

T.C.  
ANADOLU ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DÖKÜM ENDÜSTRİSİNDE KALİTE KONTROLU

- T.Ş.F.A.Ş. ESKİŞEHİR MAKİNA FABRİKASI'NDA  
KALİTENİN ÜRETİM DEVAM EDERKEN KONTROLU  
İÇİN BİR UYGULAMA -

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN  
Prof.Dr.Musa ŞENEL

AHMET HİSAR

ESKİŞEHİR 1986

## Ö Z E T

Bu çalışmada, makina parçaları üretiminde geleneksel ve yaygın bir yeri olan döküm endüstrisinde kalite kontrolu konusu incelenmiştir. Bir döküm parçanın sertliği kalite özelliği olarak ele alınıp ; bunun bağlı olduğu faktörlerin araştırılması çoklu regresyon analizi ile yapılmış ; sonuçta en etkili faktörün karbon eşdeğeri olduğu anlaşılmıştır. Böylece sertliğin istenilen sınır değerler arasında kalmasını sağlamak için karbon eşdeğerini denetim altına almak gereği ortaya çıkmıştır. Bu denetim ise, en ekonomik olarak süreç esnasında kontrol diyagramları kullanımı ile mümkün olabilmektedir. Konuya ilişkin bir uygulama, Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Eskişehir Makina Fabrikası Pik Döküm Atölyesinde yapılmıştır.

## A B S T R A C T

In this study, quality control in the machine parts that are manufactured by casting process are presented. Quality control in casting process is very important because of it used as excellent and conventional manufacturing method. A relation between skin hardness and process parameters should be determined if hardness of a part casted is take account as a quality property. According to our experiments equivalent carbon content had a major role on hardness. So that carbon content should be control to hold a range of hardness. Quality control charts have been a good tool for this task. A application is made on a foundry shop of machine factory.

## İ Ç İ N D E K İ L E R

ÖZET	...	i
ABSTRACT	...	ii
İÇİNDEKİLER	...	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	...	vi
TABLolar LİSTESİ	...	viii
GİRİŞ	...	1

## B İ R İ N C İ B Ö L Ü M

### KALİTE VE KALİTE KONTROLU

I.1	KALİTE KAVRAMI	...	4
I.2	KALİTE KONTROLU SİSTEMLERİ	...	9
	I.2.1 Tüm Kalite Kontrolu	...	9
	I.2.2 Toplam Kalite Kontrolu	...	10
I.3	KALİTE KONTROLUNUN MALİYETLERİ	...	12
	I.3.1 Koruma Maliyetleri	...	13
	I.3.2 Ölçme ve Değerleme Maliyetleri	...	14
	I.3.3 Bozuk Mal Maliyetleri	...	15
I.4	KONTROL DİYAGRAMLARI	...	17
	I.4.1 Kalite Değişkenliğinin Nedenleri	...	17
	I.4.2 Kontrol Diyagramlarının Kullanım Amacı	...	18
	I.4.3 Kontrol Diyagramlarının Yapısı	...	18
	I.4.4 Kontrol Diyagramlarının Yorumlanması	...	20
	I.4.5 Kontrola Ulaşmanın Yararları	...	21
	I.4.6 Kontrol Diyagramı Çeşitleri	...	22

I.4.7	Kontrol Diyagramlarının Hazırlanması	...	22
-------	--------------------------------------	-----	----

## İ K İ N C İ B Ö L Ü M

### DÖKÜM ENDÜSTRİSİNDE KALİTE KONTROLU

II.1	DÖKÜMÜN ÖNEMİ VE TANIMI	...	24
II.2	DÖKÜM ENDÜSTRİSİNDE KALİTE KONTROLUNUN ÖNEMİ	...	25
II.3	DÖKÜM ENDÜSTRİSİNDE KALİTE KONTROLU SİSTEMLERİ	...	26
	II.3.1 Tüm Kalite Kontrolü	...	26
	II.3.2 Toplam Kalite Kontrolü	...	27
II.4	GİRİŞ KONTROLÜ	...	29
	II.4.1 Giriş Kontrolü İçin Bir Sistem Oluşturmakta Gerekli Adımlar	...	29
	II.4.2 Ham ve Yardımcı İşletme Malzemelerinde Yapılacak Kontroller	...	30
II.5	SÜREÇ KONTROLÜ	...	34
	II.5.1 Ergitimi ve Döküm Kısımındaki Kontroller	...	35
	II.5.2 Kalıplama Kısımındaki Kontroller	...	36
	II.5.3 Kalıp Kumu Kontrolü	...	38
	II.5.4 Maça Kumu Kontrolü	...	41
	II.5.5 Maça Kontrolü	...	41
	II.5.6 Temizleme Kısımında Kontrol	...	42
II.6	SON KONTROL	...	43
	II.6.1 Göz Kontrolü	...	43
	II.6.2 Ölçü ve Aparat Kontrolü	...	44
	II.6.3 Mikro Yapı ve Sertlik Kontrolü	...	44
	II.6.4 Tahribatsız Muayene	...	44
	II.6.5 Ambalaj Kontrolü	...	44
II.7	İSTATİSTİKİ KALİTE KONTROLUNUN DÖKÜMHANELERDE UYGULANMASI	...	45

## Ü Ç Ü N C Ü B Ö L Ü M

### KALİTENİN ÜRETİM DEVAM EDERKEN KONTROLU İÇİN BİR UYGULAMA

III.1	PROBLEMİN TANIMI	...	48
III.2	PİK DÖKÜM	...	50
III.3	GRİ DÖKME DEMİRİN BİLEŞİMİNDEKİ ELEMENTLER VE ETKİLERİ	...	51
III.3.1	Karbon	...	51
III.3.2	Silisyum	...	52
III.3.3	Manganez	...	53
III.3.4	Kükürt	...	53
III.3.5	Fosfor	...	54
III.3.6	Krom	...	55
III.4	DÖKME DEMİRİN YAPI BİLEŞENLERİ	...	55
III.5	KARBON, SİLİSYUM VE SOĞUMA HAZININ YAPIYA ETKİSİ	...	56
III.6	KARBON EŞDEĞERİ VE DOYMA DERESESİ	...	57
III.7	SERTLİK İLE KİMYASAL ANALİZ ARASINDAKİ İLİŞKİ	...	59
III.7.1	Çoklu Regresyon Analizi	...	61
III.7.2	Regresyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi.	61	
III.7.3	Sertlik İle Karbon Eşdeğeri Arasında Doğrusal Regresyon	...	65
III.8	KARBON EŞDEĞERİNİN ÜRETİM DEVAM EDERKEN KONTROLU	...	67
III.8.1	Örnek Alma Zamanı ve Örnek Sayısı	...	67
III.8.2	Kullanılacak Diyagramlar	...	67
III.8.3	Temel Elemanların Belirlenmesi	...	68
III.8.4	Kontrol Diyagramlarının Çizimi	...	72
SONUÇ		...	77
KAYNAKLAR		...	79
EKLER		...	81

## ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİL I.1	En Uygun Tasarım Kalitesi Düzeyinin Saptanması	...	6
ŞEKİL I.2	Uygunluk Kalitesini Etkileyen Maliyet Unsurları ve Optimum Uygunluk Derecesinin Saptanması	...	7
ŞEKİL I.3	Mamul Kalitesinin Oluşumu	...	8
ŞEKİL I.4	Üretim Süreci İçinde TKK Faaliyetleri	...	11
ŞEKİL I.5	KK Maliyetleri Arasında Uygunluk Kalitesine Göre Uygun Denge Noktasının Araştırılması	...	16
ŞEKİL I.6	Bir Kontrol Diyagramının Temel Elemanları	...	19
ŞEKİL II.1	Basma Mukavemetinin Karıştırma Süresi İle Değişimi	...	39
ŞEKİL II.2	Kum Değerlerinin Grafikle İzlenmesi	...	40
ŞEKİL II.3	Sertlikteki Değişimin Verilen Sınırlara Göre Kontrolü	...	46
ŞEKİL III.1	Toplam Karbon İle Grafitik Karbon Arasındaki İlişki	...	52
ŞEKİL III.2	(Si)'nin Sertliğe Etkisi	...	53
ŞEKİL III.3	Fosforun Sertliğe Etkisi	...	54
ŞEKİL III.4	Dökme Demir Çeşitlerine (C) ve (Si)'nin Etkisi (Maurer Diyagramı)	...	56

ŞEKİL III.5	Saf Demir Karbon Denge Diyagramı ve Fazlar	...	57
ŞEKİL III.6	% 2 Si İhtiva Eden Dökme Demirde Soğuma ve Grafitleşme Şematik Diyagramı	...	57
ŞEKİL III.7	Doymuşluk Derecesi, Örnek Çapı ve Sertlik Değeri Arasındaki İlişki	...	60
ŞEKİL III.8	Geçmiş Verilere Ait $\bar{X}$ ve $\sigma$ Kontrol Diyagramları	...	71
ŞEKİL III.9	Üretim Devam Ederken Çizilen $\bar{X}$ ve R Kontrol Diyagramları	...	75

## TABLÖLAR LİSTESİ

TABLO III.1	Çoklu Regresyonda Kullanılan Sertlik ve Analiz Değerleri	...	62
TABLO III.2	Çoklu Regresyon Katılan Değişkenler Arasındaki İkili Regresyon Sonuçları	...	63
TABLO III.3	Geçmiş Dökümlere Ait 19 Alt Grubun $C_E$ Değerleri	...	69
TABLO III.4	Bir Döküm Zamanına Ait $C_E$ Değerleri	...	73
TABLO III.5	Bir Sonraki Döküm Zamanına Ait $C_E$ Değerleri	...	74

## G İ R İ Ő

Ülkelerin teknolojik, sosyal, kültürel ve ekonomik düzeyleri yükseldikçe tüketicilerin istekleri deęiŐmekte, kaliteli ve fiyatı uygun mamullere yönelmektedir. İŐletmelerin, ulusal ve uluslararası artan rekabet ortamında ve sürekli deęiŐen tüketicilerde isteklerinde mamullerini satabilmeleri için aşağıdaki Őartları sağlamaları gerekmektedir :

- a) Tüketiciler gereksinmelerini karŐılayacak mamul üretimi,
- b) Mamullerde istenilen düzeyde kalite,
- c) Tekdüzen kalite,
- d) Rekabet fiyatı.

Bu Őartlar, maliyet kontrolü, üretim planlama, metod geliştirme, iş ölçümü ve kalite kontrolü konularının işletme yönetiminde önem kazanmasına yol açmıŐtır.

Ülkemizde iŐletmelerin pek çoğu yanlış bir düŐünceyle kalite kontrolünü bir lme, muayene ve kusurlu mamulleri ayıklama fonksiyonu olarak görüp, bu uygulamaya devam etmektedirler.

Muayene ve hatalıyı ayırma kalite kontrol fonksiyonunun çok önemli bir faaliyeti olmakla beraber sadece bir kısmını oluşturur. Kalite kontrolünün amacı kusurlu mamul üretimini önlemek veya önemsiz bir orana düşürmektir. Esas olarak kalite kontrolünün dört aşamalı bir süreç olduğu söylenebilir. Bunlar ;

- a) Kalite standartlarının saptanması,
- b) Standartlara uygunluğun tespiti,
- c) Standartlardan sapma halinde düzeltici önlemlerin alınması,
- d) Kalite ile ilgili standartların geliştirilmesi için yeni yöntem ve teknolojik olanakların araştırılması.

Bunlardan dolayı kalite kontrolünü yalnızca üretim aşamalarında değil, üretim öncesi ve sonrasında yer alan, işletmenin çeşitli birimleri ile yakın ilişki ve bilgi alışverişinde bulunan bir fonksiyon olarak düşünmek gerekir.

Kalite kontrol fonksiyonu, yukarıda bahsedilen faaliyetlerini yerine getirebilmek için mühendislik ve yönetim bilimlerinin yanısıra istatistik biliminden de çok fazla miktarda yararlanmaktadır. Çünkü ölçme ve değerlendirmede istatistik gerçeğe yakın, pratik ve düşük maliyetli sonuçlar vermektedir. Üretim işleminde istenilen ortalama kalite ve kalite tekdüzenliğini en ekonomik ve en güvenilir biçimde İstatistiksel Kalite Kontrolü metodları ile sağlanmaktadır. Bu teknikten gerektiği şekilde yararlanmasını bilen bir işletme, kalite kontrolü uygulaması için yapacağı küçük bir harcamaya karşılık hammadde, enerji ve işgücü harcamalarında büyük tasarruflar sağlayacak hatalı mamul oranını küçültmek suretiyle, rekabet gücünü büyük ölçüde yükseltecektir.

Öte yandan, kusurlu mallar nedeniyle doğacak kazalar sonunda ölenler ve sakat kalanların toplum yaşantısı üzerindeki ekonomik ve psikolojik etkileri küçümsenemez. Bu da kalite kontro-

lunun işletmelerde etkin bir şekilde uygulanması gerektiğini vurgulamaktadır.

Ülkemizde makina imalatında çok önemli bir yeri olan döküm endüstrisinde, yukarıda açıklamaya çalışılan anlamda modern kalite kontrolü henüz yaygın olarak uygulanmamaktadır. Konunun öneminden dolayı bu çalışmada döküm endüstrisinde kalite kontrolünün incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma üç bölüme ayrılmıştır.

Birinci bölümde kalite kavramı, kalite kontrol sistemleri, kalite kontrol maliyetleri ve kontrol diyagramlarından bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, döküm endüstrisinde kalite kavramı ve kalite kontrol sistemleri, yapılması gerekli kontroller ve istatistiksel kalite kontrolünün dökümhanelerdeki uygulaması anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde istatistiksel kalite kontrolünün dökümhanelerdeki uygulanmasına örnek verilmesi amaçlanmıştır, Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Eskişehir Makina Fabrikası Pik Döküm Atölyesinde seçilmiş bir ürünün kalite özelliği olan sertlik değerine, bileşiminde bulunan elementlerin etkileri regresyon yöntemiyle araştırılmış ve tesbit edilen en etkili faktörün süreç esnasında kontrol diyagramlarıyla değişimi incelenmiştir.

Çalışmanın sonunda istenilen kalite özelliğinin sağlanabilmesi için süreçle ilgili önerilere yer verilmiştir.

## B İ R İ N C İ B Ö L Ü M

### KALİTE VE KALİTE KONTROLU

#### I.1 KALİTE KAVRAMI

Kaliteli mal denilince en mükemmel veya en pahalı mal akla gelmemelidir. Kalite ancak mamulün fonksiyonuna, diğerk bir deyişle hizmet ettiğı amaca göre bir anlam taşır. Burada amaç malı kullanacak olanın gereksinmesine ve ödeme olanaklarına göre belirlenir. Dolayısı ile kalite şöyle tanımlanabilir : "Bir malın, tüketicilerin ihtiyaç ve isteklerini karşılama ölçüsünü belirleyen mühendislik ve imalat özelliklerinin tümüdür" (1).

Kaliteyi daha ayrıntılı biçimde açıklayabilmek için; yukarıda verilen genel kalite tanımına ek olarak daha başka kalite kavramlarının tanıtılması yararlı olacaktır. Bir malın kalitesi üç ayrı kalite kavramının gereklerinin yerine getirilmesiyle sağlanabilir. Bunlar tasarım, imalat ve kullanım kaliteleridir.

---

(1) FEIGENBAUM, A.V., Total Quality Control, Engineering and Management, Mc Graw-Hill, New York, 1961, s. 13.

a) Tasarım Kalitesi

Tüketicilerin gereksinmelerini karşılamak üzere, bir malın kağıt üzerinde saptanmış kalitesi, tasarım kalitesidir. Başka bir deyişle, proje üzerinde elde edilen kalitedir.

(EOQC) sözlüğü tasarım kalitesini, imalat kolaylığına ve tüketici gereksinmelerine ilişkin olarak, tasarımın iyi, mükemmel olması diye tanımlar (2).

Bu tanımdaki imalat kolaylığı deyimini : 1-Tasarım, maliyeti düşürücü nitelikte olmalı, 2-Söz konusu tasarıma ulaşabilmek için işletmenin gerekli teknolojik olanaklara sahip olması, başka bir deyişle tasarımın hayali olmaması anlamına gelir.

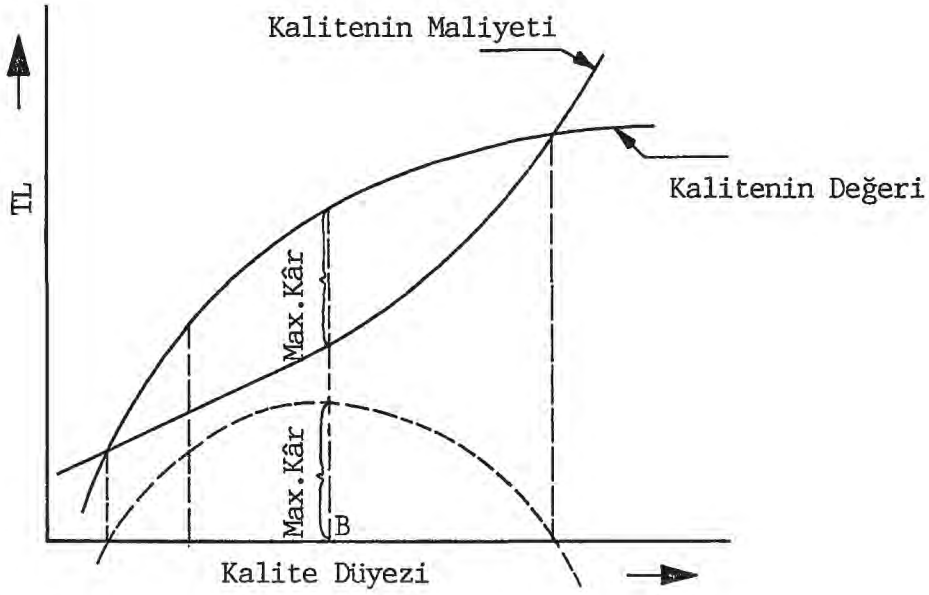
Bu açıklamalardan şu sonuç çıkarılabilir : Bir malın, tüketiciye en üst düzeyde doyunluk verebilmesi ve işletmeye en çok kârı sağlayabilmesi için tasarım kalitesi iyi olmalıdır.

Bir mamul için en uygun tasarım kalitesinin saptanması, kalitenin tüketici açısından değeri ile üreticiye olan maliyeti arasında optimum noktanın bulunması işlemidir. Şekil I.1'deki diyagramda en uygun tasarım kalitesinin nasıl saptanacağı görülmektedir.

Diyagramdaki, kalitenin değeri eğrisi tüketicinin kaliteye verdiği değeri, diğer bir deyişle ödemeye hazır olduğu parayı gösterir. Eğrinin eğimi giderek azalır. Zira tüketici başlangıçta daha kaliteli mala fazla para ödemeye hazırdır. Fakat kalite düzeyi gereksinmesinin üstüne çıktığında aynı isteği göstermez. Kalitenin üreticiye maliyeti ise tersine bir gelişme gösterir. Kalite düzeyi yükseldikçe maliyetler önce yavaş sonra büyük bir

---

(2) (EOQC) : Avrupa Kalite Örgütü.



ŞEKİL I.1 : En Uygun Tasarım Kalitesi Düzeyinin Saptanması

hızla artar. Belli bir kalite düzeyi için iki eğri arasındaki ordinat farkı üreticinin kalite açısından kârını gösterir. Farklardan oluşan kâr eğrisi B noktasında enbüyük olmaktadır. Dolayısıyla ile üretici açısından, mamul için en uygun tasarım kalitesi bu noktadadır.

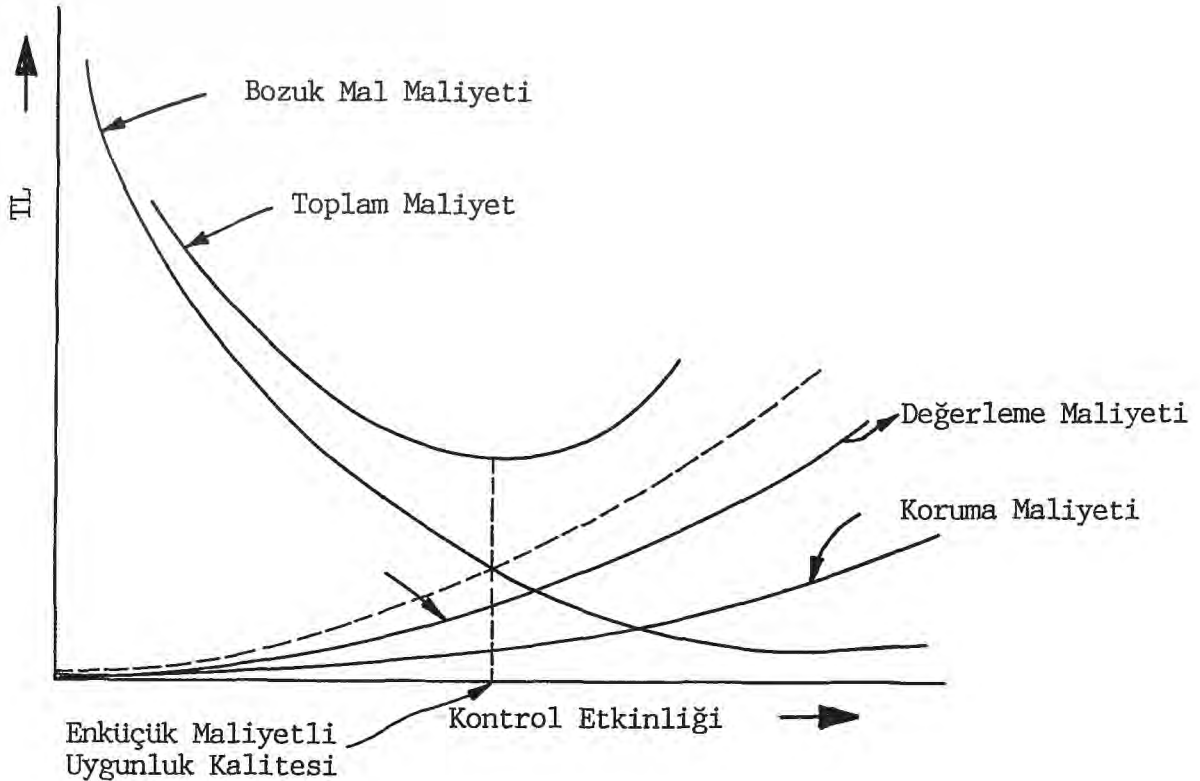
b) İmalat Kalitesi (Tasarıma Uygunluk Kalitesi)

Mal imal edildikten sonra, proje üzerinde elde edilen kaliteye gerçekte ne ölçüde ulaşıldığını gösterir. Aradaki ayrılık ne kadar az ise imalat kalitesi o kadar iyi demektir. Bu ise uygulanan imalat yöntemine, kullanılan araç, gereç ve insangücünün niteliklerine bağlıdır. İmalat yöntemleri ve girdileri iyi seçilir ve kullanılırsa, tasarım kalitesi de o ölçüde imalat kalitesine yansır.

Ayrıca, imalat sırasında başvurulan muayeneler ve kontrollerde imalat kalitesinin elde edilmesini önemli ölçüde etkiler.

Belli bir uygunluk kalitesinin gerçekleştirilmesinde çeşitli maliyetlerin dengelenmesine çalışılır. Bunlar Şekil I.2'deki grafikte görülmektedir.

Uygunluk kalitesinin ölçüsü bozuk mal yüzdesi olabilir. Kalite kontrolunun etkinliği arttıkça yani hatalı parça oranı azaldıkça, bozuk malların ortaya çıkardığı malzeme ve işçilik kayıpları ile tamir masrafları ve müşteri şikayetleri hızla azalır. Buna karşılık ölçme, değerlendirme ve koruma faaliyetlerinin yoğunluğu arttığından bunların maliyeti giderek yükselir. Koruma maliyeti, bozuk malın üretimine fırsat vermemek amacı ile önceden alınan önlemler için yapılan masraflardan oluşur. Bozuk mal maliyeti ile koruma ve değerlendirme maliyetleri toplamının keşiştiği noktanın absisi maliyetin enküçük değeri aldığı uygunluk kalitesidir.

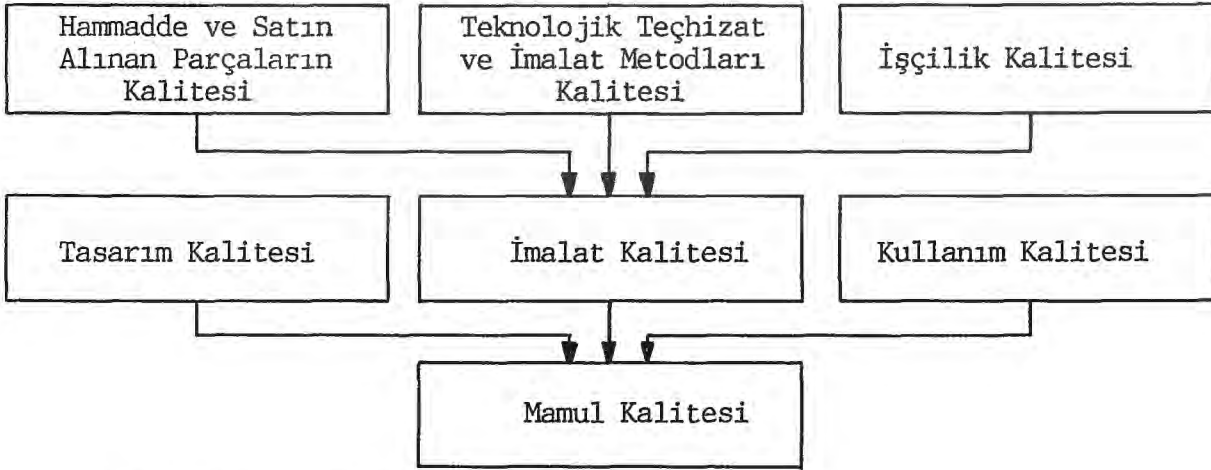


ŞEKİL I.2 : Uygunluk Kalitesini Etkileyen Maliyet Unsurları ve Optimum Uygunluk Derecesinin Saptanması

### c) Kullanım Kalitesi

Malın kalitesini oluşturan üçüncü kalite kavramı, kullanım kalitesidir. Kullanım kalitesi, koruyucu ambalajlama, taşıma, yerleştirme, bakım ve onarım işlerinde kalite gereklerine uyulması diye tanımlanır. Bu anılan işlerde gereklere uyulmazsa, tasarım ve imalat kaliteleri ne kadar üstün olursa olsun kullanım kalitesi düşük olur, dolayısıyla istenen mal kalitesine ulaşılamaz.

Gerçekte tasarım, imalat ve kullanım kalitelerini birbirinden ayrı düşünmek doğru değildir. Mamulün en son kalitesinin oluşmasında üçüde önemli rol oynar. Bu nedenle, karşılıklı ilişkileri ve etkileri gözönüne alarak yapılan çalışmalar başarılı sonuç verir. Söz konusu üç kalite kavramı Şekil.I.3' de şematik olarak gösterilmiştir.(3).



ŞEKİL I.3 : Mamul Kalitesinin Oluşumu

(3) LOIZELLIER, E.B., "Kalite Planlaması, Örgütlenmesi ve Yönetimi" Kalite Kontrolü Yöneticiler Toplantısı ve Sempozyumu, MPM Yayınları, No . 177, Ankara, 1976, s. 74.

## I.2 KALİTE KONTROLU SİSTEMLERİ

### I.2.1 Tüm Kalite Kontrolü

Önceleri kalite kontrolü denilince, yalnızca üretimi bitmiş mamullerin istenilen özelliklere uygunluğunun kontrolü anlaşılıyordu.

Zamanla tüketici beklentilerinin artması ve maliyet kavramının etkili olmaya başlamasıyla, yalnızca çıkan mamulün belirli standart ve spesifikasyonlara göre ayırımını yapmanın yeterli olmadığı, bununla maliyetlerin düşürülemediği görülmüştür. Kontrol kapsamı, mamul kontrolünden geriye gidilerek ;

- a) Ham ve yarı mamul madde girişi kontrolü,
- b) Süreç kontrolü,
- c) Mamul kontrolü (son kontrol),

olmak üzere genişletilmiştir.

Bu sisteme "Tüm Kalite Kontrolü" adı verilmektedir. Buna göre üretim için gerekli olan tüm ham, yarı mamul ve yardımcı malzemeler, ambar girişinde, belirli alanlarda toplanmakta, gerekli kontrolleri yapılarak, uygunluğuna karar verildikten sonra kullanılmalarına izin verilmektedir.

Süreç kontrolü ise hatalı mamulün mümkün olan en kısa zamanda tespit edilerek ayrılmasını sağlamak amacıyla uygulanır. Üretimin belirli aşamalarında gerekli kontroller yapılarak, hatalı imalat tespit edilmekte, düzeltilmek için veya kullanılmamak üzere ayrılmaktadır. Böylece hatalı bir mamul üzerinde daha fazla masraf yapılması engellenerek, maliyetlerin artması önlenmektedir.

Mamul kontrolü ise göz kontrolü, fonksiyon kontrolleri, tahribatsız muayene, ölçü ve aparat kontrolleri vs. gibi teknikleri kapsamaktadır.

### I.2.2 Toplam Kalite Kontrolu

Bu kavramın kullanılması oldukça yakın zamanlara rastlamaktadır. Tüketicilerin kaliteye ilişkin isteklerinin çoğalması, teknolojik ilerlemeler, imalat süreçlerinin karmaşıklığı, yükselen kalite-maliyet ilişkileri işletmeleri kalite sorunları yönünden dar bogazlara itmeye başlamıştır. Mevcut tüm kalite kontrolü anlayışı ve uygulaması işletmeleri bu güç durumdan çıkarmada yetersiz kalmıştır.

1950 yıllarında gelişmeye başlayan anlayışla, kalite kontrolünün, araştırma, geliştirme, yeni tasarım kontrolü, giren madde kontrolü, ürün kontrolü, özel süreç etüdüleri, satış ve satış sonrası hizmetlerini kapsaması gerektiği ortaya çıkmış ve bu yeni sisteme "Toplam Kalite Kontrolü" adı verilmiştir.

Toplam Kalite Kontrolü kavramını ortaya atan Feigenbaum'un verdiği tanım şöyledir :

Tüketici isteklerini en ekonomik düzeyde karşılamak amacı ile işletme organizasyonu içindeki çeşitli ünitelerin ; kalitenin yaratılması, yaşatılması ve geliştirilmesi yolundaki çabalarını birleştirip koordine eden etkili sisteme TOPLAM KALİTE KONTROLU denir (4).

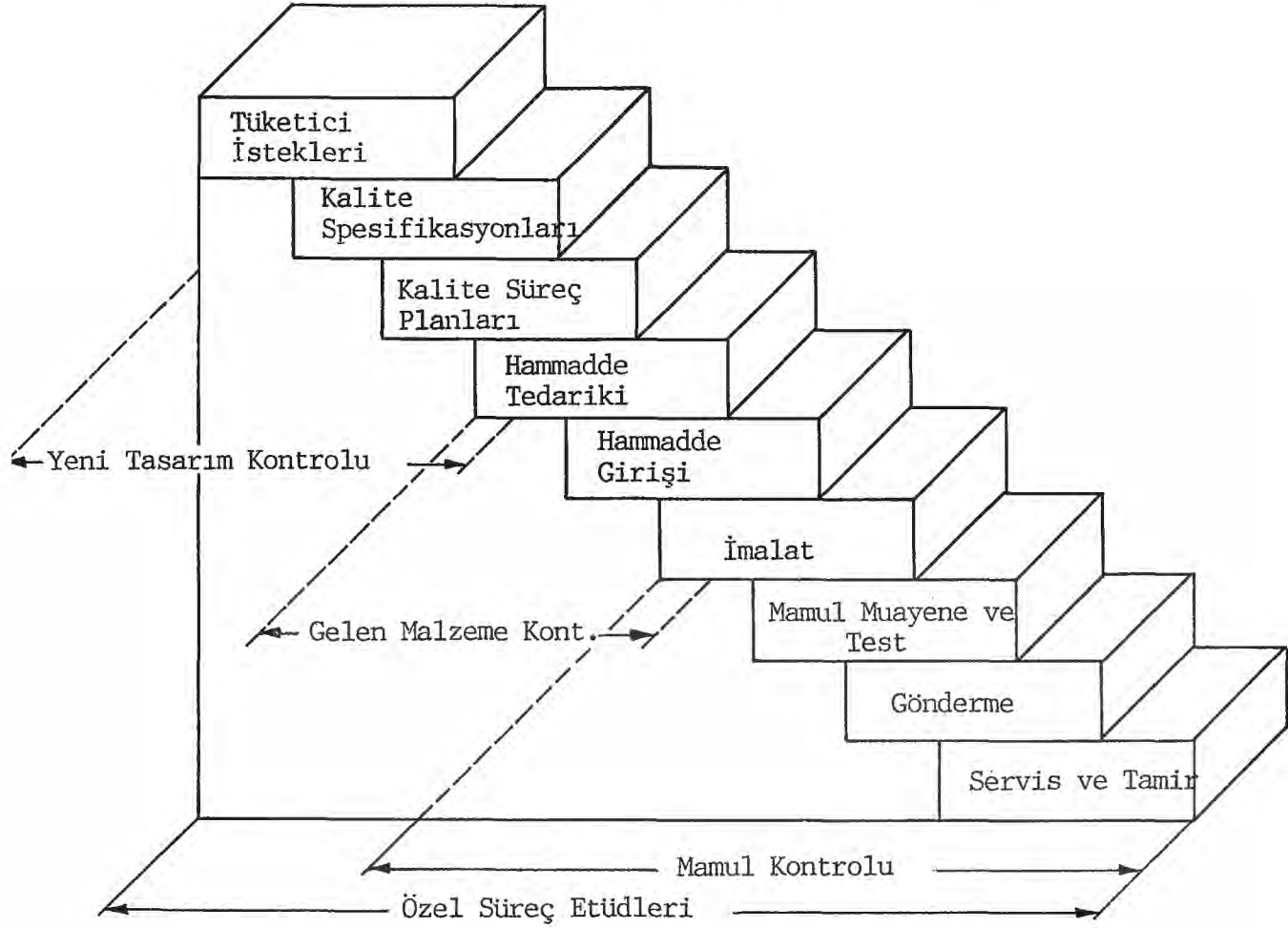
Yukarıda verilen tanımından anlaşılacağı üzere Toplam Kalite Kontrol (TKK), işletmede, Kalite Kontrol bölümü dışındaki üniteleride ilgilendiren bir fonksiyondur. Üretim, tüketici isteklerinin tespitinden başlayan ve mamulün tüketiciye ulaştırılması ile sona eren bir faaliyetler zinciridir. İmalat, kapalı bir devre oluşturan bu zincirin sadece bir halkasıdır. TKK'nun üretim sürecinin çeşitli aşamaları ile ilgisini Şekil I.4'deki diyagramdan daha açık biçimde görmek mümkündür (5). Buna göre

---

(4) FEIGENBAUM, A.V., a.g.e., s.12.

(5) FEIGENBAUM, A.V., a.g.e., s.34.

üretim süreci içinde TKK üç ana aşamada gerçekleşmektedir.



ŞEKİL I.4 : Üretim Süreci İçinde TKK Faaliyetleri

a) Yeni Tasarım Kontrolü : Üretime geçmeden önce mamulün maliyet, performans ve güvenilirlik ile ilgili kalite standartlarının tasarlanıp belirlenmesi ve üretimde ortaya çıkabilecek kalite kontrolü sorunlarını ortadan kaldıracak veya azaltacak önlemlerin alınmasıdır. Bu aşamada yer alan faaliyetler şunlardır ; pazar araştırma sonuçlarının değerlendirilmesi, mamul fonksiyon analizi, kalite düzeyinin ve standartlarının tespiti, süreç ve tezgah olanakları, prototip mamul üretimi ve performans testleri, tolerans analizi, güvenilirlik ve tamir-bakım standartlarının geliştirilmesi.

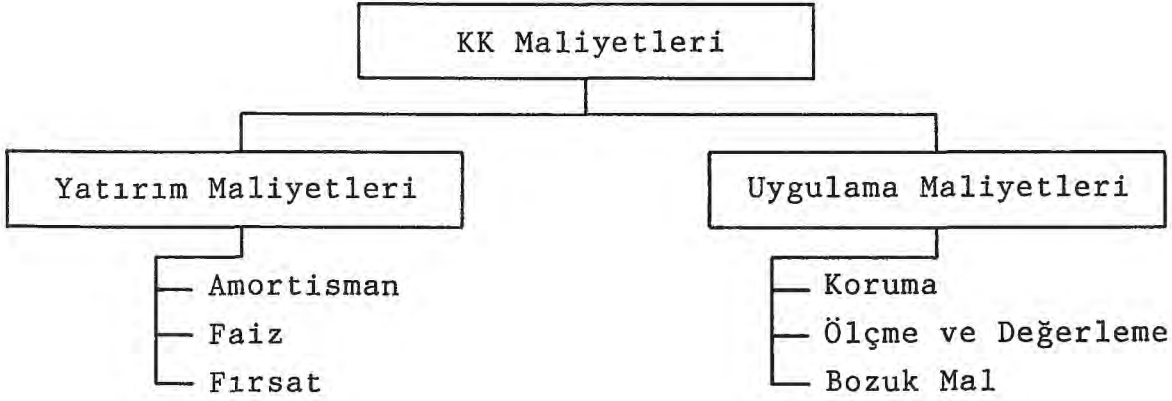
b) Gelen Malzeme Kontrolu : Mamulün üretiminde kullanılan hammadde, yarı mamul parça ve yardımcı malzemelerin ambara istenen kalite özelliklerine sahip olma koşulu ile girişinin sağlanmasıdır. Bu aşamada tedarik kaynaklarının değerlendirilmesi, malzeme spesifikasyonlarının hazırlanması, kabul muayenesi ve test yöntemlerinin belirlenmesi, ekonomik örnekleme yöntemlerinin seçimi faaliyetleri yer alır.

c) Mamul Kontrolu : Mamul veya onu oluşturan parçaların kalite özelliklerinin, imalat işlemlerinin uygulandığı yerde kontrolüdür. Hammadde ve parçaların, ambar çıkışından üretim sonunda mamul hale gelinceye kadar belirli yerlerde uygulanan muayene işlemleri ile kalite spesifikasyonlarından sapmalar tesbit edilir ve mümkün en kısa zamanda hata nedenlerini giderici, düzeltici kararlar alınır. Mamul kontrolü, muayene noktalarını ve işlemlerini belirleyen planın hazırlanması, süreç duyarlık araştırması, örnekleme, kontrol diyagramları uygulaması, alet ve aparat kontrolü, ölçme aletleri kalibrasyonu, işçiye talimat verme, eğitim ve maliyet analizi faaliyetlerinden oluşur. Bazı hallerde mamul müşteriye teslim edildikten sonra ortaya çıkan hatalar ve şikayetlerin incelenmesi de mamul kontrolünün kapsamı içinde düşünülür.

TKK'nun üç ana aşamasını kapsamına alan Özel Süreç Etüdüleri bir çeşit geri besleme fonksiyonu niteliğindedir. Tasarım, tedarik ve imalat aşamalarında görülen aksaklıkların giderilmesi amacıyla yönelik araştırma ve geliştirme faaliyetlerinden ibarettir.

### I.3 KALİTE KONTROLÜNÜN MALİYETLERİ

Kalite kontrolü faaliyetlerini yürütebilmenin maliyetleri aşağıdaki şemada görüldüğü gibi gruplandırılabilir.



a) Yatırım Maliyetleri : Laboratuvar araçları, ölçme aletleri, bina ve ilgili tesisata yapılan harcamaların faiz, amortisman ve fırsat maliyetlerinden oluşur.

b) Uygulama Maliyetleri : Koruma, ölçme ve değerlendirme ve bozuk mal maliyetleri şeklinde üç grupta toplanır. Her üç grupta yer alan maliyet unsurlarını oluşturan faaliyetler aşağıda tanımlanmıştır.

### I.3.1 Koruma Maliyetleri

a) Kalite Planlaması : Tüketici istekleri, tasarım koşulları ve teknolojik olanaklar gözönüne alınarak kalite spesifikasyonlarının saptanması, muayene ve test yöntemlerinin oluşturulması.

b) Süreç Kontrolü : Eldeki üretim araçlarının kaliteye ilişkin kapasitelerinin belirlenmesi, kalite kontrolü yöntemlerinin uygulanmasında ilgili personele yol gösterilmesi süreç etkinliğini arttırma çarelerinin araştırılması, süreçleri etkileyen özel faktörlerin bulunması ve düzeltici önlemlerin saptanması.

c) Araştırma-Geliştirme Çalışmaları : Güvenirlilik, yeni malzeme, ölçme aletleri ve yöntemleri, test araçları vb. konularda kaliteyi daha düşük maliyetle daha yüksek düzeyde gerçekleştirmeyi amaçlayan faaliyetler.

d) Haberleşme Sisteminin Tasarımı : Etkin ve doğru haberleşmeyi sağlayacak kayıt formlarının tasarlanması ve geliştirilmesi.

e) Eğitim : Kalite Kontrol bölümü personeline eğitim programları düzenlenmesi.

### I.3.2 Ölçme ve Değerleme Maliyetleri

a) Gelen Malzemenin Muayenesi : Üretim için gerekli hammadde, parça ve yardımcı malzemelerin fabrika ambarına girişten önce spesifikasyonlara uygunluğunu tesbit amacı ile yapılan test ve muayeneler.

b) Süreçte Muayene : Üretimin ilk işleminden son işleme kadar çeşitli aşamalarda yapılan ölçme, mukavemet ve performans testleri, kimyasal analizler.

c) Ölçme ve Test Araçlarının Kontrolü : Muayene ve testlerde kullanılan araçların kalibre edilmesi, tamir ve bakımlarının yapılması.

d) Test ve muayenelerde harcanan malzeme ve enerji ile tahrip edici testlerde ziyan olan mamuller.

e) Test ve Muayene Hazırlıkları : Makina, alet ve iş parçası üzerinde muayene ve test için yapılması zorunlu olan hazırlık işlemleri.

f) İrdeme : Gelen malzeme, üretim işlemleri ve mamul üzerinde yapılan muayene sonuçlarının kalite kontrol bölümünde irdelenerek değerlendirilmesi ve hazırlanacak raporla ilgili bölümlere duyurulması.

g) İşletme Dışı Ölçme ve Testler : İşletme dışındaki kuruluşlara yaptırılan muayene ve testler.

h) İşçilik Kontrolü : Kalite Kontrolün kendi personelinin çalışması ve performansını denetlemek amacı ile girişilen kontrol faaliyetleri.

### I.3.3 Bozuk Mal Maliyetleri

a) Iskarta : İstenen kalite spesifikasyonlarına uymadığı tesbit edilerek hurdaya ayrılan malzeme, yarı mamul ve mamuller.

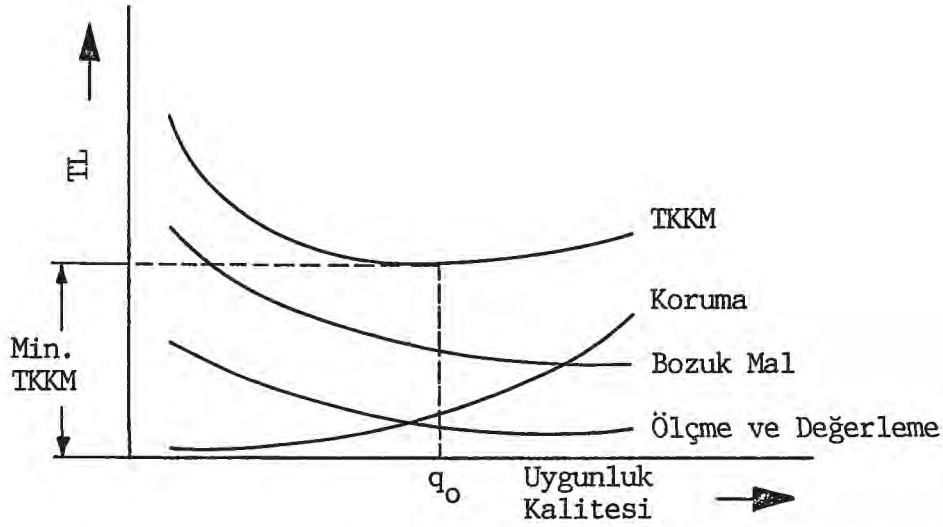
b) Düzeltme veya Tamir : İstenilen kalite özelliklerini sağlayabilecek düzeltme ve tamir işlemlerinin uygulanması için harcanan işçilik ve malzemeler.

c) Mühendislik Hizmetleri : Kalite spesifikasyonlarına uygunluğun sağlanamaması yüzünden ortaya çıkan sorunların çözülmesi için yapılan mühendislik hizmetleri.

d) Müşteri Şikayetleri : Bozuk ve hatalı mamuller nedeni ile müşterilerden gelen şikayetleri tesbit, cevaplandırma amacı ile yürütülen faaliyetler.

Kalite kontrol maliyetlerini yukarıda belirtildiği gibi ayrıntılı biçimde tespit etmek veya ölçmek çok güçtür. Ancak gerekli görüldüğü zaman bunlardan biri veya birkaçı üzerinde özel olarak durmak mümkündür. Aslında KK maliyetleri arasında bağımlılık vardır. Yani birindeki değişme diğerlerini de etkiler.

Şekil I.5'deki grafikten görüldüğü gibi, uygunluk kalitesini yükseltmek amacı ile koruma maliyetleri arttırıldığında bozuk mal, ölçme ve değerlendirme maliyetlerinde azalma meydana gelmektedir. İyi bir planlama sonucu muayene ve test sayılarının azalması ve bozuk mal yüzdesinin küçülmesi doğaldır. Üç ana maliyet grubu arasındaki ilişkiler bir enküçük toplam kalite kontrol maliyet (TKKM) oluşturacak niteliktedir.  $q_0$  Nokta-



ŞEKİL I.5 : KK Maliyetleri Arasında Uygunluk Kalitesine Göre Uygun Denge Noktasının Araştırılması

sında TKKM eğrisi en küçük değerini alır. KK faaliyetlerinin yoğunluğu  $q_0$  uygunluk kalitesini gerçekleştirecek biçimde planlanırsa TKKM en küçük olacaktır.

Ana maliyet gruplarının TKKM içindeki paylarının saptanmasında işletmenin genel durumu, personel ve araç olanakları ile benzer endüstri kollarındaki istatistikler gözönüne alınır. A.B.D.'de yapılan araştırmaya göre, tüm ülke endüstrisinde KK maliyetleri şöyle dağılmaktadır : % 70 bozuk mal, % 25 ölçme ve değerlendirme, % 5 koruma maliyetleri (6).

Genel olarak en küçük paya sahip olan koruma maliyetlerinin, özellikle eğitime ayrılan kısmını bir miktar arttırmakla bozuk mal maliyetlerinde önemli azalmalar sağlanacağı söylenebilir.

(6) KOBU, Bülent, Endüstriyel Kalite Kontrolü, Önsöz Basım ve Yayımcılık, İstanbul, 1981, s. 394.

## I.4 KONTROL DİYAGRAMLARI

### I.4.1 Kalite Değişkenliğinin Nedenleri

Üretim işlemi çok sayıda ve karışık faktörlerin etkisi altındadır. Bu değişkenlik nedenlerinin tümünü saptamak mümkün olmadığı gibi, saptananların etki derecelerini kesin olarak belirlemekte olanaksızdır. Aslında bu amaçla harcanacak çabaların maliyeti çok yüksek olduğu gibi gereği de yoktur.

Bir süreçte değişmelere yol açan faktörler, kontrol açısından iki grupta toplanabilirler.

a) Genel (Tesadüfi) Faktörler : Süreçte meydana getirdikleri değişmelerin miktarı nispeten küçüktür. İlke olarak bu tip küçük değişmeler doğal kabul edilir. Kontrol limitleri saptanırken, genel faktörlerin yol açtığı değişmelerin bu limitleri aşmaması öngörülür. Diğer bir deyişle, değişmeler kontrol limitleri içinde kaldıkça süreç kontrol altında kabul edilir ve herhangi bir düzeltici önlem alma yoluna gidilmez. Malzeme yapısındaki küçük farklar, çevre koşullarındaki değişmeler, ölçme hataları, tezgahdaki titreşim gibi faktörler bu gruba girerler.

b) Özel Faktörler : Varlıkları sürekli olmayıp zaman zaman ortaya çıkarlar. Meydana getirdikleri değişmeler büyüktür. Eğer süreci etkileyen bir özel faktör mevcutsa, izlenen değişkenin değerinin kontrol limitleri dışına taşması gerekir. İyi tasarlanmış bir süreç kontrolünde özel faktörlerin varlığı derhal farkedilir ve düzeltici önlem alınarak sürecin tekrar kontrol limitleri içine girmesi sağlanır. Malzeme farkları, tezgah ve işçilik farklılıkları, körlenmiş kesme kalemi, hatalı işlem uygulaması, aşınmış kalıp, ayar bozukluğu vb. faktörler bu gruba girerler.

Esasında faktörleri kesin olarak ayırmak mümkün değildir. Mamul cinsine, tasarım kalitesine ve imalat yöntemine göre faktörlerin bulunduğu grup değişebilir.

#### I.4.2 Kontrol Diyagramlarının Kullanım Amacı

Kalite kontrolunda, kalite sorunlarının çözümü için kontrol diyagramları şu üç amaçla kullanılabilir.

- a) Kaliteyi üretim devam ederken kontrol etmek.
- b) Kalite ile ilgili veri ve bilgileri takdim etmek.
- c) Kalitenin ne dereceye kadar kontrol altında tutulduğu hususunda karar vermek.

Aslında kontrol diyagramı, kalitenin grafik olarak kaydedilmiş şeklidir.

Kontrol diyagramları için yapılan tanımlamalar şöyledir :

Feiganbaum, "Kontrol diyagramları, mamulün gerçek kalite spesifikasyonlarını, geçmiş tecrübelerle dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik (gün, saat, hafta, vb.) olarak kıyaslamaya yarayan grafiklerdir" (7).

Duncan, "Kontrol diyagramları, esas itibariyle tekrarlanan işlemlerin kontrol altına alınması için kullanılan istatistik tekniğidir" (8).

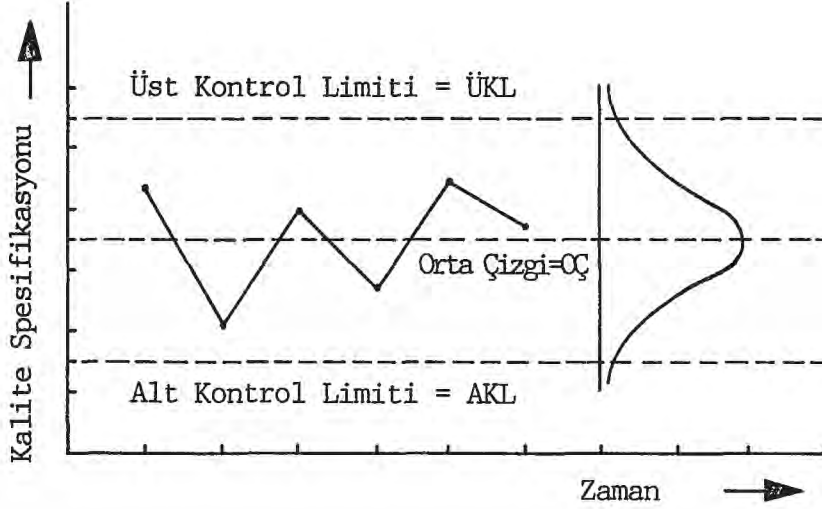
#### I.4.3 Kontrol Diyagramlarının Yapısı

Bir kontrol diyagramınının, Şekil I.6'da görüldüğü gibi bir olasılık dağılımınının  $90^{\circ}$  döndürülmesi ile elde edildiği söylenebilir.

---

(7) FEIGENBAUM, A.V., a.g.e., s. 250.

(8) DUNCAN, A.J., Quality Control and Industrial Statistics, Richard D.Irwin. Inc., Homewood Illions, 1974, s. 375.



ŞEKİL I.6 : Bir Kontrol Diyagramının Temel Elemanları

Kontrolü sözkonusu olan kalite spesifikasyonunun zaman içinde aldığı değerler noktalarla temsil edilmiştir. İzlenen kalite değeri, boyut, ağırlık gibi ölçülebilir bir büyüklük veya kusurlu parça oranı gibi bir özellik olabilir. Olasılık dağılımında izin verilen sapmanın limitlerini belirleyen çizgiler burada  $90^\circ$  döndürülmüş olarak aynı görevi yürütürler. Kontrol diyagramında, üst sapma limitine Üst Kontrol Limiti (=ÜKL), alt sapma limitine Alt Kontrol Limiti (=AKL) ve dağılımın ortalamasından geçen çizgiye de Orta Çizgi (=OÇ) denir. Esasta kontrol diyagramının yalnızca üç çizgiden oluştuğu söylenebilir. Gözlenen kalite spesifikasyonu değerleri ölçekli olarak bu sistem içine yerleştirildiğinde sürecin gidişini kontrol etmek mümkündür.

Burada, diyagramdaki kontrol limitleri ile parça için verilen spesifikasyon limitlerinin aynı olmadığına dikkat etmek gerekir.

Spesifikasyon limitleri, mamul (parça) kalitesinin kabul

edilebilir uç değerlerini belirten sınırlardır. Bir siparişin karşılmasında bu sınırların dışına çıkanlar reddedilir.

Kontrol limitleri ise üretim işleminin kontrol altında yürüyüp yürümediğinin ayırt edilmesi için çizilen sınırlardır. Bunlar üretilen her parçanın kalitesini kontrol etmek için değil, örnekten örneğe, bir kontrol zamanından diğer kontrol zamanına meydana gelen kalite değişikliği hakkında hüküm vermek için bir baz olarak kullanılırlar. Kontrol limitleri, bir grup parçanın toplu kalitesinin, bu gruptaki parçaların tek tek incelenmesi sonucu hesaplanacak bir takım ölçülerine dayanmaktadır.

#### I.1.4 Kontrol Diyagramlarının Yorumlanması

Temel elemanları hesaplanarak belirlenmiş bir kontrol diyagramı üzerine gözlenen değerler yerleştirildiğinde sürecin durumu hakkında yorumda bulunmak mümkündür. Genel olarak, noktalar limitler arasında kaldığı sürece, sürecin tesadüfi faktörlerin etkisi altında bulunduğu ve dolayısı ile kontrol dışına çıkmadığı söylenir. Eğer bir veya birkaç nokta limitler dışına çıkarsa süreci etkileyen bir özel faktörün mevcut olduğuna karar verilir ve düzeltici önlem alma yoluna gidilir.

Burada, her iki halde de hata yapıp yapılmadığı akla gelebilir. Yani, özel faktörler mevcut değilken aramaya kalkışmak ve gereksiz önlemler almak veya özel faktör mevcut olduğu halde farkına varmamak ve önlem almakta geç kalmak.

İki tip hatayı da tamamen ortadan kaldırmak mümkün değildir. Genellikle üst ve alt kontrol limitlerinin hesaplanmasında kullanılan  $3\sigma$  sınırlarının genişliği, bu iki tip hatayı en ekonomik bir şekilde dengeler gözükmektedir (9).

---

(9) Amerikan Standartlar Derneği, Amerikan Standart Kalite Kontrolü Rehberi ve Verilerin Analizinde Kullanılan Kontrol Grafiği Metodu İçin Standart. (Çev.Fevzi Ercan), Yüksek Teknik Öğretmen Okulu, 1976, S. 25.

Kontrol diyagramlarını yorumlarken şu hususa dikkat etmek gerekir. Bir sürecin kontrol altında bulunması ile kalite spesifikasyonlarının karşılanması her zaman aynı anlama gelmeyebilir. Genellikle süreç kontrol altında ise ve tolerans limitleri içinde kalınıyorsa herhangi bir girişimde bulunulmaz. Kontrol altındaki bir süreçte tolerans limitleri dışına çıkılıyorsa, tasarım veya imalat yöntemi hatası veya yanlış tezgah seçimi olasılığı üzerinde durulmalıdır. Süreç kontrol altında olmamasına rağmen tolerans limitleri içinde kalınması mümkündür. Böyle bir durumda gereksiz yere özel faktör aramaya kalkışmamak yerinde olur.

#### I.4.5 Kontrola Ulaşmanın Yararları

Bir sürecin kontrol altında tutulması ile sağlanacak yararlar şöyle sıralanabilir :

- a) Kontrol hali var olduğu zaman, üretim işleminde bireysel birimler arasındaki değişim en küçük olacaktır.
- b) Kontrol halinde mamul örneklerinden elde edilen veriler, onun kalitesi hakkında en yüksek seviyede güvenilirlik taşırlar. Böylece örnekleme ve muayene masrafları ve dolayısı ile kontrol için yapılan masraflar en aza indirilebilir.
- c) Kontrol halinde, kalitesi herhangi iki kontrol sınırı arasına düşecek parça yüzdesi en yüksek güvenilirlikle önceden tahmin edilebilir.
- d) Kontrol halinde, sipariş şartnamesinde belirtilen spesifikasyon limitlerinde değişiklik yapmanın pratik bir avantaj sağlayıp sağlamıyacağını kesin olarak kararlaştırabilmek için elimizde güvenilir bir esas var demektir.

- e) Kontrol halinde, bir mamulün alıcı tarafından teknik şartnamede belirtilen kaliteyi taşıyıp taşımadığını araştırmak ve saptamak suretiyle kabulünü, gelen partiler için alıcı tarafından uygulanacak kontrol sonuçlarından ziyade imalatçının kontrol kayıtlarına dayatmak, çok kez, daha sağlam bir yoldur. Bir anlaşma ile kontrol kayıtları sürekli olarak alıcının emrine verilirse bu yol gerçekleştirilebilir. Bu takdirde alıcı rastgele olarak alacağı bazı örnekleri kayıtların doğruluğu için dener.

#### I.4.6 Kontrol Diyagramı Çeşitleri

Boyut, ağırlık, hacim, mukavemet, sertlik gibi ölçülebilir değişkenler için, ortalama ( $\bar{X}$ ), değişim aralığı (R) ve standart sapma ( $\sigma$ ) diyagramları çizilebilir. ( $\bar{X}$ ) Kontrol diyagramı ortalama kalitenin, ( $\sigma$ ) ve (R) diyagramları ise bireysel maddelerin değişkenliklerinin kontrol haline ulaştırılmasını ve kontrol halinde tutulmasını sağlar.

İyi-kötü, sağlam-bozuk, kusurlu-kusursuz gibi sıfatlarla ifade edilebilen özellikler için ise kusurlu oranı (P), örnekteki kusur sayısı (Pn), birim başına kusur sayısı (U), örnek başına kusur sayısı (C) diyagramları çizilebilir.

#### I.4.7 Kontrol Diyagramlarının Hazırlanması

Belirli bir konuda oluşturulacak kontrol diyagramını tasarı halinden uygulama aşamasına getirinceye kadar yapılması gereken işler aşağıda sıralanmıştır (10).

---

(10) GRANT, E.L., LEAVENWORTH, R.S. Statistical Quality Control, Mc Graw-Hill, New York, 1980, S. 116-117.

## 1) Ön Hazırlık Çalışmaları :

- a) Kullanma amaçlarının belirlenmesi,
- b) Değişkenlerin seçimi,
- c) Örnek hacminin tesbiti,
- d) Örnek alma yöntemi ve zamanlarının saptanması,
- e) Ölçme yöntemlerinin belirlenmesi,
- f) Gerekli kayıt formlarının tasarımı.

## 2) Diyagramların Çizimi :

- a) Ölçmelerin yapılması ve bulguların kaydedilmesi,
- b) Diyagram üzerine işlenecek değerlerin hesaplanması,
- c) Standartlar verilmişse orta çizgi ve limitlerin bulunması,
- d) Standartlar verilmemişse, geçmiş bilgilere göre orta çizgi ve limitlerin bulunması,
- e) Hesaplanan değerlerin diyagram üzerine işlenmesi.

## 3) Sonuçların Analizi :

- a) Diyagram üzerindeki noktaların incelenmesi,
- b) Sürecin gidişi ile ilgili yorumlar yapılması,
- c) Sürecin kontrol dışına çıkması halinde özel faktörlerin araştırılması,
- d) Özel faktörlerin tesbiti ve düzeltici önlemler alınması konularında ilgili bölümlerle işbirliği yapılması,
- e) Süreç karakteristiğinde değişme veya gelişmeler varsa yeni duruma göre uygun diyagramların oluşturulması.

## İ K İ N C İ B Ö L Ü M

### DÖKÜM ENDÜSTRİSİNDE KALİTE KONTROLU

#### II.1 DÖKÜMÜN ÖNEMİ VE TANIMI

Makina imalatı, döküm, plastik şekil verme, talaşlı imalat, kaynak yöntemleri veya bunların kombinezonları ile gerçekleşir. Bunlar arasında döküm yöntemi, en karışık makina parçalarının en kolay ve ekonomik olarak şekillendirilmesi bakımından ayrı bir önem taşır.

Döküm tekniği, metal veya alaşımlarının, ergitildikten sonra kalıp adı verilen boşlukları tam dolduracak şekilde katılaştırılması suretiyle yapı parçalarının elde edilmesi esasına dayanır. Metallerin sıvı haldeyken sahip oldukları çok yüksek şekil alma yeteneği, bu teknik ile değerlendirilir. Bir döküm parçanın elde edilişinde genel olarak şu sıra izlenir :

- a) Resim Çizimi : Döküm tekniğine ve malzemenin metalurjik özelliklerine uygun olarak şekil ve ölçü tesbiti.
- b) Model Yapımı : Kalıplama tekniği ve boyut değişimlerini gözönünde tutarak, kolay işlenen bir malzemedен (ağaç, alüminyum vb.) dökülecek parçanın benzerini imal etmek.

- c) Maça Yapımı : Döküm sırasında parçada boş çıkması istenen yerlerde, iç şekillendirmeyi sağlayacak özel kumdan yapılmış parçaların yapımı.
- d) Kalıplamak : İçine döküm yapılacak boşluğu elde etmek amacıyla, kalıp kumu kullanarak model şeklinin negatifi olan çukurluklar elde edilmesi.
- e) Ergitmek ve Dökmek : Yeterli bir akıcılık kazanacak şekilde ergitilen metal, özel akıtma kanalları vasıtasıyla (yolluk, çıkıcı, besleyici) kalıp içine doldurulur.
- f) Temizlemek : Dökülmüş parçanın katılaşmasından sonra döküm sırasında gerekli olduğu için parçayla birlikte dökülmüş bulunan yolluk, besleyici gibi kısımlar kesilir. Parçaların yüzeyleri yapışmış kumdan temizlenir, fazlalıklar taşlanır.
- g) Kalite Kontrol : Dökülmüş parçalar kimyasal analiz, içyapı, mekanik özellikler ölçü ve toleranslar, çatlak, yüzey düzgünlüğü gibi hususlarda kontrol edilir.

## II.2 DÖKÜM ENDÜSTRİSİNDE KALİTE KONTROLÜNÜN ÖNEMİ

Döküm endüstrisi gibi bir ara üretim grubunda, satın alıcının beğenisinden çok, belirtilmiş özel veya uluslararası standart ve spesifikasyonlar bir döküm parçanın kalitesinin tanımında etkili olmaktadır.

Bir dökümhanede kalite kontrol kavramının ana amacı sakatı önlemek veya başka bir deyişle parçanın müşteri istek ve spesifikasyonlarına uyabilmesinin sağlanmasıdır. Belirli bir kalite seviyesinde sevk edilen parçalar gerek kullanıldıkları ana mamullerin imalatında, gerekse bu ana mamullerin ekonomik ömürlerinde söz sahibi olacaklardır.

Mevcut üretim teknikleri içinde ucuzluğu nedeni ile önemli bir yer kazanmış olan döküm teknolojisi, imalatının bir çok faktöre dayanması nedeni ile gerek üretim, gerekse mamul safhalarında çok sıkı bir kontrolü gerektirmektedir. Yetersiz kapsamda ve güvenilemeyecek bir kontrole tabi tutulan döküm mamuller, zaten tasarımcılar tarafından emniyetsiz sayılan döküm teknolojisini zor durumda bırakacaktır. Bu durumda, üretim teknolojilerinin basitliği nedeniyle sakatları az olan plastik şekil verme ve metal dışı teknolojiler dökümün yerini alabilecektir.

### II.3 DÖKÜM ENDÜSTRİSİNDE KALİTE KONTROLÜ SİSTEMLERİ

Döküm endüstrisinde, işletmenin büyüklüğüne göre tüm veya toplam kalite kontrolü sistemi uygulanabilir.

#### II.3.1 Tüm Kalite Kontrolü

a) Giriş Kontrolü : Ergitme, kalıplama, maça yapımı ve temizleme kısımlarında kullanılan ham ve yardımcı malzemelerin, belirlenmiş özelliklere göre fabrika girişinde kontrol edilmesidir.

Bu noktada uygun bulunmayan bir malzemenin üretimde kullanılmasına izin verilmeyerek geri gönderilmesi, bu malzemenin kullanımından doğabilecek sakatları önleyecektir. Böyle bir malzemenin kontrolü için harcanacak çabalar, malzemenin kullanılmasından ileri gelebilecek sakatların maliyetinden kat kat düşük olacaktır.

b) Süreç Kontrolü : Üretimin ana safhalarında yapılacak kontrollerle, hatalı imalatın en kısa zamanda tesbit edilmesi sağlanıp, hatanın bir sonraki safhaya gitmesi engellenerek zararın daha fazla artması önlenmiş olacaktır. Örneğin, hatalı olarak yapıştırılmış bir maçanın, henüz döküme girmeden maça kısmında tesbit edilerek ayrılması, kalıplama, ergitme ve temizleme kısımlarındaki gereksiz masrafları önleyerek, zararı azaltacaktır.

Ortaya çıkabilecek sakatların azaltılması ve dolayısı ile kalitenin sağlanabilmesi için model yapımı, kum hazırlama, maça imalatı, kalıplama, ergitme, döküm ve temizleme safhalarında etkili kontrollerin yapılması gerekmektedir.

c) Son Kontrol : Döküm işlemi tamamlanmış olan parçaların spesifikasyonlarında belirtilen özelliklerinin kontrolüdür. Bu safhada, ölçü, göz, iç yapı, kimyasal analiz ve mekanik özelliklerin kontrolleri yapılır.

Tüm kalite kontrol sisteminde parça üzerinde yapılacak en son kontroller bu safhada biteceğinden, her türlü kontrol çok sıkı yapılmalıdır. Bu noktada kontrolden kaçacak hatalı parçalar dökümhanenin kalite imajını zedeleyecektir.

Giriş, süreç ve mamul kontrolleri ileride detaylı olarak anlatılacaktır.

### II.3.2 Toplam Kalite Kontrolü

Birinci bölümde anlatıldığı gibi, toplam kalite kontrolü sistemi, tüm kalite kontrol sisteminin üretim birimleri yanında kaliteyi etkileyebilecek diğer servisleride kapsayacak şekilde genişletilmiş halidir.

Bu sistemde, kalite kontrol servisi bir parçanın tasarımından sevkiyatı ve satış sonrası hizmetlerine kadar geniş bir alanda hizmet vermek zorunda olup, buna göre organize olması gerekmektedir. Böyle durumlarda bu servislerin adları, klasik kalite kontrol olmaktan çıkıp, "kalite temini" adını alabilmektedir.

Detaylı olarak incelendiğinde, bir döküm parçanın düşük bir sakat oranında ve yüksek bir kalitede imal edilebilmesi için kalite kontrol bölümünün onay vermesi veya en azından görüş belirtmesi gereken diğer hususlar şunlardır :

- a) Tasarım : Parçanın şekli sakat oranını arttırmaya müsait ise, müşteri ile temas edilip sakatı azaltacak değişiklikler kalite kontrol tarafından talep edilme-  
lidir.
- b) Sipariş Alınması : Mevcut tesis ve teknolojiyle müşteri tarafından istenilen kalitede mal imalinin mümkün olup olamayacağı hususunda kalite kontrol siparişler alınmadan, teklif verme döneminde devreye girme-  
lidir.

Örneğin, spesifikasyonlarda belirtilebilecek ölçü toleranslarına dökümhanede kullanılan kalıplama usulü ile erişilememesi, istenilen sertlik veya kimyasal analiz limitlerinin mevcut tesislerle sağlanamayacak olması, o siparişin kabul edilmemesini gerektirecektir.

- c) İmal Yönteminin Tesbiti : İstenilen spesifikasyonlara uygun ve mümkün olabilecek en düşük sakat ile imalat yapılabilmesi için en uygun imalat yönteminin seçilmesinde kalite kontrolün onayı gerekmektedir.
- d) Satınalma : Hammadde ve yardımcı işletme malzemesinin satın alınacağı firmalar için kalite kontrolün yeterlik onayı vermesi gerekir. Yeterli kalitede malı sürekli olarak veremeyecek tesislere sahip firmalardan ekonomik nedenlerle alım yapılması, üretimde sorunlar yaratacağından, bu firmalar daha sipariş verilme sırasında elenmelidir.
- e) Bakım : Üretimde kullanılan tesislerin gerekli fonksiyonlarına uygun şekilde çalışmaları, kaliteli üretim için şarttır. İstenilen görevi uygun yapmayan makinelerin kalite kontrolca tesbit edilip, bakım servisine haber verilmesi gereklidir.

Örneğin, karıştırıcıları aşınmış bir kum mikserinin yapacağı kum sakata neden olacağından, çalışmasının durdularak onarım yapılması şarttır.

- f) Üretim Planlama : Uygun bir üretim planlamanın kalite üzerine olumlu etkisi bulunmaktadır. Belirli bir parçanın kısa serilerde belirli aralıklarla üretim programına alınması, ayrıca acele ile üretim programına alınan parçalarda, maça, model, vs. kontrolleri tam olarak yapılamadığından sakat oranı artmaktadır.
- g) Sevkiyat : Toplam kalite kontrol sisteminde, kalite kontrol servisi, sevkiyat ve ambalaj konularında da görüş bildirmelidir. Parçaların nakliye sırasında zedelenmeleri veya paslanmaları, müşteri üzerinde kalite açısından kötü etki yapacağından, ambalaj ve sevkiyat koşulları kaliteyi zedelemeyecek tarzda olmalıdır.

## II.4 GİRİŞ KONTROLÜ

Kaliteli ve düşük sakatlı bir üretim yapabilmek için diğer bir çok etken yanında, uygun kalitede ham ve yardımcı malzeme kullanılması gerekmektedir.

Malzeme kalitesizliğinin neden olduğu sorunlarla karşılaşmamak ve büyük zararlara uğramamak için iyi çalışan bir giriş kontrol sistemi oluşturulmalıdır. Çünkü, düşük kalitede bir ham madde sisteme girdikten sonra, farkedilip sistemden atılana kadar büyük sorunlar yaratacaktır.

### II.4.1 Giriş Kontrolü İçin Bir Sistem Oluşturmada Gerekli Adımlar

a) Dökümhanenin şartlarına göre malzemeden istenilen özellikleri belirten teknik şartnamelerin hazırlanması. Bu teknik şartnameler hazırlanırken, kontrol edilecek bütün ö-

zellikler, alt ve üst sınır değerleri ve kontrol metodları ile birlikte belirtilmelidir.

b) Hazırlanan teknik şartnameler, bu konuda üretim yapan firmalara gönderilip teklif ve örnekler istenir. Gelen örnekler uygunsa, kalite kontrol ve satınalma elemanları firmayı ziyaret ederek, teknik imkanlar, kapasite, sürekli aynı kalitede mal verebilme yönünden incelerler. Firma yeterli ise sipariş verilmesi satınalmaya bildirilir.

c) Sipariş verilen firmadan gelen malzemeler kabul ambarına alınır ve kabul edilene kadar bu sahada bekletilir. Bu malzemelerin üzerine kullanılmamalarını belirten ikaz levhaları konmalıdır.

Malzeme, teknik şartnamede belirtilen özelliklere göre kontrol edilir. Uygunsa, kabul sahasından malzeme ambarı veya sahasına geçirilip, üretim için kullanıma serbest bırakılır. Kabul edilmeyen malzeme, üzerine reddedildiğine dair bir kart konularak, geri gönderilmek üzere ayrılır ve satınalma bölümüne haber verilir.

#### II.4.2 Ham ve Yardımcı İşletme Malzemelerinde Yapılacak Kontroller

Dökümhanelerde kullanılan ham ve yardımcı malzemeler şunlardır : Pik, sac ve çelik hurdası, ferro alaşımları, aşıl原因ıcılar, grafit, kok kömürü, kireç taşı, döküm kumu, bentonit, kömür tozu, dekstrin, reçine, maça supportları seramik curuf filtreleri. Kısaca bunlara uygulanacak kontroller şunlardır (11).

---

(11) GÜNAY, Yaylalı, Döküm Sanayiinde Kalite Kontrol, SEGEM, Ankara, 1981, s. 46-65.

a) Ham Pik : Katılaşmada hücre oluşabilmesi ve çekinti problemini azaltmak için, pik döküm şarjlarında % 15-30 oranında kullanılmaktadır.

- Kimyasal analiz (C, Si, Mn, P, S),
- Külçe boyutları,
- Göz ile curuf ve oksit kontrolleri yapılmalıdır.

b) Sac ve Çelik Hurda : Karbon oranını düşürmek için pik dökümde % 30-40, çelik dökümde % 50 civarında kullanılır.

- Göz kontrolü (içerisinde paslanmaz ve kalın boyalı malzeme bulunmamalıdır).
- Menşei belli olmayan yerlerden geliyorsa kimyasal analiz kontrolleri yapılmalıdır.

c) Ferro Alaşımları : Ferro-mangan, ferro-krom vb. Pik ve çelik dökümde alaşım miktarını ayarlamak için kullanılır.

- Göz,
- Ölçü kontrolleri yapılmalıdır.

d) Ferro-Silis ve Aşılayıcılar : Pik dökümde özel bir yeri vardır. Yapının karbürsüz ve A tipi grafit ile oluşmasını sağlar. Ayrıca çelik dökümde istenilen kimyasal kompozisyonun sağlanmasında kullanılır.

- Kimyasal analiz (Si, Ca, Al, Mg),
- Göz (curuf ve pislik),
- Boyut kontrolleri ve
- Aşılama testi

yapılmalıdır.

e) Grafit : Pik ve çelik dökümde, ergimiş metal banyosuna karbon vermek için kullanılır.

- Karbon ve kükürt oranı,
- Kül miktarı,
- Nem,
- Tane iriliği ve temizlik kontrolleri yapılmalıdır.

f) Kok Kömürü : Kupol ocağında pik döküm imalinin enerji kaynağıdır.

- Karbon ve kükürt miktarı,
- Nem değeri,
- Boyut,
- Göz (toz, pislik) kontrolleri yapılmalıdır.

g) Kireç Taşı : Kupol ocağında kükürt giderici olarak kullanılır. Kontrol etmeye gerek yoktur.

h) Döküm Kumu : Döküm işleminin ana malzemelerindedir. Çok geniş test yöntemleri vardır. Bunları her dökümhane kendi laboratuvar olanakları ölçüsünde uygular.

- Kimyasal analiz ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ),
- Elek analizi,
- Sinter noktası,
- Köşelilik katsayısı,
- Asit talebi kontrolleri yapılmalıdır.

ı) Bentonit : Kalıp kumu içine bağlayıcı olarak katılır.

- Göz (temizlik),
- Nem,

- Yaş mukavemet,
- Sinter noktası,
- Kimyasal analiz kontrolleri yapılmalıdır.

i) Kömür Tozu : Kalıplama kumuna, temiz döküm yüzeyi elde etmek için katılır.

- Nem,
- Uçucu madde miktarı,
- Yanma kaybı ve kül miktarı,
- Kükürt miktarı,
- Elek analizi kontrolleri yapılmalıdır.

j) Dekstrin : Kalıplama kumuna sıcak mukavemet ve esneklik vermek üzere kullanılır.

- Yanma kaybı ve kül miktarı,
- Nem,
- Mukavemet kontrolleri yapılmalıdır.

k) Reçine : Maça imalatında kullanılır. Sakatın önemli nedenlerinden biridir. Bunun için titizlikle kontrol edilmesi gerekir.

- Azot miktarı,
- PH derecesi,
- Bağlayıcılık özelliği,
- Çekme ve basma mukavemeti,
- Sertleşme süresi (soğuk reçineler için) kontrol edilme-  
lidir.

1) Maça Supportları : Maçaları kalıp içine yerleştirmede kullanılır. İyi kalaylanmamış, paslı ve nemli supportlar gaz problemi yaratırlar.

- Ölçü,
- Kalay kalınlığı,
- Göz (passız, yağsız yüzey) kontrolleri yapılmalıdır.

m) Seramik Curuf Filtreleri : Yolluk sistemlerinde kullanılır.

- Döküm sıcaklığına dayanma,
- Ölçü kontrolleri yapılmalıdır.

## II.5 SÜREÇ KONTROLU

Üretimin çeşitli safhalarında gerekli kalite kontrolünün yapılması, ürün kalitesini yükseltmek yanında, sakatları önlediği için maliyetleri de düşürmektedir.

Bu kontroller, ne süreç uygulayıcılarını tamamen kontrolsüz bırakacak kadar gevşek, ne de düşünmeyen ve her şeyi kalite kontrolden bekler hale sokacak kadar sıkı olmalıdır.

Süreç kontrolü altı safhada yapılabilir. Bunlar :

- Ergitimi ve dökümü kısmındaki kontroller.
- Kalıplama kısmındaki kontroller.
- Kalıp kumu kontrolü.
- Maça kumu kontrolü.
- Maça kontrolü.
- Temizleme kısmındaki kontrollerdir.

### II.5.1 Ergitim ve Döküm Kısımındaki Kontrollar

Madenin ergitilmesi ve kalıp içine dökülmesi, döküm teknolojisinde kaliteyi etkileyen önemli faktörlerden biridir. Bu safhada yapılacak kontroller :

a) Şarj malzemelerinin analizlerine ve cinslerine göre ayrı ayrı stoklanması.

b) Şarj ve katkı malzemelerinin reçeteye uygun olarak tartılıp kullanılması.

c) Maden Analiz Kontrolü :

Kalite kontrolün en önemli görevi, ocaklarda hazır olan madenin daha evvel belirlenmiş analiz limitlerine uygun olup olmadığı kontrolüdür. Beş tipi çalışan ocaklarda (endüksiyon, ark) döküme hazır olan madenden alınan örnek test edilip analiz yönünden uygunsa, ocak döküme serbest bırakılır. Bunun için hızlı analiz yapabilme olanağı bulunmalıdır (spektrometre). Hızlı analiz olanağı olmayan dökümhanelerle, kupol ile çalışan pik dökümhanelerinde, uygun analiz verdiği bilinen şarj kullanılması ve en son yapılan analiz sonucuna göre gerekli ilaveler yapılarak, analiz kontrol altında tutulabilir.

d) Ocak Sıcaklık Kontrolü :

Beş tipi çalışan ocaklarda, döküme geçmeden evvel ocak sıcaklığının kontrol edilmesi gerekir. Potadaki sıcaklık kayıpları da gözönüne alınarak, tesbit edilmiş döküm sıcaklıklarına göre uygun bir ocak sıcaklığı saptanmalıdır. Sıcaklıkların gereğinden fazla yükseltilmesi, enerji kaybı, madenin oksitlenmesi ve pik dökümde hücre ölmesine neden olmaktadır.

e) Ocak Çil Kontrolü :

Pik ve sfero dökümde, ocaktaki madenin bünyesindeki hücre durumunu belirlemek için, ocak döküme hazır olmadan, o-

caktan çil numunesi alınarak kontrol edilir. Buna göre, eğer çil derinliği tesbit edilmiş bir değerden daha fazla ise ocaktaki hücre sayısını arttırmak için gerekli miktarda ferro silis atılır. 15-20 dakika sonra tekrar çil numunesi alınarak kontrol edilir.

f) Pota Sıcaklığı ve Çili Kontrolü :

Pota sıcaklığının, döküme başlamadan önce ölçülmesi ve dökülen parça için tesbit edilmiş sınırlar içinde kalması, parçanın kalitesi açısından gereklidir. Bu sınırlar denemeler sonucu veya tecrübe ile tesbit edilmelidir. Sınırın yukarı doğru aşılması, çekinti boşluğu, emme gibi sorunlar, sınırın altında kalınması ise katmer ve gaz sorunları yaratacaktır.

Pik döküm için pota çilinin kontrolü, aşılamanın etkinliğinin ölçülmesi ve sementit oluşumunun kontrolü yönünden önemlidir.

Maden kontrolündeki görevli personelin çok dikkatli olması gerekir. Bu eleman, kendisine verilmiş değerler (analiz, sıcaklık, çil) dışında, hiç bir potaya ve ocağa döküm izni vermemelidir. Ayrıca her pota ile dökülen parçaların adları, adetleri, analiz, sıcaklık ve çil değerleri saklanmalı, bu parçaların sertlik ve mikro yapılarında çıkabilecek sorunlar geriye doğru bu verilerle izlenebilmelidir.

g) Potaların Kuruluşu ve Curuf Kontrolü :

Döküm kısmındaki kontrolün bir diğer görevi de kuru ve aşınmamış potaların kullanılması ve curufun iyi temizlenmesi hususunun kontrolüdür.

## II.5.2 Kalıplama Kısımındaki Kontroller

Dökümhanede, sakatların % 70-80'inin kalıplama ve döküm esnasında meydana gelmesi nedeni ile, bu kısımda süreç

kontroluna gerekli önem verilmelidir. Bu kısımda yapılması gerekli kontroller şöyle özetlenebilir :

a) Kalıp Kontrolü :

Kalıp kopukluğu, kalıp sertliği ve kalıp temizliği kontrol edilmelidir. Bunun için ;

- Kalıpların içlerindeki kum ve pislikler, maçalar konulmadan hava üfleyerek temizlenmelidir.

- Kalıp sertliği, sürekli olarak kum sertlik kontrol cihazı ile ölçülmelidir. Sertliğin en az 75 olması gerekir. Sertlik düşük olursa kalıp şişmelerine neden olur. Kalıp içindeki kumun sertliği her yerde aynı olmazsa, derece döndürülürken kalıbın kayması sonucu, kalıp kaçıklıkları olabilmektedir.

- Kalıplarda gaz geçirgenliği belli aralıklarla seyyar gaz geçirgenliği cihazı ile ölçülmelidir. Geçirgenliğin, denemeler sonucu tesbit edilmiş değerlerin altına düşmemesi gerekir.

- Yolluk haznesi ve kanalları çok temiz olmalı ve iyice perdahlanmalıdır.

- Kalıplarda boyası sıyrılmış, kırık ve rutubetli maçalar ile paslı, yağlı, rutubetli maça supportları kullanılmamalıdır.

b) Derece Kontrolü :

Derece kontrolunda yapılması gerekenler :

- Derecelerin pim ve burçlarındaki aşınma periyodik aralıklarla kontrol edilmeli. Hatalı olanlar kısa zamanda değiştirilmelidir.

- Derece ağırlıklarının yeterli miktarda konulmasına dikkat edilmelidir.

c) Model Kontrolü :

- Aşınmış, ezilmiş, bağlantı civataları oynamış modellerin kullanılmamaları gerekir. Böyle modeller kalite kontrol elemanı tarafından kullandırılmadan onarım için modelhaneye geri gönderilmelidir.

- Model yüzeyine sürülen, model çıkartılırken kalıp ko-parmayı önleyici gaz, parafin vs. gibi sıvılar gereğinden fazla kullandırılmamalıdır. Aksi halde gaz ve yüzey hataları meydana gelebilir.

### II.5.3 Kalıp Kumu Kontrolü

Sakatların en önemli nedenlerinden birisi olan kalıp kumunun kontrolü için gerekli dikkat ve çaba gösterilmelidir.

Kum kontrolü yalnızca laboratuvar cihazları ile yapılan çeşitli deneyler olarak düşünülmeyp, kum hazırlama sistemi içindeki çeşitli makinaların uygun çalışması ve kumun temizliğinde buna dahil edilmelidir.

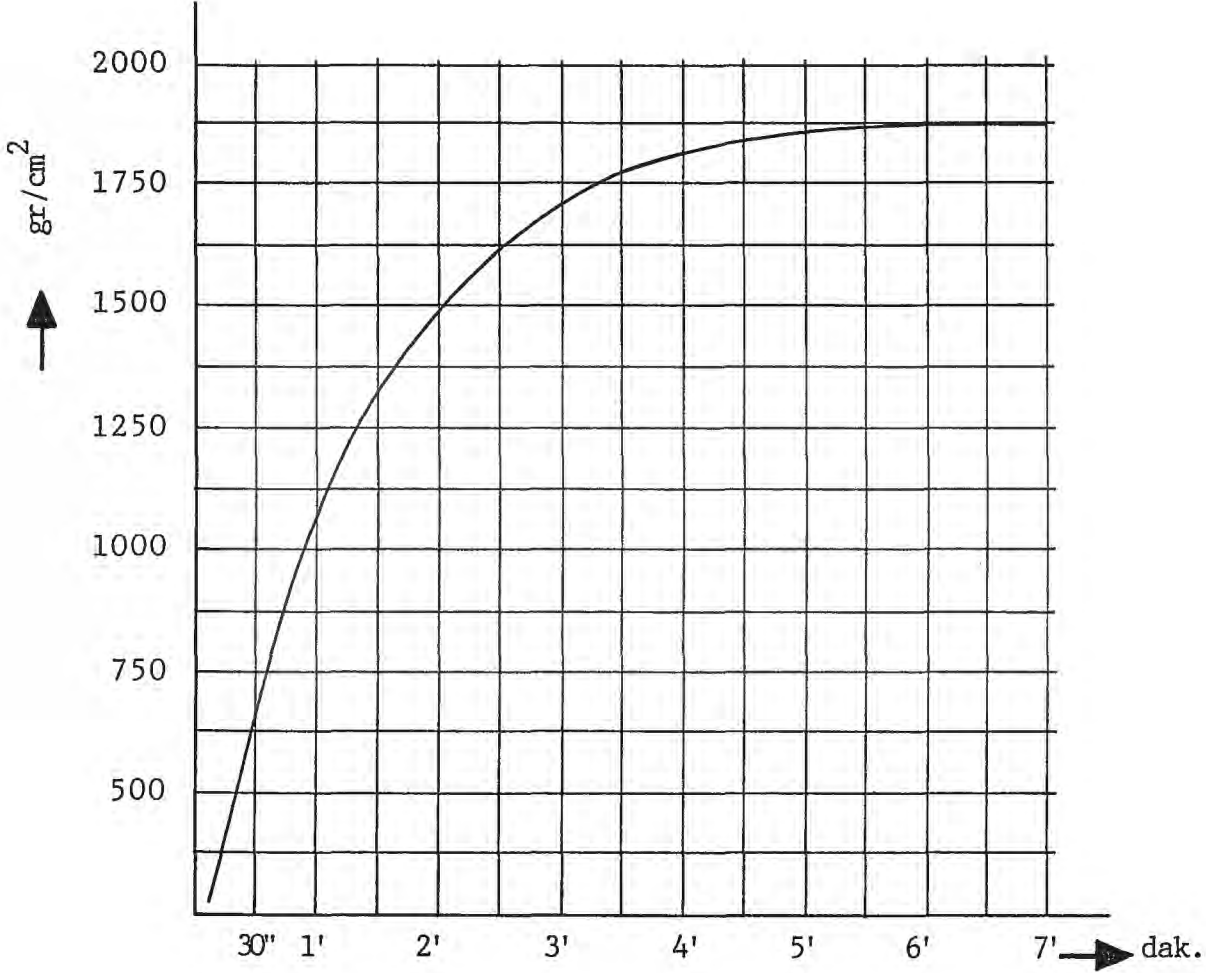
Sistemde kullanılan kalıp kumunun spesifik özellikleri her dökümhane için farklıdır. Kumu tesbit edilen değerler arasında tutmak, döküm ve kalıp sakatını kontrol altına almak açısından önemlidir. Bunun için :

a) Kum ve kuma yapılan katkıları kesinlikle tartılarak ilave edilmelidir.

b) Eski kum içine, dökümhane temizliği sırasında, çevreden toplanan kum ve pislikler atılmamalıdır.

c) Kum hazırlama mikserlerinin karıştırma süreleri tespit edilmiş değerlerin altına düşmemelidir. Bu sürelerin kum

cinsine göre deneylerle saptanması uygundur. Bunun için mikserden değişik karışım sürelerinde örnekler alınıp, mukavemet değerleri bir grafiğe çizilerek en iyi karıştırma süresi tesbit edilir (Şekil II.1).

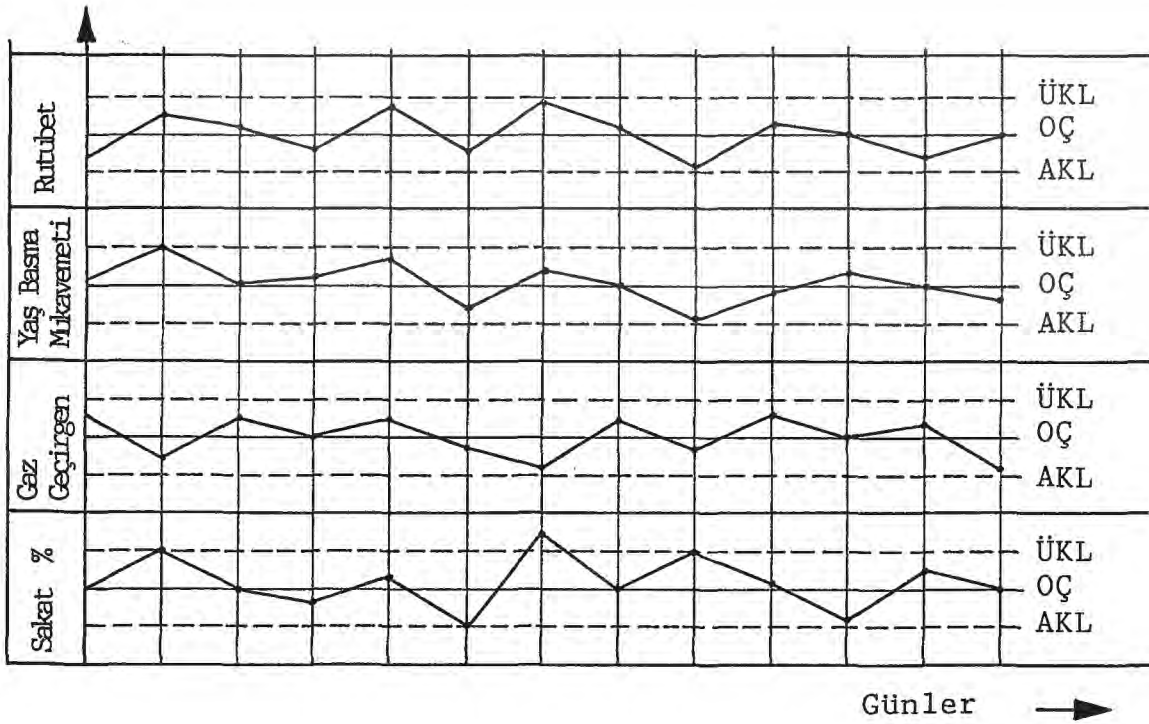


ŞEKİL II.1 : Basma Mukavemetinin Karıştırma Süresi İle Değişimi

d) Özellikle reçine ile imal edilen büyük maçaların kumu, kalıplama kumuna karışmamalıdır. Zira reçine gaz ve yanma kayıplarını arttıracaktır.

e) Döküme giren kumda meydana gelen tozların (kum incelmesi, ölü kil, ölü kömür tozu) kum içinde fazla miktarda birikmesine engel olunmalıdır. Bunların miktarı % 1'i geçerse, kum geçirgenliği azalarak gaz sakatına ve kum sinter noktası düşerek emmelere neden olabilir.

f) Kum laboratuvarında, kalıplama kumu için periyodik olarak deneyler yapılmalı ve günlük olarak bir tabloya aktarılmalıdır. Daha sonra bu değerler kontrol grafikleri üzerine aktarılarak (Şekil II.2) kum özelliklerinin değişimine göre sakatların nasıl seyrettiği izlenmelidir. Bu şekilde elde edilecek verilere göre, kum özelliklerinin limitleri gerekiyorsa yeniden saptanmalıdır.



ŞEKİL II.2 : Kum Değerlerinin Grafikle İzlenmesi.

#### II.5.4 Maça Kumu Kontrolu

Kalıp kumu gibi, maça kumuna da gerekli dikkat gösterilip, işletme reçetelerine titizlikle uyulmalıdır. Maça imali için kullanılan metoda göre değişik kontrol usulleri uygulanır. Örneğin, kendi kendine sertleşen soğuk maçalarda :

- Sertleşme süresi.
- Mukavemet.
- Gaz miktarı.
- Sandığa yapışma kontrol edilmelidir. Bu kontrollerin sıklığı dökümhanenin büyüklüğüne göre değişir.

Maça kumunun hazırlanmasında şunlara dikkat etmek gerekir :

- Mikserler temiz olmalıdır. Eski karışımlardan kalan donmuş ve sertleşmiş maça kumu artıkları, yeni karışıma karıştığında, maça yüzeyinde yüzey ve gaz hataları meydana getirebilir.
- Karışım süreleri iyi kontrol edilmelidir. Süre uzarsa, özellikle reçineli kumlarda, kum ısınarak reçinenin yaş kullanım süresini kısaltır. Süre kısa olursa, karışım içinde topaklar kalmasına neden olur.
- Katılacak katkıları temiz kaplarda, tartılarak konmalıdır.

#### II.5.5 Maça Kontrolu

##### a) Maça Sandığı Kontrolu :

- Maça sandıklarının pim ve burçları periyodik aralıklarla kontrol edilmeli, aşınmış olmaları halinde değiştirilmelidir.
- Maça sandıkları sık sık aşınma, defermasyon yönünden kontrol edilmeli, hatalı görülenler tamir edilmelidir. Maça san-

dıklarında yapılan her türlü değişiklik ile her maça sandığı ile imal edilen maça sayısı bir karta işlenmeli. Belli bir üretim seviyesine gelince yeni sandık imal edilip, eskisi kullanımdan kaldırılmalıdır.

b) Maçaların Kontrolu :

Bütün maçalar yüzey temizliği, tamir hataları, çatlak, iyi sıkışmamış yüzeyler, boya damlacıkları, boya rutubeti, kırık, kaşıklık ve hava firar delikleri yönünden kontrol edilmelidir. Çünkü maçanın hatası o parçanın sakata ayrılmasına neden olabilecektir.

II.5.6 Temizleme Kısımında Kontrol

Buradaki kontrol sakatın önlenmesi hedefi için değil, daha önceki üretim bölümlerinde oluşmuş olan sakatların ayrılması, teşhis ve sınıflandırılması yönündedir.

Temizleme kısmında ana prensip, sakat parçayı mümkün olan en az temizleme işlemi yapıldıktan sonra tesbit edebilmektir.

Bu kısımdaki kontroller üç safhada incelenebilir :

1. SAFHA : Parçaların bozulduğu sarsakta göz kontrolü ile başlar.

a) Yarım dökülmüş parçalar sakata ayrılıp, üzerlerinde daha fazla işçilik harcanması önlenir.

b) Parçaların yolluklarının kesilmesinde, hatalı kesme ile sakata ayrılan veya tamir edilecek parçalar tesbit edilir.

c) Değişik analizdeki parçaların yolluklarının birbirine karşıması önlenir.

2. SAFHA : Kontrol, parçalar temizleme makinalarında temizlendikten sonra başlar. Bu safhada döküm hatalarının büyük çoğunluğu gözönüne çıkmış olacağından, iyi bir göz kontrolü ve kaba bir ölçü kontrolü ile sakat parçaların daha ileri bir operasyona gitmesi önlenebilir.

3. SAFHADA: Döküm esnasında meydana gelen çeşitli kum, gaz ve çekinti hataları fonksiyonel yerde değillerse, bu parçalar sakata ayrılmayıp hatalı yerleri kaynak ile tamir edilebilir. Burada kontrolün görevi :

- a) Malzemeye uygun elektrodun seçilip seçilmediği,
- b) Kaynak yerinin kaynaktan önce, kum, curuf vs. den temizlenip, uygun bir kaynak ağzının açılıp açılmadığı,
- c) Ön ısıtma, kaynak sonrası gerginlik giderme tavlama-sının yapılıp yapılmadığının kontrol edilmesidir.

## II.6 SON KONTROL

Temizleme kısmında sağlam olarak ayrılan parçalar, diğer üretim bölümlerine veya müşteriye gönderilmeden önce, kalite kontrol servisi tarafından göz, ölçü, mikro yapı ve sertlik ve çatlak yönünden kontrol edilirler.

### II.6.1 Göz Kontrolü

Parçalar göz ile,

- Yüzey temizliği,
- Taşlama yeterliliği,
- Döküm hataları,
- Kaçıklık hususlarında kontrol edilir.

### II.6.2 Ölçü ve Aparat Kontrolü

Son kontrolunun ana amaçlarından birisi de, üretilen döküm parçaların resim ölçülerine uygunluğunun tesbitidir. Bunun için ;

- Her parti dökümden örnekleme yöntemi ile, kaçıklık ve maça oynaması ile değişebilecek ölçüler kontrol edilir.

- Model ve maça sandığı malzemesine göre, belirli periyotlarla, parçalar komple ölçü kontrolüne tabi tutulmalıdır. Bu ölçümlerin amacı, doğru ölçülerle parça teslim etmek ve mevcut model ve maça sınıklarındaki aşınmaları ve bunların ömürleri hakkında gerekli bilgileri toplamaktır.

### II.6.3 Mikro Yapı ve Sertlik Kontrolü

Her tip parça dökümden sonra mikro yapı ve sertlik yönünden, bir örnekleme planına göre, kontrol edilmelidir. Burada her parti döküm diğerlerine karıştırılmadan ve mümkünse sakat parçalardan örnek alınarak muayene yapılmalıdır.

### II.6.4 Tahribatsız Muayene

Döküm parçalardaki, çatlak ve iç döküm boşluklarının saptanması için yapılır. Kullanılan yöntemler :

- Magnetik toz,
- Ultrasonik,
- Röntgen kontrolleridir.

### II.6.5 Ambalaj Kontrolü

Döküm parçalar, üretildikleri fabrikada kullanılmayıp, ham olarak müşteriye sevk ediliyorsa yükleme, sevkiyat ve indirme sırasında parçaların çatlama ve kırılmasına engel olmak için, parça şekline göre ambalaj yapılmalı, yükleme ve yerleş-

tirmede gerekli tedbirler alınmalıdır. Ayrıca, yağmur ve nemden korumak için parçaların üzerlerine koruyucu yağ sürülmelidir.

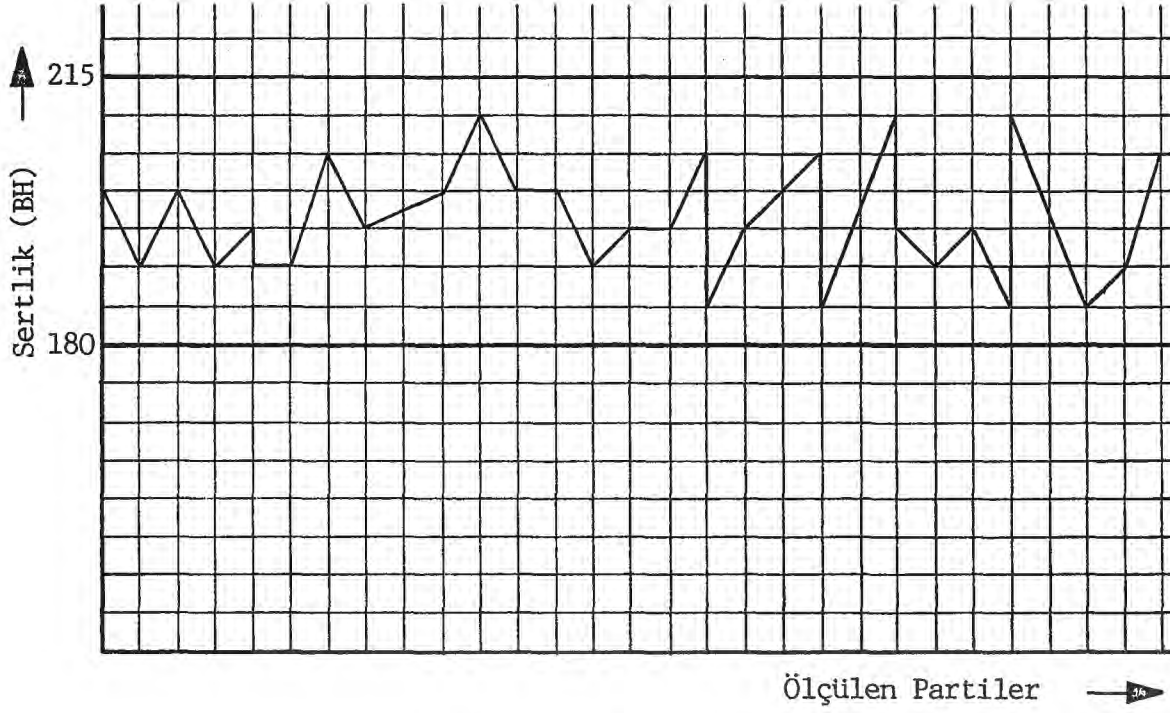
## II.7 İSTATİSTİKİ KALİTE KONTROLUNUN DÖKÜMHANELERDE UYGULANMASI

Döküm ürünlerinin özelliklerinin ve hata nedenlerinin çok olması, bir çok özelliğin % 100 kontrolünü gerektirmektedir. Buna rağmen istatistikî kontrol metodlarının uygulanabileceği işlem ve özellikler mevcuttur. Örneğin ;

Hammedde giriş kontrolü, dökülmüş parçaların sertlik ve kimyasal analiz kontrolleri ile boyut kontrolleri için örnekleme metoduna göre numune seçimi. Zira, % 100 kontrolün maliyeti yüksek olmaktadır ve ayrıca deneyimler göstermiştir ki, mamuller yüzde yüz kontrolden geçirilse dahi kabul edilenlerin arasına hatalılar, kabul edilmeyenlerin arasına hatasızlar girebilmektedir. Çünkü, kontrolü yapanların zamanla yorulması, dikkatlerini kaybetmeleri kaçınılmazdır.

Belirli bir örnekleme planına göre dökümü tamamlanmış ürünlerden alınan değerleri bir grafik üzerine aktararak, özelliklerinin dağılımını tesbit ve üretimde kalite özelliklerine ne ölçüde uyulabildiğini kontrol edebiliriz. Örneğin; her parti sevk edilmeden önce örnek olarak, sertlikleri ölçüp aritmetik ortalamalarını grafik üzerine işaretleyip, müşteri tarafından verilmiş alt ve üst sınırlara göre kıyaslayarak, sınırlar dışına çıkan partilerin reddine veya % 100 kontrolüne karar verebiliriz (Şekil II.3).

İstatistik metodların dökümhanelerdeki en önemli uygulama alanlarından birisi de süreç esnasında olabilecek değişkenliklerin saptanması ve mevcut sistemle elde edilebilecek kalitenin belirlenmesini sağlayan kontrol diyagramlarıdır. Zira insan veya makina tarafından yapılmış her şeyde değişkenlik kaçınılmazdır. Önemli olan değişkenliğin normal sınırlar içerisinde olup



ŞEKİL II.3 : Sertlikteki Değişimin Verilen Sınırlara Göre Kontrolü.

olmadığının anlaşılmasıdır, bunu da kontrol diyagramları sağlamaktadır.

Dökümhanelerdeki kontrol diyagramı uygulamaları için aşağıdaki örnekler verilebilir ;

Kupol ocaklarında elde edilen gri dökme demirin kimyasal analizinde bulunan toplam karbon, silis, manganez miktarları veya karbon eşdeğerindeki değişimleri diyagramlarla kontrol edip, normal kabul edilebilecek değişiklik sınırlarını saptayıp, limit dışına çıkanların nedenlerini araştırabiliriz.

Diyagramların dökümhanelerdeki en önemli uygulaması kalıplama kumundaki değişimler için kullanılmasıdır. Kumun ölçülebilir büyüklükleri olan gaz geçirgenliği, mukavemet ve nem miktarındaki değişimler için uygulayabiliriz.

Döküm parçaların reddine neden olmayacak, yalnızca görünüşlerini bozan büyüklükteki hatalar için birimdeki veya örnekteki kusur sayısı diyagramlarını çizerek, bu hataların giderek büyüüp parçaların ıskartaya ayrılmasına neden olacak seviyeye gelmeden farkedip, gerekli düzeltici önlemleri alabiliriz.

Kupol ocaklarında şarja katılacak malzemelerin tartımlarında yapılacak hatalar için kontrol diyagramı çizilebilir. Bir ayda kontrol dışına çıkan ölçüm zamanı sayısına göre tartımdaki çalışanlara prim uygulaması getirilebilir.

Kontrol diyagramlarını, ilgili süreçte çalışanların görebileceği yerlere asmak yararlar sağlayacaktır. Çalışanlar yaptıkları işin iyiye doğru gittiğini gördükçe gururlanacak, daha fazla çaba harcayacak ve kalite daha fazla artacaktır.

Burada unutulmaması gereken husus kontrol diyagramlarının kalite sağlamada tek başına çözüm olmadığıdır. Diyagramlar yalnızca kontrolsuzluğu haber verir. Önemli olan, kontrolsuzluk görüldüğünde gerekli düzeltici önlemlerin alınabilmesidir.

## Ü Ç Ü N C Ü B Ö L Ü M

### KALİTENİN ÜRETİM DEVAM EDERKEN KONTROLU İÇİN BİR UYGULAMA

#### III.1 PROBLEMİN TANIMI

Türkiye Şeker Fabrikaları Eskişehir Makina Fabrikası Pik Dökümhanesinde, Devlet Demiryolları için 120.000 adet (Ek-1)'de resmi görülen fren sabosu gri dökme demir olarak imal edilmektedir.

Döküm işlemi, 2 ton/saat kapasiteli kupol ocağında, haftada iki kez yapılmakta ve her defada ortalama 500 adet fren sabosu dökülmektedir.

Kupol ocağında eriyen maden 300 kg.'lık potaya alınarak, her birinde 6 adet kalıplanmış parça bulunan 3 dereceye dökülmekte, yani her pota ile 18 adet fren sabosu elde edilmektedir.

D.D.Y. teknik şartnamesine göre parçalardan istenen özellikler :

a) Parçalarda, gaz ve çekinti boşlukları, çatlaklar ve parça yüzeyinde kum sinterleşmesi ve diğer yüzey hataları olmayacak.

b) Yolluklar düzgün kesilmiş ve çapakları temizlenmiş olacaktır.

c) Delikler ölçüsünde ve çapaksız olacak.

d) Parçaların AA kesitinde ölçülen sertlik (200-230)BH olacaktır.

a, b, c şıklarında istenen özellikler, temizleme ve son kontrolde % 100 muayene ile kontrol edilmektedir. Sertlik özelliğinin kontrolü ise parçanın tahrip edilmesini gerektirmektedir. Bir parçanın sertliğine bakabilmek için 15 dakikalık planya tezgahı işçiliği gerekmektedir. Buna göre bir parçanın sertliğine bakmanın maliyeti ;

$$M = 2000 \text{ TL/1 ad. Satış fiyatı} + 0,25(\text{saat}) \times 2767,50 \text{ TL/işçilik.saat}$$

$$M = 2692 \text{ TL/adet 'dir.}$$

TS 2756 ölçülebilen özelliklere göre muayenede 301-500 adetlik bir partinin kontrolü için alınacak örnek sayısı :(Normal muayenede)(12)

I.	muayene seviyesi için	n = 4
II.	" " "	n = 7
III.	" " "	n = 15
IV.	" " "	n = 25
V.	" " "	n = 35

dir.

---

(12) TS 2756 - Nitel ve Ölçülebilen Özelliklere Göre Yapılan Kabul Muayene ve Deneylerinde Uygulanacak Numune Alma Yöntemleri, TSE, 1977.

Aksi belirtilmediği takdirde IV. muayene seviyesinin kullanılması tavsiye edilmektedir. Bunun maliyeti ise 74.050 TL'dir. I. muayene seviyesi kullanılırsa maliyet 10.768 TL. olur.

Kontrol edilen parti kabul edilmediği takdirde, hatalı ve hatasız parçaları ayırmak imkansız olduğundan, katlanılacak bozuk mal maliyeti ise,

$$M = 500 \text{ Adet/parti} \times 2000 \text{ TL/1 ad Sat.Fiatı} = 1.000.000 \text{ TL.}$$

olacaktır.

Her parti için kontrol edilecek örnekdeki parça sayısını azaltmak yani I. muayene seviyesini kullanmak ve kontrol edilen partinin reddedilme olasılığını ortadan kaldırmak için, bölüm I.4.5)'de sağlanacak yararları anlatıldığı gibi, kontrol diyagramlarından faydalanarak, üretimi kontrol altında tutmak gerekir.

Bunun için öncelikle gri pik dökümde sertliğe etki eden faktörler saptanmalıdır.

### III.2 PİK DÖKÜM

Pik döküm, içerisinde % 2 - % 4 karbon ile % 3,5'a kadar silisyum ihtiva eden bir demir - karbon - silisyum alaşımıdır. Dökme demir içinde karbon ve silisyumdan başka mangan, fosfor ve kükürt'de bulunur. Özel hallerde nikel, krom, molibden, bakır vb. elementlerin biri veya birkaçı bulunabilir.

Pik döküm, metallurjik yapısına göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır :

a) Gri Dökme : Yapısı içerisinde, karbonu grafit levhaları halinde dağılmış dökme demir tipidir. Kırılınca gri bir görünüşü vardır (Lamel grafitli dökme demir).

- b) Beyaz Dökme : Yapısı içerisinde, karbonu sementit halinde bulunan dökme demir tipidir.
- c) Alaca Dökme : Yapısının bir kısmı beyaz, bir kısmı gri olan dökme demir tipidir.
- d) Temper Dökme : Beyaz dökme demirin tavlama ile elde edilen tipidir.
- e) Küresel Dökme : Özel bir şekilde hazırlanmış sıvı demir içine ilave edilen Mg metalinin etkisiyle, grafitleri küreleşen dökme demir tipidir.

### III.3 GRİ DÖKME DEMİRİN BİLEŞİMİNDEKİ ELEMENTLER VE ETKİLERİ

#### III.3.1 Karbon

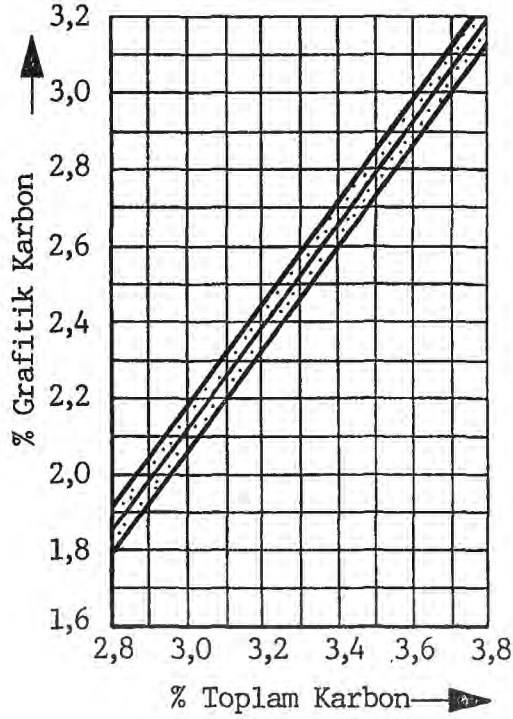
Dökme demirin ergime sıcaklığını düşürür ve akıcılığını arttırır. Dökme demirin bileşimine ve soğuma hızına bağlı olarak serbest karbon (grafit) veya bileşik karbon (karbür) halinde bulunur.

Dökme demir sıvı halde iken, bileşimindeki karbon demirle bileşik (demir karbür - FeC) halindedir. Soğuma sırasında bileşik ayrışır ve karbonun bir kısmı grafit olarak serbest hale geçer, bir kısmı da demirle bileşik halde kalır. Karbon miktarı fazla olursa grafit miktarı da yüksek olur (Şekil III.1). Bu da sertliğin düşmesine neden olur.

Soğuma hızı arttırılırsa karbonun büyük bir kısmı bileşik halde kalır (13).

---

(13) Soğuma Hızı, Döküm Parçanın Belli Kesitindeki Bir Bölümün Yüzey/Hacim Oranıdır.



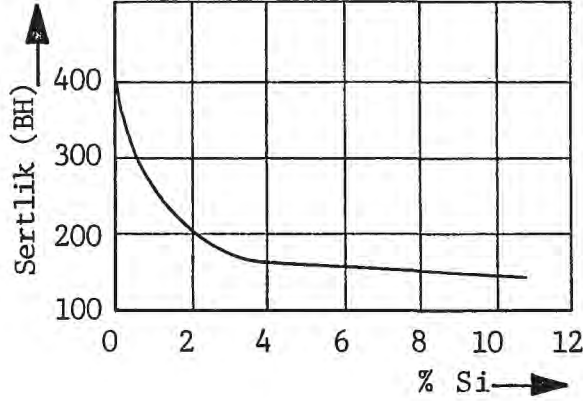
ŞEKİL III.1 : Toplam Karbon İle Grafitik Karbon Arasındaki İlişki (14).

Bileşimdeki silisyum ve mangenezinde karbon üzerine büyük tesiri vardır (Si), karbonun grafit halinde ayrışmasına yardımcı olurken, (Mn), karbonun demirle bileşik halde kalmasına neden olur.

### III.3.2 Silisyum

Ortalama % 1-3 arasında (FeSi) şeklinde bulunur. Katılaşma esnasında karbonun bileşik halden grafit halinde ayrılmasına yardımcı olur. Akıcılık ve kusursuzluğu arttırıcı, fakat mukavemeti ve sertliği düşürücü etki yapar (Şekil III.2).

(14) ERSÜMER, Aram, Demir Döküm, Birsen Kitabevi, İstanbul, 1981, s. 187.



ŞEKİL III.2 : (Si)'nin Sertliğe Etkisi (15).

### III.3.3 Manganez

Gri dökümde % 0,40 - 1,00 arasında bulunur. Karbonun grafit halinde ayrışmasını önler. Miktarı % 2'den fazla olursa grafitleşmeyi geciktirir, büzülme ve sertliği arttırır. (Mn), (S)'nin kötü tesirlerini gideren bir elementtir. (S) ile birleşerek (MnS) meydana getirir. (Mn) miktarı, bileşimdeki (S)'nin kötü etkisini gidermek için gerekli miktardan fazla olmamalıdır. Aksi halde dökme demirde sertlik ve kırılganlığa neden olabilir.

### III.3.4 Kükürt

Kükürt, (C)'nin grafit halinde ayrışmasını güçleştirir. Bileşimde % 0,15'den fazla bulunmamalıdır. Bu miktardan fazla kükürt olması sertliği arttırır, akıcılığı azaltır. Bunun sonucu olarak döküm parçalar gaz boşlukla çıkar. Silisyum miktarı arttırılarak, (S)'nin bu zararlı etkileri azaltılır.

(15) ERSÜMER, Aram, a.g.e., s. 190.

Yeterli miktarda (Mn) bulunmadığı zaman kükürt (FeS) halinde bulunur. (FeS) kristal sınırlarında ince kırılğan filmler olarak görülür. (Mn)'nin bulunduğu hallerde, kükürt (MnS) teşkil eder. (MnS) genellikle dökme demir içinde gelişi güzel dağılmıştır. Manganın miktarına göre dökümün mikro yapısında değişme olabilir.

$\% S \times 1,7 = \% Mn$  ise, meydana gelen (MnS), kükürdün kötü etkisini giderir.

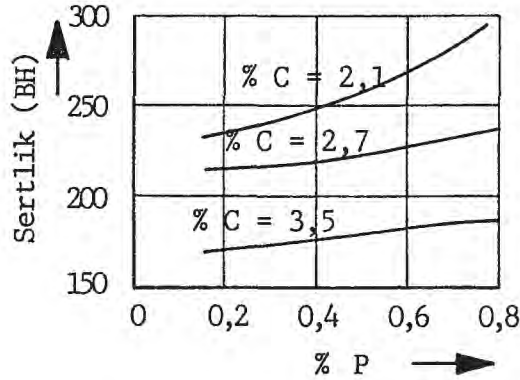
$\% S \times 1,7 + 0,15 = \% Mn$  ise, max. Ferrit, min. Perlit,

$\% S \times 3,0 + 0,30 = \% Mn$  ise, Perlitik yapı meydana gelir.

Bu kaideler teorik olup pratikte bunlardan daha yüksek değerler almak gerekir.

### III.3.5 Fosfor

Fosfor dökme demirin bileşiminde az miktarda ise demir fosfür ( $Fe_3P$ ) halinde bulunur. Demir içinde ergir ve mikroskoplara görülmez. Fakat fosfor miktarı fazla olursa, tamamı eriyemediğinden, yapıda yer yer hücrel olarak steadit (fosfür ötektiği) halinde görülür. Fosfor dökme demirin akıcılığını artırır. Ayrıca karbonun grafit halinde ayrılmasını sağlar. Ancak fosfor miktarı fazla olursa sertliği arttırıcı etki yapar(Şekil III.3).



ŞEKİL III.3 : Fosforun Sertliğe Etkisi (16)

### III.3.6 Krom

Kromun dökme demire etkisi, bileşik teşkil eden (C) miktarını arttırmak yani mukavemet, sertlik ve soğuma hızını yükseltmektir. Dökme demirde perlitik mikro yapı elde edebilmek için % 0,5 ile % 0,76 (Cr) ilavesi yeterlidir.

### III.4 DÖKME DEMİRİN YAPI BİLEŞENLERİ

Dökme demirin metallografik yapısında, grafit, ferrit, perlit, sementit, fosfür ötektiği ve mangan sülfür bulunur.

a) Grafit : Karbonun serbest olarak bulunan halidir. En önemli yapı bileşenidir. Miktarına göre dökme demirin özellikleri üzerine önemli derecede etkisi olur. Grafit demirin çekme dayanımı ve sertliğini azaltır.

b) Ferrit : Saf demirin (Si) ihtiva eden şeklidir. Çok yumuşak olup, dökümün mukavemet ve sertliğini düşürür. Ferrit gri dökümde serbest veya daha çok perlitin bileşeni olarak bulunur.

c) Sementit : Bir demir-karbür bileşiğidir ( $Fe_3C$ ). Çok sert ve gevreklerdir. Gri dökümde perlitin içinde bulunur.

d) Perlit : Ferrit ve sementit tabakalarının üst üste binmesiyle meydana gelir. Mukavemeti ve sertliği yüksektir.

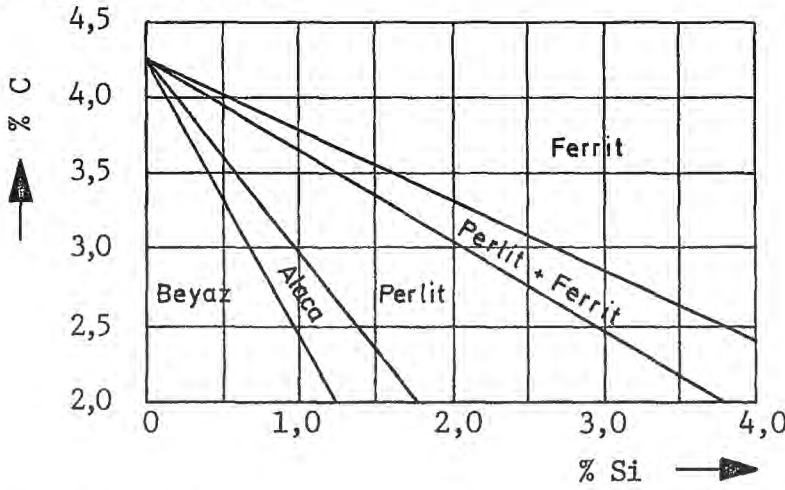
e) Steadit (fosfür ötektiği) : Gri dökmede fosfor, genellikle steadit olarak gözükür. Steadit Fe -  $Fe_3C$  -  $Fe_3P$  üçlü ötektiğidir. Fosfor miktarı fazla olursa, daha çok steadit yapı oluşur, bu da sertlik ve kırılma yapar.

f) Mangan Sülfür : Kükürdün (Mn) ile bağlanmış şeklidir. Dökmenin mekanik özellikleri üzerine kötü etkisi yoktur.

### III.5 KARBON, SİLİSYUM VE SOĞUMA HIZININ YAPIYA ETKİSİ

Demirin özellikleri üzerine bileşimin etkisi başlıca iki elemana bağlıdır : Karbon ve Silisyum.

Katılaşma sırasında ötektik sıcaklığında (17) yapıda beliren ( $Fe_3C$ ) metastabl bir fazdır. Silisyum ve yavaş soğuma demir karbürün stabilitesini bozar ve grafitleşmeyi teşvik eder. Diğer taraftan (Si) ve (C) beraberce dökme demirin yapısını tayin ederler (Şekil III.4).



ŞEKİL III.4 : Dökme Demir Çeşitlerine (C) ve (Si)'nin Etkisi (Maurer Diyagramı) (18).

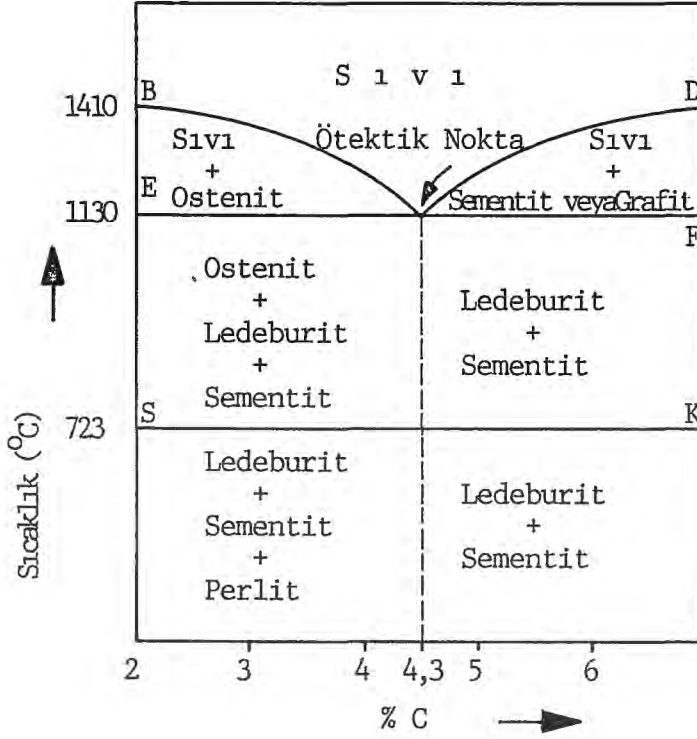
Şekil III.4'de soğuma hızları gözönüne alınmamıştır. İş parçaları farklı kesitlere sahip oldukları için, soğuma hızlarında kesit kalınlıklarına göre değişir. İnce kesitler çabuk, kalın kesitler yavaş soğur. Yavaş soğuma hızlarında diyagramdaki çizgiler sola, hızlı soğumalarda ise sağa kayar.

(17) Ötektik Sıcaklık : Dökme Demirlerde Sıvı Halden Katı Hale Geçmenin Başladığı Sıcaklıktır.

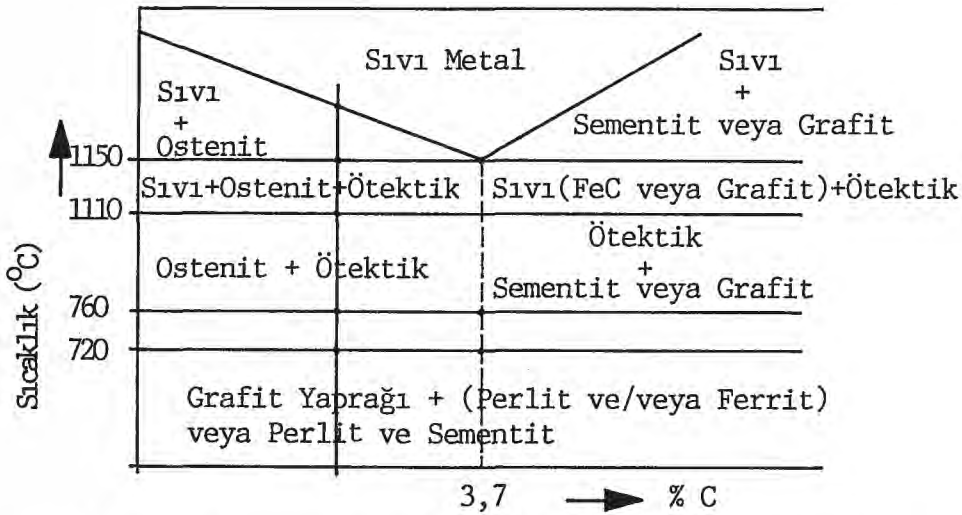
(18) ERSÜMER, Aram, a.g.e., s. 165.

### III.6 KARBON EŞDEĞERİ VE DOYMA DERECESİ

(Şekil III.5 ve III.6)'daki diyagramlardan görüleceği gibi ötektik altı ve ötektik üstü dökme demirlerin katılaşması farklı olmaktadır.



ŞEKİL III.5 : Saf Demir-Karbon Denge Diyagramı ve Fazlar



ŞEKİL III.6 : % 2 Si İhtiva Eden Dökme Demirde Soğuma ve Grafitleşme Şematik Diyagramı.

Saf demir karbon diyagramında ötektik noktası % 4,3 karbona karşılık gelmektedir. Fakat Fe-C alaşımına bir miktar(Si) katınca ötektik noktasının sağa kaydığı görülmektedir. Yani 4,3'den az karbon yüzdesine silisyum ilavesi ile ötektik noktası meydana gelebilmektedir. Yani silis aynen karbon gibi hareket etmekte ve ötektik noktanın saptanmasında rol oynamaktadır. Diğer taraftan fosforunda, silisyuma benzer şekilde ötektik tayininde rol oynadığı bilinmektedir. Bu durumda ötektik noktasının tesbitinde karbon eşdeğeri değerini veren aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$C_E = \% C + 1/3 (\% Si + \% P) \quad \dots \quad III.1$$

$C_E$  : Karbon Eşdeğeri

C : Toplam Karbon

Si : Silisyum

P : Fosfor

$C_E > 4,3$  olursa, ötektik üstü dökme demir

$C_E = 4,3$  olursa, ötektik dökme demir

$C_E < 4,3$  olursa, ötektik altı dökme demir elde edilir.

Karbon eşdeğeri 4,3'den büyük olursa, soğuma sırasında grafit tedrici olarak sıvı metalden ayrılır. Yoğunluğu sıvı metale göre çok az olan grafit sıvı metalde yüzen bir tabaka teşkil eder. Bu tip olay gösteren dökme demirlerin yapısı mesamatlı ve zayıftır.

( $C_E$ ) değeri yerine "doyma derecesi" ( $Sc$ ) adı altında benzer bir formülde kullanılmaktadır.

$$Sc = \frac{\% C}{4,3 - \frac{1}{3}(\% Si + \% P)} \quad \dots \quad III.2$$

Doymuşluk derecesi, toplam karbon miktarının ötektik karbon miktarına oranıdır.

$S_c > 1$  ise, ötektik üstü

$S_c = 1$  ise, ötektik

$S_c < 1$  ise, ötektik altı dökme demir elde edilir.

Doyma derecesinin dökme demirin sertliği üzerine etkisi (Şekil III.7)'deki diyagramda görülmektedir.

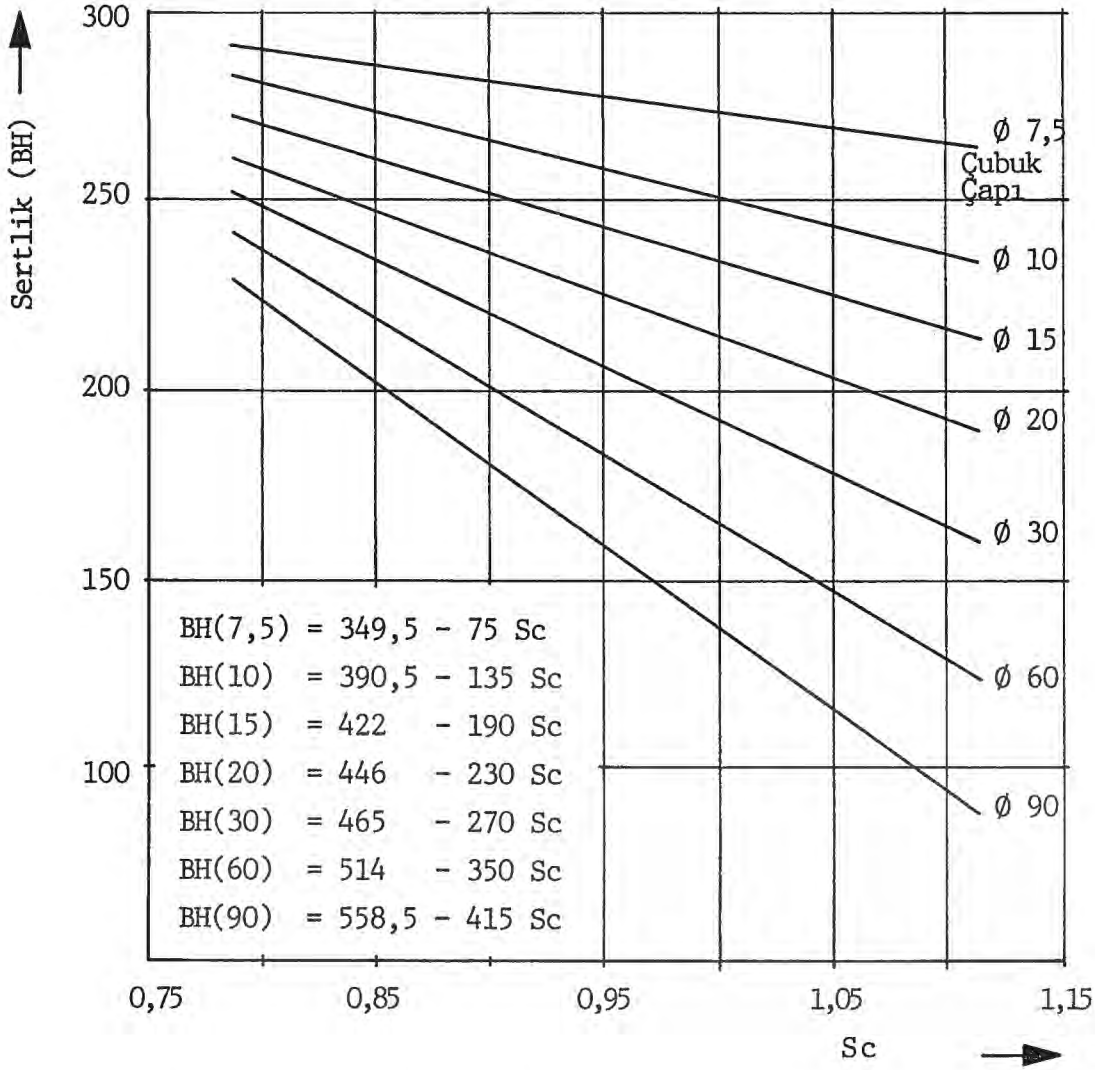
### III.7 SERTLİK İLE KİMYASAL ANALİZ ARASINDAKİ İLİŞKİ

Görüldüğü gibi bir döküm parçanın sertliği üzerinde, soğuma hızı ile parçanın yapısında bulunan elementlerin etkisi vardır.

Fren sabolarında sertlik kontrolü hep aynı kesitten yapılabacağından, soğuma hızının etkisi sabit kalacaktır. Bu durumda AA kesitindeki sertliği parçanın kimyasal analizi etkileyecektir.

Sertlik ile kimyasal analiz arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için çoklu regresyon analizinden faydalanılmıştır. Bunun için değişik döküm zamanlarında, 1350 °C döküm sıcaklığında dökülen 31 adet parça seçilerek kimyasal analiz ve sertlik ölçümleri yapılmıştır.

- Sıcaklık ölçümünün yapıldığı optik pirometrenin okuma hassasiyeti 10 °C'dir.
- Kimyasal analizler, ilgili parçalar dökülmeden önce sıvı maden potada iken örnek alınarak spektral analiz cihazında yapılmıştır.
- Parçaların sertlikleri, Brinell sertlik ölçme metodu ile 3 BH okuma hassasiyetli sertlik ölçme cihazında ölçülmüştür. Sertlikler, AA kesitinin ortasındaki 5 nokta-



ŞEKİL III.7 : Doymuşluk Derecesi, Örnek Çapı ve Sertlik Değeri Arasındaki İlişki (19).

dan ölçülmüş, okunan değerlerden en büyük ve en küçük olanlar atılarak geri kalan 3 değerın ortalaması alınarak bulunmuştur.

(19) İZGİZ, Savaş, Lamel Grafitli Gri Dökme Demirin Aşılınması ve Kalitesini Belirleyen Matematiksel İlişkiler.

31 adet parçaya ait kimyasal analiz ve sertlik değerleri Tablo III.1'de gösterilmiştir.

### III.7.1 Çoklu Regresyon Analizi

Regresyon analizini yapmak için MINITAB-A paket programından faydalanılmıştır.

Bölüm III.6 ve bölüm III.3.4'de anlatıldığı gibi; Karbon, silis ve fosfor  $C_E = C + 1/3 (Si + P)$  bağıntısıyla ortak hareket etmekte, Mangan ise  $Mn = 1,7 \times S$  bağıntısıyla (MnS) meydana getirdikten sonra, kalan miktarı mikro yapı üzerinde etkili olmaktadır.

Bu nedenle analize :

$C_E = C_2$  ,  $(Mn - 1,7.S) = C_3$  ,  $Cr = C_4$  bağımsız değişkenler, sertlik =  $C_1$  bağımlı değişken olarak dahil edilmişlerdir.

Regresyon analizi sonuçları EK-II'dedir.

### III.7.2 Regresyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çoklu regresyon analizi sonuçlarının önemli olabilmesi için, regresyona katılan değişkenler arasındaki ikili ilişkilerin doğrusal olması gerekir (20). Tablo III.2'de görüldüğü gibi  $C_3$  ile  $C_4$  arasındaki hariç, diğer değişkenler arasındaki ilişkiler doğrusaldır. Çoklu regresyon denklemi ;

$$C_1 = 445 - 58,5.C_2 - 4,43.C_3 + 11,4.C_4 \quad \dots III.3$$

şeklindedir.

---

(20) GÜRTAN, Kenan, İstatistik ve Araştırma Metodları, İ.Ü. İşletme Fakültesi Yayını, No. 96, 1979, s. 606.

TABLO III.1 : Çoklu Regresyonda Kullanılan Sertlik ve Analiz Değerleri

Sertlik (BH)	% C	% Si	% Mn	% S	% P	% Cr
256	2,61	1,39	0,49	0,152	0,302	0,276
230	2,79	1,40	0,75	0,141	0,190	0,502
244	2,71	1,84	0,50	0,155	0,300	0,134
247	2,94	1,16	0,95	0,110	0,300	0,134
251	2,89	1,51	0,77	0,125	0,161	0,704
236	2,87	1,57	1,36	0,084	0,298	0,180
232	2,99	1,35	0,57	0,116	0,221	0,501
242	2,91	1,57	0,69	0,075	0,300	0,124
253	2,90	1,60	1,24	0,095	0,299	0,115
226	3,08	1,14	1,04	0,128	0,219	0,452
268	3,05	1,25	0,75	0,122	0,192	0,684
230	3,02	1,32	0,81	0,133	0,207	0,506
239	3,02	1,31	0,58	0,108	0,302	0,110
233	2,95	1,63	1,33	0,133	0,207	0,568
223	3,20	1,02	0,68	0,124	0,200	0,473
230	2,89	1,91	0,73	0,053	0,300	0,090
227	3,21	1,25	0,54	0,120	0,301	0,113
224	2,89	2,40	0,63	0,067	0,298	0,120
221	3,21	1,96	0,85	0,167	0,298	0,133
207	3,40	1,82	0,52	0,103	0,299	0,101
201	3,11	2,97	1,37	0,067	0,293	0,347
201	3,31	2,40	1,14	0,073	0,276	0,110
184	3,36	2,36	0,91	0,106	0,163	0,103
195	3,15	3,27	0,91	0,151	0,294	0,087
188	3,60	2,04	1,10	0,105	0,191	0,070
183	3,61	2,72	0,99	0,108	0,173	0,138
179	3,33	2,72	0,84	0,104	0,160	0,110
179	3,32	2,24	1,17	0,134	0,276	0,077
252	3,30	1,44	0,75	0,161	0,224	0,737
236	3,04	1,71	0,78	0,113	0,213	0,648
271	2,90	1,15	0,56	0,149	0,237	0,462

TABLO III.2 : Çoklu Regresyon Katılan Değişkenler Arasındaki İkili Regresyon Sonuçları

Değişkenler	Doğru Denklemi	$b_0$	$b_1$	$t(b_0)$	$t(b_1)$	$t_{0,025;29}$	Değerlendirme
$C_1 - C_2$	$C_1 = 463 - 63,3.C_2$	463	-63,3	21,64	-11,65	2,045	$ -11,65  > 2,045$ İlişki Doğrusal
$C_1 - C_3$	$C_1 = 248 - 35,4.C_3$	248	-35,4	22,11	-2,23	2,045	$ -2,23  > 2,045$ " "
$C_1 - C_4$	$C_1 = 209 + 59.C_4$	209	59	31,95	3,27	2,045	$3,27 > 2,045$ " "
$C_2 - C_3$	$C_2 = 3,42 + 0,507.C_3$	3,42	0,507	21,42	2,25	2,045	$2,25 > 2,045$ " "
$C_2 - C_4$	$C_2 = 3,98 - 0,801.C_4$	3,98	-0,801	42,13	-3,08	2,045	$ -3,08  > 2,045$ " "
$C_3 - C_4$	$C_3 = 0,70 - 0,166.C_4$	0,70	-0,166	8,53	-0,73	2,045	$ -0,73  < 2,045$ " Değil
<p>NOT : Doğrusal ilişkinin varlığı için önem kontrolü, t dağılışı kullanılarak ve <math>\alpha = 0,05</math> yanılma olasılığına göre yapılmıştır.</p>							

Determinasyon (belirlilik) katsayısı = % 82'dir. Yani sertliklerdeki değişmelerin % 82'si bağımsız değişkenlerle açıklanabilmektedir.

Regresyon katsayılarının önem kontrolü için -t- dağılışı kullanılarak hipotez testi yapılırsa :

- a)  $H_0$  Hipotezi : Örneğimiz  $\beta_0 = 0$ ,  $\beta_1 = 0$ ,  $\beta_2 = 0$ ,  $\beta_3 = 0$  olan bir ana küleden rastgele seçilmiştir. Yani bağımsız değişkenlerde bir birimlik değişiklik olduğunda, bağımlı değişkende değişiklik olmayacaktır.
- $H_a$  Hipotezi :  $\beta_0 \neq 0$ ,  $\beta_1 \neq 0$ ,  $\beta_2 \neq 0$ ,  $\beta_3 \neq 0$  olsun.

$$b) \quad t = \frac{b - \beta}{S_b} \Rightarrow t = \frac{b}{S_b}$$

$S_b$  : Regresyon katsayısının standart hatasıdır.

$$c) \quad \text{Serbestlik derecesi} = n - p - 1 = 31 - 3 - 1 = 27$$

d) -t- tablo değeri,  $\alpha = 0,05$  yanılma olasılığında

$$t_{0,025;27} = 2,052 \text{ 'dir.}$$

e)  $|t| < t_t$  ise  $H_0$  hipotezi kabul edilir.

$|t| \geq t_t$  ise  $H_0$  hipotesi reddedilir.

<u>Regresyon Katsayısı</u>	<u>t Değeri</u>	<u>Değerlendirme</u>
$b_0 = 445$	16,50	$ 16,50  > 2,052$ ; $\beta_0 \neq 0$
$b_1 = -58,5$	-8,22	$ -8,22  > 2,052$ ; $\beta_1 \neq 0$
$b_2 = -4,43$	-0,54	$ -0,54  < 2,052$ ; $\beta_2 \neq 0$
$b_3 = 11,4$	1,06	$ 1,06  < 2,052$ ; $\beta_3 \neq 0$

Sonuç olarak,  $C_2$  bağımsız değişkenine ait  $b_1$  regresyon katsayısı önemli,  $C_2$  ve  $C_3$  değişkenlerine ait  $b_2$  ve  $b_3$  regresyon katsayıları önemsizdir.

Buna göre sertliğe, karbon eşdeğerinin etkisi fazla, diğer bağımsız değişkenlerin etkisi azdır. Yalnızca, sertlik ile karbon eşdeğeri arasında ilişki kurmak yeterli olacaktır.

### III.7.3 Sertlik İle Karbon Eşdeğeri Arasında Doğrusal Regresyon

$$\text{Regresyon denklemi} \quad C_1 = 463 - 63,2.C_2 \dots \text{III.4}$$

Determinasyon katsayısı = % 81,1

Korelasyon katsayısı  $r = -0,90$  Kuvvetli doğrusal ilişki vardır.

Ayrıca varyans analizi tablosundan yararlanarak iki değişken arasındaki ilişkinin doğrusallığını kontrol edebiliriz:

VARYANS ANALİZİ TABLOSU

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması
Regresyon	1	16476	16476 (R.K.O.)
Regresyondan Sapmalar(hata)	29	3841	132 (H.K.O.)
Ortalamalar Etrafındaki Kareler Toplamı(Genel)	30	20318	

Hipotez testi :

$$1- H_0 : \beta_1 = 0$$

$$H_a : \beta_1 \neq 0$$

$$2- \quad F = \frac{R.K.O.}{H.K.O.} = \frac{16476}{132} = 124,818$$

3- 1 ve  $n - 2 = 29$ , serbestlik dereceleri ve  $\alpha = 0,05$  yanılma olasılığında  $F_{0,05;1;29} = 4,18$

4-  $(F = 124,818) > (F_{0,05;1;29} = 4,18)$  olduğundan  $H_0$  hipotezi reddedilir. Sertlik ile  $C_E$  arasında doğrusal ilişki vardır (21).

$$\text{Standart Hata} \quad : \quad S_y = \sqrt{\frac{\sum y^2 - b_i \sum xy}{n}} = 11,51$$

Tahminin standart hatası, regresyon denklemi kullanılarak yapılan tahminlerin doğruluğunu gösterir. Regresyon doğrusu etrafındaki dağılımın ölçüsüdür. Yapılan tahminlerde gerçeğe nazaran ne kadar bir hata payı bekleneceğini gösterir. Gözlemlere ait noktaların regresyon doğrusu etrafındaki dağılımlarının normal olduğu kabul edilirse, bunların % 68,3'ünün regresyon doğrusuna  $\pm 1.Sy$ , % 95,5'inin  $\pm 2.Sy$ , % 99,7'sinin de  $\pm 3.Sy$  uzaklıkta olduğu kanısına varılır.

Sonuç olarak, sertlik ile karbon eşdeğeri arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Üretim anında,  $C_E$ 'yi belirlenen değerler arasında tutmakla, sertlik değerlerinde de istenilene ulaşılabilir.

---

(21) Varyans analizi tablosu ve t dağılımı kullanılarak yapılan hipotez testlerine ait geniş bilgi ve tablolar kaynaklar bölümünde adları verilen istatistik kitaplarında bulunmaktadır.

### III.8 KARBON EŞDEĞERİNİN ÜRETİM DEVAM EDERKEN KONTROLU

Bölüm III.7.3'de bahsedildiği gibi, fren sabosu üretiminde karbon eşdeğerini belirli sınırlar arasında tutarak istenilen sertlik değeri sağlanabilir. Bunun en ekonomik yolu madenin ergitilerek kalıp içine döküldüğü kupol sürecinde  $C_E$  değişkenini kontrol etmektir.

#### III.8.1 Örnek Alma Zamanı ve Örnek Sayısı

Aynı alt gruptaki örneklerin, aynı zaman aralığında veya aynı üretim kaynağında üretilen parçalardan alınması gerekir. Eğer belli zaman aralıklarında örnekler birer adet olarak alınabiliyorsa, bunlar üretim sırasına göre gruplandırılabilir.

Alt gruplardaki örnek sayısının en az 4 olarak alınması kaliteyi bozucu nedenlerin daha çabuk fark edilmesine olanak verdiği için tavsiye edilmektedir (22).

Uygulamamızda, her potadan maden ergimiş haldeyken örnek alıp kimyasal analiz yapılarak, hesaplanan  $C_E$  değerleri döküm sırasına göre 4'erli gruplar halinde toplanmıştır.

#### III.8.2 Kullanılacak Diyagramlar

Kontrol edeceğimiz kalite özelliği ölçülebilir bir değişken olduğundan,  $\bar{X}$ - kontrol diyagramı ile R veya  $\sigma$  kontrol diyagramlarından birisi kullanılabilir. Hesaplama kolaylığı nedeniyle R-kontrol diyagramı kullanılacaktır.

---

(22) Amerikan Standartlar Derneği, Üretim Devam Ederken Kaliteyi Kontrol Etmekte Kullanılan Kontrol Grafiği Metodu, (Çeviren Fevzi Ercan), Yüksek Teknik Öğretmen Okulu, Ankara, 1976, s. 15.

### III.8.3 Temel Elemanların Belirlenmesi

KD'nın çizilebilmesi için OÇ, ÜKL ve AKL'nin belirlenmesi gerekir. Ana kütleyi temsil eden  $\bar{X}'$  ve  $\sigma_x'$  bilinmediğine göre;

a) Parça ilk defa imal ediliyorsa, üretimin başlangıcından itibaren örnekler alıp, 20 - 25 adet alt grup oluşturarak  $\bar{X}'$  ve  $\sigma_x'$  nün tahmini değerleri bulunur.

b) Üretim yeni değil ve elde yeni üretimi temsil edecek nitelikte birikmiş veri varsa ve bunlar alt gruplara ayrılmaya elverişli ise, bu veriler  $\bar{X}'$  ve  $\sigma_x'$  nün tahmini için kullanılır.

c) Teknik şartnameye göre hedef alınan değerler  $\bar{X}'$  ve  $\sigma_x'$  olarak alınabilir.

Elimizde daha önceki fren sabosu üretiminden, alt gruplara ayrılmaya elverişli 19 döküm zamanına ait veri mevcuttur. Her alt gruptaki örnekler aynı döküm zamanından alınmıştır. Veriler üretim sırasına göre Tablo III.3'de verilmiştir.

Bu verilerden faydalanarak  $\bar{X}$  ve  $\sigma$  kontrol diyagramlarını çizelim. Gerekli olan formüller Ek III'de katsayılar Ek IV 'de verilmiştir.

$$\bar{n} = \frac{\sum n_i}{N} = \frac{137}{19} = 7,2 \approx 8$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum n_i \cdot \bar{X}_i}{\sum n_i} = \frac{562,93}{137} = 4,11$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot \sigma_i^2}{\sum n_i}} = \frac{8,008}{137} = 0,242$$

TABLO III.3 : Geçmiş Dökümlere Ait 19 Alt Grubun  $C_E$  Değerleri

No	$\bar{X}_i$	$n_i$	$\sigma_i$	$n_i \cdot \bar{X}_i$	$\sigma_i^2 \cdot n_i$
1	3,94	6	0,295	23,64	0,522
2	4,14	7	0,126	28,98	0,111
3	3,89	9	0,414	35,01	1,542
4	4,16	5	0,440	20,80	0,968
5	4,08	9	0,216	36,72	0,420
6	3,74	7	0,165	26,18	0,190
7	3,75	7	0,089	26,25	0,055
8	3,93	12	0,178	47,16	0,380
9	4,38	6	0,172	26,28	0,177
10	3,94	5	0,285	19,70	0,406
11	3,91	5	0,273	19,55	0,373
12	4,37	6	0,318	26,22	0,607
13	4,01	7	0,210	28,07	0,309
14	4,05	6	0,215	24,30	0,277
15	3,73	5	0,041	18,65	0,008
16	3,88	14	0,204	69,84	0,593
17	4,10	12	0,253	49,20	0,768
18	4,02	4	0,142	16,08	0,081
19	4,06	5	0,215	20,30	0,231
TOPLAM		137		562,93	8,008

$\bar{X}$  - Kontrol Diyagramı

$$\text{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + A_1 \bar{\sigma} = 4,11 + 1,175 \cdot 0,242 = 4,39$$

$$\text{OÇ} = \bar{\bar{X}} = 4,11$$

$$\text{AKL} = \bar{\bar{X}} - A_1 \bar{\sigma} = 4,11 - 1,175 \cdot 0,242 = 3,82$$

$\sigma$  - Kontrol Diyagramı

$$\text{ÜKL} = B_4 \cdot \bar{\sigma} = 1,815 \cdot 0,242 = 0,439$$

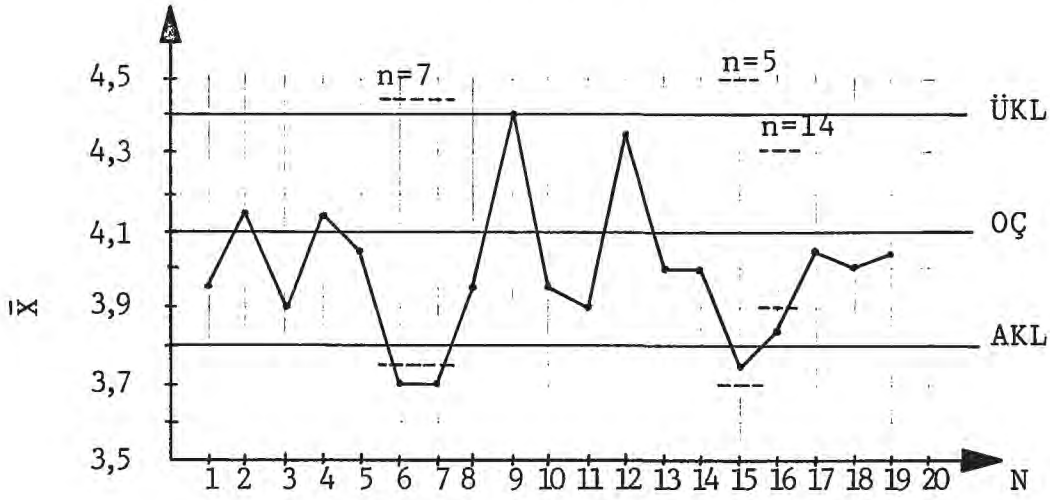
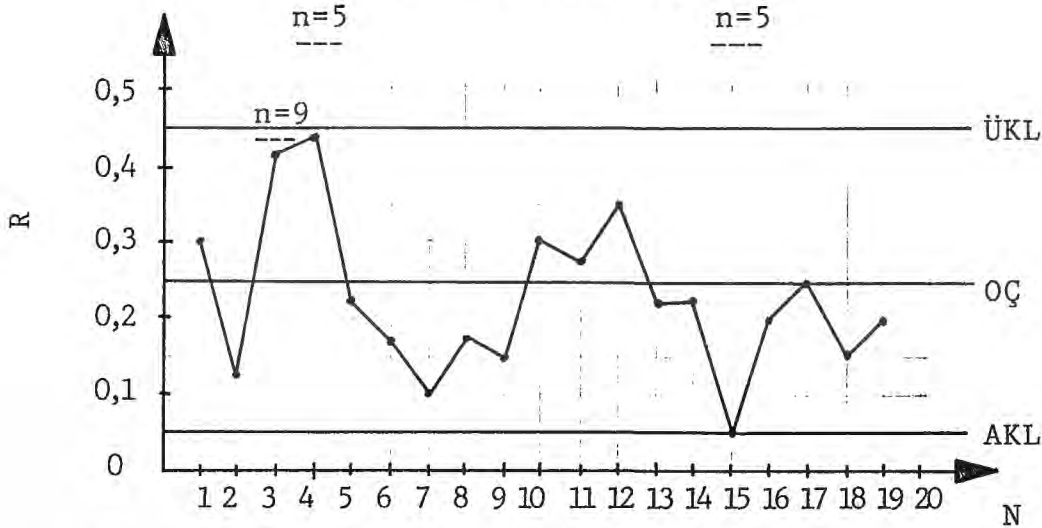
$$\text{OÇ} = \bar{\sigma} = 0,242$$

$$\text{AKL} = B_3 \cdot \bar{\sigma} = 0,185 \cdot 0,242 = 0,045$$

Şekil III.1'den görüleceği gibi,  $\bar{X}$  - kontrol diyagramında 6, 7 ve 15 nolu noktalar alt kontrol limiti dışındadır. Alt gruptaki örnek büyüklükleri çok farklı olduğundan, her noktada için örnek büyüklüklerine göre ayrı ayrı kontrol limitleri hesaplanırsa, 15 nolu noktanın limitler içine girdiği, 16 nolu noktanın alt kontrol limiti dışına çıktığı görülür. Yani üç nokta kontrol dışındadır. Bunun anlamı  $C_E$ 'nin ortalama değerleri bir döküm zamanından diğerine çok değişmektedir. Üretim kontrol altında değildir.

$\sigma$  - kontrol diyagramında 15 nolu nokta kontrol dışı gözükmekte, fakat  $n = 5$  için yeni kontrol limitleri hesaplandığında, kontrol limitleri içinde kalmaktadır. Yani alt gruptaki  $C_E$  değerleri arasındaki değişkenlik kontrol altındadır. Fakat üç nokta limitlere çok yaklaşmıştır, zamanla kontrolsuzluk ortaya çıkabilir.

$\bar{X}$  - kontrol diyagramında, kontrol dışına çıkan noktalara ait döküm zamanlarında süreci etkileyen özel sebepler bilinseydi, bu noktalar çıkartılarak yeniden kontrol diyagramı çizmek

$\bar{X}$  - Kontrol Diyagramı $\sigma$  - Kontrol DiyagramıŞEKİL III.8 : Geçmiş Verilere Ait  $\bar{X}$  ve  $\sigma$  Kontrol Diyagramları

mümkün olurdu. Bilinmediği için çizilememiştir. Bu durumda, hesaplanan OÇ, ÜKL ve AKL değerlerini kontrol diyagramının temel elemanları olarak alıp, üretim devam ederken kaliteyi kontrol etmek amacıyla kullanamayız.

Teknik şartnamede istenen sertlik değerleri dikkate alınarak  $\bar{X}'$  ve  $\sigma'_x$  'yü hesaplayabiliriz. Formül III.4'e göre sert-

lik ile karbon eşdeğeri arasında Sertlik =  $463 - 63,2.C_E$  bağıntısı vardı. İstenen sertliğin enbüyük ve enküçük değerlerini bağıntıda yerine koyup çözersek  $C_E$  için ;

$$\text{Üst sınır limiti} : \text{ÜSL} = 4,15$$

$$\text{Alt sınır limiti} : \text{ASL} = 3,68 \text{ bulunur.}$$

Bu limit değerlerden faydalanarak, geçici olarak kullanılabilen standart değerleri belirliyebiliriz.

$$\bar{X}' = \frac{(\text{ÜSL}) + (\text{ASL})}{2} = 3,915$$

$$\sigma'_x = \frac{(\text{ÜSL}) - (\text{ASL})}{6} = 0,078$$

#### III.8.4 Kontrol Diyagramlarının Çizimi

Önce yukarıda bulunan standart değerlerden faydalanarak kontrol diyagramının temel elemanlarını hesaplayalım.

$\bar{X}$  - Kontrol Diyagramı

$$\text{ÜTL} = \bar{X}' + A \cdot \sigma'_x = 3,915 + 1,500 \cdot 0,078 = 4,03$$

$$\text{OÇ} = \bar{X}' = 3,915$$

$$\text{ATL} = \bar{X}' - A \cdot \sigma'_x = 3,915 - 1,500 \cdot 0,078 = 3,80$$

R - Kontrol Diyagramı

$$\text{ÜTL} = D_2 \cdot \sigma'_x = 4,698 \cdot 0,078 = 0,37$$

$$\text{OÇ} = D_2 \cdot \sigma'_x = 2,059 \cdot 0,078 = 0,16$$

$$\text{ATL} = D_1 \cdot \sigma'_x = 0$$

Bir döküm zamanında, her potadan alınan örneklere ait  $C_E$  değerleri, döküm sırasına göre 4'erli gruplar halinde Tablo III.4'de gösterilmiştir. Bu değerlere göre kontrol diyagramını çizersek:

TABLO III.4 : Bir Döküm Zamanına Ait  $C_E$  Değerleri

N	1	2	3	4	5	6
$X_1$	3,95	3,85	3,84	3,89	3,79	3,61
$X_2$	4,05	3,82	4,01	3,80	3,66	3,43
$X_3$	3,88	3,93	3,98	3,93	3,75	3,29
$X_4$	3,79	3,98	3,80	3,81	3,69	3,14
$\bar{X}_i$	3,92	3,89	3,91	3,86	3,72	3,37
$\sigma_i$	0,095	0,063	0,089	0,054	0,051	0,173
$R_i$	0,26	0,16	0,21	0,13	0,13	0,47

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_i}{N} = \frac{22,67}{6} = 3,78$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{N} = \frac{1,36}{6} = 0,226$$

$\bar{X}$  - Kontrol Diyagramı

$$\text{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} = 3,78 + 0,729 \cdot 0,226 = 3,94$$

$$\text{OÇ} = \bar{\bar{X}} = 3,78$$

$$\text{AKL} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} = 3,78 - 0,729 \cdot 0,226 = 3,61$$

R - Kontrol Diyagramı

$$\text{ÜKL} = D_4 \cdot \bar{R} = 2,282 \cdot 0,226 = 0,515$$

$$\text{OÇ} = \bar{R} = 0,226$$

$$\text{AKL} = D_3 \cdot \bar{R} = 0$$

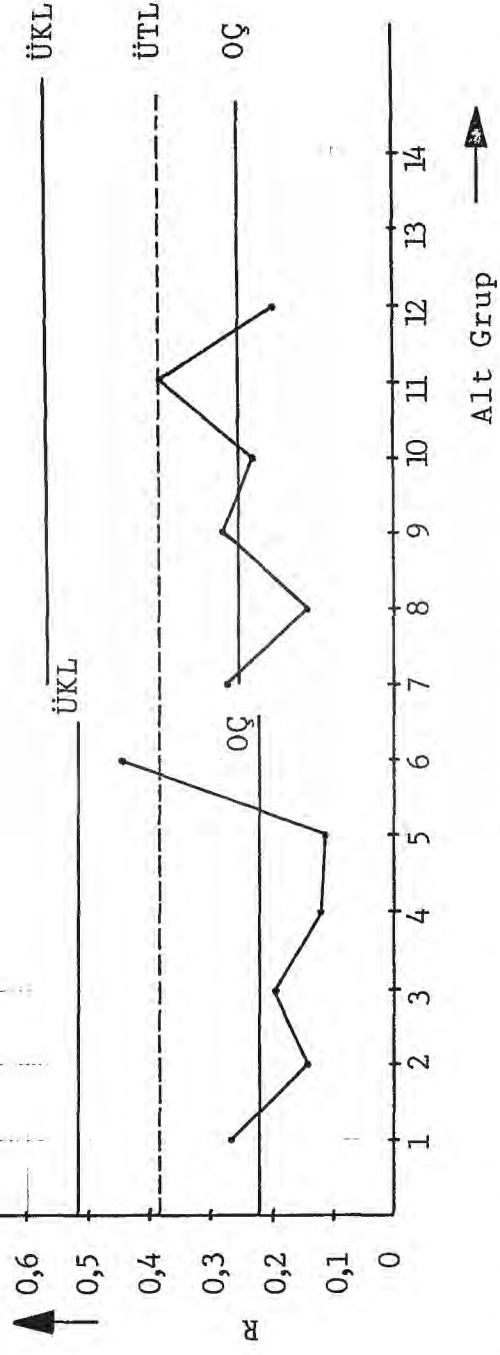
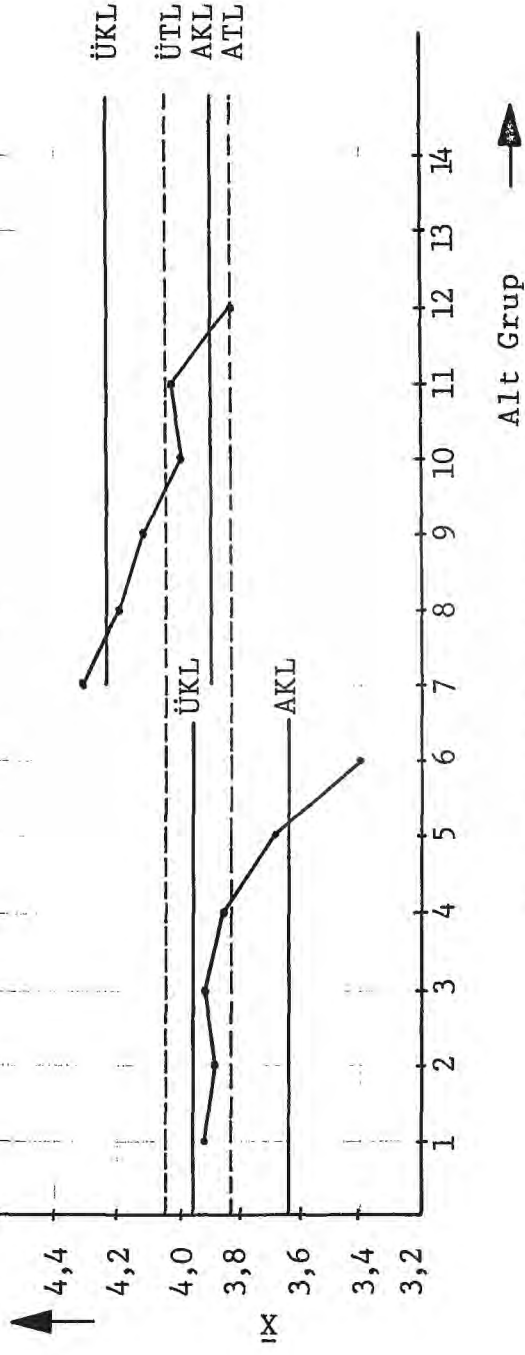
Şekil III.9'dan görüleceği gibi,  $\bar{X}$  - kontrol diyagramında 6. nokta alt kontrol limiti dışındadır. Diğer noktalar ise üst kontrol limitine yakındır. Ayrıca alt kontrol limiti, alt tolerans limitinin altında kalmıştır.

R - kontrol diyagramında ise kontrol dışına çıkan yoktur, yani sürecin değişkenliği kontrol altındadır. Fakat ÜKL, hedef olarak seçilen ÜTL'nin dışına çıkmıştır.

Diyagramların incelenmesinden sürecin kontrol altında olmadığı anlaşılmaktadır. Bir sonraki döküm zamanına ait, her potadan alınan örneklerin  $C_E$  değerleri döküm sırasına göre Tablo III.5'de verilmiştir.

TABLO III.5 : Bir Sonraki Döküm Zamanına Ait  $C_E$  Değerleri

N	1	2	3	4	5	6
$X_1$	4,30	4,3	4,08	3,94	4,18	3,83
$X_2$	4,40	4,32	4,30	3,88	4,08	3,70
$X_3$	4,35	4,15	4,21	3,94	4,02	3,82
$X_4$	4,13	4,16	4,04	4,11	3,81	3,89
$\bar{X}_i$	4,295	4,23	4,16	3,97	4,02	3,81
$\sigma_i$	0,102	0,078	0,103	0,090	0,135	0,069
$R_i$	0,27	0,17	0,26	0,24	0,37	0,19



ŞEKİL III.9 : Üretim Devam Ederken Çizilen  $\bar{X}$  ve R Kontrol Diyagramları

Bu döküm zamanına ait kontrol diyagramlarını çizersek :

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_i}{N} = \frac{24,48}{6} = 4,08$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{N} = \frac{1,5}{6} = 0,25$$

$\bar{X}$  - Kontrol Diyagramı

$$\text{ÜKL} = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R} = 4,08 + 0,729 \cdot 0,25 = 4,26$$

$$\text{OÇ} = \bar{\bar{X}} = 4,08$$

$$\text{AKL} = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R} = 4,08 - 0,729 \cdot 0,25 = 3,898$$

R - Kontrol Diyagramı

$$\text{ÜKL} = D_4 \cdot \bar{R} = 2,282 \cdot 0,25 = 0,57$$

$$\text{OÇ} = \bar{R} = 0,25$$

$$\text{AKL} = D_3 \cdot \bar{R} = 0$$

Şekil III.9'dan görüldüğü gibi  $\bar{X}$  - kontrol diyagramında 7.ve 12. noktalar kontrol limitlerinin dışındadır. Ayrıca ÜKL, ÜTL'nin dışına çıkmıştır. R - kontrol diyagramında ise ÜKL, ÜTL'nin dışına çıkmıştır. Yani üretim kontrol altında değildir. Özel faktörlerin etkisi altındadır.

## S O N U Ç

Fren sabolarının kupol ocağında dökümünde, kontrol diyagramlarıyla yapılan denetimde süreçte kontrolsuzluk olduğu ve istenilen kimyasal bileşimin her zaman sağlanamayacağı görülmüştür.

Kupolda sürecin kontrol altına alınabilmesi için ;

a) Ocağa ergitilmek üzere konulacak malzemelerin (ham pik, hurda ve döndü pik, çelik hurdası, kok kömürü, ferro alaşımları) kimyasal analizlerinin bilinmesi gerekir. Bu husus, malzemelerin cinslerine göre ayrı yerlerde depolanması, analizi bilinmeyen malzemelerin kullanılmaması ve sık olarak kimyasal analiz yapılmakla sağlanır.

b) Şarj hesabı, malzemelerin kimyasal analizleri ve kupol ocağında uğrayacakları kazanç ve kayıplar gözönüne alınarak doğru yapılmalıdır.

c) Yükleme bölümünde ocağa konulacak malzemeler doğru tartılmalıdır.

Eskişehir Makina Fabrikası dökümhanesinde yukarıda bahsedilen hususlara uyulmadığı için süreç de kontrolsuzluk ortaya çıkmaktadır.

Süreç kontrol altına alınarak, kupol ocağıyla üretilen döküm parçalarda istenilen kimyasal bileşimin sağlanabileceğinden

emin olmadan, şartnamelerinde dar limitlerde kimyasal analiz istenen parçaların siparişi kabul edilmemelidir.

Süreç kontrol altına alındıktan sonra kontrol dışına çıkmaları daha çabuk farkedebilmek için hareketli ortalamalar yöntemiyle kontrol diyagramları uygulanabilir.

Bu çalışmada vurgulandığı gibi, istatistiksel kalite kontrolü kalitenin sağlanmasında ve kontrolunda ekonomik ve güvenilir bir yöntemdir. Özellikle kontrol diyagramları; süreç esnasında olabilecek değişkenliklerin tesbiti, dolayısıyla hatalar ortaya çıkmadan veya büyümeden gerekli önlemlerin alınmasına, mevcut teknolojiyle elde edilebilecek kalitenin belirlenmesine, çalışma limitlerinde değişikliğe gerek olup olmadığına karar verilmesinde en büyük yardımcıdır.

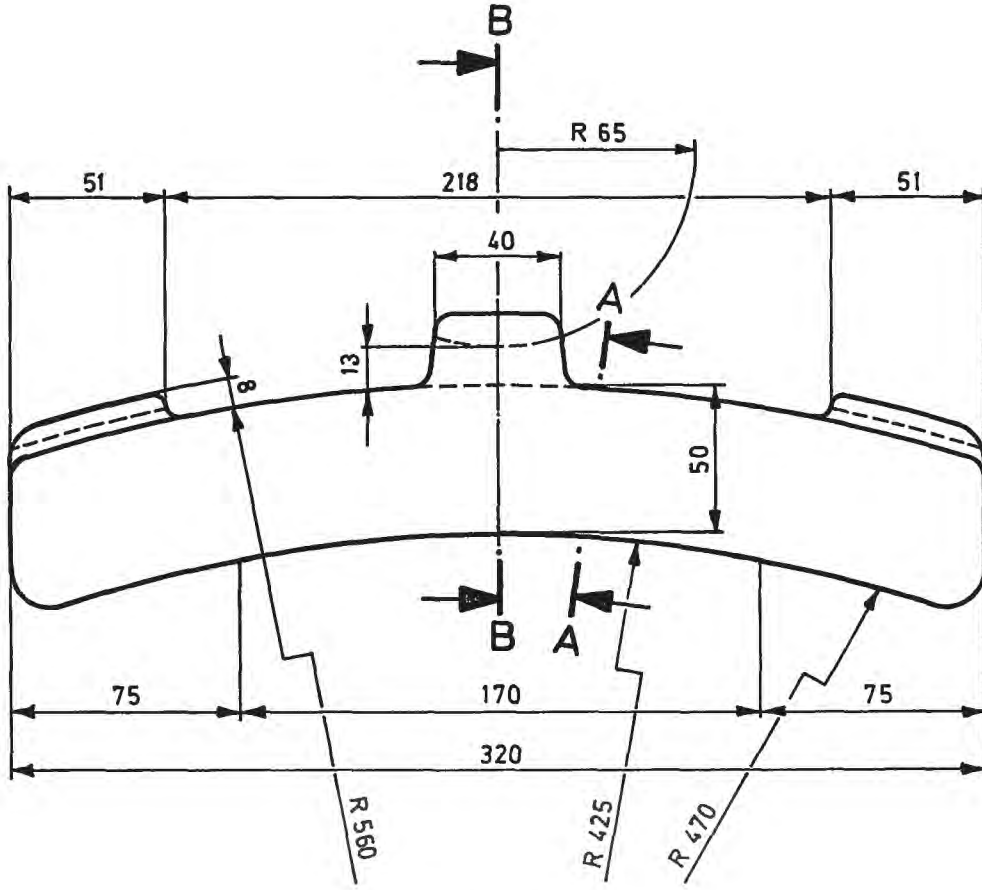
Dökümhanelerde; şarj malzemelerinin tartımı, maden analizi, ocak sıcaklığı, kalıp sertliği ve gaz geçirgenliği, kalıplama kumunun özellikleri, derece ve maça sandıklarının pim ve burçlarındaki aşınmalar ve mamullerin hatalı oranlarının kontrolunda kullanılabilirler.

Bunun için, öncelikle dökümhane yöneticileri olmak üzere tüm çalışanlara, seviyelerine göre örnekleme metoduyla muayene ve kontrol diyagramları hakkında eğitim verilmesi gereklidir. Bu kontroller dökümhanelerin organizasyonlarına göre üretim veya kalite kontrol elemanları tarafından uygulanabilir.

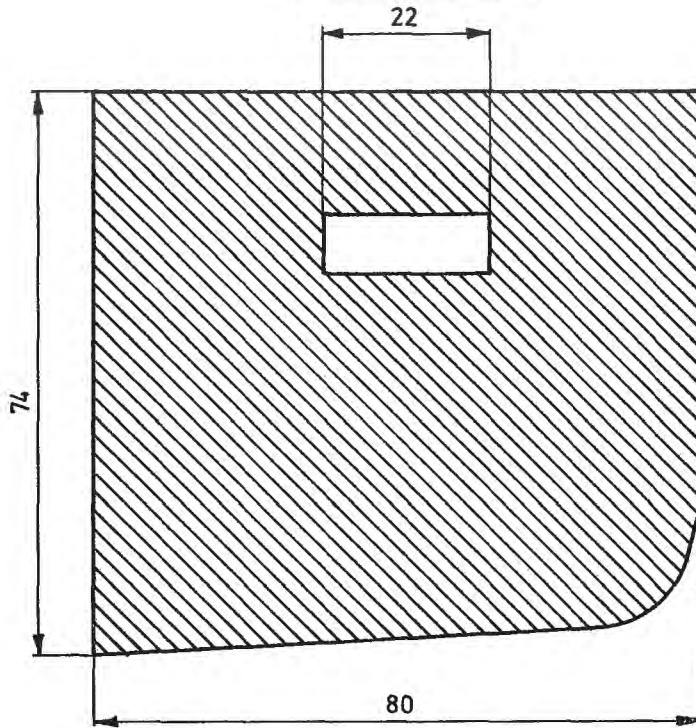
## K A Y N A K L A R

- AFS : Industrial Engineering in the Foundry, American Foundry Society.
- DUNCAN, A.J. : Quality Control and Industrial Statistics, R.Irwin Inc., 4 th edition, 1974.
- ERCAN, F. : Standart Kalite Kontrol Klavuzu ve Verilerin Analizinde Kullanılan Kontrol Grafiği Metodu İçin Standart, Yüksek Teknik Öğretmen Okulu, Yayın No. 31, Ankara, 1976.
- ERCAN, F. : Üretim Devam Ederken Kaliteyi Kontrol Etmek İçin Standart, Yüksek Teknik Öğretmen Okulu, Yayın No. 32, Ankara, 1976.
- ERSÜMER, A. : Demir Döküm, Birsen Kitabevi, İstanbul, 1981.
- FIRATLI, E. : Yeni Mamul Kalite Kontrolü, Anadolu Üniversitesi Yayınları No.7, Eskişehir, 1983.
- FEIGENBAUM, A.V. : Total Quality Control, McGraw Hill, New York, 1961.
- GRANT, E.L. / LEAVENWORTH, R.S. : Statistical Quality Control, McGraw Hill, 5 th edition, New York, 1980.
- GÜNAY, Y. : Döküm Sanayiinde Kalite Kontrol, SEGEM Yayın No. 90, Ankara, 1981.
- GÜRTAN, K. : İstatistik ve Araştırma Metodları, İ.Ü., İşletme Fakültesi Yayını, No. 96, 1979.
- İŞÇİL, N. : İstatistiksel Kalite Kontrolü, Kalite Matbaası, Ankara, 1976.
- İZGİ, S. : Lamel Grafitli Gri Dökme Demirin Aşılma- sı ve Kalitesini Belirleyen Matematiki İlişkiler.

- KUTSAL, A. /  
MULUK, Z. : Uygulamalı Temel İstatistik, Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi Yayınları, A2, Ankara, 1978.
- KOBU, B. : Endüstriyel Kalite Kontrolü, İşletme İktisadi Enstitüsü Yayınları, No. 52, İstanbul, 1981.
- MMO : Makina Mühendisliği El Kitabı, TMMOB. Makina Mühendisleri Odası, Yayın No. 100, Ankara, 1976.
- MPM : Kalite Kontrolü Yöneticiler Toplantısı ve Sempozyumu, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 177, Ankara, 1976.
- PÜSKÜLLÜ, H. /  
İKİZ, F. : İstatistiğe Giriş, E.Ü. Mühendislik Fakültesi Ders Kitapları, Yayın No. 1, Bornova, 1983.
- T.S.E. : TS2756- Nitel ve Ölçülebilen Özelliklere Göre Yapılan Kabul Muayene ve Deneylerinde Uygulanacak Numune Alma Yöntemleri, TSE, Ankara, 1977.



B-B KESİTİ



FREN SABOSU

ÖLÇEK : 1:1, 1:2,5

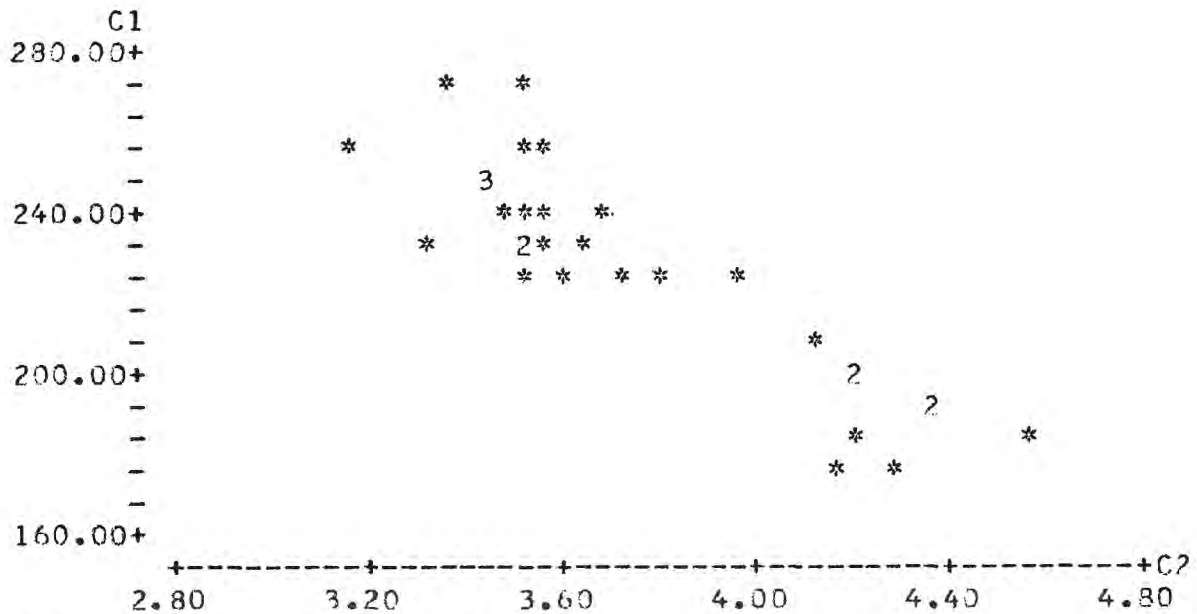
```

TB > INUNIT 4
TB > READ C1-C4
    31 ROWS READ
ITB > FND
ITB > PRINT C1-C4
ROW      C1      C2      C3      C4
 1      256     3.17     0.23     0.276
 2      230     3.32     0.51     0.502
 3      244     3.42     0.24     0.134
 4      247     3.43     0.76     0.134
 5      251     3.45     0.56     0.704
 6      236     3.49     1.22     0.180
 7      232     3.51     0.37     0.501
 8      242     3.53     0.56     0.124
 9      253     3.53     1.08     0.115
10      226     3.53     0.82     0.452
11      268     3.53     0.54     0.684
12      230     3.53     0.58     0.506
13      239     3.56     0.40     0.110
14      233     3.56     1.10     0.568
15      223     3.60     0.47     0.473
16      230     3.62     0.64     0.090

17      227     3.73     0.34     0.113
18      224     3.79     0.52     0.120
19      221     3.96     0.57     0.133
20      207     4.11     0.35     0.000
21      201     4.20     1.26     0.347
22      201     4.20     1.02     0.110
23      184     4.20     0.73     0.103
24      195     4.34     0.65     0.087
25      188     4.34     0.92     0.070
26      183     4.57     0.81     0.138
27      179     4.29     0.66     0.110
28      179     4.16     0.94     0.077
29      252     3.55     0.48     0.737
30      236     3.68     0.59     0.648
31      271     3.36     0.31     0.462

```

MTB > PLOT Y IN C1 VS IN C2



MTB > REGRESS C1 ON 1 PREDICTORS C2

THE REGRESSION EQUATION IS  
 $C1 = 463 - 63.3 C2$

COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
	462.88	21.39	21.64
C2	-63.316	5.677	-11.15

S = 11.51

R-SQUARED = 81.1 PERCENT  
 R-SQUARED = 80.4 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	1	16476	16476
RESIDUAL	29	3841	132
TOTAL	30	20318	

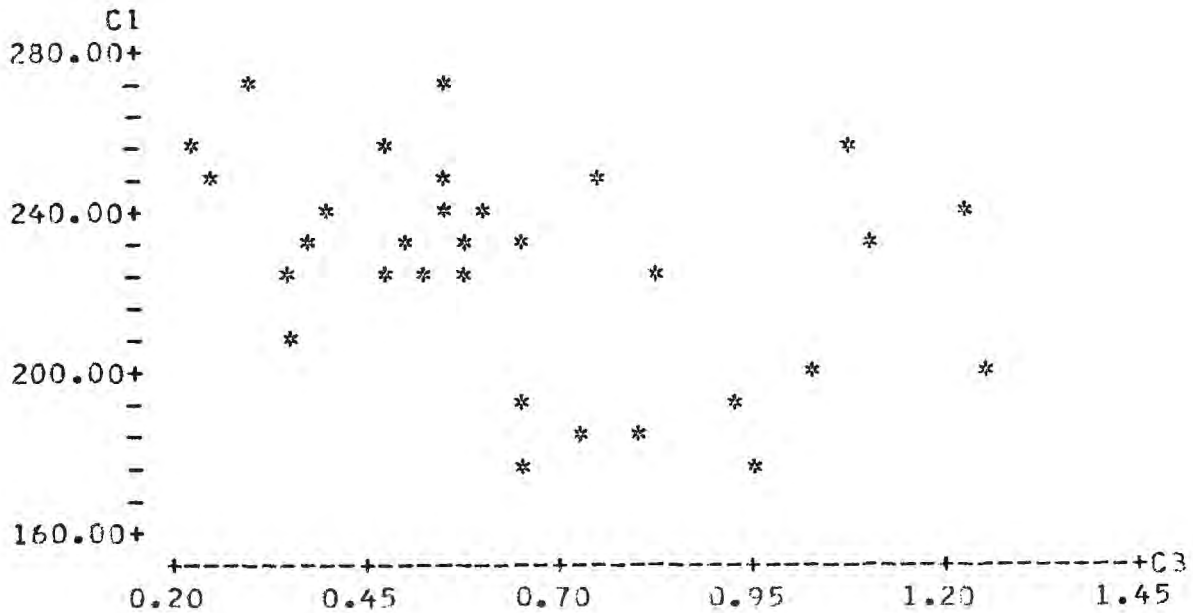
ROW	C2	Y C1	PRED. Y VALUE	ST. DEV. PRED. Y	RESIDUAL	ST. RES.
2	3.32	230.00	252.67	3.20	-22.67	-2.05R
11	3.53	268.00	239.37	2.42	28.63	2.54R
26	4.57	183.00	173.52	5.09	9.48	0.92 X

R DENOTES AN OBS. WITH A LARGE ST. RES.

X DENOTES AN OBS. WHOSE X VALUE GIVES IT LARGE INFLUENCE.

DURBIN-WATSON STATISTIC = 2.15

TB > PLOT Y IN C1 VS IN C3



ITB > REGRESS C1 ON 1 PREDICTORS C3

THE REGRESSION EQUATION IS

$$C1 = 248.49 - 35.35 C3$$

COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
1	248.49	11.24	22.11
3	-35.35	15.85	-2.23

$$s = 24.46$$

R-SQUARED = 14.6 PERCENT

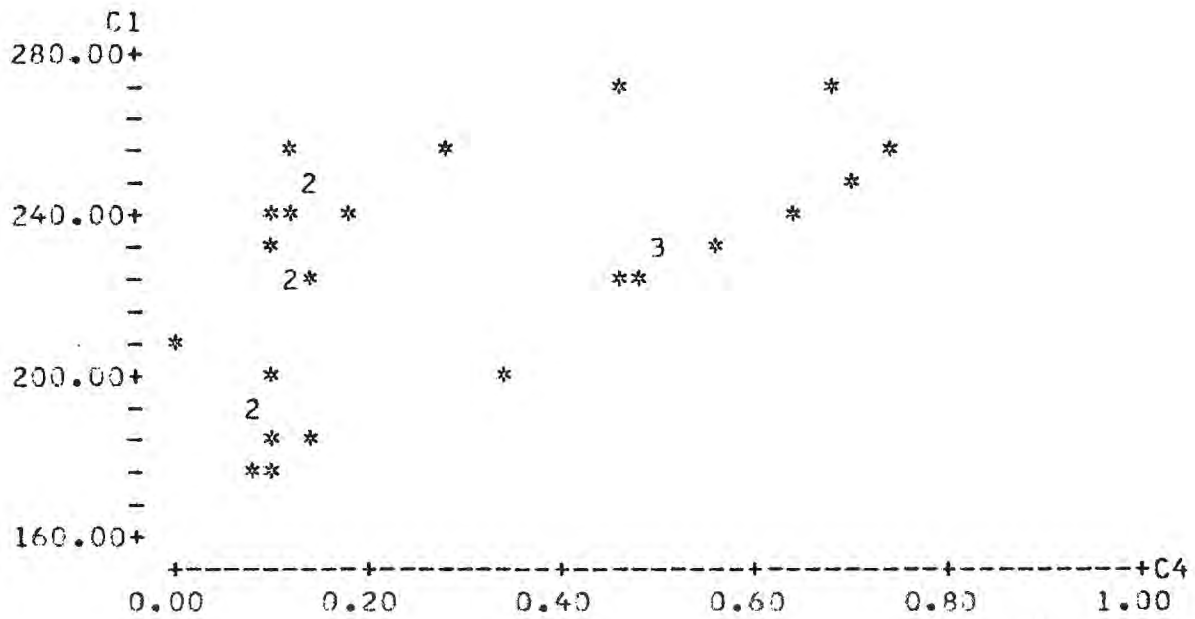
R-SQUARED = 11.7 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

#### ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	1	2973.5	2973.5
RESIDUAL	29	17344.1	598.1
TOTAL	30	20317.5	

DURBIN-WATSON STATISTIC = 0.86

MTB > PLOT Y IN C1 VS IN C4



MTB > REGRESS C1 ON 1 PREDICTORS C4

THE REGRESSION EQUATION IS  
 $C1 = 209 + 59.0 C4$

COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
	208.667	6.532	31.95
C4	58.96	18.00	3.27

S = 22.62

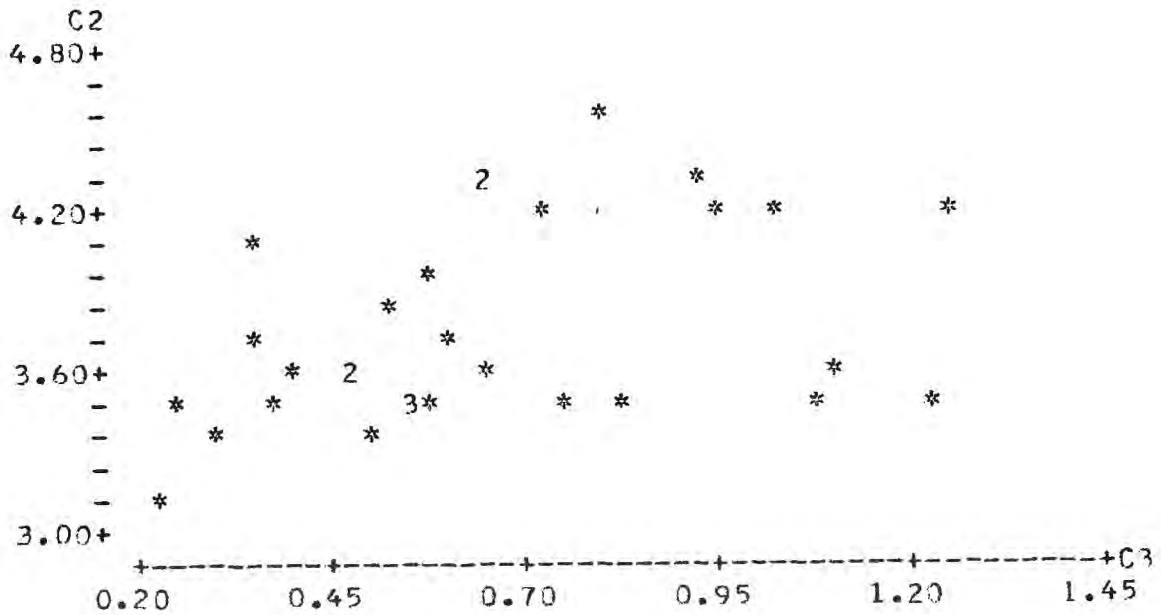
R-SQUARED = 27.0 PERCENT  
 R-SQUARED = 24.5 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	1	5485.1	5485.1
RESIDUAL	29	14832.5	511.5
TOTAL	30	20317.5	

DURBIN-WATSON STATISTIC = 1.17

MTB > PLOT Y IN C2 VS IN C3



MTB > REGRESS C2 ON 1 PREDICTORS C3

THE REGRESSION EQUATION IS  
 $C2 = 3.42 + 0.507 C3$

COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
	3.4195	0.1596	21.42
C3	0.5070	0.2252	2.25

S = 0.3473

R-SQUARED = 14.9 PERCENT  
 R-SQUARED = 11.9 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

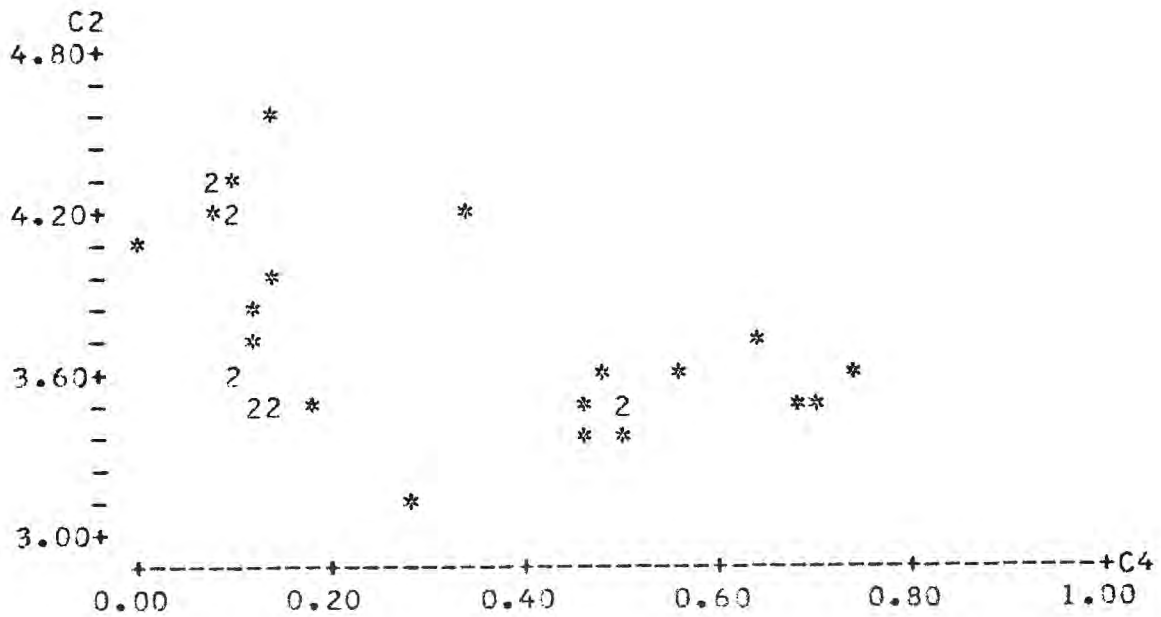
DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	1	0.6116	0.6116
RESIDUAL	29	3.4983	0.1206
TOTAL	30	4.1099	

ROW	C3	Y C2	PRED. Y VALUE	ST.DEV. PRED. Y	RESIDUAL	ST.RES.
26	0.81	4.5700	3.8301	0.0717	0.7399	2.18R

R DENOTES AN OBS. WITH A LARGE ST. RES.

DURBIN-WATSON STATISTIC = 0.45

TR > PLOT Y IN C2 VS IN C4



TR > REGRESS C2 ON 1 PREDICTORS C4

THE REGRESSION EQUATION IS  
 $C2 = 3.98 - 0.801 C4$

COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
	3.97777	0.09441	42.13
4	-0.8005	0.2602	-3.08

$R^2 = 0.3269$

UNADJUSTED R-SQUARED = 24.6 PERCENT  
 ADJUSTED R-SQUARED = 22.0 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

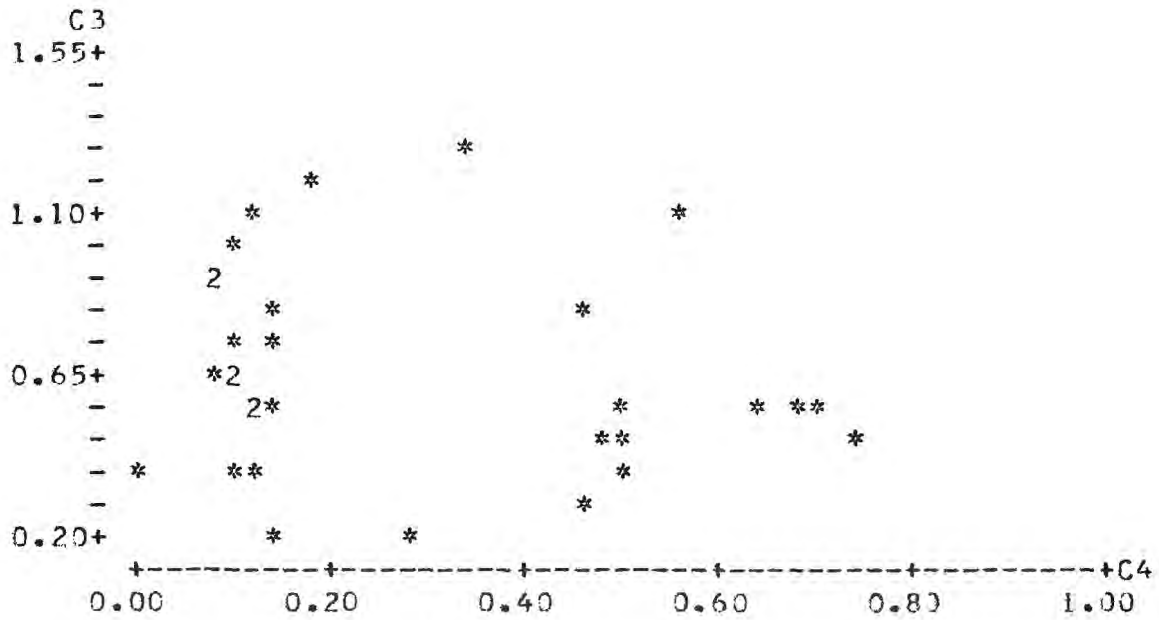
SOURCE	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	1	1.0111	1.0111
RESIDUAL	29	3.0987	0.1069
TOTAL	30	4.1099	

ROW	C4	Y C2	PRED. Y VALUE	ST. DEV. PRED. Y	RESIDUAL	ST. RES.
26	0.138	4.5700	3.8673	0.0699	0.7027	2.20R

R denotes an obs. with a large st. res.

URBIN-WATSON STATISTIC = 0.57

ITB > PLOT Y IN C3 VS IN C4



ITB > REGRESS C3 ON 1 PREDICTORS C4

THE REGRESSION EQUATION IS  
 $C3 = 0.700 - 0.166 C4$

COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEF.	T-RATIO = COEF/S.D.
	0.69960	0.08198	8.53
C4	-0.1655	0.2260	-0.73

S = 0.2838

R-SQUARED = 1.8 PERCENT  
 R-SQUARED = 0.0 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

SOURCE	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	1	0.04322	0.04322
RESIDUAL	29	2.33617	0.08056
TOTAL	30	2.37939	

ROW	C4	Y C3	PRED. Y VALUE	ST.DEV. PRED. Y	RESIDUAL	ST.RES.
21	0.347	1.2600	0.6422	0.0529	0.6178	2.22R

R DENOTES AN OBS. WITH A LARGE ST. RES.

DURBIN-WATSON STATISTIC = 1.98

MTB > CORRELATION BETWEEN C1-C4

	C1	C2	C3
C2	-0.901		
C3	-0.383	0.386	
C4	0.520	-0.496	-0.135

MTB > REGRESS C1 ON 3 PREDICTORS C2,C3,C4

THE REGRESSION EQUATION IS

.1 = 445 - 58.5 C2 - 4.43 C3 + 11.4 C4

COLUMN	COEFFICIENT	ST. DEV. OF COEFF.	T-RATIO = COFF/S.D.
	444.54	26.94	16.50
C2	-58.517	7.120	-8.22
C3	-4.433	8.200	-0.54
C4	11.38	10.70	1.06

S = 11.64

R-SQUARED = 82.0 PERCENT

R-SQUARED = 80.0 PERCENT, ADJUSTED FOR D.F.

ANALYSIS OF VARIANCE

DUE TO	DF	SS	MS=SS/DF
REGRESSION	3	16659.3	5553.1
RESIDUAL	27	3658.2	135.5
TOTAL	30	20317.5	

FURTHER ANALYSIS OF VARIANCE

SS EXPLAINED BY EACH VARIABLE WHEN ENTERED IN THE ORDER GIVEN

DUE TO	DF	SS
REGRESSION	3	16659.3
C2	1	16476.5
C3	1	29.5
C4	1	153.4

ROW	C2	Y	PRED. Y VALUE	ST.DEV. PRED. Y	RESIDUAL	ST.RES.
2	3.32	230.00	253.71	3.37	-23.71	-2.13R
11	3.53	268.00	243.36	4.35	24.64	2.28R

R DENOTES AN OBS. WITH A LARGE ST. RES.

DURBIN-WATSON STATISTIC = 2.24

MTB > STOP

\*\*\* MINITAB \*\*\* STATISTICS DEPT \* PENN STATE UNIV. \* RELEASE 82.1 \*  
STORAGE AVAILABLE 103880

## EK - III

## Kontrol Diyagramlarının Hesaplanmasında Kullanılan Formüller

$$\bar{n} = \frac{\sum n_i}{N} \quad \text{Alt gruptaki örnek sayıları farklı}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum \bar{X}_i}{N}$$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum n_i \cdot \bar{X}_i}{\sum n_i} \quad \text{Alt gruptaki örnek sayıları farklı}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{\sum \sigma_i}{N}$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum n_i \cdot \sigma_i^2}{\sum n_i}} \quad \text{Alt Gruptaki örnek sayıları farklı}$$

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{N}$$

İSTATİSTİK ÖLÇÜLER	STANDARTLARA GÖRE		GEÇMİŞ KAYITLARA GÖRE	
	OÇ	AKL ve ÜKL	OÇ	AKL ve ÜKL
Ortalama ( $\bar{X}$ )	$\bar{X}'$	$\bar{X}' \mp A \sigma'_X$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \mp A_2 \bar{R}$ $\bar{\bar{X}} \mp A_1 \bar{\sigma}$
Dağılım Aralığı	$d_2 \cdot \sigma'_X$	$D_1 \sigma'_X; D_2 \sigma'_X$	$\bar{R}$	$D_3 \bar{R}; D_4 \bar{R}$
Standart Sapma	$C_2 \cdot \sigma'_X$	$B_1 \sigma'_X; B_2 \sigma'_X$	$\bar{\sigma}$	$B_3 \bar{\sigma}; B_4 \bar{\sigma}$
Değişken (X)	$\bar{X}'$	$\bar{X}' \mp 3 \sigma'_X$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} \mp 3 \bar{R} / d_2$ $\bar{\bar{X}} \mp 3 \bar{\sigma} / C_2$

EK-IV Kontrol Diyagramlarının Hesaplanmasında Kullanılan Katsayılar

Örnek Hacmi (n)	$\bar{X}$ Diyagramı				$\sigma$ Diyagramı				R Diyagramı				
	AKL ve ÜKL				AKL ve ÜKL				AKL ve ÜKL				
	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
2	2,121	3,760	1,880	0,5642	0	1,843	0	3,267	1,128	0	3,686	0	3,267
3	1,732	2,394	1,023	0,7236	0	1,858	0	2,568	1,693	0	4,358	0	2,575
4	1,500	1,880	0,729	0,7979	0	1,808	0	2,266	2,059	0	4,698	0	2,282
5	1,342	1,596	0,577	0,8407	0	1,756	0	2,089	2,326	0	4,918	0	2,115
6	1,225	1,410	0,483	0,8686	0,026	1,711	0,030	1,970	2,534	0	5,078	0	2,004
7	1,134	1,277	0,419	0,8882	0,105	1,672	0,118	1,882	2,704	0,205	5,203	0,076	1,924
8	1,061	1,175	0,373	0,9027	0,167	1,638	0,185	1,815	2,847	0,387	5,307	0,136	1,864
9	1,000	1,094	0,337	0,9139	0,219	1,609	0,239	1,761	2,970	0,546	5,394	0,184	1,816
10	0,949	1,028	0,308	0,9227	0,262	1,584	0,284	1,716	3,078	0,687	5,469	0,233	1,777
11	0,905	0,973	0,285	0,9300	0,299	1,561	0,321	1,679	3,173	0,812	5,534	0,256	1,744
12	0,866	0,925	0,266	0,9359	0,331	1,541	0,354	1,646	3,258	0,924	5,592	0,284	1,716