

**HASSAS DÖKÜM PROSESİNİN, KALİTE TEKNİK
VE ARAÇLARI KULLANILARAK OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Metalurji Müh. Aslı KURUL
Enstitü No : 506950052011

100557

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 31 Mayıs 1999
Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Haziran 1999

100557

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yılmaz TAPTIK
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Niyazi ERUSLU (İ.T.Ü.)
Doç. Dr. Ahmet EKERİM (Y.T.Ü.)

Yılmaz Tapık
Niyazi Eruslu
Ahmet Ekerim

HAZİRAN 1999

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü yardım ve desteği sağlayan, beni yönlendiren tez danışmanım sayın Prof. Dr. Yılmaz TAPTIK 'a teşekkürlerimi arz ederim.

Çalışmalarımın başından sonuna kadar beni her zaman destekleyen ve çalışmamla ilgili bilgilere ulaşmamda bana kolaylık sağlayan Gedik Döküm ve Vana San. Ve Tic. A.Ş. firmasında çalışan tüm arkadaşlarıma ve desteklerinden dolayı da aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İstanbul, 31 Mayıs 1999

Aslı KURUL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	x
ÖZET	xi
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. HASSAS DÖKÜM YÖNTEMİ (INVESTMENT CASTING)	3
2.1 Hassas Dökümün Tarihi Gelişimi	3
2.2 Hassas Dökümün Değerlendirilmesi.	4
2.3 Rekabet Durumu	5
2.4 Hassas Dökümdeki Teknolojik Gelişmeler	6
2.5 Endüstri Yapısı	7
2.6 Türkiye’de Hassas Döküm	7
2.7 Savunma Sanayinin Gelişiminde Hassas Döküm	8
2.8 Hassas Döküm Yöntemi ve Prensipleri	9
2.8.1 Hassas Döküm Yönteminin Sınıflandırılması	10
2.8.1.1 Seramik Kabuk Hassas Döküm Tekniği	10
2.8.1.2 Dereceli Hassas Döküm Tekniği	11
2.8.2 Preshane (Mum Enjeksiyon)	12
2.8.2.1 Mum - Model Kalıbı Hazırlama	12
2.8.2.2 Hassas Döküm Mumunun Yapısı	15
2.8.2.3 Hassas Döküm Mumlarının Sınıflandırılma	17
2.8.2.4 Hassas Döküm Mumlarının Özellikleri ve Kalite	17
Üzerine Olan Etkileri .	
2.8.2.5 Mum - Model Üretimi ve Hataların Kontrol Edilmesi	21
2.8.2.6 Mum Enjeksiyon Tekniği	22
2.8.3 Mum Model Çapak Alma Ve Montaj	22
2.8.3.1 Yolluklara Mum Montajı (Salkımlama)	23
2.8.4 Seramikhane	23

2.8.4.1 Hassas Dökümde Kullanılan Refrakter Malzemeler.	24
2.8.5 Otoklav (Mould Dewaxing)	28
2.8.6 Dökümhane	30
2.8.6.1 Seramik Kalıbın Yakılması	30
2.8.6.2 Döküm Öncesi Seramik Kalıbın Ön Isıtılması (Sinterleme)	31
2.8.6.3 Metal Ergitme (Sıvı Metalin Hazırlanması)	32
2.8.6.4 Döküm Öncesi	32
2.8.6.5 Döküm Sonrası	33
2.8.7 Kesme – Taşlama – Kumlama – Sıfırlama	34
2.8.7.1 Döküm parçalarının Yolluklardan Kesilmesi	34
2.8.7.2 Tavlama	34
2.8.7.3 El ve Tambur Kumlama	35
2.8.7.4 Sıfırlama işlemi	35
2.8.8 Kalite Kontrol	35
2.8.9 Yan Sanayi işlemleri	36
2.9 Hassas Döküm Yönteminin Üstünlükleri	36
BÖLÜM 3. KALİTE VE ISO 9000 STANDARTLARI	38
3.1 Amaç ve Hedefler	38
3.2 Kalite Nedir?	39
3.3 Toplam Kalite Yönetimi	42
3.3.1 Toplam Kalite Yönetimi Yaklaşımı	43
3.4 ISO 9000	43
3.5 ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri	44
3.6 ISO 9000 Standartlarının Gelişimi	45
3.6.1 ISO 9000 Standartlarına Genel Bakış	46
3.6.2 Uluslararası Boyutta Değerlendirme	47
3.6.3 ISO 9000 Standartlarının Kullanım Alanları	48
3.6.3.1 ISO 9001 Standardı	48
3.6.3.2 ISO 9002 Standardı	48
3.6.3.3 ISO 9003 Standardı	49
3.6.3.4 ISO 9004 Standardı	49
3.6.3.5 ISO 9005 Standardı	49
BÖLÜM 4. HASSAS DÖKÜM YÖNTEMİNDEKİ HATALAR (FİRMA 50 UYGULAMALARINDAN ÖRNEKLER)	
4.1 Mum Hataları (Mum Model Yapımından Kaynaklar 51 Hatalar)	
4.1.1 Mum Parçada Eksiklik Kalması	52
4.1.2 Parçada Boşluk	52
4.1.3 Soğuk Akış çizgileri	53
4.1.4 Sıcak Akış çizgileri	54
4.1.5 Parça yüzeyindeki Kabarcıklar	55
4.1.6 Yüzeyde Çukurluk	56
4.1.7 Kalıp Birleşim Yeri Hatası	57
4.1.8 Yolluk Kopması Hatası	58
4.1.9 Sürekli Yüzey Hataları	59

4.1.10 Şişme Hatası	60
4.2 Seramik Kalıp Hataları	61
4.2.1 Aşırı Dağılma Hataları	61
4.2.2 Hava Kabarcıkları (Banyo Hazırlama Esnasındaki) Hataları	63
4.2.3 Kum Nüfuziyeti ve Pürüzlü Yüzey Oluşum Hatası	64
4.2.4 Kalıp Kırılması (Kalıp Çatlak) Hataları	65
4.2.5 Seramik Kabuğun Kabarması Hataları	67
4.2.6 Kumlama Hataları	68
4.3 Metalurjik Hatalar	68
4.3.1 Hassas Döküm Yöntemi İle Dökülen Parçalarda Görülen Döküm Hataları	68
4.3.1.1 Gaz Hataları	69
4.3.1.2 Çekilme Hatası	70
4.3.1.3 Gözenek	72
4.3.1.4 Cüruf	73
4.3.1.5 Çapak	74
4.3.1.6 Şişme	75
4.3.1.7 Soğuk Çatlak	75
4.3.1.8 Metal Yürümemesi	76
4.3.1.9 Soğuk Birleşme	77
4.3.1.10 Eksik Döküm	78
4.3.1.11 Sıcak Yırtılma	79
4.3.1.12 Çarpılma	80
BÖLÜM 5. PROBLEM ÇÖZME TEKNİKLERİ (UYGULAMALI ÖRNEKLER)	90
5.1 Problem Çözmenin Karakteristikleri.	91
5.2 İstatistiksel Proses Kontrol	92
5.2.1 Verilerin Toplanması	96
5.3 Beyin Fırtınası	97
5.4 Problem Çözmede 7 Araç	99
5.4.1 Tabaklama (Gruplama)	100
5.4.2 Çetele Diyagramı	100
5.4.3 Histogram	100
5.4.4 Serpilme Diyagramları	107
5.4.5 Pareto Analizi	109
5.4.6 Neden – Sonuç (Balık Kılçığı) Diyagramları	112
5.4.7 Kontrol Diyagramları (X – R)	128
BÖLÜM 6. SONUÇLAR	140
KAYNAKLAR	141

EKLER

EK A Şekil A.1 Hassas Döküm Grubu Üretim Akış Şeması

EK B Şekil B.1 X –R Kontrol Diyagramına Ait Bir Uygulama Örneği.

ÖZGEÇMİŞ

143



KISALTMA LİSTESİ

İPK : İstatistiksel Proses Kontrol
R : Dağılım Aralığı
KA : Kolon Aralığı
AKL : Alt Kontrol Limiti.
ÜKL : Üst Kontrol Limiti.
OÇ : Ortalama çizgi



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1	Kaplama sayısının kabuk kalınlığına etkisi	11
Şekil 2.2	Dereceli hassas döküm işlem kademeleri	14
Şekil 2.3	Seramik kabuklu hassas döküm işlem kademeleri	15
Şekil 2.4	Değişik sertliklerdeki mumun sıcaklığa göre değişimi	16
Şekil 3.1	Kalite güvence sistemi	45
Şekil 4.1	Soğuk akış çizgileri	53
Şekil 4.2	Sıcak akış çizgileri	54
Şekil 4.3	Parça yüzeyindeki kabarcıklar	55
Şekil 4.4	Yüzeyde çukurluk	56
Şekil 4.5	Çapak hatası	57
Şekil 4.6	Kalıp kayması hatası	58
Şekil 4.7	Yolluk kopması hatası	59
Şekil 4.8	Sürekli yüzey hataları (itici pim hatası)	60
Şekil 4.9	Şişme hatası	61
Şekil 4.10	Aşırı dağlama hataları	62
Şekil 4.11	Hava kabarcıkları (banyo hazırlama esnasındaki) Hatası	63
Şekil 4.12	Kum nüfuziyeti ve pürüzlü yüzey oluşum hatası	64
Şekil 4.13	Kalıp kırılması (kalıp çatlak) hatası.	66
Şekil 4.14	Seramik kabuk kabarma hatası	67
Şekil 4.15	Gaz hataları	70
Şekil 4.16	(a –b) Çekinti Hataları	71
Şekil 4.17	Gözenek hatası	72
Şekil 4.18	Cüruf hatası	73
Şekil 4.19	Çapak hatası	74
Şekil 4.20	Çatlak hatası	76
Şekil 4.21	Metal yürümemesi hatası	77
Şekil 4.22	Soğuk birleşme hatası	78
Şekil 4.23	Sıcak yırtılma hataları	79
Şekil 5.1	Proses	93
Şekil 5.2	Normal dağılım eğrisi şeklindeki histogram	102
Şekil 5.3	Yatık histogram	102
Şekil 5.4	İki tepeli histogram	103
Şekil 5.5	Dağılım eğrisi	103
Şekil 5.6	Kanal ölçüsü verilen bir parçaya ait histogram	105
Şekil 5.7	Diş üstü çap ölçüsü verilen bir parçaya ait histogram	106
Şekil 5.8	Boy ile ağırlık arasındaki dağılıma diyagramı	107
Şekil 5.9	Planlı bakım giderleri ile arıza duruş sayısı arasındaki dağılıma	108

Şekil 5.10	Belirgin olmayan dağılıma diyagramı	108
Şekil 5.11	Hassas dökümle üretilen bir parçada görülebilecek hatalara ait pareto diyagramı	110
Şekil 5.12	Neden – Sonuç diyagramlarının şekilsel tanımlanması	113
Şekil 5.13	Bir kutu içinde problemin yazılması	114
Şekil 5.14	Ana nedenlerin gösterildiği neden – sonuç diyagramı	114
Şekil 5.15	Alt nedenlerin de gösterildiği neden – sonuç diyagramı	115
Şekil 5.16	Bir problemle ilgili olarak oluşturulan neden – sonuç diyagramı	116
Şekil 5.17	Hasas döküm üretim akış diyagramı (ana başlıklar halinde)	118
Şekil 5.18	Satınalınan mamüle ait neden – sonuç diyagramı	119
Şekil 5.19	Mum enjeksiyon bölümüne ait neden – sonuç diyagramı	120
Şekil 5.20	Çapak alma–mum montaj bölümüne ait neden–sonuç diyagramı	121
Şekil 5.21	Seramikhane ve otoklav bölümü neden – sonuç diyagramı	122
Şekil 5.22	Dökümhane bölümü neden – sonuç diyagramı	123
Şekil 5.23	Kırma – kesme – taşlama bölümüne ait neden–sonuç diyagramı.	124
Şekil 5.24	Gerilim giderme bölümüne ait neden – sonuç diyagramı	125
Şekil 5.25	Sıfırlama – kumlama bölümüne ait neden – sonuç diyagramı	126
Şekil 5.26	Sevkiyat Bölümüne ait neden – sonuç diyagramı.	127
Şekil 5.27	Kontrol şeması örneği	130
Şekil 5.28	Yedi ardışık noktanın merkez çizgisinin altında (veya üstünde) seyretmesi	133
Şekil 5.29	Yedi ardışık noktanın devamlı yükselen değerler alması	134
Şekil 5.30	Periyodik değişimler	135
Şekil 5.31	Limit değerlere yakın bölgelerde yığılmalar	136
Şekil A.1	Hassas Döküm grubu üretim akış şeması	EkA
Şekil B.1	X – R Kontrol diyagramına ait bir uygulama örneği	EkB

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Molochite'in fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	27
Tablo 3.1 Kalite sistem elemanlarının ISO 9001, 9002 ve 9003 Standartlarına göre dağılımı	47
Tablo4.1 İngiliz Hassas Dökümcüler komitesinin düzenlediği hassas döküm hataları (metalurjik hatalar)	81
Tablo 5.1 Veri sayısına karşılık gelen grup sayısı.	101



HASSAS DÖKÜM PROSESİNİN, KALİTE TEKNİK VE ARAÇLARI KULLANILARAK OPTİMİZASYONU

ÖZET

Hassas Döküm, günümüzde döküm teknolojisinde yer alan en ileri yöntemlerden biridir. Bu yöntemde balmumu veya plastikten hazırlanan harcanan bir modelin etrafı oda sıcaklığında sertleşen bir refrakter çamurla sarılır. Daha sonra içerde kalan mum eritilerek oluşan kalıp boşluğuna ergimiş metal doldurulur. Hassas Döküm yöntemi, diğer yollarla üretimi çok zor ve pahalı olan kompleks şekilli parçaların, yüksek boyutsal hassasiyette hemen hemen hiçbir yüzey işlemi gerektirmeden seri üretimini mümkün kılmaktadır. [1, 2, 3].

Hassas döküm (precision casting) parçaları üretmek için bir çok değişik yöntem kullanılmaktadır. Karışıklığı engellemek için “ Investment Casting “ terimi harcanabilir bir kalıp kullanarak mühendislik parçaların seri üretimini tarif etmek amacıyla kullanılmıştır. Burada Investment kelimesi, kullanılan malzeme yerine bunun tıpkısı bir kalıp eldesinin mekanik usulü anlamına gelmektedir. Bu terim genel anlamda “Lost-Wax” “Cire Perdue” ve “hassas döküm” gibi terimleri için kullanılır. [4, 5].

Hassas döküm, binlerce yıldır sanatçılar tarafından kullanılmış olmasına rağmen bir mühendislik imalat yöntemi olarak ancak 1930’ların sonlarında benimsenmiştir. Önceleri “Lost-Wax” olarak bilinen bu teknik, 20. Yüzyılda dişçilik ve mücevherat alanlarında gelişme kaydetmiştir. [4]

Hassas Döküm Yöntemi, döküldüğü şekilde kullanılan cobalt-krom alaşımından yapılan cerrahi aletlerin üretimi için kullanılmıştır. Bu alaşım, işleme ve dövme imkanının olmamasına rağmen, yüksek sıcaklıkta mekanik ve sıcak korozyon dayanımı özelliklerine sahip olduğu için havacılıkta ve turbo motor endüstrisinde kullanım yeri bulmuştur. Daha sonraki yıllarda pek çok değişik alaşım endüstriyel anlamda yeni bir mühendislik disiplini oluşturarak hassas dökümün malzemesi olmuştur. [4]

Bugün A.B.D., Kanada, İngiltere, Almanya, Belçika, Fransa, Japonya, Tayvan ve Güney Kore’de yüksek üretim potansiyeline sahip birçok hassas döküm tesisi bulunmaktadır. Türkiye’de de piyasaya yönelik hassas döküm yapılmaktadır. [2]

Gelişen teknoloji ve buna bağlı olarak artan karmaşıklık ile özdeşleşen endüstri malzemeleri, her biri maliyet etkinliğine sahip bir takım düzenleyici kurallara tabidir. Bu ortamda, ürünlerin alıcı ihtiyaçlarını karşılaması ve ilgili faaliyetlerin mümkün olan en ekonomik şekilde yapılmasını sağlamak üzere tasarımılanması, üretilmesi ve temini zorunludur. Bu nedenle, herhangi bir endüstriyel firmanın temel gereği ürünlerinin Kalitesi olmalıdır. Bu konuda maksimum etkinliği elde edebilmek için firmalar, her biri üretilen ürünlere uyumlu planlama, kontrol, muayene ve kalite güvencesi aktivitelerini kapsayan Kalite Yönetimi Sistemini kurmalı ve idame ettirmelidir. Kalite Yönetimi prensipleri kalite sistemi öğeleriyle beraber ISO 9000 uluslararası standartlarında yer almıştır. [6]

Her üretim yönteminde olduğu gibi hassas döküm yönteminde de üretim esnasında hatalar ve/veya uygunsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Bu uygunsuzluklar, soğuk katlanma, sıcak yırtılma, çekme boşluğu, döküm boşlukları, gözenek, besleme yetersizliği, cüruf, çapak, ezilme, çatlak , şişme, hatalı kimyasal bileşim v.b. olarak sıralanabilir.

Yukarıda bahsedilen bu hatalar çeşitli yöntemlerle tespit edilebilmektedir. Standart muayene prosedürleri gözle muayene , radyografi ve serlik ölçümünü kapsamaktadır. Boyutsal muayene, hassas döküm parçalarına kolaylıkla uygulanabilmektedir. Koordinat ölçüm cihazı, spektrometre, mihengir, kumpas, mikrometreler ve tahribatsız muayene için kullanılan çeşitli cihazlar standart muayene araçlarıdır. [4]

Oluşan veya oluşabilecek uygunsuzlukların tespitinde ve çözümünde problem çözme teknikleri (histogramlar, neden sonuç diyagramları, pareto analizi , çetele diyagramları, X-R diyagramları, dağılım eğrileri ...) ve beyin fırtınası vs. gibi uygulamalar kullanılmaktadır.

Bu master tezinde, Hassas Döküm yönteminden ve avantajlarından; kalite-kalite sistemi ve ISO 9000 kavramlarından; döküm hatalarından ve oluşma nedenlerinden ve problem çözme tekniklerinden, Seramik Kabuk Hassas Döküm yöntemiyle üretim yapan bir firmanın, proses sırasında meydana gelen uygunsuzluklarının çözümünde kullanılan kalite sistem araçlarının bazılarında örnek uygulamalar verilerek bahsedilmiştir. Yapılan bu örnek çalışmalara ait sonuçlar incelenip yorumlanmıştır.

OPTIMISATION OF THE INVESTMENT CASTING PROCESS VIA USING QUALITY TECHNIQUES AND INSTRUMENTS

SUMMARY

Investment Casting is one of the most advanced process of all today's casting technologies. This process uses a mold that has been produced by surrounding an expendable pattern with a refractory slurry that sets at room temperature. The pattern (usually of wax or plastic) is then melted or burned out, leaving the mold cavity in which afterwards the molten metal is poured. The process permits mass production of complex shapes that are difficult or impossible to produce by the more conventional casting processes or by machining. [1, 2, 3]

A number of casting methods are used to produce precision casting. To avoid confusion, the term investment casting has been adopted to describe the production of engineering castings using a consumable pattern. Investment denotes the mechanical manner of obtaining a mold rather than the material used. It is the process of completely investing a three-dimensional pattern in all of its dimensions to produce a one-piece destructible mold into which molten metal will be poured. This term largely replaces such terms as lost wax, cire perdue and precision casting [4, 5]

Although investment casting has been used for thousands of years by artists, it was adopted as an engineering manufacturing technique only in the late 1930s. The technique, formerly known as the lost wax process, was developed gradually in the twentieth century in the dental and jewelry fields. [4]

The investment casting process was used to produce cast-to-shape surgical prosthesis devices in a cobalt-chromium alloy. Although this alloy could not be machined or forged, its excellent high-temperature mechanical and hot corrosion-resistant properties made it desirable for use in aircraft piston engine turbocharger buckets. Subsequently, this alloy found wide application in early gas turbine engines. Because this material had to be cast to shape led to the use of investment casting methods and the subsequent establishment of a new engineering discipline. [4]

Today there are a number of investment casting foundry with a considerable production capacity in U.S.A. , Canada, England, Germany, Belgium, France, Japan, Taiwan and South Korea. Nowadays, the important companies produce investment

castings for the market in Türkiye. (Sirmetal A.Ş. utilizes the shell mold investment casting technique as their process. [2].

Industrial materials is characterized by advancing technology and correspondingly increasing complexity and is subject to regulatory requirements, all of which can combine to impact on costs. In this environment it is essential that the products be designed, manufactured and provided so as to conform to the requirements of the purchasers and that activities involved be effected as economically as practicable.

For this reason; A primary requisite of any industrial company must be the quality of its products. In order to achieve maximum effectiveness, companies must maintain systems for the management of quality which include planning, controlling, inspection and assurance activities; each appropriate to the products being offered. The principles of quality management as well as the quality system elements are laid down in the international standards ISO 9000. [6]

As we meet most of the casting processes, it is common to have defaults and/or unsuitable to be occurred. These include cold shuts, hot tears, shrinkage cracks, shrinkage cavities, blow cavities, slug, cracks, unsuitable chemical composition etc.

These defects can be inspected through various testing methods. Standard inspection procedures include visual inspection, radiography and hardness testing. Dimensional inspection is very applicable to investment castings. Coordinate measuring machines, gauges, calipers and micrometers are all standard inspection equipment. [4]

Problem Solving Techniques are used for detecting and solving problems caused by defaults that are already occurred or might be occurred.

In these master thesis, the investment casting method and its advantages, quality and the term of ISO 9000 quality system standards, casting defects and their reasons, problem solving techniques and concerning examples and results will be discussed.

1. GİRİŞ

Hassas Döküm, endüstride kullanılan ürünler için döküm teknolojisinde yer alan en ileri yöntemlerden biridir. Bu yöntemde balmumu veya plastikten hazırlanan harcanan bir modelin etrafı oda sıcaklığında sertleşen bir refrakter çamurla sarılır. Daha sonra içerde kalan mum eritilerek oluşan kalıp boşluğuna ergimiş metal doldurulur. [1; 2,3].

Kısaca bu yöntemin ana hatları:

1. Model malzemesi ve model üretimi;
2. Seramik bağlayıcılar, refrakterler ve maçalar;
3. Metal ergitme ve dökümü;
4. Döküm parçalarının yolluklardan ayrılması, temizlenmesi ve muayene edilmesi oluşturmaktadır.

Hassas döküm, binlerce yıldır sanatçılar tarafından kullanılmış olmasına rağmen bir mühendislik imalat yöntemi olarak ancak 1900'lerin sonlarında benimsenmiştir. Önceleri "Lost-Wax" olarak bilinen bu teknik, 20. Yüzyılda dişçilik ve mücevherat alanlarında gelişme kaydetmiştir. [4]

Proses, sanayiye yönelik olarak II. Dünya Savaşı yıllarında ve sonrasında modern bir üretim biçimi olarak yeniden keşfedilmiştir. Savaş nedeni ile orduların mamul

parça talebinin artması, talaşlı imalattan daha hızlı bir teknoloji arayışına yol açmıştır. Diş hekimliği ve kuyumculukta kullanılan teknikler birleştirilip hızla geliştirilerek endüstriyel anlamda hassas dökümün temellerini atmıştır. Böylece döküm, talaşlı imalat, kaynak, montaj gibi birçok kademenin yerini; kullanıma yakın boyut ve şekilde, tek parça halinde, düzgün yüzeyli ve boyut toleransları dar parça dökümü almıştır.[2]

Seramik kabuk kalıplama (Shell Proses) ve dereceli kabuk kalıplama olarak bilinen iki biçimi vardır.

Günümüzün büyük ölçüde rekabete dayanan ekonomik sistemi içerisinde ticaret, mal ve hizmetlerin kalitesini sürekli olarak geliştirme çağrısına uymak zorundadır. Rekabet ortamında bulunan kuruluşlar, yaşamlarının devamını ancak müşteri beklentilerini karşılayabilme becerilerini sürekli olarak geliştirerek sağlayabilirler.

Günümüzde gerek sanayi dünyasında gerekse ticaret dünyasında en sık kullanılan terim “Kalite” / “Ürün Kalitesi” dir. Bu terimin yanısıra; Kalite Kontrol, Kalite Yönetimi, Kalite Güvencesi, ISO 9000 Kalite Sistemi ve Toplam Kalite Yönetimi gibi kavramlar da sık sık kullanılmaktadır.

Toplam Kalite Yönetimi, müşteri beklentilerini her şeyin üzerinde tutan ve tüm faaliyetleri kaliteyi üretim sırasında oluşturmak üzere düzenleyen bir sistemdir. Toplam Kalite yönetimi, müşteri mutluluğunu sürekli olarak büyütmek amacıyla şirketin tüm proseslerinin sürekli olarak geliştirilmesini ve bu çalışmaların herkesin katılımı ile genelde ekip çalışmasını öngörmektedir. Tabii ki bu da Kalite Teknik Araçlarının kullanılmasını gerektirmektedir. Kalite teknik araçları kullanılarak, çalışanların kaliteyi anlamaları ve çözmeleri sağlanmaktadır. Hangi üretim metodu kullanılırsa kullanılsın parçaların üretimi esnasında ortaya çıkan veya çıkabilecek uygunsuzlukların tespitinde ve kontrol altına alınmasında bu araçlardan yararlanılır. Problemlerden giderek çözümleri bulma yollarıdır.[7]

2. HASSAS DÖKÜM YÖNTEMİ (INVESTMENT CASTING)

2.1 Hassas Dökümün Tarihi Gelişimi

Hassas Döküm, ilk uygulandığı yıllardan bugüne sürekli değişerek, günümüzde bilim ve zanaatı birlikte en iyi kullanan parça üretim yöntemlerinden biri olmuştur. İmalat metotları içinde en ileri teknolojilerden olan hassas döküm uygulamalarının milattan önce 4500'lü yıllarda Tayland civarında olduğu tahmin edilmektedir. Daha sonra Mezopotamya'da M.Ö. 4000-2000 yılları arasında, Çin'de, Hindistan'da Ege Denizi çevresinde ve Kuzey Avrupa'da , İtalya'da merkez ve güney Amerika'da ve Batı Avrupa'da takı , süs eşyası ve özellikle heykel yapımında kullanılarak günümüze kadar geldiği arkeolojik kazılar sonucu anlaşılmıştır. [1, 2]

1897 yılında Amerikalı diş doktoru B.F .Philbook, hassas dökümü diş hekimliğinde protez yapımızda kullanmıştır. 1907'de diş hekimi Taggart, sıvı metali hassas döküm kalıplarına santrifüj kuvvet yardımı ile doldurulmuştur. Bu nedenle dişçilikte protez yapımı ve kuyumculuk alanında hassas döküm tekniği kullanımı "Santrifüj Döküm " adıyla da kullanılmaktadır. Hassas dökümün kuyumculuk alanında yaygın kullanımı 1930'larda kauçuğun model malzemesi olarak geliştirilmesinden sonra gerçekleşmiştir.

kullanıma

hazır

şekil

ve

Böylece ziynet eşyalarının

boyutta seri ve ucuz olarak üretimi sağlanabilmektedir. Bu tarihe kadar en yaygın olarak diş hekimleri ve kuyumcular tarafından kullanılan proses sanayiye yönelik olarak II. Dünya Savaşı yıllarında ve sonrasında modern bir üretim biçimi olarak yeniden keşfedilmiştir. Savaş nedeni ile orduların mamul parça talebinin artması, talaşlı imalattan daha hızlı bir teknoloji arayışına yol açmıştır. Diş hekimliği ve kuyumculukta kullanılan teknikler birleştirilip hızla geliştirilerek endüstriyel anlamda hassas dökümün temelleri atılmıştır. Böylece döküm, talaşlı imalat, kaynak, montaj gibi birçok kademenin yerini; kullanıma yakın boyut ve şekilde, tek parça halinde, düzgün yüzeyli ve boyut toleransları dar parça dökümü almıştır. [1, 2].

Gelişen silah ve uçak sanayiinin karmaşık geometrili, dayanımı yüksek hassas parçalara ihtiyaç duyması, hassas döküm tekniğinin gelişmesini ve yaygınlaşmasını sağlamıştır. Bugün A.B.D., Kanada, İngiltere, Almanya, Belçika, Fransa, Japonya, Tayvan ve Güney Kore’de birçok yüksek üretim potansiyeline sahip birçok hassas döküm tesisi bulunmaktadır. Bugün başta Marmara ve Ege Bölgesi olmak üzere Türkiye’de de bazı firmalar piyasaya yönelik hassas döküm yapmaktadır. [1, 2].

2.2 Hassas Dökümün Değerlendirilmesi

Hassas Döküm, endüstride kullanılan ürünler için parça üretim yönetiminde döküm teknolojisinde yer alan en ileri yöntemlerden biridir. Seri üretimde; boyut dağılımının diğer döküm yöntemlerine göre daha dar tolerans aralığında yer alması, yüzey hassasiyeti olarak N8 yüzeyinin elde edilmesi, hassas dökümün; Türkiye ve Dünyada daha çok kullanılan bir üretim yöntemi olmasına neden olmaktadır.

Makine üretiminde özellikle devinimli ve devinim ileten mekanizmalarda kullanılan parçaların karmaşık geometri yapısı hassas döküme çok uygun olmaktadır. İşlevsel kısımlar (talaşlı işlenmesi gereken) için düşük işleme payları yeterli olmakta, gereksiz kütle işleme ile taslak sonrası maliyetler düşmektedir. Hassas dökümde her türlü çelik, alüminyum bronz alaşımları istenilen en ileri metalurjik kalitede dökülmektedir. Besleme seçimi esnekliği döküm kalitesinde diğer döküm yöntemlerine göre daha iyi kalitenin sağlanabilmesine neden olmaktadır. Örneğin

zırhlı araç yapımındaki bazı parçalar Amerika’da daha önce kum dökümü yöntemi ile yapılırken, şimdi hassas döküm yöntemine geçilerek üretilmektedir.

Üç düzlemde profili güç olan ve belli adette eş ölçümlerin gerekli olduğu, işleyerek elde edilmesi her bir parçası için kalıp titizliğini ve pahalılığını gerektiren parçaların üretiminde hassas döküm ucuz olmaktadır. Örneğin taşıt lastiği üretiminde kullanılacak bir kalıpta taşıt lastiğinin girinti profillerini verecek olan parçalar Sırmetal Hassas Döküm (Gedik Döküm ve Vana San. Ve Tic. A.Ş. firmasının hassas döküm grubu)’de üretilmiştir. Böylece taşıt lastiği kalıplarının dışa bağımlılığı veya çok verimsiz yapılması önlenmiştir.

Türkiye’nin öznel koşulları; özellikle otomotiv endüstrisinde, hassas dökümle üretilmesi gereken parçaları diğer yöntemlere ucuz olabildiği için kaydırmak, gereken kalitede olmayan yada verimsiz ucuz parça üretime neden olmaktadır. Batı ile makine parçalarının üretimi rekabetinin olduğu bir dönemde, kalitenin bedeli ödenmeli, normlara uygun parça üretilmelidir. Bu parçalarda Hassas Döküm, çok yönlü düşünce ile uzun dönemde daha ucuza mal olmaktadır.

Bütün açıklananlar göstermektedir ki, günümüz ekonomik yapısında, KALİTE, UCUZLUK, VERİM açısından teknik elemanlar parça üretimlerini hassas döküm açısından incelemelidir. Çünkü gerekli değişikliklerin yapılması ile, maliyet düşüşü ile birlikte verimi sağlamak ve yapılamayanı yapmak olasıdır. [1, 2]

2.3 Rekabet Durumu :

Hassas döküm Sanayindeki rekabet olayı 3 yönde incelenebilir :
Pazar, yöntem ve hammadde.

1. **Pazar** : Avrupa ve Amerika’daki hassas dökümcü firmaların karşısında Japonya, Tayvan ve Güney Kore’deki firmalar kaliteleri ile olmasa da fiyatları ile rekabet etmektedirler. Özellikle Tayvan ve Güney Kore’deki ucuz işçilik nedeniyle “ticari” hassas döküm parçalar çok düşük fiyatlarla satılabilmektedir.

2. Yöntem : Hassas döküme rakip olabilecek yöntemlerin başında toz metalurjisi gelir. İyi yüzey kalitesi ve hassas ölçü toleransları ile parça üretebilen bu yöntem, özellikle gelişen alaşım teknolojisi ile hassas döküm müşterilerinin bir kısmını çalabilir. Örneğin, bazı türbin parçaları nikel esaslı bir süper alaşım tarzıyla yapılabilmektedir. Hassas dövme, yeni bir yöntem olmakla birlikte, bazı uygulamalarda hassas dökümün üstünlüklerine benzer avantajlar sağlar. Yeni teknolojik gelişmelerle bazı döküm yöntemleri de, örneğin Replicast yöntemi, hassas dökümün uygulama alanlarına girebilir.

3. Hammadde : Metal alaşımlarına alternatif malzeme olarak plastik ve seramikler son yıllarda teknolojik gelişmelerinin ilginç kolları arasında yer almışlardır. Karbon fiber ve kevler gibi malzemeler metal parçalarının yerine uygulanmaya başlanmıştır. Yeni kompozitler hafiflik sağlamakta, aynı zamanda daha yüksek sıcaklıklara dayanacak malzemeler geliştirilmektedir. Yeni seramikler, hız, dövme ve ısının olduğu yerlerdeki mühendislik uygulamalarında avantajlar getirmektedirler. Bu gelişmelerin hassas dökümün bazı alanlardaki uygulamalarının yerine geçmesi kaçınılmazdır.[1, 2]

2.4 Hassas Dökümdeki Teknolojik Gelişmeler :

Bu sanayinin rekabet gücünü artıracak gelişmelerden biri robot kullanımının yaygınlaştırılmasıdır. Robotlar sayesinde daha büyük, daha ağır parçaların imalatı mümkün olabileceği gibi, birkaç salkımın aynı anda kaplanabilmesi ile küçük parçaların birim maliyetini pres dökümle rekabet edebilecek seviyelere indirmek mümkündür.

CAD (Computer-aided design), özellikle enjeksiyon kalıbı ve model yapımında hassas ve hızlı çalışmayı sağlamaktadır.

“Single Crystal” (tek kristal) ve “directional solidification” (yönlendirilmiş katılaşma) yöntemleri sayesinde uçak motoru imalatçılarının gittikçe zorlaşan spesifikasyonlarını karşılamak mümkündür. [1, 2]

2.5 Endüstri Yapısı :

Avrupa'daki yaklaşık 110 hassas döküm firmasından 15'i büyük (üretimin %50'sini karşılıyor), 25'i orta büyüklükte (üretimin %30'unu karşılıyor) ve 70'i küçük (üretimin %20'sini karşılıyor) olarak sınıflandırılabilir. Günün zorlaşan ekonomik koşullarında, pek çok küçük dökümhane yerine, az sayıda fakat düzenli gelişmiş büyük işletmelerin daha verimli üretim yapacağı düşünülmektedir. [1,2]

2.6 Türkiye’de Hassas Döküm

Türkiye’de faaliyet gösteren firmalar arasında dökülebilen çelik miktarına göre büyük bir farklılık yoktur. Ancak enjeksiyon presi sayısı olarak farklar vardır. A.B.D.’de ortalama tesis kapasitesi 230 ton olan hassas döküm firmaları ile kıyaslandığında, Türk firmalarının kurulu kapasitelerinin bu ortalamaya yakın olduğu görülmüştür. Türk Hassas Döküm firmaları içerisinde Gedik Döküm ve Vana San. Ve Tic. A.Ş. firmasının hassas döküm grubu olan Sırmetal, kapasite kullanım oranı en iyi firma olarak birinci sıradadır. Diğer firmalarda olduğu gibi piyasa koşulları gereği Sırmetal’de de hem demir ve hem de demir dışı alaşımları dökülmektedir. Üretim yapılan sektörler içinde silah, otomotiv ve tekstil ağırlık göstermektedir. Ancak hiçbir firmada bugüne kadar uçak sanayiine yönelik bir çalışma yapılmamıştır. Firmalar, genelde piyasa koşulları gereği çok çeşitli parça üretimi yapmak zorunda kalmaktadırlar. Türkiye’de Hassas dökümle üretim yapan firmaların ciroları dünya ortalamalarının çok altındadır. Bu da üretilen parça çeşidinin fazla olmasına rağmen sipariş adetlerinin düşüklüğüne bağlanabilir. Ayrıca Türkiye’de hassas döküm parça fiyatlarının, ithal hammadde kullanılmasına rağmen, UCUZ İŞÇİLİK sayesinde dünya piyasalarına göre alt seviyelerde olması ihtimalini düşündürmektedir.

Türk Hassas Döküm sanayi kurulu kapasite olarak dünya ortalamalarına yakın bir noktada sayılabilir. Ancak, yerli sanayinin taleplerine bağlı olarak kapasite kullanım oranları bazı firmalarda düşüktür. Üretilen parçalar, genelde ileri teknoloji kullanılmasını gerektirmeyen nispeten basit hassas döküm parçalarıdır. Türkiye’de hassas döküm talebi en çok silah (sivil ve askeri), otomotiv ve tekstil sanayiinden gelmektedir. Ancak sipariş miktarlarının genelde bu teknoloji için tercih edilen sayıların altında olması maliyeti yükseltmektedir. Hassas Döküm sektörü Türkiye’de dövme, kum döküm ve hatta işçiliğin ucuz olması nedeniyle talaşlı imalatla rekabet edebilme zorunda kalmaktadır.

Türk hassas döküm sektörü, hem üretim miktarları hem de teknoloji olarak, yerli sanayinin gelişmesine paralel bir gelişim gösterecektir. Mevcut durumdaki imalatçı firma sayısı ve kapasiteleri iç piyasa taleplerini fazlası ile karşılayabilecek durumdadır. Kapasite kullanım oranlarını arttırabilmek için imalatçı firmaların iç piyasada hassas döküm teknolojisini tanıtıcı faaliyetlerde yoğun bir çaba harcamaları, aynı zamanda da dünya pazarında rekabet edebilmek için maliyette büyük bir pay tutan ve halen ithal edilmekte olan mum, seramik, bağlayıcı gibi hammaddelerin Türkiye’de imalatı için araştırma çalışmalarına ve seri üretim yapılmasını sağlayacak otomasyona ağırlık verilmesi gerekmektedir. [2, 3]

2.7 Savunma Sanayinin Gelişimde Hassas Döküm

Türkiye 2000’li yılların öncesinde dünyadaki değişimi simgeleyen coğrafi çemberin içerisinde buldu kendini. Duvarların yıkılıp, yeni ülkelerin kurulduğu, ekonomik çıkarlar için savaşların çıktığı, yüzyıllardır çözülmemiş sorunların olduğu bölgede, her zaman koruduğu stratejik önemi daha da arttı. Bu arada daha önce de karşılaşılan kendi aracını yapamamanın getirdiği güç dengeleri, Türkiye için duyarlı bir konuda, siyasi karar mekanizmasının karşısına ambargo olarak çıktı. Anılan stratejik nokta, yani Türkiye; dünyanın 2000’li yıllar değişiminin, ekonomik-kültürel çıkar çelişkilerinin, iletişimin, ulaşımın sorunlar yumağının tam kavşağı oldu. Ve bu kavşak olmayı yaratan tüm olaylar Türkiye’nin savunma sanayiine daha farklı perspektifler gerektirdi. Bu bakışın en önemli adımı; daha da ivme kazanan savunma araçlarının ülke içinde üretilmesi, ileri aşamalarda da dışarıya satılmasıdır.

Savunma sanayiine üretim yapabilmek, tüm mühendislik ve bilim alanlarında sağlam bir altyapı ve sürekli yenilenen–gelişen üretim yöntemlerini gerektirmektedir.

Hassas Döküm; dünyada savunma sanayinin gelişmesine çekirdek oluşturmuş bir üretim yöntemidir. Hassas Döküm yöntemi; karmaşık geometrili parçaların amaca uygun dizayn ve üretiminde savunma sanayiinin gerektirdiği kalite koşullarını sağlayacak en ileri döküm yöntemidir. Buna göre Hassas Döküm Yöntemi: [1, 2, 3].

2.8 Hassas Döküm Yöntemi Ve Prensipleri

Hassas Döküm (Investment Casting), bir özel döküm yöntemi olup, balmumu model ergitme yönteminin (Lost Wax) geliştirilmiştir. Hassas Döküm yönteminde harcanan bir modelin etrafı, oda sıcaklığında sertleşen bir refrakter çamurla sarılarak hazırlanan bir kalıp kullanılır. Genellikle balmumu veya plastikten hazırlanan model daha sonra ergitilerek veya yakılarak kalıp boşluğu meydana getirilir. Bu nedenle hassas döküm yöntemine “ Lost Wax” yada “Harcanan Balmumu Yöntemi” adı verilir. Hassas döküm yönteminde model, kalıp ve gerektiğinde kullanılan seramik maçalar harcanan tiptendir; bir başka deyişle tekrar kullanılmazlar. [1, 2, 3]

Seramik kabuk kalıplama (Shell Proses) ve dereceli kabuk kalıplama olarak bilinen iki biçimi vardır. Her iki metod için de geçerli olan temel işlem kademeleri sırasıyla; mum model hazırlama, seramik kabuk yapımı, kabuk içindeki mumların ergitilerek alınması, kabukların pişirilmesi ve dökümüdür. Dökümden sonra isteğe göre diğer işlemler yapılabilmektedir. (Kaplama, ısıtma işlemi, talaşlı imalat...v.s.).[8]

Hassas dökümle döküm parçası, tek parçalı bir kalıpla elde edildiğinden ve döküm sonu durumu ile veya çok az bir ek işlem ile kullanıma hazır olabildiğinden, parça dizaynı ve malzeme seçiminde özgürlük sağlar. Metalurjik özellikleri kontrol edilebilen parçalar üretilir. [9]

Hassas döküm küçük boyuttaki çok çeşitli şekil ve ayrıntıda parçanın dökümünü mümkün kılmaktadır. Aslında endüstri ürünlerinin büyük bir yüzdesi, başka hiçbir yolla üretilmeyecek parçalardan oluşmaktadır.

Her ne kadar hassas döküm yöntemi tüm diğer döküm yöntemlerinden daha maliyetli görünse de, parçanın küçük, alaşımın sert veya işlenmesinin zor olduğu ve hassas ölçülerde mükemmel yüzey istendiği durumlarda düşük maliyetli çözümler sunar. [10].

2.8.1 Hassas Döküm Yönteminin Sınıflandırılması

Hassas Döküm yönteminin kalıp hazırlama şekli açısından iki yöntemi vardır.

Bunlar:

- a) Seramik Kabuk Hassas Döküm Tekniği(Shell Investment)
- b) Dereceli Hassas Döküm Tekniği (Solid Investment- Flask Investment- Blok Kalıp Yöntemi)

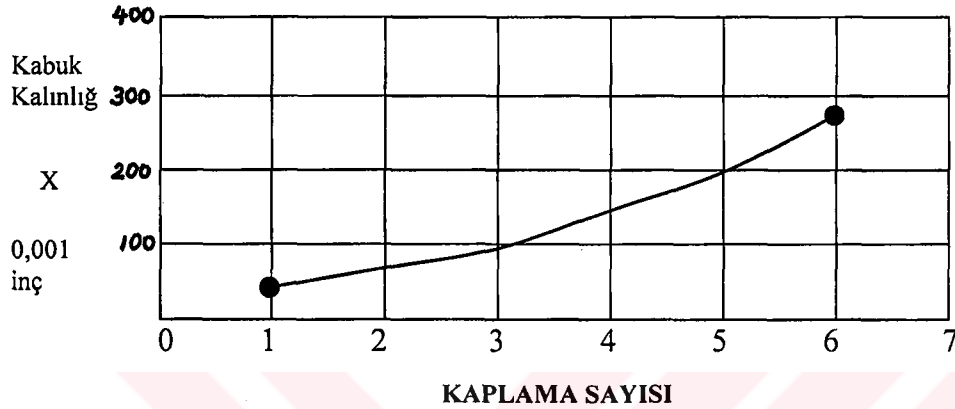
Bu yöntemler, model hazırlama tekniği açısından tamamen aynıdır. Seramik Kabuk Hassas Döküm yönteminin farklı yanı, modellerin her zaman bir ön kaplama işlemine tabi tutulmasıdır.

Dereceli Hassas Döküm yönteminde ise modeller ön kaplama işlemine tabi tutulabilir veya hiç ön kaplama yapılmayabilir. Bu yöntemler kısaca şöyledir. [3].

2.8.1.1 Seramik Kabuk Hassas Döküm Tekniği:

Seramik Kabuk hassas döküm yöntemi öncelikle karbon çelikleri ve alaşımlı çelikler, paslanmaz çelikler, ısıya dirençli alaşımların dökümünde kullanılır. Bu yöntemle modeller, bir sıvı içinde süspansiyon halinde bulunan seramik tozunun meydana getirdiği çamur içine daldırılır ve seramik kaplı ıslak yüzeye, kuru refrakter taneleri bir akışkan yatak içinde veya başka bir yöntemle püskürtülerek yapıştırılır. Bu işlem yeterli kabuk kalınlığı elde edilinceye kadar tekrar edilir. Başlangıçtaki kaplamaya “Ön Kaplama” adı verilir ve genellikle çok ince öğütülmüş tanelerden

oluşan bir çamur kullanılır. Böylece düzgün yüzey elde edilir. Ön kaplamanın düzgünlüğü, döküm yüzeyinin düzgünlüğünü tayin eder. Bundan sonraki kaplamalarda giderek artan refrakter tane iriliği söz konusudur. Yapılan kaplamaların sayısı, kabuktan beklenen kalınlığa bağlıdır. Kaplama sayısının kabuk kalınlığına olan etkisi Şekil 2.1.'de gösterilmektedir. [2, 3]



Şekil 2.1 Kaplama sayısının kabuk kalınlığına etkisi.

Gedik Döküm ve Vana San. Ve Tic. A.Ş. firmasının hassas döküm grubunda (Sırmetal A.Ş. 'de) uygulanan yöntem yukarıda bahsedilen yöntemdir.

2.8.1.2 Dereceli Hassas Döküm Yöntemi:

Dereceli hassas döküm yöntemi uygulamada demir esaslılar ve demir dışı alaşımlar için olmak üzere ikiye ayrılır. Demir esaslılarda ve döküm sıcaklığı yüksek olan demir dışı alaşımlarda kalıp malzemesinin 1100 °C 'a kadar bozulmadan dayanabilmesi gereklidir. Dolayısıyla demir dışı alaşımlar için kullanılabilen alçı, demir esaslılara uygun bağlayıcı veya refrakter malzeme olmayacaktır. Dereceli hassas döküm yönteminde demir dışı alaşımlar için (döküm sıcaklığı nispeten düşük olanlar) modelde ön kaplamaya ihtiyaç olmamakla beraber, demir esaslılarda ön kaplama yapmak standart uygulama haline gelmiştir. Ön kaplama ince taneli refrakter çamurla yapılır, bunun üzerine yapılacak kaplama ise daha iri tanelidir. Ön kaplama ve sonraki dolgu ve destek kaplamalar başlıca iki bileşenden oluşurlar.(Refrakter

malzeme ve bağlayıcı). Refrakter malzemenin esasını ince silis kumu teşkil eder, geri kalan ise alüminyum oksit ve silikatlardır. En çok kullanılan bağlayıcı etil silikattır.

Seramik Kabuk Hassas döküm ile Dereceli Hassas döküm yöntemleri birbirleri ile karşılaştırıldığında hangi yöntemin tercih edileceği, döküm boyutu, istenen boyutsal toleranslar, dökülen metalin bileşimi ve fiyat gibi faktörler tarafından belirlenir. Örneğin karmaşık maçalar içeren bir döküm parçasının dereceli hassas döküm yöntemi ile üretilmesi, seramik kabuk hassas döküm yöntemine nazaran daha zordur. Bir genelleme olarak parça boyutunun artışı nedeniyle iri parçaların kabuk investment yöntemi ile elde edilmesi daha ekonomik olmaktadır. Ayrıca sayılmayacak kadar çok değişik metalurjik faktörler de yöntem seçimini etkilemektedir. [2, 3]

En yaygın kullanılan model malzemesi mumdur. Doğal veya Sentetik, dolgu malzemesi ilave edilmiş veya edilmemiş, kullanıma hazır biçimde mumlar bulunmaktadır. [9]

Hassas Döküm yöntemi ile üretilen bir ürünün, hammaddesinden nihai ürün oluncaya kadar geçirdiği işlem kademelerini, ağırlıklı olarak seramik kabuk yöntemine ve Gedik Döküm ve Vana firmasının hassas döküm grubundaki uygulamalara göre bahsedecek olursak;

2.8.2 Preshane (Mum Enjeksiyon)

2.8.2.1 Mum-Model Kalıbı Hazırlama

Model kalıbı, imalatı istenen parçanın çekme payları ve gerekiyorsa, işleme payları verilmiş bir dişi kalıp veya model biçiminin negatifi diyebiliriz. Bu kalıp çelik alüminyum veya çok fazla parça istenmiyorsa epoksiden yapılabilir.

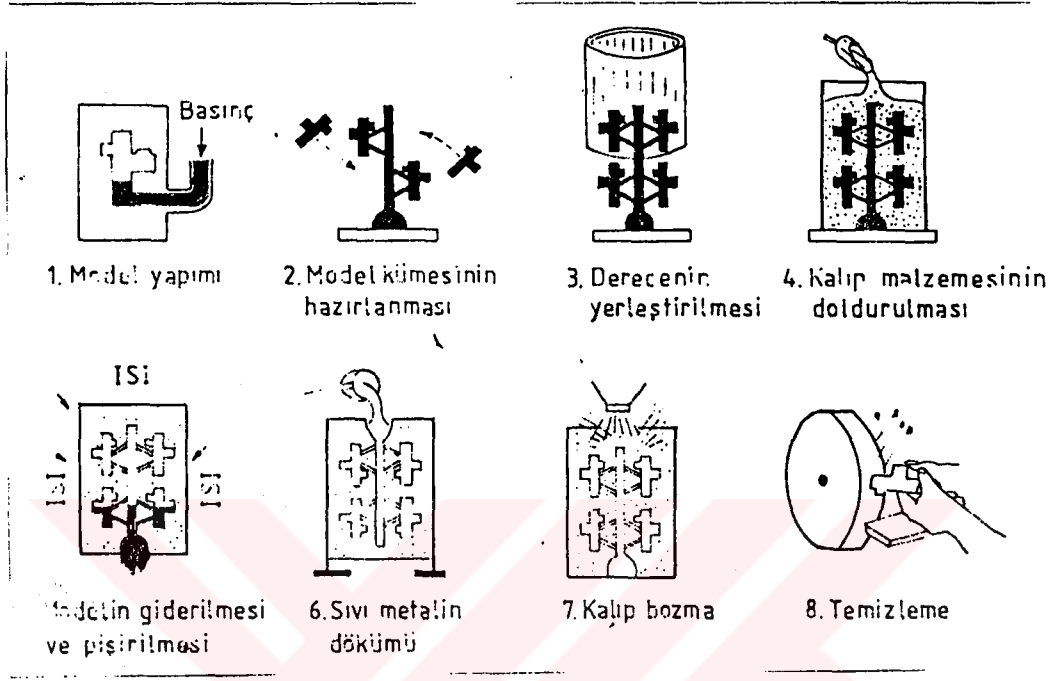
Genleşme ve Çekilme Karakteristikleri :

Bu özelliklerin iyi bilinmesi gerekir.

- Model malzemesindeki çekilme;
- Modeldeki çekilme ve katılaşma sırasında oluşan maksimum çekilmenin yönü;
- Metalin katılaşmadan sonraki, oda sıcaklığına kadar olan büzülmesi;
- Ön ısıtma safhasında kalıptaki genleşme;
- Sıvı metal içine doldurulduğunda kalıptaki genleşme.

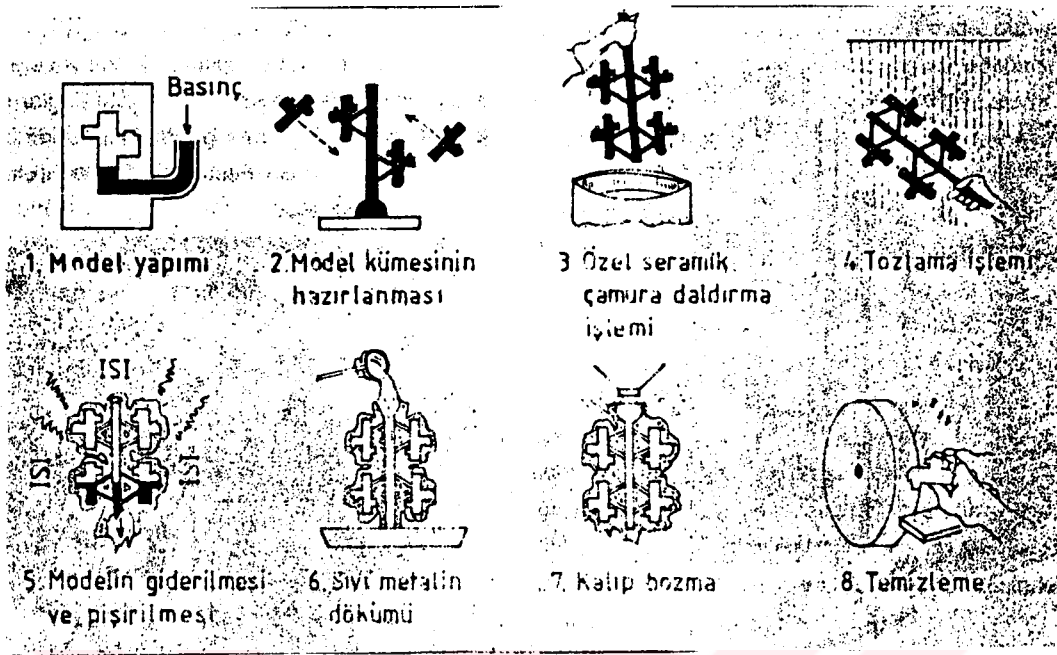
Model malzemeleri, cinslerine ve model malzemelerine bağlı olarak değişen bir basınç altında model kalıplarına doldurulur. Sertleşmesi tamamlanan model, kalıptan çıkarılır. Bir merkezi yolluk etrafına giriş yollukları ile bağlanarak bir küme (salkım) oluşturulur. Sonraki işlemler bu model kümesi ile yapılır. [2, 9]

Kalıp yapımı dereceli hassas döküm ve seramik kabuklu hassas dökümde farklıdır. Dereceli hassas döküm tekniğinde model kümesi uygun bir zemine yerleştirilir, etrafına uygun bir metal derece geçirilir. Önceden hazırlanmış kalıp malzemesi bu metal derecenin içine hava boşluğu bırakmayacak şekilde doldurulur. Belirli bir süre sertleşmesi için beklenir ve kütle kalıp mum giderme işlemine hazır hale gelir.(Şekil 2.2). [9]



Şekil 2.2 Dereceli Hassas Döküm İşlem Kademeleri.

Seramik kabuklu hassas döküm tekniğinde ise; model kümesi, bağlayıcı içinde askıda tutulmuş refrakter taneciklerinden meydana gelmiş bulamaç kıvamında özel bir refrakter çamur içerisine daldırılıp çıkarılır. Çamurla iyice sıvanmış durumdaki küme, tane boyutu ayarlanmış refrakter toz yağmuruna tutularak tozlanır. Çamura daldırılıp –tozlanarak elde edilen bir katman kurutulduktan sonra istenen kabuk kalınlığı sağlanana kadar işlem tekrarlanır. Genellikle 6-9 katman yapılır. Çamur malzemelerine göre değişen bir sonuç kurutma - sertleştirme işleminden sonra kabuk kalıp, mum giderme kademesine hazır hale gelir. (Şekil 2.3.) [9].



Şekil 2.3 Seramik Kabuklu Hassas Döküm İşlem Kademeleri

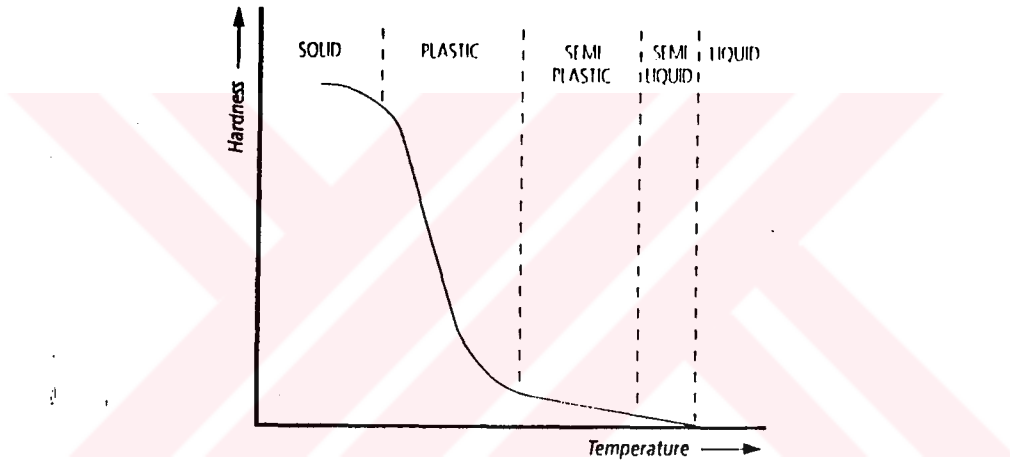
Hassas döküm kalıp malzemeleri; seçilen tekniğe, istenen döküm özelliklerine göre çok geniş bir çeşitlilik gösterebilir. Temel olarak uygun seçilmiş bir refrakter malzeme ve bağlayıcıdan meydana gelir.

2.8.2.2 Hassas Döküm Mumunun Yapısı

Mum insanlar tarafından bilinen en eski termoplastik maddedir. Hassas döküm mumları doğal hidrokarbon, mum, doğal ester mumu, sentetik mum ve sentetik reçine, organik dolgu malzemesi ve su gibi önemli bileşikler içeren kompleks bileşiklerdir. Her mum bileşiğinin yapısı ve kompozisyonu tarafından etkilenen ergime noktası, sertlik, viskozite, genleşme ve çekme hızları gibi özellikler değişik gereksinimlere uygulamak için, pek çok varyasyonları formüle edilmektedir. Bazı kullanılan reçine ve dolgu maddeleri içerisindeki karbon atomlarının zincir halkaları yapıdaki bileşikleri olabilir. Zincir uzunluğu uzadıkça sertlik ve ergime noktasının her

ikisi de veya katılaşma (sertleşme) (congealing point) yükselir. Zincir uzunluğu aynı zamanda viskozite ve mumun çözünürlüğünü etkiler.

Döküm mumları farklı zincir uzunluklarına sahip pek çok bileşimin karışımıdır. Bu nedenle diğer maddelerden farklı fiziksel davranış gösterirler. Mumlar, diğer homojen kimyasal bileşikler gibi birdenbire erimezler, fakat orta safhadan geçerler. (Şekil 2.4) .



Şekil 2.4 Değişik sertliklerdeki mumun sıcaklığa göre değişimi.

Eğrinin şeklinden de anlaşılacağı üzere ısıtılırken ilk önce katı durumda olan mum yumuşamaya başlar, daha sonra plastik ve biraz daha ısıtıldığı zaman yarı plastik olur. Daha yüksek sıcaklıklarda yarı sıvı durumdan sıvı fazına geçer. Bu büyük değişme sırasında kısa zincir uzunluğuna sahip olanlar öncelikle ergirken uzun zincir uzunluğuna sahip olanlar hala katıdır. Daha sonraki sıcaklık yükselmelerinde ise bu uzun zincire sahip olanlarda tamamiyle eriyerek sıvı duruma geçerler.

Soğuma sırasında da yukarıda bahsedilen dönüşümün tersi gerçekleşir. Daha uzun sıcaklık aralığında şekil alma hızlarının aralığında yükselme gözlenir.

Bir döküm mumunun yapı ve bileşenleri genişleme ve çekmeyi etkileyecektir. Mum diğer maddelerde olduğu gibi ısı etkisi altında genişir ve soğuma sırasında da büzülür yani daralır. Mumun genişmesini bir metalle karşılaştırdığımızda ona göre yüksektir. [2, 11].

2.8.2.3 Hassas Döküm Mumlarının Sınıflandırılması

Hassas döküm mumları aşağıdaki mum türleri olarak sınıflandırılabilir.

- Model mumu
- Yolluk mumu
- Tasfiye edilebilir mumlar
- Suda çözülebilen mumlar
- Diğer özel mumlar

Mumların haricinde polistren tipi plastik ve geçmiş yıllarda kullanılmış günümüzde kullanımı olmayan "MERCAST" tekniğinde de cıva, diğer model malzemeleridir. [11].

2.8.2.4 Hassas Döküm Mumlarının Özellikleri ve Kalite Üzerine Olan Etkileri

Daha öncede açıklandığı üzere, Hassas Döküm Mum maddelerinin esası pek çok sayıdaki maddenin kompleks bileşikleridir. Her bir madde bileşiğin son özelliklerini bazı şekillerde etkileme özelliklerine sahiptir. Mumun bu özellikleri iyi bir döküm parçasının üretiminde açıkça kritik büyük bir öneme sahiptir. Öncelikle bir döküm mumu için bir spesifikasyon mum üreticileri ile dökümcüler arasındaki ortak bir anlaşma sağlanır. Bu bölüm döküm mumunun kalitesini etkileyen bir dizi önemli nokta hem dökümcü hem de mum üreticisi için faydalı olabilen bir genel özelliklerine bir bakış olacaktır.

Bu önemli noktalar aşağıdaki şekilde listelenmiştir.

1. Çekme ve Çökme
2. Katılma Noktası veya Ergime Noktası

3. Kül içeriği
4. Sertlik ve Elastikiyet
5. Viskozite
6. İyi Yüzey Kalitesi
7. Çökelme Hızı
8. Oksidasyon Kararlılığı
9. Tasfiye edilebilirlik
10. Diğerleri

1- Çekme ve Çökme

Mum modellerde karşılaşılan en önemli ve en çok fire kaybına sebep olan model hazırlama sonunda oluşan çekme ve çökme hatalarıdır. Dolayısıyla kullanılan mum türünün parça geometrisine göre seçilmesi çekme ve çökmenin önlenmesi açısından hassas dökümcüler açısından son derece önem arz eder. Daha önceki bölümde de açıklandığı üzere yapı ve kompozisyonun çekmeyi nasıl etkilediği, bazı bileşenlerin mum üreticileri ve dökümcü kalite kontrol testlerinin özellikler üzerinde bu özellikleri etkileyeceği önemi üzerinde durulmuştur.

2- Katılaşma Noktası veya Ergime Noktası

Bu noktalar, mumun gereken enjeksiyon sıcaklığı üzerinde büyük etkilere sahiptirler. Daha önceki bölümlerde mum yapısından bahsedildiği gibi, döküm mumları ısınma ve/veya soğuma sırasında birden fazla faz transformasyonuna uğrarlar. Katılaşma Noktası ve Ergime Noktası yarı sıvı durumun (semi-liquid state) sırası ile başlama ve sona erme sıcaklıklarını temsil edecektir. Doğru mum sıcaklık şartlarının bilgileri ile enjeksiyon makinesi sıcaklıkları ayarlanabilir.

3- Düşük Kül içeriği

Külün zararlı etkisinden haberdar pek çok hassas dökümcü düşük kül içeren mumlarla çalışmayı tercih ederler. **BICTA** tarafından tavsiye edilen sınır maksimum %0.05 dir.

4- Sertlik ve Elastikiyet

Daha öncede anlatıldığı üzere mumun yapısı mumun sertliğini etkileyebilir. Mumun mum-model haline getirildikten sonraki aşamalarda (çapak alma, salkımlama v.s.) kırılmalardan, eğilmelerden veya diğer istenilmeyen olaylardan dolayı ayrılan fire oranlarını düşürmeye yardımcı olan yeterli sertlik ve elastikiyete sahip olması gerekir. Farklı bileşenler farklı yollarda mumu etkileyecektir.

5- Viskosite

Döküm mumu bileşiğinin viskozitesi model üretiminde başarılı olabilmek açısından kritiktir. İnce kesitli alanlara sahip büyük parçaların üretimine gerek duyulduğu yerlerde düşük viskoziteli mum kalıp içinde en ince detayları sağlamak için gereklidir. Daha ağır kesitler için düşük akışkanlığa sahip mumlar tercih edilir. Bir model üretimi için doğru viskozitede olmayan bir mum kullanıldığı zaman mumun kalıp içindeki akıcılığı doğru olmayacaktır.

6- İyi Yüzey Kalitesi

Başarılı bir model üretimi için iyi yüzey kalitesi önemli bir özelliktir. Düşük yüzey kalitesine sahip mum-model, döküm parçasına aynı düşük yüzey kalitesi vereceğini söylemeden geçemeyeceğimiz önemli bir husustur. Yukarıdaki bölümlerde de bahsedildiği üzere üç kategoride sınıflandırılan –düzgün, emülsiyon veya dolgulu-model mumları farklı yüzey kalitesine sahip düzgünlük vereceklerdir. Genelde düz mum yüzeyde daha havsız yani parlak görünürken, Emülsiyon haline getirilmiş mumlar yüzeyde daha pürüzsüz, dolgulu mumlar ise nispeten daha pürüzlü bir yüzeye sahiptirler.

7- Katılma Hızı

Dökümcünün başarılı bir mum-model üretimi, mumun katılma hızını ve daha öncede açıklandığı üzere farklı yapıların ve bileşenlerin nasıl farklı katılma hızları verdikleri bilgisine sahip olması gerekir. Bazı dökümcüler için çok hızlı katılma ve kalıptan çıkarılma süresi istenirken, bazı dökümcüler için ise yavaş katılan mumların kullanımı avantajlı olmaktadır.

8- Kararlılık

Mum bileşiminin kararlılığı bahsedilmeye değer bir özelliktir. Burada bahsi geçen kararlılık bileşimin oksidasyona karşı direnci veya ısının etkisinden dolayı onun bileşenlerinin bozulması veya basit olarak yaşlanmadır. Bazı bileşenler diğerlerine göre oksitlenmeye daha yatkındırlar ve bunun olduğu durumlarda üreticiler için antioksidan malzemeleri kullanmak gereklidir. Şayet mumda bir oksitlenmeyle karşı karşıya kalırsak, mumun bütün özelliklerinde önemli değişiklikler olacak ve mum kullanım için uygun olmayan halde olacaktır.

9- Tasfiye edilebilirlik

Bir mumun tasfiye edilebilirliği hem ekolojiksel hem de ekonomik yönden çok önemlidir. Yukarıda bahsedilen üç kategorideki mum türünün yeniden yolluk ve model üretiminde kullanılması tasfiye edildikten sonra mümkün olmaktadır.

[11].

2.8.2.5 Mum Model Üretimi ve Hataların Kontrol Edilmesi

Mum Modelimizin Kalitesini Etkileyen Faktörler:

1. Enjeksiyon esnasındaki mumun sıcaklığı ve fiziksel durumu
2. Enjeksiyon derecesi (hızı)
3. Enjeksiyon basıncı
4. Kalıp boşluğu dolduktan sonra devam eden basınç ve zaman
5. Enjeksiyon esnasında kalıbın sıcaklığı
6. Kullanılan mum karıştırıcının karakteristiği

Uygun bir karıştırıcı kullanılana kadar şu hatalar gözlenebilir.

- Akış Çizgileri
 - *Soğuk akış çizgileri*
 - *Sıcak akış çizgileri*
- Kalıp yolluğunun kısa oluşu ve/veya katlama
- Hava Girmesi (Sıkışmış hava boşlukları)
- Fazla veya düzgün olmayan (kaba) kendini çekme
- Soğurken Çarpılma

Bunların yanı sıra aşağıda açıklanacak olan sebeplerden dolayı şu hatalar gözlenir.

- Akışkan işaretleri
- Maça yetersizliği
- Maçanın yeterince örtülmemesi
- Yüzey düzgünlüğü (Portakal kabuğu etkisi)
- Parçada eksiklik kalması
- Yüzeyde çukurluk

2.8.2.6 Mum Enjeksiyon Tekniği

Yukarıda da bahsedildiği üzere üretim'e alınacak parça için hazırlanan kalıp gelen iş emrine göre uygun bulunan tezgaha bağlantısı yapılır. Mum model üzerinde hataların oluşmaması için her parça için daha önceden tecrübeler sonucu belirlenmiş enjeksiyon speklerine göre enjeksiyon makinası ayarlanır. Ayarlanan parametreler kazandaki mum sıcaklığı, nozzle (meme) sıcaklığı, enjeksiyon süresi, enjeksiyon basıncı, mum modelin kalıpta bekleme sresidir. Parça geometresine bağlı olarak yukarıda bahsedilen mum türlerinden birisi kullanılır. Mum model basımında genellikle dolgulu model mumları kullanılır. Kazandaki mum eksildikçe mum ergitme kazanındaki mumdan takviye edilir. Özellikle kalın kesitli parçalarda görülen çökme problemine karşı önceden hazırlanmış maça kullanılır. Mum model kalıp içinde soğuduktan sonra büyük bir titizlikle kalıp içinden çıkarılması gerekir. Basıncılı hava tutularak soğuma hızı arttırılır ve kalıptan kolay çıkarılmasını sağlar. Mum modelin kalıba yapışmasını önlemek ve kolay çıkmasını sağlamak için silikon sprey ile kalıp içi yağlanır. Silikon sprey'in mümkün olduğunca kalıba çok sıkılmamasına dikkat edilir. Çünkü seramik hatalarıyla karşılaşabiliriz.

• Yolluk ve Kafa Hazırlama

Bu kısımda salkımlama sırasında yolluk, besleyici ve döküm kafası olarak kullanılan mum yolluk dökümü ve kafa hazırlanır. Otoklav bölümünden geri dönen mum, ergitme kazanlarında eritildikten sonra yolluk dökümü yapılır. Kafa retimi için kafa ekstrüzyon makinesi içine yerleştirilen mum, biyet halindedir. Yollukların değişik salkımlama şekli ve ebatları için değişik kesitlerde dökümleri yapılır.

2.8.3 Mum Model apak Alma Ve Montaj

• apak Alma ve Doğrultma

Preshaneden tepsiler içinde gelen mum modellerin öncelikle maket bıçak türü bir bıçak kullanılarak çapakları alınır. apakları alınan mum modeller de çökme olan

parçaların çöken bölümlerini kurtaracak şekilde sıfırlanır. Çökme özellikle büyük parçalarda karşılaşılan en büyük sorundur.

Dökümden önce en fazla fire veren kısım burasıdır. Özellikle çökme sorunu olan bazı kritik parçalarda %10-15'e varan fireler verilmektedir. Bu sorunun giderilmesi için preshane de çalışan pres operatörlerinin daha dikkatli, teknik ve talimatlar doğrultusunda çalışmaları gerekmektedir.

Çapakları alınan mum modellerin çarpılma riski varsa özellikle büyük, ince kesitli ve kanallı parçalarda doğrultma işlemi yapılmaktadır. Daha sonra ise çökmeden dolayı kurtarılamayan bölümlere cila atılmaktadır.

2.8.3.1 Yolluklara Mum Montajı (Salkımlama)

Çapağı alınan, doğrultulan ve çökmeden dolayı cilalanan parçalar salkımlama bölümüne gelmektedir. Bazı parçaların yolluk kısımları mum-model'le birlikte kalıptan çıkarken, bazılarının ise sonradan parçaya montajı yapılmaktadır. Yollukların parçalara montaj yerleri döküm hatalarının oluşmasını önlemede son derece önemli yer tutmaktadır. Yanlış yolluk verilen parçalarda dökümden pek çok hatalı parçanın çıktığı gözlenmiştir. Mesela sıvı metalin parçanın bazı kritik bölgelerini besleyememesi, gaz boşlukları gibi gözle dahi görülebilen hatalara neden olmaktadır. Yolluk kesitinin parçanın geometrisine göre yolluğa en uzak noktaları besleyebilecek kadar kesit alanına sahip olması gerekmektedir.

2.8.4 Seramikhane

Hassas döküm kalıp malzemeleri; seçilen tekniğe istenen döküm özelliklerine göre çok geniş bir çeşitlik gösterebilir. Temel olarak uygun seçilmiş bir refrakter malzeme ve bağlayıcıdan meydana gelir. Refrakter malzeme olarak refrakterler, katmanlar için uygun olan silikat ve kolloidal silika ve son yıllarda geliştirilen melez bağlayıcılar kullanılır. Düşük ergime noktalı alaşımların dökümünde daha çok alçı,

sodyum silikat, fosfat bağlayıcılar ve kalsiyum alüminat kullanılır. Refrakter malzemeler alçı dışında benzerdir. En yaygın olarak zirkon, fused silika, alümina silikatlar ve alümina kullanılır.

Etil Silikat (Ethyl Silicate) : Renksiz, $(CH_3CH_2)_4SiO_4$ bileşiminde bir sıvıdır. Isı direncinde, asit dirençli kaplamalarda ve kalıp yapımında kullanılır. Spesifik gravitesi 0.920-0.950 arasında değişmektedir. Normal olarak 25% Silika içeren bir silisik asit esteridir.

Colloidal Silika : Silika Sol olarak adlandırılır, çok küçük silika tanelerinin sulu ortamda dağılmış halidir. Bu tanecikler hassas dökümde kullanılırlar. Tane boyutunun uniform olması ve mükemmel bir dağılım ile prosesin en iyi şekilde kontrol edilmesi sağlanmaktadır.

Seramik Katman Sayısı : Atılacak kat sayısı döküm parçasının büyüklüğüne, malzemesine ve kesit kalınlığına göre 5 ila 9 kat arasında değişmektedir.

Alkol esaslı bağlayıcılar genellikle çok iyi ıslatma özelliğine sahiptirler. 10-15 dakikalık bir karıştırma zamanı bağlayıcının refrakter dolgu maddesini ıslatmasına yeterli bir süredir.

Birinci katın atılmasında Zirkon yüksek yüzey kalitesi, düşük maliyet, yüksek sıcaklık kararlılığı, iyi refrakter özelliği, metalsel etkilere karşı iyi bir direnç sağlaması gibi avantajlarından dolayı yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yüksek avantajlarının yanında bir handikap olarak döküm sonrası zirkon kabuklarının kırılması zordur. Bu zirkon kabuğunun kolay temizlenmesi ve iyi bir yüzey kalitesinin sağlanması gerekir. [3, 12, 13].

3.8.4.1 Hassas Dökümde Kullanılan Refrakter Malzemeler

Model mumu, kabuk refrakter malzemeleri ve bağlayıcı, hassas dökümün en önemli sarf malzemelerindendir.

Hassas döküm seramik kabuklarında, değişik refrakter malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemelerden istenen özellikler aşağıda sıralanmıştır.

- Düşük ısısal genleşme katsayısı;
- Yüksek refrakterlik özelliği;
- İyi bir kabuk gaz geçirgenliği;
- Sıvı metali taşıyabilecek bir mukavemet;
- Yüksek bir özgül ağırlık;
- Sıvı metalle reaksiyona girmemesi;
- Yüksek sıcaklık kararlılığı;
- Dökümden sonra kabuk kırmanın kolay olması;
- Düşük maliyet. [8]

Alümina Malzemeler :

Alümina: Alümina refrakterliği yüksek, ısısal genleşmesi düşük, yoğunluğu ve sertliği yüksek bir malzemedir. Isısal şoklara olan düşük direnci kullanımını sınırlar. Buna rağmen 1760 °C'ye kadar dayanması ve özellikle silis ile reaksiyona girebilen alaşımların dökümünde başarılı sonuçlar vermesi kullanım nedenleridir. Ortam sıcaklığı ile ergime sıcaklığı arasında hiçbir allotropik değişimi yoktur. Genellikle alüminyum hidratin kalsinasyonu ile elde edilen α -tip alümina (korondum) biçimindedir. Yüksek soda içeriğinden, jelleşme, gereğinden önce gerçekleşir. Ancak, döküm sonrası, kabukların kırılması oldukça zordur.

Kalsine Alümina : Düşük soda içerikli si yeğlenir. Bu ürün, “tabular” alüminadan daha refrakter ve serttir.

“Fused” Alümina : Kalsine alüminanın elektro-termal ergitilmesi ile elde edilir. Dahasonra kırılarak, tane boyutlarına göre tasnif edilir. Değişik soda içerikli “fused” alüminalar vardır. 20-1600 °C arası ısı şoka dayanıklılığı yüksektir.

Boksit : Mineral boksit, alümina üretiminde başlangıç noktası olup, alüminanın kalsine edilmeden ya da elektro-termal ergitme yapılmadan önceki durumudur. SiO_2 , Ti,

FeO, Mg ve kireç gibi doğal katışkıları bulunduğundan, refrakterliği düşüktür. Boksit, seramik kabukların üçüncü katından sonra iyi bir dolgu malzemesi olarak kullanılır.

Silika Malzemeler :

Silika (SiO₂) : Çok karmaşık bir malzeme olup birçok biçimde bulunabilir. En çok bulunan tipleri, kuvarz, silis kumu, çakmak taşı ve kuvarzit kayalardır. Kuvarzitin 1050 °C'nin üzerinde ısıtılması ile zayıf ısıl şok karakteristiği olan kristobalit oluşur. Daha yüksek sıcaklıktaki ısıtmalarda, kristobalit tridimite dönüşür. Ergimiş kuvarz, “fused” silika diye adlandırılıp, düşük ısıl genleşme ve yüksek ısıl şok direnci sağlar.

“Fused” Silika : Hassas döküm tekniğinde kullanılan, en kaliteli seramik malzemesidir. Bu nedenle, geniş kullanım alanı vardır. Eldesi kısaca şöyledir. Yüksek kaliteli, yıkanmış kurutulmuş silis kumu, 1713 °C'nin üzerinde ısıtılarak vitrifiye olmuş bir kütle elde edilir. Bu kütlenin kontrollü hızlı bir biçimde soğutulması ile “fused” yapı oluşur. Kütlenin “fused” olmayan kabuk kısmı temizlendikten sonra, amorf yapıdaki “fused” kısım kırılarak tane iriliğine göre sınıflandırılır.

Zirkon : Zirkon seramik kabukkalıp yapımında yaygın kullanım sahası bulan bir refrakter malzemesidir. Kimyasal bileşimi ZrO₂SiO₂ (%67 ZrO₂ , %33 SiO₂) dir.

“Fused alümina” nın yerine kullanılabilen bir refrakter olup, hassas dökümde geniş kullanım alanı vardır.

Yüksek yüzey kalitesi, düşük maliyet, yüksek sıcaklık kararlılığı, iyi refrakter özelliği ve metalsel etkilere karşı iyi bir direnç sağlaması ile hem atmosfer şartlarında hem de vakum altında döküme uygundur.

Yüksek özgül ağırlığı nedeniyle, ısıyı soğurma özelliği iyidir. Isıl iletkenliğinin yüksek olmasından, ince kesitlerde, çabuk katılaşma sonucu bazen birleşmeme kusurları gibi döküm hatalarına sebep olur. Döküm sonrası, zirkon kabukların kırılması zordur. Ayrıca, hiçbir sulu alkali çözeltide çözünmez.

Tane şekli küresel olduğundan modeli sarmalama özelliği iyi, fakat bağ mukavemeti oldukça düşüktür. Granüle kaplama zirkonu çok yüzlü bir yapıya sahip olduğundan, taneler arası köprü oluşumu zorlaşır. Bu nedenle, metal penetrasyonunun engellenebilmesi için, kullanılan çamur refrakterinin ince olması gerekir.

“Molochite” (Molokit) : Düşük demir Oksit (% 0.75) ve Titan Oksit (% 0.08) içeren ve “Molokit” adıyla pazarlanan bir tür ateş kilidir. Türkiye’de hassas döküm fabrikalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Fiziksel ve Kimyasal özellikleri şöyledir; [8]

Tablo 2.1 Molochite’in fiziksel ve kimyasal özellikleri

FİZİKSEL ÖZELLİKLER	
Ergime Noktası	~ 1600 °C
Özgül Ağırlık	2.70
Isıl Genleşme Katsayısı	4.4.x10-6/°C (20-1000 °C)
Porozite	% 6-8
KİMYASAL ANALİZ	
Silika (SiO ₂)	% 52-53
Alümina (Al ₂ O ₃)	% 42-44
Ferrik Oksit (Fe ₂ O ₃)	% 1.0
Titan Oksit (TiO ₂)	% 0.08
Kalsiyum Oksit (CaO)	% 0.1
Magnezyum Oksit (MgO)	% 0.1
Potasyum Oksit (K ₂ O)	% 1.5-2.0
Soda (Na ₂ O)	% 0.1

“Molochite” tanelerinin karışık şekilli ve köşeli olması, paketleme yoğunluğunu ve mukavemetini artırır. Ayrıca girintili olan bu toz yüzeyleri bağlayıcı tarafından, daha sağlam bir şekilde çevrildiğinden kabuk mukavemeti artar. Tanelerin sert olması, aşınma direncini artırdığından, toz oluşumu engellenerek, ilk katlarda temiz yüzey eldesi sağlanır.

Havada ve vakumda döküme elverişli olup, döküm sonu kabukların temizlenmesi zordur. Kimyasal temizleme işlemi de çok yavaş yürür. [8]

2.8.5 Otoklav (Mould Dewaxing)

Amaç; içi mum dolu seramik kabuğu yüksek sıcaklıkta bir fırına koyarak ısı şoku yaratmak ve ince bir mum tabakasının hızla erimesini sağlamaktır.

Seramik kaplama ve kuruma işlemi tamamlandıktan sonra mum model malzeme kabuk kalıba zarar vermeyecek şekilde eritilip alınmalıdır. Yavaş ısıtma işlemi uygulanmaz, çünkü daha sonrada anlatılacağı üzere mumun genleşmesi katı durumda iken kabuk üzerine bir basınç yapar, bu basınç genellikle kalıbın kırılma dayanımından yüksek olmakta ve sonuçta çatlak oluşmaktadır.

Model mumu ve kalıp malzemesi olarak kullanılan refrakter malzemelerin kalıp içinde farklı genleşme oranlarından dolayı bu mumun eritilip alınması bir problem teşkil eder. Aynı zamanda genleşme oranları farklı mumlar arasında da değişiklik gösterir. Hacimsel genleşme mumun eritilmeden öncekinden fazla olabilmektedir. Bu hacimsel genleşme seramik kabuğu kırmaya yeterlidir.

Mum basıncı altında seramik kırılmasını önlemek için kabuğun dayancını artırmak kendimizi aldatmaktan başka bir şey değildir, Seramik kabuğu kırmadan içerisindeki mumun eritilip alınması için tek pratik metot olarak :

- a) Mumun iç basıncın karşı koyacak kabuk üzerinde bir dış basınç sağlamak
- b) Seramik kabuk kalıp ve mum model ara yüzeyinde ince bir mum yüzey tabakasını hızlıca eritmek, böylece mumun genişlebileceği bir boşluk yaratmak.

Otoklavda, başarılı mum boşaltma işlemi mumun, mümkün olduğunca hızlı bir şekilde ısıtılmasına bağlıdır. Mum seramik kabuktan çok daha yüksek termal genişleme oranına sahiptir ve eğer yavaş bir şekilde ısıtılmasına izin verilirse, seramiği çatlatır. Mum aynı zamanda zayıf bir iletkenidir, eğer ısı hızla uygulanırsa, mum yüzeyi, ana gövdenin ısınıp genişlemesinden önce eriyecektir.

Kalıbın hızlı ısınması, mum yüzeyini eritmekte (kalıp/model arayüzeyi) ve bu mum yeterli akışkanlıkta ise seramik kalıbın gözenekleri içerisine sızması yeterince hızlı bir şekilde oluyor ki mumun arkasındaki katı kütlenin genişmesi ile birlikte önemli bir basıncın oluşmasını engelleyecek miktarda olmaktadır.

Bu yolla kalıbın iç yüzeyine çok az yada hiç basınç etkisi olmadığı gibi mum hiçbir zarara mahal vermeden alınacaktır. Çok hızlı bir ısı girişi kalıbın bütün kısımlarına gerektiği ve basınçlı buhar kullanmak yoluyla kısmen de olsa bütün yüzeylerine etkili bir şekilde yayılması sağlanmış olmaktadır.

Salkımlar boşalma işlemi öncesinde, mümkün olan son ana kadar seramik odasında tutulmalıdır. Salkımlar otoklav arabasına seramik odasında yerleştirilmeli ve mümkün olduğunca hızlı bir şekilde otoklava yüklenmelidir. İlk olarak araba otoklava yüklenmeli, sonra kapağı kilitlenmeli ve buhar hızlı bir şekilde ileri salıverilmelidir.

Mum boşaltma işleminin sonunda önemli bir noktada basıncın yavaşça düşürülmesidir. Basınç çok hızlı düşürülürse seramik içinde su oluşmasına neden olur. Bu su incelmeye ve çatlamaya sebebiyet verir. [1, 2, 10]

- **Otoklav kullanmanın avantajlarını kısaca şöyle sıralayabiliriz.**
 - Diğer tekniklere göre daha zor ve karmaşık kompleks parçaların mum eritme işlemi yapılabilir.
 - Yüksek oranlarda mum yeniden kazanılmakta; çünkü mum hiçbir şekilde yanmamaktadır. (Normal şartlar altında %90' a kadarı yeniden kazanılır.)
 - Yeniden kazanılan mum yolluk ve kafa yapımında kullanılmaktadır.
 - Mum eritme işlemi sırasında hiç duman oluşmadığı için davlumbaz türü bir filtre sistemine gerek yoktur.

2.8.6 Dökümhane

2.8.6.1 Seramik Kalıbının Yakılması

İçerisindeki mumu eritilmiş seramik kalıp döküme alınmadan önce 800-1000°C 'da yakılması gerekmektedir. Yakma işlemi aşağıdaki sebeplerden dolayı gereklidir;

- Kalıbın ful dayancını artırmak
- Otoklavda eritme sonunda geri kalmış olabilecek mum ve karbon ve varolan uçucu maddeleri gidermek ve sonuçta döküm sırasında bu maddelerden kaynaklanabilecek gaz oluşumunu önlemek
- Metal-Kalıp reaksiyonlarını minimize etmek için kalıp iç yüzeyini rendelemek
- Sıvı metalin içine doğru dökümünü sağlamada kalıp sıcaklığının ayarlanmasına imkan tanımak.

Otoklavda mumu giderilen kalıplar, içerisinde kalan bir miktar mumun da tamamen yakılmasından önce, eğer bir süre bekletilmesi gerekiyorsa sıcak bir ortamda bekletilmesi gerekir, bunun nedeni süzülme olası mum birikintileri soğuyup fazlasıyla büzülmemesi ve kalıp boşluğu yüzeyinin kavlanma, yani pul pul dökülmesine sebep olmamasıdır. Ayrıca yabancı maddelerin içerisine girmesini

önleyici şartlar altında bekletilmesi gerekir. Mumlanmış kağıt veya alüminyum folyo kapaklar döküm deliğini kapatmak için kullanılır. [1, 2]

2.8.6.2 Döküm Öncesi Seramik Kalıbın Ön Isıtılması (Sinterleme)

Önceden belirlenen üretim planı doğrultusunda belirlenen dökülecek parçaların ön ısıtma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Uygun seramik sıcaklığına fırın ayarlanır. Fırın kapısı kapatılır. Ve kalıp sinterlenmeye başlamış olur.

Hassas döküm için kalıp ön ısıtma sıcaklığı dökülecek olan metal (malzemesi)'in kompozisyonuna ve döküm parçasının büyüklüğü (geometrisi) ve dökümün kompleks olup olmadığına bağlıdır. Genellikle pek çok hassas döküm oda sıcaklığında kalıba sıvı metalin dökülmesi ile olur.

Genellikle dökülecek olan her malzeme için kullanılan bir kalıp sıcaklığı aralığı vardır. Buna ek olarak genellikle parça (aynı zamanda salkım) geometrisi yani karmaşık olup olmadığı ve döküm kesit kalınlığına da bağlı olarak çok daha geniş kalıp döküm sıcaklığı aralığı vardır.

Yüksek kalıp sıcaklığının prensip olarak :

Avantajları :

- Kompleks parçalarda veya normal dökümlerde beslenen oldukça ince kesit alanlarına sıvı metalin yürümemesi (misrun) veya dökümde eksik dökülmüş (yetersiz besleme) bölümlerin azaltılma imkanı, kısaca kalıbın çok ince kesitlerinin de sıvı metal ile kolay dolabilmesini sağlamak.
- Kalıp ve sıvı metal arasındaki düşük sıcaklık farklarından dolayı termal şokların azaltılması.
- Besleyicilerin boyunu küçültmek
- Sıcak yırtılma eğilimini azaltmaktır.

Dezavantajları :

- Bölgesel çekme (shrinkage) olasılıkların, yavaş soğumadan dolayı özellikle kalın kesitlerde, artması;
- Poroziteye benzer gaz boşluklarının oluşma olasılığın artması;
- Yavaş soğuma hızından dolayı bazı alaşımların mekanik özellikleri üzerinde ters etki yaratması;
- Seramik kırma işleminden önce daha uzun soğuma süresini gerektirmesi;

2.8.6.3 Metal Ergitme (Sıvı Metalin Hazırlanması)

Hassas döküm tekniği daha önce de belirtildiği gibi pek çok türde malzemenin dökümünde serbestlik sağlar. Bu yöntemde başlıca çelik ve çeşitli çelik alaşımları, demir dışı olarak alüminyum ve alaşımları, bakır ve bakır alaşımları için uygulanabilen bir yöntemdir. Dökülecek malzeme türüne bağlı olarak seçilecek ergitme ortamıda çeşitlilik gösterir.

Hassas döküm fabrikalarında demir bazlı alaşımların ergitilmesi genellikle İndirek Ark fırını, Hava Endüksiyon Fırını ve Vakum endüksiyon metodları ile demir dışı alaşımlarda endüksiyon fırını, pota fırınları veya elektrik direnç fırınları kullanılarak yapılabilir. [1, 2, 3, 5].

3.8.6.4 Döküm Öncesi

Ocağa şarj yapılmadan önce ocak pota astarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Astar kalınlığı inceliş kritik bir noktaya geldiği zaman temizlenip tekrar astarlanması gerekir. Bu astarlama sırasında bir şablon kullanılıyor. Astarlama işi tamamlandıktan sonra sinterlemeye tabi tutuluyor.

- **Şarj Hazırlama :**

Dökülecek malzeme türüne göre reçetede belirtilen ilave elementler ve alyajlar hesaplanan değerlerde bir önceki döküm sırasında hassas olarak tartılıp

hazırlanmaktadır. Öncelikle hurda olarak hazırlanan hammaddeler (Yolluk, filmaşın, demir hurdası şeklinde olmaktadır) ocağa şarj edilir.

Şarj edilen metal hammaddesi olarak, daha önceki dökümlerden kesimden sonra ayrılan yolluk kısımları teşkil etmektedir.

- **Analiz Kontrol**

Dökülecek parçanın istenen kompozisyonda olduğunu belirlemek için hem döküm sırasında ve hem de döküm sonunda numune parça alınarak kimyasal analizi yapılmaktadır.

2.8.6.5 Döküm Sonrası :

- **Döküm yüzeyinin seramik kabuktan temizlenmesi
(Knock-Out veya Shake-Out)**

Sıvı metalin katılaşması tamamlandıktan sonra seramik kabuklar kırılarak veya dereceli hassas döküm yönteminde derecesi bozularak döküm parçaları çıkarılır. Döküm parçaların temizlenmesi basınçlı su, kumlama ve/veya kimyasal sıvı karışımlarla yapılır. [9]

Soğuması tamamlanan seramik kabuklu salkımlar, üzerlerindeki seramiğin temizlenmesi için kırıcıya alınır. Titreşimli darbe usulü ile çalışan bu makine seramik kabuğun temizlenmesini sağlar. Seramik kırma aşamasında, dökümden sonra salkımın yeterince soğumuş olmasına, kritik parçalarda oluşabilecek distorsiyonlardan parçalara zarar verilmemesine önemle ve özellikle dikkat edilmesi gerekmektedir.

İzlenebilirlik açısından dökülmüş salkımların birbirlerine karışmaması gerekmektedir. Üzerlerinde o yarı ürünü tanıtıcı bilgilerin olması gerekir. [1, 2]

- **Kumlama İşlemi**

Bazı döküm salkımları seramik kırma işleminden sonra, üzerlerinde kalan seramik artıklarının temizlenmesi için, çelik bilyalı aşındırıcı büyük kumlama makinesinde kumlanırlar.

2.8.7 Kesme – Taşlama – Kumlama – Sıfırlama

2.8.7.1 Döküm Parçalarının Yolluklardan Kesilmesi

Kırıcıdan gelen üzerindeki seramik kabuğu temizlenmiş salkımlar Kesim bölümüne alınmaktadır. Burada salkımlar tezgah üzerindeki mengeneye sıkıştırılarak sabitlenmekte ve kesim operatörü tarafından spiral taş vasıtasıyla parçalar yolluklardan kesilerek ayrılmaktadırlar. Kesim sırasında çok dikkatli olunmasına, gerek operatörün kendisine ve aynı zamanda döküm parçalarına zarar vermemeye özen gösterilmelidir.

Ötomatik kesme makinesi ile de özellikle alüminyum parçalar için kesme işlemi yapılmaktadır.

Kesilerek yolluklardan ayrılan parçaların karışmamalarına dikkat edilmeli ve sonraki dökümlerde hammadde olarak kullanılacak yollukların da malzemesine göre ayrılması gerekmektedir.

Kesilen parçalar yolluk kısımları taşlama işlemine tabi tutulup yolluk bölgeleri parça düzlemine getirilmeye çalışılır.

2.8.7.2 Tavlama

Yollukları da kesilen parçalardan tavlama işlemi gerekli tavlama fırınında gereken özelliklere uygun bir şekilde belli süre için tavlama işlemine tabi tutulurlar. Bazı parçalarda sertleştirme işlemi gerektiği durumlarda dökümden sonra yan

sanayide ısıtıl işleme tabi tutulmakta sonra da gerekli ise talaşlı imalata gönderilmektedir.

2.8.7.3 El ve Tambur Kumlama

Kesme ve taşlama işlemlerinden sonra parçalar yüzeylerinde seramik parçacıklardan temizlenmesi için el kumlama yönteminde basınçlı hava ile parça yüzeyine püskürtülen kum tanecikleri vasıtasıyla temizlenmektedir. Aynı zamanda sıfırlama işleminden sonra da kumlama yapılmaktadır.

2.8.7.4 Sıfırlama İşlemi

Taşlamadan sonra parça yüzeyinde kalan yolluk kısımları spiral taş veya kavisli yüzeyler bant zımpara vasıtasıyla boyutsal gereksinimlere göre parça düzleminde işleme hassasiyetinde sıfırlanırlar. [1, 2, 5,10].

2.8.8 Kalite Kontrol

Sıfırlama aşaması da tamamlanan parçalar kumlamadan sonra öncelikle gözle görülebilen hatalar için Göz Kontrolüne tabi tutulurlar. Hatalı parçalar ayıklanırlar. Sıfırlama işleminden sonra kumlanan parçalar, yan sanayi tarafından ek işleme tabi tutulacak veya tutulmayacak olanlar olarak iki kategoride işlem görürler. Bazı parçalar kumlama işleminden sonra göz kontrolü yapıp direk olarak sevk edilmekte, bazıları da tavlama işlemine tabi tutulduktan sonra kumlanıp göz kontrolü yapılarak sevk edilmektedirler.

Gedik Döküm A.Ş. Bünyesinde Yapılan Kalite Kontrol İşlemleri :

Üretimin hemen hemen her aşamasında (giriş, ara ve son kontrol) yapılan kontrol işlemleri:

Doğrultma : Döküm sonrası çarpık olan parçalarda ısıtıl işlem öncesi veya sonrası uygulanır.

Göz Kontrol : Döküm sonunda bütün parçaların %100 göz kontrolü;

Penetrant : Tahribatsız muayene türünden yüzeye açık süreksizliklerin kontrolü;

Sertlik Kontrolü : Isıl işleme tabi tutulan parçaların sertlik kontrolü;

Boyut Kontrol : Bütün parçalar resim toleranslarında, ölçüm yerine göre her türlü ölçüm cihazı kullanılarak %100 boyut kontrolü;

Mastar Kontrol : Delikli parçaların genelde Geçer-Geçmez kontrol aparatları ile kontrolü;

Analiz Kontrol : Her döküm için kimyasal analiz kontrolü;

yapılmaktadır.

2.8.9 Yan Sanayi İşlemleri :

Müşteri isteğine bağlı olarak gereken işlemler yan sanayicilere yaptırılmaktadır.

- Isıl İşlem
- Talaşlı İşleme
- Kaplama
- Tahribatsız Muayene (NDT)(X-Ray)
- Mekanik Test
- Kimyasal Analiz

2.9 Hassas Döküm Yönteminin Üstünlükleri

En eski ve en gelişmiş üretim yöntemlerinden biri olan hassas dökümün başlıca üstünlükleri şöyle sıralanabilir.

1. Karmaşık ve girift şekilli parçaların seri halde üretimi için ekonomik bir yöntemdir. Böylece dizayn aşamasında mühendise büyük bir esneklik sağlar.

2. Talaşlı imalatla birkaç parçanın birleştirilmesiyle oluşan komple bir parçanın yekpare olarak üretimi hassas dökümle sağlanabilir.
3. Dar ölçü toleransları sayesinde, dökümden sonra genellikle mekanik işleme gerektirmeyen veya çok az gerektiren bir döküm yöntemidir.
4. Torna hassasiyetinde (V seviyesinde) yüzey düzgünlüğü sağlar. Örneğin, Çelikler için 2.3 – 3.2 mikron seviyesinde bir yüzey kalitesi elde edilir.
5. İşlenmesi zor ve pahalı alaşımlı parçaların üretiminde tek çözüm yoludur.
6. Yönlendirilmiş katılaşma ve tek kristal gibi en son teknolojik gelişmelerin uygulanmasıyla, üstün metalurjik özellikler taşıyan döküm parçalarının üretimi, hassas döküm yöntemi ile gerçekleştirilebilir.
7. Birkaç gramdan başlamak üzere çok değişik ağırlıklardaki parçalar hassas dökümle üretilebilir.
8. Parça üretiminde delikler, kanallar, motif ve yazılar, ince kesitler, dirsek şeklindeki geometriler, hassas dökümle elde edilebilir. [1, 2, 3]

- Bütün üretim yöntemlerinde olduğu gibi yukarıda bir kısmının aktarıldığı hassas döküm yöntemi ile üretilen parçalarda da bir çok nedenlerden dolayı hatalar / uygunsuzluklar oluşabilmektedir. Bu hataların iyi tanımlanıp, nedenlerinin araştırılıp önlenmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu hataların/uygunsuzlukların nedenlerinin araştırılıp, tekrar etmemesini sağlamak için yardımcı olacak “ problem çözme tekniklerinin” kullanılması gerekir. Bu teknikler bize üretimin kontrol dışına çıkması halinde gerekli önlemleri zamanında almamızı sağlarlar.

- Kaliteli bir ürün ve müşteri memnuniyeti için hatasız bir ürünün üretilmesi gerekir. Bu da bizi kalite ve kaliteli ürün kavramlarına götürür. Buna göre, hassas döküm yöntemi ile üretilen ürünlerde ortaya çıkabilecek hatalar ve bunların en aza indirilmesi veya ortadan kaldırılması için uygulanacak istatistiksel proses kontrolü çalışmalarından bahsetmeden önce “kalite ve buna bağlı olarak ISO 9000 standartlarından bahsetmek gerekir.

3. KALİTE VE ISO 9000 STANDARTLARI

3.1 Amaç Ve Hedefler

Günümüzde gerek sanayi dünyasında gerekse ticaret dünyasında en sık kullanılan terim “Kalite” / “Ürün Kalitesi” dir. Bu terimin yanı sıra; Kalite Kontrol, Kalite Yönetimi, Kalite Güvencesi, ISO 9000 Kalite Sistemi ve Toplam Kalite Yönetimi gibi kavramlar da sık sık kullanılmaktadır.

Kalite belgelendirme konusunu bir ağaca benzetirsek, ağacın gövdesi kalite sistemini, dalları da ürünleri temsil edebilir. Sağlam gövdeli ağacın, dallarının da sağlam olması ve dolayısıyla kaliteli ürün verme olasılığı yüksektir.

Kalite olayında ağırlık, önceleri ürün kalitesine verilmişti. Bugün, modern kalite anlayışında, kalite sistemi, ürün kalitesi için ön koşul olarak getirilmektedir.

Kalite sistemi ve ürün kalitesini belgelendirme, çoğunlukla farklı kuruluşlar tarafından yapılmaktadır. Bugün kalite sistemi, genellikle uluslararası ISO 9000 Standartlarına göre ; ürün kalitesi ise ilgili ürün spesifikasyonlarına göre belgelendirilmektedir.

Bir firma, sistem yada ürün belgesi almadan işlevini sürdürebilir. Belgelendirme olayı zorunlu değil gönüllü bir eylemdir. Ancak, bugünkü uluslararası rekabet ortamı firmaların kalite belgesi almaya zorlamaktadır. Üstelik firmalar kalite belgesini, uluslar arası boyutta ünlü kuruluşlardan almayı istemektedirler. Bazı firmalar sadece kalite sistemi belgesi ile yetinmekte diğerleri her ikisini de yani sistem ve ürün belgesini almak durumundadırlar.

Çevre emniyet ve sağlık konuları ile ilgili ürünler için sistem ve ürün belgelendirilmesi gitgide zorunlu hale gelmektedir.

Türkiye'nin Avrupa Gümrük Birliği'ne yeni girdiği bu aşamada, Avrupa'da kalite sistemi ve ürün kalitesini belgeleme yöntemlerinin ikisini bir arada geliştirip firma temsilcilerine sunma, ayrıca özel bir önem taşımaktadır. [14]

3.2 Kalite Nedir?

Kalite, çeşitli perspektiflere göre tanımlanabilmektedir. Bir ürünün tasarımını yapan bir mühendise göre kalite, ürünün sahip olduğu bazı niteliklerin miktarına işaret eder. Üretim Mühendislerine göre kalite, bir ürünün veya hizmetin tasarım özelliklerine uygunluğunu belirtir. Belli bir ürüne ait ölçülerin belirli ölçü aralıklarında olması istenir. Bu ölçülere uymayan ürünler kaliteli olarak tanımlanamazlar.

Dr. Deming'e göre "Müşteri üretim hattının en önemli bölümüdür". Kalite müşteri gereksinimlerini karşılamaya yönelik olmalıdır. Dr. Juran'a göre " Kalite kullanıma uygunluktur." şeklinde tanımlamışlardır.

ISO 8402 Standardında ise " Kalite, bir ürünün yada hizmetin belirlenen veya olabilecek gereksinimleri karşılama derecesidir" şeklinde tanımlanmıştır.

Kalite, pek çok sanının tersine lüks demek değildir. Kalitenin üç tipi şu şekildedir.

- a) Tasarım Kalitesi
- b) Uygunluk Kalitesi
- c) Performans Kalitesi

Tasarım Kalitesi, ürünün kalitesi için gereklidir. Ancak tek başına yeterli değildir. Tasarlanan kalitenin üretimde tutturulması ve ürünlerde sürdürülmesi ayrı

bir sorundur. Beklentilerin gerçekleştirilme dereceleri farklıdır. Bu fark uygunluk kalitesini tanımlar. [15]

Performans kalitesi, işletmenin ürün veya hizmetlerinin pazardaki performans düzeylerinin müşteri araştırmaları, satış, hizmet analizleri ile belirlenmesidir. Bu çalışmalar, satış sonrası hizmet, bakım güvenilirlik analizleri ile, müşterilerin neden işletmenin ürünlerini satın almadıklarının araştırılmasını içerir.

Kalite çok yönlü bir fonksiyona sahiptir. Kalitenin bu çok yönlü fonksiyonu bir bütün halinde ele alınıp değerlendirilmelidir. Bu noktalar:

- 1) İstatistiksel Kalite
- 2) Ticari Kalite
- 3) Ekonomik Kalite
- 4) Sosyo-Örgütsel Kalite
- 5) Stratejik Kalite Yönetimi

gibi. [15]

- **Kalite kavramları.**

Kalite : Bir ürün veya hizmetin belirlenen veya olabilecek gereksinimleri karşılama yeteneğine dayanan özelliklerin toplamıdır. (ISO 8402 Kalite Terimler Sözlüğü) TS 9500

Derece : Kullanım amacı aynı olan, değişik ihtiyaçlara cevap veren ürün veya hizmetlerin kapsadığı özelliklerin sıra veya sınıflanmalarının göstergesidir.

Kalite Güvencesi : Ürün veya hizmetin, kalite için belirlenen istekleri karşılamak amacıyla, yeterli güveni sağlaması için gereken planlı ve sistematik etkinliklerin bütünüdür.

Kalite Sistemi (Quality System) : Kalite yönetiminin uygulanması için gerekli olan organizasyon yapısı, sorumluluklar, prosedürler, prosesler ve kaynaklardır. [16]

- **Bazı Kalite Tanımları**

1. Kalite Politikası

Kuruluşun kalite hedefleri ve stratejisinin kullanıma uygunluk, performans, güvenilirlik, emniyet vb. faktörlere bağlı olarak üst yönetimce belirlenmiş ve tüm çalışanlara uygun yöntem ve araçlarla duyurulmuş hali.

Kalite politikası sürekli iyileştirme, müşteri tatmini, önleme gibi temel kalite güvence prensiplerini kapsayacak ve firmanın tüm çalışanlarına ışık tutacak biçimde hazırlanmalıdır.

2. Kalite Yönetimi

Firma yönetim fonksiyonunun kalite politikasını şekillendiren ve uygulayan parçası.

Kalite yönetimi kaliteyi etkileyen tüm faaliyetlerin belirli politika ve hedefler doğrultusunda birbirleri ile olan ilişkilerini de göz önüne alarak bütünsellik gösterecek biçimde organize edilmesini, gerçekleştirilmesini sağlar. Bu faaliyetler organizasyonun değişik birimlerinde gerçekleştiriliyor olabilirler.

3. Kalite Sistemi

Kalite yönetim fonksiyonu için kuruluş içinde oluşturulmuş bir mekanizma gereklidir. Bu mekanizma kuruluş içinde belirli bir organizasyonel yapılanmanın sağlanması ile oluşur.

Kalite sistemi bu yapının kapsamındaki değişik kaynakların (bölümler, personel, donanım) ilişkilerin, sorumlulukların, çalışma yöntemlerinin prosedürler, çalışma talimatları, iş alış şemaları, görev tanımları, planlar vb.. dokümanlarla tanımlanmış, dökümante edilmiş hali olarak tarif edilebilir.

4. Kalite (Güvence) El Kitabı

Kuruluşun kalite politikasını, hedeflerini, organizasyonu, yetki ve sorumlulukları tanımlayan, referans olarak seçilen standarttaki tüm kalite elemanlarının gerekliliklerini karşılayacak şekilde kalite sistemini ve faaliyetlerini tarif eden doküman.

5. Kalite (Güvence) Sistem Prosedürü

Referans standardın ilgili kalite elemanının gerekliliklerine uygun olarak, kaliteyi etkileyen bir işi (işleri) yöneten, gerçekleştiren, doğrulayan, gözden geçiren organizasyonel bölüm ve personelin ilişkilerini, yetki ve sorumluluklarını ilgili aktivitelerde yeterli kontrolü sağlayacak kadar tarif eden doküman. (birbirini izleyen işler nasıl yapılacak, nasıl toparlanacak, kayıtlar, kontrol yöntemleri...).

6. Talimatlar

Bir kalite güvence prosedüründe tanımlanan faaliyetlerin her biri için, gerekli ve uygun olan durumlarda hazırlanan kontrollü, o spesifik iş parçasının nasıl yapılacağını detaylı olarak tanımlayan doküman. Genellikle o spesifik iş parçasını yapan bölüm tarafından hazırlanır ve gerekli teknik detay içerirler. [17].

3.3 Toplam Kalite Yönetimi

Toplam Kalite Yönetimi, müşteri beklentilerini her şeyin üzerinde tutan ve tüm faaliyetleri kaliteyi üretim sırasında oluşturmak üzere düzenleyen bir sistemdir. Daha iyi ürün veya hizmet üretmek için yürütülen faaliyetler ise, daha düşük maliyet

ve daha yüksek verimlilik ile sonuçlanarak, amaçlanan “rekabet gücü”nü yaratmaktadır. Müşteri beklentilerini aşan bir ürün veya hizmet ise müşterinin tatmininden öte “müşteri mutluluğu” yaratmaktadır. [7]

3.3.1 Toplam Kalite Yönetimi Yaklaşımı

Proses, malzeme, yöntem, işgücü, bilgi vs. gibi bir grup girdinin, ürün, hizmet veya bilgi gibi istenilen bir çıktı haline dönüştürülmesidir.

Toplam Kalite Yönetimi, müşteri beklentilerini her şeyin üzerinde tutan ve tüm faaliyetleri kaliteyi üretim sırasında oluşturmak üzere düzenleyen bir sistemdir. Toplam Kalite yönetimi, müşteri mutluluğunu sürekli olarak büyütmek amacıyla şirketin tüm proseslerinin sürekli olarak geliştirilmesini ve bu çalışmaların herkesin katılımı ile genelde ekip çalışmasını öngörmektedir. [7]

3.4 ISO 9000

ISO 9000 standartlarını kabul eden ve bu standartlara uymayı arzu eden firmalar, Bir devrime “Kalite devrimi”ne girişmek zorundadırlar.

ISO 9000 serisi, kalite güvence standartlarının bir devrim olduğu kalite sistemlerinin tarihçesi ile desteklenebilir. Kalite sistemleri 1920 – 1930’lu yıllara kadar üretilen hatalı, bozuk malların diğer mallardan ayrılması ile sınırlıydı. 1960’lara kadar, istatistik biliminin, teknolojik yeni cihazların gelişmesine rağmen kalite felsefesi değişikliğe uğramamıştır.

1970 ‘li yıllarda önce Japonlar daha sonra ise Amerikalılar ve Avrupalılar, kalitenin, üretim hattından çıkan mamullerin ayrılmasıyla sınırlandırılmaması gerektiğini anladılar.

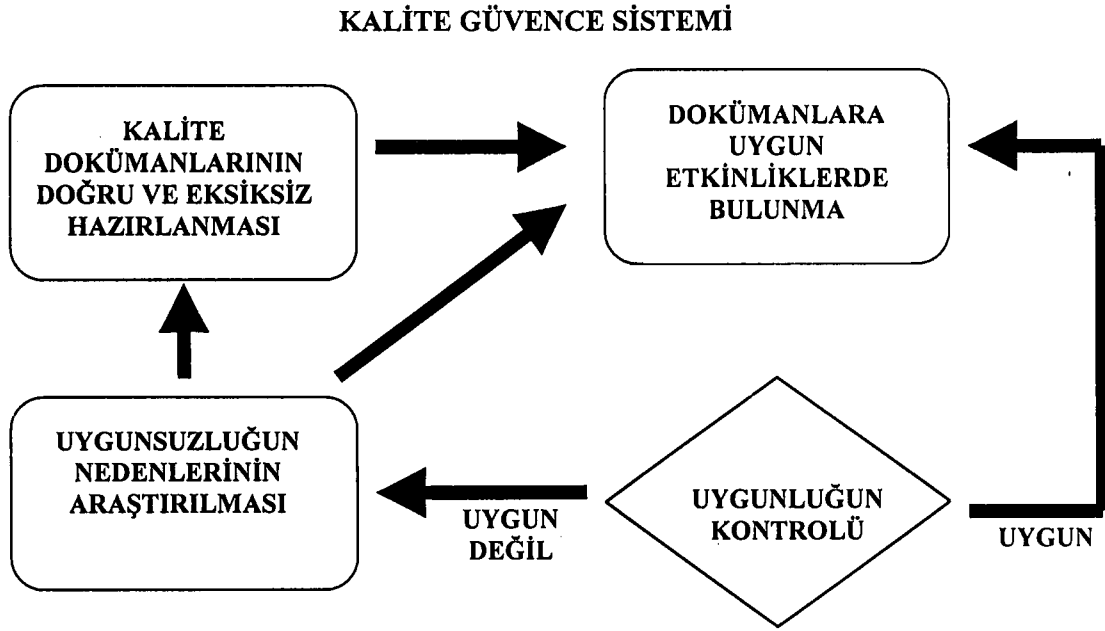
Yeni felsefe “Müşterinin sonsuz mutluluğunun sağlanması” olarak değişti. Buradaki önemli husus, artık kalitenin sabit kalmadığıdır. Müşteri istek ve ihtiyaçları nasıl değişiyorsa, kalite hakkındaki düşünceler de değişmektedir.

ISO 9000, diğer kalite güvence sistemlerinden daha basit bir seviyede ve yukarıda bahsi geçen müşteri ihtiyaçlarının belirlenmesi işlemini “ sözleşmenin yeniden gözden geçirilmesi” aşamasından başlayarak ele alan, sürekli iyileşme kavramıyla kalitenin dinamikliğini vurgulayan ve bütün dünyada yaklaşık 95 ülkenin kabul ettiği uluslararası bir kalite güvence sistemidir.

ISO 9000’in geçmişi 1987 yılına dayanmaktadır. Ancak kalite güvence sistemleri çok daha önceleri ortaya çıkmıştır.

3.5 ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri

Son yıllarda gündemimize giren ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi konusu, sanayi çevrelerimizde çok değişik yorumlara ve yankılara neden olmaktadır. Türkiye’de, tüm dünyada büyük ilgi gören ISO 9000 serisi Kalite Sistem Standartları ile tanışmasını, Avrupa tek pazarına geçiş tarihinin yaklaşmasına borçludur. Birçok kuruluş, Avrupa pazarına ihracatın bu standartlara uygunluk şartına bağlanacağı düşüncesiyle, en kısa sürede bu standartların öngördüğü şekilde kalite sistemlerini oluşturmaya ve bunu belgelendirmeye çalışmaktadır. [15]



Şekil 3.1 Kalite Güvence Sistemi [16].

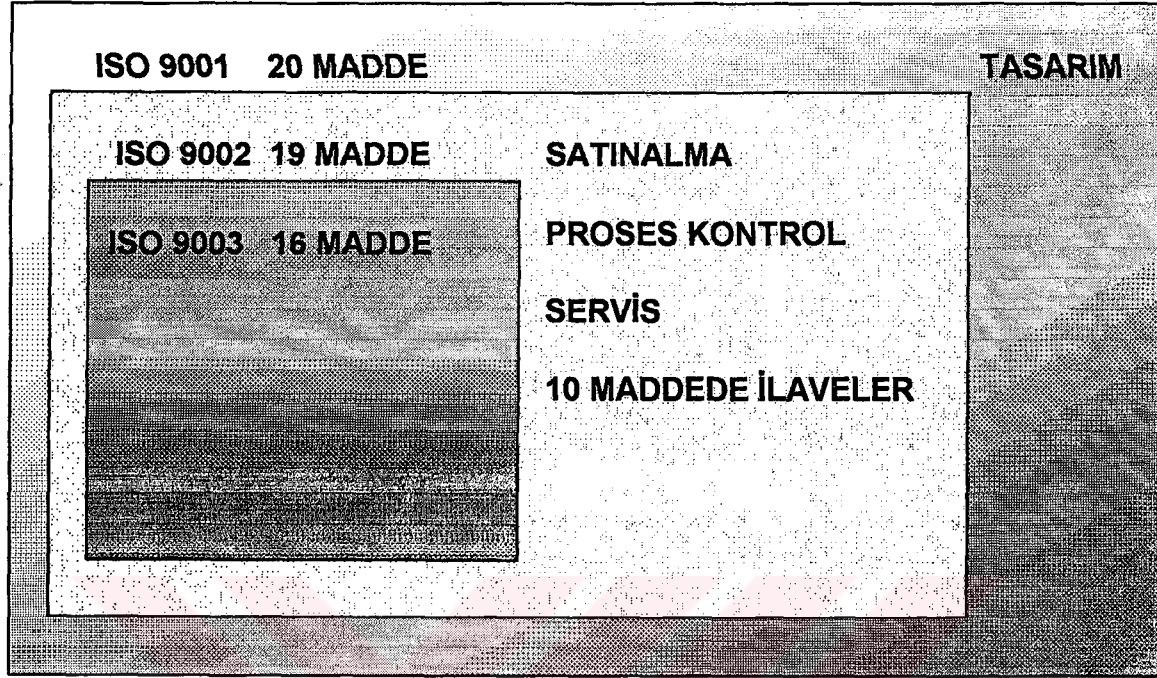
3.6 ISO 9000 Standartlarının Gelişimi

- MIL-Q-9858 (1963)
- AQAP (1968)

Mod Standartları

- BS 5750 (1979)
- ISO 9000 (1987)
- EN 29000 (1988)
- ISO 9000 (1994) [16].

ISO 9000 Standartları



3.6.1 ISO 9000 Standartlarına Genel Bakış

ISO 9000 Standartları yaklaşık 30 adet kalite sistem elemanlarından oluşmaktadır. Bu standartlardan 20 tanesinin listesi aşağıdaki Tablo 3.1’de verilmiştir. Kalite sistem elemanlarının bir kısmı ise halen hazırlık aşamasındadır.

Bahsedilen ISO 9000 standartlardan üçü (ISO 9001, ISO 9002 ve ISO 9003) firmaların uymakla sorumlu olduğu gereksinimleri içermekte diğerleri de firmalar için yol gösterici ve kılavuz olarak kullanılmaktadır.

Firmalar, uymakla yükümlü olduğu bir standardı seçerek (firmanın faaliyet alanına göre ISO 9001, ISO 9002 veya ISO 9003) belgelendirme kuruluşuna başvurur. Anılan üç standart arasındaki ilişki ve toplam kaliteye yaklaşım, aşağıda gösterilmiştir.

Kalite sistemi belgelendirmesi ISO 9001, ISO 9002 veya ISO 9003 standartlarından birine göre yapılır. Çok seyrek olarak, bazı kuruluşlar ISO 9004 standardına göre belgelendirme yapmaktadır.

Tablo 3.1 Kalite sistem elemanlarının ISO 9001, 9002 ve 9003 standartlarına göre dağılımı [17].

BÖLÜM	KALİTE SİSTEM ELEMANLARI	ISO 9001	ISO 9002	ISO 9003
4.1	Firma Yönetiminin Sorumluluğu	X	X	X
4.2	Kalite Sistemi	X	X	X
4.3	Sözleşmenin İncelenmesi	X	X	X
4.4	Tasarım Kontrolü	X	-	-
4.5	Doküman ve Verilerin Kontrolü	X	X	X
4.6	Satınalma	X	X	-
4.7	Müşteri Tarafından Temin Edilen Ürün Kontrolü	X	X	X
4.8	Ürünün Kimliğini Belirleme ve İzlenebilirliği	X	X	X
4.9	Proses Kontrolü	X	X	-
4.10	Muayene ve Deneyler	X	X	X
4.11	Muayene, Ölçme ve Deney Cihazlarının Kontrolü	X	X	X
4.12	Muayene ve Deneylerin Durumu	X	X	X
4.13	Uygun Olmayan Ürün Kontrolü	X	X	X
4.14	Düzeltilici ve Önleyici İşlemler	X	X	X
4.15	Taşıma, Depolama, Ambalajlama, Koruma ve Teslim	X	X	X
4.16	Kaliteye İlişkin Kayıtların Kontrolü	X	X	X
4.17	İç Kalite Denetimleri	X	X	X
4.18	Eğitim	X	X	X
4.19	İlgili Hizmetler	X	X	-
4.20	İstatistik Teknikler	X		X

X : UYGULANIR

- : UYGULANMAZ

3.6.2 Uluslararası Boyutta Değerlendirme

ISO 9000 Standartları İngiltere, Fransa ve Almanya gibi ülkelerin öncülüğünde Avrupa kaynaklı olarak yayımlanmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri ve Japonya gibi bazı gelişmiş ülkeler, ISO 9000 standartlarına karşı direnmişlerdir ve halen eleştiriler vardır. Ancak dünyada ISO 9000 uygulamaları gitgide yaygınlaşmaktadır ve eleştiriler standartların güncelleştirilmesi sırasında iyileştirici yönde dikkate alınabilir.

Eleştirilen noktalardan biri de aynı standardın çeşitli ülkelerde uygulanmasında ortaya çıkan farklılıklardır. Bazı ülkelerde belgelendirme çok kolay ve çok ucuza mal olmakta, diğerlerinde ise çok zor ve çok pahalıya mal olmaktadır. Bu durum rekabet ortamında fiyat yönünden eşitsizlikler yaratmaktadır. Ancak bu eşitsizliğin kalite yönünden dengelenmesi beklenir.

Bilindiği üzere ISO 9000 standartları her tür ürün ve hizmet üreten kuruluşa uygulanacak şekilde tasarlanmıştır. [17].

3.6.3 ISO 9000 Standartlarının Kullanım Alanları

Bu alanları şöyle özetleyebiliriz.

3.6.3.1 ISO 9001 Standardı

ISO 9001, kalite sistemleri tasarım, geliştirme, üretim ve hizmette kalite güvencesi modelidir. ISO 9001 belirlenen isteklere uygunluğun tedarikçi tarafından, yukarıda belirtilen aşamalarda, sağlanması gerektiği durumlarda uygunsuzlukların önlenmesi amacına yöneliktir.

3.6.3.2 ISO 9002 Standardı

Üretim ve tesiste kalite güvencesi modelidir. ISO 9001'den farklı olarak şartname ve tasarımda kontrol yapılmaz. Ayrıca servis sonrası hizmet verme zorunluluğu da yoktur.

3.6.3.3 ISO 9003 Standardı

Son muayene ve deneylerde kalite güvencesi modelidir. ISO 9002 ile ilgili hükümler sadece son muayene ve deneyler için geçerlidir. Tüm inceleme, kayıt ve prosedürler, ürünün muayeneden müşteri teslimatına kadar olan kısmını kapsar.

3.6.3.4 ISO 9004 Standardı

Kalite yönetimi ve kalite sistemleri kılavuzudur. İhtiyaçların belirlenmesinden, müşterinin tatmin edilmesine kadar her aşama için kaliteyi etkileyen yönetsel, teknik ve insan faktörlerini kapsar.

3.6.3.5 TS/ISO 9005 Standardı

Kalite terimleri ile ilgili bir standarttır. ISO standartlarındaki karşılığı ISO 8402 'dir. Türkiye'de TS-ISO 9005 olarak yayınlanmıştır. [15].

- Hassas Döküm yöntemi ile üretim yapan firmalarda, üretimin çeşitli aşamalarında ortaya çıkan hatalar, Gedik Döküm ve Vana San. Ve Tic. A.Ş. firmasının hassas döküm grubuna ait üretim akış şeması (Bkz. EkA) baz alınarak “Hassas Döküm Yöntemindeki Hatalar” bölümünde bahsedilmişlerdir.

4. HASSAS DÖKÜM YÖNTEMİNDEKİ HATALAR (FİRMA UYGULAMALARINDAN ÖRNEKLER)

Rekabet koşullarının tüm hızı ile hakim olduğu döküm sektöründe maliyetlerin aşağıya çekilmesinde göz önünde bulundurulması gereken çalışma, hatasız döküm yapabilmenin yollarını aramaktır. Dökümhanelerde uygun olmayan çalışma şartları nedeniyle çok farklı hatalar ortaya çıkar. Hatalı bileşim seçimi, uygun olmayan döküm dizaynı, hatalı döküm sonrası işlemler hataların ana sebepleridir. [18].

Dökümhanelerde Proses Kontrol biriminin en önemli görevi, döküm hatalarını belirleme, hataların nedenlerini açığa çıkarma ve önleme çarelerini araştırmaktır. Bunları belirledikten sonra önerilerini ilgili birimlere aktarabilmelidirler. Değerlendirmeler ve alınan kesin kararlar kayıt altında tutulmalıdır. [18].

Tüm döküm proseslerinde olduğu gibi hassas döküm parçalarında da görülen kusur ve süreksizlikler genel olarak yüzeysel yada dahili olarak sınıflandırılabilir. Yüzeysel kusurluluk veya süreksizlikler; kaynağı ne olursa olsun porozite, soğuk bölge, soğuk birleşme, curuf, birtakım inklüzyonlar, çatlaklar gibi gözle görülebilen veya yüzeye açık olan hatalardır. Dahili kusurlar da ; segregasyon, çekilme boşlukları, maça kırığı ve maça kaçıklığı gibi gözle görünmeyen veya yüzeye açık olmayan kusurlardır. Gaz boşlukları çekinti (mikro çekinti) ve kütleli sertlik gibi birtakım süreksizlikler vardır ki bunlar hem yüzeysel hem dahili olabilir. [19]

BICTA (İngiliz Hassas Dökümcüler Birliği Teknik Komitesi), yayınladığı hatalar atlasında kusurları 3 ana kısma ayırmaktadır. Bu komitenin bakış açısından hata türlerine göz atacak olursak:

- Model yapımından kaynaklanan hatalar;
- Kalıp üretiminden kaynaklanan hatalar;
- Metalurjik hatalar. [19].

4.1 Mum Hataları. (Mum Model Yapımından Kaynaklanan Hatalar)

Hassas döküm yönteminin seramik kabuk teknolojisinde kullanılan model mumlarının üretimleri esnasında birtakım hatalar ortaya çıkmaktadır. Bu hatalardan kısaca bahsetmeden önce, mum model parçalarımızın kalitesini etkileyen faktörlere bir göz atmak gerekir.

▪ Mum Parçalarımızın Kalitesini Etkileyen Faktörler:

1. Enjeksiyon esnasındaki mumun sıcaklığı ve fiziksel durumu.
2. Enjeksiyon derecesi (hızı).
3. Enjeksiyon basıncı.
4. Kalıp boşluğu dolduktan sonra devam eden basınç ve zaman.
5. Enjeksiyon esnasında kalıbın sıcaklığı.
6. Kullanılan mum karıştırıcısının karakteristiği; uygun bir karıştırıcı kullanılına kadar şu hatalar gözlenebilir.
 - a) “Sıcak” akış çizgileri,
 - b) “Soğuk” akış çizgileri.
 - c) Kalıp yolluğunun kısa oluşu ve/veya katlama.
 - d) Hava girmesi.
 - e) Fazla ve düzgün olmayan (kaba) kendini çekme.
 - f) Soğurken çarpılma. [20].

Tüm bunlar mum kalıbın kalitesi üzerinde son derece önemli etkilere sahiptir.

Buna göre mum parçalarda görülebilecek hatalardan bazıları:

4.1.1 Mum Parçada Eksiklik Kalması:

Tanımı : Mum model tamamlanamamıştır; genellikle kenarlarda eksik bölümler kalmıştır.

Nedeni: Mum, kalıbı tam olarak dolduramamıştır. Eğer kalıbın yeterli, uygun bir yolluğu olduğunu varsayarsak o zaman ya doldurma hızımız yetersiz ya da mum tam dolduramadan katılaşmıştır.

Önlenmesi: Enjeksiyon basıncı artırılır ve kontrol edilir; eğer sonuç alınıyorsa devam edilir. Nozulda zamansız bir mum soğumasının olup olmadığı kontrol edilir. Nozul ısıtması ayarlanır. Kazandaki mum sıcaklığı yükseltilir ve kontrol edilir; eğer iyi sonuç verirse optimum sonuç elde edilene kadar devam edilir. Kalıp sıcaklığı kontrol edilir ve eğer normal çalışma sıcaklığının altında ise düzeltilir. Mum enjeksiyon hızı adım adım artırılır ve kontrol edilir.

4.1.2 Parçada Boşluk

Tanımı: Girilen hava, parça yüzeyinde düzensiz küçük boşluklar olarak görülmektedir. Hava kabarcıkları veya düzensiz şekillerde boşluklar halinde görülürler.

Nedeni: Mum kalıba girerken mumun içine hava girmesidir. Bu olay belki kalıp-nozzle birleşimindeki çatlak bir yerden akan mumun hava emmesi ile oluşabilir. Akan mum kalıp boşluk yüzeyine çarpınca kırılabilir ve hava girebilir.

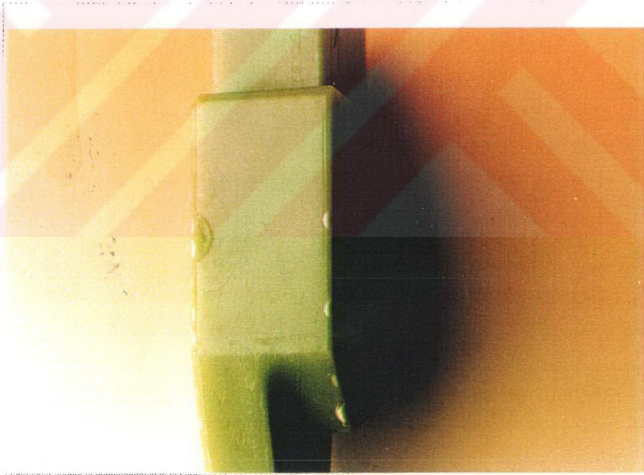
Önlenmesi: Nozzle ile kalıp arasında bir sızdırmazlık olup olmadığı kontrol edilir. Kalıp yolluk kanalını mum enjeksiyonu en düşük noktada olacak şekilde yeniden dizayn edilir. Mum sıcaklığı en düşük seviyeye ayarlanır ve düşük enjeksiyon hızının olması sağlanır. [20].

4.1.3 Soğuk Akış Çizgileri:

Tanımı: Halkalar ve oval şekiller halinde mum parça yüzeyinde çıkan çizgilerdir.

Nedeni: Bu çizgiler, mumların kesintili olarak ve sonunda akışında kesilmeler olduğunu ve diğer akan mumlarla birleşemediğini gösterir. Bu hatanın “Sıcak Akış Çizgileri” hatası ile karıştırılmaması gerekir.

Önlenmesi: Kalıp sıcaklığı çalışma sıcaklığının altında ise düzeltilir. Nozzle’daki zamansız mum soğuması kontrol edilir ve eğer varsa ısı ayarlanır. Kazandaki mum sıcaklığı artırılarak sonucu kontrol edilir. Mum enjeksiyon hızı ve basıncı yükseltilir. Kalıbın makinede, enjeksiyonda kalma süresi artırılır. (Bkz. Şekil 4.1). [20].



Şekil 4.1 Soğuk Akış Çizgileri

4.1.4 Sıcak Akış Çizgileri

Tanımı: Çizgiler parça boyunca düz çizgi halindedir ve parça cilalı gibi görünür.

Nedeni: Akan mumdaki türbülansın veya iki taraftan akarak karşılaştıran mumun kalıp- mum yüzeyindeki donmasından oluşur. Genellikle parça geometresinden dolayı türbülans engellenemez. Dolayısıyla parça-kalıp yüzeyindeki sıcaklık farkının giderilmesi ile engellenmeye çalışılır.

Önlenmesi: Mum sıcaklığı düşürülür. Sıcak kalıp ilk başta mumun yumuşama sıcaklığında ayarlanıp sonra en iyi sonuç elde edilene kadar ayarlanır. (Bkz. Şekil 4.2) [20].



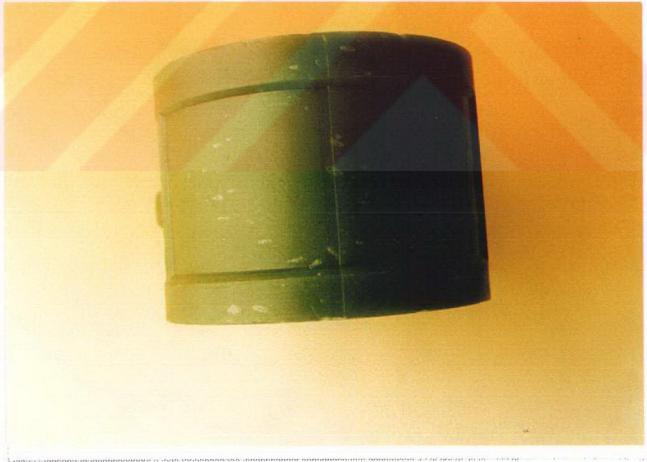
Şekil 4.2 Sıcak Akış Çizgileri:

4.1.5 Parça Yüzeyindeki Kabarcıklar

Tanımı: Mumun içindeki havanın genişleyerek oluşturduğu kabarcıklardır. Mum yüzeyinin altındaki hava yüzeye doğru itilir.

Nedeni: Makineden boşaltılan mumdaki hava veya mum enjeksiyonu esnasında giren hava mum kalıptan çıkarken genişler.

Önlenmesi: Büyük kabarcıkları yitüzdürecek kadar ve hava girişini engelleyecek kadar mum kazanındaki mum akışkanlığının düşük olması sağlanır. Akışkanlığı ayarlamak için mum saklama sıcaklığı yükseltilir ve eğer gerekli olursa tekrar soğutulur. Mum enjeksiyon fırınına, yaratılan türbülans minimuma indirgenerek yeniden sıvı mum eklenir ve belli bir süre bekletilir. Mum tankındaki mum seviyesinin minimuma düşüp düşmediği hava girişini engellemek için kontrol edilir. (Bkz. Şekil 4.3). [20].



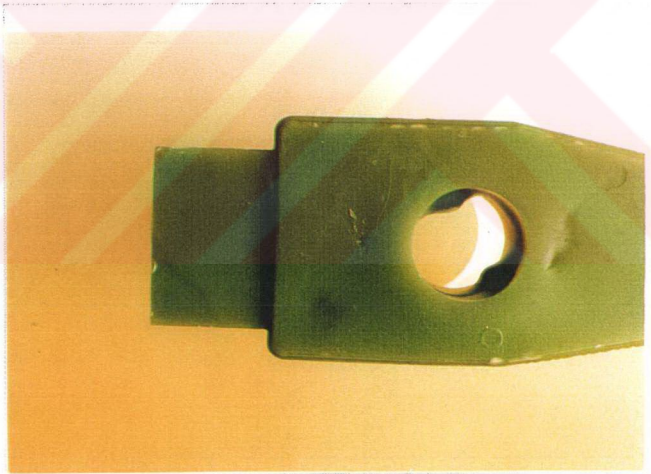
Şekil 4.3 Parça Yüzeyindeki Kabarcıklar

4.1.6 Yüzeyde Çukurluk (Çökme, Çekinti)

Tanımı: Genellikle kalın kesitlerde oluşan çukurluklardır.

Nedeni: Mum soğurken kalıp yüzeyinde içeri doğru soğur ve bu esnada yüzeyden içeri doğru deforme olur. Bu çekmeyi yolluk ile mum besleyemiyor.

Önlenmesi: Mumun sıcaklığı düşürülür. Gereğinden fazla kalıp sıcaklığının düşük veya yüksek olması engellenir. Mum enjeksiyon süresi ve basıncı artırılır. Kalıp enjeksiyon kanalı genişletilir. Bu kanal izole edilerek mumun bu alanda soğuması geciktirilir. Bir diğer çözüm ise, çekme yapan bölgeye kalıpta soğuk mum parçası konur ve akan mum onu kaplayarak oluşan boşluk önlenir. (Bkz. Şekil 4.4). [20].



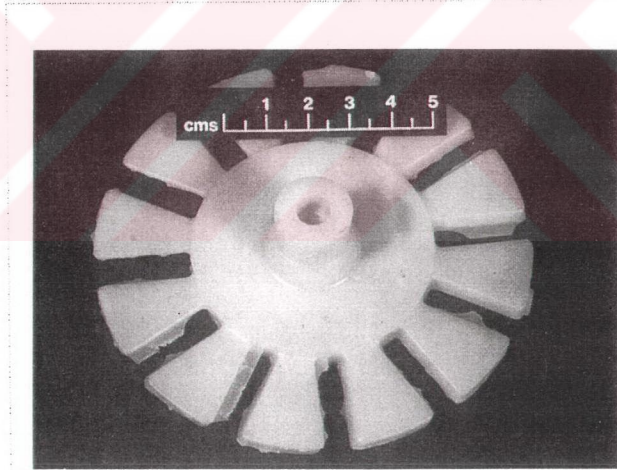
Şekil 4.4 Yüzeyde Çukurluk.

4.1.7 Kalıp Birleşim Yeri Hatası.

Tanımı: Kalıbın ayırma yerlerinde görülen sızıntı şeklindeki çıkıntılar veya şeklindeki kayıklıklardır. Çapak hatası ve kalıp kayması hatası örnekleri verilebilir.(Bkz. Şekil 4.5 ve 4.6)

Nedeni: Mum model oluşumu esnasında mum model kalıbının tam oturmaması.

Önlenmesi: Mum model kalıbının mum modeli hazırlama esnasında birbirleri ile iyi öpüşmesinin sağlanması.



Şekil 4.5 Çapak Hatası



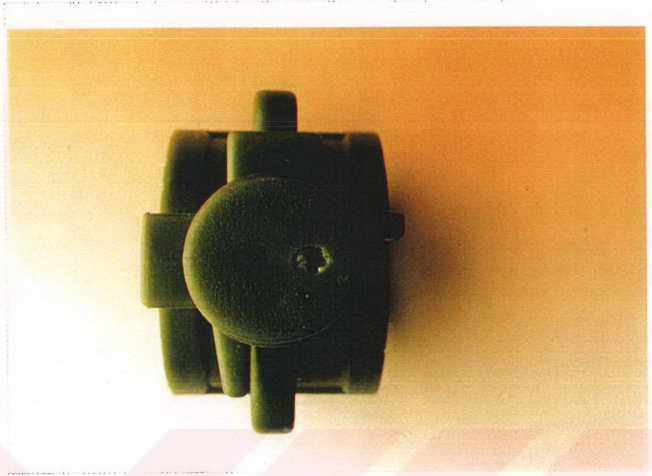
Şekil 4.6 Kalıp kayması hatası

4.1.8 Yolluk Kopması Hatası:

Tanımı: Fazla derin olmayan geniş yüzey boşlukları şeklinde görülürler.

Nedeni: Mum modelin kalıbından çıktıktan sonra, sıcak halde model parça giriş kanalının alınması ve kopmasından ileri gelir.

Önlenmesi: Giriş kanalının soğuduktan sonra alınması gerekir. (Bkz. Şekil 4.7). [20].



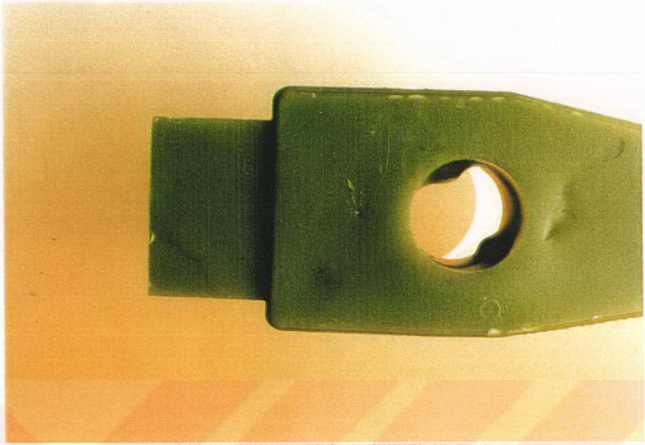
Şekil 4.7 Yolluk kopması hatası

4.1.9 Sürekli Yüzey Hataları.

Tanımı: Mum modelde sürekli aynı yer ve şekilde ortaya çıkan değişik görüntümlü hatalardır. (iz, çentik, itici pim hatası, maça vs. , Bkz. Şekil 4.8)

Nedeni: Mum kalıpta aşınma, kalıp hasarı v.b. gibi veya itici pimlerin mum yüzeyinde iz bırakması gibi herhangi bir nedenden dolayı ortaya çıkan hatanın her bir mum modele yansımadır.

Önlenmesi: Kalıptaki iz, çapak gibi istenmeyen oluşumların temizlenmesi veya kalıbın değiştirilmesi, itici pimlerin ayarının yapılması. [20].



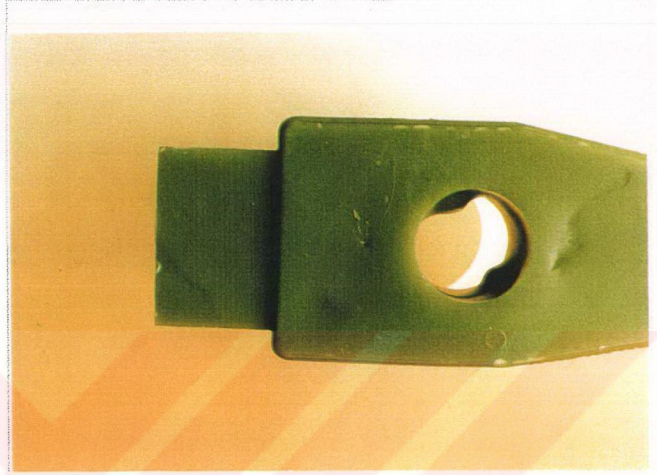
Şekil 4.8 Sürekli Yüzey hataları (itici pim hatası).

4.1.10 Şişme Hatası

Tanımı: Model yüzeyinde enjeksiyon sonrasında görülen şişkinlikler. (Bkz. Şekil 4.9)

Nedeni: Model parçasının, sıvı mum basıncı etkisiyle şeklinin bozulup, büyümesidir.

Önlenmesi: Yüksek mum basıncı veren yolluk sisteminin kullanılmaması gerekir.



Şekil 4.9 Şişme hatası [20]

4.2 Seramik Kalıp Hataları.

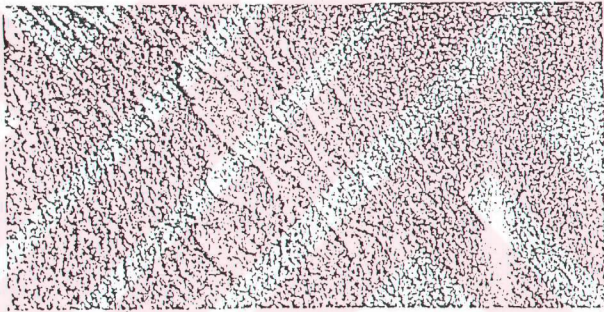
4.2.1 Aşırı Temizleme (Dağlama) Hataları:

Tanımı: Döküm sonrası parça yüzeyinde pürüzlü yüzey görüntüsü şeklindedir.

Nedeni: Mum modelin seramik kat atmaya girmeden önce yapılan dağlama (temizleme) işleminin az veya fazla olmasıdır. Uygun mum model temizlemenin

prensibi, dökümde mükemmel yüzey kalitesine ulaşmamızı sağlayan seramiğin muma iyi yapışması olayını sağlayacaktır.

Önlenmesi: Temizleyici içerisinde çok uzun süre tutmamak; temizleyiciden çıkartır çıkartmaz durulamak gerekir. Ayrıca temizleme solüsyonunun verimi kontrol edilmeli, ilk banyoda yeterli ıslatma malzemesi seçilmelidir. (Bkz. Şek.4.10) [20].



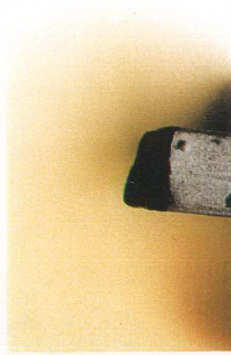
Şekil 4.10 Aşırı dağlama hatası.

4.2.2 Hava Kabarcıkları (Banyo Hazırlama Esnasındaki) Hataları:

Tanımı: Seramik kabukta oluşan pürüzsüz kabarcıklar.

Nedeni: Seramik banyo hazırlama esnasında, ayrı bir tankta hazırlanan banyolara yeni karıştırılmış pudra ve bağlayıcı çok fazla miktarda hava içerir. Bu havanın, banyonun maksimum dayanımı ve kararlı yapışkanlığa (viskozite) erişmesinden önce çıkarılmış olmasına dikkat etmek gerekir. Kısaca yetersiz yüzey ıslatma malzemesinin olması, banyo viskozitesinin yüksek olması, uygunsuz daldırma tekniği veya mekanik hava girişidir.

Önlenmesi: Bu durumun ortadan kaldırılması için banyo viskozitesinin düşürülmesi veya ön ıslatma solüsyonunun kullanılması; çok sayıda daldırma işleminin yapılması; yavaş daldırmanın uygulanması vb. gibi uygulamaların yapılması gerekir. (Bkz. Şekil 4.11). [20].



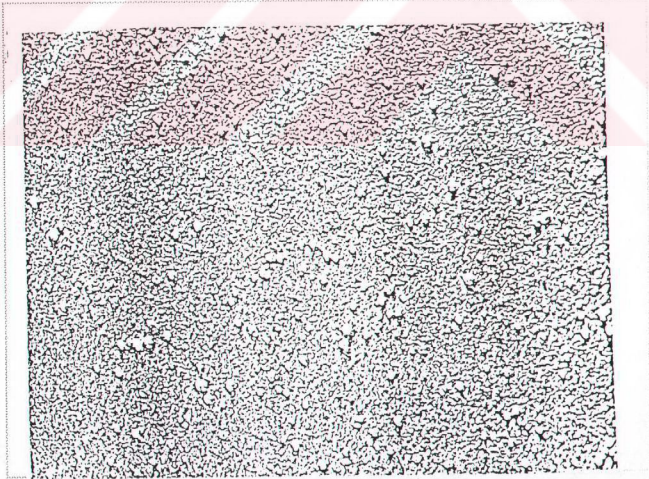
Şekil 4.11. Hava kabarcıkları

4.2.3 Kum Nüfuziyeti ve Pürüzlü Yüzey Oluşum Hatası:

Tanımı: Yüzeydeki pürüzlülük. (Bkz. Şekil 4.12)

Nedeni: Çok ince banyonun olması; kumlamadan önce, çok uzun süzme zamanı; çok iri kumlama kumu; salkım üzerine çok yüksek kum yağış miktarı; tamburlama teknesinden düzensiz kum akışının olması; akışkan yatağına uygunsuz hava akımı; banyoda köpüklenme; banyo hazırlama veya ayarlama esnasında pudranın yetersiz ıslanması; metal-kalıp arası reaksiyondur.

Önlenmesi: Viskozitesi daha yüksek banyonun kullanılması, süzülme zamanının optimize edilmesi, daha ince kum kullanılması, kumun düşüşüne göre salkımın yukarı kaldırılması, hava akımının ihtiyaç oranında düşürülmesi ve yatağın temiz tutulması, ıslatma malzemesinin azaltılması veya değiştirilmesi veya köpük gidericilerin kullanılması, yüzey kaplamasında daha iyi karakterde refrakterin kullanılmasıdır. [20]



Şekil 4.12 Kum nüfuziyeti ve pürüzlü yüzey oluşum hatası

4.2.4 Kalıp Kırılması (Kalıp çatlak) Hataları:

Tanımı: Döküm yüzeyinde çizgiler halinde görülürler.

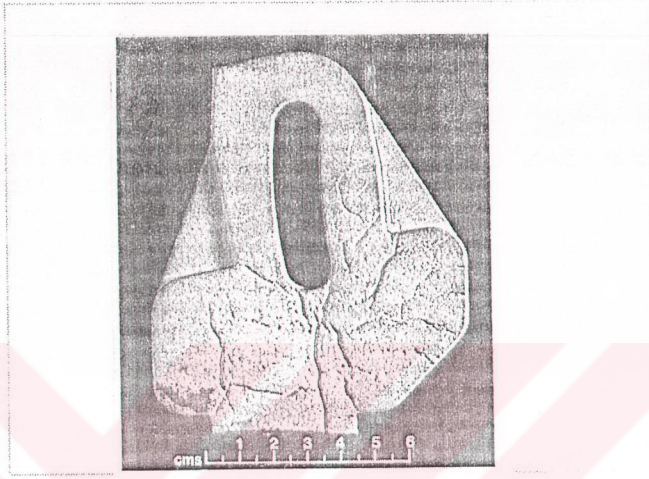
Nedeni: Seramik çamur katmanın kuruması sırasında mumun genişmesi seramik kaplamayı kırabilir, mum salkım üzerindeki kat kururken, mumu soğutma eğilimi gösterir. Bu soğutma etkisi mumun çok az miktarda da olsa çekmesine neden olur. Suyunu kaybettiğinde soğuma etkisi sona erer ve mumun ısısı yeniden oda sıcaklığına erişir. Mum salkımın etrafını çevreleyen kabuk mum kadar hızlı genişemez ve genişmiş mum tarafından uygulanan kuvvet sonucu çatlatılmış olur. Kuruma çatlaklarının çoğu döküm sırasında metalle dolmaya yetecek büyüklükte olup gereğinden fazla metalin kabuk kalıba dolmasına neden olurlar ve döküm yüzeyinde çizgiler halinde görülen hatalara neden olurlar. Aynı zamanda bazı çok ince çatlaklar da gözlenmektedir. Bu mikro çatlaklar metalin içeri girmesine izin vermeyecek kadar küçüktürler, fakat havanın döküm yüzeyine ulaşmasına izin verirler. Geniş kuruma çatlaklarından giren metal, döküm çapaklarına neden olur.

Kuruma çatlaklarının nedenleri arasında; kuruma sırasında çok düşük nemin olması, çok uzun süren kuruma, düzensiz hava akımı, sıcaklık dalgalanmaları, ilk kat ve diğer katların genişleme katsayılarının farklı olması sayılabilir.

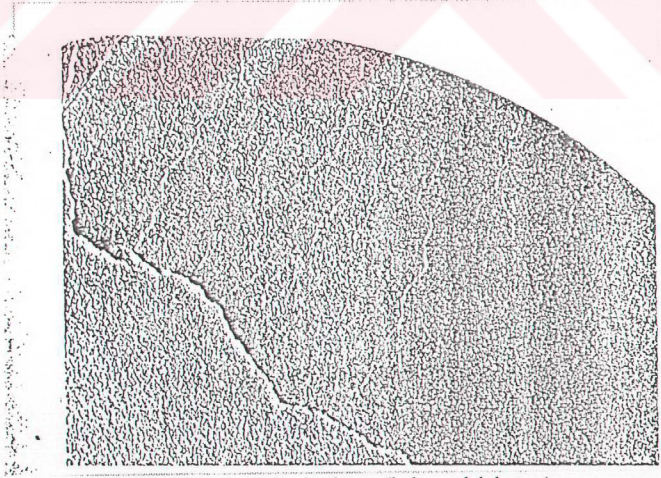
Otoklavın basıncı çok yavaş yükseliyorsa ve mum otoklav öncesi ısınıp genişirse seramik kabuk çatlakları meydana gelir.

Önlenmesi: Bu hata, ilk daldırma kurutma sırasında nemin yükseltilmesi optimum kuruma zamanının kullanılması, doğrudan seramiklere uygulanan yüksek hızlı hava akımının düşürülmesi, düzenli sıcaklık kontrolünün sağlanması ve daha iyi bir pudra seçimini yapılmasıyla önlenebilmektedir. Salkımlardaki sıcaklığın düzenliliğinin sağlanmasıyla ve salkımların otoklavda az bir sürede maksimum basınca erişmesiyle de bu hatalar giderilebilir. Mum boşaltma işleminin sonunda basınç yavaşça düşürülmelidir. Basınç çok hızlı düşürülürse seramik içinde su oluşmasına neden olur. Bu su incelmeye ve çatlamaya sebebiyet verir. Otoklavda

mum giderme işleminin uygun bir şekilde yapılması çatlak problemini minimuma indirecek veya ortadan kaldıracaktır. (Bkz. Şekil 4.13). [20].



Şekil 4.13 (a) Kalıp kırılması (kalıp çatlak) hatası.



Şekil 4.13 (b) Kalıp kırılması (kalıp çatlak) hatası

4.2.5 Seramik Kabuğun Kabarması Hataları Hataları

Tanımı: Döküm parçası yüzeyinde fazla derin olmayan şekilsiz boşluklar.

Nedeni: Mum ergitme sırasında veya sonrasında ilk kat veya katların tamamen kırılıp ayrılmasının nedeni katmanlar arası yapışma yetersizliğidir. Çünkü fazla sıvama katmanlar arası bağ oluşumunu engeller.

Önlenmesi: Bu hatanın önlenmesi için, sıvama malzemesinin bağ yapmasının sağlanması, ön ısıtmanın yapılması gerekir. (Bkz. Şekil 4.14) . [20].



Şekil 4.14 Seramik kabuk kabarma hatası.

4.2.6 Kumlama hataları.

Nedenleri: Boşluk, delik ve yarıkların içinin fazla veya az kumlanması, kumun çok iri olması, kumlama kumunun topak içermesi, boşluk ve yarıklarda kumlamanın yeterli olmaması, ikinci ve daha sonraki daldırmalar çok viskoz olması durumlarında bu tür hatalar meydana gelebilmektedir.

Önlenmesi: Fazla kumun alınmasıyla küçük taneli kumun kullanılmasıyla, topakların elenerek kumlama kumundan ayrılmasıyla kuruma zamanının arttırılmasıyla, ön ıslatmaya tabi tutup banyo viskozitesinin düşürülmesiyle önlenebilmektedir.[20]

4.3 Metalurjik Hatalar :

Bu gruptaki hatalar, malzemenin iç yapısı ile ilgili olup fiziksel görünümlü hatalar değildirler. Bazıları gözle biraz fark edilebilirse de esas olarak makroskopi, mikroskopi ve tahribatsız muayene metotları ile anlaşılabilirler. Gözle pek görülemedikleri için döküm parçasında hata yok sanılabilir. Oysa, pek çok fiziksel hatadan çok daha büyük öneme sahip olup belirlenmedikleri taktirde çok kötü sonuçlar doğurabilirler. Bu nedenle iyi bilinmeleri ve titizlikle kontrol edilmeleri sağlanmalıdır. [19].

4.3.1 Hassas Döküm Yöntemi İle Dökülen Parçalarda Görülen Döküm Hataları

Hassas Döküm yöntemi ile üretilen parçalarda görülebilecek hatalardan bazıları şunlardır:

4.3.1.1 Gaz Hatası

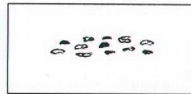
Tanımı: Kalıp gazlarından gelen gaz boşlukları geniş yuvarlak yada uzun boşluklar şeklindedir. Nemden gelen gaz boşlukları, yuvarlak ve uzun boşluklardır. Hava sıkışması hatası döküm parçasının üst yüzeyinde yüzeyleri düzgün oldukça büyük ölçülü ve uzun boşluklardır.

Nedeni: Kalıbın gaz geçirgenliğinin az veya kalıbın havalandırılmasının kötü olmasından kaynaklanır. Nemden gelen gaz boşlukları, metalin kalıp içindeki nemle temas etmesiyle oluşmaktadır. Hava sıkışması hatası, sıvı metal içinde sıkışıp kalan hava ile meydana gelmektedir. yolluk sistemi dizaynının içeri hava girmeyecek şekilde olması v.b. usullerle önlenebilmektedir.

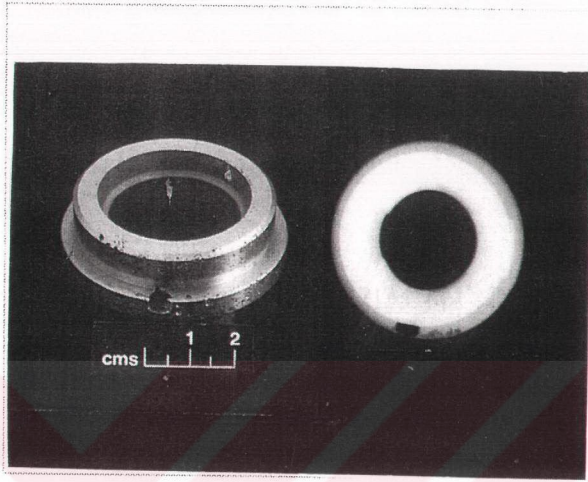
Önlenmesi: Kalıp havasının yeterli düzeyde alınması v.b. ile önlenebilmektedir. Yolluk sistemi dizaynının içeri hava girmeyecek şekilde olması v.b. usullerle önlenebilmektedir. Gaz hataları genel olarak daha düzgün ve oksitlenmiş yüzeylere sahiptir. Gaz hatalarını önleyebilmek için ; normal metal basıncını önleyen dizaynlar yapılmalı (çok kalın ve çok ince kesitlerde), yolluk sistemi türbulansa neden olmamalı, seramik kabuğun fazla neminin giderilmiş olması dökülen metalin sıcaklığının çok düşük veya çok yüksek olmamalı; şarj malzemelerinin paslı, kirli, yağlı veya nemli olmamalı, metal banyo yüzeyi ince, akışkan bir cüruf tabakası ile örtülmelidir . [18, 21]



Yüzeyde



Döküm İçerisinde



Şekil 4.15 Gaz Hataları

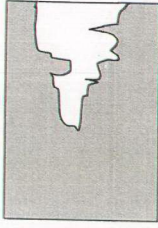
4.3.1.2 Çekilme Hatası

Tanımı: . Yüzey çekilmesi yüzeye açık boşluk yada derin boru şeklinde olup beslenmeyen kısımlarda görülen katılaşma çekilmesidir

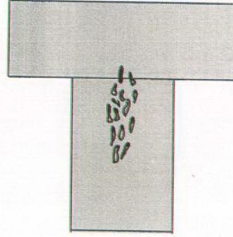
Nedeni: Katılaşma sırasında çekinti boşlukları, metalin sıvı halden katı hale geçerken hacmini küçültmesinden ileri gelir. Çekinti miktarı, metalin bileşimine, uygulanan işleme ve döküm sıcaklığına bağlıdır.

Önlenmesi: Çekinti boşlukları döküm parçasının son katılaşan kısımlarında meydana gelir. Kesit değişimlerinin yumuşatılması, döküm sıcaklığının düşürülmesi, besleme koşullarının artırılması, besleyicinin uygun bölgelere yerleştirilmesi ile önlenebilir.

Çekinti boşlukları iğnemi ve oksitli bir yapıya sahiptir.



(i)



(ii)

Şekil 4.16 (a) Çekinti hataları

- (i) Dar katılaşma aralıklı alaşımlarda, büyük hacimli çekinti boşlukları oluşur.
- (ii) Geniş katılaşma aralıklı alaşımlarda, büyük hacimli fakat küçük boşluklar halinde dağınık çekinti boşlukları oluşur. [18, 21]



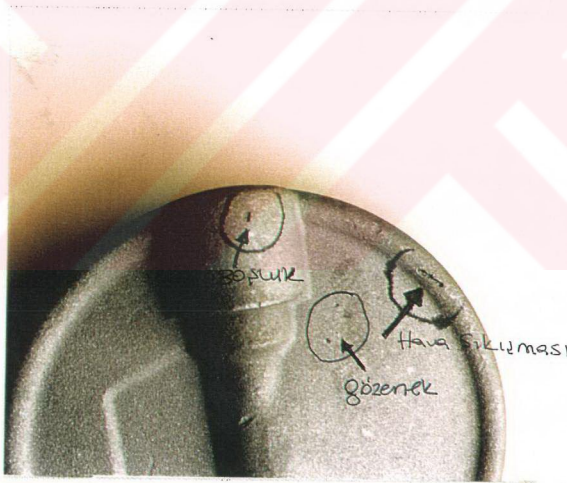
Şekil 4.16 (b) Çekinti hatası

4.3.1.3 Gözenek

Tanımı: Genellikle parlak yüzeyli yuvarlak boşluklardır. Parçada baştan başa dağılmış olarak bulunurlar. (Bkz. Şekil 4.17.)

Nedeni: İç porozite, özellikle kalın kesitlerde ve soğutucu veya giriş yolluğu yanındaki dağınık gözeneklerdir. Katılaşma aralığı geniş yani katılaşma süresi uzun olan alaşımlarda katılaşmış bir kesit içerisinde hapsolan sıvı maddenin çekilmesi, sonucunda oluşurlar.

Önlenmesi: Yönlendirilmiş katılaşma sağlanarak önlenir. Döküm sıcaklığının düşürülmesi, fosfor bileşiminin mümkün olduğu kadar düşük tutulması, beslemenin artırılması ile önlenebilir.. [18, 21]



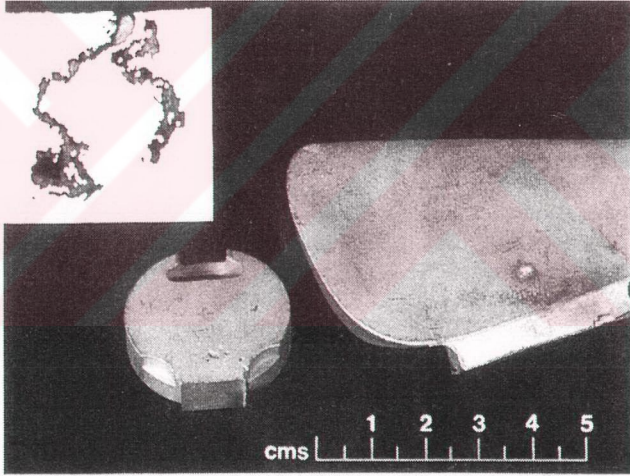
Şekil 4.17 Gözenek hatası

4.3.1.4 Cüruf

Tanımı: Cüruf kalıntıları değişik ve düzensiz şekilli hatalardır.

Nedeni: Fırından veya potadan gelen ve döküm sırasında metalden ayrılmayan cüruflar hatanın nedeni oluşturur. (Bkz. Şekil 4.18.)

Önlenmesi: Döküm sıcaklığının bir miktar arttırılması, yolluk sisteminin cüruf tutacak şekilde yapılması, potaya aşırı ilavelerden kaçınılması, cürufun akıcılığının arttırılması, yüzey koruyucu ve cüruf ayırıcı malzemeler kullanılması ile önlenabilir.[21]



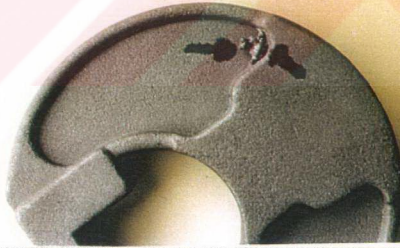
Şekil 4.18 Cüruf hatası.

4.3.1.5 Çapak

Tanımı: Metalin oluşturduğu çıkıntılardır.

Nedeni: Seramik kabuk oluşumu esnasında mum ile seramik çamurun birbirleri ile nüfuziyeti tam sağlanamamasından kaynaklanır.

Önlenmesi: Seramik kabuk oluşumu esnasında mum ile seramik çamurun birbirleri ile nüfuziyeti tam sağlanmalı, kaplama esnasında gaz oluşmamalı, kalıplardan çıkan mum modeller olabilecek çapaklarından temizlenmelidir. (Bkz. Şekil 4.19). [21].



Şekil 4.19 Çapak hataları.

4.3.1.6 Şişme

Tanımı: Döküm parçanın, sıvı metal basıncı etkisiyle şeklinin bozulup büyümesidir.

Nedeni: Kalıbın sıvı metal basıncına dayanabilecek sertlik ve mukavemette olmamasıdır.

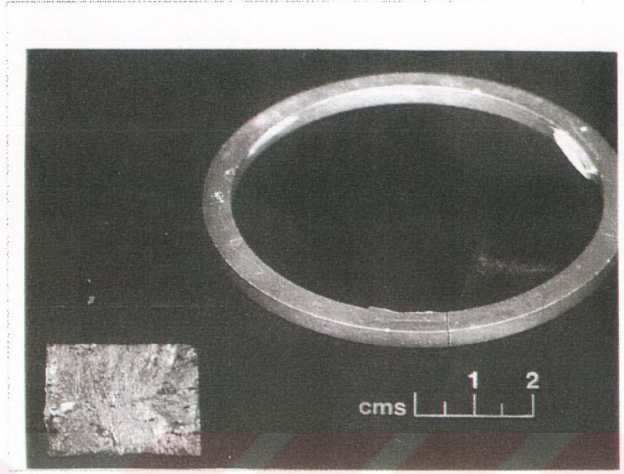
Önlenmesi: Kalıbın sıvı metal basıncına dayanabilecek bir sertlik ve mukavemette olması ve yüksek metal basıncı veren yolluk sisteminin kullanılmaması gerekir. [21]

4.3.1.7 Soğuk Çatlak

Tanımı: Düzgün, temiz ve oksitlenmemiş uzun çatlaklardır. Bazen çok ince olup, gözle görülmezler.

Nedeni: Parça konfigürasyonuna bağlı olarak soğuma hızının farklı olmasından doğan iç gerilmeler sonucu ortaya çıkarlar. Katılaşma tamamlandıktan sonra oldukça düşük sıcaklıklarda, 260 °C'nin (çelik için) altındaki sıcaklıklarda meydana gelir.

Önlenmesi: Gerilimi azaltmak için tasarımın yeniden yapılması; döküm şartlarının tekrar düzenlenmesi; seramik kabuğun sıcaklığının artırılması ile önlenabilmektedir. (Bkz. Şekil 4.20). [21].



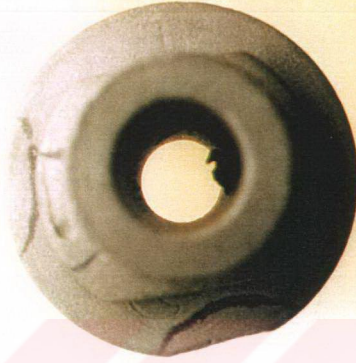
Şekil 4.20 Çatlak hatası.

4.3.1.8 Metal Yürümemesi

Tanımı: Döküm parçasında görülen yuvarlak kenarlı tamamlanmamış kısımlar.

Nedeni: Sıvı metalin kalıbı tamamen doldurmama hatasıdır. (Bkz. Şekil 4.21)

Önlenmesi: Döküm hızını ve sıcaklığını artırmak, kesikli döküm yapmamak gerekir. Ayrıca basınçlı yolluk sisteminin kullanılması, yolluk sayısının artırılması, yolluk yüksekliğinin artırılması, metalin akıcılığının artırılması, kalıp boyutlarının yeniden düzenlenmesi ile de önlenebilir.[21].



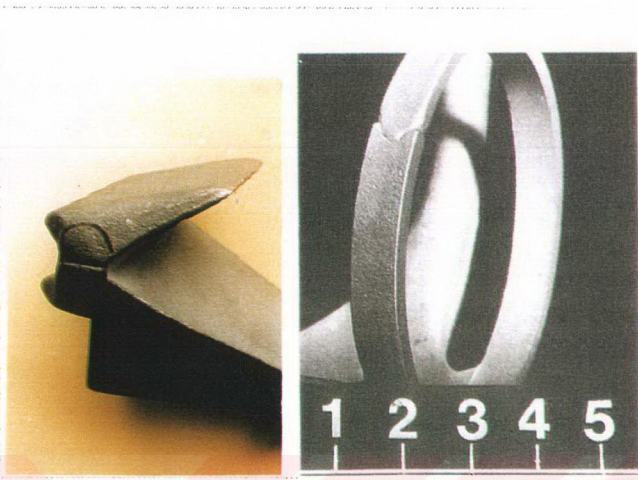
Şekil 4.21 Metal yürümemesi hatası.

4.3.1.9 Soğuk Birleşme

Tanımı: Döküm parçasının yüzeyinde çizgi ve yivler şeklindedir.

Nedeni: Her hangi bir sebepten dolayı sıvı metalin akışkanlığında düşüme olduğunda, kalıbın farklı yönlerinden gelen iki ayrı sıvı metal akıntısının birleşmeden katılaşmaya başlaması ile oluşur. (Bkz. Şekil 4.22)

Önlenmesi: Döküm hızı ve sıcaklığının artırılması, düz ve çok ince kesitlerin yatay olarak dökülmesinden kaçınmak gerekir.[18, 21]



Şekil 4.22 Soğuk birleşme hataları.

4.3.1.10 Eksik Döküm

Tanımı: Kalıbın tam olarak dolmaması, bazı kısımların eksik çıkmasıdır.

Nedeni: Sıvı metalin kalıbı tam olarak doldurmaya yetmemesi veya kesikli döküm nedeniyle kalıp tam dolmadan metalin bir kısmının katılaşması ile meydana gelmektedir.

Önlenmesi: Kesintisiz döküm yapılması, sıvı metalin kalıbı dolduracak kadar olması, yolluk tasarımının iyi yapılması, metalin erken katılaşmasını önlemek için yolluk kesitlerinin artırılması gereklidir.[18]

4.3.1.12 Çarpılma

Tanımı: Eğilme, bükölme ve şekil değışimleri şeklinde ortaya çıkan hatalardır.

Nedeni: Döküm parçalarının düzensiz soğumasından; sıcak dökümün çok erken soğumaya terk edilmesinden; dökümün çeşitli kısımlarında meydana gelen gerilimlerin farklı olması ya da soğuma sırasındaki hacim küçölmesinin bazı sınırlamalara tabi tutulmasından kaynaklanır.

Önlenmesi: Düzenli bir soğuma sağlanmalı, hızlı ve sıcak döküm yapılmalı, kalıp erken bozulmamalı, kullanılan modelin yeterli ölçü tamlığında olmalıdır.[21]

- Yukarıda bahsedilen döküm hatalarını İngiliz Hassas Dökümcüler Komitesinin hazırlamış olduğı tabloya göre özetlersek :

Tablo 4.1 İngiliz Hassas Dökümcüler komitesinin düzenlediği hassas döküm hataları (metalurjik hatalar). [19].

Hata Tipi	Tanımı	Olası Nedeni	Önlenmesi
Yüzey kalıntıları (a) <i>Cüruf</i>	Koyu renkli camsı malzeme izler içeren veya içermeyen pürüzsüz cidarlı yüzey boşlukları.	Kirli ergitme haznesi.	Temiz ergitme haznesi kullanımı.
		Ergitme sırasında malzemenin aşırı oksitleyici atmosfere maruz kalması.	Doğru ergitme tekniği kullanımı. Ör: Cüruf örtüsü, redükleyici atmosfer uygulanması.
		Pota-Metal reaksiyonu	Doğru pota ve ergitme uygulaması.
		Döküm sırasında cüruf kaçması	Mümkün olan en düşük sıcaklıkta etkin cüruf temizliğinin sağlanması. Yolluk sisteminin türbulansı azaltıcı şekilde modifiye edilmesi.
		Metal-Kalıp Etkileşimi.	Mümkün olan en düşük kalıp ve metal sıcaklığında döküm yapılması ve birincil seramik kaplamanın refrakterliğinin artırılması
		Deoksidasyon sırasında silikat oluşumu.	Deoksidasyon uygulaması yeniden düzenlenmesi.
		Kirli ergitme haznesi.	Temiz ergitme haznesi kullanımı.
(b) <i>Oksit</i>	Döküm yüzeyinde düzensiz şekilli ince siyah film tabakası veya akıntılar.	Ergime esnasında reaktif elementlerin oksidasyonu.	Koruyucu atmosfer veya vakum kullanımı.

Hata Tipi	Tanımı	Olası Nedeni	Önlenmesi
(b) Yabancı Maddeler	Muhtemelen refrakter kalıntıları içeren düzensiz boşluklar.	Refrakter inklüzyonların kalıp boşluğuna girmesi	Doğru operasyon teknikleri kullanılması ve proses şartlarının sağlanması
Yüzey çekintisi	Yüzey çöküntüsü veya düzensiz boşluklar, bazen dentiritik şekil gösterirler.	Kalıp içinde sıcak bölgelerin oluşumu.	Döküm parçasında büyük kesit değişimlerinin azaltılması. Mümkün olduğunca parça giriş yolluğunun dolaylı dizaynı.
		Yetersiz besleme.	Yeterli beslemenin sağlanması.
		Yüksek kalıp ve/veya metal sıcaklığı.	Kalıbın ve gerekliyse metal sıcaklığının azaltılması.
Dağınık dahili çekinti.	Radyografik ve/veya mikro / makro inceleme ile görülen dağınık halde küçük veya lineer tipteki boşluklar.	Yetersiz ve doğru olmayan besleme.	Doğru metodun kullanılması.
		Doğru olmayan döküm şartları.	
		Doğru olmayan katılaşma aralığı.	
Kaba dahili boşluklar.	Radyografi veya bölme ile görülen geniş dahili düzensiz boşluklar.	Yetersiz veya yanlış besleme.	Doğrusal katılaşmayı teşvik etmek için ilgili bölümün yeterli beslenmesinin sağlanması
		Doğru olmayan döküm şartları.	Doğru döküm şartlarının sağlanması.
		Doğru olmayan katılaşma aralığı	Doğrusal katılaşmayı teşvik etmek için parça dizaynının modifiye edilmesi.

Hata Tipi	Tanımı	Olası Nedeni	Önlenmesi
Sıcak Yırtılmalar	Oksitlenmiş kırılma yüzeyi görünümünde taneler arası çatlaklar	Keskin iç açılar.	Yeterli düzgün açılar sağlanması.
		Besleme sisteminin doğru tasarlanmaması.	Besleme sisteminin incelenmesi; parça gerilimlerini minimize etmek için tasarım ve modifikasyon.
		Yüksek sıcaklıklarda döküm büzülmesinin sınırlanması	Kalıp mukavemetinin azaltılması. Büzülme sınırlanmasından kaçınmak için tasarımın modifiyesi ve özel dokumalar ile zayıf kısımların kuvvetlendirilmesi. Daha düşük bir katılaşma aralığının kullanılması.
		Doğru olmayan döküm şartları.	Döküm şartlarının modifiye edilmesi.
		Parça tasarımındaki ana kesit değişiklikleri.	Mümkün olduğunca kesitsel değişiklikleri düşürerek bu bölgelerde parça dizaynını modifiye etmek.
		Döküm sonrasında seramik kabuğun vaktinden önce hareketi	Katılaşmanın tam anlamıyla sona ermesini sağlamak için yeterli süre tanınması.

Hata Tipi	Tanımı	Olası Nedeni	Önlenmesi
Büzülme gerilmesi çatlakları	Parlak kristalsi yüzeyler gösteren taneler arası veya tane içi çatlaklar. <i>Not: Buradaki kriter oksit filimlerin yokluğudur.</i>	Döküm büzülmesinin sınırlanması Parça konfigürasyonuna bağlı olarak iç gerilmeler.	Kalıp mukavemetinin azaltılması. Büzülme sınırlanmasından kaçınmak için tasarımın modifiyesi. Gerilimi azaltmak için tasarımın modifiyesi. Döküm şartlarının tekrar düzenlenmesi; kalıp sıcaklığının artırılması.
Soğuk birleşme	İki karşılıklı metal akımının süreklilik arz etmeden birleştiği yerde ortaya çıkan yuvarlak kenarlı derin bir çatlaktır.	Yersiz akışkanlık. Yüzey geriliminin artmasına sebep olan yoğun oksidasyon. Birincil seramik kaplamaya göre metalin yüzey geriliminin çok fazla olması. Metal damlacıklarının ana metalle birleşmesindeki aksaklık.	Metal ve/veya kalıp sıcaklığını artırılması. Akışkanlığın artırılması için metal kompozisyonunun yeniden düzenlenmesi. Kontrollü bir atmosferde ergitme yapılması. Birincil seramik kaplama malzemesinin değiştirilmesi; örneğin alümina yerine zirkon kullanılması. Seramik kalıp içerisinde metal sıçramasından kaçınmak.

Hata Tipi	Tanımı	Olası Nedeni	Önlenmesi
Yürümeme	Döküm parçasının tam olarak şekillenmediği yerde yuvarlak kenarlı tamamlanmamış kısımlar.	Yetersiz akışkanlık.	Metal ve/veya kalıp sıcaklığını arttırılması. Akışkanlığın arttırılması için metal kompozisyonunun yeniden düzenlenmesi.
		Aşırı ince metal kesitleri.	Mümkünse metal kesitinin arttırılması. İnce kesitlerin genişletilmesi ve resim ölçülerinin buna göre düzenlenmesi.
		Tatmin edici olmayan yolluk tekniği.	Yolluk tekniğinin yeniden düzenlenmesi.
		Düşük kalıp nüfuziyeti.	Kalıp nüfuziyetinin arttırılması. İnce kesitlerden hava çıkışının sağlanması.
		Aşırı yavaş döküm yapılması.	Hap solmuş hava kalmayacak şekilde döküm hızının arttırılması. (Bkz. Gaz porozitesi)
		Kesintili döküm	Kesintisiz döküm yapılması.

Hata Tipi	Tanımı	Olası Nedeni	Önlenmesi
Gaz porozitesi			
(a) Hapsol muş hava	Genellikle oksitlenmiş bir yüzey arz eden pürüzsüz cıdarlı boşluklar. (Döküm esnasında genellikle üst yüzeylerde görülmeler).	Kalıp içerisinde aşırı türbülanslı metal akışı.	Daha az türbülanslı akış için parça giriş yolluğu tekniğinin yeniden düzenlenmesi. Self-venting (kendiliğinden gaz çıkışlı) kalıbı.
(b) Metaldeki boşluk	Genellikle parlak yüzeyli yuvarlak boşluklar. (Parçada baştan başa dağılmış olarak)	Ergiyikle temas halindeki pis, kirlenmiş veya nemli sarj malzemeleri ve yüzeyler.	Sıvı metalle temas halinde bulunan tüm sarj malzemelerinin ve yüzeylerin temiz ve kuru olmasına dikkat edilmesi.
		Tatmin edici olmayan deoksidasyon.	İndirgeme yönteminin revize edilmesi.
(c) Metal-kalıp reaksiyonu	Genellikle parlak yüzeyli yuvarlak boşluklar. (Reaksiyon bölgesinde yerleşmiş olarak).	Yanlış ısıtma uygulaması.	Kalıp ısıtma sıcaklığının veya zamanının artırılması. Fırın sıcaklığının kontrol edilmesi ve eğer gerekiyorsa ayarlanması.
		Kalıp veya kalıp malzemelerinin kirlenmesi.	Kalıp ve kalıp malzemelerinin kirlenmesinin önlenmesi.

Hata Tipi	Tanımı	Olası Nedeni	Önlenmesi
Erime lekesi (muhallesi)	Parça yüzeyinin çoğunu kaplayan koyu renkli sığ çöküntüler topluluğu.(Kalın kesitlerde genellikle daha yoğun biçimde görülür) .	Yüksek krom-demir alaşımlarının yüzey oksidasyonu	Döküm sırasında veya dökümden hemen sonraki indirgeyici şartların sağlanmasına dikkat edilmesi. Kalıp/seramik kabuk kalıp içinde veya çevresinde karbon içeren malzeme kullanmak. Dökümden hemen sonra kalıbı/kabuk kalıbı derhal indirgeyici ortama koymak. Dökümün ve soğutmanın vakum altında ya da koruyucu atmosferde yapılması.
Çarpılma	Döküm parçasının geometrisi ile parça resminin uyuşmaması	Parça ve/veya yolluk sistemi geometrisinin düzensiz büzölmeye yol açması. Giriş yolluğu büzölmesi ve paçanın 'çekme' kısmı	Düzensiz gerilimin en aza indirilmesi Yolluk sisteminin yeniden değerlendirilmesi ve gerilimlerin azaltılmasına yönelik modifikasyon
		Her türlü büzölmeyi engelleyen yüksek mukavemetli kalıp.	Kalıp mukavemetinin azaltılması.
		Besleyici malzemenin ve döküm havuzunun büzölmesine bağlı olarak yüksek sıcaklıkta seramik kabuk kalıbın gerilim altında kalması.	Harcanmayan besleyici malzemenin kullanılması. Döküm havuzunun tampon malzeme ile kaplanması.

Hata Tipi	Tanımı	Olası Nedeni	Önlenmesi
Çarpılma (devam)		Seramik kabuğu yüksek sıcaklıkta bozmak..	Düşük sıcaklıkta bozulması.
		Isıl işlem esnasında oluşan gerilim.	Isıl işlem esnasında parçaların doğru bir şekilde yerleştirildiğinden emin olunması ve doğru bir su verme tekniğinin kullanılması.
Yüzeyde karbür azalması	Mikroskopik incelemede belirlenen parça yüzeyinde karbon kaybı.	Döküm esnasında veya dökümden hemen sonra aşırı oksitlenme.	Kalıp/seramik kabuk içinde veya çevresinde karbon içeren malzeme kullanmak. Dökümden hemen sonra kalıbı/kabuk kalıbı derhal indirgeyici ortama koymak. Dökümün ve soğutmanın vakum altında ya da koruyucu atmosferde yapılması.
		Belirli alaşımların ısıtılması esnasındaki oksitleyici ortam.	Isıl işlem sırasında oksitleyici atmosferden kaçınılması; Tekrar karbürleme ısıtılmasının yapılması.

[19].

Hataların önleminde temel amaç, hata oranının sıfıra indirilmesini hedeflemektir. Bu gerçekte mümkün olmayan bir hedef olsa da uygulamalar bu doğrultuda olmalıdır. Öncelikle, temel problemlerin üstüne gidip bunların çözümüne ulaşılmalıdır.

Bir problemi çözerken yapılması gereken işlemlerin aşamaları şöyle olmalıdır:

- 1-Problemin Belirlenmesi,
- 2- Gerçeklerin elde edilmesi,
- 3- Gözden kaçan gerçeklerin araştırılması,
- 4- Problemin tekrar belirlenmesi,
- 5- Çözüm için deneme,
- 6- Hatasız döküm için harekete geçme.

Kısaca, yukarıda bahsedilen ve üretimin çeşitli aşamalarında görülen bu hataların giderilmesi ve olabilecek hataların zamanında önlenmesi için problem çözme teknikleri kullanılır. Bu teknikler, 5. Bölümde Gedik Döküm ve Vana firmasının hassas döküm grubundaki uygulamalarla aktarılmıştır.

4. PROBLEM ÇÖZME TEKNİKLERİ (UYGULAMALI ÖRNEKLER)

İstatistiksel yöntemler, ikinci dünya savaşı öncesinde ve savaş boyunca Japonya'da ara sıra kullanılmaktaydı. Ancak tam olarak 1949 sonrasında kullanılmaya başlandı. O yıl içinde "Japon Bilimadamları Mühendisleri Birliği" bir kalite kontrol araştırma grubu kurdu ve istatistiksel kalite kontrol ve istatistiksel yöntemlerin endüstride kullanılmasının araştırmaya başladı. İstatistiksel yöntemler güçlük derecelerine göre üç kategoriye ayrılırlar.

1. Temel istatistiksel yöntemler (7 yöntem)

- a) Tabaklama
- b) Çetele Diyagramı,
- c) Histogram,
- d) Serpilme Diyagramı,
- e) Pareto Analizi
- f) Kılçık (Ishikawa) Diyagramı,
- g) Kontrol Diyagramları (X-R).

Bu sayılanlar kalite kontrolün herkes tarafından kullanılan en gerekli yedi yöntemidir. Bu araçlar yalnız üretimde değil planlama, tasarım, pazarlama, satın alma ve teknoloji gibi bazı bölümlerde de kullanılır

2. Orta Derece İstatistiksel Yöntemler.

Bu yöntemler şunları içerir:

- a) Örneklem araştırma teorisi.
- b) İstatistiksel örneklem muayenesi.
- c) İstatistiksel tahmin ve testlerin çeşitli yöntemleri.
- d) Duyarlılık testi kullanım yöntemi
- e) Tasarlanmış deney yöntemleri.

Bu yöntemler, mühendislere ve kalite kontrol geliştirme bölüm görevlilerine öğretilir.

3. İleri İstatistiksel Yöntemler (Bilgisayar Kullanımını Gerektirir)

- a) Tasarlanmış deneyin gelişmiş yöntemleri
- b) Çok değişkenli analiz
- c) Çeşitli yöneylem araştırması yöntemi [23]

Problem, beklenen, istenen durumlar ile gerçekleşen durumlar arasındaki farktır. Bir hedef doğrultusunda karşımıza engel çıkarsa bu bir problemdir.

Birey — Bilinmeyen (Engel) — Hedef $\Rightarrow$ Problem

Bir problemin oluşabilmesi için bu üç unsurun birarada olması gerekir.

5.1 Problem Çözmenin Karakteristikleri

- Problem çözümü sabır ister
- Problem çözümü disiplin ister
- Problem çözümü yaratıcılık ister
- Problem çözümü düzenli, sürekli bir gelişmeyi içerir
- Problem çözümü tekrar ister
- Problem çözümü dürüstlük ister

- Problem çözümü kanıt ister
- Problem çözümü “neden-sonuç” ilişkisi ister,
- Problem çözümü sürekli bir öğrenme gerektirir.

Bir problemin çözülebilmesi için geçilmesi gereken yedi aşama vardır :

1. Problemin tanımlanması
2. Şüphelenilen nedenlerin tanımlanması
3. En uygun nedenlerin belirtilmesi
4. Olası çözümlerin tanımlanması
5. En iyi çözümlerin belirtilmesi
6. En iyi çözümlerin uygulanabilmesi için bir eylem planının geliştirilmesi
7. Eylem planlarının değerlendirilmesidir.

Üretimin normal koşullar altında yapılması ve yürütülmesini kontrol etmek amacıyla kullanılan 7 araç (Problem çözme teknikleri) vardır. Bunlar üretimin kontrol dışına çıkması halinde gerekli önlemlerin zamanında alınmasını sağlarlar.

İshıkawa bir firmada karşılaşılabilecek problemlerin %95'inin 7 araç kullanılarak çözülebileceğini söylemektedir. Bu araçlardan bahsetmeden önce istatistiksel proses kontrolün içeriğine bir miktar değinmek yerinde olacaktır. [24]

5.2 İstatistiksel Proses Kontrol

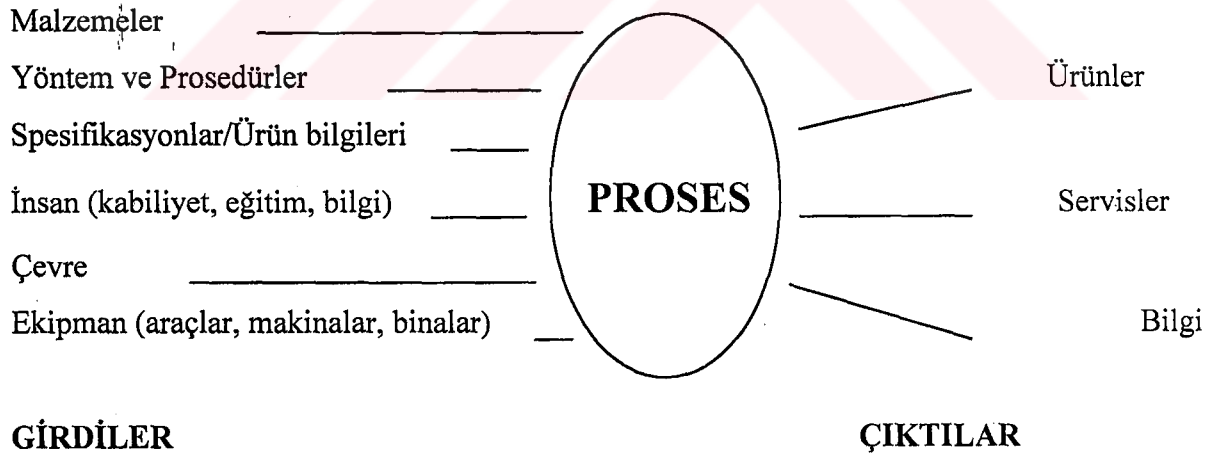
İstatistik ; kollektif olayları araştırmaya özgü çok sayıda birimi izlemek saymak veya ölçmek, sonuçları sınıflayıp analiz etmek yoluyla çalışan bir teknik, bir yöntemdir.

İstatistik bir amaç değil bir araçtır. İstatistiğin amaçları ; a.) Kafilenin hesaplanmış değerlerinden özel bilgilere ulaşmak ve bu bilgiler sayesinde yığını kısa ve anlamlı biçimde açıklamak, b.) Örnekten giderek kütle hakkında tahmin yapmaktır. [25].

1924 yılında Walter A. SHEWART, 1926'da George EDWARDS İstatistiksel Kalite Kontrol'un babaları olarak ortaya çıkmışlardır. Artık kalite kontrolde %100 muayenenin yanında İstatistiksel tekniklerden de yararlanılmıştır.

İstatistiksel proses kontrol anlamında prosesi, mamulde hedeflenen kaliteye ulaşabilmek üzere planlanan ve üretimde kullanılan makine, takım, donanım, alet, malzeme, metot, çevre ve insan gücü faktörlerinden oluşan uygun bir bileşim olarak tanımlayabiliriz. Bu bileşenlerdeki herhangi birisinin farklılaşması, prosesin de farklılaşması anlamına gelir. Bir başka deyişle proses; tanımlanmış bir takım kalite özelliklerine sahip bir ürünün ortaya çıkarılması için birlikte işleve giren bir dizi hareketi ve işlemi kapsar.

Proses Kontrolü ise, bir kalite özelliğini ölçüp, o özelliğin standart değeriyle karşılaştırmayı da yaparak, arada mevcut olabilecek farkı ortaya çıkartan ve varsa söz konusu farkların giderilmesini sağlayan geri beslemeli bir çevrimdir. (Bkz. Şekil 5.1). [26, 27] .



Şekil 5.1 Proses

İPK (İstatistiksel Proses Kontrol): İstatistik metodlarla, ürünü imal ettikten sonra değil, imalat sırasında üründen yada ürünü etkileyen özelliklerden alınan değerlerin incelenmesiyle, prosesi kontrol eden, frekanslı bir kontrol yöntemidir. [26].

İPK, prosesteki her bir aşamanın veya alt-prosesin değişkenliğini ölçme, analiz etme ve değerlendirme amacıyla istatistik bilim ve tekniğinin uygulanmasıdır. [27].

İstatistiksel proses kontrol, genel olarak bir sorunun olduğunu ve sorunun nerede olabileceğini açıklar; ancak sorunun ne olduğunu açıklayamaz.

İPK, ürünlerin sadece kalite kontrol çalışmaları ile izlenmesi ve kalite kontrolün kusurlu ürünleri ayıklamak olarak anlaşılmasına bir tepki olarak doğmuştur. Önemli olan, kusurlu ürünler üretildikten sonra bunların ayıklanması değildir. Ürünlerin hatalı olmasına neden olan faktörler, prosesde gizlidir. Yapılması gereken ise, prosesin tüm ayrıntıları ile her aşamada kontrolü, olabilecek sapmaları ve sorunları anında müdahalelerle en az düzeye indirmek ile kararlılık içerisinde prosesi sürekli geliştirmeye çalışmak olmalıdır. [27].

İstatistiksel Proses Kontrolü (İPK) ürün yada üretimin planlandığı şekilde sürdürülmesi, işlemlerin değişik aşamalarındaki sorunların, eksik yada hataların ortaya çıkarılması; bu konularda düzeltici önlemlerin alınması çabalarının başarıya ulaşmasında önemli bir ağırlığa sahiptir. [27]

Ürün karakteristiklerini ve proses yeterliliğini doğrulamak üzere yeterli istatistik teknikler kullanılmaktadır.

Bu teknikler:

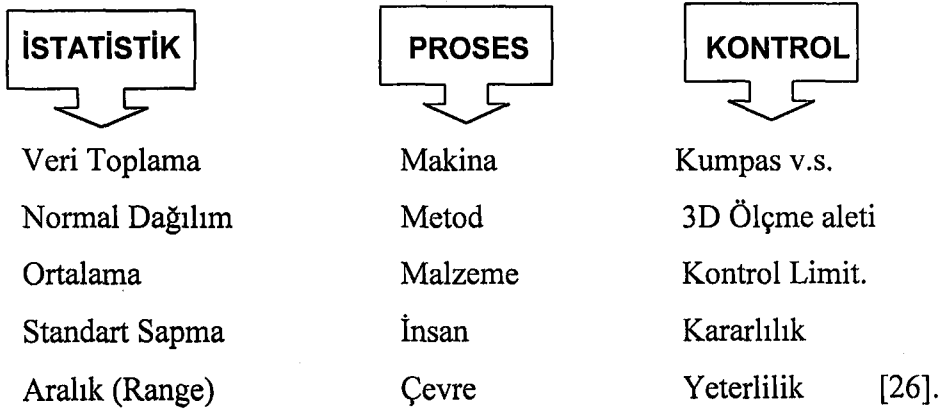
- Deney tasarımı,
- Varyans analizi,
- Risk analizi,
- Kontrol şemaları,
- Örneklem,
- Mantıklılık testleri;

Uygulamalar:

- Pazar Analizi,
- Ürün tasarımı,
- Spesifikasyon Güvenirliği,
- Proses Kontrol / Yeterlilik çalışması,
- Muayene planları,
- Performans analizleri. [28].

İPK; kritik operasyonlarda, hatasız mal üretmeye yardımcı olarak hata maliyetini, %100 kontrolden, frekanslı kontrole geçerek kontrol maliyetini düşürürken; müşteriye kusurlu malın ulaşmasını engelleyerek kaliteyi arttıran dolayısıyla firmanın pazardaki imajını iyileştirebilen bir araçtır.

Bir proseste sadece İPK uyguluyor olmak; prosesin kontrol altında olacağını; yukarıda bahsedilen faydalardan yararlanılacağını ifade etmez. İPK sadece bize erken uyarı mesajı verebilen ve böylece bazı hatalar daha oluşmadan önlememiz için bize zaman kazandıran, genel gidişatı gözler önüne grafik olarak sergileyen bir araçtır.



İstatistiksel proses kontrolünün en büyük amacı, başlamakta olan bir problemi çok kısa bir sürede teşhis edebilmek yada karşılaşılan bir sorunun bir daha tekrar etmemesini sağlamak olmalıdır. Bunun yapılabilmesi için en önemli faaliyetlerden birisi verilerin güvenilir ölçü alet ve donanımları ile doğru olarak toplanmasıdır. [27].

5.2.1 Verilerin Toplanması:

Verilerin Toplanması:

Mevcut durumumuz hakkında bilgi sahibi olmak, sorunlarımızın ne olduğunu anlamak, analiz etmek ve problemleri oluşmadan önlemek amacı ile veri toplarız. Bir olayı, prosesi, rakamsal veya niteliksel olarak ifade eden niteliklere veri olarak adlandırmaktayız. Veri toplama işlemi ise, o özelliğe ait sayısal veya niteliksel değerlerin bir araya getirilerek toplanmasıdır. Örneğin, bazı hassas döküm parçalarına yaptırdığımız kaplamanın durumunu rakkamsal olarak ifade eden özelliklerden biri olan kaplama kalınlığı bizim için veridir

Gerçeklere dayalı yönetim ve sürekli gelişme ancak doğru, zamanlı ve güvenli verilerle gerçekleştirilebilir. Daha çok veri daha başarılı bir yöntem anlamına gelmez; sadece “gerekli veriler” toplanmalıdır. Kullanılmayan veya değerlendirilmeyen veriler zararlıdır. Zira gereksiz maliyet gerektirir. Veriler belirli bir amaç için ve o amaca uygun yöntemlerle toplanır, değerlendirilir ve gereği yapılır. Veriler proses girdileri ile, çıktıları veya proses özellikleri ile ilgili olabilir. Veriler, ilgili özellikteki değişkenleri incelemek için toplanır. Değişkenlik üç türlü olabilir.

1. Zamana göre değişim (Örneğin, bir proseste sıcaklığın zamana göre değişimi)
2. Konuma göre değişim (Örneğin bir milin çapının eksen yönündeki değişimi)
3. Parçadan parçaya değişim (Örneğin, üretilen hassas döküm parçaların ağırlıkları arasındaki farklılık) [26, 29].

Verileri genel olarak iki gruba ayırabiliriz.

- 1) Sayısal veriler; karşılığı bir rakam olan; kalınlık, uzunluk, sıcaklık gibi ölçülebilir değerlerdir.
- 2) Niteliksel veriler; ölçerek değil, belirli bir özelliğin gözle muayenesi veya sayılması ile toplanabilen verilerdir.

Veri toplamada dikkat edilecek hususlar :

1. Toplanan veriler hedeflenen amaca uygun hassasiyette olmalıdır, yeterli hassasiyete sahip olmayan veriler işe yaramaz.
2. Veri toplamada kullanılacak, ölçüm aleti doğru olmalıdır.
3. Veriler istenen sırada toplanmalıdır. Örneğin; tarih sıralı olarak veya parça üretim numarası sıralı olarak.
4. Veri toplamanın amacı, veriyi toplayacak analizini yapacak eleman tarafından çok iyi anlaşılmış olmalıdır.
5. Veriler uygun bir yolla kayıt edilmelidir, sayısal olarak veya grafiksel olarak. [26, 29].

Toplanan veri sonuçlarının veya oluşan bir problemin nedenlerinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Değerlendirme birçok yolla yapılır. Bunlardan biri de “Beyin Fırtınası” yöntemidir.

5.3 Beyin Fırtınası

Beyin fırtınası, problem çözümünde en ortak, en çok kullanılan araç olmuştur. Grup çalışmalarında uygulanabilecek en etkili yöntem “Beyin fırtınası”dır. En basit açıklamasıyla beyin fırtınası, fikir üretimini teşvik etmektir. Beyin fırtınasının, grubun yaratıcı gücünü harekete geçirdiği de bir gerçektir. Ayrıca fikir yaratıcılığını, fikir değerlendirmesinden ayıran en iyi yoldur. [24, 28].

Beyin fırtınasına başlamadan önce, hangi konularda uygulanacağını saptamak çok önemlidir. Bu esnada , üyelerden iş alanlarında mevcut sorunları saptamaları istenir.

Beyin Fırtınası Uygulamanın Amaçları Şunlardır:

- Toplantı düzeni sağlamak
- Herkese eşit fırsat vermek; yararlı ve yaratıcı fikirlerin oluşmasını sağlamak.
- Zamanı en verimli şekilde kullanmak,
- Grubun ortak sorunlarını ortaya çıkarmak,
- Sorunlara ilişkin olarak hangi verilerin toplanacağına karar vermek.
- Yeni bir uygulamada çıkabilecek olası sorunları önceden belirlemek.

Beyin fırtınası belli bir disiplin gerektirir, fakat bu disiplin katılık içinde olmamalı, yapıcı ve zevkli bir atmosfer içinde uygulanmalıdır. Kişiler zorlanmamalı, sadece teşvik edilmelidir. Kimi öneriler aşırı iyimser hatta fantezi bile olsa kesinlikle alaycı tavır alınmamalı, fikirler eleştirilmemelidir. Hava yumuşak tutulmalı, toplantı sıkıcı değil eğlenceli olmalıdır. Buna göre bu yöntem, belirli kurallar ve prensipler izlendiği takdirde amacına ulaşır. Grup lideri her oturumdan önce bunları tekrarlamalıdır. Konuyu kesin ve açık olarak belirlemelidir. Her üyeye düşüncesi sorulur. Üyeler kendilerine “ne, nerede, ne zaman, nasıl kim” sorularını sordukça, fikir akmaya başlar. Bütün düşünceler tükeninceye kadar bu işe devam edilir. Her üye, aklına kaç fikir gelirse gelsin sırası geldiğinde ancak bir fikir söylemelidir. Fikir söyleyen kişinin aklına o an bir şey gelmeyebilir. O zaman o kişi “ Pas” geçilir.

Hiçbir düşünce kesinlikle saçma olarak nitelendirilmemelidir. Birini eleştirmek yada küçümsemek grup üyelerinin yaratıcılığını kesinlikle engeller. Lider genellikle uzun düşünceleri kısaltmalıdır. Beyin fırtınası sırasında hiçbir fikir için iyi – Kötü diye yorum yapılmamalıdır.

Her üye fikrini söyledikçe bunları bir yere not alması çalışmalarını hızlandırır. Bütün düşünceler bitince beyin fırtınası oturumu tamamlanır. Ortaya çıkan düşünceler eleştirilerek incelenmeli ve sayıca azaltılmalıdır. Bunun için basit bir

oylama yapılır. Her düşünce oylanır. Her üye istediği kadar fikre oy verebilir. En çok oy alan düşünceler işaretlenir. En az kaç oy alınmış düşüncenin inceleneceğine üyeler karar verir. Artık üyeler birkaç önemli madde üzerinde çalışmaya başlarlar. Bu birkaç önemli konu, herkes tarafından anlaşılincaya kadar tartışılır ve bundan sonra oylanır. Bu ikinci onaylama sırasında her üye ancak 1 tane oy verebilir. İşaretlenen düşüncenin yanına, aldığı oya göre sıralaması yazılır. İkinci tur oylama sonucu öneriler önem sırasına göre belirlenmiş olur.

Beyin fırtınası her konuda yapılabilir. Örneğin bazı yeni gruplar istedikleri hedefleri belirlemek için veya kalite, maliyet ve iş programlarını bozan sorunlar hakkında beyin fırtınası yapabilirler. Grup üyelerinin yapılacak beyin fırtınası ve konusu hakkında haberdar edilmeleri ve toplantıya hazırlıklı gelmeleri sağlanır.

Beyin fırtınası sonuçları herkese duyurulmalıdır. Böylece daha çok ilgi çekecek ve diğer personeller tarafından buna yeni düşünceler eklenecektir.

Beyin fırtınası uygulamasından sonra, ikinci tur oylama sonunda belirlenen önemli fikirler ele alınarak istenildiğinde problem çözme tekniğinin 7 aracından herhangi biri uygulanabilir. [24, 28].

5.4 Problem Çözmede Kullanılan 7 Araç

Problem çözme teknikleri (7araç), üretimin normal koşullar altında yapılmasını ve yürütülmesini kontrol etmek amacıyla kullanılır.

Yedi Araç Şunlardır:

1. Tabaklama
2. Çetele Diyagramı,
3. Histogram,
4. Serpilme Diyagramı,
5. Pareto Analizi

6. Kılçık (Ishikawa) Diyagramı,
7. Kontrol Diyagramları (X-R).

5.4.1 Tabaklama (Gruplama)

Tabaklama bir sorunu parçalara ayırarak her birimin ayrı ayrı ayrı incelenmesi işlemidir. Örneğin, bir departmandaki hata sayısı aşırı düzeyde olabilir hata oranını o departmandaki her grup için ayrı ayrı bulunması en doğru yoldur. Çünkü genelde hata tek bir noktadan kaynaklanır. Gruplandırma analizi veri toplama aşamasında gerçekleştirilemediğinden oldukça basit bir yöntemdir. Farklı makinalarda veya tezgahlarda üretilen ürünlerin farklı yerlerde biriktirilmesi de bu esasa dayanan bir uygulamadır. Bu yöntem hata nedenlerinin araştırılması amacıyla kullanılır. [28].

5.4.2 Çetele Diyagramı

Herhangi bir konudaki verilerin bir diagram üzerindeki çizgilerle ifade edilmesidir. Çetele diyagramı hazırlamak için ;

- Tüm verilerin toplanması
- Alt-üst sınır değerlerinin bulunması
- Sınıf aralığının saptanması gereklidir

Sınıf aralığının saptanmasına ilişkin yerleşik bir yöntem yoktur. Olayın niteliğine bağlı olarak sınıf aralığı operatör tarafından tespit edilebilir. [28].

5.4.3 Histogram

Verilerin görsel olarak incelenmesine ve değerlendirilmesine yarayan grafiklerdir. Kalite geliştirme çalışmasında da en çok kullanılan teknikler arasındadır.

Ürün veya hizmetlerin sadece belirli karakteristikleri ile (örneğin, hasar tipi) ilgilenen Pareto diyagramlarından farklı olarak histogramlarda, ölçüler ile ilgili veriler de (örneğin, boyutlar, sıcaklık v.b. gibi parametreler) dağılım gösterir. Histogramlar yardımı ile proses içindeki değişim miktarı gösterilir.

Histogram aynı mamul için bezer ölçümlerin yapıldığı durumlarda çok faydalıdır; öyle ki, işlemi kontrol altında tutarak sorunları önlemeyi sağlar. Ayrıca histogram kapsamlı bir değerlendirmeyi bir bakışta vermektedir.

Histogram çizmedeki adımlar :

- a) Parti büyüklüğü belirlenir, parti büyüklüğüne “*ana kütle*” denir ve “*N*” ile gösterilir.
- b) Örnekleme adedi belirlenir, bu toplanacak veri adedidir ve “*n*” ile gösterilir.
- c) Veriler toplanır,
- d) Pratik olarak $\sqrt{n}$ kadar grup tayin edilir, ya da aşağıdaki tablodan veri sayısına karşılık gelen grup sayısı seçilebilir.

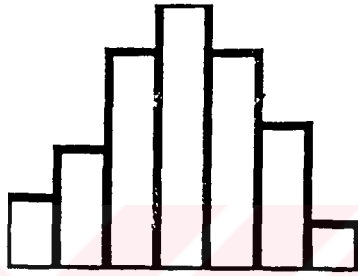
Tablo 5.1 Veri sayısına karşılık gelen grup sayısı

<u>Veri Sayısı</u>	<u>Grup Sayısı</u>
50’ den az	5-7
50 – 100	6-10
100 – 250	7-12
250’den çok	10-20

- e) Veri içindeki en büyük ve en küçük değerler bulunur ve farkı alınır, buna “aralık” ya da “range” denir ve “*R*” ile gösterilir.
- f) Her grup aralığını bulmak için aralık değeri “*R*”, grup adedine bölünür ve çıkan “*H*” ile gösterilir.
- g) En küçük değere bu çıkan sayı eklenir ve birinci grup aralığı tespit edilir.
- h) Aynı işlem en büyük değere ulaşıncaya kadar devam edilir.
- i) Her gruba düşen veri sayısı grubun karşısına yazılır. Böylece çetele tablosu denen tablo ortaya çıkar.
- j) Bu tablo grafik haline dönüştürülür ve histogram tamamlanır.

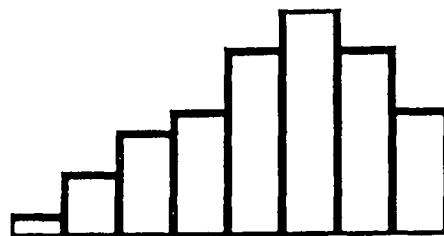
Başlıca üç tür histogram vardır :

a) Normal dağılım eğrisine benzeyen histogram. (Bkz Şekil 5.2).



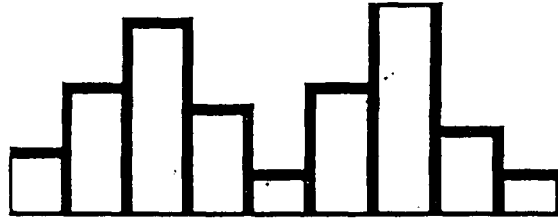
Şekil 5.2 Normal dağılım eğrisi histogramı

b) Yatık histogram; sağa ya da sola yatık. Veriler belirli bir tarafa yığılma göstermişlerdir. (Bkz. 5.3).



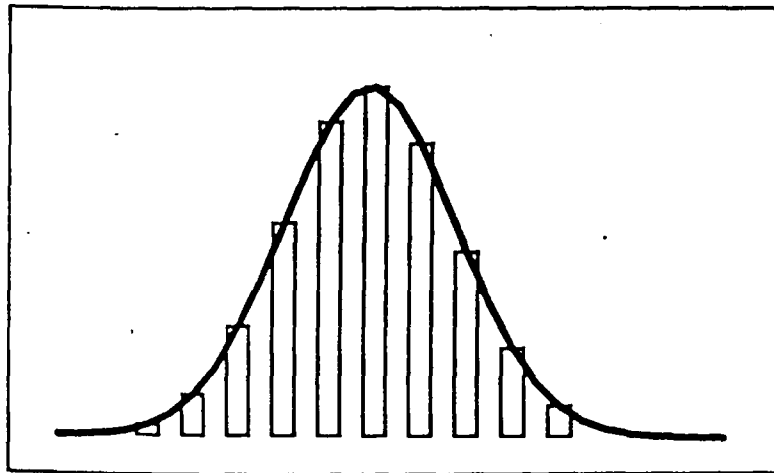
Şekil 5.3 Yatık histogram.

- c) İki tepeli histogram; iki ayrı makina kullanılması, iki farklı kaynaktan malzeme temini gibi nedenlerden oluşur. (Bkz. Şekil 5.4).



Şekil 5.4 İki tepeli histogram

Histogramlardaki grafiklerin orta noktaları birleştirilerek çizilen eğriye dağılım eğrisi denir. (Bkz. Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Dağılım Eğrisi

[24, 26, 28].

Histograma ait Örnek Uygulamalar:

1) Hassas Döküm yöntemi ile üretilen ve Kanal ölçüsü 0.656 – 0.641 mm aralığında olan 784 nolu otomotiv sektörüne ait hareket aktarma parçasını ele alalım. Toplam 1750 adet parçadan rastgele alınan 60 numune ölçümün dağılımını bir histogramla belirtecek olursak: (Bkz. Şekil 5.6).

a) Toplanan veriler:

0.651	0.654	0.652	0.652	0.653	0.652
0.644	0.644	0.645	0.644	0.653	0.649
0.645	0.648	0.651	0.653	0.649	0.644
0.645	0.645	0.645	0.655	0.650	0.648
0.648	0.643	0.655	0.654	0.655	0.648
0.654	0.643	0.644	0.653	0.646	0.641
0.646	0.652	0.654	0.656	0.644	0.654
0.653	0.656	0.652	0.654	0.656	0.655
0.656	0.656	0.644	0.650	0.648	0.643
0.652	0.654	0.656	0.655	0.656	0.656

n= 60 değer

b) En yüksek değer : 0.656 mm

En düşük değer : 0.641 mm

c) R: Dağılım aralığı = 0.656-0.641 = 0.015

d) Önerilen sınıf sayısı (Kolon) : 60 adet veri için 6 aldık. (Tablodan)

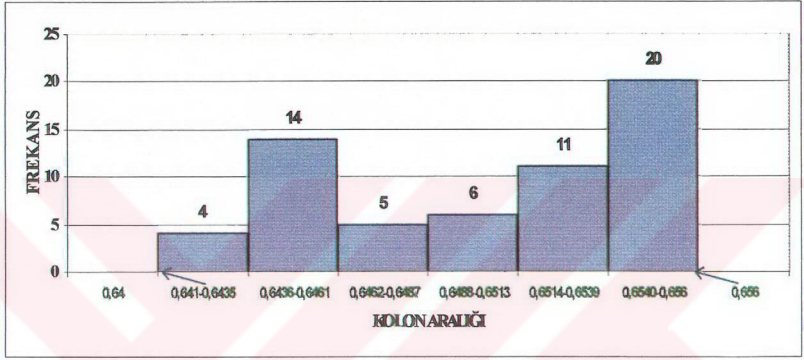
Veri Sayısı	Önerilen Sınıf Sayısı
30 – 50	4 – 6
51 – 100	5 – 10
101 – 200	9 – 13
201 – 500	12 – 15
501 – 1000	15 – 20

a) Kolon Aralığının Bulunması : $KA = R / \text{önerilen sınıf sayısı}$

$$KA = 0.015/6 = 0.0025$$

b) Kolon sınırlarının bulunması:

Kolon Sınırları		Frekans(f)	f/n	$\Sigma f/n$
0.641 – 0.6435		4	0.07	0.07
0.6436 – 0.6461		14	0.23	0.30
0.6462 – 0.6487		5	0.08	0.38
0.6488 – 0.6513		6	0.1	0.48
0.6514 – 0.6539		11	0.18	0.66
0.654 – 0.6565		20	0.34	1.00



Şekil 5.6 Kanal ölçüsü verilen bir parçaya ait histogram

2) Aynı şekilde Hassas Döküm yöntemi ile üretilen ve Diş üstü çap ölçüsü 1.37 – 1.67 mm aralığında olan 49756 nolu tekstil endüstrisine ait mil parçasını ele alalım. . Toplam 1490 adet parçadan rastgele alınan 50 ölçümün dağılımını bir histogramla belirtecek olursak:

a) Toplanan veriler:

1.54	1.54	1.55	1.54	1.52
1.37	1.45	1.37	1.37	1.37
1.40	1.50	1.45	1.44	1.43
1.39	1.41	1.43	1.43	1.43
1.55	1.60	1.55	1.55	1.60
1.41	1.41	1.40	1.41	1.41
1.47	1.47	1.47	1.47	1.47
1.49	1.49	1.49	1.49	1.49
1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
1.44	1.44	1.46	1.46	1.44

n= 50 değer.

b) En yüksek değer : 1.60 mm
En düşük değer : 1.37 mm

c) R: Dağılım aralığı = 1.60 - 1.37 = 0.23

d) Önerilen sınıf sayısı (Kolon) : 50 adet veri için 5 aldık. (Tablodan)

Veri Sayısı	Önerilen Sınıf Sayısı
30 - 50	4 - 6
51 - 100	5 - 10
101 - 200	9 - 13
201 - 500	12 - 15
501 - 1000	15 - 20

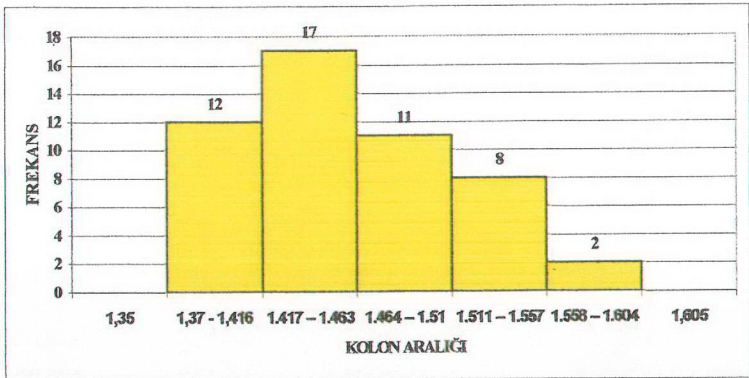
a) Kolon Aralığının Bulunması : $KA = R / \text{önerilen sınıf sayısı}$

$$KA = 0.23 / 5 = 0.046$$

b) Kolon sınırlarının bulunması:

Kolon sınırları		Frekans (f)	f / n	$\Sigma f / n$
1.37 - 1.416		12	0.24	0.24
1.417 - 1.463		17	0.34	0.58
1.464 - 1.51		11	0.22	0.80
1.511 - 1.557		8	0.16	0.96
1.558 - 1.604		2	0.04	1.00

(Bkz. Şekil 5.7).

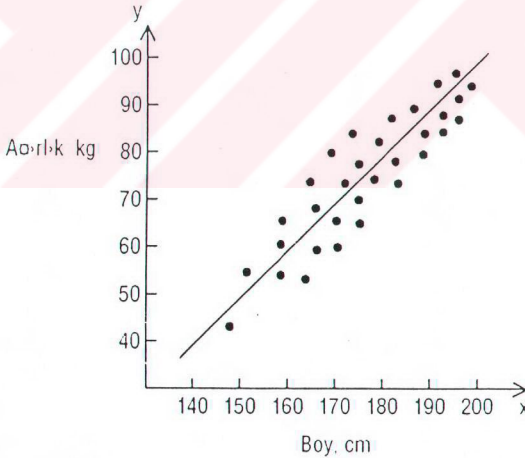


Şekil 5.7 Diş üstü çap ölçüsü verilen bir parçaya ait histogram

5.4.4 Serpilme Diyagramı:

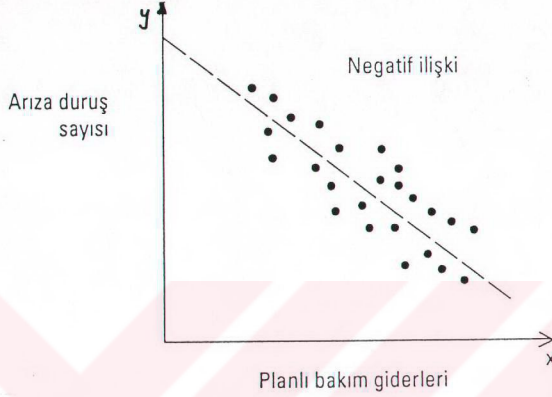
Üretilen ürünün kalitesinin herhangi iki özelliği arasında ilişki olup olmadığının belirlenmesi esasına dayanır. Hatayı yaratan faktörün gerçek neden olup olmadığını ortaya çıkarmada kullanılır. Serpilme (Dağılma) diyagramı neden-sonuç analizlerinde ve değişkenler arasında ilişki araştırmalarında kullanılır. Dağılma diyagramları, bir değişkenin iliki aranan diğer değişkene göre gösterimidir. [28]

Örneğin şirketimizdeki personelin boyları ve ağırlıkları arasında bir ilişki kurulduğunda aralarında pozitif bir ilişkinin olduğu gözlenmiştir. Boydaki artışa göre ağırlıklarda da bir artış gözlenmiştir. (Bkz. Şekil 5.8).



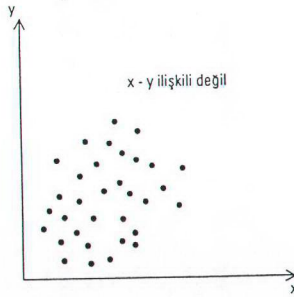
Şekil 5.8 Boy ile ağırlık arasındaki dağılma diyagramı.

Şekil 5.9 da da planlı bakım giderleri ile arıza duruş sayısı arasındaki ilişki görülmektedir. Bu şekilden de anlaşılacağı gibi, planlı bakım giderleri arttıkça arıza duruş sayısı azalmaktadır. Bu da aralarında negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir.



Şekil 5.9 Planlı bakım giderleri ile arıza duruş sayısı arasındaki dağılım diyagramı.

İki faktör arasında hiçbir ilişki yoksa veriler gelişigüzel dağılacak belirgin bir eğilim gözlenemeyecektir. (Bkz. Şekil 5.10)



Şekil 5.10 Belirgin olmayan dağılım diyagramı.

İki değişken arasındaki ilişki pozitif ya da negatif olabileceği gibi, kuvvetli veya zayıf da olabilir. İki değişken arasındaki ilişkinin kuvvetini matematiksel olarak tanımlayan “ r ” (korelasyon katsayısı) ‘dir. r katsayısı $+1.0$ ile -1.0 arasındaki bir değer olabilir. r ’nin değerinin $+1.0$ veya -1.0 ’a yakın olması korelasyonun kuvvetli olduğunu, 0’a yakın olması korelasyonun zayıf olduğunu gösterir. [29]

5.4.5 Pareto analizi

Kalite geliştirme çalışmalarında en çok kullanılan tekniklerden biri de *pareto analizi* dir. Ünlü iktisatçı Pareto, araştırmaları sırasında işletmelerde stoklara bağlı paranın %80’inin ürünlerin sadece %20’sine ilişkin olduğunu tespit etmişti. Başka bir ifade ile, bağlı paranın dağılımı son derece dengesizdir.

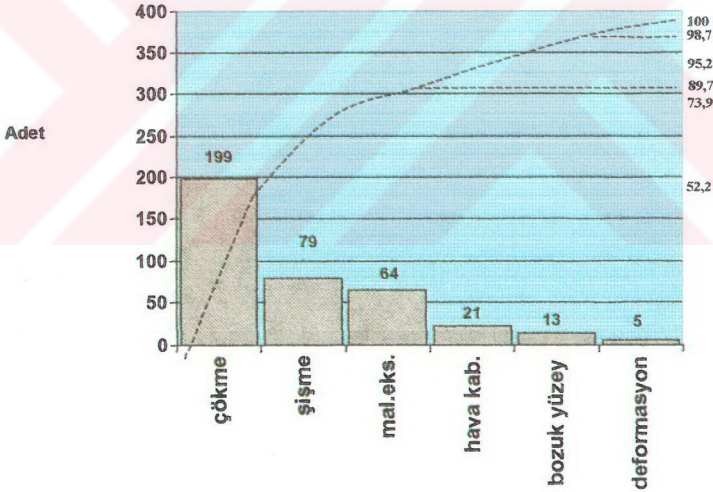
Pareto’nun bu gözlemi bugün **80-20 kuralı** diye bilinen ilişkiye yol açmıştır. Gerçekten de herhangi bir sonuca neden olan faktörler önemlerine göre sıralandığında şekildeki görünüm ortaya çıkmaktadır. (Bkz. Şekil 5.11.)

Bu gerçekten hareketle, önemliyi önemsizden ayırt etmekte Pareto analizi yaygın olarak kullanılır. Örneğin kalite sorunlarının büyük kısmını çözmek için hata kaynaklarının en önemlilerini ortadan kaldırmak yeterli olabilmektedir. Duruşlardaki zaman kayıplarını önlemek için belli başlı nedenleri tespit etmek ve gidermek yeterli olmaktadır. Pareto analizi iki şekilde kullanılmaktadır. Bunlardan biri ölçümlere istatistiklere dayalı olarak Pareto diyagramı çizmektir. Şekil 5.11. buna tipik bir örnektir. [29]

Örnek olarak ; Hasas dökümle üretilen 2800 adet mum model halindeki **mekanizma parçasının** çapak alma bölümündeki tespit edilen hataları:

<u>Hata Türü</u>	<u>Hata Adedi</u>	<u>Oranı</u>	<u>Yüzde Payı</u>
Çökme	199	199/381	52,2
Şişme	79	79/381	20,7
Hava kabarcığı	21	21/381	5,5
Malzeme eksikliği	64	64/381	16,8
Bozuk yüzey	13	13/381	3,5
Deformasyon	5	5/381	1,3
Toplam	381	381 / 381	100

Bu verileri bir pareto diyagramı üzerinde gösterecek olursak;



Şekil 5.11 Hassas dökümle üretilen bir parçada görülebilecek hatalara ait pareto diyagramı.

Diyagramın temel sonuçlarını irdelersek, sadece çökme hatalarının giderilmesi ile bu parça için geçerli olan genel hataların % 52,2 'sinin ortadan kaldırılabilceği anlaşılmaktadır. Yine aynı şekilde gerekli tedbirler alınarak şişme hatası önlenbilirse genel hata oranının % 20,7'si de engellenmiş olmaktadır.

Pareto ilkesi, problemin durumunu etkileyen birçok faktörün olduğu herhangi bir karmaşık duruma uygulanabilir. En yüksek tekrarlarına oranı olan nedenin açık bir görünümü, sorumlu kişiler için iyi bir kanıt olacaktır. İşletmelerde bu şekildeki dağılımlar dikkate alınarak gerekli kararlara varılır. [24, 29]

Pareto diyagramının hedefi verileri, tekrar etme sıklığına göre sınıflandırmaktır. Diyagram takımı, problemin en büyük yüzdesinin nereden kaynaklandığını gösterir ve eylemin nerede en yüksek verimi verebileceğini belirtir. Pareto diyagramı, problemin temel nedeni olan neden-sonuç diyagramında tanımlanmış şüpheli nedenlerin değerlendirilmesinde oldukça kullanışlıdır. Ayrıca problemin olası nedenini kontrol etmek için takımın yaptığı araştırmada, problem çözümünün üçüncü aşaması olarak ideal bir araçtır. [24].

Pareto analizi gerçeklere dayanarak karşılaştırma yapılmasını sağlar. Bu çalışma bir numaralı soruna ışık tutmak, gerçeği gözler önüne sermek amacıyla hazırlanır. Bu yöntemde daha önce de belirtildiği gibi 80-20 kuralı geçerlidir. Yani "Temel Azınlık, Tali Çoğunluk" kavramına değinilmiş olunur. [28]

Pareto Diyagramının Oluşturulması

Bir pareto şemasının yapılmasında bazı noktaların göz önünde bulundurulması gerekir.

- Verilerin toplandığı veri aralığı (tarih) saptanmalıdır.
- Neyin veri olarak kullanılacağı belirlenmelidir.
- Gerekli verilerin toplanmasında kullanmak için bir kontrol tablosu düzenlenmelidir.

- Verilerin kontrol diyagramına kaydedilmesi gereklidir.
- Son olarak pareto tablosu düzenlenmelidir. [28]

Bunu yaparken şu hususlara dikkat edilmelidir.

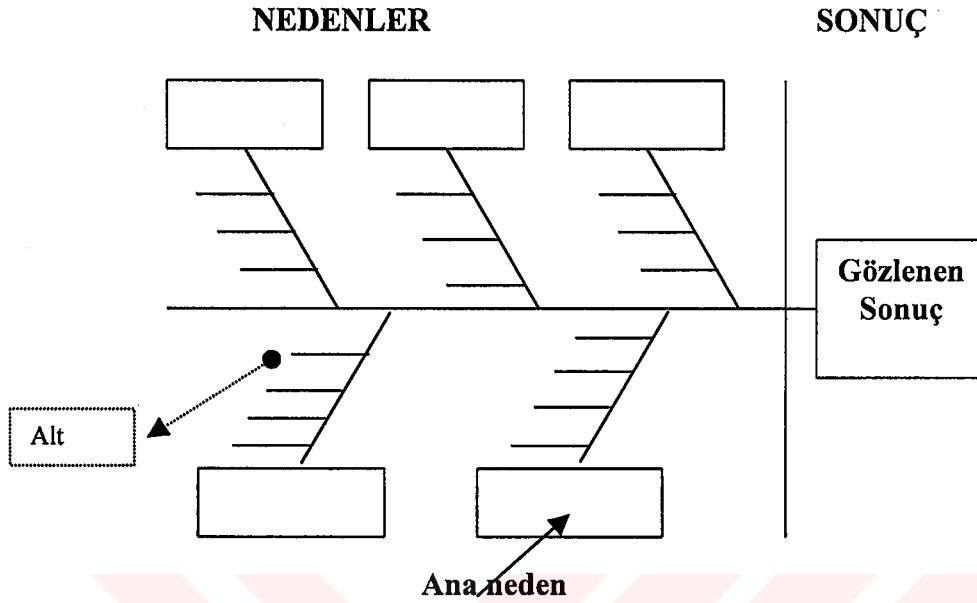
- Yatay eksen boyunca listelediğiniz nedenler için bir histogram çizip diyagram hazırlanmalıdır.
- Sol dikey ekseninde tekrar etme sıklığını (frekans) ölçeklendirilmelidir. Sağ dikey ekseninde ise bunlara uygun yüzdelerin ölçeklendirilmemesi gereklidir.
- Sol tarafta en yüksek tekrarlanma oranı olan verilerin grafiğini, sağ tarafta ise en düşük tekrarlanma oranı olan verilerin grafiği çizilir.
- Nedenlerin yığılımlı (kümülatif) yüzdelerinin etkisini göstermek için en yüksek çizginin tepesinden başlayan bir çizgisel grafik çizilir. Bu çizgisel grafik öncelikle Pareto ilkesini doğrular; *problemin % 80'i, nedenlerin %20'sinden kaynaklanmaktadır.* [24]

5.4.6 Neden –Sonuç (Balık Kılçığı) Diyagramları

Japon kalite devriminin mimarlarından Prof. Ishikawa, işletmelerde kalite sorunlarının nedenlerini belirlemek için bir metod geliştirmişti. Bir hayli başarılı olan bu yöntem, belirli bir problemin ortaya çıkmasına yol açan nedenleri tanımlamak ve yol göstermek için kullanılır. Nedensel faktörlerle onun istenmeyen sonuçları arasındaki ilişkiyi anlamasını hedefler. İshikawa Diyagramı da denen bu diyagram türüne, detay nedenlerin ana nedenleri gösteren dallar ile birleşmesi sonucunda ortaya çıkan şekli nedeniyle *balık kılçığı diyagramı* da denmektedir. [24, 29]

Dikkati tek bir problem üzerinde yoğunlaştırarak, takım problemi çözecek kişilerin problemin nedenlerini bulmak için kendi kişisel bilgi ve deneyimlerinden yararlanmalarını sağlar, güdüsel bilgilere yön verir ve bilginin şekillenmesini kolaylaştırır. [24]

Uygulaması oldukça basit olan bu yöntem, sorunun nedenlerini sistemli bir biçimde araştırmaya yöneliktir. (Bkz.Şekil 5.12.).



Şekil 5.12 Neden –sonuç diyagramının şekilsel tanımlanması

Diyagramın sol tarafında “Nedenler”, sağ tarafında “Sonuç” yer alır. Çalışmalarda genellikle tek bir sonuç üzerinde durulur. Nedenler ise ana gruplar halinde ele alınır; her ana nedenin kendine ait alt nedenleri vardır. Tipik olarak sorun bir kalite özelliğidir. Örneğin; boyut, sertlik, dayanıklılık, v.b. özellikler veya fire oranı, hatalı ürün oranı gibi sorunlardır. Ana nedenler tespit edilince diyagram balık kılçığını andırır. [28, 29]

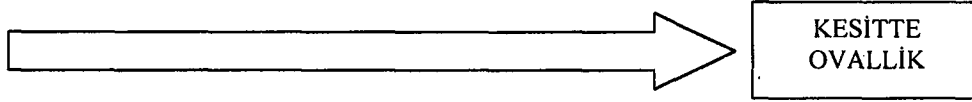
Neden-Sonuç Analizinin Yararları

- Yöntem, sorunlarının üzerine giden “Aktif bir Yöntemi” geliştirir.
- Diyagramın hazırlanması iletişimi güçlendirir. Herkesin dikkatini bir noktaya çekmesini sağlar.
- Başlı başına eğitici bir çalışmadır, bu çalışmaya katılan herkes bilgisini geliştirir.
- Verilerin toplanmasını ve konuya bilimsel biçimde yaklaşmayı sağlar.

- Konuya hakimiyeti sağlamak için eşsiz bir tekniktir.
- Tüm sorunlara uygulanabilir.

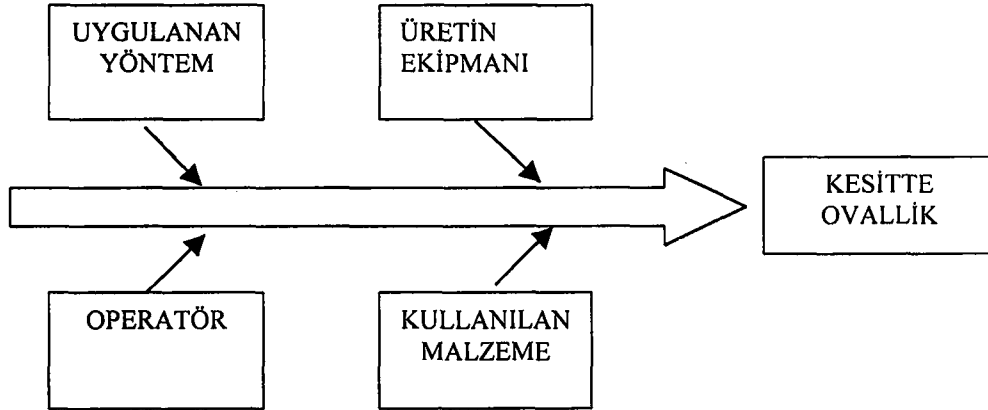
Neden – Sonuç Diyagramları Nasıl Uygulanır

1. Nedenleri araştırılacak problemleri belirleyin. Kağıdın sol tarafına bir kutu içinde problemi yazın. (Bkz. Şekil 5.13).



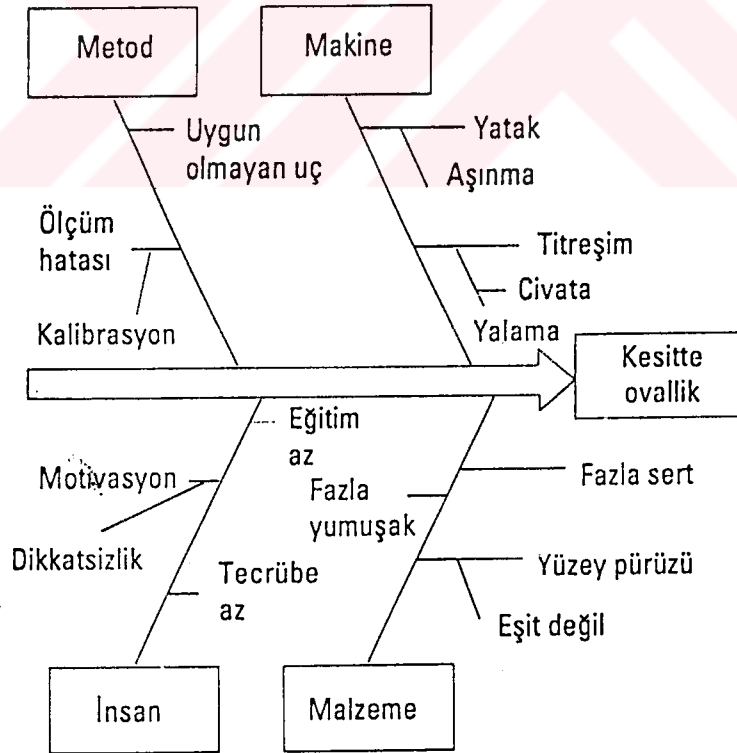
Şekil 5.13 Bir kutu içinde problemin yazılması.

2. . Bu kutuya yönelen bir ok çizin. Bu soruna sebep olabilecek ana nedenler birer kutu içine alınarak kılçıkların ucuna yerleştirilir. Örnek çözüm üretimle ilgili olduğu için ana nedenler 3 M+1 (Makine, Malzeme, Metod, İşgücü) olarak saptandı. (Bkz. Şekil 5.14).



Şekil 5.14 Ana nedenlerin gösterildiği neden – sonuç diyagramı.

4. Beyi fırtınası sırasında toparlanmış düşünceler, en iyilerini saptamak üzere izlenir. En iyi nedenleri saptamak, her birinin lehte ve aleyhte yönleri titizlikle incelendiğinden uzun zaman alacaktır. Bu yüzden en önemli düşünceleri bulmak amacı ile bir oylanma yapılır. Lider, üyelere arzu ettikleri kadar çok sayıda düşünce için oy kullanabileceklerini bildirir. Nedenlerden birini işaretleyerek ve örneğin “fazla sert için kaç kişi oy vermek istiyor?” diye başlar. Tüm nedenler oylanana kadar işlem sürer. Hiçbir oy almayan neden üzerine bir çizgi çekilerek eklenir. Üyeler her bir nedeni incelerken , değişikliğe uğramış bir şey aramalıdır. Bu çok faydalı bir ip ucudur. Üyeler standartlardan sapmalara dikkat etmelidir. (Bkz . Şekil 5.16).



Şekil 5.16 Bir problemle ilgili olarak oluşturulan neden - sonuç diyagramı.

5. Bu aşamada en muhtemel nedenler önem sırasına göre dizilir. Oylamadan önce her sebep için tartışılır. Daha sonra oylamaya geçilir. Oyların sayısı her bir temel nedenin yanına yazılır. Öncelik sıralamasında her temel nedenin yanına eklenir.
6. En muhtemel sebep doğrulamak amacı ile denenir. Deneme zor ve zaman alıcı olabilir. Fakat her zaman denenmelidir. En önemli neden *1 No.'lu* nedendir. Grubun doğrulamaya çalışacağı neden de budur. Gerçek sebep doğrulandıktan sonra yapılacak şey, neden-sonuç analizinin ardından çok önemli olan çözümlerin önerilmesidir. Sonuç elde etmenin yolu soru ya da hedefleri teklif etmektir. Örneğin; gereken faaliyetin saptanması kimin işi izleyeceğinin bildirilmesi ve bitiş için bir hedef zaman konulması gibi.. Diyagram üzerine tarih grup adı liderin ismi ve konu gibi bilgileri içeren bir kağıt eklenir.[29].



MAKİNA

- Ağırlığı
 - Tasarım
 - Adet
 - Boyut
 - Tipi
 - Çalışma sıcaklığı
 - Güç
 - Kapasitesi
- SİNTER FIRINI**
 - Adet
 - Şekil
 - Güç
- FIRINI**
 - Adet
 - Boyut
 - Tipi
 - Güç
 - Tasarım
- AL ERGİTME FIRINI**
 - Adet
 - Ç. Sıcaklığı
 - Kapasite
- YAKMA FIRINI**
 - Boyut
 - Sıcaklık
 - Tipi
- ENDÜKSİYON OCAĞI**
 - Boyut
 - Şekil
 - Tipi
 - Bakım
 - Kapasitesi
 - Ağırlık
 - Tasarım
- C TAYİN CİHAZI**
 - Çalışma sıcaklığı
 - Bakım
 - Fonksiyonelliği

MALZEME

- Temizliği
 - Pas
 - %Eser element
 - Kimyasal kompozisyon
- HURDA/ALYAJ**
 - Cinsi
 - Bazık
 - Asit
- GERİ DÖNEN HURDA MALZEMELER**
 - Kimyasal bileşimi
 - Miktarı
 - Ocağa atılan oran
- ASTAR MALZEMELERİ (Endüksiyon ocağı)**
- SİLİS KUMU**
 - AFS aralığı

DÖKÜMHANE

- HAVALANDIRMA**
 - Yetersiz
 - Yeterli
- EĞİTİM**
 - Tecrübe
 - Sertifika
- PERSONEL**
 - Eğitim durumu
 - Sayı
 - Görev yetki ve sorumluluklar
- ÇALIŞMA KOŞULLARI**
 - Maskeli
 - Özel döküm giysisi
- RUTUBET**
- TEMİZLİK**
 - Tozlu
 - Seramik kapuk
 - Dumanlı

ÇEVRE

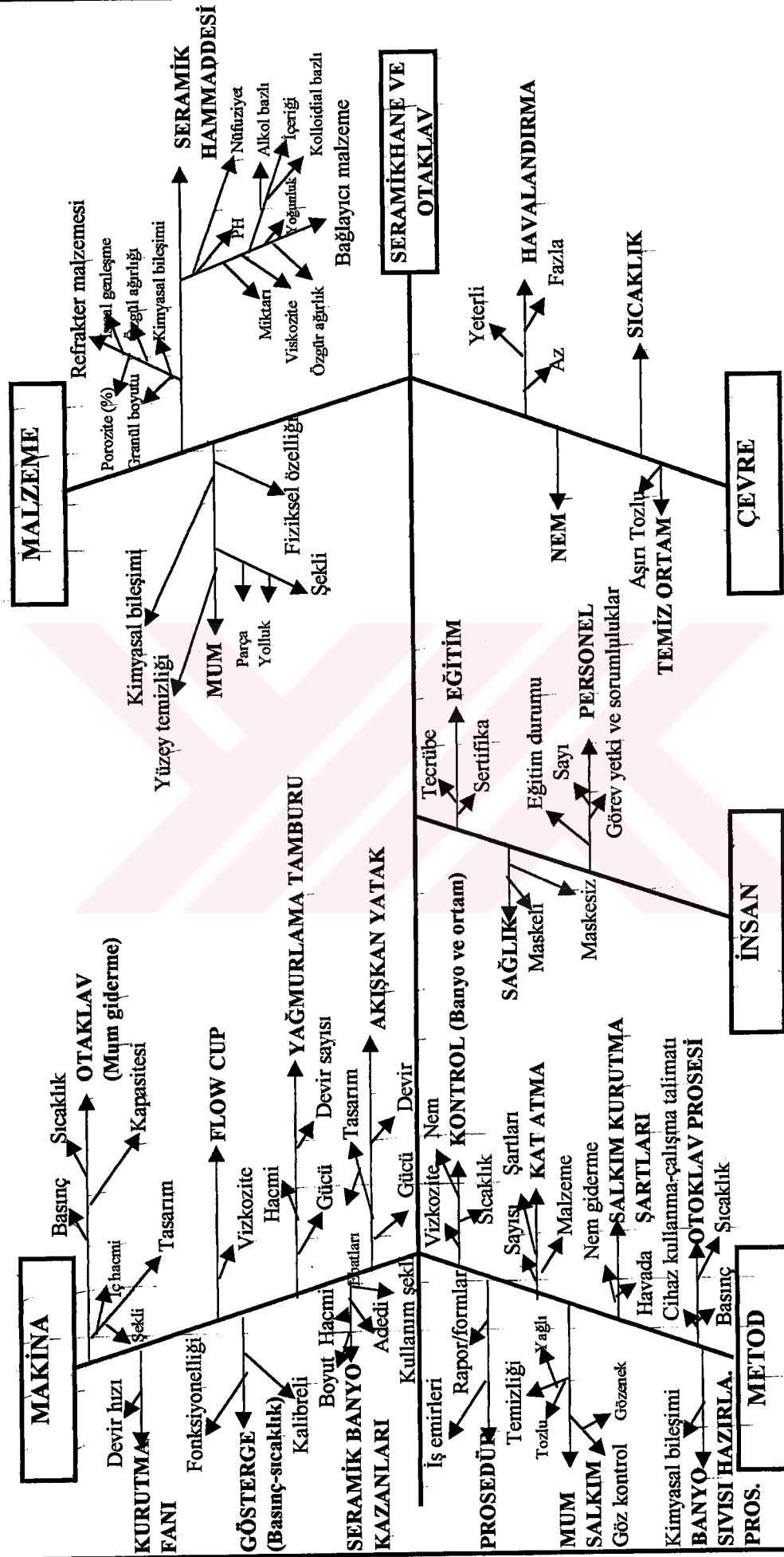
İNSAN

METOD

- Çalışma ve kullanım talimatları
- Çalışma sıcaklığı
- OCAK VE FIRINLAR**
 - Şablon
 - Bakım talimatı
 - yenileme talimatı
- ŞARJ HAZIRLAMA**
 - Reçete
 - Döngü hurda oranı
- PROSEŞİ**
 - Talimatlar
 - Formlar
- Mn TAYİNİ**
 - K. Bileşim hazırlama tal.
 - Alınan numune mık.
- KONTROL**
 - Kontrol talimatları
 - Yetkili personel listesi.
- PROSEŞİ**
 - Formlar

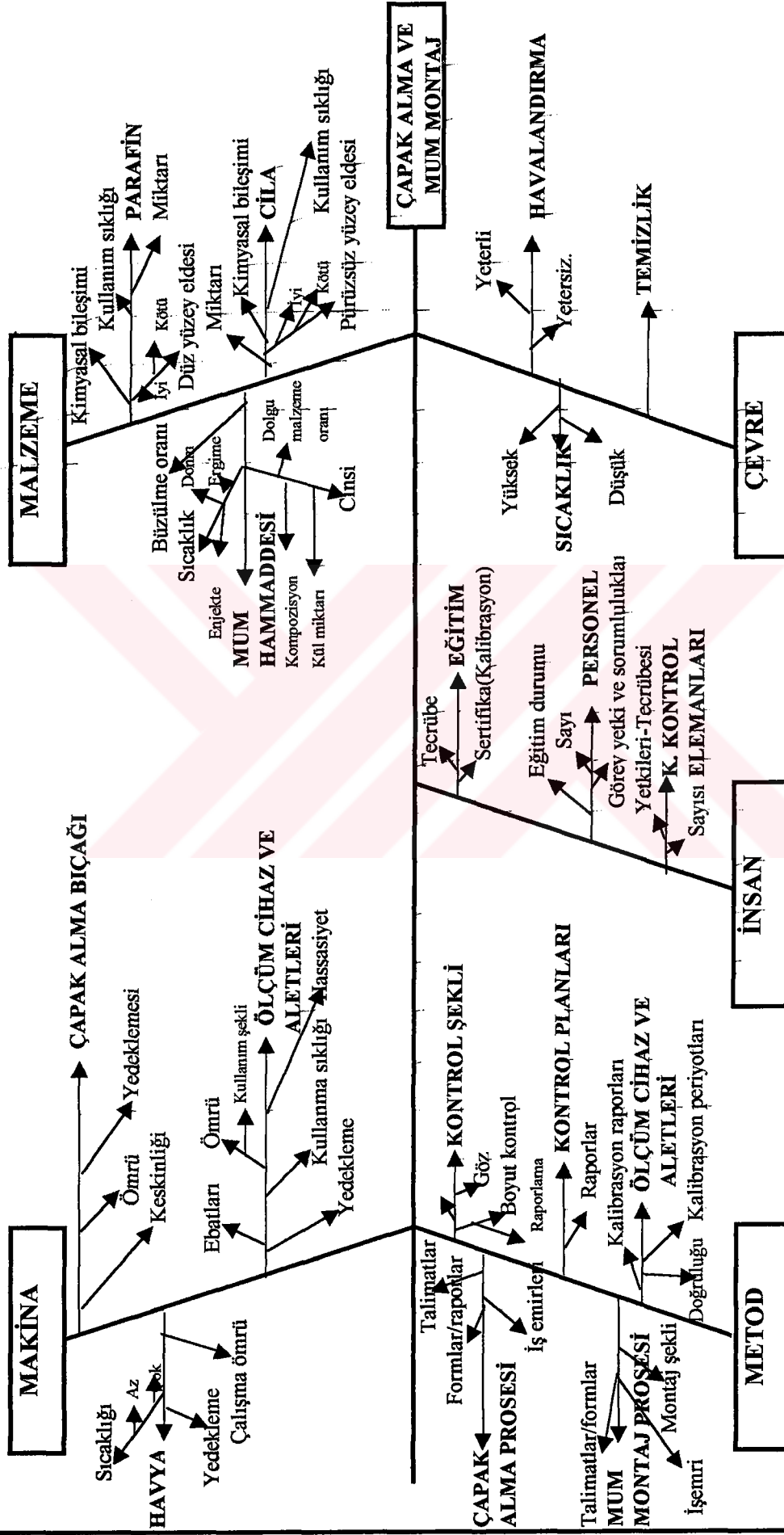
123

NEDEN SONUÇ DİYAGRAMLARI

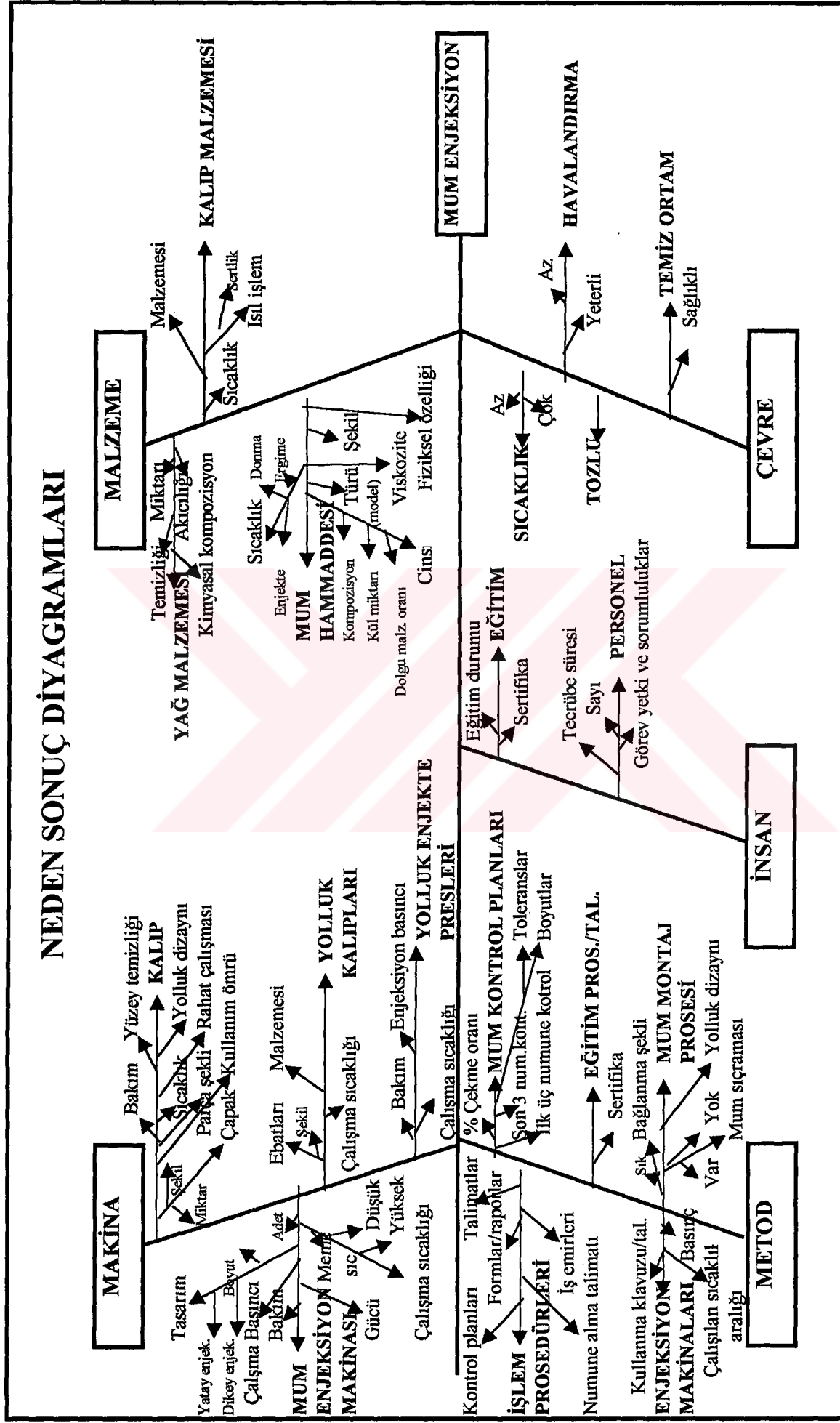


Şekil 5.21 Seramikhane ve Otaklav Bölümüne ait Neden - Sonuç Diyagramı

NEDEN SONUÇ DİYAGRAMLARI

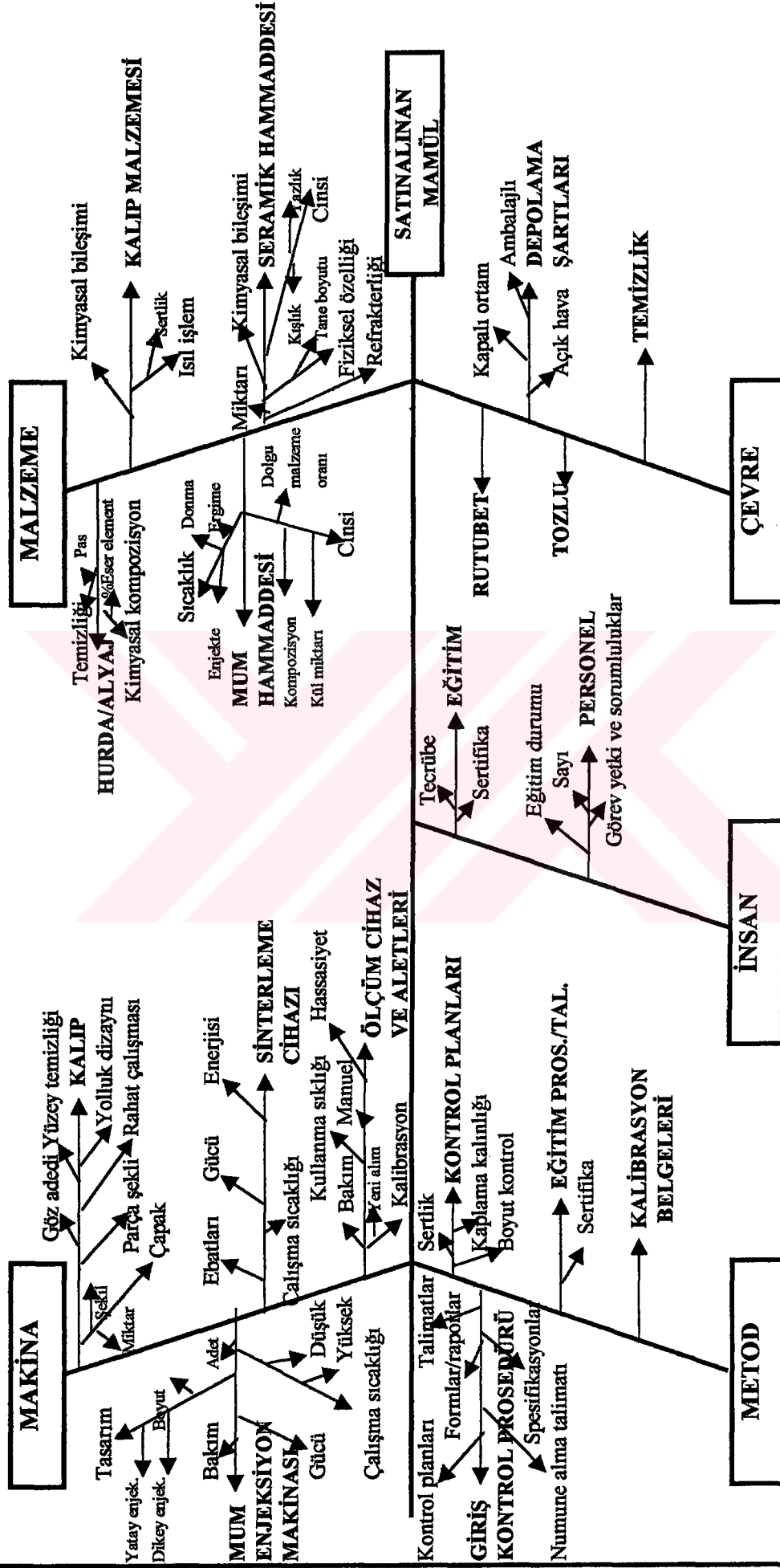


Şekil 5.20 Çapak Alma - Mum Montaj Bölümüne ait Neden - Sonuç Diyagramı



Şekil 5.19 Mum Enjeksiyon Bölümüne ait Neden - Sonuç Diyagramı

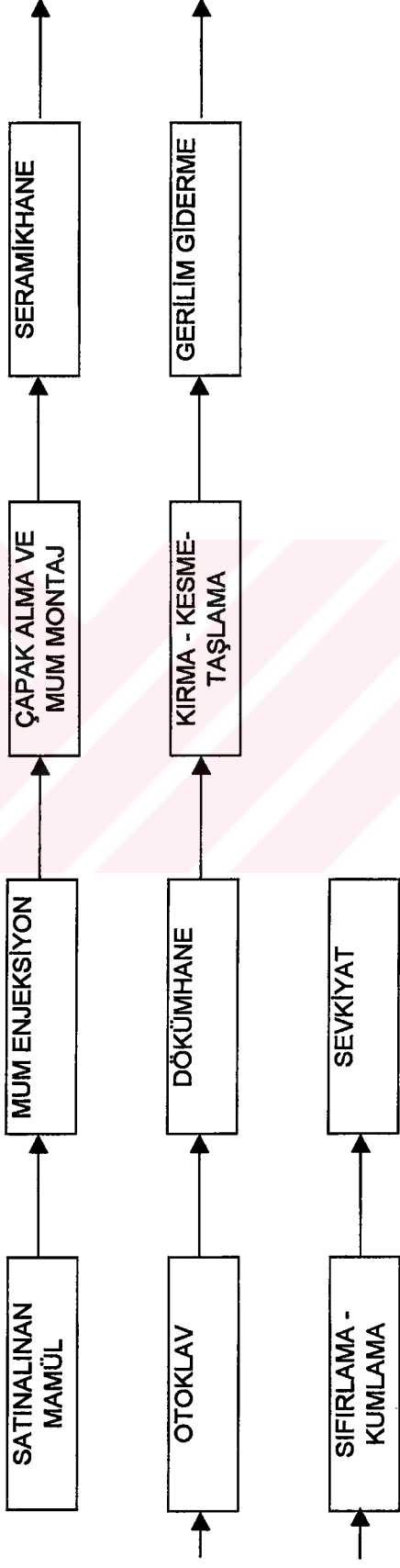
NEDEN SONUÇ DİYAGRAMLARI



Şekil 5.18 Satınalınan Mamüle ait Neden - Sonuç Diyagramı

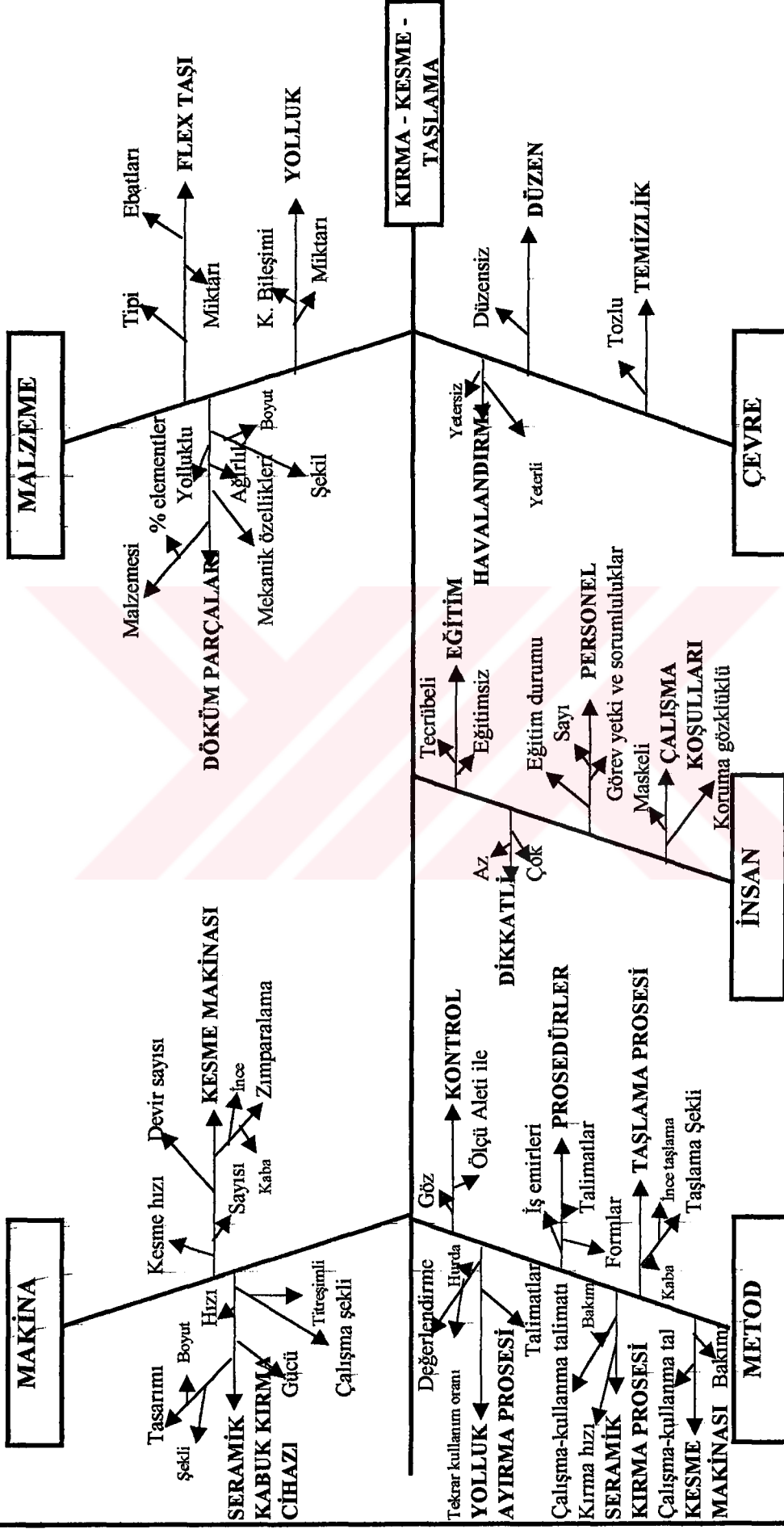
NEDEN SONUÇ DİYAGRAMLARI

HASSAS DÖKÜM ÜRETİM AKIŞ DİYAGRAMI



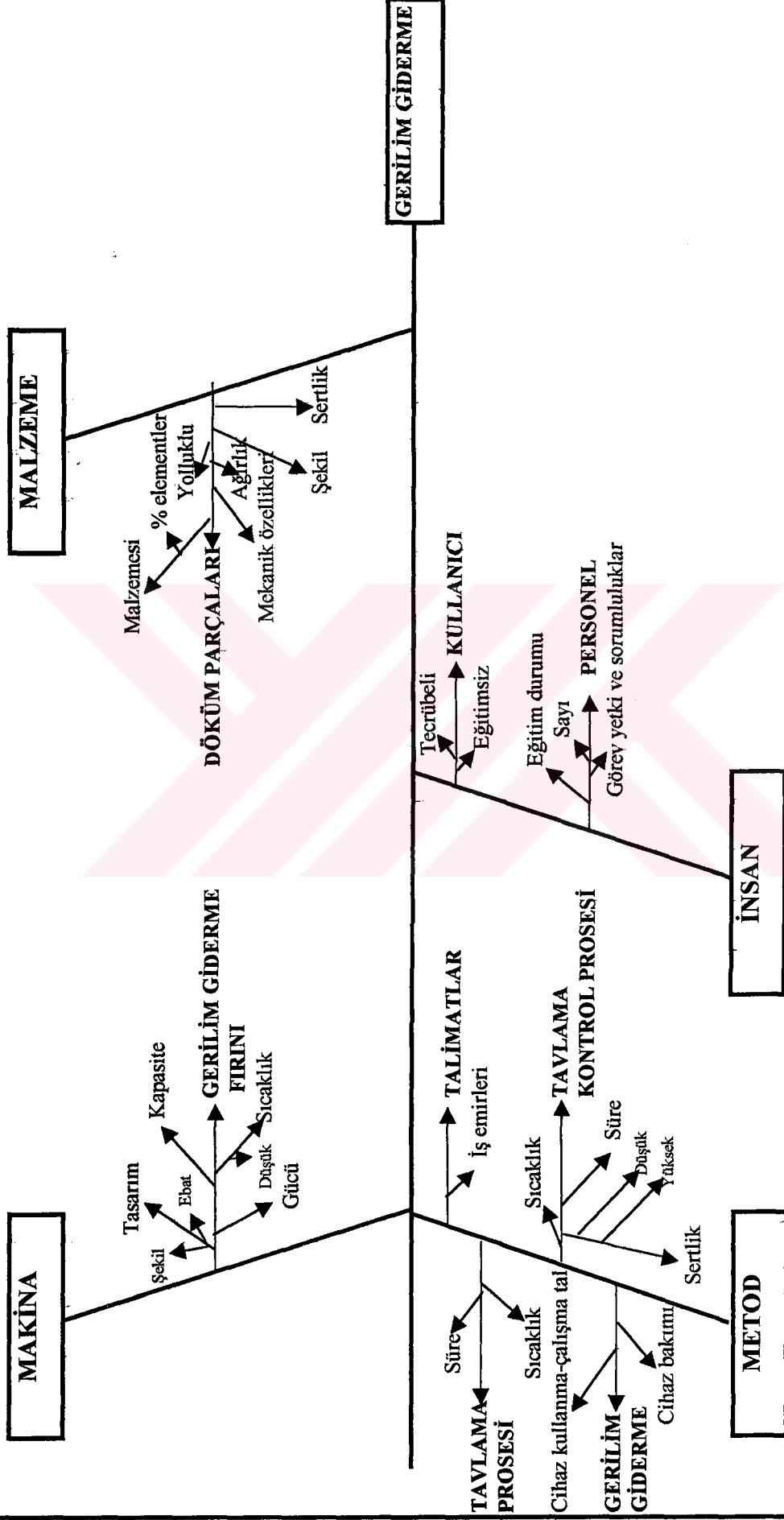
Şekil 5.17 Hassas Döküm Üretim Akış Diyagramı (Ana Başlıklar Halinde)

NEDEN SONUÇ DİYAGRAMLARI



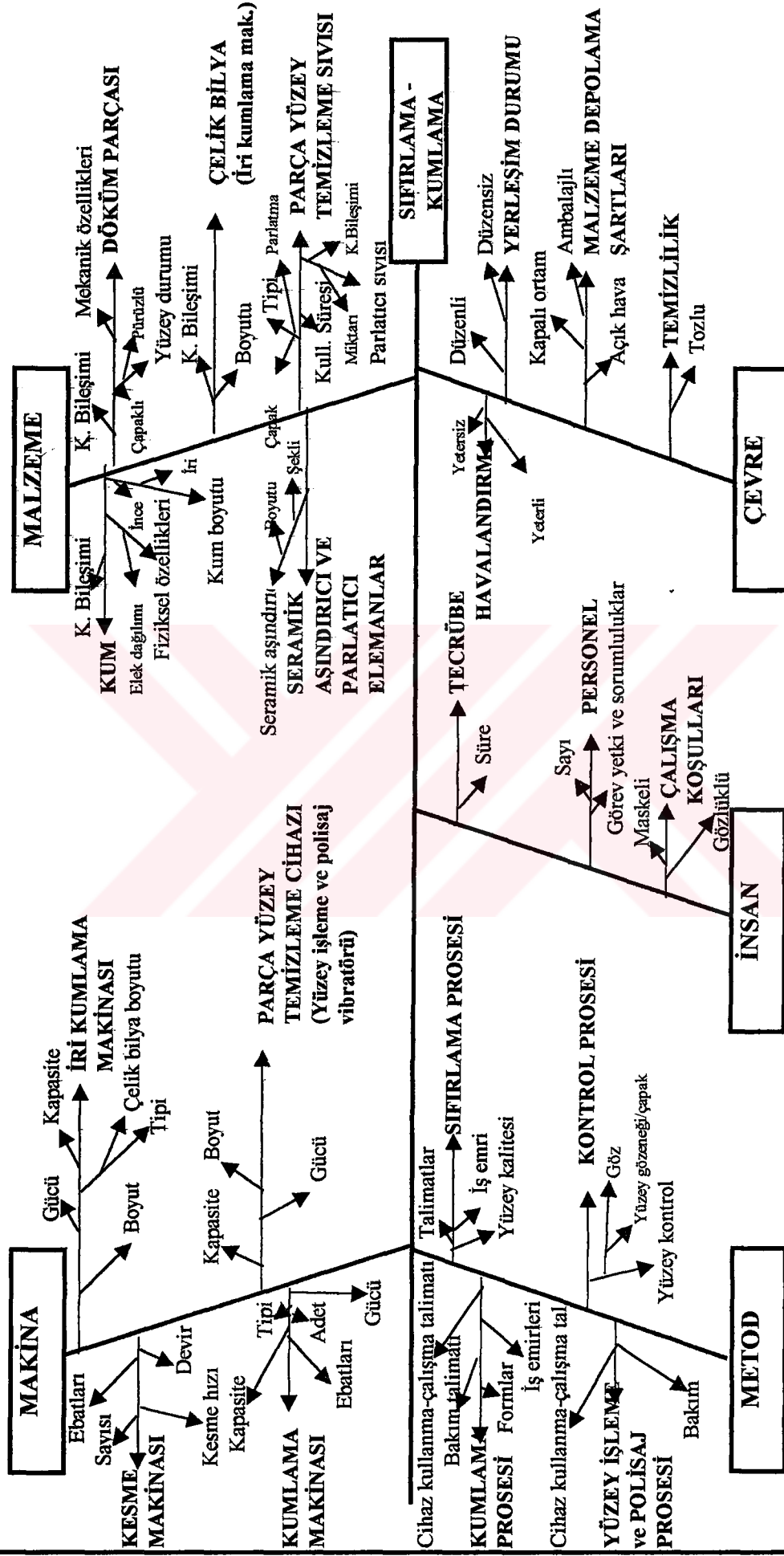
Şekil 5.23 Kırma - Kesme - Taşlama Bölümlerine ait Neden - Sonuç Diyagramı

NEDEN SONUÇ DİYAGRAMLARI



Şekil 5.24 Gerilim Giderme Bölümüne ait Neden - Sonuç Diyagramı

NEDEN SONUÇ DİYAGRAMLARI



Şekil 5.25 Sıfırlama - Kumlama Bölümlerine ait Neden - Sonuç Diyagramı

[illegible]

Şekil 5.2.6 Sevkiyat Bölümüne ait Neden - Sonuç Diyagramı

5.4.7 Kontrol Diyagramları (X-R)

Bir prosesin istatistiki kontrol altında olup olmadığının belirlenmesi amacı ile kullanılır. Prosesteeki değişimin ne kadarının tesadüfi, ne kadarının tekil olaylar veya hareketlere bağlı olduğunu bulmak için kontrol şemasından yararlanılır. Olayların zaman içinde gelişmelerini izlemek, değerlendirmek için dinamik bir süreç kontrol yöntemidir. Modern kalite kontrolün yaratıcısı sayılan Dr. Walter Shewhart “Shewhart Çizelgeleri” diye bilinen istatistiksel proses kontrol çizelgelerini geliştirmiştir.

Bir imalat işleminin kontrolünde ekonomik olmak koşulu ile cevaplandırılması istenen 3 soru vardır.

- a) Proses Ne zaman kontrol altındadır? Ne zaman değildir?.
- b) Özel faktörlerin varlığı nasıl anlaşılır?
- c) Özel faktör bulunmadığı nasıl ve ne ölçüde garanti edilebilir.?

Kontrol Diyagramları bu soruları sistematik biçimde cevaplamaya çalışan kalite kontrol da çok geniş uygulama alanı bulan grafik araçlardır. [28, 29].

Kontrol Diyagramları Nasıl Hazırlanır?

- a) Sistemin tüm öğeleri ile “Normal” çalışma düzeninde olması gerekir.
 - Makinanın spesifikasyonunda belirlenen performansı gerçekleştirecek durumda olması sağlanır. Bakım, ayar ve çalışma rejiminin doğruluğu denetlenir.
 - Kullanılan malzemenin tüm özelliklerinin spesifikasyonlara uygunluğu sağlanır.
 - Uygulanan prosedürün doğruluğu denetlenir.
 - Prosesin işletilmesinden sorumlu tüm elemanların gerekli bilgi ve tecrübeye sahip olması sağlanır.
 - Sistem çalıştırılarak rejime sokulur. Tam karşılık sağlanınca veri toplama işlemine geçilir.

- b) Uygun bir kontrol çizelgesi formu seçilir veya geliştirilir.
- c) Yapılacak ilk iş bir parti veriyi toplamak ve çeşitli örnek grupları arasındaki farkı bulmaktır.

Bir prosesin istatistik yöntemlerle ekonomik ve en güvenilir biçimde kontrol altında tutulmasında kullanılan en etkin araç kontrol diyagramlarıdır. Kontrol diyagramları, mamülün gerçek kalite spesifikasyonlarını, geçmiş tecrübelerle dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik olarak kıyaslamaya yarayan grafikler şeklinde tanımlanmaktadır. Kontrol grafiği aksaklığı en kısa zamanda haber veren çok etkili bir araçtır. Unutulmaması gereken husus, kontrol grafiklerinin sadece aksaklığın varlığını ortadan kaldıramadığıdır. Aksaklığın, yani özel nedenlerin bulunup ortadan kaldırılması usta, teknisyen mühendis veya bir başka kişinin görevidir. [25, 28].

- **Kontrol Diyagramlarının Yapısı :**

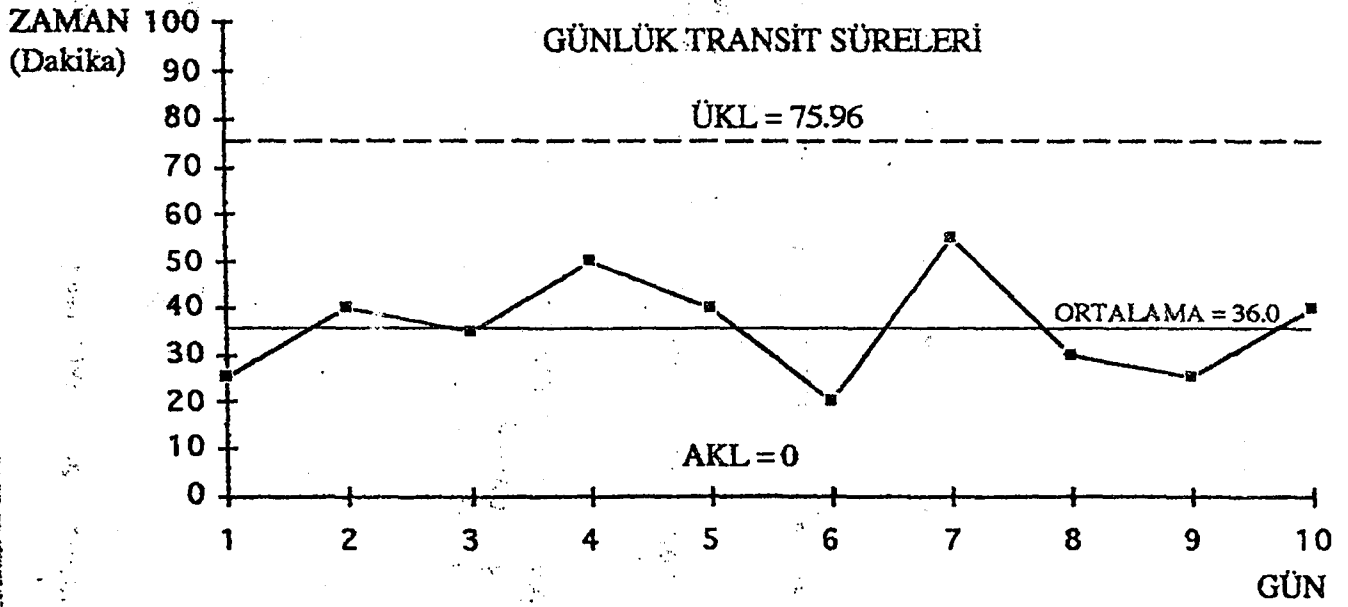
Kontrol diyagramları absiste zaman, ordinatta ise kalite spesifikasyonlarının bulunduğu bir kartezyen koordinat grafiğidir.

Kalite spesifikasyonu, boyut, ağırlık gibi ölçülebilir bir büyüklük veya kusurlu parça oranı gibi bir özellik olabilir.

Diyagramın sadece üç çizgiden oluştuğu söylenebilir.

- AKL: Alt Kontrol Limiti
- ÜKL: Üst Kontrol Limiti
- OÇ: Ortalama Çizgi (merkez çizgisi). [25].

Şekil 5.27’de bir kontrol şeması örneği görülmektedir.



Şekil 5.27 Kontrol şeması örneği

Kontrol Grafiklerinin Hazırlanması:

- Ürünlerin hangi özelliklerinin kontrol edileceğinin saptanması;
- Sürece ilişkin bir inceleme yapılarak süreç özelliğinin ortalamasının ve standart sapmanın saptanılması;
- Bu verilerin kullanılarak, o sürecin kontrol grafiği ya da grafiklerinin hazırlanması;
- Kontrol sınırlarının gerçekçi ve ekonomik olarak uygunluğunun gözden geçirilmesi;
- Süreçten örnekler alınarak özelliklerin grafik üzerinde işlenilmesi;
- Eğer örnek verileri kontrol sınırları dışında ise:
 - a) Nedenlerinin belirlenmesi;
 - b) Düzeltici önlemlerin alınması;
 - c) Eğer gerekiyorsa, partinin diğer parçalarının da muayenesi.

Bir prosesin kontrol diyagramları yardımı ile izlenmesi ve istenilen limitler arasında kalmasını sağlamak için :

- Geçmiş bilgilerin analizi ve buna göre kontrol limitlerin saptanması;

- Belirli zaman aralıkları yapılan ölçmelerde fiilen gerçekleştirilen spesifikasyonların bulunması;
- Kıyaslama ve yorum yapılması;
- Hata nedenlerine göre düzeltici önlemlerin alınması

Faaliyetlerinden oluşan bir sistemin kurulması gerekmektedir.

Kontrol diyagramları prosesin ne derecede iyi işlediğini gösterir. Bir prosesin istatistiksel kontrol altında olması, değişimin kaynağının sadece genel sebepler olması demektir.

Bir proses kontrolünde kontrol diyagramlarının iki tip hatayı engellemesi, daha doğrusu azaltması istenir:

- Özel faktörler mevcut değilken aramaya kalkışmak ve gereksiz önlemler almak;
- Özel faktörler mevcut olduğu halde farkına varamamak ve önlem almada geç kalmak.

Bu iki tip hatadan herhangi birini tamamen ortadan kaldırmak mümkün olduğu halde, ikisini birden aynı anda ortadan kaldırmak imkansızdır. Kontrol diyagramlarının amacı hataların doğuracağı kayıplarla, bunları bulmak için katlanılacak olan maliyet arasında bir denge kurarak süreci işletmeye devam etmektir.

Proseste değişkenlik oluşturan nedenler, proses kontrolü açısından iki grupta toplanabilir.

- a) Rassal nedenler
- b) Belirlenebilir nedenler. [25, 27].

a- Rassal Nedenler:

Rassal nedenlerden kaynaklanan değişkenlik, proses içerisinde kontrol altında tutulmasına imkan olmayan bir çok küçük faktörün birleşimidir. Gözlenen veya ölçülen bu değişimin, çok sayıda olan ve bir kısmı kolayca görülemeyen bu faktörlerden hangisinin ne ölçüde etkisi ile meydana geldiğini saptamak zordur.

Rassal nedenlerin proseste meydana getirdikleri değişmeler nispeten küçüktür. Prensip olarak bu tür değişmeler doğal kabul edilir. Bu değişmeler kontrol limitleri içinde kaldıkça süreç kontrol altında kabul edilir ve herhangi bir düzeltici önlem alma yoluna gidilmez. Malzeme yapısındaki küçük farklar, tezgahdaki titreşimler, oda sıcaklığı ve benzeri çevre koşullarındaki değişimler rassal nedenlerden bazıları olarak sıralanabilir.

b- Belirlenebilir Nedenler:

Oluşma nedeni belirlenebilen ve giderilmesi mümkün olan bu özel nedenler, proseste büyük çaplı değişime yol açarlar. Tasarımı iyi yapılmış bir istatistiksel proses kontrol sisteminde, belirlenebilir nedenlerin varlığı derhal anlaşılabilir ve düzeltici önlemlerle tekrar yoluna girmesi sağlanır.

Yapısal olarak rassal olmayan bu nedenlerden bazıları aşağıda gruplandırılmış olarak sıralanmaktadır.

Malzemedan Kaynaklananlar: Kusurlu bir malzeme partisi, birbirine karışmış parti, heterojen yapıda hammadde, farklı tedarik kaynaklı malzeme, bozulmuş hammaddeler vb.

Makine ve Donanımdan Kaynaklananlar: Hatalı makine ayarı, kötü tasarımı donanım ve aparatlar, kalıplar, makinelerin yıpranma ve eskimesi, yetersiz koruyucu bakım, ölçme ve test aleti, cihaz ve donanımlardaki farklılıklar vb.

Proses ve Yöntemden Kaynaklananlar: Yeni, denenmiş bir üretim yöntemi, uygun olmayan üretim ve test yöntemleri, farklı test ve ölçme yöntemlerinin kullanılması v.b.

Operatörden Kaynaklananlar: Operatörün dalgın, yorgun veya hasta olması, disiplinsizlik, deneyimsizlik, bilgi eksikliği, motivasyonsuzluk, farklı vardiyalarda çalışan operatörlerin aralarındaki farklar v.b.

Ortamdan Kaynaklananlar: Operatörü etkileyebilen, toz, gürültü vb. gibi çevre şartları ve bunlardaki değişimler, sıcaklık ve nem oranı değişimleri, mevsimsel veya günlük hava koşulları değişimleri v.b. [27].

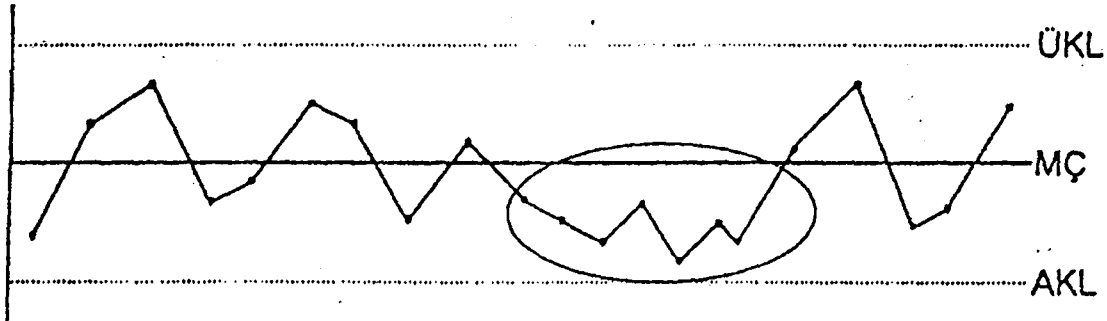
İstatistiksel Olarak Kontrol Altında Olmayan Bir Sürecin Belirtileri:

Kontrol limitleri (üst kontrol limiti: ÜKL; alt kontrol limiti:AKL) dışında veya tam üzerinde noktalar.

Böyle bir nokta veya birden fazla sayıda nokta söz konusu ise, prosesin istenmeyen bir yönde değişmiş olması çok kuvvetle muhtemeldir ve artık bir şeyler normal gitmemektedir. Çünkü kontrol diyagramlarında 3σ standart sapma (3σ) esasına göre çizilen kontrol limitlerinin dışına bir tek noktanın düşmesi yalnızca 10.000’de 27 civarındadır.

Kontrol limitleri dışına çıkan bir nokta olmaksızın proseste bir değişme olduğu şüphesini veren diğer durumlar. Bu durumlar şekillerle şöyle açıklanmaktadır:

1- Ardışık noktaların merkez çizgisinin altında veya üstünde seyretmesi. Yedi ardışık noktanın merkez çizgisinin aynı tarafında bulunması rassal olmayan bir nedenin habercisidir. (Bkz. Şekil 5.28).

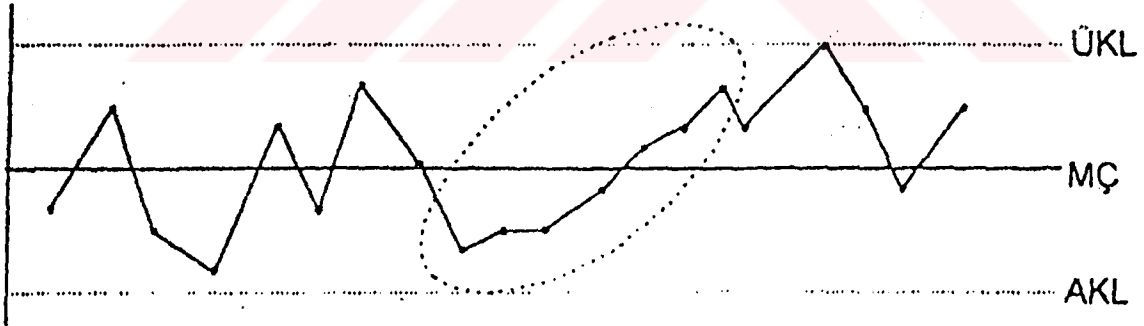


Şekil 5.28 Yedi ardışık noktanın merkez çizgisinin altında (veya üstünde) seyretmesi.

Öte yandan,

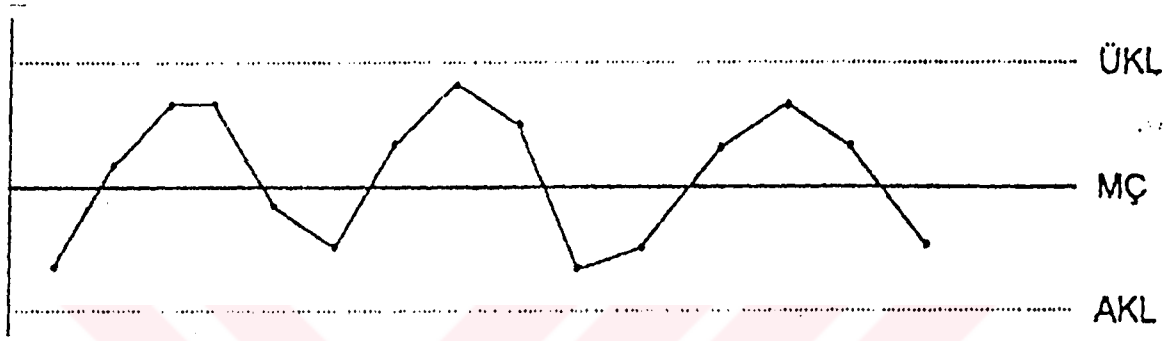
11 ardışık noktadan 10'unun merkez çizgisinin aynı tarafında bulunması,
14 ardışık noktadan 12'sinin merkez çizgisinin aynı tarafında bulunması,
17 ardışık noktadan 14'ünün merkez çizgisinin aynı tarafında bulunması,
20 ardışık noktadan 16'sının merkez çizgisinin aynı tarafında bulunması
gibi durumlarda da "rassal olmayan bir neden var" denilebilir.

2- Sürekli ve düzenli değişme: Kontrol diyagramlarında bu tür değişmeler, sürekli artış veya sürekli azalış şeklinde kendini gösterirler. Ardışık 7 noktanın devamlı olarak yükselen veya düşen değerler alması , proseste yavaş yavaş nedeni rassal olmayan bir değişikliğin oluştuğunu gösterir. Bu gibi durumlarda genellikle trend gösteren nokta sayısı yediye ulaşmadan önce kontrol limitlerinin dışına çıkma olayı da gözlemlenir. (Bkz. Şekil 5.29).



Şekil 5.29 Yedi ardışık noktanın devamlı yükselen değerler alması.

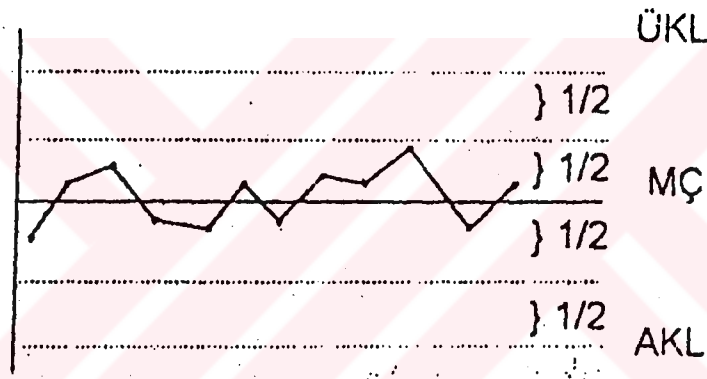
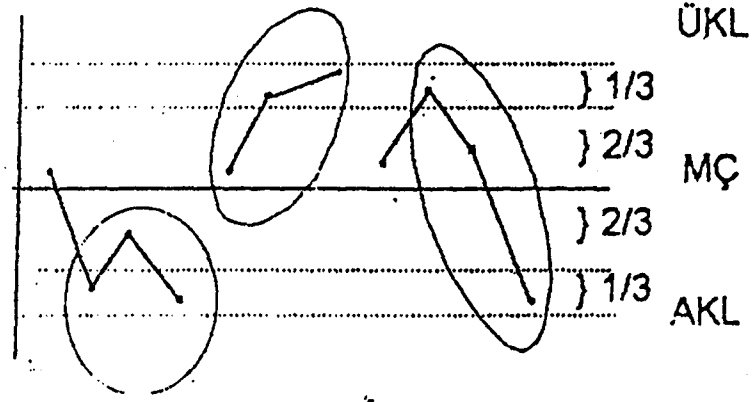
3- Periyodik değişimler: Grafiğin muntazam aralıklarla merkez çizgisi etrafında oynaması, periyodik olarak sürece etki eden rassal olmayan nedenlerden dolayısıyla oluşur.(Bkz. Şekil 5.30).



Şekil 5.30 Periyodik değişimler.

4- Ortalama değer veya limit değerlere yakın bölgelerde yığılmalar: Ortalama değer etrafında yığılma olup olmadığının kontrolü için, üst kontrol limiti ile merkez çizgisi arasındaki bölgeyi iki eşit parçaya ayıran bir çizgi çizilir. Aynı şekilde alt kontrol limiti ile merkez çizgisi arasındaki bölge de bir çizgi ile iki eşit parçaya ayrılır. (Bkz. Şekil 5.31). Noktaların çoğunun çizilen bu iki çizgi arasında kalması, rassal olmayan bir nedenin varlığına işaret eder.

Şekil 5.31.'de de aynı şekilde bir uygunsuz durum olan limit değerlere yakın bölgelerdeki yığılmalar görülmektedir. Üç ardışık noktadan ikisi; yedi ardışık noktadan üçü veya 10 ardışık noktadan dördü uyarı limitleri ile alt veya üst kontrol limitleri arasında kalan bölgelerden herhangi biri içerisinde kalıyorsa özel nedenlerden kaynaklanan bir değişiklik olması kuvvetle olasıdır.



Şekil 5.31 Limit değerlere yakın bölgelerde yığılmalar.

Kontrol diyagramlarının kullanılmasında önemli bir nokta, bunların gösterdiği ve bir kısmı yukarıda tartışılan değişim desenlerinin okunması ve bunların yorumlanmasıdır. Gözden kaçırılmaması gereken bir başka husus da, kontrol diyagramlarının sorunun ne zaman aranacağını söylemesi, fakat sorunun ne olduğunu söylememesidir. Diyagram üzerinde gözüken değişim, rassal değişimler ile belirlenebilir değişimlerin toplam etkisidir. [27].

X – R Kontrol diyagramlarını ait bir uygulama:

Boyut , ağırlık, hacim gibi ölçülebilir değişkenler için çizilen diyagramlardır.

İlk aşamada örnek büyüklüğünün belirlenmesi gerekmektedir. Buna göre gün içersinde her saat başı ve iki vardiya boyunca Küçük Disk parçasının 31,32 – 31,40 mm’lik çap ölçüsü için 3500 adetlik bir kafileden rastgele aldığımız 80 adet örnek parti içinde 16 tane 5’er adetlik grup vardır.

Bu değerler:

Sıra no	Saat	X1	X2	X3	X4	X5	ΣX	X
1	08:00	31,38	31,39	31,37	31,38	31,38	156,89	31,38
2	09:00	31,36	31,39	31,37	31,39	31,39	156,90	31,38
3	10:00	31,40	31,37	31,40	31,39	31,38	156,94	31,39
4	11:00	31,38	31,37	31,37	31,38	31,39	156,89	31,38
5	12:00	31,39	31,38	31,39	31,37	31,38	156,91	31,38
6	13:00	31,39	31,38	31,37	31,38	31,37	156,89	31,38
7	14:00	31,39	31,39	31,38	31,39	31,37	156,92	31,38
8	15:00	31,38	31,39	31,39	31,38	31,38	156,92	31,38
9	16:00	31,37	31,37	31,36	31,37	31,40	156,87	31,37
10	17:00	31,39	31,40	31,36	31,36	31,38	156,89	31,38
11	18:00	31,38	31,37	31,37	31,39	31,38	156,89	31,38
12	19:00	31,40	31,36	31,39	31,39	31,40	156,84	31,39
13	20:00	31,36	31,38	31,38	31,39	31,38	156,89	31,38
14	21:00	31,38	31,39	31,39	31,38	31,37	156,91	31,38
15	22:00	31,39	31,38	31,40	31,38	31,37	156,92	31,38
16	23:00	31,36	31,38	31,38	31,38	31,36	156,86	31,37
Toplam								502,08
ΣX								31,38

Dağılım aralığının (R) hesaplanmasında;

$R = X_{\max} - X_{\min}$ 'dir.

Buna göre: $R_1 = 31,39 - 31,37 = 0,02$

$R_2 = 0,03$

$R_3 = 0,03$

$R_4 = 0,02$

$R_5 = 0,02$

$R_6 = 0,02$

$R_7 = 0,02$

$R_8 = 0,01$

$R_9 = 0,04$

$R_{10} = 0,04$

$R_{11} = 0,02$

$R_{12} = 0,04$

$R_{13} = 0,02$

$R_{14} = 0,02$

$R_{15} = 0,03$

$R_{16} = 0,02$

Ortalama dağılım aralığı ise;

$$\bar{R} = (0,02+0,03+0,03+0,02+0,02+0,02+0,02+0,01+0,04+0,04+0,02+0,04+0,03+0,02+0,03+0,02)/16$$

$\bar{R} = 0,025$ bulunur.

R değerinin üst kontrol limiti (ÜKL) ve alt kontrol limiti (AKL) değerlerinin hesabında;

$AKL_R = D_3 \cdot \bar{R}$ ise $0 \cdot 0,025 = 0$ bulunur.

$\bar{ÜKL}_R = D_4 \cdot \bar{R}$ ise $2,115 \cdot 0,025 = 0,053$ bulunur.

Not: D_3 ve D_4 değerleri tablodan alınmıştır. Bu değerler grafikte belirtilmiştir.

$\bar{R}$ değerlerinden sonra $\bar{X}$ diyagramı için:

Orta çizgi (ΣX) $\bar{X} = 31,38$

$\bar{X}$ değerinin AKL_x ve $\bar{ÜKL}_x$ değerlerinin hesaplanması:

$AKL_x = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R}$ ise $31,38 - 0,577 \cdot 0,025 = 31,366$

$\bar{ÜKL}_x = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R}$ ise $31,38 + 0,577 \cdot 0,025 = 31,394$ Bulunur.

$\bar{U}KL_x = \bar{X} + A_2 \bar{R}$ ise $31,38 + 0.577 * 0.025 = 31,394$ Bulunur.

Kontrol limitlerinin aralığı hesaplanır. Örneğimizde bu değer $\bar{U}KL_x - \bar{A}KL_x = 0.02$ bulunur. Ancak örneğimizde 16 grup vardır. Tekli örnek için geçerli olan kontrol limit aralığı ise bu değeri grup içindeki örnek sayısının karekökü ile çarpılarak elde edilir.
Kontrol limit aralığı $= 0.02 * \sqrt{5} = 0,043$

Güvenli bir kalite elde etmek için proses yeteneğinin (C_p) en az 1,30 olması gerekir.

$C_p = \text{Tolerans} / \text{Kontrol limit aralığı}$

Örneğimizde toleransımız 0.08 mm olduğu için yani tolerans (T) = 0.08

$C_p = 0.08 / 0.043$ ise $C_p = 1,85$ bulunur. Bu değer güvenli bir kalite için yeterlidir.

Yukarıdaki veri ve yapılan hesaplamalara göre $\bar{X} - R$ grafiğini çizdiğimizde Ek B 'deki çizim ortaya çıkar. Bu çizime göre: Bu parçaların bu ölçüsünde bir sorunun olmadığı, ancak bazı noktalardaki dalgalanmalarının sebeplerinin bir takım rassal nedenlerden dolayı olabileceği görülmektedir. Ama buradaki sorunun ne olduğunu bize belirtmemektedir. Problemin çözülebilmesi için diğer tekniklerden yararlanılması gerekir. Bir sonraki adım veri toplayıp, diğer tekniklerle problemi çözebilmektir.

6. SONUÇLAR

Teknolojide ileri gitmiş ülkelerin gelişmişlik seviyesine ulaşabilmek; ancak en az girdi ile çok çıktıyı sağlayabilmekle, en kısa sürede en fazla ürünü belli bir kaliteyi tutturarak başarmakla, bir takım standartlara uygun üretim yapmakla mümkün görülmektedir. Bu doğrultuda bir şirkette kalite güvencesinin kurulması için; yönetimin desteğinin olması, eğitilmiş personelin, bağımsız kontrol biriminin bulunması, dokümanlara ve personele zamanında ulaşılabilme imkanının olması ve kalite maliyetlerinin değerlendirilmiş olması gerekir. Tabiki bütün bunların kaynağında müşterinin memnun ve tatmin edilmesi gerçeği yatar. Bu amaçla müşterinin ne istediğinin açık ve net bir şekilde bilinmesi ve bu isteklerinin eksiksiz yerine getirilmesi gerekir. Bu ise ancak kaliteli ürün imal etmek ve toplam kalite yönetimini benimsemekle sağlanabilir.

Kaliteli ürün ancak kaliteli hammadde, malzeme kullanarak ve parametreleri kontrol edilebilen üretim teknikleri ile üretilirse elde edilebilir. Her sektörde olduğu gibi döküm sektöründe de çeşitli nedenlerden dolayı ortaya bir takım hatalar çıkmaktadır. Hassas döküm yöntemi ile üretim yapan bir firmada da görülen mamül hataları memnuniyetsizlik yaratır. Mamül hatalarının en büyük etkisi maliyetler üzerindedir. Bu hataların/ uygunsuzlukların giderilmesi kısaca sıfır hataya ulaşılabilmesi için problem çözme teknikleri kullanılır. Bu teknikler sayesinde problemler tespit edilmiş ve çözülmesi için neler yapılması gerektiği saptanarak ilk ve büyük adımlar atılmıştır

KAYNAKLAR

- [1] **Metals Handbook**, 1970, American Society for Metals, Forging and Casting; Vol. 5, 8 th. Edition; Ohio, pp.237-264
- [2] **Metals Handbook**, 1988, ASM, Casting, Vol. 15, Ohio, pp. 253-269.
- [3] **ÇAVUŞOĞLU Ergin N.**, 1992, Döküm Teknolojisi I, Investment/Hassas Döküm Yöntemi, pp.95-110, İTÜ Kimya-Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi, İstanbul.
- [4] **Aluminium Casting Technology**, Investment Casting, Chapter12, pp. 251-261.
- [5] **KOTZIN, Ezral L.**, 1981, Investment Casting, Metal Casting and Molding Processes, An American Foundrymen's Society Publication, Illinois.
- [6] **AQAP 110.** , Nato Askeri Standartları, NATO
- [7] **AYDINCEREN, Akın**; 1993, Toplam Kalite Yönetimi, , TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi; Sayı 81, Mart. Ankara.
- [8] **ÖZKAN, Ergin, SÖNMEZ Nişan**, 1990, Hassas Dökümde Kullanılan Refrakter Malzemeler, TMMOB Metalurji Müh. Odası Dergisi, 56.Sayı, pp.24-27, Ankara
- [9] **ALTMİŞOĞLU (AKDENİZ), Ayfer**, 1996, Hassas Döküm Yöntemi, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Dergisi, Haziran ,102. Sayı, pp.48-53, Ankara.
- [10] **COOK, Glenn J.**; 1961, Investment Casting, *Engineered Castings*, The McGraw – Hill Book Company Inc.
- [11] **Review of Investment Casting Wax**; Blayson Olefines Ltd. Investment Casting Wax; England.
- [12] **Colloidal Silica Properties**, 1995, Uses, Storages and Handling; Ludox, Syton, DuPont Specialty Chemicals; DuPont, Switzerland.
- [13] **LIBOUTON, J. M.**, 1994, Silica Binders in Precision Foundry; Industrial Marketing Corporation S.A. (HÜLS).

- [14] **ÇAKMAK, Nazmi**, 1995, ISO 9000 Uygulamalarında Karşılaşılan Güçlükler ve Etkili Uygulama Yöntemleri Semineri, *MESS Eğitim Vakfı*, Aralık 1995, İstanbul.
- [15] Kalite, Kalite Güvence, Toplam Kalite Yönetimi ve ISO 9000 Kalite Sistem Standartları Eğitim notları; 1997, *KOSEM Küçük ve ORTA Ölçekli Sanayi Eğitim Merkezi*. Ankara.
- [16] ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi, Ocak 1996, Eğitim Notları, *Bureau Veritas*, İstanbul.
- [17] **AYTİMUR, Selçuk**, Kalite Sistem Dokümantasyonunun Planlanması ve Yazılması, Haziran 1994, *Kalite Sistem Dokümantasyonu Kalder Yayınları*, No:4, İstanbul.
- [18] **ERTURAÇ, H. Hüseyin** (Merkez Müdür V.); Döküm Hataları; 1996, KOSGEB Yayınları Aralık Bülteni.
- [19] **DULAY D.S.**, 1995, Investment Casting, Defects and Non-destructive Testing, Edited by BEELEY, P.R. and SMART, R. F.; England,.
- [20] **ÇELİK, H. S. ve SERİN, F.**; Mum ve Seramik Hatalarının Belirlenmesi ve Önlenmesi El Klavuzu. *Sirmetal Hassas Döküm A.Ş.*, 1993, İstanbul.
- [21] **ERUSLU, N.**, 1997, Döküm Hataları, Hasar Analizi Seminer Notları; Bölüm12, 07-11 Nisan, İstanbul.
- [22] **AKGÜN, A.F.; YILDIRIM, A. ve BAŞ, N.**, 1991, Döküm Süreksizlikleri; Malzeme Süreksizlikleri; Atom Enerjisi Kurumu Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, ÇNAEM – TR-301; Ekim, İstanbul.
- [23] **ISHIKAWA, Kaoru**, 1995, İstatistiksel Yöntemlerin Kullanımı, Toplam Kalite Kontrol Kalder Yayınları, No:7, Mayıs.
- [24] **BİRGEN A.**, 1996, Problem Çözme; *MESS Eğitim Vakfı İktisadi İşletmesi*; Rev.4. İstanbul.
- [25] **SAĞDIÇ, E.**, 1996, İstatistiksel Proses Kontrolü, KOGEM Koç Holding Eğitim ve Geliştirme Merkezi. İstanbul.
- [26] **GÜNEL M., ÜÇÜNCÜOĞLU T., KANTAŞ K.**, 1994, İstatistiksel Proses Kontrol El Kitabı; Otosan, İstanbul.
- [27] **SERARSLAN M. N.**, 1995, İstatistiksel Süreç Kontrolü; MESS Eğitim Vakfı, İTÜ Endüstri Müh. Bölümü, İstanbul.
- [28] **KENT L.**, 1993, Problem Çözme Teknikleri, FENİŞ A.Ş. Eğitim notları. İstanbul.
- [29] **KAVRAKOĞLU İ.**, 1994, Kalite Cep Kitabı; Kalder Yayınları No:3, 2. Baskı, Aralık 1994, İstanbul.

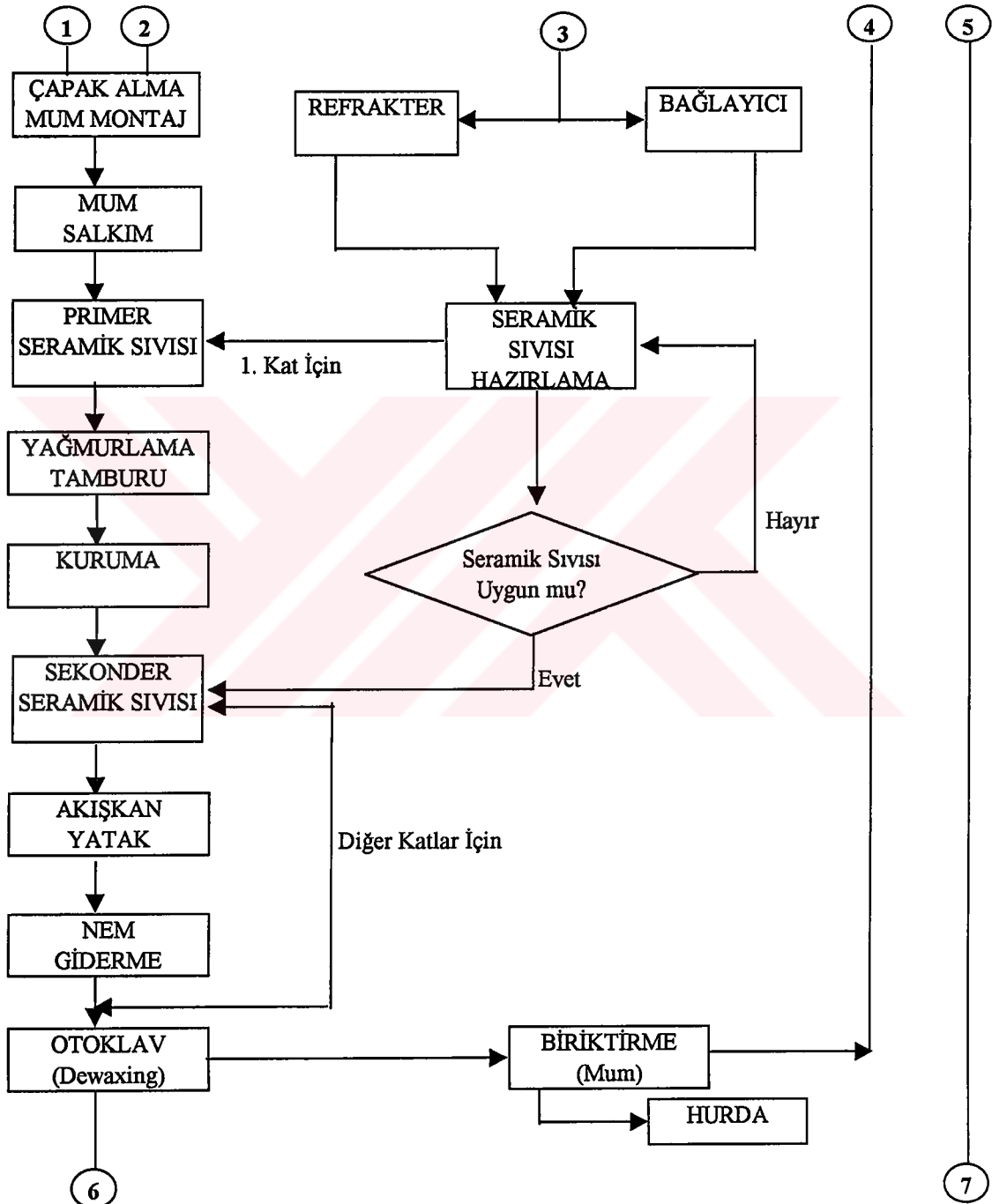
KONU : ÇELİK ALAŞIMLARI İÇİN ÜRETİM AKIŞ DİYAGRAMI

ÜRETİM AKIŞ DİYAGRAMI

SIRA NO : HD 01

SAYFA NO : 2/5

KONU : ÇELİK ALAŞIMLARI İÇİN ÜRETİM AKIŞ DİYAGRAMI



HAZIRLAYAN

Kalite GÜvence Md.

ONAYLAYAN

Genel Müdür

KALİTE SİSTEM ONAYI

Yönetim Kalite Temsilcisi

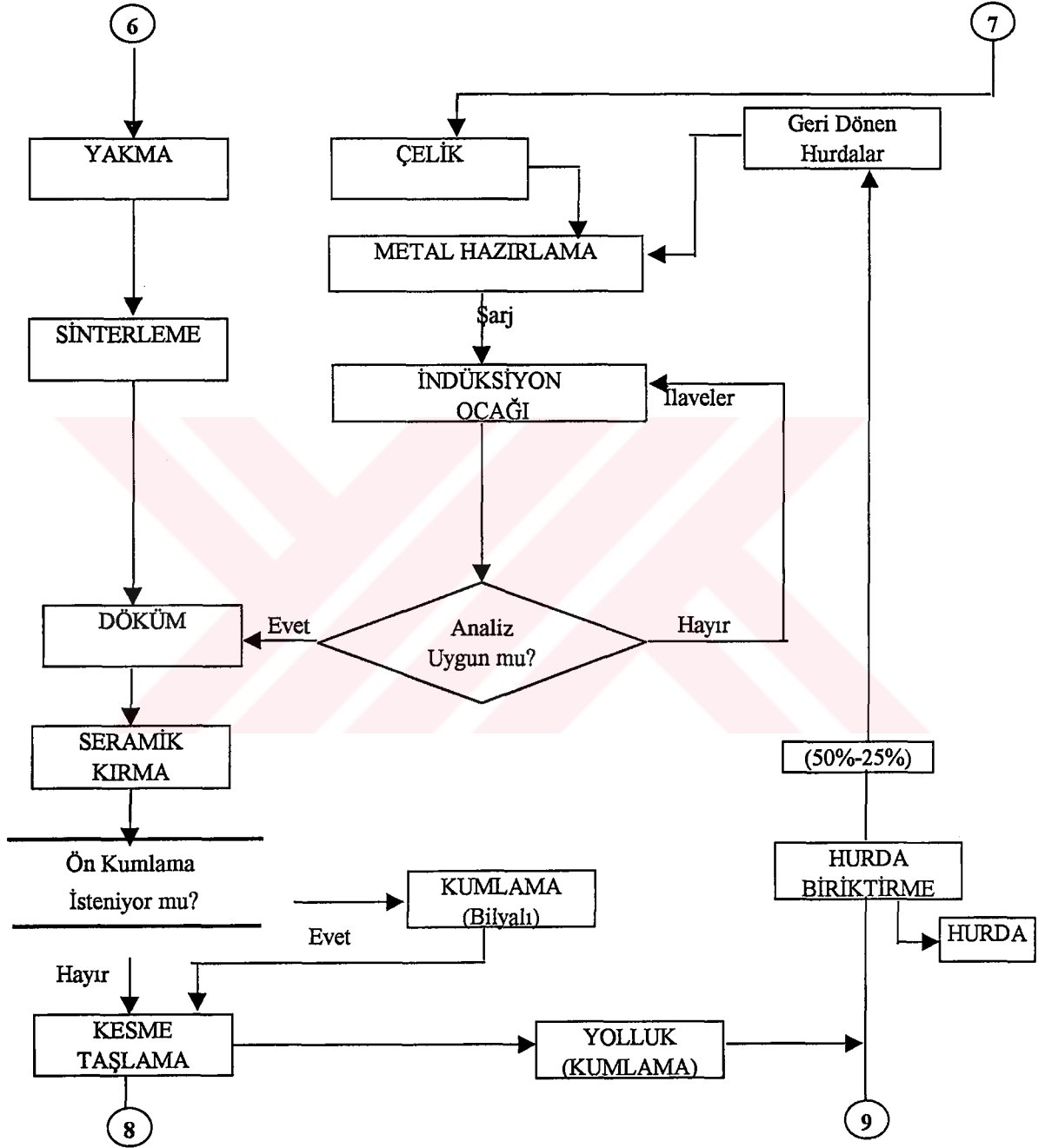
Şekil A.1 Hassas döküm grubu üretim akış şeması.

ÜRETİM AKIŞ DIYAGRAMI

SIRA NO : HD 01

SAYFA NO : 3/5

KONU : ÇELİK ALAŞIMLARI İÇİN ÜRETİM AKIŞ DIYAGRAMI



HAZIRLAYAN

Kalite Güvence Md.

ONAYLAYAN

Genel Müdür

KALİTE SİSTEM ONAYI

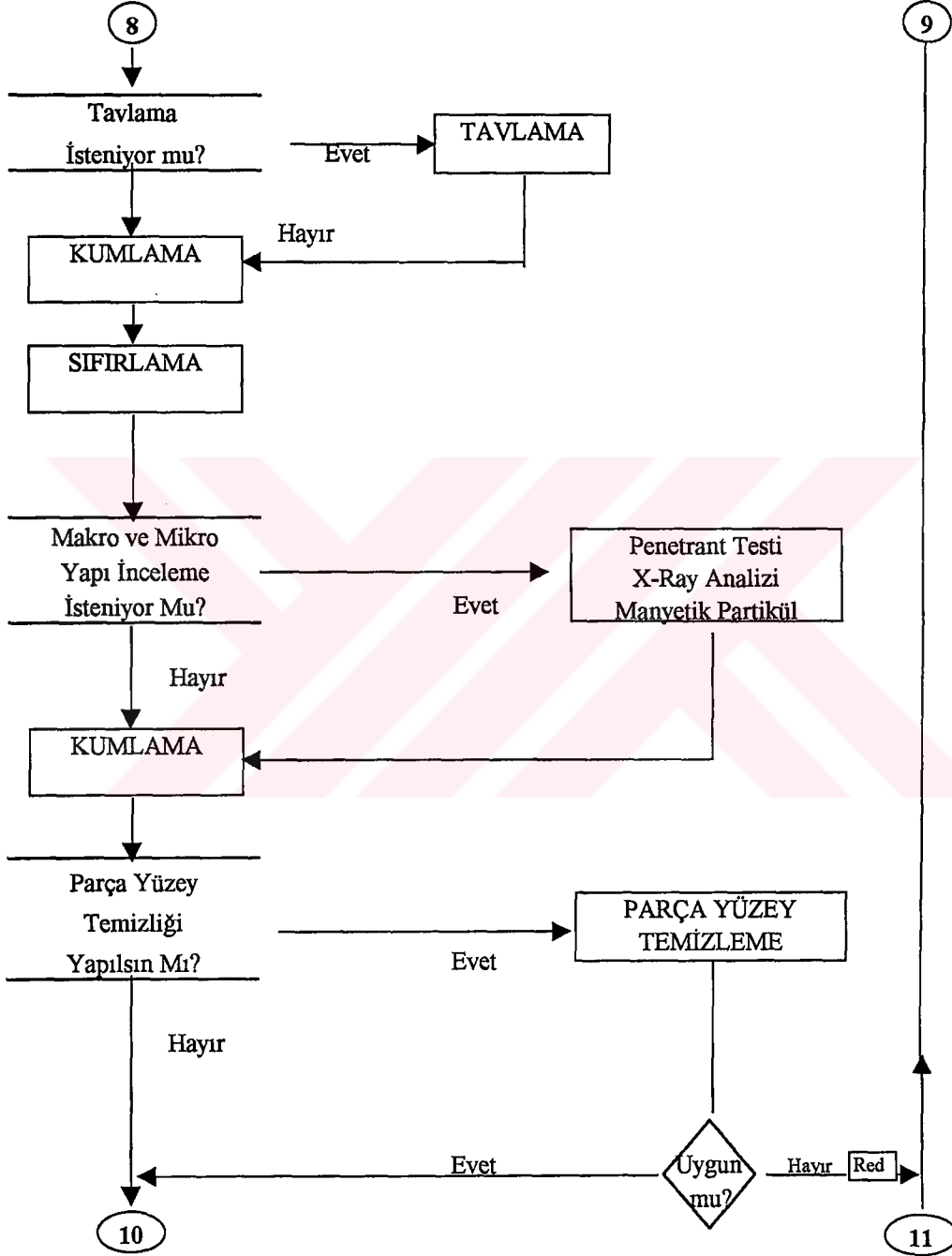
Yönetim Kalite Temsilcisi

ÜRETİM AKIŞ DIYAGRAMI

SIRA NO : HD 01

SAYFA NO : 4/5

KONU : ÇELİK ALAŞIMLARI İÇİN ÜRETİM AKIŞ DIYAGRAMI



HAZIRLAYAN

Kalite Güvence Md.

ONAYLAYAN

Genel Müdür

KALİTE SİSTEM ONAYI

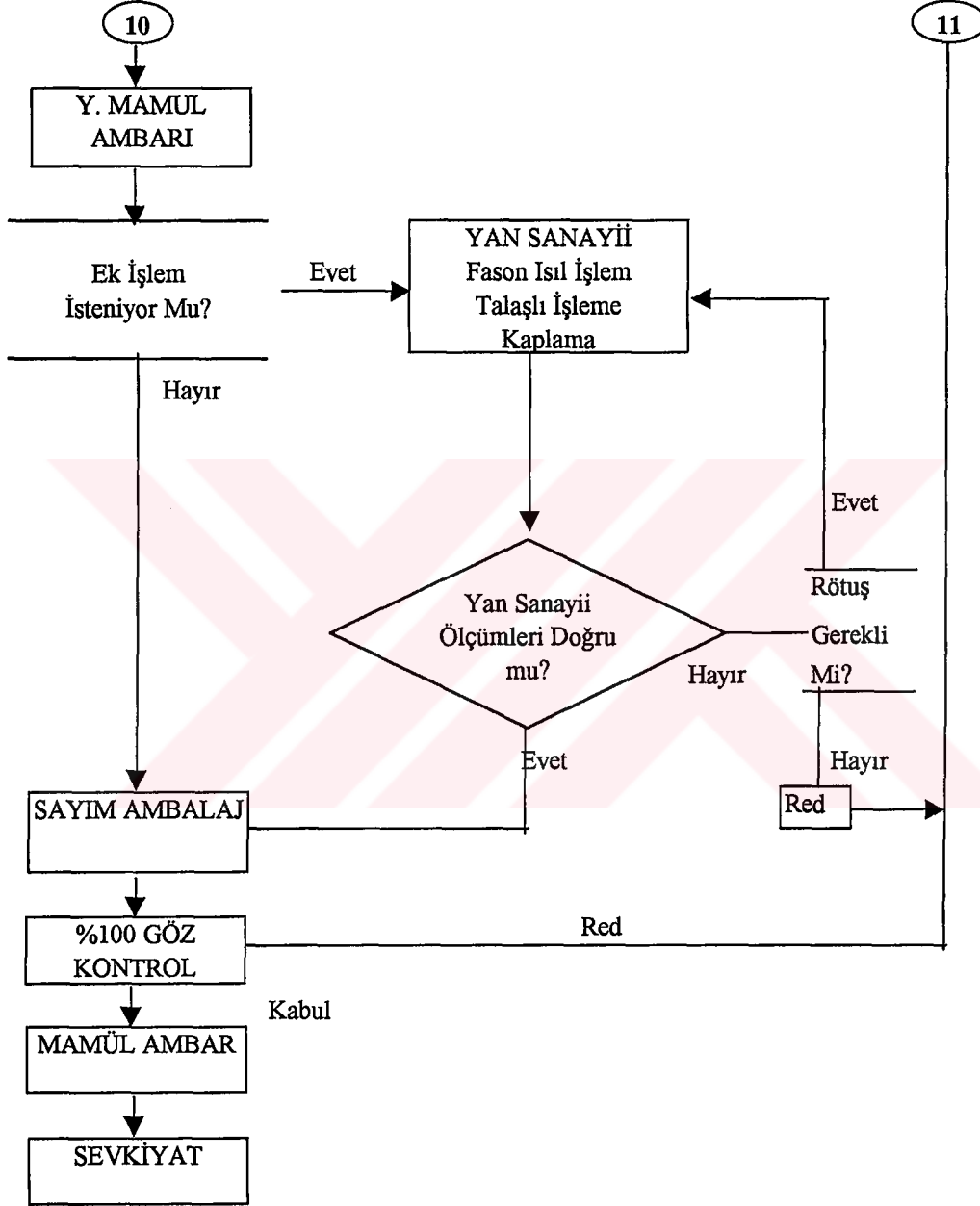
Yönetim Kalite Temsilcisi

ÜRETİM AKIŞ DIYAGRAMI

SIRA NO : HD 01

SAYFA NO : 5/5

KONU : ÇELİK ALAŞIMLARI İÇİN ÜRETİM AKIŞ DİYAGRAMI



HAZIRLAYAN

Kalite Güvence Md.

ONAYLAYAN

Genel Müdür

KALİTE SİSTEM ONAYI

Yönetim Kalite Temsilcisi

PROSES KONTROL KARTI (X / R)				KONTROL EDİLEN DEĞER 31,32 - 31,40 mm'lik çap ölçüsü	KONTROL ALETİ Mihengir	KONTROL SIKLIĞI	YIL 1999
PARÇA TANIMI Küçük Disk				KONTROL NOKTASI Döküm sonrası boyut kontrol	TEZGAH	NUMUNE SAYISI 80	KART NO 99001
G E D İ K DÖKÜM VE VANA							

X ORTALAMA

AKL X

UKL X

R ARALIK

UKL R

TARİH	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
NUMUNE VERİLERİ	1 31,38	31,36	31,40	31,38	31,39	31,39	31,39	31,38	31,37	31,39	31,38	31,40	31,36	31,38	31,39	31,36
	2 31,39	31,39	31,37	31,37	31,38	31,39	31,39	31,39	31,37	31,40	31,37	31,36	31,38	31,39	31,38	31,38
	3 31,37	31,37	31,40	31,37	31,39	31,37	31,38	31,39	31,36	31,36	31,37	31,39	31,38	31,39	31,40	31,38
	4 31,38	31,39	31,39	31,38	31,37	31,38	31,39	31,38	31,37	31,36	31,39	31,39	31,38	31,38	31,38	31,38
	5 31,38	31,39	31,39	31,38	31,37	31,38	31,37	31,38	31,40	31,38	31,38	31,40	31,38	31,37	31,37	31,36
TOPLAM																
ORTALAMA X	31,38															
ARALIK R	0,02															
OPERATOR	A. A. A. A. A. A. A. A. A. A. A. A. A. A.															

Form No : GP-20.1-F01

Rev. No : 0

Yayın Tarihi : 19-06-1999

Şekil B.1 X - R Kontrol diyagramı bir uygulama örneği.

ÖZGEÇMİŞ

1971 İstanbul doğumlu olan Aslı KURUL, 1989 senesinde girdiği İstanbul Teknik Üniversitesi Metalurji Mühendisliği Bölümü'nden, hazırladığı “Kalite Güvencesi Kavramı ve Feniş Alüminyum A.Ş.’deki Uygulamasının İncelenmesi ve İrdelemeler” konulu bitirme ödevini sunarak, 1994 senesinde Metalurji mühendisi olarak mezun oldu. 1995 senesinde İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji A.D. Malzeme Programı’nda başladığı yüksek lisans öğrenimini sürdürmektedir. 1995 yılında girdiği Gedik Holding’e bağlı *Gedik Döküm ve Vana San. Tic. A.Ş.* Firması’nda (Eski ismi, *Sırmatal Hassas Döküm San. Tic. A.Ş.*) halen Kalite Güvence Müdürü olarak çalışmaktadır.