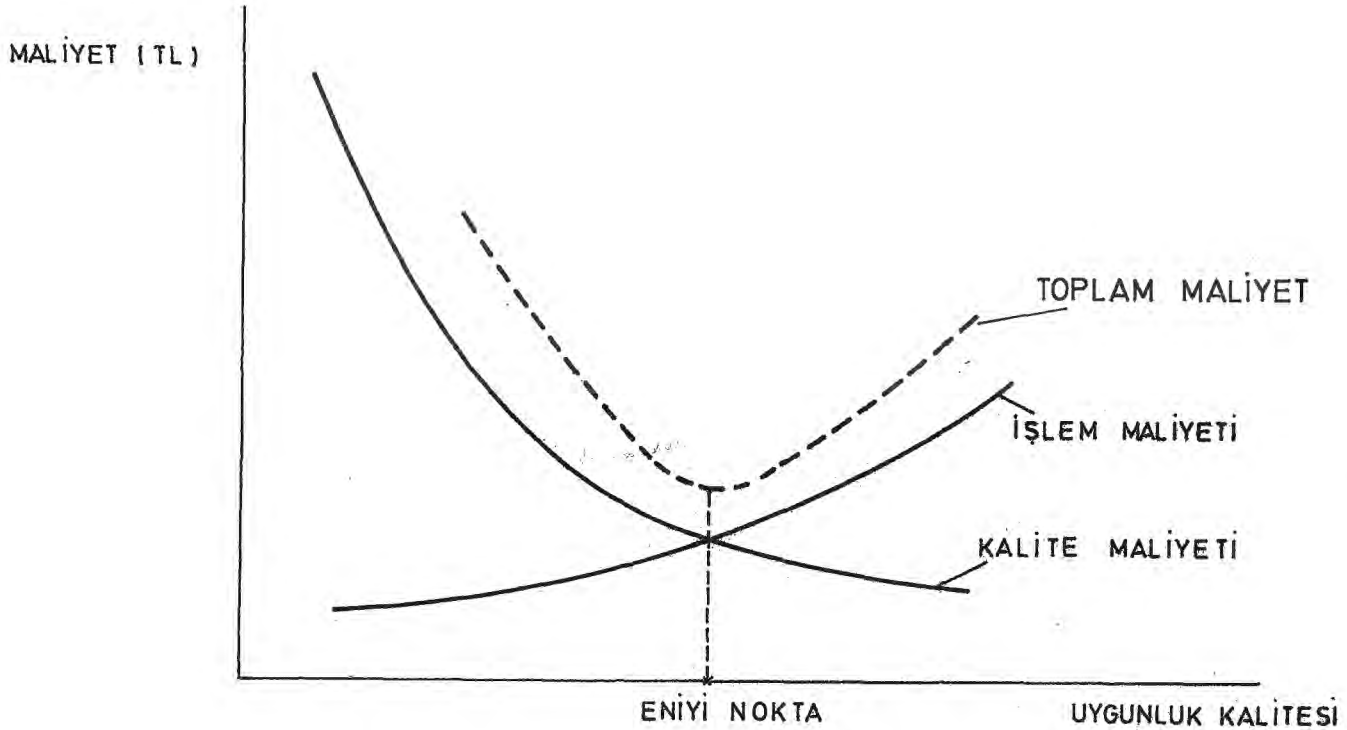
(73) MACİT KARABAY; a.g.e; s. 60-61.



Şekil: II.1. Tasarım Kalitesi İle Kalite Maliyeti ve Kalite Değeri Arasındaki İlişki

Öte yandan, üretilen mamullerin büyük yüzdesinin istenilen aralığa düşmesi, başka bir deyişle mamul özelliklerinin sağlanmasında önemli olan tasarım kalitesi için, yukarıda açıklandığı gibi, kalitenin maliyeti ile mamulün piyasa değerini dengeleyen bir noktanın bulunması, mamulün kesinlikle iyi kaliteli olacağını garantiemez. Başka bir deyişle, mamulün toplum genelinde ya da firma içerisinde belirlenen normlara uyup uymadığı bilinemez. Bunun için yeni bir kalite kavramına ihtiyaç vardır. Bu kalite kavramı; gerçek anlamda mamulün teknik özelliklerine, standart olarak bir kaliteye ne ölçüde

ve ona uygun olarak sonuçlandırıldığını belirler ve *uygunluk kalitesi* olarak isimlendirilir. Kötü kaliteli bir tasarıma, büyük çaba ve masrafla, üretilen mamullerin çoğunluğu uydurulabilir. Bu durumda uygunluk kalitesi çok yüksek, ancak mamul kalitesiz sayılacaktır. Gereğinden dar verilen toleransla uygunluk kalitesi düşürülür, hatalı mamul sayısı artar. Üretimde gereksiz yere hassas tezgah kullanılırsa, uygunluk kalitesi gereksiz iyileştirilerek işlem maliyetleri artırılmış olur. Bu nedenlerle uygunluk kalitesi için de bir en iyi nokta gerekecektir. Bu nokta Şekil:II.2'de belirlenmiştir.



Şekil: II.2. Uygunluk Kalitesi ile Kalite ve İşlem Maliyetleri Arasındaki İlişki

Şekil: II.2 mamulün üretimindeki operasyonlar için işlem maliyetlerini artırarak, bir başka deyişle daha uygun kalitede üretimde bulunarak, iyi kalite nedeniyle ortaya çıkacak kalite maliyetlerinin azalacağını göstermektedir. Böylelikle her iki maliyet kalemini dengede tutacak ve toplam maliyeti en azlayacak bir sınır elde edilmiş olacaktır.

Bütün bu kolaylıklara rağmen, gerek tasarım kalitesi için ve gerekse tasarım kalitesine bağlı uygunluk kalitesi için belirlenen denge koşullarında mamul üretmek görüldüğü kadar kolay ve yeterli olmamaktadır. Her bir denge koşulu çoğu zaman birbiriyle çelişmekte, başka bir deyişle uygunluk kalitesi arttırılmak istendiğinde tasarım kalitesi düşmekte ve bu nedenle üretilen mamullerin büyük yüzdesi ıskarta olabilmektedir. Yapılan üretim yetersizliği ise, mamullerin tüketicilerce satın alınmaya başlamasından itibaren, düşünülen çalışma şartları içinde belli bir süre arıza yapmadan çalışma ihtimalinin, mamul ömrünün belirlenmesi aşamasında dikkate alınmamasıdır. Bu nedenle ilgili mamul için bir de *ışgörme kalitesi* diye, yeni bir kalite kavramı söz konusu olmaktadır. Bu kalite kavramı, çoğu zaman güvenilirlik kavramıyla eş anlamda kullanılmaktadır.

Böylelikle genel anlamda kalite kontrolunda faaliyet maliyetleri (74) olan; koruma maliyetlerinin tüketici beklentileri, var olan sürecin performansı, mamulün yeni çalışma şartlarında üretilme durumu ve özellikle tasarımcıların eğitilmesi gibi konuları içeren tasa-

(74) BÖLENT KOBU; a.g.e; s. 391.

rım kalitesi ile; ölçme ve değerlendirme maliyetlerinin, genelde mamulün özelliklerinin gerçekleşip gerçekleşmediğinin tesbiti için muayene yönteminin seçilmesi, kullanılan malzeme ve işçiliğin üretime uygunluğunun kontrol edilmesi gibi konuları içeren uygunluk kalitesi ile; bozuk mamul maliyetlerinin, mamulün güvenilirliği konusunda ara işlemlerdeki muayenenin etkinliği, ıskartaya ayrılan mamullerin red edilme nedenleri, yeniden işlenerek düzeltilebilir olan mamullerin belirlenebilmesi ve üretim sonrası belirlenen bir zaman diliminde hata yapmadan çalışabilmesi gibi konuları içeren iş görme kalitesi ile kısmen de olsa temsil edilebildiğinden, toleranslar ile maliyetler arasında bir ilişki kurulabilmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BİR ÜRETİM HATTINDA İŞLEM NOKTALARINDAKİ TOLERANSLARIN BELİRLENMESİ

Çalışmanın bu kesiminde, önceki bölümlerde açıklanan tolerans belirleme yönteminin bir üretim işletmesine uygulanmasına yer verilmiştir. Bu amaçla öncelikle ilgili üretim işletmesinin uyguladığı tolerans limitleri ve belirleme yöntemleri analiz edilmiş, görünür aksaklıklar ortaya konulmaya çalışılmış ve tezgah yetenekleri, kullanılan işgücü, çalışılan ortam ve sürecin performansı dikkate alınarak yeni tolerans limitleri belirlenmeye ve belirlenen toleranslar ile maliyetler arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

3.1 UYGULAMANIN YAPILDIĞI FİRMANIN TANITIMI

Uygulamanın yapıldığı firma, Koç Holding Şirketler grubuna bağlı OTOSAN Otomobil Sanayi A.Ş. İnönü Fabrikasıdır. Firma, Kütahya-İstanbul karayolunda Eskişehir'e bağlı İnönü nahiyesine 4 Km uzaklıkta kurulmuştur.

OTOSAN İnönü fabrikasının faaliyet alanı otomobil sanayi olup, motor ve kamyon üretimi yapılmaktadır. Firma, motor ve kamyon montaj fabrikası olmak üzere iki ana bölümden oluşmaktadır. Firmanın motor fabrikasında (uygulamanın yapıldığı dönemlerde) V 6 DOVER, YORK gibi motorlar ve krank, kam mili, biyel ve kep gibi yedek parçalar üretilmektedir. Üretilen motorlar, firmanın diğer ana bölümü olan montaj fabrikasında yarı mamul olarak kullanılmakta ve dışarıya yaptırılan kamyon kasalarına montajı gerçekleştirilmektedir.

Motorun önemli parçalarının işlendiği ve motor montajının yapıldığı bir fabrika olan OTOSAN Motor fabrikası, genelde sipariş üzerine üretimde bulunmaktadır. Koç Holding Şirketler grubuna bağlı bir koordinatörlük alınan siparişlere bağlı olarak fabrikaya yılda hangi mamulden, ne kadar üreteceğini bildirmektedir. Fabrikaya yılbaşlarında bildirilen bu üretim kotası, çalışılan işgünü sayısı ölçü alınarak yapılan haftalık üretim programlarına göre gerçekleştirilmektedir. Üretimi tamamlanan motorlar ve montajı gerçekleştirilen kamyonlar; bir yan kuruluş aracılığıyla, öncelikle sipariş alınan yerler olmak üzere, yurt içinde satışa sunulabilmektedir.

Firmada gerçek anlamda üretimin yapıldığı motor fabrikası; blok hattı, kafa hattı, krank hattı, biyel-kep hattı ve volan hattı olmak üzere beş üretim hattından ve her hattın bakım şefliğinden oluşmaktadır. Mamullerin üretimi sırasında; gerek tezgahlardaki işlemler ve gerekse ara işlem noktalarında üretime girdi olarak sokulan parçalar için kalite kontrol uygulaması yapılmaktadır. Firmadaki üretim hatları, çok amaçlı tezgahlarla beslendiğinden, standart bir veya birkaç çeşit mamulü sürekli olarak üretebilecek yetenektedirler.

OTOSAN motor üretimini, yapılan bir protokol gereği, başka bir firmanın standartlarına uygun olarak gerçekleştirmek durumundadır. İlgili lisans sahibi firma, bitmiş mamulün hangi aşamalarda ve ne kadar işlenerek, hangi yedek parça veya yarı mamullerle desteklenerek üretileceğini, başka bir deyişle her hatta elde edilecek bitmiş mamulün spesifikasyonlarını bildirmektir. Bu nedenlerden dolayı; mamulün üretileceği hatlar, hatlara girdi olan hammadde ve yarı mamuller, bu malzemelerin spesifikasyonlarının ne olacağı ve nerelerden temin edileceği saptanmış durumdadır. Tüm bunlara rağmen bazı hammadde ve yarı mamuller, lisans firması tarafından İngiltere'de hazırlanarak gönderilmektedir ve bu sayede üretime devam edilebilmektedir.

3.2 FİRMADA UYGULANAN SPESİFİKASYONLARIN ANALİZİ

OTOSAN inönü fabrikası, İngiltere'de Ford firması ile yapılan bir protokol gereği üretimde bulunan bir motor fabrikasıdır. Bu nedenle, OTOSAN motor fabrikasında, lisans sahibi firmanın mamul üretimiyle ilgili olarak belirlediği spesifikasyonlar uygulanmakta ve spe-

sifikasyonlarda kesinlikle değişiklik yapılamamaktadır. Söz konusu spesifikasyonlar, mamul üretimi sırasındaki ara işlemleri ve sadece bitmiş mamulden istenen nominal ölçüleri belirtmektedir. Mamul üretimi ile ilgili diğer bilgiler, iş akış planları ve mamullerin teknik çizimlerinde verilmiştir.

3.3 FİRMADA UYGULANAN TOLERANSLARIN ANALİZİ

OTOSAN, yapılan protokole bağlı olarak, Ford firmasının belirttiği normlar içinde üretimde bulunmaktadır. Başka bir deyişle, bitmiş mamulden istenen nominal ölçülerde değişiklik yapma yetkisi yoktur. Her üretim hattı için söz konusu olan bu durum, mamulün hat boyunca geçeceği işlem noktalarında birtakım sınırlar içinde işlenmesini ve bitmiş mamulün de istenen normlara uygun olmasını gerektirmektedir. Bu nedenle de, bitmiş mamulün istenilen ölçülerde olabilmesi için, toleranslandırma yapılması ya da tolerans limitleri belirleyerek üretime geçilmesi söz konusu olmaktadır. Firmada bu anlamda bir çalışma yapılmaktadır. Firmadaki toleranslandırma, bitmiş mamulden istenen nominal ölçü ve kabul edilebilir sapmalara ve mamulün geçeceği işlem noktalarındaki tezgahların yeteneklerine, kullanılan işgücüne ve hammaddelere bağlı olarak, bitmiş mamulün nominal ölçüsündeki sapmayı, sondan başa doğru işlem noktalarına paylaştırmaktan ibarettir. Başka bir deyişle, bitmiş mamulün nominal ölçüsünün, uygun görülen tolerans aralığı içinde sağlanabilmesi için tezgah toleranslarının ayarlanması yapılmaktadır. Firmadaki bu uygulama, bitmiş mamulden istenen nominal ölçüyü sağlayacak çeşitli bileşimlerin

yapılmasını mümkün kılmaktadır. Ancak, tolerans belirlemede söz konusu olan bu serbestlik, bazı ara işlem noktalarında gereken nominal ölçünün elde edilmemesine ve dolayısıyla bitmiş mamulün iskartaya ayrılabilmesine neden olmaktadır.

Bu kesimde bitmiş mamulün kabulünde bu denli önemli olan toleranslar, ilgili firmanın motor fabrikasındaki beş üretim hattından biri olan krank hattı için ele alınarak analiz edilmeye çalışılmıştır. Krank hattının girdisi olan dövme çelik malzeme yurt içinde bir firmaya yaptırılmaktadır. Söz konusu hatta üretilen mamul, toplam 24 operasyondan, başka bir deyişle 24 işlem noktasından geçmekte ve sonuçta V 6 DOVER Krank olarak isimlendirilmektedir. Krank hattında yapılmaya çalışılan tolerans analizi, bitmiş mamulde aranan bir dizi özellikten sadece bir tanesi için söz konusudur. Bir özellik için yapılan tüm hesaplamalar, benzeri şekilde krankın diğer özellikleri için de kolaylıkla uygulanabilecektir.

Krank hattında uygulama olarak seçilen özellik, bitmiş krank için söz konusu olan *Yağ Keçe Yuvası Genişliği*dir. Yağ keçe yuvası genişliği, krank hattı boyunca üç operasyonda ve toplam beş işlem noktasında işlenmektedir. Uygulamanın özgün konusu olan bu özellik, belirlenen tolerans limitleri dışında gerçekleşmesi durumunda, V 6 DOVER motorda önemli arızalara yol açabilmektedir. Yapılan görüşmeler sonucunda özellikten kaynaklanan söz konusu arızaların doğrudan mamul ömrü üzerinde ve olumsuz yönde etkili olduğu saptanmıştır.

Firmada, yapılan protokola bağlı olarak, ilgili özellik için bitmiş mamul ve bu özelliğe erişebilmek için de OTOSAN tarafından ara işlemlerdeki nominal ölçüler ve tolerans limitleri belirlenmiş

durumdadır. Bu değerler operasyonlara göre sırasıyla;

$$\begin{array}{l} \text{Operasyon 50} \left\{ \begin{array}{l} 823.00 \pm 0.1 \text{ mm} \\ 807.98 \pm 0.1 \text{ mm} \\ 18.80 \pm 0.1 \text{ mm} \end{array} \right. \\ \text{Operasyon 106} \quad 431.70 \pm 0.01 \text{ mm} \\ \text{Operasyon 200} \quad 417.18 \pm 0.05 \text{ mm} \end{array}$$

olmaktadır. Operasyonlara bağlı olarak yapılan işlemler Şekil: III.1'-de gösterilmiştir.

Şekil: III.1'de operasyonlara yönelik işlemler, ilgili özellik için, bitmiş mamulün 19.17 mm ile 19.43 mm arasında olacak şekilde yapılmaktadır. İşlemler arasındaki ilişkiler dikkate alınarak ve

$$Y = \bar{X}_1 \begin{matrix} (+) \\ - \end{matrix} \bar{X}_2 \begin{matrix} (-) \\ + \end{matrix} \bar{X}_3 \begin{matrix} (+) \\ - \end{matrix} \bar{X}_4 \begin{matrix} (-) \\ + \end{matrix} \bar{X}_5$$

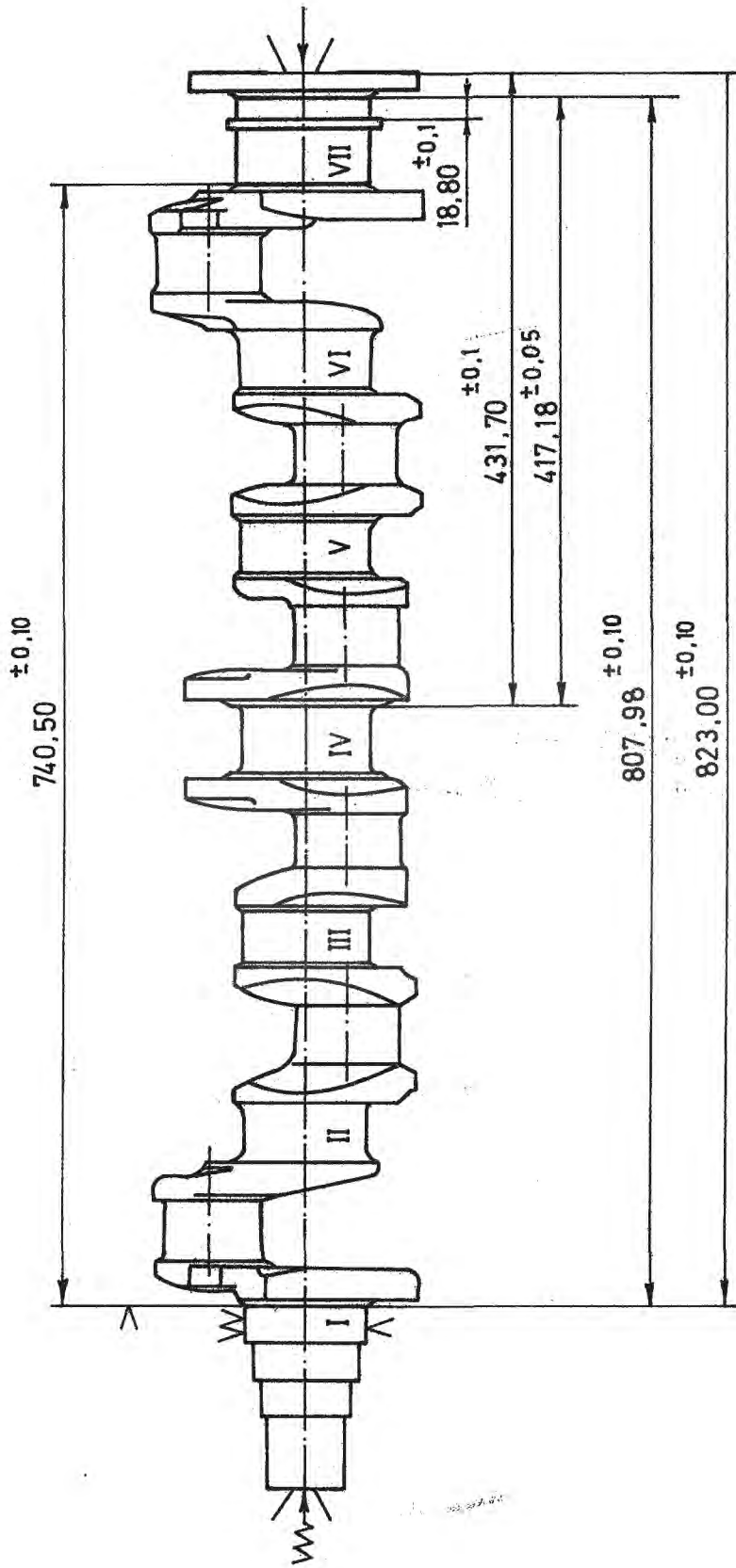
formülü kullanılarak, bitmiş mamulün nominal ölçüsü,

$$Y = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 + \bar{X}_3 - \bar{X}_4 + \bar{X}_5$$

$$Y = 823.00 - 431.71 + 417.18 - 807.98 + 18.80$$

$$Y = 19.30 \text{ mm}$$

olarak elde edilmektedir. Bu nominal ölçünün 19.17-19.43 arasında olması istenildiğinden, ilgili özellik için tolerans limitleri 19.30 \pm 0.13 mm olmaktadır. Firmada üretim gereği ara işlemlerde ve bitmiş mamulde $\pm 3\sigma$ işlem hassasiyeti istenmektedir. Başka bir deyişle, ara işlemlerin ve bitmiş mamulün doğal toleransı 6σ olmaktadır.



Şekil: III.1.1. Kruankda Yağ Keçe Yuvası Genişliği İçin

Yapılan İşlemler

Bu açıklamaya bağılı olarak ve her ara işlem noktası için belirlenen tolerans limitleri dikkate alınarak, işlemlerin standart sapmaları;

$$\pm 3\sigma_{\bar{x}_i} = 0.1 \Rightarrow \sigma_{\bar{x}_i} = \pm 0.033, \quad i=1,2,4,5$$

$$\pm 3\sigma_{\bar{x}_3} = 0.05 \Rightarrow \sigma_{\bar{x}_3} = \pm 0.017$$

olarak, benzer şekilde bitmiş mamulün standart sapması ise;

$$\pm 3\sigma_y = 0.13 \Rightarrow \sigma_y = 0.043$$

olarak hesaplanabilmektedir. Ara işlemler için belirlenen standart sapmalar kesim 2.3'de söz edilen istatistikî teoreme göre, ilgili özellik için bitmiş mamulde istenen standart sapmayı vermek durumundadır. Başka bir deyişle, ilgili değerler

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_{\bar{x}_1}^2 + \sigma_{\bar{x}_2}^2 + \sigma_{\bar{x}_3}^2 + \sigma_{\bar{x}_4}^2 + \sigma_{\bar{x}_5}^2}$$

formülünde yerine koyulduğunda, eşitliğin sağlanması gerekmektedir.

Ancak bu eşitlik,

$$0.043 = \sqrt{4.645 \cdot 10^{-3}}$$

$$0.043 < 0.068$$

şeklinde gerçekleşmektedir. Bu durum bitmiş mamulün yağ keçe yuvası / genişliği özelliğinin istenen nominal ölçüde gerçekleşmediğini gös-

termektedir. Firmadaki yetkililerle yapılan görüşmelere bağı olarak, bitmiş mamuldeki yağ keçe yuvası genişliği için tolerans aralığı 19.30 ± 0.13 mm yerine 19.30 ± 0.32 olarak gerçekleştirildiği ve bu durumun kendileri için önemli olduğu saptanmıştır. Tolerans limitlerindeki bu sapma, bitmiş mamulün hatalı üretildiğinin bir göstergesidir. Bu nedenle krank hattındaki ilgili özelliğe yönelik bütün işlemlerde en iyi tolerans aralıklarınının bulunması için tolerans tasarımı yapılmaya çalışılmıştır.

3.4 FİRMANIN ÜRETTİĞİ KRANKDA YAĞ KEÇE YUVASI

GENİŞLİĞİ İÇİN TOLERANS TASARIMI

OTOSAN motor fabrikasının krank hattında gerçekleştirilen üretim sonucu elde edilen mamulün ilgili özelliğinin, protokol yapılan firmanın bitmiş mamulden istediği standartlara uymaması ve bu durumun ilgili hattaki ara işlemlerden kaynaklanması, firmadaki var olan toleransların incelenerek analiz edilmesini ve mümkün olan koşullar içinde kusurlu mamul yüzdesinin azaltılması için yeni tolerans limitlerinin oluşturulmasını gerekli kılmaktadır. Bu amaçla, firmadaki uygun olmayan tolerans limitlerinin ortaya çıkış nedenini, başka bir deyişle tahmin edilen değerlerden olan sapmaların miktarını daha iyi görebilmek için, firmadan ilgili krank özelliğine ait veriler alınmış ve birinci aşamada bu verilerin normal dağılıp dağılmadığı test edilmeye çalışılmıştır. İkinci aşamada; alınan verilere göre her bir işlem noktasının ortalama ve standart sapmaları belirlenmiş ve gerçekleşen durum için tolerans limitleri oluşturul-

masına çalışılmıştır. Uygulamanın üçüncü aşamasında ise, iki benzetim programı yazılarak, bilgisayar ortamına aktarılmış ve program çıktılarına bağlı olarak tolerans limitleri ile maliyetler arasında ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

3.4.1 Verilerin Normal Dağılıma Uygunluğu Testi

Bu kesimde, krank hattı boyunca toplam beş işlem noktasından geçerek elde edilen yağ keçe yuvası genişliği için, arka arkaya gelen üretim günlerinde, firmadan alınan verilerin normal dağılıma uygunluğu test edilmeye çalışılmıştır.

İşlem noktalarında yapılan işlemin normal dağılıma uymamaları halinde, bir önceki bölümde anlatıldığı şekliyle tolerans belirleme yöntemi uygulanamayacağından, bu uygunluk testine ihtiyaç duyulmuştur. EK- I 'de gösterilen veriler, Ki-Kare (eşit olasılık sınıflaması) sınaması ile test edilmiştir. Test sonucunda, ilgili krank özelliğinin işlendiği işlem noktalarının; $\alpha = 0.01$ anlam seviyesi, $sd=5$ serbestlik derecesinde ve 0.99 olasılıkla,

$$\bar{X}_1 = 823.02 \quad , \quad \sigma_{\bar{x}_1} = 0.056$$

$$\bar{X}_2 = 431.71 \quad , \quad \sigma_{\bar{x}_2} = 0.053$$

$$\bar{X}_3 = 417.18 \quad , \quad \sigma_{\bar{x}_3} = 0.031$$

$$\bar{X}_4 = 807.98 \quad , \quad \sigma_{\bar{x}_4} = 0.046$$

$$\bar{X}_5 = 18,78 \quad , \quad \sigma_{\bar{x}_5} = 0.058$$

ortalama ve standart sapmalar ile normal dağılmadığının gösterilemeyeceği, başka bir deyişle işlemlerin ya da işlemlerden alınan verilerin normal dağılımı temsil ettiği görülebilmektedir. Seçilen yöntemle göre yapılan test sonuçları EK- II 'de verilmiştir.

3.4.2 Yağ Keçe Yuvası Genişliği İçin Tolerans Limitlerinin Belirlenmesi

Bir önceki kesimde yapılan işlemlerin normal dağılım uygunluk testi sonucunda, üretimden alınan verilere ve gerçekleşen duruma bağlı olarak belirlenen ortalama ve standart sapmaların, tahmin edilen değerlerden farklı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Başka bir deyişle, her bir işlem noktasının tolerans aralığını belirleyebilmek için gerekli olan bu ortalama ve standart sapmalar, bazı işlem noktalarının tolerans aralıklarının gerekenden daha geniş olarak gerçekleştiğini ve dolayısıyla ilgili özellik için bitmiş mamulde istenen nominal ölçünün elde edilmediğini göstermektedir. Bu uygunsuz durum, özellikle tolerans dışı çalışılan operasyonların saptanmasını ve bir türlü bu işlemlerin tolerans limitleri içine çekilmesini gerekli kılmaktadır. Başka bir deyişle, bitmiş mamulden istenen nominal ölçünün elde edilebilmesi için yeni tolerans limitlerinin mümkün olduğunca gerçekçi bir biçimde oluşturulması gereği ortaya çıkmaktadır.

Bir önceki bölümde açıklanan tolerans belirleme yöntemi, hesaplanacak farklı standart sapmalar kullanılarak, her bir işlem noktası için yeni tolerans limitleri bulunabilir ve uygunlukları test edilebilir. Bu işlemde, birden çok parçadan ya da birden çok işlemeden mey-

dana gelen mamul için söz konusu olan istatistik teoremi kullanılabilir. OTOSAN tarafından yapılan protokola göre belirlenen nominal ölçü ve tolerans aralıkları;

$$823.00 \pm 0.1 \text{ mm}$$

$$431.70 \pm 0.1 \text{ mm}$$

$$417.18 \pm 0.05 \text{ mm}$$

$$807.98 \pm 0.1 \text{ mm}$$

$$18.80 \pm 0.1 \text{ mm}$$

olmaktadır. Bu değerlerin bitmiş krank için istenen nominal ölçünün tolerans aralığını sağlamadığı ve bu nominal ölçülerin işlem noktalarında ard arda gelen üretim günlerinde alınan verilere bağlı olarak;

$$\bar{x}_1 = 823.02 \quad , \quad \sigma_{\bar{x}_1} = 0.056$$

$$\bar{x}_2 = 431.71 \quad , \quad \sigma_{\bar{x}_2} = 0.053$$

$$\bar{x}_3 = 417.18 \quad , \quad \sigma_{\bar{x}_3} = 0.031$$

$$\bar{x}_4 = 807.98 \quad , \quad \sigma_{\bar{x}_4} = 0.046$$

$$\bar{x}_5 = 18.17 \quad , \quad \sigma_{\bar{x}_5} = 0.058$$

şeklinde gerçekleştiği Kesim 3.4.1'de belirtilmiştir. Gerçekleşen bu değerlere göre bitmiş mamulün nominal ölçüsü

$$Y = 823.02 - 431.71 + 417.18 - 807.98 + 18.78$$

$$Y = 19.29 \text{ mm}$$

İstatistiksel Kontrol Çizimi (İstatistiksel Kontrol Çizimi) ile kontrol edilmiştir.

Yazın 2011

olarak elde edilir. Bu durumda bitmiş mamullerin istenen tolerans aralığında kalma olasılığı,

$$P(A \leq \bar{x} \leq U) = P(19.17 \leq 19.29 \leq 19.43) = 0.77$$

olmaktadır. Oysa ki, üretim için bu olasılığın en azından 0.95 olması istenir. İşlemler sonunda gerçekleşen değerlere göre her bir işlem noktasının $\pm 3\sigma$ işlem hassasiyeti için tolerans aralıkları sırasıyla;

$$\begin{aligned} \bar{x}_1 \text{ ölçüsü için, } \pm 3\sigma_{\bar{x}_1} &= \pm 3(0,056) = \pm 0.17 \\ \bar{x}_2 \text{ " " , } \pm 3\sigma_{\bar{x}_2} &= \pm 3(0.053) = \pm 0.16 \\ \bar{x}_3 \text{ " " , } \pm 3\sigma_{\bar{x}_3} &= \pm 3(0.031) = \pm 0.09 \\ \bar{x}_4 \text{ " " , } \pm 3\sigma_{\bar{x}_4} &= \pm 3(0,046) = \pm 0.14 \\ \bar{x}_5 \text{ " " , } \pm 3\sigma_{\bar{x}_5} &= \pm 3(0.058) = \pm 0.17 \end{aligned}$$

olarak elde edilmektedir. Bitmiş krankın standart sapması ise;

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_{\bar{x}_1}^2 + \sigma_{\bar{x}_2}^2 + \sigma_{\bar{x}_3}^2 + \sigma_{\bar{x}_4}^2 + \sigma_{\bar{x}_5}^2}$$

formülüyle ve

$$\sigma_y = \sqrt{0.056^2 + 0.053^2 + 0.031^2 + 0.046^2 + 0.058^2}$$

$$\sigma_y = \pm 0.111$$

$$\sigma_y = \pm 0.11$$

olarak bulunmaktadır. Tolerans aralığı da, Y ölçüsü için $\pm 3\sigma_y = \pm 3(0.11) = \pm 0.33$ olmakta ve 19.17-19.43 aralığının dışına çıkmaktadır. Şüphesiz bu durum firmalar açısından istenmez. Üstelik OTOSAN'ın başka bir firma lisansı ile üretimde bulunması nedeniyle, bu durum kesinlikle göze alınamaz. Bu nedenle bitmiş mamulün tolerans aralığını elde edecek ara işlem toleranslarının belirlenmesi gerekecektir. Bunun için,

$$\sigma_{\bar{x}_i} = \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{n}}, \quad i=1,2,3,\dots,n$$

formülü kullanılmaktadır. İlgili özellik için, bitmiş mamulden istenen ± 0.13 tolerans aralığı esas alınarak,

$$\pm 3\sigma_y = 0.13 \Rightarrow \sigma_y = 0.13/3$$

$$\sigma_y = \pm 0.043$$

dönüşümü yapılır. Elde edilen bitmiş mamulün ilgili özelliği için standart sapması kullanılarak, beş işlemin standart sapmaları;

$$\sigma_{\bar{x}_i} = \sqrt{\frac{\sigma_y^2}{n}}, \quad i=1,2,3,4,5$$

$$\sigma_{\bar{x}_i} = \sqrt{\frac{0.043^2}{n}}, \quad i=1,2,3,4,5$$

$$\sigma_{\bar{x}_i} = \pm 0.019, \quad i=1,2,3,4,5$$

olarak bulunabilir. Bu durumda her bir işlemin tolerans aralığı ise,

$$\pm 3\sigma_i = \pm 3(0.019) = \pm 0.06, \quad i=1,2,3,4,5$$

olmaktadır. Ancak, mamulün yağ keçe yuvası genişliğinin elde edildiği işlem noktalarından olan, 417.18 mm ölçüsünün işlendiği üçüncü işlem, bir tür nümerik kontrollü tezgah kullanılarak yapıldığından, bu işlemde tolerans aralığını ± 0.05 düzeyinde tutmak teknik açıdan oldukça kolaydır. Bu nedenle bu aralığı genişletmek ekonomik değildir. Bu açıdan bakıldığında üçüncü işlem kritik olmakta ve uygun görülen tolerans aralığında işlenilmesi gerekmektedir. Söz konusu bu durum sisteme sokulursa, yeni tolerans limitlerinde değişiklik olacaktır. Bu durumda,

$$\begin{aligned} \pm 3\sigma_{\bar{x}_3} = 0.05 &\Rightarrow \sigma_{\bar{x}_3} = \pm 0.05/3 \\ \sigma_{\bar{x}_3} &= \pm 0.017 \end{aligned}$$

değeri sabit olarak alınarak,

$$\sigma_y = \sqrt{\sigma_{\bar{x}_1}^2 + \sigma_{\bar{x}_2}^2 + \sigma_{\bar{x}_3}^2 + \sigma_{\bar{x}_4}^2 + \sigma_{\bar{x}_5}^2}$$

formülüne koyulur ve diğer işlemlerin standart sapmaları yalnız bırakılırsa,

$$\sigma_{\bar{x}_i} = \sqrt{\frac{\sigma_y^2 - \sigma_{\bar{x}_3}^2}{4}}, \quad i=1,2,4,5$$

formülü elde edilir. Buna göre ara işlemlerin standart sapmaları,

$$\sigma_{\bar{x}_i} = \sqrt{\frac{0.043^2 - 0.017^2}{4}}, \quad i=1,2,4,5 \quad \text{için}$$

$$\sigma_{\bar{x}_i} = \pm 0.0197, \quad i=1,2,4,5 \quad \text{için}$$

olarak elde edilmektedir. Bu durumda her bir işlemin ve bitmiş mamulün ilgili özelliği için tolerans aralıkları,

$$\bar{x}_1 \text{ ölçüsü için; } \pm 3\sigma_{\bar{x}_1} = \pm 3(0.0197) = \pm 0.06$$

$$\bar{x}_2 \text{ ölçüsü için; } \pm 3\sigma_{\bar{x}_2} = \pm 3(0.0197) = \pm 0.06$$

$$\bar{x}_3 \text{ ölçüsü için; } \pm 3\sigma_{\bar{x}_3} = \pm 3(0.017) = \pm 0.05$$

$$\bar{x}_4 \text{ ölçüsü için; } \pm 3\sigma_{\bar{x}_4} = \pm 3(0.0197) = \pm 0.06$$

$$\bar{x}_5 \text{ ölçüsü için; } \pm 3\sigma_{\bar{x}_5} = \pm 3(0.0197) = \pm 0.06$$

$$Y \text{ ölçüsü için; } \pm 3\sigma_y = \pm 3(0.043) = \pm 0.13$$

olacaktır. Bu tolerans limitlerine bağlı olarak ara işlemler ve bitmiş mamul için spesifikasyonlar ise, üçüncü işlem noktasındaki tolerans aralığı dışında firma tarafından tahmin edilen tolerans limitlerinde yüzde dört'lük bir azalma ile,

$$823.02 \pm 0.06 \text{ mm}$$

$$431.71 \pm 0.06 \text{ mm}$$

$$417.18 \pm 0.05 \text{ mm}$$

$$807.98 \pm 0.06 \text{ mm}$$

$$18.78 \pm 0.06 \text{ mm}$$

$$19.30 \pm 0.13 \text{ mm}$$

olmaktadır. Belirlenen bu tolerans limitleri, işlem noktalarındaki tezgahların işleme yeteneklerine ve işgücüne bağlı olarak, krank üretilebilmesini mümkün kılmayabilir. Bunun yanısıra, her türlü üretim koşulları sağlanmış, başka bir deyişle belirlenen tolerans limitlerinde çalışmak mümkün olsa bile, başka bir takım nedenlerden dolayı üretilen krankların büyük çoğunluğunda yağ keçe yuvası genişliği özelliği tolerans aralığında elde edilemeyebilir. Bu nedenle belirlenen tolerans limitleri ile çalışma durumunda, ara işlemler ve bitmiş mamul için söz konusu işleme ölçülerinin, tolerans aralığına düşüp düşmediği, başka bir deyişle elde edilen krankların büyük çoğunluğunun istenen normlarda üretilip üretilmediği test edilmelidir. Bunun için; \bar{X}_A alt tolerans limiti, \bar{X} istenen nominal ölçüye \bar{X}_U üst tolerans limiti olmak üzere,

$$P(\bar{X}_A \leq \bar{X} \leq \bar{X}_U)$$

olasılığını

$$Z = \frac{X - \bar{X}}{\sigma}$$

dönüşümüyle büyötmek suretiyle, hesaplanan tolerans limitlerinin güvenilirliği belirlenebilir. Her bir işleml noktası için firma tarafından tahmin edilen ve üretimden alınan verilerden elde edilen gerçekleşen nominal ölçüler temel alınarak ve Z dönüşümü kullanılarak hesaplanan olasılıklar Tablo (I)'da gösterilmiştir.

Tablo (I)- Tahmin Edilen ve Gerçekleşen Nominal Ölçüler için Tolerans Aralığında Üretimde Bulunma Olasılıkları

İŞLEM NOKTASI	NOMİNAL ÖLÇÜ (mm)	TOLERANS ARALIğI (+)	TOLERANS ARALIğINDA ÜRETİMDE BULUNMA OLASILIğI
1	823.00	0.06	0.9973
	823.02		0.9772
2	431.70	0.06	0.9973
	431.71		0.9939
3	417.18	0.05	0.9973
	417.18		0.9973
4	807.98	0.06	0.9973
	807.98		0.9973
5	18.80	0.06	0.9973
	18.78		0.9772

Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen, tolerans aralığında üretimde bulunma olasılıkları, gerek tahmin edilen ve gerekse gerçekleşen nominal ölçülerde üretimde bulunduğunda, elde edilen mamul-

lerin istenen ölçüye bağlı olarak en azından yüzde 97'sinin istenen normlarda olacağını ve bunun için de daha önce hesaplanan ve Tablo (I)'de gösterilen tolerans aralıklarının yeterli ve üretime uygun olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

3.4.3 Belirlenen Tolerans Limitleri ile Maliyetlerin İlişkisinin Kurulması

Uygulama konusu olarak seçilen krankın yağ keçe yuvası genişliğine ait nominal ölçünün 19.29 mm, standart sapmanın 0.11 ve dolayısıyla tolerans aralığının, gerekenden daha geniş, ± 0.33 olarak gerçekleşmesi, ilgili özellik için krank hattının yeniden gözden geçirilmesini gerekli kılmaktadır. Nominal ölçüden ve tolerans aralığından olan bu sapmanın en temel nedeni, bitmiş mamulde istenen keçe çapı ölçüsüne etki eden işlem noktaları ve beraberinde standart sapmalarındaki artıştan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle uygulamanın üçüncü aşamasında; farklı ortalama ve standart sapmalara bağlı olarak ve farklı tolerans aralıklarında ilgili özellik için yapılan işlemleri ve bu işlemlerin bitmiş mamul üzerindeki etkilerine bağlı olarak firmaya getireceği maliyeti belirleyebilmek için, SERTEZ1 ve SERTEZ2 olmak üzere iki benzetim programı yazılmış ve bilgisayar ortamına aktırılmıştır.

3.4.3.1 Bilgisayar Programlarının Tanıtımı

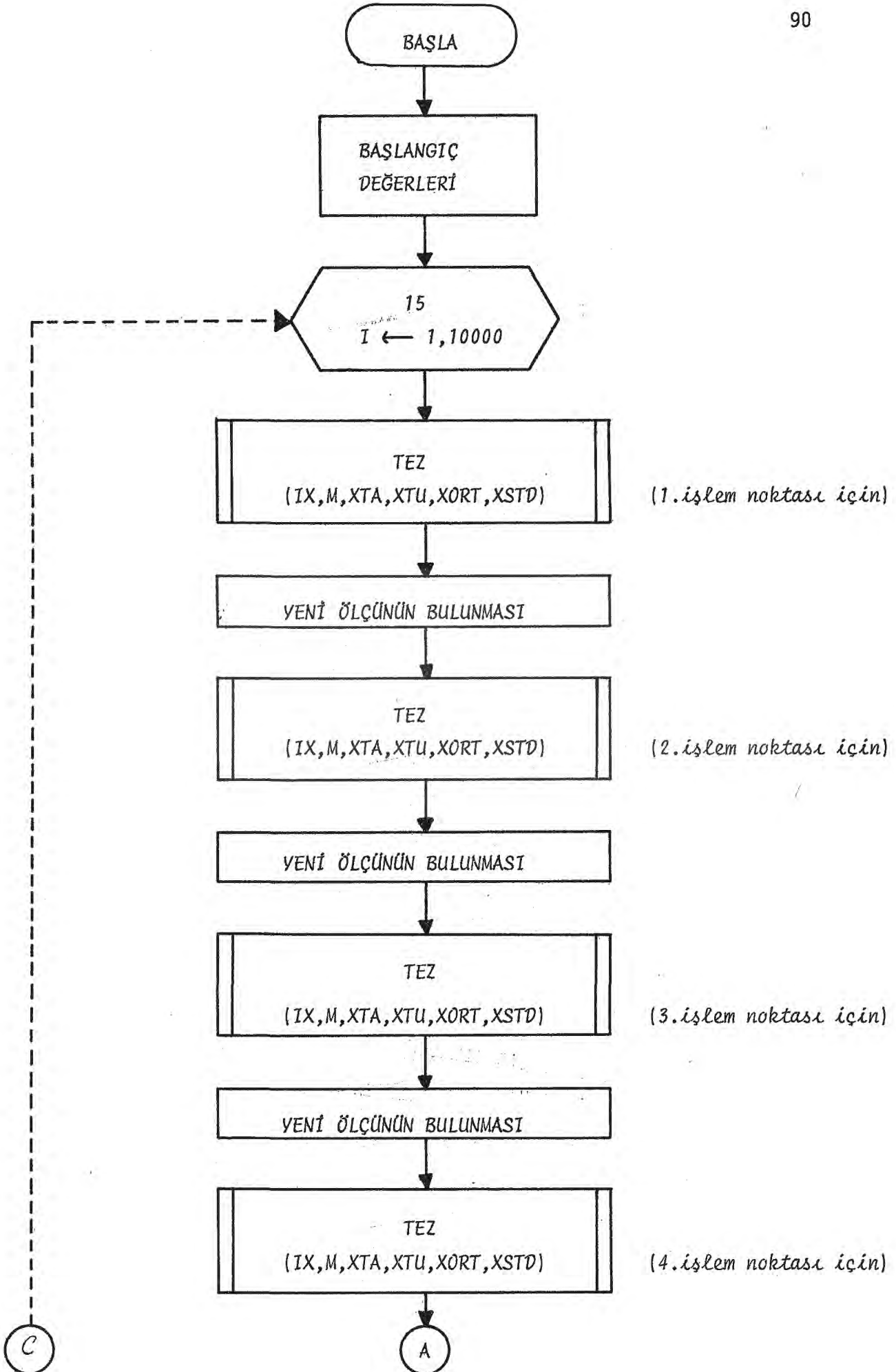
SERTEZ1 ve SERTEZ2 benzetim programları; TEZ, NORMAL ve RANDU olmak üzere üç alt program ve bu alt programları kullanan

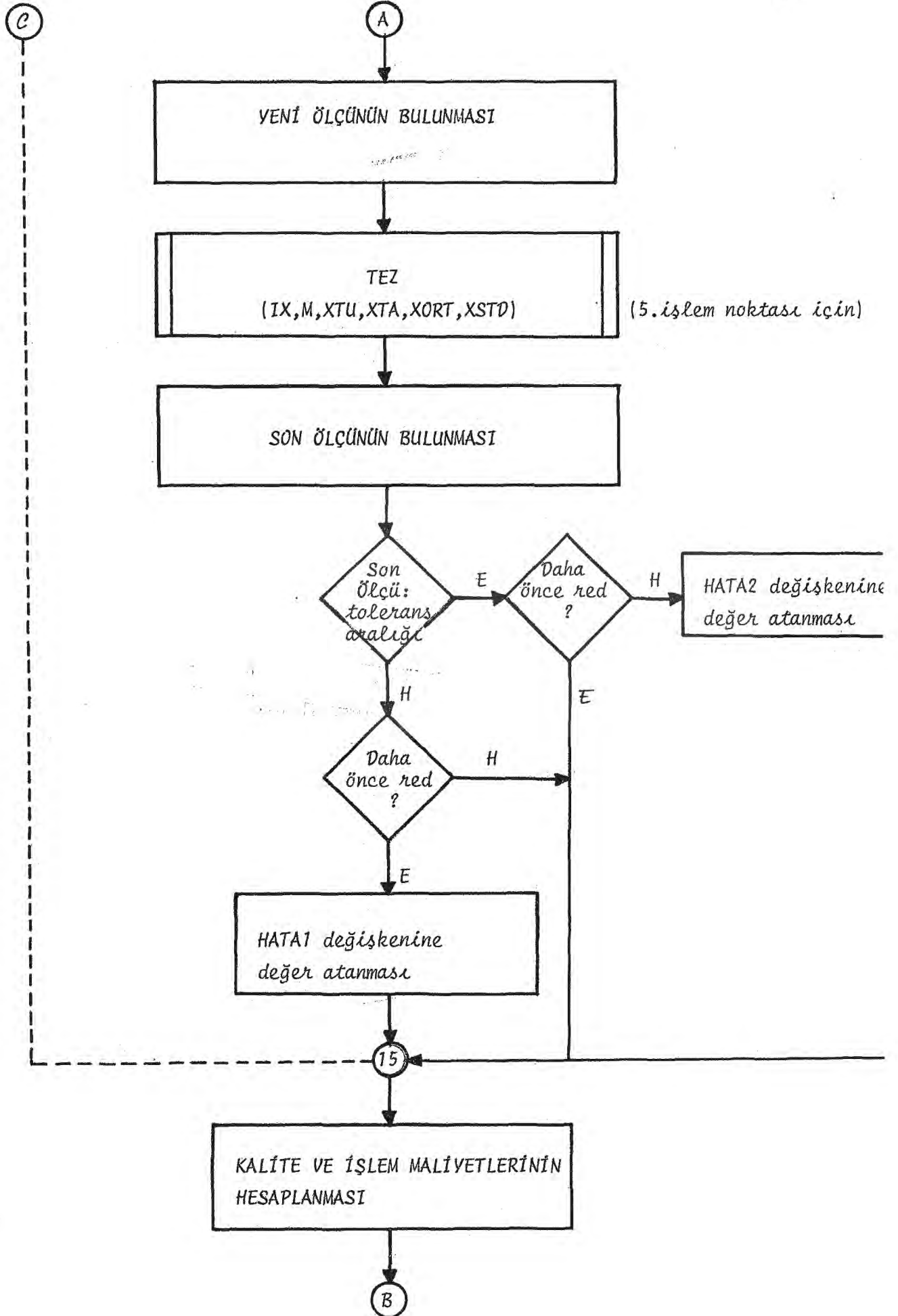
bir ana programdan oluşmaktadır. Gerek SERTEZ1 ve gerekse SERTEZ2, NORMAL ve RANDU alt programları aracılığıyla türetilen 10000 rassal sayı, başka bir deyişle krank hattına sokulan 10000 dövme çelik krank malzeme için çalıştırılmıştır.

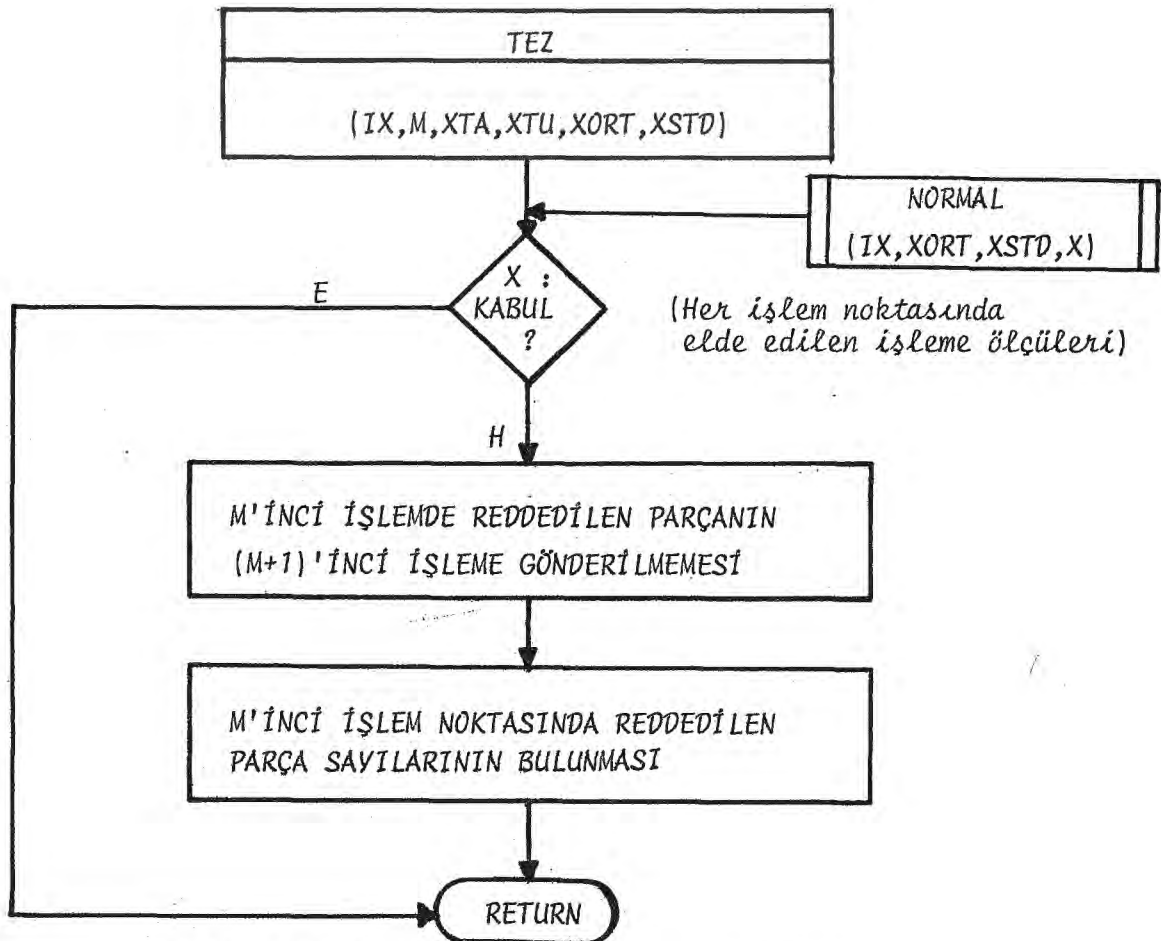
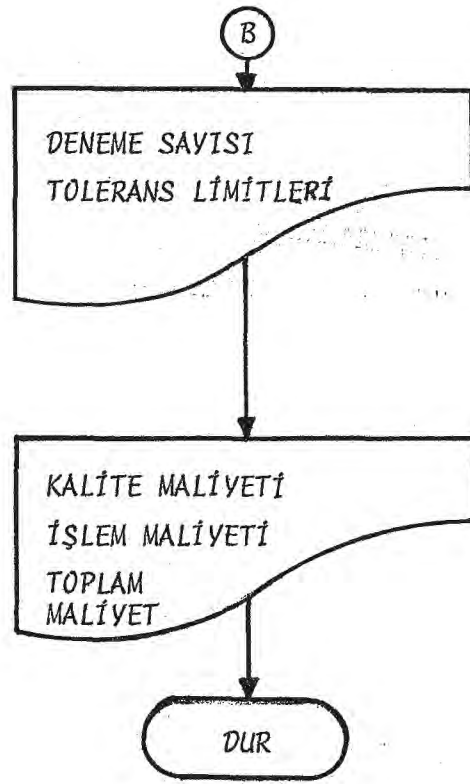
Her bir işlem noktası için tahmin veya gerçekleşen ortalama ve standart sapmalar temel alınarak hazırlanan ve akış şeması Şekil: III.2'de verilen SERTEZ1 programının işleyişi kısaca şöyledir:

Bir başlangıç değere bağlı olarak alt programlar aracılığıyla rassal olarak türetilen dövme çelik krank malzeme, ana program gereği krank hattına sokulmaktadır. İlgili parça, seçilen krank özelliği için, ilk işlem noktasında programa girdi olarak verilen ortalama, standart sapma ve bu sapmaya göre oluşturulan tolerans limitlerine bağlı olarak bir X ölçüsünde işlenmektedir. Seçilen özellik için krank hattının ilk işlem noktasında işlenen parçanın bu X ölçüsünün, TEZ altprogramı aracılığıyla kendisi için belirlenen tolerans aralığına düşüp düşmediği kontrol edilir.

Parçaların işlenmesine yönelik bu döngü, toplam beş işlem noktasından geçerek yağ keçe yuvasının genişliği elde edilinceye kadar devam etmektedir. Her bir işlem noktasında elde edilen ölçülerin, ilgili ara işlemlerin tolerans aralığı dışında kalması durumunda ise, programın işleyişine ve işlem noktasına bağlı olarak HATA1 ve HATA2 değişkenleriyle gösterilen ve kabul ya da reddedilen mamullere ilişkin çıktılar elde edilmektedir. Ayrıca elde edilen her bir değişkene bağlı olarak, her ara işlem noktasında; işlenen parça sayısı, reddedilen parçaların işlenen parçalara oranı gibi çıktılar da türetilir.







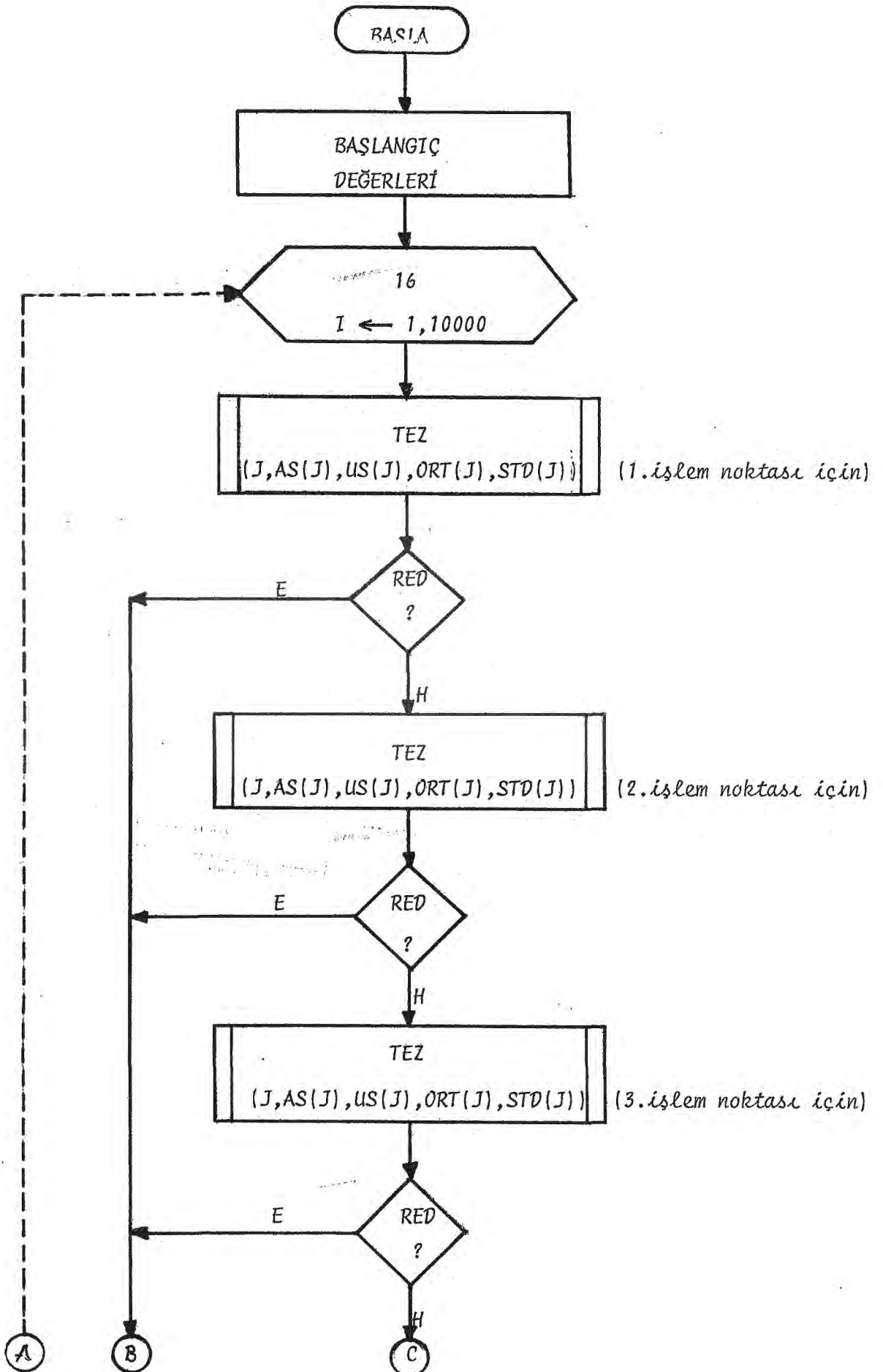
Şekil: III.2 SERTEZ1 Programının Akış Şeması

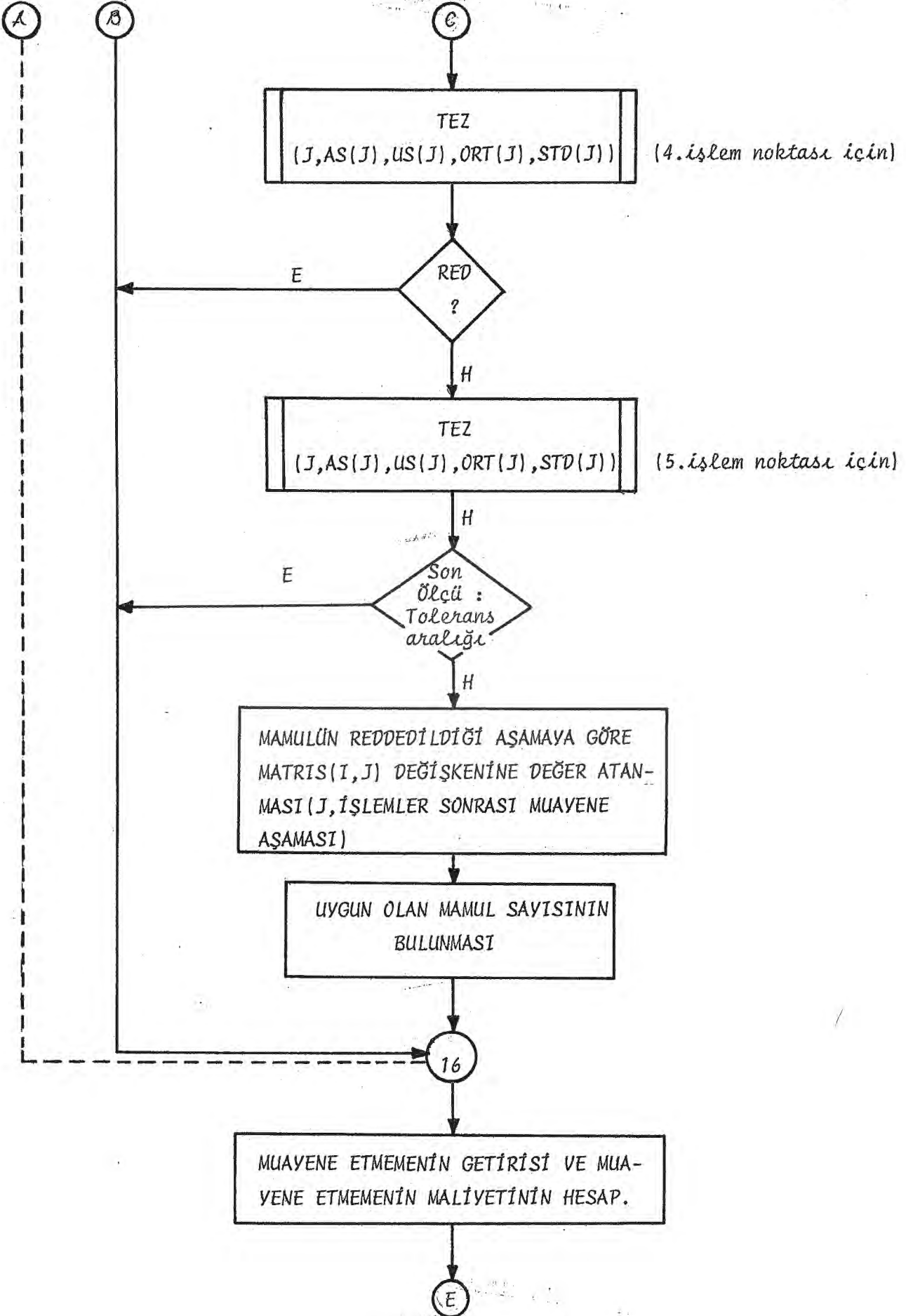
lebilmektedir.

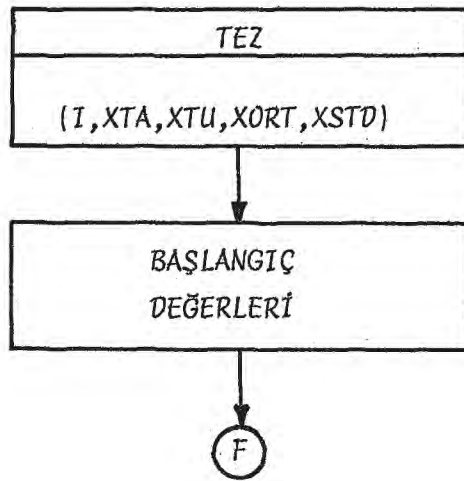
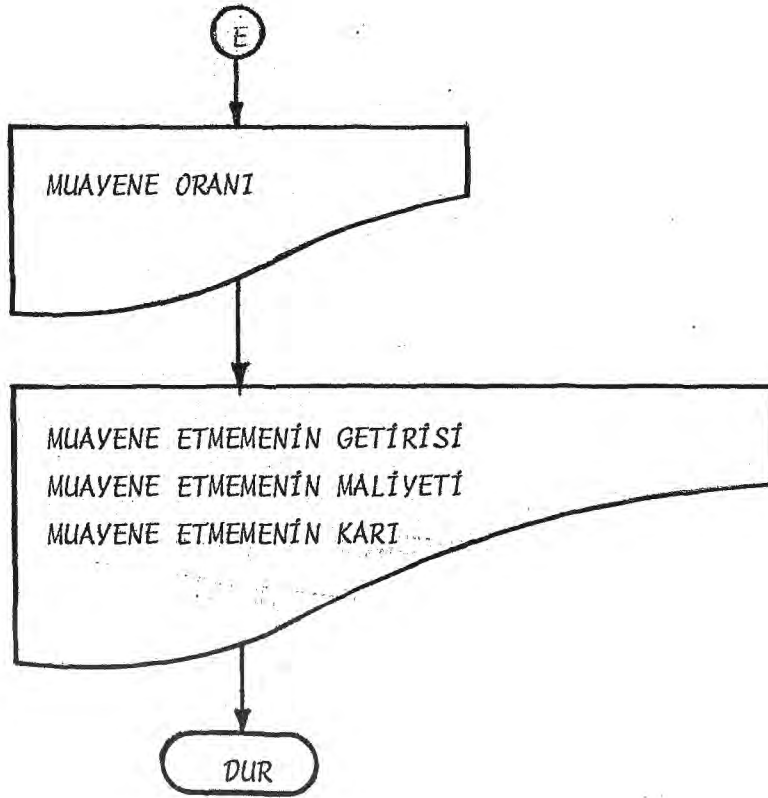
SERTEZ1 benzetim programı, daha önce analitik olarak elde edilen ve firmada uygulanmakta olan, standart sapma ve tolerans aralığı değer gruplarının her biri için ayrı ayrı çalıştırılmış ve kalite ve işlem maliyetlerini enküçükleyen tolerans aralığı belirlenmiştir.

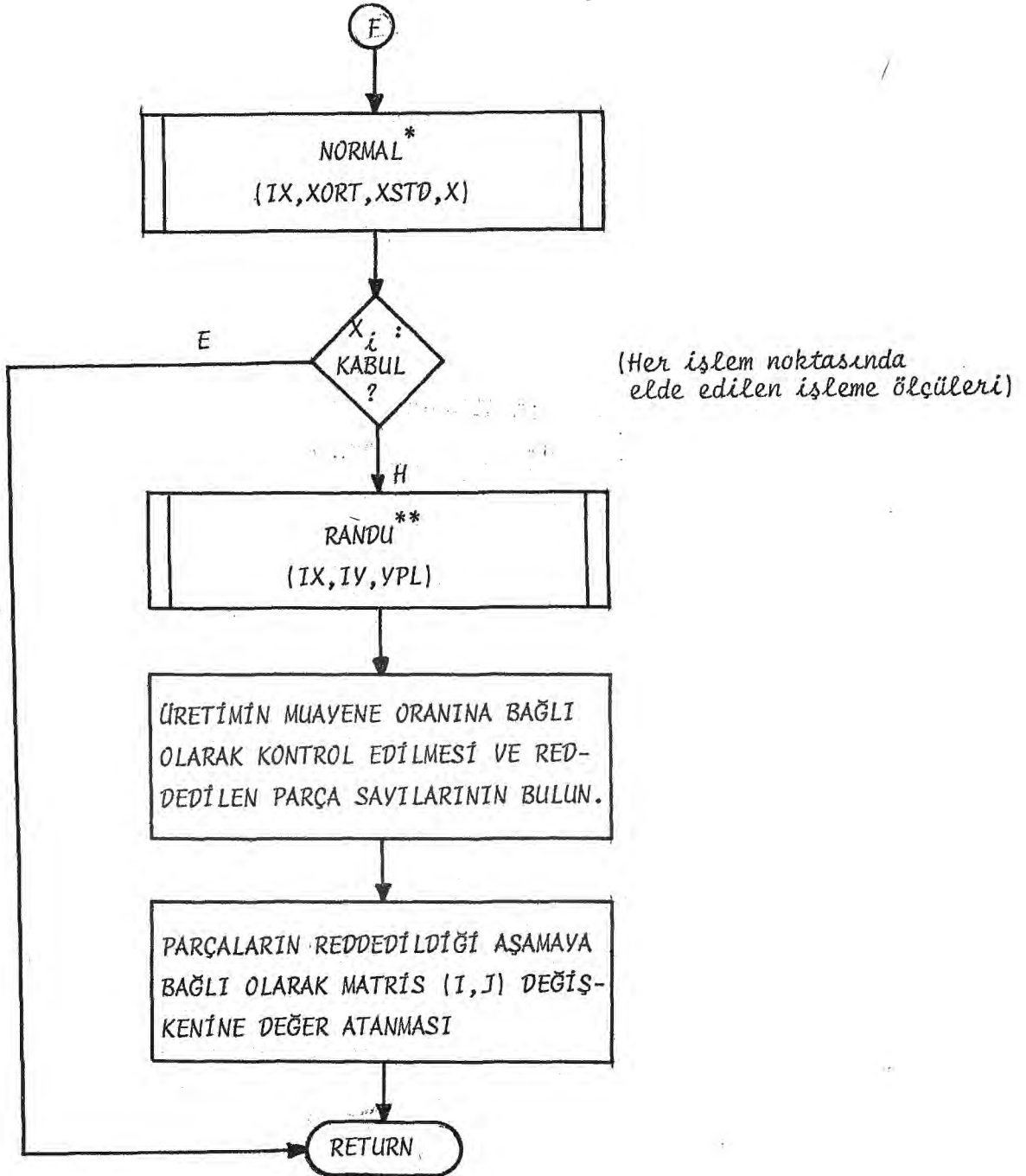
SERTEZ2 benzetim programında ise, bir önceki programda gerek ara işlemler ve gerekse bitmiş mamul için bulunan en uygun tolerans limitleri girdi olarak alınmakta ve eniyi muayene oranı belirlenmektedir. Başka bir deyişle, yapılan hesaplamalara ve SERTEZ1 programının çıktılarına göre belirlenen en uygun tolerans limitlerinde yapılan üretimin, değişik muayene oranlarıyla muayene edilmesi durumunda, program işleyişine bağlı olarak kabul ya da reddedilen mamul miktarını belirlemekte ve bu değerlere atanacak maliyetlerle de muayene oranı ile maliyetler arasında bir denge kurmaya yardımcı olmaktadır. SERTEZ2 programının akış şeması Şekil: III.3'de verilmiştir.

Firmada uygulanan toleransların analiz edilmesi için yazılan SERTEZ1 programı ve elde edilen program çıktıları EK- III'de, SERTEZ1 programının çalıştırılmasıyla firma için en düşük maliyetin elde edildiği tolerans limitleri girdi alınarak, en iyi muayene oranını belirleyen SERTEZ2 programı ve program çıktıları ise EK- IV'de yer almaktadır.









Şekil: III.3 SERTEZ2 Programının Akış Şeması

- (*) FORTRAN kütüphanesinin hazır programlarından olan NORMAL DAĞILIM PROGRAMI verilen ortalama (ORT) ve standart sapma (STD)'ya göre normal dağılımdan bir DEĞER göndermektedir.
- (**) FORTRAN kütüphanesinin hazır programlarından RASSAL SAYI ÜRETİM PROGRAMI, 0 ile 1 arasında rassal bir sayı (YFL) üretmektedir.

3.4.3.2 Bilgisayar Programlarında Kullanılan

Değişkenlerin Tanıtımı

HATA1 (J)	: Sonuçta kabul edilecek olduğu halde, j'inci işlem noktasında reddedilen parça sayısı (kalite maliyetine yol açan hata).
HATA2	: Bütün işlemlerde kabul edildiği halde, sonuçta reddedilen parça sayısı (işlem maliyetine yol açan hata).
DENEME	: Farklı tolerans aralıkları için yapılan deneme sayısı.
MAL1 (J)	: HATA1 (J) değişkenine bağlı olan maliyet.
MAL2	: HATA2 değişkenine bağlı olan maliyet.
KM	: Kalite maliyeti.
IM	: İşlem maliyeti.
AS (J)	: J'inci işlem noktası toleransının alt sınırı.
US (J)	: J'inci işlem noktası toleransının üst sınırı.
ORT (J)	: J'inci işlem noktasının nominal ölçüsü.
STD (J)	: J'inci işlem noktasının standart sapması.
IFK (J)	: $\begin{cases} 0, & \text{J'inci işlemde elde edilen ölçü uygun ise} \\ 1, & \text{J'inci işlemde elde edilen ölçü uygun değil} \end{cases}$ ise
XX	: Bitmiş mamulün nominal ölçüsü.

- X : Ara işlemlerdeki işlemlerin ölçüleri.
- IREĞ (J) : J'inci işlem noktasında reddedilen parça sayısı
- K (J) : İşlem noktasında işlenen parça sayısı.
- TM (KM+IM) : Toplam maliyet.
- MATRİS (I,J) : i'inci işlem noktasında muayene edilmediği için, uygun olmadığı halde işlenmeye devam eden ve j'inci işlem noktasında reddedilen parça sayısı (j=6 durumu, işlemlerin sonundaki %100 muayene noktasını göstermektedir).
- IFLAG : $\begin{cases} 0, & \text{Kabul edildi.} \\ 1, & \text{Muayene edildi ve reddedildi.} \end{cases}$
- XMS : İşlem noktalarında muayene edilecek parçaların toplam parça sayısına oranı.
- MMAL : Muayene etmemenin maliyeti.
- GK (J) : J'inci işlem noktasındaki gelir kaybı
- GELİR : Muayene etmemenin getirisi.
- J : Muayene etmemenin kârı.
- II (J) : J'inci işlemde muayene edilmediğinden, uygun olmadığı halde işlenmeye devam eden ve sonuçta uygun bulunan parça sayısı.

ISD	$\left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ işlem sonucu elde edilen parça ölçüsü} \\ \text{uygun ise,} \\ 1, \text{ işlem sonucu elde edilen parça ölçüsü} \\ \text{uygun değil ise.} \end{array} \right.$
IIM	$\left\{ \begin{array}{l} 0, \text{ işlem sonucu elde edilen parça ölçüsü} \\ \text{muayene edildi ise,} \\ 1, \text{ işlem sonucu elde edilen parça ölçüsü} \\ \text{muayene edilmedi ise.} \end{array} \right.$

3.4.3.3 Bilgisayar Programlarının ıktılarının Kullanılması

Gerek SERTEZ1 ve gerekse SERTEZ2 isimli programlar - dan elde edilen çıktılar, genelde tolerans limitlerinin belirlenmesi ve belirlenen limitlere göre üretime geçilmesi durumlarında söz konusu olan maliyetlerin hesaplanmasına ve bu maliyetler arasındaki ilişkilerin kurulmasına yöneliktir.

SERTEZ1 programının ıktıları olan HATA1 ve HATA2 değişkenleri, seçilen krank özelliğinin lisans veren firma tarafından istenen tolerans aralıklarında üretilebilmesi için, OTOSAN firmasının katlanmak zorunda olduğu maliyetleri temsil etmektedir. Buna göre bir önceki kesimde,

Sonuçta kabul edilecek olduğu halde, i'inci işlemde reddedilen parça sayısı

şeklinde tanımlanan HATA1 değişkeni; sonuçta kabul edilecek mamulün j'inci aşamada reddedilerek işlem dışı bırakılması durumunda mamul için; i'inci işleme kadar işleme maliyeti, mamul işlem dışı bırakılmasından kaynaklanan malzeme maliyeti ve reddedilen mamulün satılmamasının getirdiği kâr kaybı gibi maliyetleri içermektedir.

Bütün işlemlerde kabul edildiği halde, sonuçta reddedilen parça sayısı

şeklinde tanımlanan HATA2 değişkeni ise, ilgili mamulün sonuçta reddedileceği yerine, i'inci işlem noktasında reddedilmesi durumunda kalan işlemler için söz konusu olan işleme maliyetlerini ve ara işlemlerde kabul edilen, ancak sonuçta reddedilen mamul için malzeme maliyetini temsil etmektedir. Başka bir deyişle, beş işlem noktasından geçerek elde edilen mamul, bu işlem noktalarından geçtikten sonra reddedileceğine, ikinci işlem noktasında reddedilseydi, geriye kalan üç işlem noktasında işlem yapılmasına gerek kalmayacaktı. Oysa ki mamul son aşamaya geldiği ve sonuçta reddedildiği için, firma bu üç işlemden kaynaklanan işleme maliyetlerini üstlenmek zorunda kalacaktır.

HATA1 değişkeni program gereği, sonuçta kabul edilecek olduğu halde, i'inci işlemde reddedilen mamullere bağlı olarak değer alındığından, toplam beş işlem noktası için ayrı ayrı ve iç içe düşünülerek hesaplanacak maliyetler ile değişkenin aldığı değerler çarpılmaktadır. Bunun için sonuçta kabul edilecek mamulün, her bir işlem noktasında reddedilmesi durumlarındaki maliyetler tek tek hesaplanacaktır. Buna göre her bir işlem noktasına ait

işleme maliyeti ($İŞM_i$)

$$İŞM_i = \left(\begin{array}{c} \text{Tezgah İşleme} \\ \text{Zamanları} \end{array} \right) * \left[\begin{array}{c} \text{Birim Zaman} \\ \text{işçilik ücreti} \end{array} + \begin{array}{c} \text{Birim zaman} \\ \text{tezgah} \\ \text{Amortisman payı} \end{array} \right]$$

olmaktadır. Buna ek olarak, lisans veren firma tarafından belirtilen normlara uygun olarak hazırlanan dövme çelik krank malzemenin alış fiyatı, Malzeme Maliyeti (MM); sonuçta kabul edilecek krankın ara işlemlerin birinde reddedilmesi nedeniyle ortaya çıkan satış kaybının firmaya olan etkisi ise, Kâr Kaybı (KK) olarak nitelendirilmekte ve maliyet hesabına dahil edilmektedirler. İşlem maliyetinin hesaplanması için gerekli; yağ keçe yuvası özelliğinin elde edildiğinin işlem noktasına ait tezgah işleme zamanları, birim zaman işçilik ücretleri ve tezgahların birim zaman amortisman payları Tablo (II)'de verilmiştir.

Tablo (II): Krank Hattında Bazı İşlem Noktaları İçin İşleme Zamanları, Birim Zaman İşçilik Ücretleri ve Tezgahların Birim Zaman Amortisman Payları

İşlem Noktası	İşlenen Ölçü(mm)	İşleme Zamanı (dk.)	İşçilik ücreti (TL/dk.)	Amortisman Payı (TL/dk.)
1	823.02	2.70	4.0	56.9
2	431.71	5.62	3.0	118.45
3	417.18	4.50	3.3	94.8
4	807.98	2.70	4.0	56.9
5	18.78	2.70	4.0	56.9

Tablodaki; işleme zamanları, OTOSAN bünyesindeki endüstri mühendisliği bölümünce yapılan ölçümlerle belirlenen standart zamanlar; işçilik ücreti, OTOSAN tarafından operasyonlara göre bir saat için belirlenmiş işçilik ücretlerinin dakikaya düşen birim zaman işçilik ücreti; amortisman payı ise, OTOSAN muhasebe kayıtlarında her bir tezgah için ekonomik ömürlerine bağlı olarak tutulan amortismanın birim zamana düşen payı olmaktadır. Bu bilgilere göre HATA1 değişkeninden kaynaklanan *Kalite Maliyeti* ;

Sonuçta kabul edilecek olduğu halde, her bir aşamada işlendikten sonra reddedilen mamule ilişkin işleme maliyetleri toplamı +
Sonuçta reddedilen mamule ilişkin birim malzeme maliyeti +
Sonuçta reddedildiği için satılamayan mamulün getirdiği kâr kaybı

olarak değer alacaktır. Burada birim malzeme maliyeti ve kâr kaybı sabit değer almakta, buna karşılık işlem maliyetleri ise; işlem zamanlarına, işçilik ücretlerine ve amortisman paylarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Başka bir deyişle,

$$\text{Malzeme Maliyeti (MM)} = 156.000 \text{ TL/birim}$$

$$\text{Kâr Kaybı (KK)} = \text{Satış Fiyatı} \times \%20 = 80.000 \text{ TL/birim}$$

olmakta ve HATA1 değişkeninin alacağı değerlere göre Toplam İşleme Maliyeti (TIM), değişkenlik göstermektedir. Toplam İşleme Maliyeti her bir işlem noktasında reddedilme durumu dikkate alınarak hesaplanan işleme maliyetlerinin HATA1 değişkeninin alacağı değerlerle çar-

pılıp toplanması şeklinde hesaplanmaktadır. Buna göre her bir işlem noktasında reddedilme durumu için hesaplanan işleme maliyetleri;

$$2.7(4.0+56.9)$$

$$2.7(4.0+56.9) + 5.62(3.0+118.45)$$

$$2.7(4.0+56.9) + 5.62(3.0+118.45) + 4.5(33+94.8)$$

$$2.7(4.0+56.9) + 5.62(3.0+118.45) + 4.5(3.3+94.8) + 2.7(4.0+56.9)$$

$$2.7(4.0+56.9) + 5.62(3.0+118.45) + 4.5(3.3+94.8) + 2.7(4.0+56.9) +$$

$$2.7(4.0+56.9)$$

olmaktadır. Program çıktılarına bağlı olarak elde edilen değerlerinin kullanımı ve grafiksel gösterimi sırasında sabit değer olan (MM) ve (KK), işlem dışı bırakılmış ve hesaplanan (TİM), Kalite Maliyeti olarak değerlendirilmiştir.

HATA2 değişkeni için söz konusu olan maliyet ise, bütün işlemlerde kabul edildiği halde sonuçta reddedilen mamulün, i'inci aşamada reddedilmesi durumunda gerek kalmayacak işlemlerin işleme maliyetleri ise sonuçta reddedilen mamule ilişkin malzeme maliyetinin toplamı olmaktadır. Bu durumdaki işleme maliyeti, HATA1 değişkeni için yapılanın aksine, her işlem noktası için sondan başa doğru yapılacak hesaplamalarla belirlenecektir. Sonuçta reddedilen mamulün, i'inci işlem noktasında reddedilmesi durumunda gereksiz işlemler için söz konusu olan işleme maliyetleri;

$$2.7(4.0+56.9)$$

$$2.7(4.0+56.9)+2.7(4.0+56.9)$$

$$2.7(4.0+56.9)+2.7(4.0+56.9)+4.5(3.3+94.8)$$

$$2.7(4.0+56.9)+2.7(4.0+56.9)+4.5(3.3+94.8)+5.62(3.0+118.45)$$

olmaktadır. Ancak HATA2 değişkeninin hangi aşamada değer aldığı, başka bir deyişle mamulün reddedilmesine neden olan işlem noktasının hangisi olduğu bilinmediğinden, HATA2 değişkeninin düzgün dağıldığı varsayılar hesaplarla bulunan işlem maliyetleri toplanmış ve aritmetik ortalaması alınmıştır. Buna göre, HATA2 değişkeni için ortalama işleme maliyeti (OİM) söz konusu olacaktır. Bu maliyetin değeri ise, işleme maliyetleri toplamının, mamulün reddedildiği aşamadan sonraki aşamaların maksimum değeri olan dörde bölünerek;

$$\frac{2716.459}{4} = 679.113 \text{ TL}$$

olarak bulunmuştur.

HATA2 değişkeni ara işlemlerde kabul edildiği halde sonuçta reddedilen mamulü tanımlandığından, maliyet hesabında reddedilen mamul için söz konusu olan kâr kaybı kendiliğinden işlem dışı kalacaktır. Buna göre HATA2 değişkeninden kaynaklanan *İşlem Maliyeti*;

$$\begin{aligned} & \text{Bütün işlemlerde kabul edildiği halde sonuçta reddedilen} \\ & \text{mamul sayısına ilişkin ortalama işlem maliyeti} + \\ & \text{Sonuçta reddedilen mamule ilişkin birim malzeme maliyeti} \end{aligned}$$

şeklinde değer alacaktır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda HATA1 ve HATA2 değişkenlerinin aldığı değerlere göre oluşturulan maliyetler; üçüncü işlem noktasındaki tolerans aralığı ± 0.05 düzeyinde sabit olduğu durumda, geriye kalan işlem noktalarının toleranslarının ± 0.06 ile ± 0.23 arasında de-

giştirilerek hesaplanmış ve elde edilen değerler Tablo (III)'de verilmiştir.

Tablo (III): Farklı Tolerans Aralıklarında Kalite, İşlem ve Toplam Maliyetlerinin Aldığı Değerler

TOLERANS ARALIĞI (+)	KALİTE MALİYETİ (TL)	İŞLEM MALİYETİ (TL)	TOPLAM MALİYET (TL)
0,06	8071700	84938	8156638
0,08	4362475	369415	4731890
0,09	3228122	568953	3797075
0,10	2434810	755682	3190492
0,12	1480834	1080606	2561440
0,15	978810	1375194	2354004
0,17	911244	1434516	2345760
0,19	881366	1461481	2342847
0,20	878001	1464851	2342852
0,21	875633	1467570	2343203
0,22	872621	1471244	2343865
0,23	872621	1471593	2344214

Tolerans aralıklarının değiştirilmesiyle söz konusu Kalite, işlem ve Toplam Maliyete ilişkin değerler Şekil: III.4'de gösterilmiştir.

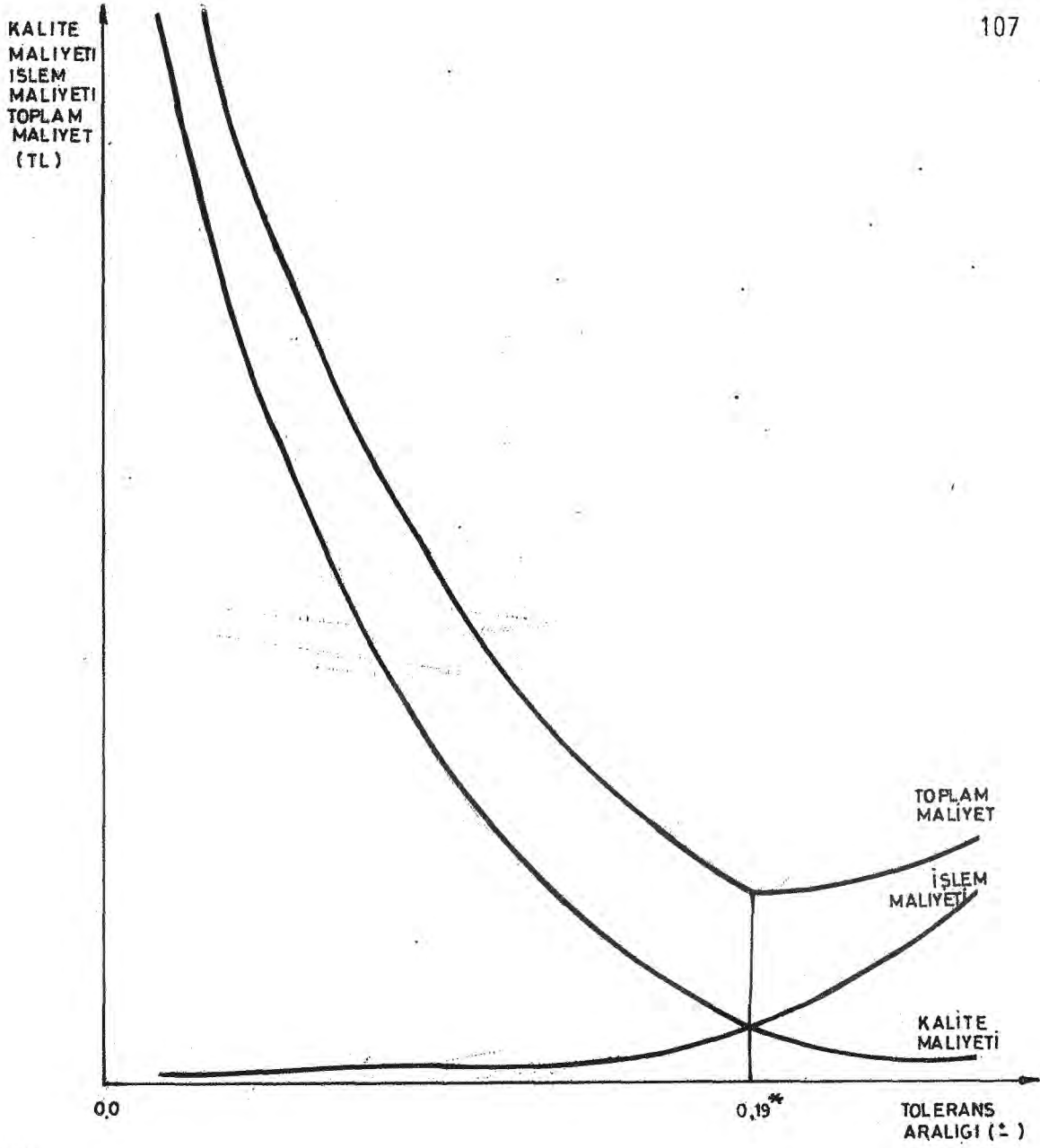
Buna göre her iki maliyeti dengeye getiren nokta, firmanın toplam maliyetini minimum düzeye indiren tolerans aralığı olarak elde edilmektedir.

SERTEZ2 programında ise, SERTEZ1 programının sonucunda toplam maliyeti minimum yapan tolerans aralığı temel alınmakta ve muaye-

ne oranlarında değişiklik yapılarak ilgili tolerans aralığı için en iyi muayene oranı belirlenmeye çalışılmaktadır. SERTEZ2 programında; ara işlemlerde muayene edilseydi reddedilecek olan ancak muayene edilmediği için sonuçta kabul edilen parçalardan kaynaklanan muayene etmemenin getirisi ve ara işlemlerde muayene edilmediği için üretim hattının sonuna gelen ve sonuçta reddedilen parçalardan kaynaklanan muayene etmemenin maliyeti ve bu iki değerin farkından kaynaklanan muayene etmemenin kârı gibi çıktılar elde edilmektedir. Elde edilen bu çıktılar, aralarındaki ilişkiye bağlı olarak firma için verilen tolerans aralıklarında yapılacak üretim için en iyi muayene oranını vermektedir.

SERTEZ2 programı, en iyi muayene oranının bulunabilmek amacıyla %0 ile %100 arasında farklı muayene oranlarında çalıştırılmış ve belirlenen tolerans aralığında *muayene etmemenin getirisi*, *muayene etmemenin maliyeti* ve *muayene etmemenin kârı* elde edilerek Tablo (IV)'de verilmiştir.

Belirlenen tolerans aralığı için; program aracılığıyla farklı muayene oranlarında belirlenen ve Tablo (IV)'de verilen değerler, Şekil: III.5'de gösterilmiştir.

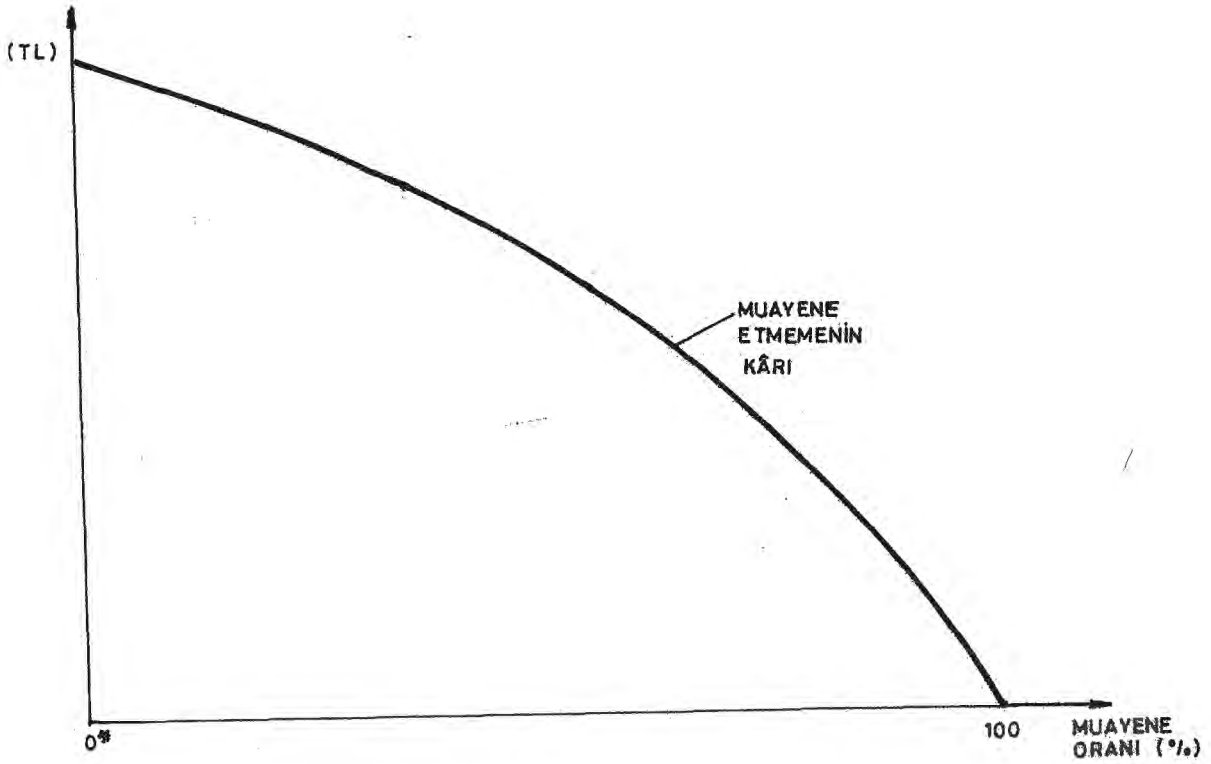


(*) Toplam Maliyeti minimum yapan tolerans aralığı.

Şekil: III.4 Tolerans Limitleri İle Maliyetlerin İlişkisi

Tablo (IV): Verilen Tolerans Aralığı İçin; Muayene Etmemenin Getirisi, Muayene Etmemenin Maliyeti ve Muayene Etmemenin Kârı ile Muayene Arasındaki İlişki

MUAYENE ORANI (%)	MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ (TL)	MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ (TL)	MUAYENE ETMEMENİN KARI (TL)
0	57442288	123964	57318324
10	53616400	108557	53507843
20	48754544	98304	48656240
30	42700992	79422	42621570
40	37683168	72162	37611006
50	30033968	56705	29977263
60	23501264	49142	23452122
70	18959360	33602	18925758
80	12905484	20639	12884845
90	5335717	15048	5320669
100	0	0	0



(*) Belirlenen tolerans aralığı için yapılan üretimde minimum maliyeti veren eniyi muayene oranı.

Şekil: III.5. Muayene Oranı ile Muayene Etmemenin Kârı Arasındaki İlişki

Şekil: III.5, muayene edilseydi reddedilecek olan, ancak muayene edilmediği için sonuçta kabul edilen parçalardan kaynaklanan muayene etmemenin getirisi ile ara işlemlerde muayene edilmediği için üretim hattının sonuna kadar işlenen ve sonuçta reddedilen parçalardan kaynaklanan muayene etmemenin maliyeti arasındaki fark, Tablo(IV)'de verildiği gibi seyreden muayene etmemenin kârını vermektedir. Bu durumda ara işlemler için SERTEZ1 programında belirlenen tolerans aralıklarında üretimde bulunulması durumunda, firma için en düşük mali-

yeti veren eniyi muayene oranı %0 muayene olmaktadır. Bu nedenle, muayene edilmediği için reddedilmeyerek işlenen ve sonuçta kabul edilen parçalardan kaynaklanan muayene etmemenin getirisi, muayene edilmediği için gereksiz yere işlenerek daha sonraki aşamalarda reddedilen parçalara bağlı olan maliyet artışının üstünde seyretmektedir. Muayene etmemenin getirisi ile muayene etmemenin maliyeti arasındaki bu ilişki, firmanın verilen tolerans aralığında üretimde bulunması durumunda eniyi muayene politikasının ara işlemlerde işlenen parçaların muayene edilmemesinin gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

S O N U Ç

Firmalar, bir parçanın, birden çok işlem noktasında işlenerek elde edilmesi ve bu şekilde işlenen birden çok parçanın birbirine monte edilerek bir mamul elde edilmesi durumu için, işlem noktalarında elde edilmesi gereken nominal ölçüleri belirlemek zorundadırlar. Birçok nedenle, bu durum bir tek parçanın işlenmesi için de geçerlidir. Mamulün işlendiği tezgah(lar)ın performansına, işgücüne ya da başka bir takım kontrol dışı değişkenlere bağlı olarak, üretimde nominal ölçüden çeşitli büyüklükte sapmalar olması kaçınılmazdır. Bu nedenle firmalar, üretecekleri mamul için, fiziksel olanaklarına bağlı olarak her farklı işlem durumu için tolerans limitleri belirlemek ve bu limitlere olabildiğince uyacak şekilde üretimde bulunmak durumundadırlar.

Firmalar için söz konusu olan bu toleranslar, bitmiş mamulün performansında, başka bir deyişle hizmet etme yeteneğinde ve ömrü üye-

rinde önemli etkiler yaratmaktadır. Bu genel çerçevede istenen amaçlara ulaşabilmek için, toleransların belirlenmesinde nasıl bir yöntem izlenebileceği, bir otomatik işletmesinde spesifikasyonların ve toleransların analiz edilmesi ve toleransların belirlenmesi konusunda yapılan bu çalışmayla örneklenmiştir. Çalışmada, yoğun montaj işleri bulunan bir otomatik işletmesinin üretim hatlarından olan krank hattında üretilen krank için, beş işlem noktasından geçerek elde edilen yağ keçe yuvası özelliği ele alınmış ve bu özelliğin elde edilmesi için söz konusu olan işlem noktalarının, bitmiş mamul için verilmiş tolerans elde edilecek şekilde, tolerans limitleri belirlenmiştir.

Tolerans limitlerinin belirlenmesi işlemi, ilgilenilen işlem noktaları için firmadan alınan verilere bağlı olarak, nominal ölçülerden olan sapmaların normal dağılıma uyduğu kabul edilerek bir istatistiksel yöntemle gerçekleştirilmiştir. Yapılan işlem sonucu elde edilen tolerans limitleri, üçüncü işlem noktası dışındaki işlem noktalarının tolerans aralıklarında yüzde dördlük bir daralmayı öngörmektedir. Çalışmanın izleyen aşamasında, analitik olarak belirlenen tolerans limitlerinin firmanın gerçekleştirdiği üretime uygun olup olmadığının ya da firmanın üretimi için belirlenen tolerans limitlerinden daha iyi tolerans limitlerinin olup olmadığının belirlenmesi için, krank hattındaki üretimin benzetimi yapılmıştır. Benzetimde, işlem noktalarının gerçekleşen ortalama ve standart sapmaları kullanılmıştır.

Yapılan benzetim, firmada üretilen krank için söz konusu olan özelliğin elde edildiği işlem noktaları için eniyi tolerans aralığı-

nın ve bu tolerans aralığında eniyi muayene oranının belirlenmesi olmak üzere iki yönlü düşünülmüştür. Bu yüzden, farklı tolerans aralıklarında yapılan üretimden kaynaklanan maliyetlerin ve bu maliyetleri enküçükleyecek tolerans aralığındaki muayene oranının elde edilebilmesi için iki bilgisayar programı yazılmıştır. Yazılan programların çalıştırılmasıyla elde edilen çıktılar, çalışmada analitik olarak belirlenen tolerans aralığının, olması gerektiğinden çok daha dar olduğunu ve dar toleransla çalışılması durumunda ara işlemlerde gereksiz yere reddedilen parça sayılarının artmasına bağlı olarak oldukça yüksek maliyetle üretimde bulunduğu göstermektedir.

Analitik olarak belirlenen tolerans aralığında üretimde bulunulması, maliyeti azaltacağı yerde artırması, gereksiz yere yapılan red ve kabul sayısının azaltılması için, belirlenen bu tolerans aralığının genişletilmesini gerekli kılmaktadır. Bu amaçla tolerans aralıkları genişletilmiş ve ortaya çıkan Kalite ve İşlem Maliyetlerinin değerlerine bağlı olarak maliyet eğrileri çizilmiştir. İzlenen bu yol en düşük maliyetin elde edilebilmesi için, ilgili otomatik işletmesinin uyguladığı tolerans aralıklarından daha geniş tolerans aralığı bulmaktadır. Birinci programın çalıştırılmasıyla elde edilen bu çıktı, diğer programa girdi olarak verilerek, belirlenen tolerans aralığı için eniyi muayene oranı araştırılmaktadır.

Farklı tolerans aralıklarında yapılan denemeler sonucunda elde edilen maliyet değerlerine bakılarak, en düşük maliyeti veren tolerans aralığının, firmada uygulanan tolerans aralığından geniş olması nedeniyle parçaların muayene edilmeleri için eniyi muayene politikası %0 mua-

yene oranı olmaktadır. Başka bir deyişle, geniş tolerans aralıklarında yapılan üretimden elde edilen ölçüler tolerans aralığı içinde kalacağından, üretilen parçaların ara işlemlerde hiç muayene edilmemesi, gereksiz yere yapılan red ve kabullerden kaynaklanan maliyetleri en-küçükleyecektir. Bu muayene oranı sadece ara işlemler için geçerli-dir. Üretilen mamulün hayati önemi gözönünde tutularak, bitmiş mamu-lün şimdi olduğu gibi %100 muayene edileceği varsayılmıştır.

İlgili otomatik işletmesinde krank hattında üretilen krankın yağ keçe yuvası genişliği özelliğinin elde edildiği ara işlem nok-taları için yapılan bu tolerans limitlerinin belirlenmesi konulu ça-lışma, az sayıda üretilen krank için bir tasarruf sağlamayabilir. / Beş üretim hattından meydana gelen bir işletmenin sadece bir hattın-da böyle bir çalışma yapmak, elde edilen krankların montaj aşamasın-da diğer parçalara uymaması gibi problemler yaratabilir. Bu problem-lerin etkisini enazlayabilmek için, krank hattında krankın yalnız bir özelliği için yapılan çalışma, öncelikle krankın diğer özellikleri, daha sonra da işletmedeki diğer üretim hatları için yapılmalıdır. Bu sa-yede toleranslama ve muayene politikası işletme için geliştirilmiş olacak ve ancak bu aşamada parçaların montajıyla elde edilen mamul üretiminde tasarruf sağlanabilecektir.

Bir üretim hattında üretilen parçanın yalnız bir özelliği için yapılan bu çalışmanın işletmenin diğer hatları için geliştirile-bilmesi; her bir üretim hattındaki işlem noktalarındaki toleranslar-da bir uyumun sağlanması, başka bir deyişle hat boyunca işlem nokta-larındaki toleranslar arasında aşırı sapmalara izin verilmemesiyle

mümkün olabilir. Bunun için hatlardaki işlem noktalarına ait tolerans limitlerinin ortalaması bulunabilir ve bu ortalama temel alınarak, en düşük maliyeti veren yeni tolerans limitleri belirlenebilir. Hatlar için ortalama tolerans limitlerinin oluşturulması yanısıra, yazılan programlara veri olarak verilen maliyetlerin her bir tezgahda yapılan işlemlere ait işleme maliyetlerinin elde edildiği işçilik ücretleri ve tezgah amortisman payları, işlem noktaları için ayrı ayrı tutulmalı ve söz konusu maliyetler için sağlıklı değerler oluşturulmalıdır. Ayrıca hatlarda üretilen parçaların her bir özelliğinin muayenesi için belirlenen muayene oranlarında da ortalama bir değer belirlenmeli ya da standartlaştırmaya gidilmeli ve her işlem noktasında elde edilen ölçüler için tutulan kayıtlar, belirlenecek yeni muayene oranına göre yeniden düzenlenmelidir.

KAYNAKLAR

- BARTLETT Jr. PROVOST : "*Tolerances in Standart and specifications*"; Quality Progress; Vol. 9; December 1973.
- BÜLENT KOBU : Endüstriyel Kalite Kontrolü; İstanbul Üniv.Yayınları No. 2763; ÜNSÖZ Basım ve Yayıncılık Koll.Şti.; İstanbul, 1981.
- ERDOĞAN FIRATLI : Yeni Mamul Kalite Kontrolü; Anadolu Üniversitesi Yayınları No. 7; Anadolu Üniv.Basım evi, Eskişehir; 1983.
- EUGENE GRANT/
RICHARD S.LEAVENWORTH : Statistical Quality Control; McGraw Hill; Fourth Ed; New York; 1972.
- GEORGES BOREL : "*Customer Satisfaction is Assured When a Product as Expected*"; Quality; Vol. 19; No. 1; Spring 1975.
- H.N.BROOM : Production Management; Richard D. Irvin, Inc.; Illinois, 1967.
- HY PITT : "*Specifications: Laws or Guidelines?*"; Quality Progress; Vol. 11; July 1981.
- İMDAT KARA : Olasılık; Bilim ve Teknik Yayınevi; İstanbul, 1983.

- J.M.JURAN/ : Quality Planning and Analysis;
McGraw Hill; New York; 1970.
- F.M.GRYNA Jr. : Quality Control Handbook; McGraw Hill,
First Ed.; New York; 1951.
- JAMES M.JURAN : Quality Control Handbook; McGraw Hill,
First Ed.; New York; 1951.
- KOSTAS N.DERVITSIOTIS : Operations Management; McGraw Hill;
New York; 1981.
- LAWRANCE L.LAPIN : Statistics of Modern Business Decisions;
Harcourt Brace Jovanovich, Inc.; New
York; 1973.
- MACİT KARABAY : "Kalite ve Kalite Kontrol Kavramları
ve Tanımları İçin Kriterler"; Kalite
Kontrolü Yöneticiler Toplantısı ve
Sempozyumu; MPM Yayın No. 177; Ankara;
1976.
- MORTON E.BADER : "Specifications"; Chemical Engineering;
February 11; 1980.
- MUSA ŞENEL : "Üretimde İstatistik Metodlar Yardı-
mıyla spesifikasyon ve Toleransların
Bulunması"; Eskişehir İ.T.İ.Akademisi
Dergisi; Cilt IX; Sayı 1; Ocak 1973.
- MUSA ŞENEL : " Spesifikasyon ve Tolerans"; ELMS
Kalite Kontrol Semineri; Eskişehir;
3-6 Nisan 1984.
- ÖMER YAĞIZ : Kalite Planlaması ve Kontrolü; SEGEM
Yayın No. 85; Ankara; Haziran 1981.

- R.W. PEACH : *"Defining Hard-To-Define Customer Quality Expectations"*; Quality Progress; Vol. 13; December 1980.
- ROMAN MASTALERZ : *"Denetim Örnekleme ve Test"*; Kalite Kontrolü Yöneticiler Toplantısı ve Sempozyumu; MPM Yayın No. 177, Ankara; 1976.
- ROMAN MASTALERZ : Kalite Kontrolü; SEGEM Yayın No. 52; (Çev: T.C.PAMİR, M.TÜFEKÇİ) Ankara; Ocak 1980.
- SEDAT AKALIN : Üretim ve Kalite Kontrolü; İzmir İ.T.B.F. Yayını; Yayın No. 64/30; Ege Üniversitesi Matbaası; 1973.
- M.LAMNİ : *"Towards Definition of the Useability of Materials"*; Quality; Vol. XXVI; No.1; 1982.
- UMBERTO TURELLO : *"Ürün Kalitesinin Yönetimi"*; Kalitenin Ulusal Ekonomiye Katkısı Konferansı; Ankara Eylül, 1981.
- W.G. IRESON/
EUGENE GRANT : Handbook of Industrial Engineering and Management; Prentice Hall, Send.Ed.; Englewood Cliffs, 1962.

E K L E R

EK- I Yağ Keçe Yuvası Özelliği için İşlem Noktalarına Ait Veriler

823.020	431.710	417.190	807.96C	18.790
823.030	431.710	417.21C	807.97C	18.800
823.040	431.70C	417.24C	807.980	18.800
823.040	431.68C	417.18C	808.C9C	18.790
823.040	431.65C	417.190	807.98C	18.760
823.060	431.61C	417.18C	808.C2C	18.750
823.050	431.59C	417.18C	808.C3C	18.700
822.980	431.69C	417.200	808.C4C	18.700
822.980	431.69C	417.190	808.C00	18.680
822.980	431.700	417.180	808.C0C	18.800
822.940	431.70C	417.19C	807.86C	18.800
822.930	431.700	417.12C	807.97C	18.800
822.910	431.72C	417.18C	807.97C	18.800
822.900	431.76C	417.20C	807.97C	18.810
822.900	431.78C	417.21C	807.97C	18.820
822.880	431.80C	417.20C	807.98C	18.790
822.990	431.82C	417.19C	807.99C	18.780
823.000	431.700	417.25C	808.C0C	18.760
823.000	431.700	417.18C	808.C00	18.700
823.000	431.74C	417.19C	808.000	18.690
823.000	431.74C	417.19C	808.02C	18.800
823.010	431.74C	417.19C	808.04C	18.810
823.010	431.76C	417.20C	808.04C	18.810
823.040	431.78C	417.21C	808.C9C	18.820
823.040	431.78C	417.21C	807.96C	18.820
823.060	431.78C	417.21C	807.95C	18.820
823.100	431.79C	417.16C	807.94C	18.820
823.100	431.81C	417.12C	807.95C	18.830
823.100	431.69C	417.18C	807.95C	18.860
823.120	431.68C	417.19C	807.95C	18.910
823.020	431.68C	417.19C	807.95C	18.790
823.020	431.65C	417.19C	807.95C	18.790
823.020	431.65C	417.20C	807.96C	18.790
823.020	431.63C	417.21C	807.94C	18.790
823.020	431.63C	417.21C	807.94C	18.780
823.020	431.62C	417.21C	807.94C	18.770
823.040	431.61C	417.21C	807.95C	18.760
823.060	431.58C	417.24C	807.95C	18.750
823.100	431.69C	417.18C	807.89C	18.730
823.100	431.69C	417.18C	807.87C	18.710
823.110	431.69C	417.18C	807.97C	18.710
823.010	431.71C	417.19C	807.92C	18.710
823.020	431.71C	417.20C	807.97C	18.690
823.020	431.73C	417.26C	807.99C	18.810
823.020	431.75C	417.18C	807.99C	18.810
823.020	431.75C	417.18C	808.C0C	18.810
822.980	431.75C	417.18C	808.02C	18.820
822.980	431.75C	417.19C	808.03C	18.880
822.980	431.76C	417.19C	808.04C	18.880
822.960	431.76C	417.20C	808.06C	18.880
823.060	431.68C	417.20C	808.C00	18.830
823.040	431.68C	417.16C	807.94C	18.830
822.940	431.68C	417.11C	807.96C	18.910
823.120	431.68C	417.10C	808.C0C	18.810
822.98C	431.700	417.13C	808.C4C	18.670
823.040	431.72C	417.16C	808.02C	18.670
823.140	431.74C	417.14C	808.C2C	18.650
823.080	431.76C	417.15C	807.96C	18.750
823.040	431.70C	417.13C	808.02C	18.790
823.040	431.66C	417.15C	808.C6C	18.790

EK - II

 χ^2 SINAMASI İLE NORMAL DAĞILIMA UYGUNLUK TESTLERİ

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^k G_i^2}{n} \quad - \quad n \text{ formülü yardımıyla}$$

823.00 mm ölçüsü için;

$$\chi^2 = 12.53 \quad \chi_{0,02;5}^2 = 13.39 \quad \chi_T^2 > \chi_H^2 \text{ olduğundan,}$$

431.70 mm ölçüsü için;

$$\chi^2 = 8.8 \quad \chi_{0,01;5}^2 = 9.29 \quad \chi_T^2 > \chi_H^2 \text{ olduğundan,}$$

417.18 mm ölçüsü için;

$$\chi^2 = 13.72 \quad \chi_{0,01;5}^2 = 15.09 \quad \chi_T^2 > \chi_H^2 \text{ olduğundan,}$$

807.98 mm ölçüsü için;

$$\chi^2 = 11.46 \quad \chi_{0,01;5}^2 = 15.09 \quad \chi_T^2 > \chi_H^2 \text{ olduğundan,}$$

18.80 mm ölçüsü için;

$$\chi^2 = 14,6 \quad \chi_{0,01;5}^2 = 15,09 \quad \chi_T^2 > \chi_H^2 \text{ olduğundan}$$

verilerin normal dağılıma uygun olduğu kabul edilmiştir.

EK- III SERTEZ1 Programı ve Çıktıları

```

INTEGER HATA1(5),HATA2,DENEME
REAL MAL1(5),MAL2,KM,IM,ORAN(5),AS(5),US(5),ORT(5),STD(5)
COMMON/BIR/ IFK(5),XX,X, IRED(5),K(5)
DATA HATA1,HATA2/6*0/
DATA MAL1,MAL2/164.43,847.26,1238.71,1453.14,1617.57,674.115/
READ(5,21)IX,DENEME
DO 11 I=1,5
K(I)=10000
11 READ(5,22)AS(I),US(I),ORT(I),STD(I)
DO 15 I=1,10000
XX=0.0
DO 12 J=1,5
12 IFK(J)=0
CALL TEZ(IX,1,AS(1),US(1),CRT(1),STD(1))
XX=XX+X
CALL TEZ(IX,2,AS(2),US(2),CRT(2),STD(2))
XX=XX-X
CALL TEZ(IX,3,AS(3),US(3),CRT(3),STD(3))
XX=XX+X
CALL TEZ(IX,4,AS(4),US(4),CRT(4),STD(4))
XX=XX-X
CALL TEZ(IX,5,AS(5),US(5),CRT(5),STD(5))
XX=XX+X
IF(XX.LT.19.17.OR.XX.GT.19.43) THEN
DO 13 I1=1,5
IF(IFK(I1).EQ.1)GOTO 15
13 CONTINUE
HATA2=HATA2+1
ELSE
DO 14 I2=1,5
IF(IFK(I2).EQ.1)HATA1(I2)=HATA1(I2)+1
14 CONTINUE
ENDIF
15 CONTINUE
WRITE(6,24)DENEME
WRITE(6,25)
DO 16 J=1,5
WRITE(6,26)J,AS(J),US(J)
KM=0.0
DO 16 I=1,5
16 KM=KM+HATA1(I)*MAL1(I)
IM=HATA2*MAL2
WRITE(6,23)IFIX(KM),IFIX(IM),IFIX(KM)+IFIX(IM)
21 FORMAT(I5,I2)
22 FORMAT(3F7.3,F7.5)
23 FORMAT(//10X,'KALİTE MALİYETİ=',I12,' TL'/10X,'İSLEM MALİYETİ
*,I12,' TL'/10X,'TOPLAM MALİYET =',I12,' TL')
24 FORMAT(10X,'DENEME ',I2//)
25 FORMAT(20X,'ALT SINIR',3X,'ÜST SINIR'/)
26 FORMAT(10X,'İSLEM ',I1,2X,F9.3,3X,F9.3)
STOP
END

```

```

SUBROUTINE TEZ (IX,M,XTA,XTU,XORT,XSTD)
COMMON/BIR/ IFK(5),XX,X,IRED(5),K(5)
CALL NORMAL(IX,XORT,XSTD,X)
IF(X.LT.XTA.OR.X.GT.XTU) THEN
  IFM=1
  IF(M.LT.5) THEN
    DO 12 I1=M+1,5
    DO 11 I2=1,M
      IF(IFK(I2).EQ.1) GO TO 12
11    CONTINUE
      K(I1)=K(I1)-1
12    CONTINUE
    ENDIF
    IFK(M)=1
    IRED(M)=IRED(M)+1
  ENDIF
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE NORMAL(IX,XBAR,STD,DEGER)
REAL TOP,DEGER
TOP=0.0
DO 11 I=1,12
CALL RANDU(IX,IY,YFL)
IX=IY
11 TOP=TOP+YFL
DEGER=STD*(TOP-6)+XBAR
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE RANDU(IX,IY,YFL)
IY=IX*65539
IF(IY) 11,12,12
11 IY=IY+2147483647+1
12 YFL=IY
YFL=YFL*0.4656613E-9
RETURN
END

```

DENEME 1

	ALT SINIR	ÜST SINIR
İŞLEM 1	822.940	823.060
İŞLEM 2	431.640	431.760
İŞLEM 3	417.130	417.230
İŞLEM 4	807.920	808.040
İŞLEM 5	18.740	18.860

KALİTE MALİYETİ =	8071700 TL
İŞLEM MALİYETİ =	84938 TL
TOPLAM MALİYET =	8156638 TL

DENEME 2

	ALT SINIR	ÜST SINIR
İŞLEM 1	822.920	823.080
İŞLEM 2	431.620	431.780
İŞLEM 3	417.130	417.230
İŞLEM 4	807.900	808.060
İŞLEM 5	18.720	18.880

KALİTE MALİYETİ =	4362475 TL
İŞLEM MALİYETİ =	369415 TL
TOPLAM MALİYET =	4731890 TL

DENEME 3

	ALT SINIR	ÜST SINIR
İŞLEM 1	822.910	823.090
İŞLEM 2	431.610	431.790
İŞLEM 3	417.130	417.230
İŞLEM 4	807.890	808.070
İŞLEM 5	18.710	18.890

KALİTE MALİYETİ =	3228122 TL
İŞLEM MALİYETİ =	568953 TL
TOPLAM MALİYET =	3797075 TL

DENEME 4

	ALT SINIR	UST SINIR
İŞLEM 1	822.900	823.100
İŞLEM 2	431.600	431.800
İŞLEM 3	417.130	417.230
İŞLEM 4	807.800	808.080
İŞLEM 5	18.700	18.900

KALİTE MALİYETİ =	2434810 TL
İŞLEM MALİYETİ =	755682 TL
TOPLAM MALİYET =	3190492 TL

DENEME 5

	ALT SINIR	UST SINIR
İŞLEM 1	822.880	823.120
İŞLEM 2	431.580	431.820
İŞLEM 3	417.130	417.230
İŞLEM 4	807.860	808.100
İŞLEM 5	18.680	18.920

KALİTE MALİYETİ =	1480834 TL
İŞLEM MALİYETİ =	1080606 TL
TOPLAM MALİYET =	2561440 TL

DENEME 6

	ALT SINIR	UST SINIR
İŞLEM 1	822.850	823.150
İŞLEM 2	431.550	431.850
İŞLEM 3	417.130	417.230
İŞLEM 4	807.830	808.130
İŞLEM 5	18.650	18.950

KALİTE MALİYETİ =	978810 TL
İŞLEM MALİYETİ =	1375194 TL
TOPLAM MALİYET =	2354004 TL

DENEME 7

	ALT SINIR	UST SINIR
iŞLEM 1	822.830	823.170
iŞLEM 2	431.530	431.870
iŞLEM 3	417.130	417.230
iŞLEM 4	807.810	808.150
iŞLEM 5	18.630	18.970

KALİTE MALİYETİ = 911244 TL
 iŞLEM MALİYETİ = 1434516 TL
 TOPLAM MALİYET = 2345760 TL

DENEME 8

	ALT SINIR	UST SINIR
iŞLEM 1	822.810	823.190
iŞLEM 2	431.510	431.890
iŞLEM 3	417.130	417.230
iŞLEM 4	807.790	808.170
iŞLEM 5	18.610	18.990

KALİTE MALİYETİ = 881366 TL
 iŞLEM MALİYETİ = 1461481 TL
 TOPLAM MALİYET = 2342847 TL

DENEME 9

	ALT SINIR	UST SINIR
iŞLEM 1	822.800	823.200
iŞLEM 2	431.500	431.900
iŞLEM 3	417.130	417.230
iŞLEM 4	807.780	808.180
iŞLEM 5	18.600	19.000

KALİTE MALİYETİ = 878001 TL
 iŞLEM MALİYETİ = 1464851 TL
 TOPLAM MALİYET = 2342852 TL

DENEME 10

	ALT SINIR	ÜST SINIR
İŞLEM 1	822.790	823.210
İŞLEM 2	431.490	431.910
İŞLEM 3	417.130	417.230
İŞLEM 4	807.770	808.190
İŞLEM 5	18.590	19.010

KALİTE MALİYETİ = 875633 TL
 İŞLEM MALİYETİ = 1467570 TL
 TOPLAM MALİYET = 2343203 TL

DENEME 11

	ALT SINIR	ÜST SINIR
İŞLEM 1	822.780	823.220
İŞLEM 2	431.480	431.920
İŞLEM 3	417.130	417.230
İŞLEM 4	807.760	808.200
İŞLEM 5	18.580	19.020

KALİTE MALİYETİ = 872621 TL
 İŞLEM MALİYETİ = 1471244 TL
 TOPLAM MALİYET = 2343865 TL

DENEME 12

	ALT SINIR	ÜST SINIR
İŞLEM 1	822.770	823.230
İŞLEM 2	431.470	431.930
İŞLEM 3	417.130	417.230
İŞLEM 4	807.750	808.210
İŞLEM 5	18.570	19.030

KALİTE MALİYETİ = 872621 TL
 İŞLEM MALİYETİ = 1471593 TL
 TOPLAM MALİYET = 2344214 TL

EK- IV SERTEZ2 Programı ve Çıktıları

```

REAL MALM(5,6),MMAL,GELIR,AS(5),US(5),ORT(5),STD(5),GK(5)
INTEGER II(5)
COMMON IRED(5),MATRIS(5,6),IFLAG,XX,X,XMS,IX
DATA (MALM(1,J),J=1,6)/0.0,682.549,1123.999,1288.429,2*1452.859/
DATA (MALM(2,J),J=1,6)/2*0.C,441.45,605.88,2*770.31/
DATA (MALM(3,J),J=1,6)/3*0.C,164.43,2*328.86/
DATA (MALM(4,J),J=1,6)/4*0.C,2*154.43/
DATA (MALM(5,J),J=1,6)/6*0.C/
DATA GK/78547.141,79229.69,79671.14,79835.57,80000/
READ(5,22)IX,JMS
XMS=JMS/100.0
IJ=0
DO 11 I=1,5
  II(I)=0
  READ(5,23)AS(I),US(I),ORT(I),STD(I)
  DO 11 J=1,6
11  MATRIS(I,J)=0
  DO 16 I=1,10000
  XX=0.0
  DO 12 J=1,5
  IRED(J)=0
12  CONTINUE
  CALL TEZ(1,AS(1),US(1),ORT(1),STD(1))
  XX=XX+X
  IF(IFLAG.EQ.1)GO TO 16
  CALL TEZ(2,AS(2),US(2),ORT(2),STD(2))
  XX=XX-X
  IF(IFLAG.EQ.1)GO TO 16
  CALL TEZ(3,AS(3),US(3),ORT(3),STD(3))
  XX=XX+X
  IF(IFLAG.EQ.1)GO TO 16
  CALL TEZ(4,AS(4),US(4),ORT(4),STD(4))
  XX=XX-X
  IF(IFLAG.EQ.1)GO TO 16
  CALL TEZ(5,AS(5),US(5),ORT(5),STD(5))
  XX=XX+X
  IF(IFLAG.EQ.1)GO TO 16
  IF(XX.LT.19.17.OR.XX.GT.19.43) THEN
    DO 13 J=1,5
      IF(IRED(J).NE.1)GOTO 13
      MATRIS(J,6)=MATRIS(J,6)+1
      IJ=IJ+1
      GO TO 16
13  CONTINUE
  ELSE
    JJ=0
    DO 14 J=1,5
      IF(IRED(J).NE.1)GO TO 14
      JJ=J
      GO TO 15
14  CONTINUE
15  IF(JJ.GT.0)II(JJ)=II(JJ)+1
  ENDIF
16  CONTINUE

```

```

WRITE(6,25)JMS
MMAL=0.0
GELIR=0.0
DO 17 I=1,5
GELIR=GELIR+II(I)*GK(I)
DO 17 J=I+1,6
17 MMAL=MMAL+MALM(I,J)*MATRIS(I,J)
WRITE(6,24)IFIX(GELIR)
WRITE(6,21)IFIX(MMAL)
J=IFIX(GELIR)-IFIX(MMAL)
WRITE(6,26)J
21 FORMAT(10X,'MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ=',I15,' TL')
22 FORMAT(I5,I3)
23 FORMAT(3F7.3,F7.5)
24 FORMAT(10X,'MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ=',I15,' TL')
25 FORMAT(10X,'MUAYENE ORANI:',I4,' %/')
26 FORMAT(10X,'MUAYENE ETMEMENİN KARI      =',I15,' TL')
STOP
END

```

```

SUBROUTINE TEZ(I,XTA,XTU,XORT,XSTD)
COMMON IRED(5),MATRIS(5,6),IFLAG,XX,X,XMS,IX
IFLAG=0
ISD=0
IIM=1
CALL NORMAL(IX,XORT,XSTD,X)
IF(X.LT.XTA.OR.X.GT.XTU)ISD=1
CALL RANDU(IX,IY,XR)
IX=IY
IF(XR.LT.XMS)IIM=0
IF(ISC.EQ.1.AND.IIM.EQ.1)IRED(I)=1
IF(ISD.EQ.1.AND.IIM.EQ.0)THEN
  IFLAG=1
  DO 11 J=1,I
  IF(IRED(J).NE.1)GO TO 11
  MATRIS(J,I)=MATRIS(J,I)+1
  RETURN
11 CONTINUE
ENDIF
RETURN
END

```

```
SUBROUTINE NORMAL (IX, XBAR, STD, DEGER)
REAL TOP, DEGER
TOP=0.0
DO 11 I=1,12
CALL RANDU (IX, IY, YFL)
IX=IY
11 TOP=TOP+YFL
DEGER=STD*(TOP-6)+XBAR
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE RANDU (IX, IY, YFL)
IY=IX*65539
IF (IY) 11,12,12
11 IY=IY+2147483647+1
12 YFL=IY
YFL=YFL*0.4656613E-9
RETURN
END
```

MUAYENE ORANI: 0 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	57442288 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	123964 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	57318324 TL

MUAYENE ORANI: 10 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	53616400 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	108557 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	53507843 TL

MUAYENE ORANI: 20 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	48754544 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	98304 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	48656240 TL

MUAYENE ORANI: 30 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	42700992 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	79422 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	42621570 TL

MUAYENE ORANI: 40 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	37683168 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	72162 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	37611006 TL

MUAYENE ORANI: 50 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	30033968 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	56705 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	29977263 TL

MUAYENE ORANI: 60 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	23501264 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	49142 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	23452122 TL

MUAYENE ORANI: 70 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	18959360 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	33602 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	18925758 TL

MUAYENE ORANI: 80 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	12905484 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	20639 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	12884845 TL

MUAYENE ORANI: 90 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	5335717 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	15048 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	5320669 TL

MUAYENE ORANI: 100 %

MUAYENE ETMEMENİN GETİRİSİ =	0 TL
MUAYENE ETMEMENİN MALİYETİ =	0 TL
MUAYENE ETMEMENİN KARI =	0 TL