

11837

T.C. ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**YÖNETİMDE TAGUCHI YÖNTEMİ
VE BİR SANAYİ İŞLETMESİNDE UYGULAMA**
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Elif ÖZMEN

ESKİŞEHİR-1996

T.C.
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÖNETİMDE TAGUCHI YÖNTEMİ VE BİR SANAYİ
İŞLETMESİNDE UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELİF ÖZMEN

Eskişehir
1996

Ö Z E T

İşletmenin belirlenen hedeflere ulaşmasını sağlamak ve kontrol etmek , yönetimin yerine getirmesi gereken sorumluluklardan birisidir. Bu sorumluluğu yerine getirirken , yönetim , organizasyon içindeki her birimin bütünlük içinde çalışabilmeleri için gereken koşulları araştırır , düzeltir , geliştirir ve gerekirse değiştirir.

Yöneticilerin , işletme yönetiminde karşı karşıya kaldıkları problemlerin başında , en az maliyetle verimliliği ve kaliteyi artırarak işletmenin belirlenen hedeflere ulaşmasını sağlamak gelmektedir. Bunu sağlamak için yönetimde değişik yöntem ve yaklaşım biçimleri uygulanmaktadır. Uygulanan yöntemlerden birisi de endüstriyel uygulamalarda daha az sayıda deney yaparak , daha az maliyetle optimum çözümü hedefleyen Taguchi yöntemidir.

Bu araştırmanın amacı , değişik sektörlerde kullanım alanına sahip olan ve özellikle kalite geliştirme konusunda yöneticilerin karşılaştıkları sorunlara istatistiksel yöntemlerden yararlanarak çözüm yolları üreten Taguchi yöntemini tanıtmaktır.

ABSTRACT

The management is responsible for routing and controlling the company according to the given targets. The relations between the units of the organisation is investigated, improved and changed, if necessary, by the management.

Cost reduction with productivity and the product quality improvements is the main problem for managers to reach the company targets. Decisions that are given by the managers are generally based on the reports, statistical data and mostly on the managers experience. One of the fastest and accurate decision mechanism is the "Taguchi Decision System".

The purpose for this work is to explain the "Taguchi" system, which can be popular for a lot of different applications. The system is based on statistical methods and aims to have the correct answer with minimised number of experiments.

İÇİNDEKİLER

TABLolar DİZİNİ.....	X
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
KISALTMALAR	XII
GİRİŞ	1

Birinci Bölüm

ÇAĞDAŞ YÖNETİM ANLAYIŞI , KALİTE GELİŞTİRME VE KALİTE GELİŞTİRMEDE KULLANILAN AŞAMALAR

I. ÇAĞDAŞ YÖNETİM ANLAYIŞI	4
A. KARAR ALMA	6
B. KARAR ALMA MODELLERİ	7
II. KALİTE GELİŞTİRME VE KALİTE GELİŞTİRMEDE KULLANILAN AŞAMALAR	10
A. KALİTE GELİŞTİRME	11
B. KALİTE GELİŞTİRME AŞAMALARI	15

1. ÜRÜN VE SÜREÇ TASARIM AŞAMALARI	16
a. ÜRÜN TASARIMI AŞAMASI	16
(1). Sistem Tasarımı	16
(2). Parametre Tasarımı	17
(3). Tolerans Tasarımı	17
b. SÜREÇ TASARIMI AŞAMASI	17
(1). Sistem Tasarımı	17
(2). Parametre Tasarımı	17

İkinci Bölüm

DENEY TASARIMI, KULLANILAN YÖNTEMLER , MATRİSLER VE DENEY TASARIMINDA TAGUCHI YAKLAŞIMI

I. DENEY TASARIMI	18
II. DENEY TASARIM YÖNTEMLERİ	20
A. BEYİN FIRTINASI.....	20
1. BALIK KILÇIĞI YÖNTEMİ	21
B. VERİ TOPLAMA TEKNİKLERİ	22
III. DENEY MATRİSLERİ	23
A. L8 DENEY MATRİSLERİ	24
1. HESAP TABLOSU DOLDURULMASI	26
2. NORMAL OLASILIK GRAFİĞİNİN ÇİZİMİ	27
3. ETKİLEŞİMİN YORUMU	29
4. HESAP YÖNTEMİNİN ÖZETİ	30

IV. DENEY TASARIMINDA TAGUCHI YAKLAŞIMI	31
A. TAGUCHI YÖNTEMİ	31
1. GÜRÜLTÜ FAKTÖRÜ	33
2. SİNYAL / GÜRÜLTÜ ORANI	34
B. TAGUCHI'NİN KALİTE ANLAYIŞI	42
C. KALİTE KAYIP FONKSİYONU	43
D. TAGUCHI YÖNTEMLERİ İLE KLASİK DENEY TASARIM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI	48

Üçüncü Bölüm

TAGUCHI YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI

I. TAGUCHI YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASINDA TEMEL İŞLEMLERE DAYALI SİSTEMETİK BİR YAKLAŞIM	50
A. PROBLEMİN BELİRLENMESİ VE EKİBİN OLUŞTURULMASI	52
B. PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİNİN VE ÖLÇÜM SİSTEMLERİNİN BELİRLENMESİ	52
C. PERFORMANS KARAKTERİSTİKLERİNİ ETKİLEYEN DEĞİŞKENLERİN BELİRLENMESİ	52
D. HAZIRLIK DENEYLERİNİN YAPILMASI	52
E. KONTROL EDİLEBİLEN VE KONTROL EDİLEMİYEN DEĞİŞKENLERİN SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ	53
F. İNCELENECEK BİLEŞİK ETKİLERİN BELİRLENMESİ	53
G. UYGUN ORTAGONAL DİZİNİN SEÇİLMESİ VE DEĞİŞKENLERİN DİZİLERE YERLEŞTİRİLMESİ	54
H. KAYIP FONKSİYONU VE PERFORMANS İSTATİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ	54
I. DENEYLERİN YAPILMASI VE SONUÇLARIN KAYDEDİLMESİ	54
J. VERİ ANALİZİ VE KONTROL EDİLEBİLEN DEĞİŞKENLERİN EN İYİ DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ	55
K. SONUÇLARIN TEST EDİLMESİ	56

L. TOLERANS TASARIMI	57
M. DEĞERLENDİRME , YÜRÜTME VE İZLEME	57

Dördüncü Bölüm

TAGUCHI YÖNTEMLERİNİN TALAŞLI İMALAT TEZGAHLARINDA UYGULANMASI

I. TAGUCHI YÖNTEMLERİNİN FREZE TEZGAHINDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE UYGULANMASI	58
A. DENEY TASARIMI İÇİN TEMEL BASAMAKLARIN BELİRLENMESİ.....	58
B. L16 DENEY MATRİKSİNİN KULLANILMASI	59
C. HESAP TABLOSUNUN DOLDURULMASI	62
SONUÇ	67
FAYDALANILAN KAYNAKLAR	i-iv

TABLolar DİZİNİ

<u>NO</u>	<u>TABLONUN ADI</u>	<u>SAYFA NO</u>
1.1	Kalite Geliştirme yöntemleri	14
2.1	L8 Dizayn Matriksi	24
2.2	Örnek İçin Veri Değerleri	25
2.3	L8 Dizayn Matriksi	29
2.4	AB Etkileşimi	30
2.5	Gürültü Faktörüne Karşı Önlemler	34
2.6	Örnek Deneyin Verileri	37
2.7	Ortalama Y Etki Hesap Tablosu	38
2.8	Log S Etki Hesap Tablosu	40
2.9	Örnek S/G Etki Hesap Tablosu	44
4.1	L16 Dizayn Matriksi	59
4.2	Faktörler ve düzeyleri	60
4.3	Faktörlerin Kolonlara Atanması	60
4.4	Uygulama İçin Veri Raporu	61
4.5	L16 Etki Hesap Tablosu	62
4.6	Etki Değerlerinin Normal Olasılık Grafiği İçin Sıralanması	63
4.7	AD Etkileşiminin Hesap Tablosu	65
4.8	BD Etkileşim Hesap Tablosu	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>NO</u>	<u>ŞEKLİN ADI</u>	<u>SAYFA NO</u>
1.1	Kalite Geliştirmede Aşamalar	15
2.1	Master Balık Kılıcı Çizelgesi	22
2.2	Normal Olasılık Grafik Kağıdı	28
2.3	L8 Hesap Tablosu	30
2.4	AB Etkileşim Grafiği	31
2.5	Y Analizi İçin Normal Olasılık Grafik Kağıdı	39
2.6	Log S 'in Analiz Grafiği	41
2.7	S/G Oranı İçin Normal Olasılık Grafiği	45
2.8	Geleneksel Kayıp Fonksiyonu	44
2.9	Modern Kayıp Fonksiyonu	45
2.10	Daha Küçük Daha İyi Fonksiyonu	46
2.11	Daha Büyük Daha İyi Fonksiyonu	47
3.1	TY'ne Sistemetik Bir Yaklaşımın Akım Şeması	51
4.1	Normal Olasılık Grafiği	63
4.2	AD Etkileşim Grafiği	64
4.3	BD Etkileşim Grafiği	65

KISALTMALAR

DTY	: Deney Tasarım Yöntemi
iY	: İstatistiksel Yöntem
KD	: Kontrol Edilebilen Değişkenler
KED	: Kontrol Edilemeyen Değişkenler
KG	: Kalite Geliştirme
KGS	: Kalite Geliştirme Sistemi
KFY	: Kalite Fonksiyonu Yayılımı
KKF	: Kalite Kayıp Fonksiyonu
OD	: Ortogonal Dizi
PK	: Performans Karakteristiği
TY	: Taguchi Yöntemi

GİRİŞ

Günümüze kadar işletmelerin yönetiminde değişik yöntemler , yaklaşım biçimleri ve kuramlar ortaya atılmıştır. Ortaya atılan yöntemlerden birisi de çalışmamıza konu teşkil eden ve son yıllarda işletmelerde kalite geliştirme konusunda yöneticilerin karşılaşılabilecekleri sorunlara çözüm yolları üreten Taguchi Yöntemi olmuştur.

Genichi Taguchi tarafından geliştirilen istatistiksel tabanlı bu yöntem ziraat, kimya, sağlık, mühendislik gibi çok değişik bilim dallarında, karşılaşılan problemlerin çözümünde kullanılabilmeyle birlikte günümüzde daha çok mühendislik bilimlerinde ağırlıklı olarak uygulanmaktadır.

İşletmeler, artan rekabet ortamında ayakta kalabilmek için verimliliklerini sürekli olarak arttırmak durumundadırlar. Verimliliği arttırma yollarından birisi de şüphesiz ki kalite geliştirmedir.

Kalite anlayışında son gelişmeler 1970'li yıllardan günümüze kadar kalitenin imalat aşamasından çok, tasarım aşamasında sağlanabileceği gerçeğinden oluşmaktadır. Bu aşama, endüstriyel uygulamalarda daha az sayıda deney yaparak, daha az maliyetle optimum çözümü hedefleyen Taguchi Yönteminin de temelini oluşturmaktadır. Nitekim, sistemden kaynaklanan değişkenlik tasarım aşamasında Taguchi yöntemi kullanılarak yapılacak daha iyi tasarımlarla azaltılabilecektir.

Taguchi Yönteminin amacı, kaliteyi kontrol etmek değil, kontrol edilmeyen değişkenlere karşı duyarsız hale getirmek, kontrol edilebilen değişkenlerin değerlerini belirleyerek maliyetleri azaltmaktır. Taguchi yöntemi, istatistik ve kalite anlayışının bütünleştirilmiş bir ifadesidir. Kalitenin ve verimliliğin artırılabilmesi için istatistiksel yöntem ve Taguchi'nin beraber kullanılması gerekmektedir. Mantık olarak Taguchi yöntemi, kalite nasıl değerlendirilebilir, nasıl geliştirilebilir sorularına cevap aramaktadır. Çünkü, kaliteyi değerlendirmedikçe geliştirmekte mümkün olamayacaktır.

Bu çalışmanın amacı, işletme yöneticilerine kalite geliştirmede hedeflenen düzeye ulaşabilmek için izleyecekleri yolları sistematik bir yaklaşımla ortaya koyan ve özellikle son dönemlerde bir çok işletme tarafından yaygın olarak kullanılmaya başlanan Taguchi Yöntemini uygulama örnekleriyle birlikte tanıtmaktır.

Bir yönetim teknolojisi olarak işletmeler tarafından kullanılan yeni bir istatistiksel yöntem olması araştırma konusu olarak "Taguchi Yöntemi" nin seçilmesine neden olmuştur.

Çalışma, giriş ve sonuç bölümlerinin dışında başlıca dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, çağdaş yönetim anlayışı niteliksel ve niceliksel açıdan ana çizgileriyle ele alınarak, karar alma konusuna değinilmiştir. Daha sonra yönetim açısından oldukça önemli olan kalite geliştirme ve aşamaları Taguchi yöntemiyle birlikte incelenmiştir.

İkinci bölümde, istatistiksel yöntemlerden olan deney tasarımı, yöntemleri, kullanılan matrisler ve çalışmanın asıl konusu olan Taguchi yöntemi açıklanmaya çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde, Taguchi Yönteminin nasıl uygulandığı ele alınmıştır. Bu amaçla farklı bilim dallarında karşılaşılan problemlerin çözümü için sistematik bir yaklaşım aşamalarıyla ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Taguchi yönteminin talaşlı imalat tezgahlarında uygulanması başlığını taşıyan son bölümde ,Taguchi Yöntemi kullanılarak bir imalat fabrikasında karşılaşılan kalite probleminin nasıl çözüldüğü ve yönetimin bu doğrultuda aldığı kararlar bir uygulamayla ortaya konulmuştur.

Çalışma, işletmelerin özellikle yöneticilerin karşılaştıkları problemlerin çözümünü bulmakta kullanabilecekleri istatistiksel bir yöntem olan Taguchi Yöntemini irdeleyen bir sonuç bölümüyle bitmektedir.

B i r i n c i B ö l ü m

ÇAĞDAŞ YÖNETİM ANLAYIŞI, KALİTE GELİŞTİRME VE KALİTE GELİŞTİRMEDE KULLANILAN AŞAMALAR

I. ÇAĞDAŞ YÖNETİM ANLAYIŞI

Geleneksel anlamda organizasyon, bireylerle teknolojinin, bir işletmenin amacını gerçekleştirecek biçimde düzenlenip hizmete konulması demektir¹. Kısımları, bölümleri ve alt bölümleriyle birlikte amaçlı birer bütün olan işletme organizasyonlarına, bir taraftan ham maddeler, yardımcı maddeler, parçalar girer, bir taraftan da mal ve hizmetler çıkar.

Geleneksel anlamda örgütler, başlıca üç temel öğeden oluşur; bireyler, işler, ve yönetim. Her düzeyde çalışan işçiler, memurlar, danışmanlar, teknisyenler, şefler, mühendisler..v.b. 'bireyler' grubunu oluşturur. Tüm bu bireylerin örgüte yaptığı her türlü amaçlı eylemler 'işler' grubunu simgeler. Bahsi geçen bireylerin ve işlerin, işletmenin karını yükseltecek biçimde planlanması, örgütlenmesi, yürütülmesi, koordinasyonu ve yöneltmesi ise 'yönetim' ögesini simgeler.

Yönetim ögesini, örgütteki öteki öğelerden ayıran en belirgin özellik, yönetim eyleminin, örgütün en iyi biçimde işletilmesi amacına yönelmiş olmasıdır. Başka bir deyişle, işletmenin amaca ulaşacak biçimde görevini yerine getirip getirmediğini görüp gözetmek görevi yönetimin üzerindedir. Bu nedenle yönetim, işletmedeki öteki öğelerin

¹ MEHMET OLUÇ, *İşletme Organizasyonu Ve Yönetimi*, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayını, Üçüncü Baskı, İstanbul, 1978, s.223.

yaptığı işleri yapmaz ;tersine onların belirli işleri yapabilmeleri için gereken koşulları araştırır,düzeltilir,geliştirir ve mümkünse değiştirir. Yönetim,belirli işleri,belirli düzeylerde gerçekleştirecek,bu arada da bireyleri belirli doyum noktalarına çıkartabilecekleri yolları araştırır. Bunun için de paradan,bireylerden ve teknolojiden yararlanır. Bunları bu veya şu biçimde harekete geçirerek işletmeyi amacına ulaştırır.

Çağdaş işletme yönetimi,geleneksel örgütlemedeki bölüm sınırlarının ötesine geçmeyi başarmıştır. Geleneksel kuramlara göre,her bir bölüm kendi işi ile uğraşmalıdır. Bu nedenle bir bölüm öteki bölümlerden gelecek istekleri hiyerarşi sınırları içinde değerlendirir ². Geleneksel sınırlar giderek değişen koşulların baskısıyla karşı karşıya kalan işletmelerin sınırları ortadan kaldıran sistem felsefesinin kabul edilmesine neden olmuştur . Sistem felsefesi , karşılaşılan problemlerle ilgili kararların alınması sırasında ilgili tüm faktörlerin ele alınması gerektiği ilkesine göre işler. Bu nedenle,tek tek her ilgili bölüm,sorunun çözümüne kendi uzmanlık alanını eklemelidir. Her problem ilgili tüm etkenlerle ele alınacağı için,sistemin her yerinde işletmenin amaçları hüküm sürecektir ³ . Bu amaçları gerçekleştirecek her türlü araç sistemde var olmalıdır. Böylece ortaya çıkacak olan sistemler, kuramsal olarak çok büyük ve karmaşık sorunlara yol açacağı için, yönetim kendi bütünleşik sistemini alt sistemlere ayırır ⁴. Yönetici bunun her zaman farkındadır ve bu sistemleri bütünüyle birbirinden bağımsızmış gibi özgür bırakır. Ancak genel sistemin başarısı için yaratılmış olan alt sistemleri kendi becerisiyle birleştirir.

² Ayrıntılı bilgi için bkz.Andre L.Debecq, " The Management of Decision-Making Within The Firm:Three Strategies for Three Types of decision-Making", Academy of Management Journal, December , 1967 , s.329-339.

³ REX V.BROWN-ANDREW S. KAHR-CAMERON PETERSON, Decision Analysis for the Manager, Holt ,Rinehart and Winston,Inc.,New York,1974, s.166.

⁴ THEO HAIMANN-WILLIAM G.SCOTT, Management In The Modern Organization, Houghton Mifflin Co.,Inc.,New York,1974,s.16.17.

Sistemi daha biçimsel olarak açıklayacak olursak,'sınırları çizilmiş,yönetimsel amaçlara sahip eylemler,işlevler ve öğeler grubu olarak tanımlamak mümkündür. Bu tanımdan üç sonuç ortaya çıkmaktadır⁵.

- Sistemin sınırları yöneticiler tarafından çizilmiş olması,
- Sistemin amaçlarının yöneticiler tarafından saptanmış olması,
- Sistemde saptanan amaçları gerçekleştirecek eylemlerin,işlevlerin ve öğelerin bulunması.

Sistem felsefesine göre,sistemin parçaları bütünüyle yönetimin amaçlarına yönelik olmalıdır. Bunu uyumlaştırma ve denetleme sağlar. Uyumlaştırma ve denetleme sistemin planlanan sistem ile birlikte işlemeye başlaması, yönetime düzeltici eylemlerde bulunma imkanı sağlar.

Yönetim süreci; Karar alma, uygulama ve düzeltici eylemlerde bulunma gibi birbirine bağlı eylemler kümesinden oluşmaktadır. Eylemlerin sürebilmesi belirli bir karara dayanır. Başka bir deyişle, yönetim süreci başlı başına bir karar olgusudur. Bu nedenle sistem yaklaşımıyla yönetilen işletmelerde,'yönetim işlevi ' ile 'karar alma işlevi' arasında önemli bir fark gözetilmez. Gerçekten de, sorun enine boyuna analiz edildiğinde, yönetim işlevinin tamamına yakın bir bölümün karar alma işlevinden oluştuğu görülür.

A. KARAR ALMA

Yönetim bilminde giderek artan oranda bir değişme ve yeniden tanımlama olgusu göze çarpmaktadır. Yönetimin analizine devingen bir özellik kazandıran bu durum, değişik yönetim yaklaşımlarını ortaya çıkarmıştır.

⁵ MARTIN K.STARR,Production Management :Systems and Synthesis,Prentice - Hall , Inc., New York,1972, s.8.

Karar alma yaklaşımı açısından, kararlar sezgisel bir yöntemle ele alındığında, problemle ilgili tüm değişkenlerin karar modeline sokulması gerekir. Karar değişkenleri hem planlamanın hem de denetimin temelini oluşturur. Karar değişkenleri yönetim açısından iki değişik biçimde ortaya çıkar ; yönetici tarafından denetlenebilir değişkenler ve denetlenemez değişkenler. Yöneticiler, denetleyemedikleri koşulların zaman içindeki değişimlerini tahmin ederek bunları veri kabul ederler. Daha sonra da denetleyebildikleri koşulları şu veya bu biçimde değiştirerek bir sonuca ulaşmak isterler⁷. Taguchi yöntemi bu durumda yöneticilerin karar vermesinde kolaylık sağlayan, kontrol edilebilen değişkenlerin kullanıldığı bir yöntemdir.

Karar alma , hemen hemen yönetimin bütününe kapsayacak bir nitelik taşımaktadır. Çalışmamızda istatistiksel bir yöntem olan Taguchi yöntemine değinileceği için yalnızca karar almanın niceliksel tarafı açıklanacaktır.

B. KARAR ALMA MODELLERİ

Karar almada model kullanmanın ilk yararı, sorunlardaki karmaşıklığı basite indirgemesidir. İkinci yararı , karar yürürlüğe konulmadan önce onun sınanmasının sağlanmasıdır. Bu nedenle, bir karar aracı olarak değişik türde modeller geliştirmeye yönelik çabalar günümüzde de hızla devam etmektedir⁸.

⁷ GILBERT GORDON ,**Quantitative Decision-Making For Business** , Prentice- Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1978 , s.75-76.

⁸ GARRET SILVER, **Production Management Analysis** , Harcourt Brace Jovanovich, Inc., New York, 1973, s.31.

Modeller,değişik kaynaklarda değişik biçimlerde sınıflandırılmıştır. Örneğin, fizik modeller,şematik modeller,matematik modeller,benzetim modelleri olarak bir sınıflandırma yapılırken ⁹;Sözlü modeller,şematik modeller,fizik modeller , matematik modeller,benzetim modelleri biçiminde de bir sınıflandırma yapılmaktadır ¹⁰. Genelde modelleri iki açıdan sınıflandırma yeterli olmaktadır¹¹.

Buna göre,sistemin niteliği açısından geliştirilen modeller aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir.

1. Uyuşum modelleri:Fiziki bir büyüklüğün,belirli bir ölçekle simgelenmesidir. Fabrika maketi,uçak maketi gibi.

2. Niteliksel modeller:Herhangi bir sistemin bütün niteliklerini;sözle,yazıyla veya değişik tür iletişim araçlarıyla belirtmektir.

3. Niceliksel modeller:İncelenen sistemin matematiksel sembollerle simgelenmesidir. Niceliksel modellerde kendi içinde istatistiksel modeller,matematik modeller,benzetim modelleri olmak üzere ayrılır. Taguchi yöntemi de böyle bir model kurmak için başvurulan bir yöntemdir. Bir niceliksel modelde başlıca aşağıdaki aşamalar izlenir ¹².

1.Karar probleminin tanımlanması,

2.Problemin niceliksel ölçülere göre bir formülle ifade edilmesi,

3.Sisteme etki eden en önemli faktörleri göz önünde bulundurarak ,sistemin yalın bir modelinin kurulması,

4.Model değişkenlerine ilişkin sağlıklı bilgilerin değerlendirilmesi ve parametrelerin belirlenmesi,

5.Modelin çözülmesi,

6.Modelin geçerliliğinin araştırılması ve duyarlılık analizlerinin yapılması,

⁹ RICHARD J.HOPEMAN, **Production : Concepts,Analysis,Control**, Charles E.Merrill Books,Inc. Columbus,Ohio ,1965,s76.

¹⁰ GARRET-SILVER,s.62-70.

¹¹ OSMAN HALAÇ, **Kantitatif Karar Verme Teknikleri** , Arpaz Matbaacılık,Istanbul,1978,s.15.

¹² MUSA ŞENEL, **Doğrusal Programlama Metodu ile Üretim Planlaması ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama** , E.İ.T.İ.A. Yayını,1973,s.2-3.

- 7.Sonuçların yorumlanması,
- 8.Kararın alınması,
- 9.Kararın uygulanması,
- 10.Kararın uygulama sonuçlarıyla karşılaştırılması.

Bilindiği gibi işletme kararları,belirli bir amacı gerçekleştirmek için alınır. Ancak,herhangi bir amacın başka amaçlardan yapılacak özveriye bağlıdır. Örneğin üretilen mamul miktarını arttırmak ,mamulün kalitesini geliştirmek , mamulün birim maliyetini düşürmek veya üretimi veya üretimi en kısa sürede gerçekleştirmek gibi amaçlardan birine ulaşmak için ,öteki amaçları ikinci plana itilmesi gerekir. Çalışmanın devamında kalite geliştirme konusuna ve kullanılan yöntemlere ayrıntılı olarak değinilecektir.

II. KALİTE GELİŞTİRME VE KALİTE GELİŞTİRMEDE KULLANILAN AŞAMALAR

Günümüzde kalite , kontrol edilmesi gereken bir özellik değil, üretilmesi gereken bir özellik olarak ele alınmaktadır.Kalite , genel anlamda belirlenen karakteristiklerin hedef civarındaki değişmezliği veya kullanım amacına uygunluk olarak tanımlanabilir.Kaliteli bir ürün veya proses numunesinin hazırlanması için verilen sürenin genellikle az olması tasarımda güçlükler neden olur.Bu nedenle ileride kalite problemleriyle karşılaşmamak için daha kaliteli malzemeler kullanmak veya çalışma şartlarını kısıtlamak gibi çözüm yollarına başvurulabilir.Ancak bu çözümler pahalı olmasının yanında öngörülen değerleri doğru değilse gerçek bir iyileştirme de sağlayamaz.Kaliteyi belirleyen öğeler ise tasarım kalitesi , imalat kalitesi ve kullanışta bekleneni verme kalitesi olmak üzere üç grupta incelenmektedir.

Üretilen her ürün veya ürünü oluşturan parçaların ölçü ile ifade edilen özellikleri her zaman belirli bir değişkenlik gösterir.Bu değişkenlik kalite faktörünü önemli bir şekilde etkilemektedir.Deming'e göre bu değişkenliğin % 2'si özel nedenlerden ,% 98'i sistemden kaynaklanmaktadır ¹⁴ .

Öte yandan kalitesizliğin veya müşteri memnuniyetsizliğinin temelinde de bahsedilen bu değişkenlik yatmaktadır.Bu nedenle kaynağına bakılmaksızın değişkenliği değiştirmek, azaltmak, mümkünse ortadan kaldırmak gerekir.İyi bir tasarım için her seferinde bir parametreyi değiştirmek pratikte geçerli bir yöntem değildir.Çünkü süreçte bazı parametreler arasında genellikle etkileşimler olur.Bu parametreleri belirlemek tüm faktör bileşimlerinin incelenmesini , incelemede binlerce deney yapmayı gerektirdiğinden bu değişimi yapmak neredeyse olanaksızdır.

Artan rekabet ortamında ayakta kalabilmek için verimliliğin sürekli olarak artırılması gereklidir.Potansiyel olarak verimliliği artırma yollarından birisi de kalite geliştirmedir.Kalite geliştirmede tasarım en iyileme probleminin çözümünde;

¹⁴İ.Kavrakoğlu,"Başarı-Motivasyon Toplam Kalite İlişkisi",KALİTE,S.14(1992), s.2-3 .

daha az sayıda deney yapılarak eniyi çözümlü bulmaya yarayan "TAGUCHI YÖNTEMİ" kullanılır.Taguchi yöntemi araştırma geliştirme faaliyetlerinin yürütüldüğü bütün bilim dallarında karşılaşılan problemlerin çözümünde kullanılabilir bir potansiyele sahiptir.Ayrıca deney tasarımına yöntem açısından önemli bir yenilik getirmemesine rağmen,Taguchi sanayi uygulamalarına yönelik yeni fikirler ortaya atarak ve başarı uygulamalar sergileyerek, deney tasarım yönteminin imalat sektöründe ve özellikle yöneticiler tarafından kabul görmesine büyük katkılarda bulunmuştur.

A.KALİTE GELİŞTİRME

Kalite geliştirme , ilgilenilen karakteristiklerdeki değişkenliğin sistematik olarak azaltılmasıdır. Kalite geliştirmede kullanılan yöntemler Taguchi yöntemleri gibi tasarım kalitesini geliştirmeye yönelik imalat öncesi ve kabul örnekleme ile istatistiksel süreç kontrolü gibi imalat kalitesini geliştirmeye yönelik imalat aşaması yöntemleri olarak iki ayrı aşamada yürütülür.Kalite geliştirmede hedeflenen düzeye ulaşabilmek bu yöntemlerin dengeli olarak kullanılmasıyla mümkündür.İmalat aşaması kalite geliştirme yöntemleri özel nedenlerden kaynaklanan değişkenliği , imalat öncesi kalite geliştirme yöntemleri de sistemden kaynaklanan değişkenliği azaltmaya yönelik olarak uygulanmaktadır. Kalite geliştirme ve dolayısıyla da verimliliği artırmanın en iyi göstergeleri ise ;

Toplam maliyetteki azalma

Ürün güvenilirliğinde sağlanan artış olarak kabul edilmiştir.

Kalite karmaşık ve çok boyutlu bir kavramdır.Kaliteyi performans, özellik , güvenilirlik , uygunluk , süreklilik , servis hizmetlerinin varlığı, estetik ve albeni olmak üzere 8 farklı boyutta incelemiştir. Kalitenin belirlenen bu boyutları ürünün doğasına ve tüketicinin gereksinimlerine göre değişiklik arz etmektedir ¹⁵ . Klasik tanımı ; standartları uygunluk olan kalite kavramı günümüzde amaca uygunluk olarak algılanmaktadır.Kalite kontrolü ise; "iş en doğru yapmanın yolu daha başlangıçta doğru yapmaktır." düşüncesinden hareketle iyi planlama için harcanacak az bir sürenin ileride oluşabilecek birçok sorunu ortadan kaldırmaya dayandır ¹⁶ .

Kalite anlayışında son gelişmeler 1970 ' li yıllardan günümüze kadar kalitenin İmalat aşamasından çok tasarım aşamasında sağlanabileceği

¹⁵ R. KACKAR,"Taguchi Quality Philosophy :Analysis and Commentary ",Quality Progres,S 19 , s.21-22.

¹⁶ M. JURAN , **Quality Control Handbook** ,McGraw-Hill İnternational Book Co , New York , 1979.

gerçeğinden oluşmaktadır. Bu aşama Taguchi tarafından başlatılmıştır. Taguchi, ürün performans karakteristiklerindeki değişkenliğin nedenlerini ortadan kaldırmak yerine ürünü bu değişkenlere karşı duyarsız tasarılmanın gerekli olduğunu göstermiştir. Taguchi 'nin önerdiği istatistiksel deney tasarımı veya Taguchi yöntemleri olarak alınan kalite güvencesine önemli katkıları olan bu yöntemler imalat öncesi kalite güvence fonksiyonlarını yürütmek için kullanılır. Kalite değişkeni tasarım, imalat ve kullanımın her aşamasında değişkenlik olması kaçınılmazdır. Bu değişkenliğin varlığı düşük kaliteli ve güvenilir olmayan ürünler üretilmesine neden olur. Japon kalite mimarı Deming 'e göre bütün kötülüklerin temelinde değişkenlik yatmaktadır. Öte yandan Shewhart değişkenliğin iki ana nedene bağlı olacağını kanıtlamıştır.

1. Özel nedenler ; İnsan ,malzeme,süreç..v.b.
2. Sistemden Kaynaklanan Nedenler;Uygulanan sistem,kullanılan araç ve gereçler ..,v.b.

Özel nedenler imalat anında belirli noktalarda yapılacak düzeltici çalışmalarla önlenir. Buna karşın sistemden kaynaklanan nedenler imalat sisteminde değişiklik yapılmasıyla düzeltilir. Bu durumda ürün ve süreç spesifikasyonlarını etkileyen geniş önlemler alınması söz konusudur. Genelde kalite değişkenliğine sistemden kaynaklanan nedenlerin yol açtığı gözlenmektedir. Fakat hangi nedenlerden kaynaklanırsa kaynaklansın bunları ortaya çıkarıp değişkenliği azaltmak mümkünse yok etmek gerekir.

Kalite geliştirme çabaları Japonya'da yaygın olarak kullanılmaktadır . Japon mühendis ve kalite uzmanları , kaliteyi ve süreci geleneksel anlamda kontrol etmek yerine ürünün , imalat süreci değişkenlerinden ve çevre faktörlerinden etkilenmeden hedeflenen kaliteyi muhafaza edebilmesi için dizayn ve imalat sürecinin parametrelerinin saptanma aşamalarında , kaliteyi ürün ve süreç ile birlikte tasarımılamaya çalışmaktadırlar. Bu tür kalite geliştirme çalışmalarında kullanılan en önemli araç ise istatistiksel deney dizaylarıdır. Kalite kontrol literatüründe bu yaklaşıma verilen örnek Japon İna Seramik fabrikasında gerçekleştirilen bir çalışmadır. Sorun fabrikada fırın içi ısı dağılımındaki farklılık nedeniyle pişirilen seramiklerin boyutlarında önemli farklılıkların meydana gelmesi ve üretimin önemli bir kısmının ıskartaya çıkmasıdır. Geleneksel süreç kontrol yaklaşımına göre doğal çözüm firmanın ısı dağılımını kontrol etmeye

çalışmasıdır.Bu ise homojen ısı dağılımını sağlayacak pahalı cihazlar alınmasından yeni fırın yapımına kadar maliyeti yükseltecek bir dizi önlemler alınması anlamına gelmektedir.Halbuki İna fabrikası maliyeti yükseltmeden seramik boyutlarındaki farklılıkları gidermek istemektedir.Bu nedenle ısı dağılımını kontrol etmek yerine , ısı farklılığının seramik boyutlarına etkisini asgariye indirecek bir seramik formülü geliştirmeye çalışmışlardır.Çeşitli faktörlerin seramik boyutları üzerindeki etkisini araştırmak için oldukça basit bir istatistiksel deney dizayn etmişlerdir.Uygulanan deneyler,seramik formülündeki kireç oranının %1'den %5'e çıkarılmasıyla seramik boyutlarındaki farklılığın onda bir azalacağını ortaya çıkarmıştır. Sonuç olarak firma maliyetlerini yükseltmeden kalitelerinde önemli bir iyileştirme sağlamış ve ıskarta oranını asgariye indirmiştir ¹⁷.

Günümüzde imalat aşaması kalite geliştirme yöntemlerinin uygulanmasında önemli ölçüde yol alınmıştır.Öte yandan , Pareto prensibi gereğince kalitesizliğin % 98'ine neden olan sistemden kaynaklanan değişkenliğin azaltılmasına yönelik çalışmalarla sağlanacak gelişmenin özel nedenlerden kaynaklanan değişkenliğin azaltılmasıyla elde edilecek gelişmeye göre daha verimli olacağı söylenebilir.

Ürün kalitesindeki değişkenliği ekonomik olarak en küçükleme için kullanılan kalite kontrol yöntemleri, genel olarak on-line ve off-line olmak üzere ikiye ayrılmaktadır ¹⁸ bkz. Tablo (1 . 1) .

On-line yöntemler;üretim sırasında kullanılan kabul örnekleme istatistiksel süreç kontrol , önceden kestirim ve kontrol gibi yöntemleri içerir.

Kabul örnekleme:

Partiler halinde gelen bir malın belirtilen nitel ve nicel ölçüleri sağlayıp sağlamadığına göre partinin kabulü veya reddi için uygulanan istatistiksel tekniklerin bütünüdür.

İstatistiksel Süreç Kontrolü:

Müdahalelerin zamanında yapılabilmesi için imalatın ara aşamalarında kontrol şemaları ve diğer istatistiksel tekniklerin kullanılmasıdır.

¹⁷ Mete ŞİRVANCI , Kalite ve Verimlilikte Yeni Gelişmeler , Bilkent Üniversitesi Ya.No.12,Ankara ,s 1-3.

¹⁸ ŞİRVANCI,s.3-4.

OFF-LİNE KALİTE	1.Aşama	KONULAR	KALİTE SAĞLAMA AŞAMALARI
	ÜRÜN TASARIMI	1.Müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin belirlenmesi. 2.Müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılayacak ve aynı zamanda sürekli ve ekonomik olarak imal edilebilecek bir ürün tasarımı.	1.SİSTEM TASARIMI 2.PARAMETRE TASARIMI 3.TOLERANS TASARIMI
	2.Aşama PROSES TASARIMI	İmalat için açık ve yeterli standart ,spesifikasyon, yöntem ve üretim araçlarının tasarımı.	1.SİSTEM TASARIMI 2.PARAMETRE TASARIMI 3.TOLERANS TASARIMI
ON-LİNE KALİTE	1.Aşama	KONULAR	KALİTE SAĞLAMA AŞAMALARI
	İMALAT	Ürünün,daha ürün tasarımı ve proses tasarımı aşamalarında belirlenen spesifikasyon ve standartlara göre üretilmesi	1.Proses teşhisi, ayarlama ve düzeltme 2.Muayene ve ıskartaya çıkarma
KONTROL	2.Aşama MÜŞTERİ İLİŞKİLERİ	Müşteriye servis hizmetinin verilmesi ve ürünün kullanımı sırasında çıkan problemlerle ilgili bilginin, ürün ve proses tasarımının geliştirilmesi için kullanılması	geri besleme yoluyla, ürün ve prosesin, spesifikasyon ve dizaynının değiştirilmesi.

Tablo (1 . 1) Kalite Sistemi

Önceden Kestirim:

Sürecin herhangi bir aşamasındaki bilgileri kullanarak ileride gösterebileceği davranışların belirlenmesi ve uygun önlemlerin alınmasıdır.

Diğer yandan, off-line yöntemler, imalat öncesi ürün kalitesini, güvenilirliğini ve imal edilebilirliğini geliştirmek, ürün geliştirme imalat ve işletme maliyetini azaltmak için kullanılır. Kullanılan yöntemler ise duyarlılık testleri, prototip testleri, hızlandırılmış ömür testleri ve güvenilirlik testleri gibi yöntemlerdir. Bu yöntemlerin birincil amacı kaliteyi değerlendirmektir. İmalat öncesi kalite güvence yöntemlerine ilave olarak Taguchi'nin kullanmayı önerdiği deney tasarımları kalitenin hem değerlendirilmesini hemde geliştirilmesini sağlar. Taguchi yöntemi ürün kullanım koşullarını dikkate alarak kontrol edilebilen değişkenlerin sistematik olarak değiştirilmesi neticesinde ilgilenilen kalite karakteristiğinde oluşan etkilere göre en iyi tasarım değerlerini belirlemeye yönelik çalışmalardır.

Günümüz rekabet ortamında pazar payının artırılabilmesi imalat sürecinde sistemden kaynaklanan değişkenlik tasarım aşamasında TY'ni kullanarak yapılacak daha iyi tasarımlarla azaltılabilir. TY kayıp fonksiyonu kavramı ile değişkenliği doğrudan ilişkilendirerek kalite, güvenilirlik ve süreklilik amaçlarını daima başarmaktadır. İmalatta önceleri ağırlık on-line yöntemlerde ise de, son yıllarda Japon yönetiminin başarısından sonra uygulama off-line yöntemlere özellikle kaliteye büyük katkısı olan istatistiksel deney dizaynına kaymıştır.

İstatistiksel deney dizaynı, 1920'lerde İngiliz istatistikçi Sir R.A. Fisher tarafından, tarım alanında araştırma yapılırken bulunmuş ve geliştirilmiş bir yöntemdir. Amerika'da kısa sürede yayılarak tarımda üretimin büyük ölçüde gelişmesine, dünyada lider durumuna gelmesine büyük yardımda bulunmuştur. Daha sonraları kimya ve ilaç sektöründe de kullanılmış olup, imalat sektöründeki uygulamalara yeni yeni başlanmıştır. Japonya'da ise Prof. Dr. Genichi Taguchi liderliğinde, imalat sektöründe kalitenin geliştirilmesi için etkin bir şekilde uygulanmıştır. Dünyada kalite alanındaki gelişmelerin durumuna bugün bakıldığında Japonya en başta yer almaktadır. Ancak Amerika'da 1980'lerde başlayan hareket devam etmektedir¹⁹.

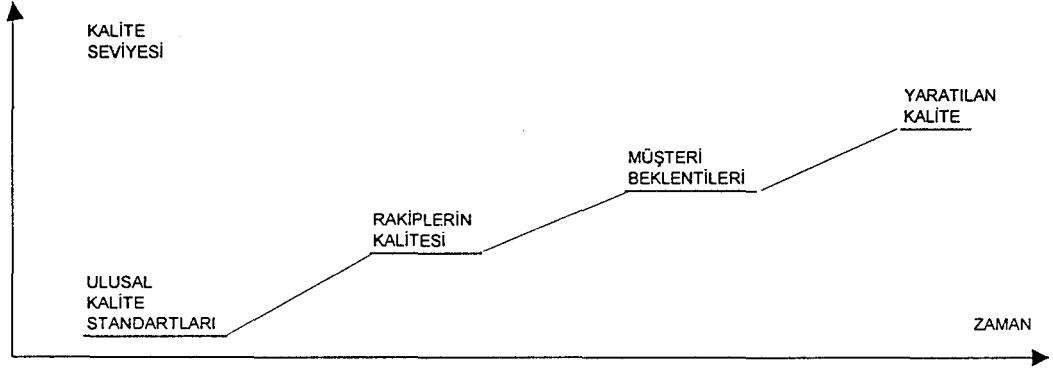
Bu bilgilerin paralelinde kalite geliştirmede kullanılan aşama ve yöntemleri ele alacak olursak;

¹⁹ Genichi TAGUCHI, **Quality Engineering in Production System**, McGraw-Hill, 1989, s.100.

B.KALİTE GELİŞTİRME AŞAMALARI

Kalite geliştirme hiç bir zaman bitmeyecek bir faaliyettir.Gelişme süreci içinde şirketler belirli aşamalardan geçerler²⁰.

Bkz.Şekil1.1



Şekil (1 . 1) Kalite Gelişirmede Aşamalar

Kalite geliştirmede ilk aşama,ulusal standartlara uygun üretimi gerçekleştirmektir. Bu standartlar genelde yüksek değildir,sadece bir baraj görevi görmektedirler.

Kalite geliştirmede ikinci aşama , rakiplerin kalitesine erişmektir. Burada başarı kriteri kaliteyi ucuza sağlamaktır.Yani kaliteyi yükseltirken maliyetleri yükseltmemek hatta düşürmektir.

Üçüncü aşama, müşterilerin talep ettiği kaliteyi gerçekleştirmektir.Bu düzeye uygunluk kalitesi % 100'dür.Yani ' sıfır hataya ulaşılmıştır.Ancak müşterilerin talep ettikleri sadece sıfır hata değildir;kendi amaçlarına uyan özellikleride talep etmektedirler.Bu özellikleri sağlayabilen üreticiler rakiplerine kıyasla belli bir avantaj elde etmiş olurlar.Kalitede en ileri aşamanın üçüncü düzey olduğu söylenebilir."Müşterilerin isteği olan sıfır hatayı yerine getirmek", daha başka ne yapılabilir?Bu düşünce tarzı hatalıdır.Çünkü müşterilerin talep ettiklerinin gerçekten müşterilerin en fazla tercih ettikleri özellikler olduğu sanılmasıdır.Her insan gibi müşterilerde belirli 'kısıtlar' içinde düşünürler,çoğu zaman düşündüklerini de tam manasıyla ifade edemezler.Bu nedenle salt pazar araştırması ile en fazla tercih

²⁰ TAGUCHI , s.50-55

edilen özellikleri belirlemek mümkün değildir. Müşterilerin gerçek ihtiyacını müşteriden de iyi bilip bunu karşılamak yaratılan kalitedir. Böylece kalite geliştirme serüveni; hataları azaltmakla başlayıp , üstün nitelikli tasarımları gerçekleştirip, müşterilere sunmak noktasına gelmektir. Başka bir ifade ile dar anlamli (uygunluk kalitesi) kaliteden geniş anlamli kaliteye (tasarım kalitesi) geçilmiş olmaktadır.Kalite geliştirme aşamalarını ürün ve süreç tasarım aşamaları olarakta inceleyebiliriz.

1.ÜRÜN VE SÜREÇ TASARIM AŞAMALARI

Üretilen ürünün özellikleri onu üreten sürecin bir fonksiyonudur.Başka bir deyişle süreçle ürün arasında bir sebep-sonuç ilişkisi vardır.Eğer tüm süreç değişkenleri kontrol altına alınabilirse,ürünün özellikleri de kontrol altına alınmış olur.Modern proses kontrol kavramları ve yöntemleri ilk olarak 1920'li yıllarda Dr.Walter A.Shewart tarafından ortaya konulmuş ve geliştirilmiştir. Shewart'ın geliştirdiği teknik, istatistik bilimine dayalı ve prosesi kontrol altında tutmaya yöneliktir.Shewart süreçteki değişkenliği bilimsel olarak tanımlamış ve her sürecin bir kontrol edilebilen bir de doğal değişkeni olduğunu ileri sürmüştür.Doğal değişkenin + -3 standart sapma sınırlarına "kontrol limitleri " adı verilmiştir.Eğer proses doğru biçimde kontrol edilirse tüm değerlerin %99.7'sinin alt ve üst kontrol limitleri arasında kalması mümkündür ²¹ .

a.ÜRÜN TASARIMI AŞAMASI

Ürün tasarımı müşteri ihtiyaç ve beklentilerinin belirlenmesinde ve bu beklentileri karşılayacak aynı zamanda sürekli ve ekonomik olarak imal edilmesini sağlamak amacıyla kullanılır.Ürün tasarım aşaması sistem tasarımı parametre tasarımı ve tolerans tasarımı gibi aşamalarda ele alınır.

(1).Sistem Tasarımı:

Mühendislik ve teknik bilgiyi kullanarak, ilgilenilen ürünün temel fonksiyonel numunesini geliştirmeyi ve bir takım yenilikleri içerir.Sistem tasarımı hem tüketici gereksinimlerinin hem de imalat süreci gereksinimlerinin anlaşılması gerektirir.Sistem tasarımı daha çok kavramsal yönlü bir faaliyet olduğu için mühendislik deneyimi gerektirir.

²¹ Genichi TAGUCHI, **Introduction to Off-line Quality Control** , Central Japan Quality Control Association, Meiki Nakamura - Ku Nagoya , Japan , 1979 , s.111.

(2).Parametre Tasarımı:

Ürün parametrelerinin boyut , formülleme gibi , en iyi değerlerinin belirlenmesi:Amaç,ürünün performans farklılıklarını en aza indirerek,ürünün hem imalat , hem de hayat boyu maliyetini azaltmaktır.Bunun için ürünün tasarımının robüst, yani farklılık yaratan faktörlere karşı duyarsız kılmak gerekir.Bir başka deyişle farklılığa neden olan faktörlerin ürün üzerindeki etkisini en aza indirmek gerekir. Parametre tasarımı ile kaliteli tasarım,maliyetlerde azalma,daha kısa ürün geliştirme çevrimi ,gecikme ve israfın önlenmesi, verimlilik artışı gibi kriterler sağlanabilir.

(3).Tolerans Tasarımı:

Parametre tasarımı aşamasında imalat maliyetlerini düşürebilmek için toleranslar oldukça geniş tutulur.Eğer parametre tasarım aşamasında fonksiyonel değişkenlik istenilen düzeye düşürülmemişse , tolerans tasarımına başvurulur.Tolerans tasarımı parametre tasarımı ile belirlenen nominal değerler civarındaki toleransları belirleme sürecidir.Toleransların dar olması , imalat maliyetlerinin geniş olması da performans değişkenliğini artırır.Amaç , imalat maliyetini düşürmek için toleransları geniş tutmaktır.

b.SÜREÇ TASARIMI AŞAMASI

Süreç tasarımı imalat için açık ve yeterli standartlar , spesifikasyonlar yöntem ve üretim araçlarının tasarımında kullanılır.Süreç tasarımı sistem tasarımı, parametre tasarımı gibi aşamalar da ele alınır.

(1).Sistem Tasarımı:

Ürün verilerine ve mevcut üretim teknolojisine bağlı imalat prosesinin seçimi.

(2).Parametre Tasarımı:

Kontrol edilebilen üretim süreç parametreleri için uygun düzey ve ayarların belirlenmesi:Amaç, ürünü ve süreci olumsuz yönde etkileyen , kontrol edilemeyen faktörlere karşı, üretim prosesini robüst yapmaktır.

Ürün tasarımı ve süreç tasarımının, kalite sağlama açısından en önemli aşamaları her ikisi için de parametre tasarımı aşamasıdır. Parametre tasarım aşamasında, kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen faktörlerin ürünün verimine olan etkilerini belirlemek için en etkin yöntem istatistiksel deney tasarım yöntemidir. Burada amaç, kontrol edilebilen faktörlerin seviyelerini, kontrol edilemeyen faktörlerin ürün üzerine olan etkilerini en aza indirecek şekilde ayarlamaktır. Bu çeşit ürün ya da süreç tasarımına ROBÜST tasarım denir.

İkinci Bölüm

DENEY TASARIMI, KULLANILAN YÖNTEMLER, MATRİSLER VE DENEY TASARIMINA TAGUCHI YAKLAŞIMI

I. DENEY TASARIMI

Bir araştırma için gerekli olan veriler belli bir konuyla ilgili olarak yapılan deney veya gözlemler yardımıyla elde edilmektedir. Deneyler anlamlı veri elde edebilmek amacıyla özellikle tesbit edilen düzenekler olarak görülebileceği gibi, belirli bazı sonuçların elde edilmesinde etkili olan faktörlerin mevcut analiz metodlarının uygulanabilmesi için gerekli varsayımlara uydurulması ve böylece anlamlı hipotez testlerinin uygulanabilmesini sağlamak amacıyla bir araştırmacı tarafından tertiplenen düzenekler olarak da tarif edilebilir.

Üzerinde durulan faktör veya faktörler grubunun etkilerinin tahminine ve yapılan tahminlerin güvenilirliğini ölçmeye imkan verecek şekilde düzenlemeler yapmaya "deney tasarımı" denir. Deney çerçevesinde incelenen değişkenler 'kontrol edilebilen faktörler' olarak bilinmektedir. Bazı faktörlerin kontrolü söz konusu değildir ve deney bu tip değişkenlerin dışında yürütülmeye çalışılmalıdır. Yani deney tasarımı sadece kontrol edilebilen değişkenleri içine alacaktır. Belirli verilerin içerdiği bilgi miktarının sabit olacağı kesindir. Veriler nasıl bir işleme tabi tutulursa tutulsun varolmayan bilginin yaratılması söz konusu değildir. Bir deney ancak sınırlı sayıdaki soruları cevaplayabilir. Bu bakımdan araştırmacı deneyine başlamadan önce kesin olarak elde etmek istediği verileri

belirlemelidir. Bir deneyin kalitesinin elde edilen sonuçların anlamlılığı ve anlamsızlığı ile değil yürütülmesi için tasarlanan plana ve ölçümlerdeki doğruluğa bağlı olacağı unutulmaması gereken bir gerçektir. Kalite geliştirme konusunda yapılacak bir deney için yapılması gereken deney tasarım basamakları aşağıda verilmiştir¹.

1. Problem Tanımı: Kalite değişkeni veya değişkenlerini tanımlanır. Bu değişkenlerin ölçülebilir olması gerekmektedir.

2. Kalite değişkenini etkileyen tüm faktörlerin listelenmesi: Bu amaçla balık kılıcı cizelgesi, beyin fırtınası gibi teknikler kullanılabilir. Bu listeyi belirlemek için değişik bölümlerden bir grup oluşturulur. Daha çok deneyimli elemanlardan yararlanılır.

3. Faktörler kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen olmak üzere iki sınıfa ayrılır. Kontrol edilebilen faktörlerin değerleri birbirlerinden bağımsız olarak değiştirilebilmelidir.

4. Kontrol edilebilen faktörlerin sayısına (k) bakılarak L8 veya L16 gibi ortogonal dizgi tablolarından yararlanılır.

5. Her bir değer için düzey değerleri seçilir. Bu değerlerin seçiminde özellikle ürün ve süreçle yakından ilgili olan personelden yararlanılır.

6. Faktörler belirlenen tablolar kullanılarak, dizayn matrisi kolonlarına atanır.

7. Faktörlerin atanmış olduğu dizayn matrisi kullanılarak, uygulanacak faktör düzey karışımları belirlenir.

8. Bir rassallaştırma yöntemi (torbadan sayı çekimi gibi) kullanılarak, deneylerin uygulama sırası rassallaştırılır.

9. Deneyin uygulama planı (personel seçimi, zaman, ölçme yöntemi..v.b.) yapılır. Basamak 7 ve 8' de belirlenen faktör karışımları sıraları belirlenerek uygulama yapılır ve sonuçları (kalite değişkeni Y' nin değerleri) alınır.

10. Etkilerin değerleri hesaplanır.

11. Normal olasılık grafiği kullanarak hangi etkilerin önemli (istatistiksel açıdan) olduğuna karar verilir.

12. Önemli olan etkileşimler bulunduktan sonra bunların anlamları grafikler yardımıyla irdelenir.

13. Optimal ürün ya da proses değerleri belirlenir.

14. Gerekirse doğrulama deneyleri uygulanır.

¹ Genichi TAGUCHI, **System of Experimental Design**, Vol 1-2, Unipub, New York, 1987, s 1180.

II.DENEY TASARIM YÖNTEMLERİ

Deney tasarım yöntemleri kalite geliştirmede kalite değişkenini etkileyen kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen değişkenlerin belirlenmesinde kullanılır.Bu yöntemler Master'ın Balık Kılıcı yöntemi , Beyin Fırtınası yöntemi , Veri toplama yöntemi olan Pareto analizi gibi yöntemlerdir² .

A.BEYİN FIRTINASI

Beyin fırtınası,düşünce üretimini teşvik etmek amacıyla bir grup insanı kullanmaktır.İlk önce hangi konularda beyin fırtınası uygulanacağını saptamak önemlidir.Bu sırada üyelerden iş alanlarında varolan sorunları saptamaları

istenir.Ancak beyin fırtınasına tabi tutulacak başlığın kesin olarak belirlenmesi oldukça önemlidir.Beyin fırtınası; belirli kural ve prensipler izlendiğinde istenildiği gibi çalışır.Her üyeye sırasıyla düşüncesi sorulur ve düşünceler tükeninceye kadar bu devam ettirilir. Her üye aklında kaç düşünce olursa olsun bir seferde yalnız bir tek fikir önerir.Fikirler ne kadar çok olursa grup sürecinin etkinliği bir o kadar artar Hiç bir düşünce aptalca olarak değerlendirilmez.Çünkü bu grup üyelerinin yaratıcılığını engelleyecektir.Daha çok düşünceler iyi karşılanarak kişilerin heveslenmeleri sağlanır.Abartılar cesaretlendirildiği sürece yaratıcı bir teşvik verir.Kurallar açıklandıktan sonra beyin fırtınası oturumuna başlanır.Oturum sırasında önerilen düşüncelerin değerlendirilmesi yapılmamalıdır.Bu lider için geçerlidir.Yalnızca ters bir yorum değil iyi yorumlarda yapılmamalıdır.Son olarak bütün düşünceler bitince beyin fırtınası oturumu tamamlanır.Ortaya çıkan düşünceler eleştirilerek incelenmeli ve daraltılmalıdır.Zaman içinde basit bir oylama tekniği kullanılır.Üyeler kendi dallarında uzman oldukları için bu yöntem etkinlik kazanır.Üyeler her düşünceyi oylarlar.Lider her düşünceden sonra oyları kaydeder.Sadece desteklenen oylar kaydedilir. Kimseden bir düşünceye karşı oy vermesi istenmez.En çok oy alan düşüncelerin etrafına bir daire çizilir.Kaç tane önemli düşüncenin böyle tesbit edileceğine üyeler karar verir.Artık üyeler birkaç

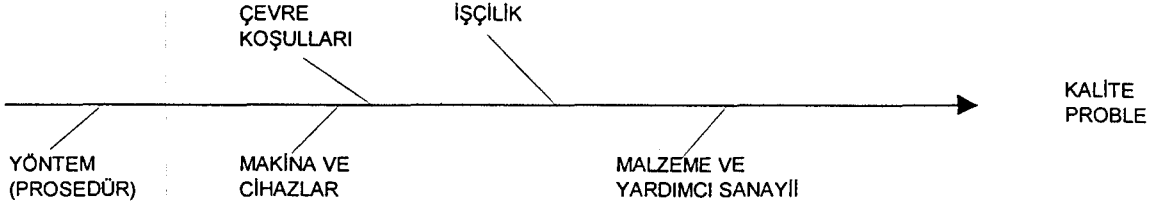
² Altan ATAM - Fatma TAŞCI - Selçuk SEMERCİOĞLU , Kalite Çemberi , Rehber Eğitimi , Arçelik A.Ş. Çayırova İşletmesi , 1994.

önemli madde üzerinde yoğunlaşabilirler.Bu bir kaç önemli başlık açıkça anlaşılınca kadar tartışılır.Bundan sonra oylanırlar.Bu defa bir üye yalnız bir oy verebilir.Daireye alınan bir düşüncenin yanına aldığı oya göre sıralaması yazılır.Uygulama ilkeleri,üyelerin çalışmak istediği kuralları temsil eder.Bu özellikle yeni bir grup için gözde bir konudur.Yeni gruplar genellikle bir lakap edinirler.Bu sonsuz çeşitlilikte olabilir.Yeni gruplar amaçlarını belirlemek için beyin fırtınası kullanırlar.Nitelik,maliyet ve programı bozan sorunlar ve engeller beyin fırtınası için ideal konulardır.Beyin fırtınası yapılırken büyük bir kağıt tabakası kullanılmalıdır.Bu herkes tarafından okunabilmelidir.Ayrıca bu kağıt yönetime sunma aşamasında kalıcı bir belge olarak kullanılabilir.Yeni düşünceler büyük düşünülerek yaratılır.Varolan kavram ya da birimlerin çeşitli bileşimleri yeni ve heyecan verici keşiflere yol açabilir.Buna örnek, buhar motoruyla küreğin ilk gemileri yürütmek için birleştirilmesidir.Genellikle ilk beyin fırtınası oturumlarından sonra kuluçka dönemi gelir.Sık duyulan bir yorum 'bunun üstüne bir uyuyalım ' dır.Daha sonra birçok yaratıcı düşünce doğabilir.Üyeler kendilerine'Beş N ve Bir K ' ya dayanan şu soruları sorduktan sonra düşünceler akmaya başlayacaktır.Ne, Neden, Ne zaman , Nerede , Nasıl ve Kim ?Eğer beyin fırtınası oturumu sırasında ziyaretçiler gelirse katılmaya çağrılabilirler.Bu durumda olası bir karışıklık ve çekingenliği önlemek için onlara kurallar açıklanmalıdır.Son olarak, grup beyin fırtınası tutanağında kimlerin katıldığını ve ne zaman olduğunu saptama alışkanlığını geliştirmelidir.Bir beyin fırtınası oturumu sırasındaki bazı adımları sıralayacak olursak;

- Beyin fırtınası uygulanacak konunun açık olarak belirlenmesi
- Kuralların konulması
- Beyin fırtınası oturumunun kendisi
- Düşüncelerin tartışılması
- Oylama

1.BALIK KILÇIĞI YÖNTEMİ

Kalite değişkenini etkileyen faktörleri belirlemede kullanılan balık kılçığı yöntemini açıklayacak olursak;öncelikle kalite problemi belirlenir ve bu probleme neden olan işçilik (kontrolü yapan personel , ölçme aleti ..v.b), çevre koşulları , kullanılan yöntem,kullanılan makina ve cihazlar, malzeme ve yan sanayi gibi etmenler kullanılarak kalite değişkenini etkileyen faktörler belirlenir. Bkz.(şek.2.1)



Şek.(2 . 1) Master Balık Kılçığı Çizelgesi

B. VERİ TOPLAMA TEKNİKLERİ

Veri toplama teknikleri sorunların analizinde ve önlenmesinde kullanılır. Bunun için öncelikle bilgi toplanmalıdır. Veri toplamada Pareto ve sebep sonuç diyagramları kullanılır. PARETO KARAR ANALİZİ : Karar almak genellikle zordur. Pareto şeması verileri düzenlenerek karşılaştırma yapılması kolaylaştırılır. Pareto 19. yüzyılda yaşamış Avrupalı bir araştırmacıdır. Sosyal sınıflar arasındaki gelir dağılımındaki eşitsizliğe grafikten yararlanarak değinmiştir. Bir Pareto şeması hazırlanması için yapılması gereken belirli adımlar vardır.

1. Adım verilerin toplanacağı zaman periyodu saptanmalıdır. Bu sadece birkaç saat sürebileceği gibi, günler hatta aylar bile sürebilmesi mümkündür.

2. Adım hangi verilerin toplanacağına karar verilmelidir. Bu aşamada dikkatli çalışma daha sonra çok az sorun çıkmasını sağlayacaktır.

3. Adım gerekli verilerin toplanmasında kullanılmak için bir form düzenlenir. Bu kontrol tablosudur. İdeal olarak verilerin düzenlenmesi için iki yol başarısızlığa uğradığı takdirde çeşitli yeni yollar için kullanmaya elverişli olacak şekilde genel olmalıdır.

4. Adım verilerin kontrol tablosuna kaydedilmesidir.

5. Adım kontrol tablosundaki veriler Pareto şemasının yapılmasında kullanılır.

6. Adım toplam çizgisini çizmektir. Sıfırdan başlayarak toplam çizgisi birinci kolonun sağ üst köşesine kadar uzatılır. Şimdi 70 seviyesindedir. Toplam çizgisi ikinci kolonun sağ üst köşesinin üstüne gelen noktaya kadar uzatılır. Aynı işlem üçüncü kolonun 25 birimi için tekrarlanır. Daha sonra 12 birimlik kolon için uzatılır. Toplam çizgisi sağ taraftaki % skalasında %100 seviyesine ulaştığında tamamlanmış olur.

7. Adım herkesin çizilen şemayı rahatlıkla anlaması için bilgi kartının eklenmesidir. Toplam çizgisinin en yaygın kullanımı öncelik sonralık durumlarının görsel olarak karşılaştırılmasıdır. Toplam çizgisindeki yüzde aşağıdaki formül yardımıyla oldukça kolay bulunur.

$$\frac{\text{Kolondaki hata miktarı} / 27}{\text{Toplam hata miktarı} / 140} * 100 = \%$$

Toplam hata miktarı / 140

Bazı durumlarda analizci konuya ilişkin olarak kendi özel bilgisini kullanarak karar verir. Örneğin kusur bilgileri taşıyan kontrol tablosuna bakarak bazı özelliklere öncelik verebilir. Bunun için tablonun sağ tarafına iki kolon eklenir ve ağırlık faktörleri

eklenir. Verilmesi gereken önem arttıkça ağırlık faktörü büyür. Her hata kategorisi ağırlık faktörüyle çarpılarak yeni ağırlıklı toplam elde edilir. Ağırlık faktörlerinin kullanım nedenleri aciliyettir.

III. DENEY MATRİSLERİ

Uygulamalarda değişken sayısının fazla olduğu dikkate alınırsa çok fazla deney yapılması gerektiği görülür. Bu gibi durumlarda deneysel maliyetler sağlanacak tasarrufları aşacağından çoğu kez deneylerin başlamadan bitmesine neden olmaktadır. Amaç çalışmalarda kaynakları israf etmeyen etkin deneysel yaklaşımı kullanmaktır. Bunun için izlenmesi gereken en pratik yol Fisher'in geliştirmiş olduğu Ortogonal Dizilerin kullanımını içeren sistematik deneysel tasarımıdır³. Bunlardan L8 ve L16 dizayn matrisleri K= 3 ve K = 4 faktörlü kalite değişkeni içeren deneyler için kullanılır. Bu deneylerde her kombinasyon bir gözlem olarak ele alınmaktadır (r=1). Bu tür deneylere "tekrarsız deneyler" denilmektedir. Maliyeti düşürmek açısından da r = 1 olması tercih edilmektedir. Tekrar sayısı arttıkça maliyet bir o kadar katlanmaktadır. Ancak istatistiksel doğrulukta o derecede artmaktadır.

Deneylerde örneğin 4 faktör ele alındığında (A, B, C, D) denenecek deney kombinasyon sayısı $a*b*c*d = 2*2*2*2 = 16$ olacaktır. Bu deneyin düzey kombinasyonlarını gösteren matris L8 dizayn matrisi denir. Ayrıca, faktör sayısı

³ R.A FISHER, *Design of Experiments*, Oliver & Boyd, Edinburg, 1966. s 40-45.

$k(k>1)$ ve tüm faktörlerin düzey sayısı 2 olan deneylere, 2^k faktöryel deneyler denir. Bu deneylerin pratikte en çok uygulananları, $k = 3$ ve $k = 4$ için 2^3 ve 2^4 deneyleridir.

A.L8 DENEY MATRİSİ

İki düzeyli üç faktörlü deneylerde kullanılan matris L8 deney matrisi denir. Bu matris aşağıdaki tabloda görülmektedir⁴. Bkz. (Tablo 2 . 1)

L8 DİZAYN MATRİKSİ

Standart Sıra	ETKİLER						
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
1	-	-	-	+	+	+	-
2	-	-	+	+	-	-	+
3	-	+	-	-	+	-	+
4	-	+	+	-	-	+	-
5	+	-	-	-	-	+	+
6	+	-	+	-	+	-	-
7	+	+	-	+	-	-	-
8	+	+	+	+	+	+	+
KOLON NO	1	2	3	4	5	6	7

Tablo (2 . 1) L8 Deney Matrisi

Tabloda gösterilen A , B ve C, faktörlerin düzey kombinasyonlarını göstermektedir. Diğer kolonlar ise faktörler arası etkileşimleri göstermektedir. Bu kolonların 'eksi' ve 'artı' işaretleri ilk üç kolonun işaretlerinin çarpımı olarak elde edilmiştir. Örneğin, AB etkileşim kolonunun işaretleri, A ve B kolonlarının işaretlerinin çarpımı sonucu bulunmuştur. İki düzeyli deneylerde, düzeylerin birine alt düzey, diğerine üst düzey denmektedir. Genellikle, alt düzeyler (-), üst düzeyler (+) işaretiyle temsil edilmektedir. Bazen (-) ve (+) işaretlerinin yerine (1) ve (2) sayıları da kullanılabilir. Bir örnekle L8 deney matrisi hesaplama yöntemlerini açıklayacak olursak; Bu örnekteki değerler soyuttur. Faktör sayısı $k = 3$, faktörler A

⁴ ŞİRVANCI ,s. 13-35.

, B ve C'dir. Her kombinezonda yalnız bir gözlem alınmakta ($r = 1$) ve dolayısıyla toplam gözlem sayısı $n = 8$ ' dir. Y'nin değerleri , bkz. Tablo (2 . 2) 'de verilmiştir.

STANDART SIRA	A	B	C	GOZLEM DEĞERLERİ
1	-	-	-	25
2	-	-	+	21
3	-	+	-	44
4	-	+	+	43
5	+	-	-	38
6	+	-	+	31
7	+	+	-	40
8	+	+	+	36

Tablo (2 . 2) Örnek için veri değerleri

Hesaplar için önce mantıksal bir gerekçe vermek gerekmektedir. Şöyle ki faktör A 'nın Y 'yi ne ölçüde etkilediğini bulmak için Y 'nin tüm (8) değerlerini , A 'nın iki farklı düzeyine göre, dörder dörder gruplamak gerekir. Bu gruplandırma üsteki tabloda A 'nın üst düzeyine (+) tekabül eden Y ' nin son 4 değeri anlamına gelmektedir. A 'nın Y 'ye olan etkisini belirlemek için, ilk 4 Y'nin ortalamasını alıp, ikinci 4 Y 'nin ortalamasıyla karşılaştırmak gerekir.

$$A_1 = (25 + 21 + 44 + 43) / 4 = 33.25 \text{ ve } A_2 = (38 + 31 + 40 + 36) / 4 = 36.25$$

Yani, A'nın alt düzeyinden, üst düzeyine geçirilmesi , respons değişkeninin ortalama değerini; 33.25'den 36.25'e yükseltme sonucunu doğurmaktadır. Bu sebeple, A'nın net ortalama etkisi iki düzey ortalamasının farkı olarak,

$$\text{Etki A} = A_2 - A_1 = 36.25 - 33.25 = 3 \text{ bulunur.}$$

Diğer faktörlerin etkileri de aynı biçimde bulunabilir. Ancak dörder gruplandırma yapılırken, söz konusu faktörlerin düzeyleri, yani (-) ve (+) işaretleri , dikkate alınacaktır. Örneğin faktör B ' nin etkisini hesaplamak için , B'nin alt düzeyine (-) tekabül eden 25, 21, 38 ve 31 değerleri ortalamasıyla B'nin üst düzeyine (+) tekabül eden 44 , 43 , 40 ve 36 değerlerinin ortalamasını karşılaştırmak gerekir.

$$B_1 = (25 + 21 + 38 + 31) / 4 = 28.75 \quad B_2 = (44 + 43 + 40 + 36) / 4 = 40.75$$

$$\text{Etki } B = B_2 - B_1 = 40.75 - 28.75 = 12$$

Not = B 'nin Y ' ye olan etkisinin , A 'nın kine kıyasla , çok daha fazla olduğu görülmektedir. Dizayn matrisinin ' eksi ' ve ' artı ' işaretleriyle ifade edilmesinin en büyük yararı hesapların otomatik olarak yapılmasını mümkün kılmasıdır. Örneğin A 'nın etkisini bulmak için bkz. tablo (2.2)'deki A ve Y kolonları birbiriyle çarpılır ve sonuç 4' e bölünür.

$$\text{Etki } A = (A * Y) / 4 = (-25 - 21 - 44 - 43 + 38 + 31 + 40 + 36) / 4 = 3$$

B ' nin etkisinde aynı şekilde bulunur.

$$\text{Etki } B = (B * Y) / 4 = (-25 - 21 + 44 + 43 - 38 - 31 + 40 + 36) / 4 = 12$$

Faktörler arası etkileşim içinde aynı yöntem uygulanır. Örneğin AB etkileşimini hesaplamak için AB kolonu Y kolonuyla çarpılır ve 4' e bölünür.

$$\text{Etki } AB = (AB * Y) / 4 = (+25 + 21 - 44 - 43 - 38 - 31 + 40 + 36) / 4 = - 8.5$$

$$\text{Etki } AC = (AC * Y) / 4 = - 6 / 4 = - 1.5$$

Son yıllarda deney tasarımında hesaplamayı kolaylaştırmak için bazı tablolar geliştirilmiştir. L8 dizayn matrisi için kullanılacak hesap tablosu bkz. tablo (2.3) verilmiştir.

1. HESAP TABLOSUNUN DOLDURULMASI

Bu tablo, analiz için şu şekilde kullanılır : Önce deney sonucunda elde edilen değerler ' gözlem değeri ' kolonuna işlenir. Gözlem kolonunun her satırındaki değer boş hanelere yerleştirilir. Daha sonra her kolonun toplamı alınarak ' toplam ' satırı doldurulur. Her kolonun toplamı ' sayı ' satırındaki rakama bölünerek sonuç ' ortalama ' satırına işlenir. Son basamakta, faktörlerin etkileşimlerin etki değerlerini bulmak için , her ana kolondaki 2. kolonun ortalamasından 1. kolonun ortalaması

L8 HESAP TABLOSU

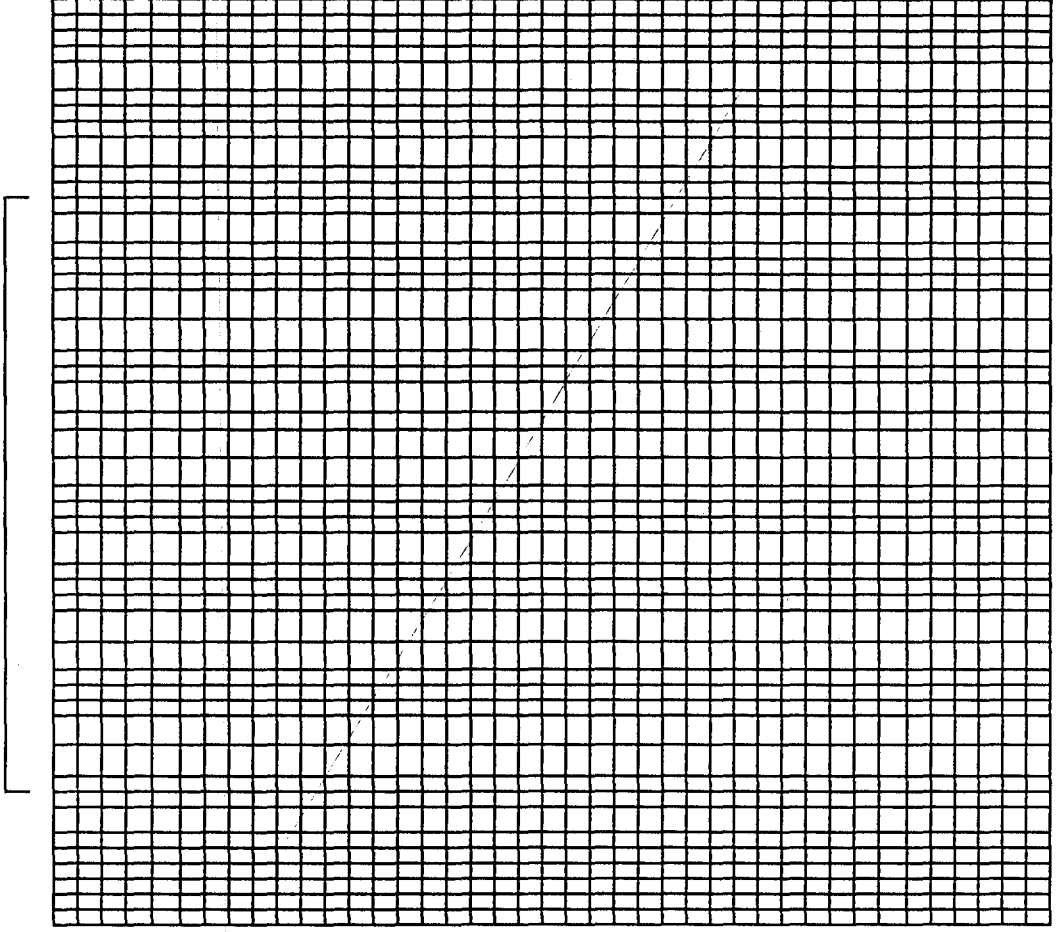
STANDART SIRA	GÖZLEM DEĞERİ	A		B		C		AB		AC		BC		ABC	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	25	25		25		25			25		25		25	25	
2	21	21		21			21		21	21		21			21
3	44	44			44	44		44			44		44		44
4	43	43			43		43	43		43			43	43	
5	38		38	38		38		38		38			38		38
6	31		31	31			31	31			31	31		31	
7	40		40		40	40			40	40		40		40	
8	36		36		36		36		36		36		36		36
TOPLAM	278	133	145	115	163	147	131	156	122	142	136	136	142	139	139
SAYI	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ORTALAMA	34.75	33.25	36.25	28.75	40.75	36.75	32.75	39	30.5	35.5	34	34	35.5	34.75	34.75
ETKİ		3		12		-4		8.5		1.5		1.5		0	
SIRA		6		7		2		1		3		5		4	

Tablo (2 . 3) Örnek L8 Hesap Tablosu

çıkarılarak sonuç ortalama satırına işlenir.

2.NORMAL OLASILIK GRAFİĞİNİN ÇİZİMİ

Analizin bu aşamasında 'etki 'sattırındaki etkilerden hangilerinin istatistiksel açıdan hangisinin önemli olduğuna karar verilir.Bunun için normal olasılık grafiği yöntemi kullanılır.Boş bir normal olasılık kağıdı Şekil Bkz.(2.2)'de verilmiştir.Normal olasılık grafiğini oluşturmak için önce bkz.tablo(2 . 3) ' deki etkileri cebirsel olarak sıraya koymak gerekir.



Şekil (2 . 2) Örnek Normal Olasılık Grafiği

L8 HESAP TABLOSU

STANDART SIRA	GÖZLEM DEĞERİ	A		B		C		AB		AC		BC		ABC	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	25	25		25		25			25		25		25	25	
2	21	21		21			21		21	21		21			21
3	44	44			44	44		44			44	44			44
4	43	43			43		43	43		43			43	43	
5	38		38	38		38		38		38			38		38
6	31		31	31			31	31			31	31		31	
7	40		40		40	40			40	40		40		40	
8	36		36		36		36		36		36		36		36
TOPLAM	278	133	145	115	163	147	131	156	122	142	136	136	142	139	139
SAYI	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ORTALAMA	34.75	33.25	36.25	28.75	40.75	36.75	32.75	39	30.5	35.5	34	34	35.5	34.75	34.75
ETKİ		3		12		-4		8.5		1.5		1.5		0	
SIRA		6		7		2		1		3		5		4	

Tablo (2.3) Örnek L8 Hesap Tablosu

En küçük değer '1' sıra numarasını en büyük 'artı' değer '7' sıra numarasını alır. Normal olasılık grafik kağıdının yatay eksenini etki değerleri için dikey eksenini ise sıra numaraları için kullanılır. L8 deneylerinde 7, L16 deneylerinde 15 etki değeri sıraya konulacak ve o sayıda nokta grafiğe işlenecektir. Bkz. Şekil (2.3)

Böylece 7 nokta elde edilmiş olur. Daha sonra etki değerleri '0' en yakın olan üç dört nokta dikkate alınarak bu noktalardan uzaklığı en az olan bir doğru çizilir. İstatistiksel önemi olan etkiler çizilen doğruya göre belirlenir. Önemli noktalar, ya grafiğin alt tarafında doğrunun solunda, ya da grafiğin üst tarafında doğrunun sağında kalan noktalardır. Bu yaklaşıma göre bkz. şekil (2.3)'de B ve AB etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu görülür.

3. ETKİŞLEŞİMİN YORUMU

Şekil (2.3)'deki normal olasılık grafiğine göre ana etki olarak B ve etkileşim olarak AB etkileşimi önemlidir. AB etkileşimin önemli olarak saptanmış olması bu etkileşimi oluşturan A ve B faktörlerinin dikkate alınması gerekmektedir. Bu örneğin respons değişkeni Y'nin optimize edilebilmesi için AB etkileşiminin yorumunun yapılarak Y'yi nasıl etkilediğinin belirlenmesi gerekir. Etkileşimlerin yorumu, etkileşim grafikleri çizilerek yapılır. AB etkileşim grafiğini çizmek için önce Y'nin A'nın ve B'nin düzeylerine göre 4 gruba ayrılır ve

her grubun ortalaması bulunur.Bkz.Tablo (2. 4)'de altı çizgili olarak verilen değerler grubun ortalamasıdır.

A	B	
	1	2
1	25;21	44;43
	<u>23</u>	<u>43.5</u>
2	38;31	40;36
	<u>34.5</u>	<u>38</u>

Tablo (2 . 4) AB Etkileşimi

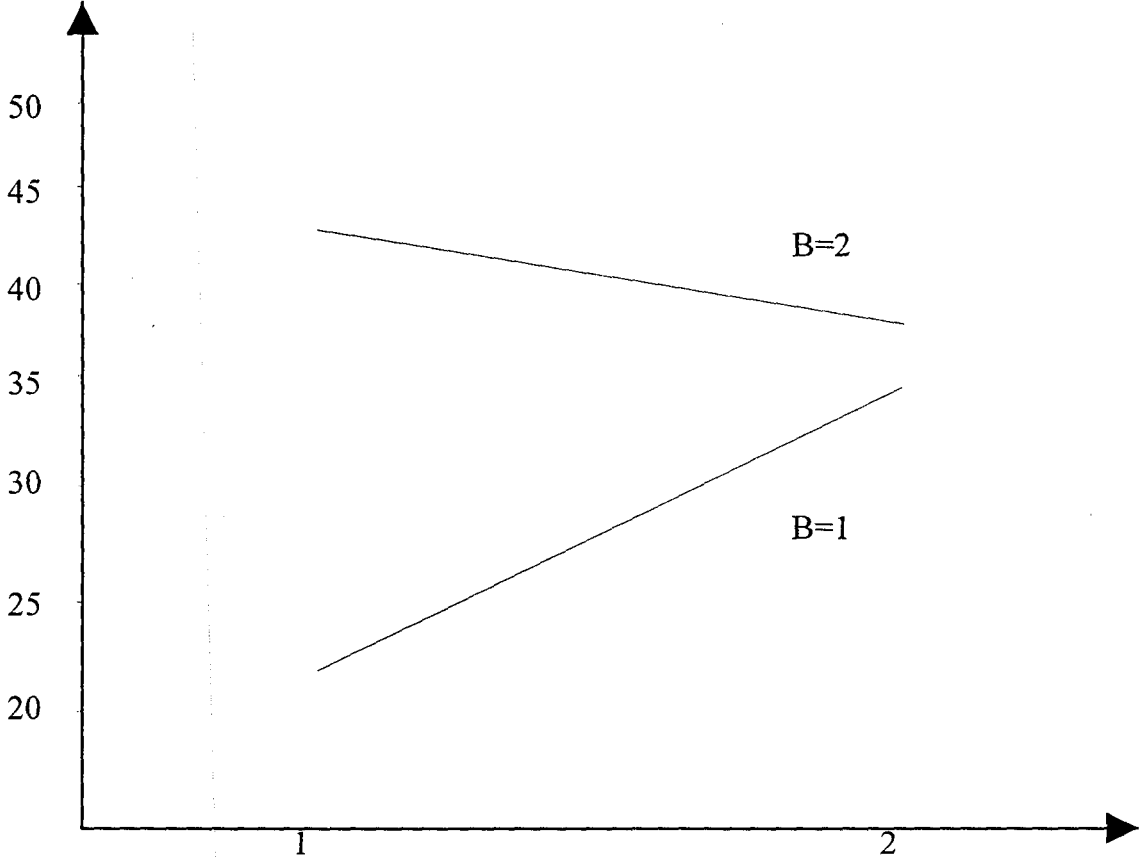
Bu ortalama değerler AB etkileşim grafini çizmek için kullanılır.Etkileşim grafiği bkz.Şekil (2 . 4) gibidir.Y'nin ortalama değerleri A'nın düzeylerine göre grafiğe işlenmiş ve B'nin düzeylerine göre etkileşim doğruları çizilmiştir.Öncelikle doğrular paralel olmadığı için grafik daha önce belirlenen sonucu yani AB etkileşiminin önemli olduğu sonucunu teyid etmektedir.Ayrıca doğrular zıt eğilimli oldukları için AB etkileşimi negatiftir.AB etkileşim yorumunu daha fazla yapabilmek için Y'nin ne tür bir kalite değişkeni olduğunu bilmek gerekir.

4.HESAP YÖNTEMİNİN ÖZETİ

1. Deneyin uygulaması bitirilip veriler elde edildikten sonra veriler L8 hesap tablosunun gözlem değeri kolonuna girilir.
2. Gözlem değeri kolonundaki her değer aynı satırdaki boş hanelere işaretlenir.
3. Her satırın toplamı alınarak ' toplam ' satırına işlenir.
4. Topamlar 'sayılara' bölünerek ortalamaları bulunur ve ortalama satırına işaretlenir.
5. Her etki kolonundaki 2.düzye ortalamasından 1.düzye ortalaması çıkarılarak etki değerleri bulunur ve ' etki ' satırına işaretlenir.
6. Etki değerleri cebirsel sıraya konularak en eksi değere '1', en artı değere '7' sıra numarası verilerek ' sıra ' satırına yazılır.
7. Sıra numaraları için dikey ekseni , etki değerleri için yatay ekseni kullanarak normal olasılık grafiği oluşturulur.Noktalar grafiğe işaretlenir.
8. Noktaların sifıra yakınlık bakımından en küçük yaklaşık yarısını kullanarak , bu noktalara en yakın geçecek biçimde bir doğru çizilir.

9. Noktaların doğruya göre konumlarına bakılarak önemli etkiler belirlenir. Önemli etkilere tekabül eden noktalar yukarıda doğrunun sağında aşağıda doğrunun solunda yer alırlar. Bu etkilerin değeri ya aşırı artı ya da aşırı eksi değerlerdir.

10. Belirlediğimiz etkiler arasında etkileşimler varsa etkileşim grafikleri çizilerek etkileşimler yorumlanır.



Şekil (2 . 4) AB Etkileşim Grafiği

IV.DENEY TASARIMINA TAGUCHI YAKLAŞIMI

A. TAGUCHI YÖNTEMİ

Endüstriyel uygulamalarda daha az sayıda deney yaparak optimum çözümü bulmak için kullanılan yöntem TAGUCHI YÖNTEMİ denir. Sistemden kaynaklanan değişkenlik tasarım aşamasında Taguchi yöntemi kullanarak yapılacak daha iyi tasarımlarla azaltılabilir. Belirlilik ortamında en iyileme süreci , en iyilenecek fonksiyonun veya fonksiyonların belirlenmesini gerektirir. Bunların bilinmediği durumlarda deneysel yöntemlere başvurulur. Taguchi Yöntemi eniyilenecek

fonksiyonlar ve kullanılacak dağılımların bilinmediği durumda en iyi ürün tasarımını belirlemek için kayıp fonksiyonunu deneysel olarak en küçüklemeye çalışır. Bu yönüyle Taguchi'nin belirsizlik ortamında karar verme sürecinin deneysel olarak yürütülmesi şeklinde düşünülebileceğini ifade etmektedir ⁵ . Tasarım en iyilemeye yönelik Taguchi Yöntemi'nin gerekçesi amaçları kullandığı araçlar ve elde ettiği sonuçların değerlendirilmesi açısından aşağıdaki gibi özetlenebilir ⁶ .

1. Tüketici bir ürünü aşağıdaki sebeplerden dolayı satın alacaktır.

- İstenilen fonksiyonlara sahip olması
- Çevresel etkilere ve bozulmalara dirençli olması
- Özellik, görünüş ve maliyet bakımından benzer ürünlerden iyi olması

2. Tüketicilerin beklentilerini karşılayacak önlemler

- Daha düşük maliyetle kaliteyi geliştirmek için ürün ve süreç tasarımını en iyilemek.
- Kalitede sağlanan gelişmeleri maliyet terimleri ile gösterebilmek için kalite kayıp fonksiyonunu kullanmak.
- Planlama, tasarım, üretim satış ve servis hizmetleri, tüketici beklentilerini kalite fonksiyonu yayılımı ile çalışanlara benimsetmek.
- Önlemlerin alınması üç adımda izlenir. Sistem tasarımı , parametre tasarımı, tolerans tasarımı.
- Üç adımlı yaklaşımı uygularken karşılaşılabilecek zaman , para ve diğer sorunları en aza indirmek için kullanılan yöntemler ; Ortogonal diziler , doğrusal grafikler , kalite kayıp fonksiyonu.
- Deneysel çalışma ile elde edilen sonuçlar iki açıdan değerlendirilebilir.

Birincisi analiz sonuçlarının en iyi olması gerekmez. Ancak önceki duruma göre daha hızlı ve iyi olmalıdır. (yani 10 günde %50 başarı elde etmek 200 günde %90 başarıdan iyidir.) İkincisi oldukça fazla sayıda üretim yapan süreçlerde sağlanacak küçük bir artışın geliştirme üzerindeki birikimli etkisi bilinen problemlerin geliştirilmesi ile elde edilecek etkiden daha büyüktür.

Taguchi yöntemleri ürün değişkenlerinin en iyi değerlerini belirlemeye çalışır. Bu nedenle kaliteyi etkileyen değişkenler kontrol edilebilen (KD) ve kontrol

⁵ J. J. PIGNETIELLO , An Overview Of The Strategy and Tactics Of Taguchi , IIE Transaction, 1988 , s. 247-254.

⁶ L . P. SULLIVAN , The Seven Stages in Company - Wide Quality Control , Quality Progress , 1986, s. 77-83 .

edilemeyen değişkenler (KED) olarak iki ayrı grupta toplanır.Çok yüksek maliyet getirdikleri için KED'i bulup ortadan kaldırmak uygun değildir.Bunun yerine KED'in bozucu etkisini en aza indirgeyen KD'in nedenleri araştırılır. Bu araştırmayı yaparken kalite kayıp fonksiyonu performans istatistiği ve ortogonal diziler gibi kalite geliştirme uygulamalarında oldukça yeni olan istatistiksel yöntemlerden yararlanır.Sonuçta ürün (süreç) tasarımı eliştirilerek sistemden kaynaklanan değişkenlik miktarı önemli ölçüde azaltılır.Böylece bir yandan kalite geliştirilirken diğer yandan da maliyetler azaltılmış olur.Kontrol edilemeyen faktörlerden biri de gürültü faktörüdür.

1.GÜRÜLTÜ FAKTÖRÜ

Prof.TAGUCHI ' ye göre , ürünün fonksiyonel karekteristiklerinde farklılık yaratan ve kontrol edilemeyen bir faktördür. TAGUCHI, üç çeşit gürültü olduğunu öne sürmektedir⁷ .

1. Dış Gürültü:Çevre koşullarındaki farklılık.Örneğin, ısı nem oranı , voltaj, toz ...v.b. kontrol edilemeyen değişmeler.
2. İç Gürültü:Yıpranma bir iç gürültüdür. Örneğin zamanla ve kullanılma sonucu oluşan, ürün aşınması, materyal yorgunluğu gibi.
3. Birimler Arası Gürültü:Aynı spesifikasyona göre imal edilmiş olmasına rağmen birimden birime görülen farklılıktır. Bu tür farklılığın nedeni, hammadde ve üretim sürecindeki farklılıklar olabilir. Gürültü faktörüne karşı alınacak önlemler aşağıda [bkz.tablo(2 . 5)] verilmiştir.

⁷ Genichi TAGUCHI , **System of....** ,s.155.

ÜRETİM SİSTEMİ AŞAMALAR	VARYANSYON (GÜRÜLTÜ)			
	FAKTÖRLERİ			KALİTE SAĞLAMA YÖNTEMİ
	DIŞ	İÇ	BİRİMLER ARASI	
ÜRÜN TASARIMI	0	0	0	DENEY TASARIMI
PROSES TASARIMI	X	X	0	DENEY TASARIMI
İMALAT	X	X	0	SPC (İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜ) VEYA MUAYENE

0=MÜMKÜN

X=MÜMKÜN DEĞİL

Tablo (2 . 5) Gürültü Faktörüne Karşı Önlemler

Taguchi yöntemi ürün ve süreç geliştirme amacıyla kullanılmaktadır. Kullanım alanı ister ürün, ister süreç olsun izlenecek yol aynı olacaktır. İzlenecek yolun aynı olması yolun uygulamaya aktarılış biçimini önemli kılmaktadır. Bunun yanısıra uygulamada karşılaşılabilecek sorunlar ve bunların çözüm yolları da önem arz etmektedir. Taguchi'nin uygulamalarında kullandığı yöntemlerden biride sinyal / gürültü oranlarıdır⁸.

2. SİNYAL / GÜRÜLTÜ ORANLARI

Kaliteyle ilgili uygulamaların çoğunda amaç 'Kalite Değişkeni' Y'nin ortalama değerinin optimal noktaya getirilmesidir. Yani Y'nin varyasyonunu en aza indirmektir. Bu konuya deney tasarımında ilk kez eğilen Profesör Taguchi olmuş ve bu amaçla deney tasarımında performans kriteri olarak Y'nin ortalama değeri yerine analiz edilmek üzere Sinyal / Gürültü oranı olarak adlandırılan bir dizi istatistik yöntem geliştirilmiştir. Bunların içinde pratikte en çok kullanılanı üç

⁸ Genichi TAGUCHI , **Taguchi Methods : Orthogonal Arrays and Linear graphs; Tools for Quality Engineering** , ASI Inc., Dearborn , Michigan . 1987.

tanıdır. Sinyal/ gürültü oranlarını tanımlamak için öncelikle \bar{Y} (ortalama) ve S^2 (varyans) 'yi tanımlamak gerekir.

$Y_1, Y_2, Y_3, \dots, Y_n$ gözlemler olarak kabul edilir.

$$\bar{Y} = \frac{Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n}{n} = S \bar{Y} / n$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum (Y_i - \bar{Y})^2 = \frac{(Y_1 - \bar{Y})^2 + (Y_2 - \bar{Y})^2 + \dots + (Y_n - \bar{Y})^2}{(n-1)}$$

Taguchi uygulamadaki problemleri hedefin türüne göre üçe ayırmakta ve her biri için farklı bir Sinyal / gürültü oranı tanımlamaktadır.

1) En Küçük En İyi

Bu durumda \bar{Y} 'nin hedef değeri sıfırdır. Buna göre sinyal/gürültü oranı(S/G) şöyle tanımlanır.

$$S / G = - 10 \log (S \bar{Y}^2 / n)$$

Deneyin amacı , S / G oranının en büyüklenmesidir.

2) En Büyük En İyi

Burada hedef \bar{Y} 'nin 'sonsuz' değeridir. Örneğin bir ürünün direnci gibi. Bu durumda ise Sinyal / Gürültü oranı şöyle tanımlanır:

$$S / G = - 10 \log (S / \bar{Y}^2) / N$$

Burada da deneyin amacı S / G oranının en büyüklenmesidir.

3) Belli Bir Hedef Değer En İyisi

Bu durumda Y için belirli bir hedef değer verilmiştir.Örneğin ürün boyutları gibi .Bu durumda ise,

$$S / G \text{ Oranı} = 10 \log (Y^2 / S^2)$$

Amaç yine, S / G oranının en büyüklenmesidir.Zaten varyasyon S^2 , Y (ortalama)' ye göre azaldıkça S / G oranı artacaktır.

Sinyal / Gürültü oranını bir örnek yardımıyla inceleyecek olursak;

Entegre Devre metalize cam zemine monte ediliyor. Amaç tutma (bant) kuvvetinin maksimize edilmesi.Y'yi etkilediği düşünülen dört faktör belirleniyor.K= 4 ve L8 dizayn matrisi kullanılıyor.

FAKTÖRLER	ALT DÜZEY	ÜST DÜZEY
A. Yapıştırıcı Türü	A1	A2
B. İletken Madde Türü	Bakır	Nikel
C. Kür Süresi	90 Dk.	120 Dk.
D. Son Kaplama Türü	Kalay	Gümüş

Post Coating = Son kaplama

Faktörler sırasıyla A,B,C, ve D sırasıyla 1,2,3 ...7 kolonlara atanıyor.Faktör düzeylerinin her kombinezonunda 5 gözlem alınmaya karar veriliyor (r=5).Dolayısıyla,n= 5*8 = 40 bu 40 deneyin rassallaştırılması gerekiyor. Bkz.Tablo(2.6)'da rassallaştırılmış sonuçlar veriliyor.

VERİLER

STANDART SIRA	Y GÖZLEMLER	Y ORTALAMA	S STANDART SAPMA	LOG S	1/Y ² /N	S/G ORANI
1	73,73.2,72.8, 72.2,76.2	73.48	1.57	0.196	0.0001854	37.32
2	87.7,86.4,86.9, 87.9,86.4	87.06	0.71	0.149	0.0001320	38.79
3	80.5,81.4,82.6, 81.3,82.1	81.58	0.80	0.097	0.0001503	38.23
4	79.8,77.8,81.3, 79.8,78.2	79.38	1.41	0.149	0.0001588	37.99
5	85.2,85,80.4, 85.2,83.6	83.88	2.06	0.314	0.0001423	38.47
6	78,75.5,83.1, 81.2,79.9	79.54	2.93	0.467	0.0001586	38.00
7	78.4,72.8,80.5, 78.4,67.9	75.06	5.17	0.713	0.0001771	37.52
8	90.2,87.4,92.9 90,91.1	90.32	1.99	0.299	0.0001227	39.11

Tablo (2 . 6) Örnek Deneyin Verileri

Bu deneyin sonuçları çeşitli biçimlerde analiz edilebilir. Bunları şöyle sıralayabiliriz.

1.Y ortalama tutma kuvvetinin analizi Bkz.Tablo (2 . 7), Bkz.Şekil (2 . 5)

2.LogS (Y'nin standart sapmasının logaritması) analizi bkz.tablo(2.8) , şekil(2.6)

3.S / G oranının analizi bkz. tablo (2 . 9), şekil (2 . 7)

Burada iki amaç söz konusudur.Birincisi mukavemet Y'yi maksimize etmek diğeri

STANDART SIRA	GÖZLEM DEĞERİ	A		B		C		AB		AC		BC		ABC	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	73.48	73.48		73.48		73.48			73.48		73.48			73.48	73.48
2	87.06	87.06		87.06			87.06		87.06	87.06			87.06		87.06
3	81.58	81.58			81.58	81.58		81.58			81.58	81.58			81.58
4	79.38	79.38			79.38		79.38	79.38		79.38			79.38	79.38	
5	83.88		83.88	83.88		83.88			83.88		83.88			83.88	83.88
6	79.54		79.54	79.54			79.54	79.54			79.54	79.54		79.54	
7	75.60		75.60		75.60	75.60			75.60	75.60		75.60		75.60	
8	90.32		90.32		90.32		90.32			90.32	90.32		90.32		90.32
TOPLAM	650.87	321.50	329.34	325.96	326.88	314.54	336.30	324.38	326.46	325.92	324.92	323.78	142	308	342.84
SAYI	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
ORTALAMA	81.36	80.38	82.34	80.99	81.72	78.64	84.08	81.10	81.62	81.48	81.23	80.95	81.77	77.00	85.71
ETKI		1.96		0.73		5.44		0.52		0.25		0.82		8.71	

Tablo (2 . 7) Ortalama Y Etki Hesap Tablosu

ise aynı zamanda parçadan parçaya görülen farklılığı yani S'yi minimize etmektir. Birinci analiz birinci amaca yönelik ikincisi ise ikinci amaca yöneliktir.Taguchi'nin S/G oranı ile ilgili üçüncü analizi ise her iki analizi bir analizde birleştirmektedir.Her üç analiz için hesap tabloları verilmiştir.

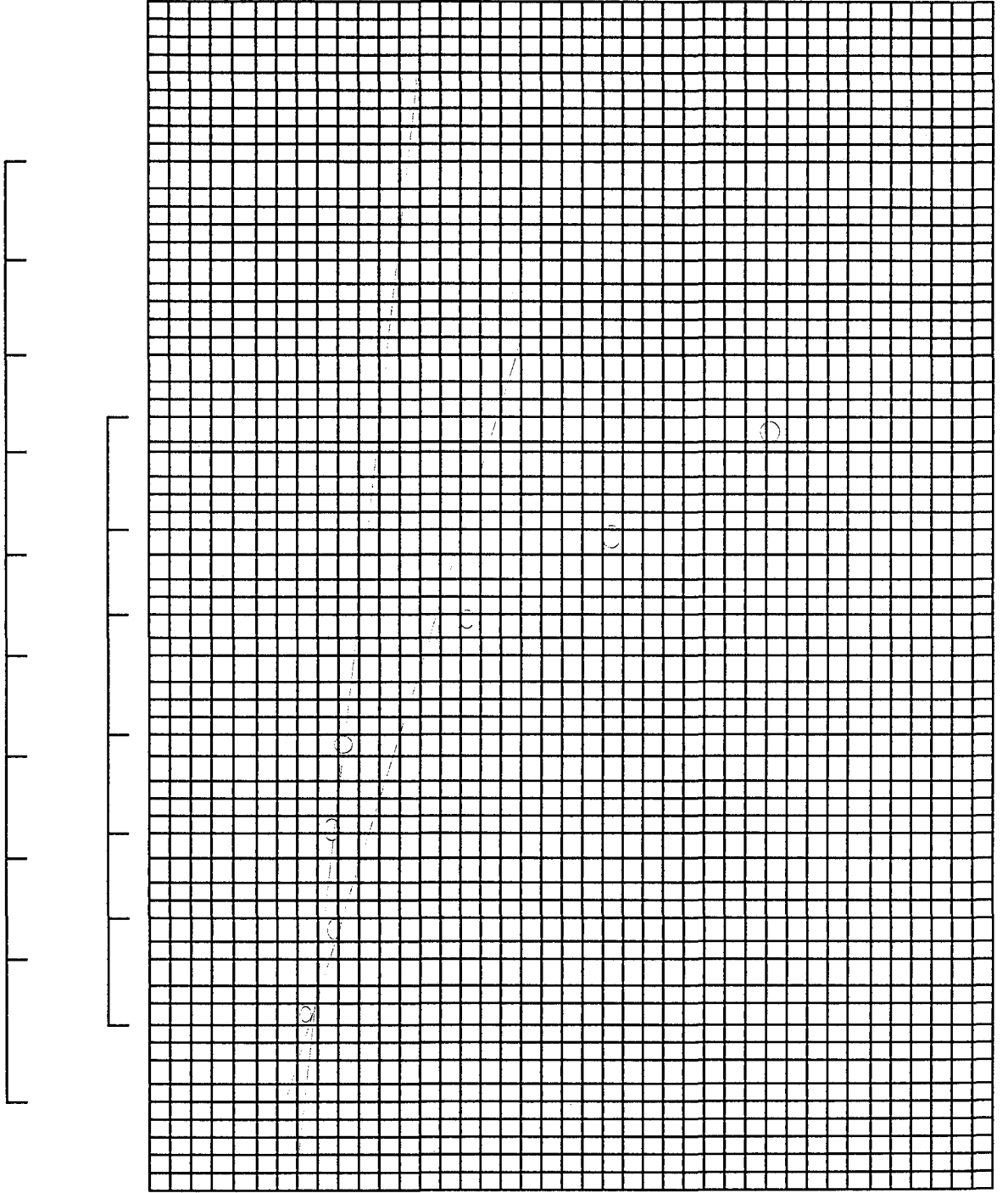
SONUÇ:

1) Ortalama Y'nin analizi C ve D'nin önemli muhtemelen de A'nın önemli olduğunu göstermektedir.Y' yi en büyükmek için D'yi üst düzeyinde (gümüş) C'yi üst düzeyinde (120 dk) ve muhtemelen A'yı da üst düzeyinde (A2) tutmak gerekmektedir.

2) Y'deki parçadan parçaya farklılığı azaltmak için (log S'nin analizi) A'yı alt düzeyinde(yapıştırıcı 1)ve D'yi üst düzeyinde(gümüş) tutmak gerekmektedir.Sonuç 1 ve sonuç 2 D için tutarlıdır.A için ise çelişkili görünmektedir.Ancak A'nın Y için önemliliği kesin değildir.

3) S / G Oranının analizi ise , S / G oranını en büyükmek için C'yi üst düzeyde (120 dakika),D'yi üst düzeyde (gümüş) tutmanın gerektiği görülmektedir.Diğer yandan muhtemelen de A'yı üst düzeyinde tutmak gerekmektedir.Taguchi S/G oranına göre yapılan analiz sonuçları C ve D için analiz 1 ve 2 sonuçları ile uyuşmakta A için çelişki yaratmaktadır.Ancak A için analiz 2'den elde edilen sonuç son derece kuvvetlidir.

NORMAL OLASILIK GRAFİK KAĞIDI



Şekil (2 . 5) Y Analizi İçin Normal Olasılık Grafiği

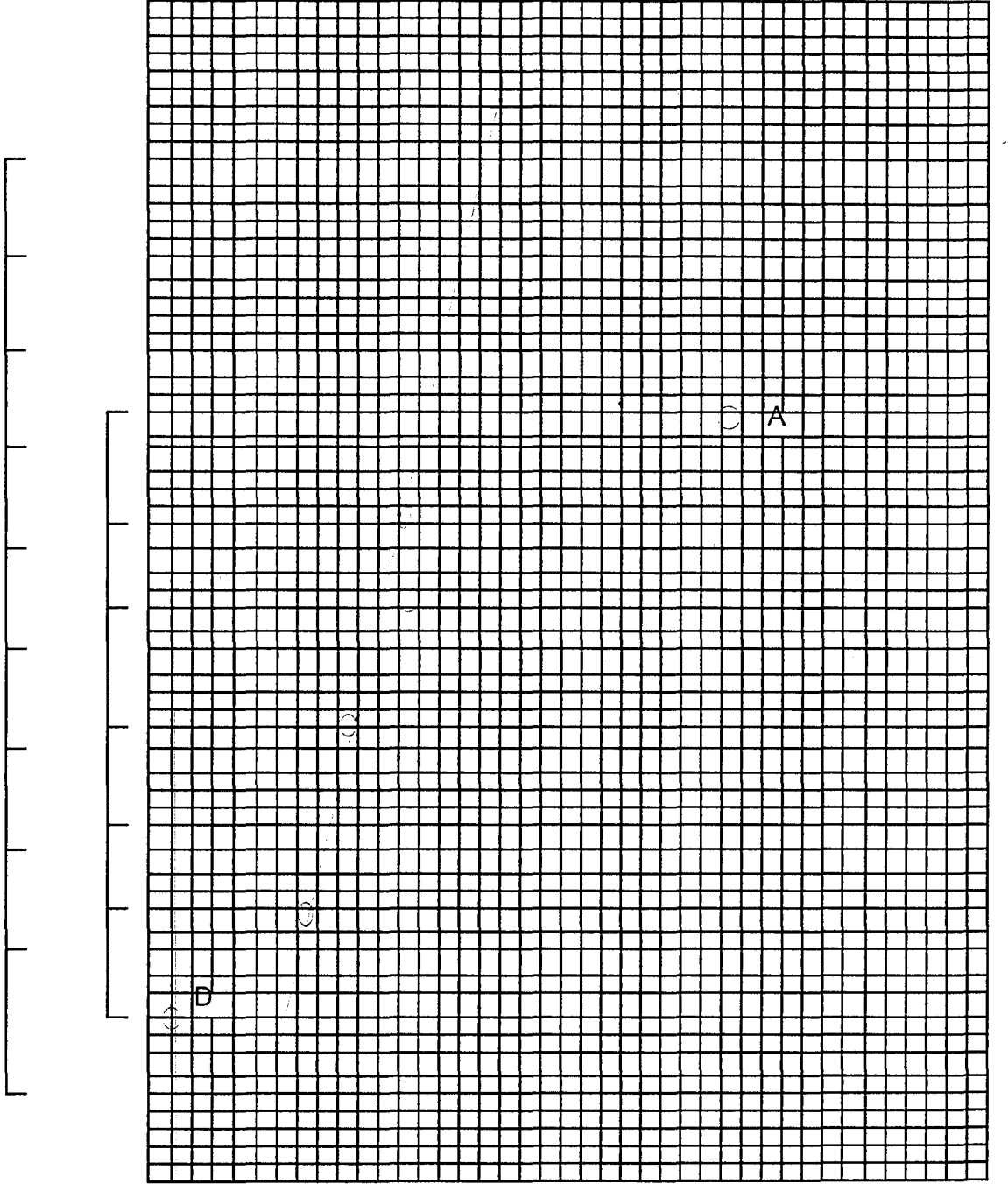
STANDART SIRA	GÖZLEM DEĞERİ	A		B		C		AB		AC		BC		ABC		
		log S	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	0.196	0.196			0.196		0.196			0.196		0.196		0.196	0.196	
2	0.149	0.149			0.149			0.149		0.149	0.149		0.149			0.149
3	0.097	0.097				0.097	0.097		0.097			0.097	0.097			0.097
4	0.149	0.149				0.149		0.149		0.149			0.149	0.149		
5	0.314		0.314	0.314		0.314		0.314		0.314			0.314		0.314	
6	0.467		0.467	0.467			0.467	0.467			0.467	0.467		0.467		0.467
7	0.713		0.713		0.713	0.713			0.713	0.713		0.713		0.713		0.713
8	0.299		0.299		0.299		0.299		0.299		0.299		0.299		0.299	0.299
TOPLAM	1.892	0.99	1.793	0.828	1.064	1.126	0.766	0.833	1.056	1.027	0.865	0.134	0.958	1.525	0.367	
SAYI	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
ORTALAMA	0.236	0.025	0.448	0.207	0.266	0.282	0.192	0.208	0.265	0.257	0.216	0.234	0.240	0.381	0.092	
ETKİ		0.423		0.059		0.090		0.057		0.041		0.006		0.289		

Tablo (2 . 8) LogS Etki Hesap Tablosu

STANDART SIRA	GÖZLEM DEĞERİ	A		B		C		AB		AC		BC		ABC		
		S/G	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	37.32	37.32			37.32		37.32			37.32		37.32		37.32	37.32	
2	38.79	38.79			38.79			38.79		38.79	38.79		38.79			38.79
3	38.23	38.23			38.23	38.23		38.23			38.23	38.23		38.23		38.23
4	37.99	37.99				37.99	37.99	37.99		37.99			37.99	37.99		37.99
5	38.47		38.47	38.47		38.47		38.47		38.47			38.47		38.47	38.47
6	38.00		38.00	38.00		38.00	38.00		38.00		38.00	38.00		38.00		38.00
7	37.52		37.52		37.52	37.52			37.52	37.52		37.52		37.52		37.52
8	39.11		39.11		39.11		39.11		39.11		39.11		39.11	39.11		39.11
TOPLAM	305.43	152.33	153.10	152.58	152.85	151.54	153.89	152.69	152.74	152.77	152.66	152.54	152.8	150.83	154.60	
SAYI	8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
ORTALAMA	38.18	38.08	38.28	38.14	38.21	37.88	38.47	38.17	38.18	38.19	38.16	38.14	38.22	37.71	38.65	
ETKİ		0.20		0.07		0.59		0.01		0.03		0.08		0.94		

Tablo (2 . 9) Örnek Sinyal / Gürültü Etki Hesap Tablosu

NORMAL OLASILIK GRAFİK KAĞIDI



Şekil (2.6) LOG S 'İN Analiz Grafiği

B. TAGUCHI'NİN KALİTE ANLAYIŞI

Taguchi kaliteyi;ürünün tüketiciye ulaştıktan sonra topluma verdiği kayıplar olarak tanımlamaktadır ⁹. Taguchi'nin kalite anlayışında kalite tüketici odaklı olarak tanımlanmaktadır.Taguchi anlayışının amacı kaliteyi kontrol etmek değil kontrol edilmeyen değişkenlere karşı duyarsız hale getirmek , kontrol edilebilen değişkenlerin değerlerini belirleyerek maliyetleri azaltmaktır.Taguchi yöntemleri istatistik ve kalite anlayışının bütünleştirilmiş bir ifadesidir.Ancak ortogonal diziler ve varyans analizi gibi tekniklerin kullanılmasına rağmen istatistiksel bir yöntem değildir.İstatistiksel yöntemle Taguchi yöntemi arasındaki temel fark İ.Y. bir olayın meydana geliş nedenlerini , T.Y. olayın meydana gelebilmesi için nelerin yapılması gerektiğini açıklamaktadır.Kalitenin ve verimliliğin geliştirilebilmesi için istatistiksel ve Taguchi yönteminin beraber kullanılması gerekmektedir.Taguchi yöntemi mantık olarak **kalite nasıl değerlendirilebilir , kalite nasıl geliştirilebilir** sorularının üzerinde durmasıdır.Kaliteyi değerlendirmedikçe geliştirmek mümkün değildir.Taguchi istatistiksel deney planlarını 4 farklı amaç için kullanmıştır ¹⁰ .

- Performans karakteristiği üzerinde KED'in etkilerini en küçükleyerek KD'nin seviyesini belirlemek.
- Performans karakteristiğinin ortalamasını etkileyen,değişkenliği etkilemeyen KD'i belirlemek.

Taguchi yönteminin etkinliği büyük ölçüde tüketicilerin ürüne ilişkin beklentilerinin ekonomik ve fonksiyonel hususların kalite fonksiyonu yayılımı ile tasarım ve imalat görevlilerine iletilmiş olmasına bağlıdır.TY ve KFY birbirlerini tamamlayan kalite geliştirme yöntemleridir.

Ross'a göre (1988) daha etkin ve rekabet edilebilir konuma gelebilmek için tüketiciden başlayıp tasarımcı,imalatçı ve tekrar tüketiciye dönen sürekli bir bağlantının kurulması gerekir.

⁹ Genichi TAGUCHI , **Taguchi Methods**s.55-60.

¹⁰ R . KACKAR - SHOEMAKER , " **Robust Desing : A Cost Effective Method for Improving Manufacturing Processes** " , A .T.&.T. Tecnicical Journal 65 no.2 ,1986 , s.39-68.

C.KALİTE KAYIP FONKSİYONU

Taguchi yöntemlerinde en uygun tasarım değerlerinin belirlenmesi için eniyilenecek bir ölçütü ve yeni beklenen kayıpların miktarını veren kalite kayıp fonksiyonu kullanılır. Beklenen kayıp kavramı değişkenliğin azaltılması problemini somut bir hale getirir. Ayrıca farklı performans karakteristiklerindeki değişkenlikleri karşılaştırmak için genel bir temel teşkil eder. Taguchi'nin kalite anlayışının dayandığı temel nokta kalite kayıp fonksiyonudur. KKF tüketici memnuniyetsizliğinin derecesini belirleyen sürekli bir fonksiyondur. Çeşitli aşamalardan oluşan imalat sürecinde her aşama bir önceki aşamaya göre de üretici konumunda kabul edilerek performans değerlendirilmesinde KKF'nundan yararlanılabilir.

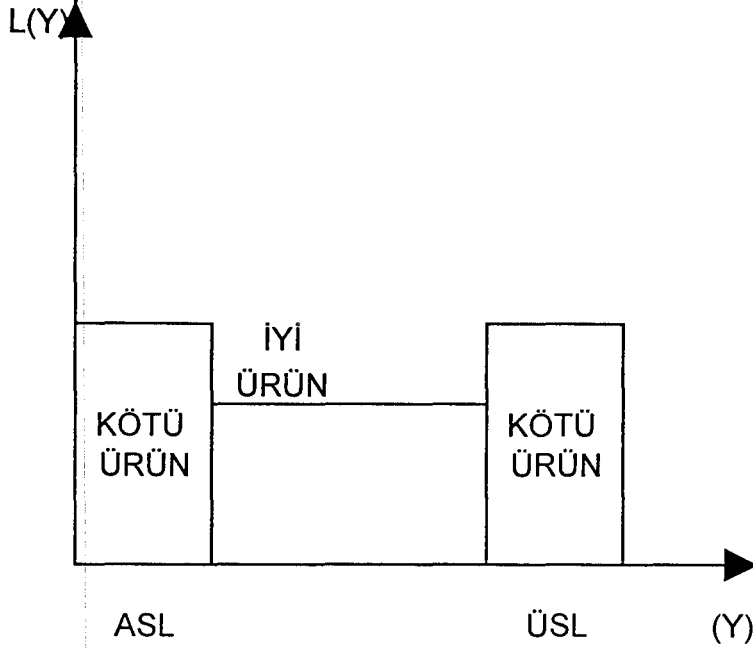
KKF üretimin dağılım biçimine göre parasal açıdan değerlendirilmesini sağlar. Buna göre dağılımın orta değeri en az uç değeri ise en fazla kayıba neden olmaktadır. Kayıp tüketici memnuniyetsizliği olabileceği gibi üreticiye gelen ilave işçilik malzeme ve garanti maliyetleri de olabilir.

Hedefften uzaklaştıkça kalitede meydana gelen bozulmalar geometrik olarak artmakta ve oluşan kayıplar parçanın kendi değerinden daha yüksek miktarlara ulaşabilmektedir. Örneğin ürünün bir alt montajındaki kalitenin düşük olması ürünün tamamının bozulmasına neden olabilmektedir. Ürün performansı, güvenilirliği ve sürekliliğinin azalmasından dolayı en fazla zararı tüketici dolayısıyla toplum çekmektedir.

Performans karakteristiğinin değeri Y ile Y 'nin hedef değeri J ile gösterilirse Y 'nin J 'den sapması istenmeyen bir durumdur. Δ gibi bir tolerans var ve $|Y - J| > \Delta$ olan ürünler tüketici tarafından kabul ediliyorsa Δ tüketici toleransını $J - \Delta$ ile $J + \Delta$ ise tüketici spesifikasyon sınırlarını gösterir. Performans karakteristiği Y olan bir ürünün herhangi bir tüketiciye verdiği kayıpların parasal değeri $L(Y)$ ile gösterilir ve Y 'nin KKF olarak adlandırılır. Benimsenen kalite yaklaşımına göre kullanılacak KKF ve beklenen kayıp ifadelerinde farklılık arz etmektedir. Geleneksel yaklaşımda KKF 'nun değeri;

$$2.1 \quad L(Y) = \int_A^0 J - \Delta < Y < J + \Delta$$

Diğer durumlarda basamak fonksiyonu olarak kabul edilir . Bkz.(Şek. 2 . 8)



Şek (2.8) Geleneksel Kayıp Fonksiyon

Burada A tüketicinin eline geçmiş hatalı bir ürün onarma ve değiştirme maliyetidir.Bu yaklaşıma göre beklenen kayıplar ;

$$2.2 \quad P = 1 - P [J - \Delta < Y < J + \Delta] \text{ hatalı üretim olasılığı olmak üzere ;}$$

$$2.3 \quad B [L (Y)] = PA \text{ ile ifade edilir.}$$

Taguchi (1980) geleneksel yaklaşımın aksine sürekli bir fonksiyon kullanmayı önermiştir.Kayıp fonksiyonunun genel biçimi;

$$2.4. \quad L(Y) = k \sum_{i=1}^n (Y_i - J)^2 = k(\sigma^2 + (Y - J)^2) \text{ şeklindedir.}$$

Ancak gerçek kayıp fonksiyonu analitik olarak belirlemek son derece güç veya olanaksız olduğundan genellikle yaklaşık bir fonksiyon olan karesel kayıp fonksiyonu kullanılır.Başka bir anlatımla uygulamada yaklaşık karesel kayıp fonksiyonu kullanılmaktadır ¹¹ .

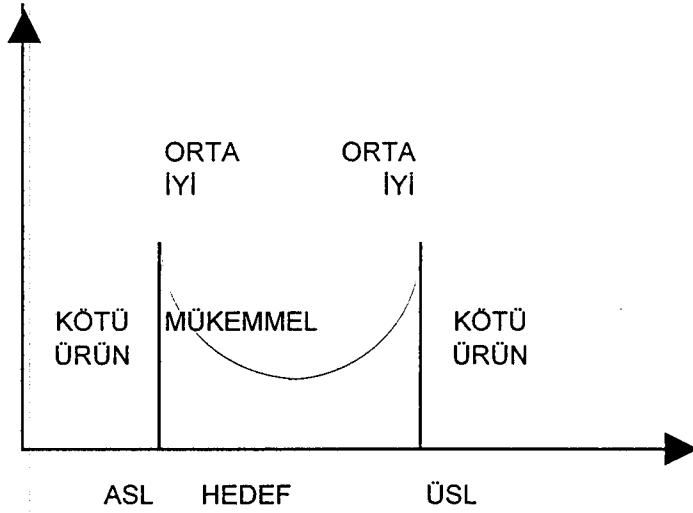
¹¹ P. ROSS, **Taguchi Techniques for Quality Engineering**, McGraw - Hill, New York ,1988 ,279 p.

$$2.5. L(Y) = k(Y - J)^2$$

Eşitlikteki K parametresi hedeften sapan bir ürünü tekrar hedef değerine getirebilmek için imalatçının alacağı önlemlerin maliyetini gösterir.

$$2.6. L(J + \Delta) = L(J - \Delta) = A = K \Delta^2$$

Hedeften her iki yönde olacak uzaklaşmaların aynı anlamı taşıdığı dikkate alınarak $K = A / \Delta^2$ ifadesiyle belirlenir. Kolay anlaşılabilmesi için $L(Y)$ 'nin J etrafında simetrik olduğu kabul edilmiştir. Bkz .Şek.(2. 9)



Şek.(2 . 9) Modern Kayıp Fonksiyonu

Y 'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu $F(Y)$ ile gösterilirse bu yaklaşıma göre birim ürün başına beklenen kayıplar aşağıdaki ifadeyle belirlenir.

$$2.7. B[L(Y)] = \int_{-\infty}^{+\infty} L(Y)F(Y)dy$$

KKF 'nun biçimi performans karakteristiği Y 'nin özelliğine göre belirlenir. Y 'nin özelliğine göre kullanılan KKF bazı durumlarda simetrik bazı durumlardada simetrik olmayan bir yapı gösterir. Bu çalışmada simetrik ve simetrik olmayan KKF'larından sadece üçüne değinilecektir. Bunlar ;

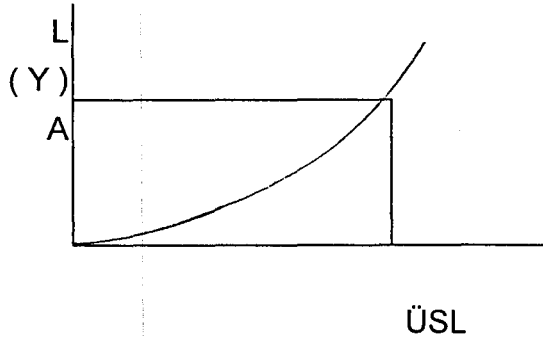
- Nominal değer en iyi

- Daha küçük daha iyi
- Daha büyük daha iyi olarak isimlendirilmektedir. Simetrik olan ' Nominal değer en iyi ' durumuna ilişkin açıklamalar verilmiştir. Simetrik olmayan KKF'larından ilki daha küçük daha iyi durumu için kayıp fonksiyonunun genel biçimi;

2.8. şeklindedir.

Y negatif olmayan bir dağılıma sahip ve hedef değeride sıfır ise KKF'nun simetrik fonksiyonlar için yazılan yaklaşık biçiminden hareketle ;

2.9. $L(Y) = k Y^2$ olarak belirlenir ¹² . Fonksiyonlar incelendiğinde hedeften uzaklaştıkça kayıpların arttığı görülmektedir. Bkz. Şek. (2 . 10)



Şek (2 . 10) Daha Küçük Daha İyi Kayıp Fonksiyonu

Simetrik olmayan KKF'larından ikincisi daha büyük daha iyi durumu için yazılabilir. KKF 'nun genel biçimi :

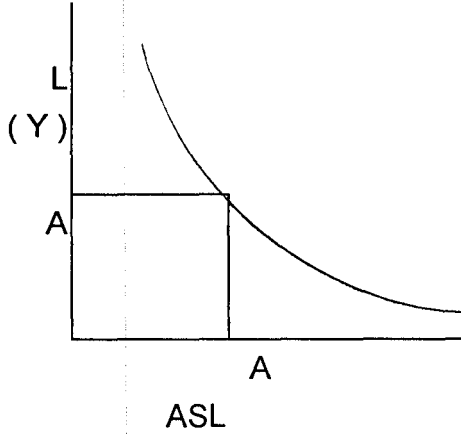
$$2.10. L(Y) = k(1/n \sum_{i=1}^n 1/Y_i^2) = k[1/Y^2(1 + 3\sigma^2/Y^2)] \text{ şeklindedir.}$$

¹² P. ROSS , s.111- 130.

Y negatif olmayan bir dağılıma sahip ve hedef değeri de sonsuzdur. Y'nin tersi alındığında hedef değeri sıfır olur. Bu değeri simetrik fonksiyonlar için yazılan yaklaşık karesel fonksiyonda yerine konulursa ;

$$2.11. L (Y) = k 1/ Y^2$$

olarak elde edilecektir. Uygulamada ise eşitlik 2.10 'daki genel biçim yerine eşitlik 2.11 ' deki yaklaşık biçimi kullanılan bu fonksiyon 2.6 'da verilmiştir. Fonksiyon incelenirse performans karakteristiği sıfırdan uzaklaştıkça kayıpların azaldığı görülecektir. Başka bir anlatımla bu fonksiyonun daha küçük daha iyi durumunun özel bir şekli olduğu söylenebilir. Bkz. Şek. (2 . 11)



Şek. (2 . 11) Daha Büyük Daha İyi Fonksiyonu

Performans karakteristiğinin sürekli bir ölçülemediği durumlarda yukarıda verilen KKF'ları kullanılmaz. Bu gibi durumlarda P ilgilenilen kusurlu oranı olmak üzere ;

$$2.11. L (Y) = k \frac{P}{1-P}$$

Kalite kayıp fonksiyonu kullanılır ¹³ . Basamak fonksiyonuna göre spesifikasyonlar arasında üretilen bir ürün tüketiciye herhangi bir kayıp getirmes. Sürekli fonksiyonuna göre ise benzer şekilde üretilen bir ürün hedeften uzaklaştığı ölçüde tüketicinin kaybının arttığını vurgulayarak tüketiciyi koruyan bir yapı arz eder. Bununla birlikte rekabet ortamında tüketiciler genellikle daha düşük kayıp olasılığına sahip ürünleri tercih edeceklerinden dolayı pazar payında oluşabilecek kayıpları önceden haber vermesiyle de üreticiyi koruyan bir yapı arz etmektedir. KKF'nun diğer bir uygulama alanında üretim aşaması KG çalışmalarında sık sık karşılaşılan sürece ne kadar sıklıkta müdahale yapılacağı sorusunun belirlenmesidir. Bilinen en yaygın müdahale şekli üretim anında sürecin veya makinanın kontrol edilerek düzeltilmesidir. Muayene ve düzeltmenin maliyeti bilindiğinden KKF yardımıyla müdahalelerin düzeyi ve miktarı standart hale getirilebilir.

D.TAGUCHI YÖNTEMLERİ İLE KLASİK DENEY TASARIM YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Uygulamada genellikle TY. ile deney tasarım yöntemlerinin aynı veya çok benzeri olduğu şeklinde yanlış anlaşmalar vardır. Deney tasarımı bilim adamlarının ve mühendislerin deneylerinin etkinliklerini geliştirmek için başvurdukları istatistiksel yöntemler bütünüdür. Taguchi yöntemi ise kaliteyi müşteri gibi algılayarak geliştirme amacına yönelik kullanılan istatistiksel ve istatistiksel olmayan yöntemler bütünüdür. TY ve klasik D.T.Y.'leri arasındaki farkları şöyle özetleyebiliriz ¹⁴ .

- Klasik yöntemlerde performans karakteristiğinin sadece ortalaması en iyilenirken, TY'nde hem ortalama ve hemde değişkenlik en iyilenmektedir

- KY performans karakteristiğinin sadece sürekli biçimini incelerken TY'i hem kesikli hemde sürekli ve karma biçimleri incelenebilir.

¹³ M.S. PHADKE , **Quality Engineering Using Robust Desing** , Prentice Hall , New Jersey ,1989 , 334 p.

¹⁴ M.S. PHADEKE - R. KACKAR - SPEENEY - GRİECO , " **Off-line Quality Control in Integrated Circuit Fabrication Using Experimental Desing** " , The Bell System Technical Journal 62 No.5 , 1983 , s.1273 - 309 .

- KY'de daha fazla deney yapmak gerekirken TY'nde çok daha az deney yapılarak aynı bilgiye yaklaşık ulaşılabilmektedir¹⁵ . TY'nin istatistiksel deney tasarımına yeni boyutlar eklediğini bunlardan birinde labaratuvar ortamında ulaşılan en iyi sonuçların imalat ve tüketici kullanım ortamlarında geçerliliklerinin sağlanabilirliği olduğunu belirtmektedir.

Ü ç ü n c ü B ö l ü m

TAGUCHI YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI

Taguchi yöntemleri genel olup ziraat,kimya ,sağlık,mühendislik bilimleri gibi çok değişik dallarda uygulanabilir.Günümüzde daha çok mühendislik bilimlerinde yoğunlaştığı görülmektedir.Taguchi yönteminin farklı bilim dallarında karşılaşılan problemlerin çözümünde kullanılması için;

- Her durumda uygulama alanı,ürün ve belirli bir süreç olması gerekir.
- Farklı meslekten olan kişiler tarafından kolayca anlaşılır olması gerekir
- Çalışmanın amaçlarını ve amaçları etkileyen değişkenlerin seçim ölçütlerinin belirlenmesi gerekir.
- Amaçları etkileyen değişkenlerin sınıflandırılması ve her sınıftaki değişkenlerin ayrı ayrı değer kümelerinin belirlenmesi gerekir.
- İncelenen problemde değişken ve seviye sayısının çalışmanın yapılmasını engelleyecek kadar çok olması halinde çalışmanın yapılabilirliğini arttıran uygulamada karşılaşılabilecek sorunların ve bunların çözümlerini ortaya koyabilen yaklaşımlara gereksinim vardır.

¹⁵ M.S. PHADKE , **Quality Engineering**s19-23.

I.TAGUCHI YÖNTEMİ İLE SİSTEMATİK BİR YAKLAŞIM

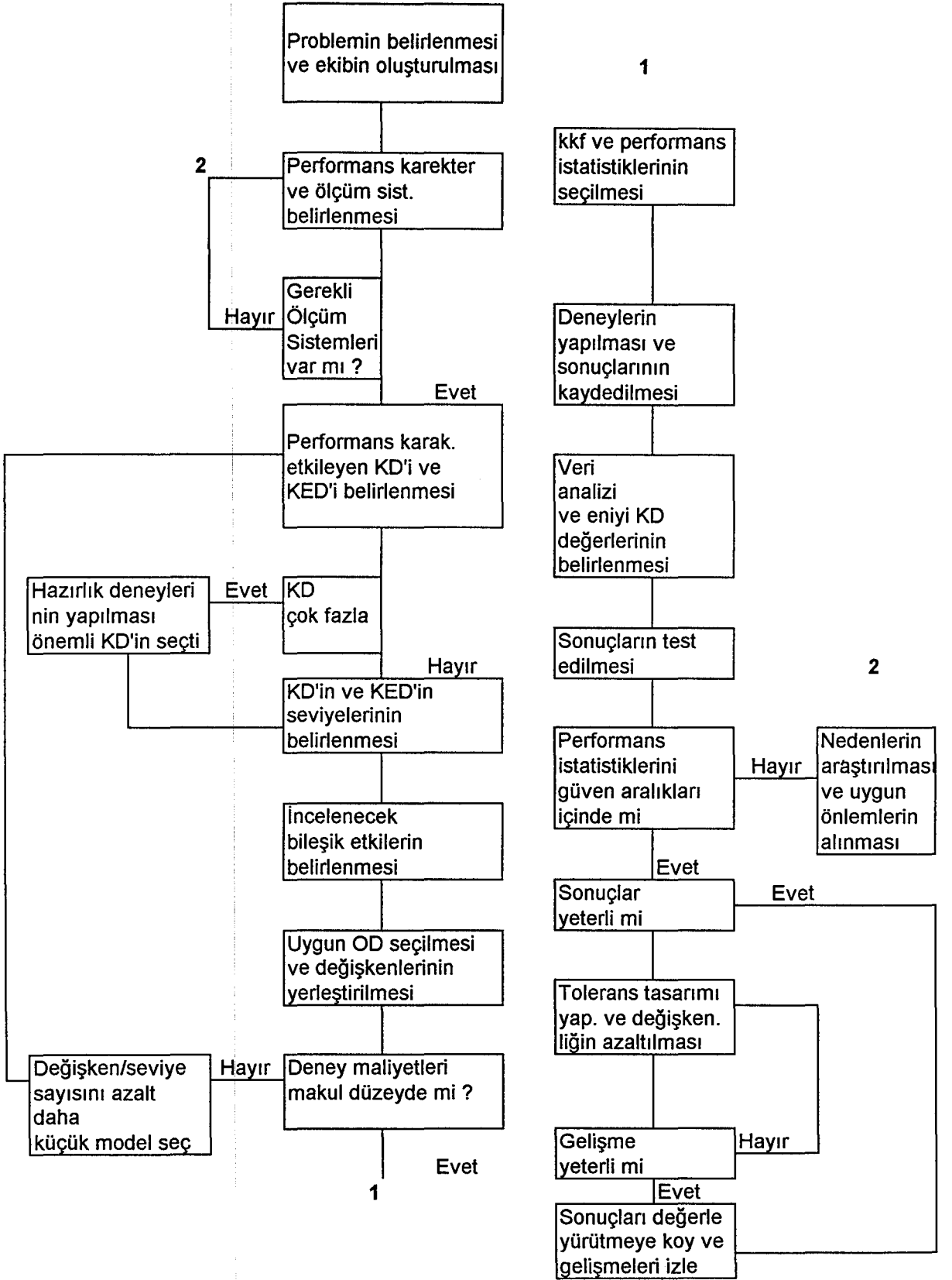
Taguchi yönteminin bir ürün veya süreçte başarılı bir şekilde uygulanabilmesi sistematik bir yaklaşım izlemesine bağlıdır. Bu amaçla geliştirilen sistematik yaklaşımın akış şeması Bkz.Şek.(3 . 1) 'de verilmiştir ¹ .

İzlenecek yol ise şunlardır ;

- 1.Problemin belirlenmesi ve ekibin oluşturulması.
- 2.Performans karakteristiklerinin ve ölçüm sistemlerinin belirlenmesi.
- 3.Performans karakteristiklerini etkileyen değişkenlerin belirlenmesi.
- 4.Hazırlık deneylerinin yapılması.
- 5.Kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen değişkenlerin seviyelerinin belirlenmesi.
- 6.İncelenecek bileşik etkilerin belirlenmesi.
- 7.Uygun O.D'nin seçilmesi ve değişkenlerin dizilere yerleştirilmesi.
- 8.Kayıp fonksiyonu ve performans istatistiklerinin belirlenmesi.
- 9.Deneyin yapılması ve sonuçların kaydedilmesi.
- 10.Veri analizi ve KD'nin en iyi değerlerinin belirlenmesi.
- 11.Sonuçların test edilmesi.
- 12.Tolerans tasarımı.
- 13.Değerlendirme yürütme ve izleme.

Akış şemasında işlemler 13 aşamada toplanabilir:Bkz.şek.(3.1)

¹ Cafer ÇELİK - Burnak NİMETULLAH , " Kalite Geliştirmede Taguchi Yöntemlerinin Rolü ve Bir Uygulama " , ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ DERGİSİ , C .V , S. 5 (Eylül-Ekim 1994) , s. 10-20.



Şek.(3 . 1) TY'ne Sistematik Bir Yaklaşımın Akım Şeması

A.PROBLEMİN BELİRLENMESİ VE EKİBİN OLUŞTURULMASI

Yeni bir ürün geliştirilmesi durumunda bu çalışma hiç bir araştırmaya gerek olmadan yapılır.Söz konusu çalışma mevcut bir ürün için yapılacaksa bu ürünün nasıl seçileceği sorusu önem kazanmaktadır.

Genelde izlenen yol ürüne ilişkin hurda,yeniden işleme,garanti ve servis maliyetleri ile tüketici şikayetlerinin esas alınması şeklindedir.Çalışma alanı belirlendikten sonra çalışmayı yürütecek ekip oluşturulur.Ekipte problemin ilgili olduğu kısımlardan elemanlar,deney tasarımcısı ve bu iki gruptaki kişilerden gelecek yönlendirmeler doğrultusunda deneyleri yapacak elemanlar bulunur.Bunların dışında işlemlerin gerektirdiği gibi yürütülmesini sağlayacak üst yönetim temsilcisinin de ekipte bulunmasıdır.

B.PERFORMANS KAREKTERİSTİKLERİNİN VE ÖLÇÜM SİSTEMLERİNİN BELİRLENMESİ

Performans karakteristiklerinin seçimi oldukça önemlidir.Amaçları yansıtmayan P.K' lerinin seçimi yapılan çalışmaların başarısız olmasına neden olacaktır.İlk olarak ilgilenilen çalışma alanındaki tüketici açısından önemli olan performans karakteristikleri belirlenir.Bir ürünün bir den fazla P.K. olabilir.Bunlar için çalışmaya esas olacak önemli performans karakteristikleri seçilmelidir. P.K'leri kalite fonksiyonu yayılımı ve tasarım kayıtları gibi çalışma yardımıyla belirlenir.İkinci olarak P.K'lerinin nasıl ölçüleceği belirlenir.

C.PERFORMANS KAREKTERİSTİKLERİNİ ETKİLEYEN DEĞİŞKENLERİN BELİRLENMESİ

Ürün , süreç , performans karakteristiklerini etkileyen bağımsız değişkenler seçilir.Beyin fırtınası , sebep - sonuç şeması ve akış şeması P.K'lerini etkileyen değişkenleri belirlemek için yararlanılacak araçlardır.Bağımsız değişkenler K.D. ve K.E.D. olarak ikiye ayrılır.

D.HAZIRLIK DENEYLERİNİN YAPILMASI

K.D'nin çok fazla olması halinde hem süre,hemde maliyet açısından deneyin yapılması son derece zor olmaktadır.Çalışmanın başlamadan bitmesine neden olan bu durumdan kurtulabilmek için değişkenlerin bazılarını deney dışında tutmak gerekir.Bunun için belirlenen bütün değişkenleri içeren hazırlık deneyleri

yapılır.Hazırlık deneylerinde değişkenlerin sayısı olabildiğince az tutulur.Deneyler sonucunda elde edilen veriler analiz edilerek,ilgili performans karakteristikleri üzerinde önemli ve önemsiz olan kalite değişkenleri belirlenir.Izleyen aşamada önemsiz olan değişkenler deney dışı tutulurken, önemli olan değişkenler ayrıntılı deneyler yapabilmek için asıl deney grubuna alınır.

E.KONTROL EDİLEBİLEN VE EDİLEMİYEN DEğİŞKENLERİN SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Asıl deney grubuna alınan değişkenlerin seviye sayıları özelliklerine uygun olarak belirlenir.Böylece KD için olurlu seçenekler belirlenir ve kodlanır.Taguchi KD'in her biri için üç veya daha fazla deney seviyesi seçilmesini önermiştir² . Üç veya daha fazla test seviyesi performans karakteristiği üzerinde KD'in asıl etkilerindeki doğrusal olmayan ilişkiyi ortaya çıkarmaktadır.İkinci olarak performans değişkenliğini en fazla etkileyen veya ürün performansının duyarsız olması istenen KED'in değer kümeleri belirlenir.Fiziksel sınırlamalardan dolayı KED'in hepsi deneye alınmayacaktır.

Kackar'a göre KED'in test değerlerinin seçiminde Taguchi'nin izlediği ilkeler , KED 'in dağılımının ortalaması ve standart sapması yaklaşık olarak sırasıyla W_i ve S_i olmak üzere;

Performans karakteristiği Y üzerinde ($W_i - S_i$) ve ($W_i + S_i$) olmak üzere iki test değeri seçilmelidir.Performans karakteristiği Y üzerinde W_i 'nin eğrisel etkisi varsa ;

$$(W_i - 3/2 S_i), W_i \text{ ve } (W_i + 3/2 S_i)$$

olmak üzere üç test değeri seçilmelidir.Test değerlerinin seçimi KED 'in yaklaşık olarak dağıldığı varsayımı üzerine kuruludur.Daha sonra seçilen test değerleri KD'inde olduğu gibi kodlanır.KED'in çok fazla olduğu durumlarda ilgili deneysel bileşimde belirli sayıda tekrar yapmak izlenecek en pratik yoldur.

F.İNCELENECEK BİLEŞİK ETKİLERİN BELİRLENMESİ

² R. KACKAR , "Off - line Quality Control, Parameter Desing and The Taguchi Method " , Journal of Quality Technology 17 No.4 ,s. 176-188.

yapılır.Hazırlık deneylerinde değişkenlerin sayısı olabildiğince az tutulur.Deneyler sonucunda elde edilen veriler analiz edilerek,ilgili performans karakteristikleri üzerinde önemli ve önemsiz olan kalite değişkenleri belirlenir.İzleyen aşamada önemsiz olan değişkenler deney dışı tutulurken, önemli olan değişkenler ayrıntılı deneyler yapabilmek için asıl deney grubuna alınır.

E.KONTROL EDİLEBİLEN VE EDİLEMİYEN DEĞİŞKENLERİN SEVİYELERİNİN BELİRLENMESİ

Asıl deney grubuna alınan değişkenlerin seviye sayıları özelliklerine uygun olarak belirlenir.Böylece KD için olurlu seçenekler belirlenir ve kodlanır.Taguchi KD'in her biri için üç veya daha fazla deney seviyesi seçilmesini önermiştir² . Üç veya daha fazla test seviyesi performans karakteristiği üzerinde KD'in asıl etkilerindeki doğrusal olmayan ilişkiyi ortaya çıkarmaktadır.İkinci olarak performans değişkenliğini en fazla etkileyen veya ürün performansının duyarsız olması istenen KED'in değer kümeleri belirlenir.Fiziksel sınırlamalardan dolayı KED'in hepsi deneye alınmayacaktır.

Kackar'a göre KED'in test değerlerinin seçiminde Taguchi'nin izlediği ilkeler , KED 'in dağılımının ortalaması ve standart sapması yaklaşık olarak sırasıyla W_i ve S_i olmak üzere;

Performans karakteristiği Y üzerinde ($W_i - S_i$) ve ($W_i + S_i$) olmak üzere iki test değeri seçilmelidir.Performans karakteristiği Y üzerinde W_i 'nin eğrisel etkisi varsa ;

$$(W_i - 3/2 S_i), W_i \text{ ve } (W_i + 3/2 S_i)$$

olmak üzere üç test değeri seçilmelidir.Test değerlerinin seçimi KED 'in yaklaşık olarak dağıldığı varsayımı üzerine kuruludur.Daha sonra seçilen test değerleri KD'inde olduğu gibi kodlanır.KED'in çok fazla olduğu durumlarda ilgili deneysel bileşimde belirli sayıda tekrar yapmak izlenecek en pratik yoldur.

F.İNCELENECEK BİLEŞİK ETKİLERİN BELİRLENMESİ

² R. KACKAR , "Off - line Quality Control, Parameter Desing and The Taguchi Method " , Journal of Quality Technology 17 No.4 ,s. 176-188.

Performans karakteristikleri üzerinde asıl etkilerin yanı sıra bileşik etkilerde önemli etkiye sahip olabilir.Taguchi'ye göre bir bileşik etkiyi elde edebilmek için iki tane asıl etkiyi kontrol etmek gerektiğinden bileşik etkiler ihmal edilebilir³.

G.UYGUN ORTAGONAL DİZİLERİN SEÇİLMESİ VE DEĞİŞKENLERİN DİZİLERE YERLEŞTİRİLMESİ

KD ve KED olmak üzere iki ayrı değişken grubu için iki ayrı OD seçilecektir.Bu amaçla Taguchi KD ve KED matrislerinin oluşmasında OD'in kullanılmasını önermiştir.Deneydeki KD'nin fazla olması ve ayrıca bileşik etkileride içermesi nedeniyle KD dizisinin seçimi ve değişkenlerin yerleştirilmesi daha önemlidir.Deneye alınan değişkenlerin seviye sayılarına göre ya standart bir OD aynen seçilir ya da seçilen standart OD üzerinde bir takım düzeltmeler yapılır.

H.KAYIP FONKSİYONU VE PERFORMANS İSTATİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ

İlgilenilen problemin (ürünün veya sürecin) geliştirilmesi esnasında birden fazla performans karakteristiği ile karşılaşılabilir.Performans karakteristiklerinin özelliklerine uygun (hedef değeri, sürekli veya kesikli oluşu) KKF 'ları ve performans istatistikleri seçilir.Deneyler yapıldıktan sonra elde edilen verilerin analizi seçilen performans istatistiklerine göre yapılacaktır.

I.DENEYLERİN YAPILMASI VE SONUÇLARININ KAYDEDİLMESİ

Daha öncede ifade edildiği gibi parametre tasarım deneyleri iki şekilde yapılır:

- Fiziksel deneyler
- Bilgisayar benzetim denemeleri

Her iki yöntemde de KD 'nin bir birleşimi KED 'in bütün birleşimlerinde değerlendirilir ve elde edilen sonuçlar modelde ayrılan uygun alanlara yazılır.Fiziksel deneylerin yapılması halinde,olurlu ise deneylere başlamadan evvel gerekli olan deney malzemeleri tedarik edilmelidir.Böylece malzeme partileri arasındaki farklılıklar önlenilceği gibi dikkatlerin sadece deney üzerinde yoğunlaştırılmasında sağlanacaktır.Deney sürecinde değişebilen ve deney sonuçlarını etkileyen ,fakat kontrol edilemeyen faktörlere karşı kormak için deneme

³ P.J. ROSS,Taguchi Techniques for Quality Engineering ,McGraw - Hill ,New York,1988,279 p.

sırası rassallaştırılır. Deneyin durumuna göre tam rassallaştırma , basit tekrarlama , bloklar içinde tam rassallaştırma gibi yöntemlerden uygun olanı kullanılarak rassallaştırma yapılır.

J. VERİ ANALİZİ VE KONTROL EDİLEBİLEN DEĞİŞKENLERİN EN İYİ DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Parametre tasarım modelindeki KD'in her bir bileşimi için elde edilen deneysel verilerin ortalaması, varyansı ve performans istatistikleri hesaplanır. Varyans analizleri yapılarak KD'in PK'leri üzerine olan etkileri belirlenir. Etkileri görsel olarak ortaya koymak için asıl ve bileşik etki grafiklerinde yararlanılır. Bir üretimde problemi çözmek için deney yapıldığında deneyde gözlenen toplam değişkenlik üretimde gözlenen değişkenliğin % 75'inden fazla olmalıdır. Bu uygun değişkenlerin deneye alınıp alınmadığının bir göstergesi olup, kesinlik ifade etmez. Performans istatistiğini en büyükleyen KD 'in seviyeleri en iyi ürün tasarım seviyeleri olarak belirlenir. Ancak performans istatistiğinin özelliğine göre kullanılacak en iyileme sürecinde farklı olacaktır." Nominal değer en iyi" durumunda performans değişkenliğini en azlamak için iki adımlı en iyileme süreci kullanılır⁴ .

- Performans istatistiği üzerinde anlamlı etkiye sahip olan değişkenleri belirlenir ve performans değişkenliğini en azlayan değişken seviyeleri bulunur.
- Sadece ortalama üzerinde anlamlı etkiye sahip olan değişkenler belirlenir.

Ortalamayı olabildiğince hedef değere yaklaştıran değişken seviyeleri bulunur⁵. Bu süreçte birinci adımda değişkenlik azaltılmakta ikinci adımda ise hassasiyet artırılmaktadır." Daha Küçük Daha İyi Durumunda " en fazla arzulanan durum sıfır olmasına rağmen ortalama hiç bir zaman sıfıra getirilemez. Bu nedenle değişkenliği azaltabilmek için tek adımlı en iyileme süreci kullanılır.

- Toplam varyansı etkileyen değişkenleri belirlenir ve toplam varyansı en küçükleyen değişken seviyeleri bulunur.

" Daha Büyük Daha İyi " durumunda ise performans karakteristiğinin tersi alınarak " Daha Küçük Daha İyi " süreci kullanılır.

⁴ P. LIN-SULLIVAN , **Using Taguchi Methods in Quality Engineering** , Quality Progress, s.55-59.

⁵ Düzeltme değişkenlerin seçiminde bunların performans karakteristiği ile doğrusal ilişkiye sahip olmasına ve imalat anında kolayca değiştirilebilir olmasına dikkat edilmelidir

Amaçlar arasında çelişki olması halinde çeşitli ödünleştirmeler yapılarak en iyi KD değerleri tespit edilir. Belirlenen en iyi tasarım değerlerine karşı gelen performans değerleri hesaplanır ve izleyen aşamalarda anlamlı karşılaştırmalar yapabilmek için ortalamalara ilişkin güvenlik ⁶ aralıkları oluşturulur. Kestirilen en iyi değişken seviye bileşiminin güven aralığı seçilen α anlamlı düzeyinde ;

N = Toplam deney sayısı

n_t = Doğrulama deneyindeki tekrar sayısı

MS = Hata kareler ortalaması

m = m 'nün kestiriminde kullanılan değişkenlerin SD toplamı olmak üzere ;

$$m = F_{ai} * SD_{msa} * MS_a * [(1+m) / N + 1 / N_i]$$

bağlantısıyla hesaplanır ⁷ .

K. SONUÇLARIN TEST EDİLMESİ

Parametre tasarım deneyinde OD kullanıldığında KD ile performans istatistikleri arasındaki ilişkinin doğrusal veya doğrusala çok yakın olduğu kabul edilir. OD özelliğinden dolayı tasarım değişkenlerinin en iyi seviyelerinin birleşimini içeren deney çalışma sürecinde hiç denenmemiş olabilir. Belirlenen seviyelerin gerçekten en iyi olup olmadıklarını kontrol etmek için bu seviyeleri içeren doğrulama deneyleri yapılmalıdır. Doğrulama deneyi sonuçları güven aralıkları dışına düşüyorsa aşağıdaki durumlardan biri veya birkaçı söz konusudur.

- Deneyler yürütülürken ve/veya veri analizi yapılırken bir takım hatalar (ölçüm, hesaplama..v.b. hataları) yapılmış olabilir.
- Performans karakteristikleri üzerinde önemli etkiye sahip olan değişkenlerden bazıları deney dışında bırakılmış olabilir.
- Önemli bazı bileşik etkiler söz konusudur ve bunlar deney dışı bırakılmıştır.
- Performans karakteristikleri yanlış seçilmiş olabilir. Doğrulama testi sonucunda performans istatistiğinin hesaplandığı gibi iyi olmadığı görülürse öncelikle bunun nedenleri araştırılarak giderilmelidir. Eğer giderilemiyorsa gözden

⁶ İstenildiğinde performans istatistikleri ve KD 'in herbiri için güven aralıkları oluşturulabilir. Ancak konuyu daha fazla dağıtmamak için burada ayrıntıya girilmeyecektir. Ayrıntılı bilgi için Bkz.: Taguchi ,1987, **System Of Experimental Design** ,Unipup, New York, 1189p.

⁷ P.J. ROSS , s.65-66.

kaçan başka KD veya KED'in olup olmadığı veya mevcut KD ve KED'in seviyeleri arasında kurulan ilişkilerde bir takım hatalar olup olmadığı araştırılmalıdır.

L. TOLERANS TASARIMI

Parametre tasarımı aşamasında sağlanan gelişme yeterli olmamışsa tolerans tasarımı ile geliştirme yapılır. Performans karakteristiği üzerinde en fazla etkiye sahip olan değişkenlerin varyansları ilave bir harcamayla azaltılabilir. Yapılan harcama ile sağlanan gelişme yeterli oluncaya kadar çalışma sürdürülür. Durma noktası ve yapılacak ek harcamanın miktarı kayıp fonksiyonu yardımıyla belirlenir.

M. DEĞERLENDİRME YÜRÜTME VE İZLEME

En iyi tasarım seviyeleri belirlenerek doğrulayıcı deneyler ve gerekiyorsa tolerans tasarımı yapıldıktan sonra yeterli gelişme sağlanmış demektir. Artık yapılan harcamalar ve elde edilen gelişmeler kalite ve maliyet açısından değerlendirilebilir.

Bütün bu çalışmalardan sonra yapılan çalışmalar yeterli bulunuyorsa ilgili birimlere gerekli spesifikasyonlar gönderilir ve uygulama başlatılır.

D ö r d ü n c ü B ö l ü m

TAGUCHI YÖNTEMİNİN TALAŞLI İMALAT TEZGAHLARINDA UYGULANMASI

I.TAGUCHI YÖNTEMİNİN FREZE TEZGAHINDA YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ ÜZERİNE UYGULANMASI

Taguchi Yöntemlerinin ürün ve süreç geliştirme amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. Kullanım alanı ister ürün, ister süreç olsun izlenecek metodlar aynı olacaktır. İzlenecek metodların aynı olması , bunların uygulamaya aktarılış biçimini önemli kılmaktadır. Uygulamada, talaşlı imalat tezgahlarından olan frezede bir kalite değişkeni olan yüzey pürüzlülüğü problemine Taguchi yöntemleriyle çözüm aranacaktır. Kalite geliştirme konusunda yapılacak bu uygulamada, yapılması gereken deney tasarımı için basamaklar aşağıda incelenecektir.

A.DENEY TASARIMI İÇİN TEMEL BASAMAKLARIN BELİRLENMESİ

- Problemin tanımlanması : Problem , freze tezgahında işlenen parçanın istenen yüzey pürüzlülüğü sınırları içinde olmasıdır. Buda yüzey işleme kalitesine bağlıdır. Yani uygulamada kalite değişkeni yüzey pürüzlülüğüdür.

- Kalite değişkenini etkileyen faktörlerin belirlenmesi : Kalite değişkenini etkileyen faktörler kontrol edilemeyen ve kontrol edilebilen faktörler olarak iki kısımda incelenir. Ancak deney çerçevesinde incelenen değişkenler kontrol edilebilen değişkenlerdir. Çalışma 1 Makina Mühendisi , 2 Makina Yüksek Teknisyeni ve Freze Operatöründen oluşan ekip tarafından yürütülmüştür. Ekip belirli aralıklarla bir araya gelerek deney için gerekli kalite değişkenlerinin belirlenmesi için beyin fırtınası oturumları yapmıştır. Bu oturumlar neticesinde belirlenen değişkenler şunlardır;

Kontrol edilemeyen değişkenler : İşçinin sağlığı , işçinin özel ve iş hayatındaki problemlerinin işe yansması , işverenin uyguladığı motive edici

faktörler (maaş, sosyal yardım, yönetim politikaları..v.b.), iş ortamı ve yaşanan ani değişimler gibi. Kontrol edilebilen değişkenler : A = Kesme Hızı (m / dk) , B = Kesme Derinliği (mm) , C = Kesici Çapı (mm) , D = İlerleme (mm). Olarak belirlendikten sonra kullanılacak deney matrisi seçilir.

B. DENEY MATRİSİNİN KULLANILMASI

Ortogonal dizginin belirlenmesi : Ortogonal dizgi kontrol edilebilen faktörlerin sayısına bakılarak belirlenir. Yani bu uygulamada faktör (k) = 4 düzey = 2 olduğuna göre ; $A = B = C = D = 2$ $A*B*C*D = 16$ 'dır.

Bütün faktörlerin her düzeyinin birbiriyle eşlenebilmesi için 16 gözlem yapılması gerekmektedir,yani kullanılacak ortogonal dizgi 16 dizayn matrisidir.Bkz.Tablo(4.1) Faktörler ve düzeyleri belirlenir ve tabloya işlenir. Bkz.Tablo (4 . 2).

STANDART SIRA	ANA FAKTÖRLER				ETKİLEŞİMLER											
	A	B	C	D	AB	AC	AD	BC	BD	CD	ABC	ABD	ACD	BCD	ABCD	
1	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	
2	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	
3	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	
4	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-	-	+	
5	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+	-	
6	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+	
7	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	
8	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	-	
9	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	
10	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	
11	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	
12	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	
13	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	
14	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	
15	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Tablo (4 . 1) L16 Dizayn Matrisi

DÜZEY	FAKTÖRLER			
	KESME HIZI (mm/dk)	KESME DERİNLİĞİ(mm)	KESİCİ ÇAPI (mm)	İLERLEME (mm)
	A	B	C	D
ÜST	100	8	200	0,65
ALT	80	1	100	0,25

Tablo (4 . 2) Faktörler ve düzeyleri

Sonra bu faktörler kolonlara atanır. Bkz.Tablo (4 . 3)

STANDART SIRA	FAKTÖRLER			
	A	B	C	D
1	80	1	100	0,25
2	80	1	100	0,65
3	80	1	200	0,25
4	80	1	200	0,65
5	80	8	100	0,25
6	80	8	100	0,65
7	80	8	200	0,25
8	80	8	200	0,65
9	100	1	100	0,25
10	100	1	100	0,65
11	100	1	200	0,25
12	100	1	200	0,65
13	100	8	100	0,25
14	100	8	100	0,65
15	100	8	200	0,25
16	100	8	200	0,65
KOLON NO	1	2	3	4

Tablo (4 . 3) Faktörlerin Kolonlara Atanması

Faktörler kolonlara atandıktan sonra her 16 deney için Y= Yüzey pürüzlülüğü değeri ölçülerek veri raporu şeklinde tabloya işlenir.Bkz.Tablo (4. 4)

RASSAL DENEY SIRASI	STAND . SIRA	KESME HIZI (mm/dk) A	KESME DERİNLİĞİ (mm) B	KESİCİ ÇAPI (mm) C	İLERLEME (mm) D	YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ (mikron) Y
15	1	100	8	200	0,25	80
4	2	80	1	200	0,65	103
11	3	100	1	200	0,25	49
16	4	100	8	200	0,65	65
2	5	80	1	100	0,65	101
13	6	100	8	100	0,25	67
10	7	100	1	100	0,65	70
9	8	100	1	200	0,25	49
7	9	80	8	200	0,25	69
5	10	80	8	100	0,25	74
1	11	80	1	100	0,25	42
8	12	80	8	200	0,65	95
3	13	80	1	200	0,25	46
12	14	100	1	200	0,65	65
14	15	100	8	100	0,65	60
6	16	80	8	100	0,65	86

Tablo (4 . 4) Uygulama İçin Veri Raporu

Bu tabloda deneylerin hangi sırada ve hangi eşlendirmelerle yapılacağı gösterilmektedir.Ve bu veri raporu doğrultusunda L16 Etki Hesap tablosu doldurulmaktadır.Bkz.Tablo (4 . 5)

RASSAL SIRA	STANDART SIRA	GÖZLEM DEĞERİ		A :		B :		C :		D :		AB :		AC :		AD :		BC :		CD :		ABC :		ABD :		ACD :		BCD :		ABCD :			
				80	80	80	80	80	80	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
				1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
15	1	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42			
4	2	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101			
11	3	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46			
16	4	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103	103			
2	5	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74			
13	6	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86	86			
10	7	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69			
9	8	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95			
7	9	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44			
5	10	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70			
1	11	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49			
8	12	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65			
3	13	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67	67			
12	14	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60			
14	15	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80			
6	16	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65			
TOPL.	1116	616	500	520	596	544	572	471	645	552	564	554	562	625	491	550	566	561	555	548	568	551	565	573	543	549	567	565	551				
DEĞER	19	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8			
ORT.	69,8	77	62,5	65	75	68	72	59	80,8	69	71	69	70	78	61,38	69	71	70	69	69	71	69	71	72	68	69	71	71	69				
TKİ			-14,5		9,5	3,5		21,7		1,5	1		-16,7		2																		

Tablo (4. 5) L16 Etki Değer Hesap Tablosu

C.HESAP TABLOSUNUN DOLDURULMASI VE NORMAL OLASILIK GRAFİĞİNİN ÇİZİLMESİ

Bu tabloda A,B,C,D ana faktörlerinin Y kalite değişkenini ne ölçüde etkilediği görülebilir.Örneğin $A_1 = (42+101+46+103+74+86+69+95)/8 = 616 / 8 = 77$

$$A_2 = (44+70+49+65+67+60+80+65)/8 = 500 / 8 = 62.5$$

$$\text{Etki A} = A_2 - A_1 = 62.5 - 77 = -14.5$$

Aynı şekilde hesaplanarak diğer faktörlerin de Y' ye olan etkileri bulunur.Bu etkilerin istatistiksel açıdan hangisinin önemli olduğunun belirlenebilmesi için normal olasılık grafiği kullanılır.Bu grafikte kullanılmak üzere değerleri sıralayacak olursak ; Bkz.Tablo(4.6)

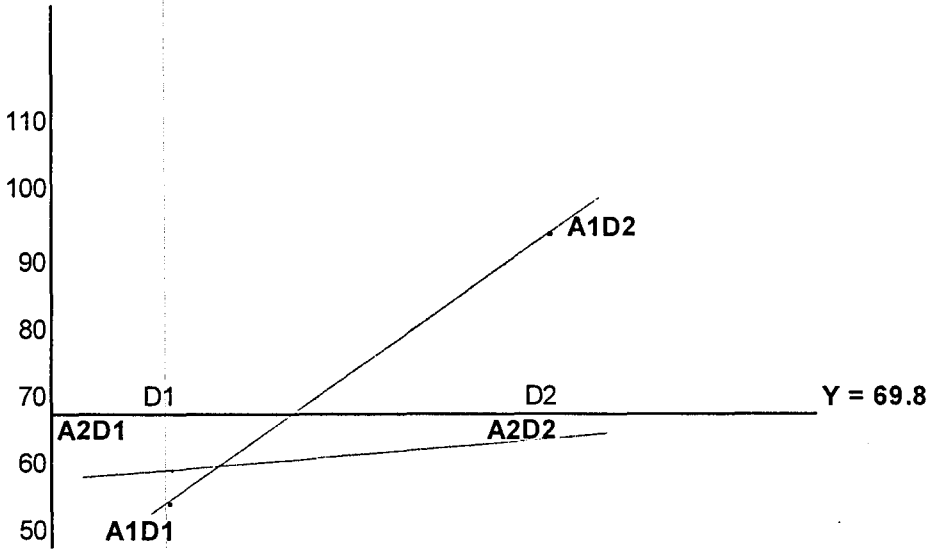
ETKİ	DEĞER	SIRA	$P = 100(i-0.5)/15$
BD	-17,4	1	3,33
AD	-16,7	2	10
A	-14,5	3	16,67
ACD	-3,7	4	23,37
ABCD	-1,7	5	30
CD	-0,7	6	36,78
AC	1	7	43,33
AB	1,5	8	50
ABD	1,7	9	56,67
BC	2	10	63,34
BCD	2,3	11	70
ABC	2,5	12	76,67
C	3,5	13	83,33
B	9,5	14	90
D	21,7	15	96,67

Tablo (4. 6) Etki Değerlerinin Normal Olasılık Grafiği İçin Sıralanması

Normal olasılık grafiğini oluşturmak için önce etkilerin değerlerini en küçükten en büyüğe doğru sıralayıp 15 sıra numarası belirlenir. Normal olasılık grafik kağıdının yatay eksenini etki değerleri için dikey eksenini ise sıra numaraları için kullanılır ve 15 etki değeri grafiğe işlenir. Bkz. Şek (4.1) Daha sonra ' 0 ' en yakın olan üç dört nokta dikkate alınarak bu noktalardan uzaklığı en az olan bir doğru çizilir. İstatistiksel önemi olan etkiler çizilen doğruya göre belirlenir. Önemli noktalar ya grafiğin alt tarafında doğrunun solunda ya da grafiğin üst tarafında doğrunun sağında kalan noktalardır. Bu yaklaşıma göre uygulamada önemli olan etkiler A , B , D ve AD, BD etkileşimleri 'dir. C , ACD , ABCD , CD , AC , BC , BCD , ABC, AB , ABD ' nin etkileşimleri önemsizdir. AD ve BD etkileşimleri önemli olarak saptanmış olması bu etkileşimi oluşturan A , B ve D faktörlerinin dikkate alınmasını gerektirir. Yani respons değişkeni Y ' nin optimize edilebilmesi için AD ve BD etkileşiminin yorumu yapılarak Y ' yi nasıl etkilediğinin bulunması gerekir. Etkileşimin yorumu etkileşim grafikleri çizilerek yapılır. AD ve BD etkileşim grafiklerini çizmek için önce Y ' nin A ' nın B ' nin ve D ' nin düzeylerine göre dört gruba ayrılması ve her grubun ortalamasının bulunması gerekmektedir. Bkz .Tablo (4.7) Tabloda altı çizgili olarak verilen değerler grubun ortalamasıdır. Bu ortalama değerler kullanılarak AD etkileşim grafiği çizilir. Bkz. Şek.(4 . 2)

STANDART SIRA	ANA FAKTORLER				ETKİLEŞİMLER											
	A	B	C	D	AB	AC	AD	BC	BD	CD	ABC	ABD	ACD	BCD	ABCD	
1	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	
2	-	-	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	
3	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	+	-	
4	-	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	-	-	-	+	
5	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	
6	-	+	-	+	-	+	-	-	+	-	+	+	+	-	+	
7	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	-	+	-	+	
8	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	
9	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-	
10	+	-	-	+	-	-	+	+	-	-	+	+	-	+	+	
11	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+	
12	+	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	+	-	-	
13	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	
14	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+	-	-	-	
15	+	+	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	-	-	
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	

Tablo (4 . 1) L16 Dizayn Matrisi



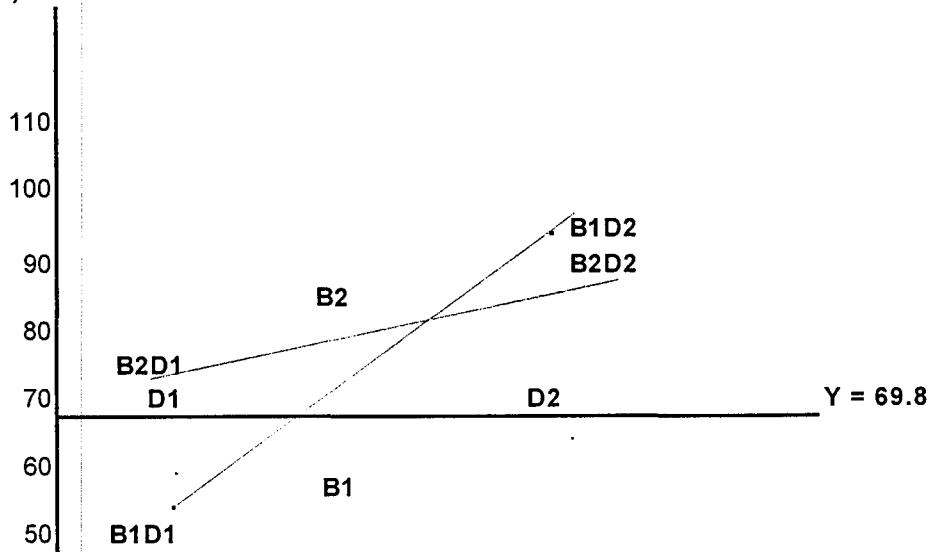
Şekil (4 . 2) AD etkileşim Grafiği

		D : İLERLEME		
		1	2	
A KESME HIZI	1	42	101	
		46	103	
		74	86	
		69	95	
	TOPLAM		231	385
	A1D1 = 231 / 4 = 57.8		A1D2 = 385 / 4 = 96.3	
	2	44	70	
		49	65	
67		60		
80		65		
TOPLAM		240	260	
A2D1 = 240 / 4 = 60.0		A2D2 = 260 / 4 = 65.0		

Tablo (4 . 7) AD Etkileşim Hesap Tablosu

Etkileşim grafiği ve hesap tablosundada görüldüğü üzere amaç Y ' yi küçültmek ise A₁D₂ kombinasyonu dışında diğer kombinasyonlar kullanılabilir.Aynı şekilde BD etkileşiminide hesaplamak mümkündür.Bkz.Şek.(4.3)

Tablo (4 . 8)



Şekil (4 . 3) BD Etkileşim Grafiği

		D : İLERLEME		
		1	2	
B KESME DERİN- LİĞİ	1	42	101	
		46	103	
		44	70	
		49	65	
	TOPLAM		181	339
	B1D1 = 181 / 4 = 45.3		B1D2 = 339 / 4 = 84.3	
	2	44	86	
		49	95	
67		60		
80		65		
TOPLAM		240	306	
B2D1 = 290 / 4 = 72.5		B2D2 = 260 / 4 = 76.50		

Tablo (4 . 8) BD Etkileşim Hesap Tablosu

BD etkileşim hesap tablosundan ve grafiğinden görüldüğü üzere amaç Y ' yi küçültmek ise B₁ D₁ kombinasyonunu kullanmak en doğrusudur.

Sonuç olarak ; belirlenen kontrol edilebilen değişkenlerin kalite değişkeni olan Y=yüzey pürüzlülüğüne etkisini açıklayacak olursak ; C= Kesici çapı faktörünün etkisinin önemsiz olduğu, B = kesme derinliği D = ilerleme faktörlerinde en alt düzeylerinde tutulması gerektiği belirlenmiştir. A= Kesme hızında Y=yüzey pürüzlülüğü açısından önemli olup kontrolüne gerek yoktur. Yani frezede işlenen bir malzemenin istenen yüzey pürüzsüzlüğünde olması kesme derinliğini ve ilerleme miktarının minimumda tutulmasına bağlıdır. Kesme hızı, kesme derinliği ve ilerlemeye paralel olarak otomatik olarak ayarlandığı için ayrıca kontrolüne gerek yoktur.Kullanılan freze çakısının çapı ise sadece işin zamanı açısından önemli olup yüzey pürüzsüzlüğü ile pek yakın ilgisi yoktur.

SONUÇ

Geçmişten günümüze kadar yönetimde,pek çok teknoloji yaklaşım ve kuramlar uygulanmıştır. Bunlar genel olarak ,geleneksel yaklaşımlar, davranışsal yaklaşımlar ve sistem yaklaşımlarıdır.

Geleneksel yaklaşımlar,ekonomik verimliliği amaç olarak alır. Tek tek her süreç planlanır,örgütlenir,koordinasyon edilir,denetlenir ve yönetilir.

Davranışsal yaklaşımlar,yönetimin dikkatini örgütteki bireyler üzerinde yoğunlaştırması gerektiğini ileri sürer. Bu yaklaşıma göre,ekonomik değerin en çoğa çıkarılması, yönetimin ,beşeri ilişkilere ,davranış bilimleri bulgularına ve sosyal sistem kuramlarına ağırlık vermesiyle gerçekleştirilir.

Sistem yaklaşımları ise,örgütteki değişkenler arasındaki ilişkilere ağırlık verir. Bu yaklaşım,yönetimi niteliksel, niceliksel ve akılcı bir açıdan inceler.Karar almanın,matematiğin ve tüm sistem kuramlarının yönetime katkılarını araştırır. Kalite geliştirme ; problem çözme veya ilgilenilen karakteristiklerdeki değişkenliğin sistematik olarak azaltılmasıdır. Kalite geliştirme hiç bir zaman bitmeyecek bir faaliyettir ve belirli aşamalardan geçer. Bunlar sırasıyla ; ulusal standartlara uygun üretimi gerçekleştirmek , rakiplerin kalitesine erişmek , müşterilerin talep ettiği kaliteyi gerçekleştirmek ve müşterilerin ihtiyaçlarını müşteriden de iyi bilerek kaliteyi yaratmaktır. Kalite geliştirme amacıyla kullanılan yöntemler , Taguchi yöntemleri gibi tasarım kalitesini geliştirmeye yönelik imalat öncesi ve kabul örnekleme ile istatistiksel süreç kontrolü gibi imalat aşaması yöntemleri olmak üzere yürütülmektedir. Kalite geliştirmede hedeflenen düzeye ulaşabilmek sözü edilen bu yöntemlerin dengeli olarak kullanılmasıyla mümkündür.

Kalite geliştirme sisteminin amacı ise ; işletme faaliyetlerinin odak noktasını

oluşturan tüketici gereksinimlerini en iyi şekilde karşılayabilmektir. Sistem yapılmış hataları aramak yerine , hata nedenlerini gidermeye çalıştığından kendi kendini sürekli yenileme özelliğine sahiptir. KGS bünyesinde kullanılacak yöntemler on-line ve off-line yöntemler olmak üzere iki grupta toplanabilir. On-line yöntemler , üretim sırasında kullanılan istatistiksel süreç kontrol , kabul örnekleme , önceden kestirim gibi yöntemleri içerir. Off-line yöntemler ise , imalat öncesi ürün kalitesinin güvenilirliğini ve imal edilebilirliğini geliştirmek gibi şartları içerir. Günümüzde imalat aşaması KG yöntemlerinin uygulanmasında bir gerileme olup, artan rekabet ortamında bir çıkış yolu olarak, imalat öncesi KG yöntemlerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Öncülüğünü Taguchi'nin yaptığı tasarım aşamasına yönelik faaliyetlerin KGS'deki boşluğu dolduracağı söylenebilir. Böylece daha önce yapılan hataların tekrar ortaya çıkma olasılığı olabildiğince düşeceğinden günümüz üretim sistemlerinin gereklerinden olan ; birim girdi başına elde edilen çıktı miktarının artırılması , maliyetlerin düşürülmesi , kalitenin geliştirilmesi ve daha da önemlisi verilen taahhütlerin zamanında eksiksiz olarak yerine getirilmesi mümkün olmaktadır.

Taguchi anlayışında kalite geliştirmenin amacı ; kaliteyi kontrol etmek değil , kontrol edilemeyen değişkenlere karşı duyarsız olan , kontrol edilebilen değişkenleri belirlemek ve bunların maliyetlerini azaltmaktır. Bu değişkenler özel nedenler ve sistemden kaynaklanan nedenler olmak üzere ikiye ayrılır. Özel nedenlerden kaynaklanan değişkenlik , imalat aşamasında belirli noktalarda yapılacak düzeltici çalışmalarla önlenir. Buna karşın sistemden kaynaklanan değişkenlik , tasarım aşamasında Taguchi yöntemlerini kullanarak , yapılacak daha iyi tasarımlarla azaltılabilir. TY'leri , ürün değişkenlerinin en iyi değerlerini belirlemeye çalışır. Bu amaçla kaliteyi etkileyen değişkenler kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen değişkenler olmak üzere iki grupta ele alınır. Çok yüksek maliyet getirmeleri nedeniyle, KED'i bulup ortadan kaldırmak mümkün değildir. Bunun yerine KED'in kötü etkilerini en aza indirgeyen KD'in değerleri araştırılır. Bu araştırmayı yaparken, kalite kayıp fonksiyonu , ortogonal diziler gibi kalite geliştirme uygulamalarında oldukça yeni olan istatistiksel yöntemlerden yararlanır. Sonuçta ürün tasarımı geliştirilerek, sistemden kaynaklanan değişkenlik miktarı önemli ölçüde azaltılır. Böylece bir yandan kalite geliştirilirken diğer yandan da maliyetler azaltılmış olur.

Bu çalışmada, talaşlı imalat tezgahlarında kalite geliştirme için Taguchi yönteminin nasıl kullanıldığı araştırılmıştır. Bu yöntem sonucunda elde edilen

olumlu sonuç bir imalat parçasının kalitesi için gerekli olan yüzey pürüzlülüğünü etkileyen KD'lerin, yapılan bir ekip çalışması sonucunda belirlenmesi ve Taguchi yönteminin önerdiği istatistiksel yöntemler sonucunda belirli bir çözüme ulaştırılması olmuştur. Yani freze tezgahında işlenen bir parçanın yüzey pürüzlülüğüne istenilen tolerans sınırları içerisinde ulaşabilmesi için , parçayı işleme sırasında verilecek son pasoda tezgahın ilerleme hızının minimum olması ve kalemle parçaya daldığı derinliğin mümkün olduğunca az olması gerekmektedir. Böylece tezgahta çalışan işçiye kaliteli bir parça imal etmesi için gereken koşullar tam olarak verildiği için kontrol edilemeyen değişkenlerin bozucu etkisine karşı süreç duyarsız kılınmış ve bir bakıma kaliteli parça üretilmesi garantilenmiştir. Bu sayede işletme yönetimi kalite geliştirme konusunda somut verilere sahip olmuştur.

FAYDALANILAN KAYNAKLAR

- ALDEMİR M.C. : **Örgütlerin Yönetimi** , Bilgehan Basımevi , İzmir ,1985 .
- ATAM A.,TAŞÇI F., SEMERCİOĞLU S. : **Kalite Çemberi** , Rehber Eğitimi , Arçelik A.Ş. Çayırova İşletmesi , 1994.
- ASI : **Executive Awareness the Methods of Dr. Genichi Taguchi** , American Supplier Institute Center For Taguchi Methods , Birmingham , 1986.
- ASI : **Taguchi Methods - Quality Engineering -Executive Briefing** , American Supplier Institute Center For Taguchi Methods , Dearborn , Michigan , 1988.
- BARKER T. B. : **"Quality Engineering by Desing : Taguchi ' s Philosopy "** , Quality Progres , 1985.
- BURNAK N . ve ÇELİK : **" Kalite Geliştirmede Taguchi Yöntemlerinin Rolü "** , Endüstri Müh.Dergisi , C. V , S 5 , 1994 .
- CAPPİS M. C. : **Üst Yönetici Kalite İlişkisi** , Standart , S . 7 , 1987 .
(Çev. Güçlü A . İ .)
- COX D . R . : **Planning of Experiments** , New York , 1958 .

- ÇÖMLEKÇİ N. : **Deney Planlamasına Giriş** , Eskişehir İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi Ya.No. 204 /133 , 1978.
- DOĞAN Ü. : **Verimlilik Analizleri ve Verimlilik Ergonomi İlişkileri** , İzmir Ticaret Borsası Yayın no 31, İzmir ,1985 .
- EVANS J. and New Lindsay : **The Management and Control of Quality** , West Publishing Co. , York , 1989 .
- FATHİ Y. : **" Producer Consumer Tolerances"** , Journal of Quality Technology , C.22 , S. 2 .
- FLİPPONE S . : **Using Taguchi Methods to Apply the Axioms of Desing** , Robotics & Computer Integrated Manufacturing , S.2 , 1989 .
- FISHER R.A. : **Desing of Experiments** , Oliver & Boyd , Edinburg , 1966.
- GÜNEL E . : **Seminars in Quality Improvement** , Bilkent University , Ankara , 1990.
- JURAN J. M. : **Quality Control Handbook** , McGraw-Hill International Book Co . , New York , 1979.
- JOINER B. : Wiskonsin Üniversitesi İstatistik Bölümü.
(Çev. ŞİRVANCI M.)
- KACKAR R . : **"Off - Line Quality Control , Parameter Desing and Taguchi Methods"** ,Journal of Quality Technogy , 1985 .
- KACKAR , R . : **"Taguchi Quality Philosopy : Analysis and Commentary"** , Quality Progress , C. 19 , S . 12 , 1986 .
- KACKAR , R. and SHOEMAKER A. S. : **Robust Desing : A Cost Effective Method for Improving SHOEMAKER A. S. manufacturing process**, AT&T Tecnical Journal,C.65,S.2, 1986.
- KAVRAKOĞLU İ . : **Toplam Kalite Yönetiminin Türk Sanayi İçin Önemi** , TSE dünya kalite günü sempozyumu .

- KAVRAKOĞLU İ. : **"Başarı-Motivasyon Toplam Kalite İlişkisi "** , Kalite , S.14(1992), s.2.
- KAYLAN A.R. : **Toplam Kalite Yönetim Sistemi** , Endüstri Mühendisliğinde Bilgisayar Uygulamaları Seminer Notları , Bursa , 7-11 mayıs 1991.
- LEE N. S. , PHADEKE : **An Expert System for Experimental Desing in Quality Control** , M.S. and KENY R. Expert System , C.6, S.4,
- LIN P., SULLIVAN L., : **"Using Taguchi Methods in Quality Engineering"** , Quality TAGUCHI G. ,Progress, C.23, S. 9 , 1990 .
- PHADEKE M.S. : **Quality Engineering Using Robust Desing** , Prentice Hall , New Jersey, 1989.
- PHADEKE M. , S. : **" Off-line Quality Control in İntegrated Circuit Fabrication Using Experimental Desing"** , The Bell System Tecnical Journal 62 No.5 , 1983.
- KACKAR R. N., SPEENEY G.
- PIGNETIELLO J. : **An Overview Of the Strategy and Tactics of Taguchi** , IIE Transactions , 20 , 3 ,1988.
- ROSS P. J. : **Taguchi Technigues for Quality Engineering** , Mc Graw - Hill , New York, 1988.
- ROSS P. J. : **"The Roll Of Taguchi Methods and The Desing of Experiments in QFD "** , Quality Progress , C.21 , S.6 , 1988.
- SAATÇIOĞLU O. : **Sistem Güvenirliği** ,kalite kontrol Yöneticiler Toplantısı ve sempozyumu , MHP , Ankara , 1976.
- SULLIVAN L. P. : **"Reducing Variability ; A new approach to quality "** , Quality Progress C.17,S. 7 , 1984.
- SULLIVAN L. P. : **"The Seven Stages in Company-Wide Quality Control"** , Quality Progres ,C.19,S.5,1986.

- SULLIVAN L. P. : **"The Power of Taguchi Methods "**, Quality Progress,C. 20 ,S. 6, 1987.
- ŞİRVANCI , M. : **Kalite ve Verimlilikte Yeni Gelişmeler** , Seminer notları , Bilkent Üniversitesi , Ankara .
- TAGUCHI G. : **Quality Engineering in Production System** , McGraw Hill , 1989.
(Çev.Şirvancı , M.)
- TAGUCHI G. : **Introduction to Off-line Quality Control** , Central Japan Quality Control Association , Meiki Nakamura-Ku Nagoya , Japan,1979.
(Çev.ÇELİK Çafer)
- TAGUCHI G. : **System of Experimental Desing** , Vol 1 -2 , New York , 1987.
(Çev.ÇELİK Çafer)
- TAGUCHI G. : **Taguchi Methods: Orthogonal Arrays and Linear graps ; Tools for Quality Engineering** , ASI Inc., Dearborn Michigan , 1987.