

55998

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DÖVME ÜRÜNLERİNİN KALİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİNDE
OLASI HATA TÜRÜ VE ETKİSİ ANALİZİ
TEKNİĞİNİN UYGULANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Metalurji Müh. Levent KÖSOĞLU

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 AĞUSTOS 1996

Tezin Savunulduğu Tarih : 26 AĞUSTOS 1996

55998

Tez Danışmanı

: Doç. Dr. Yılmaz TAPTIK

Diğer Jüri Üyeleri

: Prof. Dr. E. Sabri KAYALI

Prof. Dr. Niyazi ERUSLU

Y. Tapık
E. Kayalı
N. Eruslu

AĞUSTOS 1996

ÖNSÖZ

Ticaret globalleştikçe firmaların sürekli büyümeleri için dış pazarlara açılması gerekmektedir. Bu rekabet ortamında firmaların ayakta kalabilmeleri için en düşük maliyette en kısa zamanda en fazla müşteri memnuniyetini sağlayan ürünleri üretmeleri gerekmektedir. Bunun için ise firmaların güçlü bir kalite güvence sistemini oluşturmaları gerekmektedir.

Bu tez kapsamında kalite güvence sisteminin başarısını doğrudan etkileyen kalite tekniklerine ve araçlarına değinilmiştir. Ayrıca kalite tekniklerinde biri olan Olası Hata Türü ve Etkisi Analizi (FMEA) uygulamalı olarak orta ölçekli bir dövme sanayinde değerlendirilmiştir.

Bu yüksek lisans tez çalışmanın uygulama kısmının oluşturulması için altı ay süresince fiili çalışma olanağını tanıyan dövme sanayinin önde gelen kuruluşlarından biri olan Otomotiv Transmisyon Aksamı San. ve Tic. A.Ş. (OMTAŞ \ Gebze) ye ve yardımlarını esirgemeyen tüm çalışanlarına teşekkürlerimi sunuyorum.

Tezin oluşturulması, yönetilmesi ve yazılması esnasında her türlü desteği sağlayan değerli danışman hocam Doç Dr. Yılmaz Taptık'a ve yardımlarından dolayı Doç. Dr. Mustafa Ürgen'e sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

19 Ağustos 1996

Levent KÖSOĞLU

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	ix
ÖZET	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
BÖLÜM 2. DÖVME TEKNOLOJİSİ	2
2.1 Dövme Teknolojisine Giriş.....	2
2.2 Dövme Teknikleri.....	5
2.2.1 Açık kalıpta dövme.....	6
2.2.1.1 Düz kalıplar arasında sıkıştırma.....	6
2.2.1.2 Dar kalıpta dövme.....	7
2.2.2 Gravürlü kalıpta dövme.....	8
2.2.3 Kaba dövme.....	11
2.3 Dövülebilme Özelliğinin Tesbit Edilmesi.....	11
2.3.1 Dövülebilme özelliğine etki eden faktörler.....	13
2.4 Dövme Konstrüksiyon Prensipleri.....	14
2.5 Kalıp Doldurmaya Tesir Eden Faktörler.....	17
2.6 Dövme Teçhizatları.....	18
2.7 Dövme Sonrası Yapılan İşlemler.....	24
2.7.1 Delme ve çapak kesme.....	24
2.7.2 Tamburlama.....	25
2.7.3 Kalibre.....	25
2.7.4 Doğrultma.....	26
2.8 Dövme Kalıpları.....	26
2.8.1 Dövme kalıbı tasarım kriterleri.....	26
2.8.2 Sıcak iş çeliklerinin (dövme kalıpları) iş	
görmezliğini ve ömrünü etkileyen etmenler.....	26
2.8.4 Dövme kalıpları kırılma sebepleri.....	29
2.8.5 Dövme kalıp ömürleri.....	30

2.8.6	Sıcak dövme kalıbı genel konstrüksiyon esasları.....	31
2.9	Dövme Ürünlerinin Isıl İşlemi.....	31
2.9.1	Normalize.....	32
2.9.2	İslah.....	33
2.9.3	İzotermik tav.....	33
2.9.4	Isıl işlemsiz çelik kullanımı.....	34

BÖLÜM 3 GÜNÜMÜZ REKABET ŞARTLARINDA KALİTE OLGUSUNUN GELİŞİMİ

35

3.1	Kalite Nedir ve Nasıl Sağlanır?.....	35
3.2	Kalite Kontrol Nedir?.....	36
3.2.1	Giriş kontrol.....	38
3.2.2	Proses kontrolü.....	39
3.2.3	Ara kontrol.....	39
3.2.4	Labaratuvar kontrolü.....	39
3.2.5	Son kontrol.....	39
3.2.6	İstatistiksel kontrol.....	39
3.3	Kalite Maliyetlerinin Kaliteli Ürün Oluşturmadaki Önemi.....	39
3.4	Kalitesizlik Problemlerinin Giderilmesi.....	40
3.5	Kalite Olgusunun Gelişimi.....	43
3.6	Toplam Kalite Yönetimi ve Toplam Kalite Kontrol Yaklaşımları.....	44
3.7	Kalite Güvence Sistemi Kapsamında Kullanılan Kalite Teknikleri.....	56
3.7.1	İstatistiksel proses kontrol (İPK)(SPC).....	56
3.7.2	Kalite fonksiyonlarını geliştirilme tekniği (QFD).....	68
3.7.3	Deneylerin tasarımı (DoE).....	69
3.7.4	Hata ağacı analizi (FTA).....	71
3.7.5	Poka-Yoke.....	75
3.7.6	Olası hata türü ve etkisi analizi (FMEA).....	76

BÖLÜM 4 OLASI HATA TÜRÜ VE ETKİSİ ANALİZİ

77

4.1	Olası Hata Türü ve Etkisi Analizinin Gerekliliği.....	77
4.2	Olası Hata Türü ve Etkisi Analizinin Genel Prensipleri.....	79
4.3	Olası Hata Türü ve Etkisi Analizi Yönteminin Kullanım Alanları ve Özellikleri.....	85
4.4	Olası Hata Türü ve Etkisi Analizinin Uygulama Adımları.....	94
4.4.1	Olası hata türü ve etkisi analizi oluşturulurken kullanılan araçlar.....	95
4.4.1.1	Olası hata türü ve etkisi analizi ile kalite teknikleri arasındaki ilişkiler.....	96

4.4.1.1.1	Olası hata türü ve etkisi analizi ve hata ağacı analizi (HAA).....	96
4.4.1.1.2	Olası hata türü ve etkisi analizi ve blok diyagramları.....	98
4.4.1.1.3	Olası hata türü ve etkisi analizi ve deneylerin tasarımı (DoE)	98
4.4.1.1.4	Olası hata türü ve etkisi analizi ve kalite fonksiyonlarını geliştirme (QFD)	98
4.5	Olası Hata Türü ve Etkisi Analizi Türleri ve Özellikleri.....	100
4.6	Olası Hata Türü ve Etkisi Analizi ve ISO 9000 İlişkisi.....	110

BÖLÜM 5 KALİTE YÖNETİMİ TEKNİKLERİNDEN OLASI HATA TÜRÜ VE ETKİSİ ANALİZİNİN ORTA ÖLÇEKLİ BİR DÖVME SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI	111
--	------------

BÖLÜM 6 DÖVME PROSESİNDE ORTAYA ÇIKAN HATA TÜRÜ REFERANSLARI.....	127
--	------------

BÖLÜM 7 SONUÇLAR.....	140
------------------------------	------------

KAYNAKLAR.....	143
-----------------------	------------

ÖZGEÇMİŞ	145
-----------------------	------------

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1.	Arayüzeylerdeki sürtünme nedeniyle silindirik bir iş parçasının düz kalıplar arasında sıkıştırılmasıyla oluşan fiçileşme [2]	6
Şekil 2.2.	Düz dar kalıplar arasında sıkıştırma [2].	7
Şekil 2.3.	Dış bükey ve iç bükey kalıp yüzeylerinde sıkıştırma [2].	8
Şekil 2.4.	Basit granürlü kalıplarda dövme işlemi [2].	9
Şekil 2.5.	Tamamen kapalı kalıpta çapaksız sıkıştırma [2].	10
Şekil 2.6.	Çapaklı kapalı kalıpta dövme [1].	10
Şekil 2.7.	Sürtünme tahrikli serbest düşmeli çekiç [3].	19
Şekil 2.8.	Güç düşmeli çekiçler [3].	20
Şekil 2.9.	Mekanik kavramalı karşı vuruşlu bir çekicinin şeması [3].	20
Şekil 2.10.	Mekanik presin şeması [3].	21
Şekil 2.11.	Sürtünme tahrikli bir vidalı presin şeması [3].	22
Şekil 2.12.	Hidrolik presin şeması [3].	23
Şekil 2.13.	Yatay dövme presinin çalışma şeması [3].	23
Şekil 2.14.	Döme merdanesi şeması [3].	24
Şekil 2.15.	Dövme işlemi sonrası yapılan işlemlerin şematik gösterimi [1].	25
Şekil 3.1.	Kaliteyi oluşturan öğeler [3].	35
Şekil 3.2.	Kalite kontrol sisteminin oluşturulmasında etkin olan parametreler [6].	38
Şekil 3.3.	Kalite maliyetini etkileyen parametreler [6].	40
Şekil 3.4.	Toplam kalite yönetimi döngüsü [9].	47
Şekil 3.5.	Deming döngüsü [8]	48
Şekil 3.6.	Toplam kalite yönetiminde kalite geliştirme adımları [9]	53
Şekil 3.7.	Üretim sürecinde kalite tekniklerinin yeri [7]	54
Şekil 3.8.	Problem çözmede İPK yaklaşımı [10].	58
Şekil 3.9.	Kontrol diyagramı seçimi için karar ağacı [10]	67

Şekil 3.10.	HAA sembollerinin şematik gösterimi.	73
Şekil 4.1.	OHTEA Türleri arasındaki ilişki [15]	80
Şekil 4.2.	Kalite eldesinde zaman faktörü [15]	81
Şekil 4.3.	OHTEA Türleri	85
Şekil 4.4.	OHTEA ile KFG arasındaki ilişki [15].	99
Şekil 4.5.	KFG Tekniğinin 4 ayrı fazı [15].	100
Şekil 4.6.	Tasarımın gelişimi [15].	103
Şekil 4.7.	Tasarım OHTEA prosedürü. [15].	105
Şekil 4.8.	Proses OHTEA ara ilişkileri. [15].	106
Şekil 4.9.	Proses OHTEA prosedürü [15].	107
Şekil 5.1.	Dövme prosesinin genel akım şeması	112
Şekil 5.2.	Örnek parçanın akım şeması	116
Şekil 5.3.	Örnek parçanın sıcak kalibre öncesi tasarım resmi	118
Şekil 5.4.	Örnek parçanın dövme işlemi tamamlanmış olan görünümü	118
Şekil 5.5.	Örnek parçanın kullanım yerindeki görüntüsü	119
Şekil 5.6.	İyileştirme öncesi elde edilen pareto analizi sonuçları	120
Şekil 5.7.	Doldurmamazlık hatası için hazırlanan neden sonuç-analizi	120
Şekil 5.8.	İyileştirme sonrası pareto anlizi sonuçları	122
Şekil 6.1.	Dövme işlemi sonrası oluşan 'kat' hatası	127
Şekil 6.2.	Dövme işlemi sonrası oluşan 'kat' hatası	128
Şekil 6.3.	Dövme işlemi sonrası oluşan 'kat' hatası	128
Şekil 6.4.	Dövme işlemi sonrası oluşan 'kat' hatası	129
Şekil 6.5.	Taslağın kalıp merkezine yanlış yerleştirilmesi hatası	129
Şekil 6.6.	Taslağın kalıp merkezine yanlış yerleştirilmesi hatası	130
Şekil 6.7.	Taslağın kalıp merkezine yanlış yerleştirilmesi hatası	130
Şekil 6.8.	Taslağın kalıp merkezine yanlış yerleştirilmesi hatası	131
Şekil 6.9.	Tufal boşluğu hatası	131
Şekil 6.10.	Tufal boşluğu hatası	132
Şekil 6.11.	Doldurmamazlık hatası	132
Şekil 6.12.	Doldurmamazlık hatası	133
Şekil 6.13.	Doldurmamazlık hatası	133
Şekil 6.14.	Doldurmamazlık hatası	134
Şekil 6.15.	Dövme işlemi sonrası operatör hatası nedeniyle oluşan derin darbe izleri	134

Şekil 6.16.	Parçanın hatalı yerleştirilmesi nedeniyle ayrılma hattının (ekseni) kayması	135
Şekil 6.17.	Mikroyapıda kalıntı varlığı hatası	135
Şekil 6.18.	Mikroyapıda bölgesel yapı bozukluğu hatası	136
Şekil 6.19.	Yanmış dövme parçasının mikroyapısı	136
Şekil 6.20.	Çatlak içeren bir dövme parçasının mikroyapısı	137
Şekil 6.21.	Isıl işlem sonrası bantlaşmış yapı hatası (x100)	137
Şekil 6.22.	Isıl işlem sonrası bantlaşmış yapı hatası (x400)	138
Şekil 6.23.	Hammaddede bantlaşmış yapı hatası (x100)	138
Şekil 6.24.	Kırılan bir kalıbın mikroyapısı	139

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1.	Kalitenin tarihsel gelişimi [7].	45
Tablo 3.2.	ISO 9000 kalite sistemi ve toplam kalite yönetimi ilişkisi	55
Tablo 3.3.	İPK kısaltmalarının içeriği	56
Tablo 3.4.	Kalite teknikleri ve araçları	57
Tablo 3.5.	Belirli veri sayısına göre grup sayısının bulunması [10].	61
Tablo 3.6.	Normal dağılımda standart sapma temsil alanı arasındaki ilişki gösterilmektedir [10].	62
Tablo 4.1.	Sistem OHTEA'da 'ciddiyet' değerlendirilmesi [15].	87
Tablo 4.2.	Sistem OHTEA 'oluşma olasılığı' değerlendirilmesi (CNF: bileşen hataların toplam sayısı) [15].	88
Tablo 4.3.	Sistem OHTEA için keşfedilebilirlik değerlendirilmesi	88
Tablo 4.4.	Tasarım OHTEA'da 'ciddiyet' değerlendirilmesi [15].	89
Tablo 4.5.	Tasarım OHTEA'da 'oluşma olasılığı' değerlendirilmesi [15].	89
Tablo 4.6.	Tasarım OHTEA'da 'keşfedilebilirlik' değerlendirilmesi [15].	90
Tablo 4.7.	Proses OHTEA'da 'ciddiyet' değerlendirilmesi [15].	90
Tablo 4.8.	Proses OHTEA'da 'oluşma olasılığı' değerlendirilmesi [15].	91
Tablo 4.9.	Proses ve Hizmet OHTEA'da 'keşfedilebilirlik' değerlendirilmesi [15].	91
Tablo 4.10.	Hizmet OHTEA'da 'ciddiyet' değerlendirilmesi [15].	92
Tablo 4.11.	Hizmet OHTEA'da 'oluşma olasılığı' değerlendirilmesi [15].	92
Tablo 4.12.	Hizmet OHTEA'da 'keşfedilebilirlik' değerlendirilmesi [15].	93
Tablo 4.13.	Proses ve Hizmet OHTEA'da 'oluşma olasılığı' nın kantitatif değerlendirilmesi [15].	93
Tablo 4.14.	Tasarım ve Proses OHTEA'da 'risk' değerlendirilmesini etkileyen eylemler [15].	108
Tablo 5.1.	Dövme prosesinde karşılaşılan hata türleri, hata sebepleri ve bu hataların etkileri	113
Tablo 5.2.	Örnek parçanın kritik malzeme özellikleri ve değerleri	117
Tablo 5.3.	İyileştirme öncesi prosesin durumu	117

Tablo 5.4.	İyileştirme sonrası prosesin durumu	121
Tablo 5.5.	Doldurmamazlık hatası için hazırlanan OHTEA formu	122
Tablo 5.6.	Dövme prosesinde üretilen ön tekerlek aks taşıyıcı parçasının son dövme operasyonunda karşılaşılan problemler için alınması gerekli önlemler	123
Tablo 5.7.	Ön dövme ve son dövme operasyonunda karşılaşılan hata türleri için alınacak tedbirler	124



Ö Z E T

DÖVME ÜRÜNLERİNİN KALİTESİNİN GELİŞTİRİLMESİNDE OLASI HATA TÜRÜ VE ETKİSİ ANALİZİ TEKNİĞİNİN UYGULANMASI

Günümüz serbest piyasa ekonomisi rekabet ortamı içerisinde işletmelerin faaliyetlerini devam ettirip, diğer firmalarla arasındaki kalite düzeyini pozitif yönde devamlı arttırabilmeleri için çok sağlam bir Kalite Güvence Sistemine sahip olmaları gerekmektedir. Sağlam bir Kalite Güvence Sistemi de, sistemin çarklarını teşkil eden Kalite Araçlarının ve Kalite Tekniklerinin uzman kişiler tarafından işletmenin bütün bölümlerinde tam ve doğru uygulanması ile sağlanmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında , otomotiv yan sanayi olarak dövme yöntemiyle çelik parçaların üretimini gerçekleştiren bir kuruluşa, kalite tekniklerinden Olası Hata Türü ve Etkileri Analizi (OHTEA) dövme prosesine ve bir parça üzerinde uygulamalı olarak yürütülmüştür .

Bu çalışma, hem dövme teknolojisi ile ilgili kritik ve temel noktaları ortaya koymuştur, hem de OHTEA kalite tekniğinin dövme sektöründe karşılaşılan temel problemler üzerinde uygulamalı olarak tatbik edilmesi ile sektörün geneline dövme kalitesinin arttırılması için gerekli ipuçlarını vermesinden dolayı faydalı bir kaynak olacaktır .

APPLICATION OF FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS FOR THE QUALITY OF FORGING PRODUCTS

SUMMARY

During the 20th century customer requirements, expectations and needs have been increasing extremely. Therefore, manufacturers do not only try to meet them but also struggle with their competitors to live. Thus, many companies have to produce the products or services that bear on its ability to satisfy stated or implied needs.

The quality of products depends on the production technology, production efforts of all workers, quality system of the company and the approach of Top Management.

The most important concept of quality is that quality is not controlled but is produced in the production assembly by educated manpower. Consequently, quality is defined as satisfying the customer by consistently meeting and continuously improving on his requirements.

A system is the way a process is designed and a process is the means by which a service or product is delivered to an internal and external customer.

In a process, the consequence departments or operators in the production assembly are the suppliers and internal customers of each other. On the other hand, the final user, which is called customer, is defined as an external customer.

Lack of the need of an internal customer results in wasted time and has to spend time putting things right, which itself affects the external customer and lack of the need of an external customer means the loss of future business.

Total Quality Management (TQM) is a strategic approach for producing the best products and services through a process of continuous improvements of every aspect of a company's operation. TQM is an umbrella for a variety of improvement processes from Quality Control (QC) to Quality Function Deployment (QFD), from Statistical Process Control to Failure Mode and Effects Analysis, Taguchi and so on. Therefore, in TQM for providing the objective of finding root causes and selecting the best solutions thus preventing the problem from occurring again, companies have to use some simple data collection tools and techniques and more complex tools mentioned above.

The most important concept of TQM is continuous improvement that companies have to adopt and must be involved in an ongoing effort to seek better levels of performance.

Much of the problem in a company are due to inadequate processes. So, we have to trace the following steps to make improvements.

- a) Find the problem,
- b) Study the conditions or environment around the problem,
- c) Develop several solutions to solve the problem,
- d) Evaluate the solutions to find the best one,
- e) Implement the best solution,
- f) Compare the actual results against the expected results,
- g) Make adjustments for further improvement.

The quality level of products and the cost of products are the main factors that affect the market share of companies. Cost of quality is identified as cost of activities to implement the expected quality, that are inspection, educated manpower, testing in a process and failure costs, and to get things wrong, that are waste time, scrap and rework in a manufacturing process. Quality cost is divided into following 4 categories:

- Prevention costs: The amount spent to ensure that things are done right first time such as training, Quality Assurance System.
- Appraisal costs: Amounts spent on inspection, testing, auditing and other checking of products & services of any stage.
- Internal failure costs: Amounts spent putting things right while a product or service is still in the company's possession such as rework, scrap, waste, allowed, budgeted variance.
- External failure costs: Amount spent of a product or service has passed into the customer's hand that are warranty claims, customer allowance, loss of customers.

TQC is based on improving the quality of all the inputs to the business including material, labor, equipment and information. So, the success of process are directly proportional with the quality of inputs.

Statistical Quality Control tools are used to understand the variation of quality, whether in specifications or out. The resultant trends may show that there is a set of problems causing the products to be close to specification. So, it may be possible to change the process and improve the specification. The main important tools are described below:

- Brainstorming: This technique is a group of activity to develop an exhaustive list of ideas about a subject, that is a problem, failure, fault, for finding possible problems

causing a symptom, causes of problems, solution to problems and alternative manufacturing processes and test methods.

- Cause-and-effect diagram: This technique is also known as the fishbone diagram or Ishikawa diagram. The effect is the quality characteristic that is under investigation; the problem that needs to be solved, the effect that needs to be improved or controlled. Improvements are made by the removal or prevention of the factors that cause the effect. This diagram consists of 6 main causes, manpower, machinery, materials, methods, media and measurements and subcauses of these main causes. Causes are found out by using brainstorming with asking the questions why and how?.
- Check Sheets: Check sheets are used to collect data for confirming a thought about problem and monitoring the changes that occur as a result of actions taken to remedy a problem.
- Histograms: Histograms are used to arrange and display data to see the variation easily. Also it shows the frequency of occurrence of whatever is being measured compared with the frequency of another.
- Pareto Charts: Pareto charts are means of prioritizing that action, since all problems cannot be tackled simultaneously and shows data classifications in the scending order from left to right.
- Process Flow Charts: Process flow charts shows the steps of operations to understanding a process and it defines the starting and stopping points of the process.
- Control Charts: Control charts are used to monitor a process to rapidly identify when the process is out of control and therefore to prevent nonconformities from the process on time.

The most important Quality Management Techniques are Quality Function Deployment (QFD), Fault Tree Analysis (FTA), Design of Experiment (DoE) and Failure Mode & Effect Analysis (FMEA).

QFD is a cross-functional planing tool which ensures that the quality charecteristics, requirements or wishes important to the customer and can then deploy them from initial research and product design to distribution after sales service .

QFD uses a series of matrix diagrams to link the needs of external customers to internal process by asking the following questions. What is the requirement?, Which is the most important?, How can we achieve it?.

QFD not only sets the requirements, but brings the voice of the customer impact the pocesses, subprocesses and activities, while deploying quality, capabilities, costs and reliability.

The benefits of QFD are:

- Reduced development time,

- Fewer late changes,
- Greater customer satisfaction,
- Reduced start-up problems,
- Reduced start-up costs.

The primary tool of QFD is the “house of quality”. House of quality is a correlation matrix used to define relationships between objectives and strategies.

The general steps of QFD approach are:

- Translating customer needs into design requirements such as important functions and features.
- Changing the design requirements into critical characteristics and specific parts required.
- Finding the manufacturing operations and critical process features for the critical characteristics and specific parts.
- Developing production requirements for the manufacturing operations.

DoE concepts can be used to plan experiments for the least number of test runs in the product development phase. Using DoE, we can find the nominal values and tolerances that will achieve design goals.

The Taguchi Method, is a popular technique for identifying the design needs which really affect the overall performance of a system and then to establish those parameters which control the factors.

FMEA is a methodology to maximize the satisfaction of the customer by eliminating and/or reducing known or potential problems by the team, forms by experienced and talented people. Also, it evaluates and identifies a system, design, process or service for possible ways in which failures (problems, risks, errors) can occur and after that corrective actions are identified to prevent the failures from occurring.

The benefits of FMEA are:

- Improves the quality, reliability and safety of the products or service.
- Helps define the corrective action.
- Helps identify critical and / or significant characteristics.
- Helps error identification and prevention.
- Helps increase customer satisfaction.
- Reduces product development time and costs.
- Lists potential failure and identifies their affects.
- Develops early criteria for manufacturing process, assembly and service.

An FMEA program should start:

- When new systems, designs, products, processes or services are designed.
- When existing systems, designs, products, processes or services are about to change regardless of reason.
- When new applications are found for the existing conditions of the systems, designs, products, processes or services.
- When improvements are considered for the existing systems , designs , products , processes or services.

There are 4 types of FMEA to apply. These are:

- System FMEA ; is used to analyse systems and subsystems in the early concept and design stage that focuses on potential failure modes between the functions of the system caused by system deficiencies .
- Design FMEA ; is used to analyze products before they are released the manufacturing that focuses on failure modes caused by design deficiencies .
- Process FMEA ; is used to analyze manufacturing and assembly processes that focus on failure modes caused by process or assembly deficiencies .
- Service FMEA ; is used to analyze service before they reach the customer that focuses on failure modes (mistakes , errors) caused by system or process deficiencies .

There are 3 components in FMEA which help us to define the priority of failures:

- Occurrence (O): Frequency of the failure
- Severity (S): Seriousness of the failure
- Detection (D): Ability to detect the failure before it reaches the customer.

The priority of problems is articulated via the Risk Priority Number (RPN) RPN is a product of the O , S , D. Even it is neither a standard nor a universal number for the problems which has RPN equal or greater than 50 means, problems needs to take corrective actions.

Forging is defined as manufacture by means of deformation in conjunction with heating, separating, (and joinig) of a workpiece without permanent work hardening.

Forging is divided into three main groups that are open-die forging, closed-die forging and rough forging. In the open-die forging, material is allowed to flow freely but in the closed-die forging material flow is constrained.

Forging is usually carried out after heating to a temperature range at which recovery and recrystallization operations occur. Before forging operations, forging

products may be heated in the following different places:

- Heating in a furnace,
- Induction heating,
- Conduction heating (resistance heating).

Although open-die forged parts tend to require a considerable amount of mechanical machining, closed-die forged parts are often only partly machined.

Open-die forging is mainly concerned with single-item or small batch production of workpieces between 1 kg and 386 tons, while closed-die forging of steel is on medium and large batch production of parts between 50gr and 1.65 tons.

Generally forging defects are divided into following categories:

2 Surface marks or cracks;

Caused by mistakes during formation of the initial or intermediate shapes.

- 2.1 Marks on the finished forging due to defects in the surface of the initial or intermediate shapes,
- 2.2 Overlaps resulting from bending of intermediate flash,
- 2.3 Marks due to cracks in dies,
- 2.4 Cracks caused by :
 - 2.4.1 sharp edges of the forging ,
 - 2.4.2 sharp concernss of the forging,
 - 2.4.3 too much material,
- 3 Inadequately filled forging due to an insufficient volume of material, inexact positioning or high lubricant gas pressures.
- 4 Mistakes in the material structure, such as defects in the grain flow.

Advanced forging techniques are;

- * Precision and high-precision forging,
- * Hot impact extrusion,
- * Warm forging,
- * Hot-die forging of powder -metal preform,
- * Hot-die, isothermal and superplastic forging.

BÖLÜM 1 GİRİŞ VE AMAÇ

Yirminci yüzyılın başlarından günümüze kadar kalite kavramı önemli değişikliklere uğramıştır. İlk zamanlarda sadece müşterinin ihtiyaçlarına uygun ürünlerin sevk edilmesi önemliyken günümüzde müşteri ihtiyaç, beklenti ve isteklerine cevap veren ürünleri üretim sürecinde sağlayıp müşteriye en kısa zamanda ulaştırabilme çabasına dönüşmüştür .

Günümüz global rekabet pazarında firmaların ayakta kalabilmeleri için işletme içersinde yüksek teknoloji kullanmalarının yanısıra ISO 9000 standartlarının gereklerini güçlü bir yönetim desteği ile yerine getirmeleri zorunluluk haline gelmiştir.

Otomotiv sektörü, 20. yüzyılın başlarından itibaren teknolojik ve ekonomik olarak çok büyük bir gelişme içersine girerek dünya ekonomisinin en büyük çarklarından biri durumuna gelmiştir. Bu sektörün en büyük yan sanayi kollarından biri dövme sanayidir .

Dövme sektörü yüksek mekanik özelliklere ve birbirleriyle çok yakın kalite özelliklerine sahip ürünleri sağlamasının yanısıra üretim hızlarının çok yüksek olması ve yüksek üretim miktarlarında maliyetlerin çok düşük gerçekleştiği bir üretim dalıdır .

Bu tez çalışmasında orta ölçekli bir dövme fabrikasında hem genel dövme prosesi için parametreler için değerlendirmeler yapılmıştır hem de proseste üretilen bir parça üzerinde OHTEA tekniği uygulanmıştır. Böylece dövme prosesi içersinde oluşan olası hatalar, sebepleri, etkileri ve nasıl önlenebilecekleri hem proses bazında hem de örnek bir parça üzerinde belirtilmiştir.

BÖLÜM 2 DÖVME TEKNOLOJİSİ

2.1 Dövme Teknolojisine Giriş

Metaller yeniden kristalleşme sıcaklıklarını aşan, yaklaşık olarak ergime sıcaklıklarının yarı sıcaklıklarında biçimlendirilirlerse, plastik şekil değiştirmeleri kolaylaşacaktır. Bu şekilde sıcak işlemle elde edilen ürünler, işlem metalleri olarak isimlendirilirler ve aşağıdaki gerekçeleri sağlamak için basınç altında işlenirler : [1]

- Orjinal ingottan arzu edilen boyut ve şekili sağlamak, o münasebetle zaman, malzeme ve şekillendirme kabiliyetlerini korumak,
- Tane yapısının rafinasyonu, akış hatlarının (lif yapı) yönlenmesinin geliştirilmesi ve özellikle çelikte kaçınılmaz olan inklüzyonların parçalanması ve dağıtılması vasıtasıyla metalin mekanik özelliklerini geliştirmektir.

Dövme işlemi, darbe veya basınç altında kontrollü bir plastik defomasyon sağlanarak, metale istenilen şekli verme, tane boyutunu küçültme ve mekanik özelliklerini iyileştirme amacıyla uygulanan bir plastik şekil verme yöntemi olarak tanımlanabilir.

Plastik şekil verme işlemlerinde, bir kuvvet uygulayarak malzemenin şekil değiştirmesi sağlanır. Böylece parçanın hem istenilen şekli alması sağlanır hem de fiziksel ve mekanik özelliklerini geliştirilerek daha iyi özelliğe sahip ürünler elde edilir. Mekanik işlemlerde, farklı uygulamalar için haddeleme, dövme, ekstrüzyon, tel çekme vb. çeşitli prosesler geliştirilmiştir. Dövme prosesi kütleli şekil verme işlemi kategorisine girmektedir. Bu işlemde belirleyici etken “Kütleli Şekil Değiştirme Kabiliyeti” dir ve bir kütleli şekil verme işleminde kırılma olmadan yapılabilen en fazla şekil değiştirme miktarının göstergesi olarak ifade edilmektedir.

Kütlesel şekil değıştirme kabiliyeti, malzemeye, işlem değışkenlerine ve ürünün şekline bağıdır. Kütlesel şekil verme işlemlerinde genellikle basma gerilimleri uygulanmaktadır ve işlemi sınırlayan olay sünek kırılmadır.

Sıcak işlem malzemenin sertliğinde veya sünekliğinde az miktarda değışiklik yapar ve yeniden kristalizasyon kendi kendine olur. İşlem sonrası elde edilen ince taneli yapı, deformasyon öncesinden daha kuvvetlidir. Oysa soğuk işlem, alaşımın mukavemetini ve sertliğini arttırmaktadır. [1]

İşlenmiş metalin işleme doğrultusundaki özellikleri gelişmiştir. Metaller, sıcak işlemde soğuk işleme oranla kopma (kırılma) veya sıcak yırtılma olmaksızın daha geniş azaltımlara maruz kalabilirler. [1]

Dövme bir metali etki (vurma) ve basınç altında şekillendime ve kontrollü plastik deformasyon sayesinde mekanik özelliklerin geliştirilmesi olarak da tanımlanmaktadır. Dövme, diğer yöntemler tarafından geçilemeyen (üstün olan) yapısal bir bütünlüğe sahiptir. İç boşluklar ve gaz boşlukları dağıtılırlar ve sıkıca birleştirilirler. Diğer yöntemler, daha ucuz olsa bile yüksek gerilimler altında kullanılan ürünler için dövme işlemi sonucu elde edilen parçalar tercih edilmektedir.[1]

Dövme malzemesinin en üstün özelliğı çok dayanıklı olan lif yapısıdır. Çelik dövme işleminde bu lif yapı, uygulanan güce paralel olduğunda avantaj, belli bir açı mevcutsa dezavantaj olarak doğrusal özellikler vermektedir. Dövme malzemeleri şu özelliklere sahiptir. [1]

- Porozite, boşluk ve yüzey çukurlarından kurtulmuş homojen bir yapıya sahiptirler,
- Statik yükler altında % kesit alan birim mukavemeti ve şok dirençleri daha iyidir,
- Olağan üstü işleme kalitesine sahiptirler. İşlem sonrası elde edilen düzenli yapı yüksek işleme hızlarına izin vermekte, işleme hurdaları azaltmakta ve empürütelerin yapısı uzun takım ömrü ve düşük yenmeye (sürtünme) olanak vermektedir. Malzemeyi bütün doğrultularında işlemekle doğrusal özellikleri azaltılabilir ve tane

yapısı ısıl işlemle kontrol edilebilir. [1]

Sıcak işlem aralığı ergime noktasına yakındır ve işlem sıcaklığı alaşımdaki elementlerden herhangi birinin ergime noktasını geçemez. Düşük sıcaklıklarda çelik kırılgan özellik gösterir ancak sıcaklık arttıkça malzemenin şekillendirilmesi daha kolay olur. [1]

Bir kısım mekanik özellikler dövülebilirliği etkilemektedir. Düşük süneklikteki, yüksek uzama oranlarındaki metaller, düşük dövülebilir özelliktedir. Dövme işlemi öncesinde ayrıca dövme kalıpları yaklaşık 225°C ye çıkarılmaktadırlar. [2]

Sıcak İşlem Proseslerindeki tasarım faktörleri aşağıdaki gibidir : [1]

- Dövmenin farklı kısımları dengelenmelidir,
- Yeterli açısı hesaplanmalıdır,
- Derin boşluklar ve yüksek çıkıntılar arzu edilmezler,
- İki düzlemdeki boşluklar dövme parçasının kalıplardan uzaklaşmasını imkansız kılar,
- Çapak kalınlığı değişimi (varyasyonu) spesifikasyonla belirlenmelidir,
- Markalama için kabarık yazı ve rakamlar kullanılmalıdır.

Dövme prosesinin avantajları ve sınırlamaları aşağıda verilmiştir : [1]

- Yüksek gerilim veya tahmin edilemeyen yüklerde parçaların kalite benzerliği,
- Ağırlık kazancı,
- Yakın tolerans,
- Düşük işleme,
- Düzgün yüzey,
- Üretim hızı,

- Kaynak yapılabilirliğidir.

Dövme prosesinin dezavantajları aşağıda verilmiştir : [1]

- Yüksek takım maliyetleri,
- Yüksek takım onarım bakım maliyetleri,
- Uzaklaştırılmamış boşluklar,
- Boyut ve şekilde sınırlamalardır.

2.2 Dövme Teknikleri

Dövme işlemi değişik kriterlere göre farklı şekillerde sınıflandırılır. Kullanılan makinelerin çalışma prensibine göre sınıflandırma; yük sınırlı makinalar (hidrolik presler), strok sınırlı makinalar (mekanik presler-eksantrik ve krank) ve enerji sınırlı makinalar (çekiçler-vidalı presler) olarak üç grupta yapılır. [3]

Yük sınırlı makinalarda, dövme işlemini yapabilme kabiliyetleri en fazla yük kapasiteleri ile sınırlanmıştır ve maksimum yük, strokun her konumunda mevcuttur. Strok sınırlı makinalarda, yük kapasiteleri pres strokunun uzunluğu ve strokun konumu ile değişmektedir. Makinanın yük karakteristiği, krank mekanizmasının geometrisine bağlıdır. Enerji sınırlı makinaların dövme işlemini yapabilmeleri çekiç kafasındaki veya koçlarındaki mevcut enerji ile sınırlandırılmıştır.

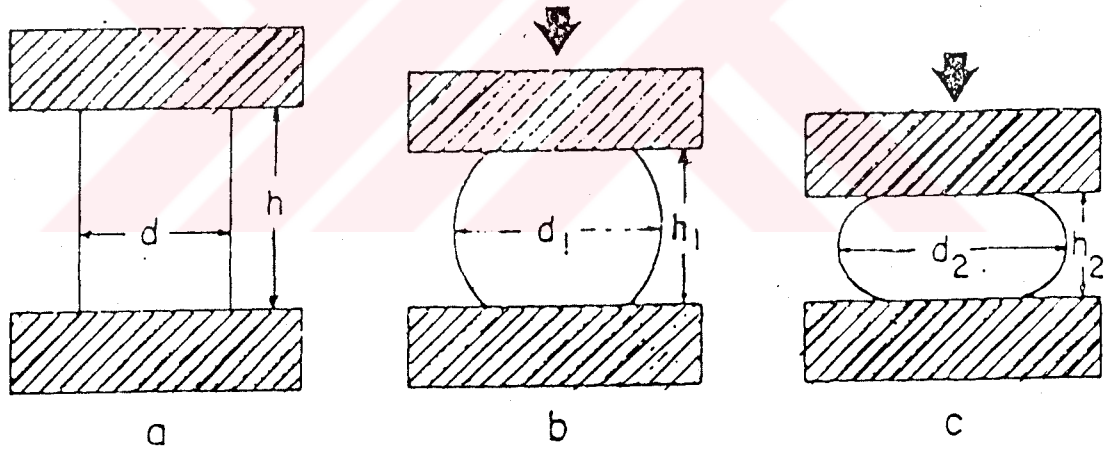
Dövme işlemi için daha yaygın sınıflandırma türü ise, dövme işleminde izlenen yol veya kullanılan kalıp özelliklerine göre yapılmaktadır. Açık Kalıpta Dövme (serbest dövme) yöntemi, düz kalıplar veya çok basit şekilli kalıplarla sayıca az, hacimce büyük parçaların dövülmesinde uygulanmaktadır. Ayrıca açık kalıpta dövme yöntemi kapalı kalıpta dövme için gerekli ön şekillendirme işlemlerinde de kullanılmaktadır. Kapalı Kalıpta Dövme yönteminde malzeme, azu edilen parça şeklinin iz ve boşluklarına sahip kalıplar arasında dövülmektedir. Dolayısıyla karmaşık şekilli parçaların uygulanan yüksek basınç ile malzemenin kalıbın tüm

ayrıntılarını doldurarak çok küçük boyut toleransları ile üretimine olanak vermektedir. [4]

2.2.1 Açık kalıpta dövme

2.2.1.1 Düz kalıplar arasında sıkıştırma

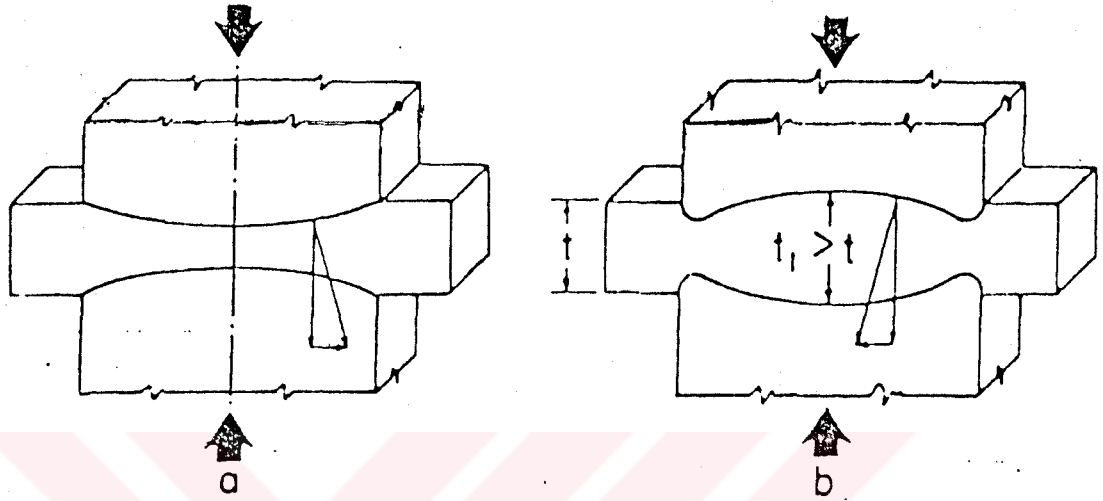
Düz kalıplar arasında sıkıştırma işleminde amaç, bir dövme iş parçası alt kalıp üzerine diklemesine konulduğunda üst kalıbın aşağıya doğru hareketi ile yüksekliğünün azaltılması, diğer bir deyişle şişirilmesidir (upsetting). İş parçasının uç yüzeyleri ile kalıp yüzeyleri arasındaki sürtünme, iş parçasının uçlarının yanlara serbest olarak yayılmasını önleyerek şeklinin fiçi şeklinde oluşmasına sebep olmaktadır. Bu işlem düz kalıp dövmesinde kullanılan temel tip bir deformasyon şeklidir. Fiçileşme tesirini gösteren şema şekil 2.1'de gösterilmiştir. [2]



Şekil 2.1 Ara yüzeylerdeki sürtünme nedeniyle silindirik bir iş parçasının düz kalıplar arasında sıkıştırılmasıyla oluşan fiçileşme. [2]

Fiçi meydana gelmesinde sürtünme önemli bir etken olmasına rağmen, iş parçasının soğuması bununla çok daha fazla ilgilidir. Soğuk kalıp yüzeyi ile temas eden parçanın uç yüzeyleri soyulur ve parçanın deformasyon direncini artırarak fiçi

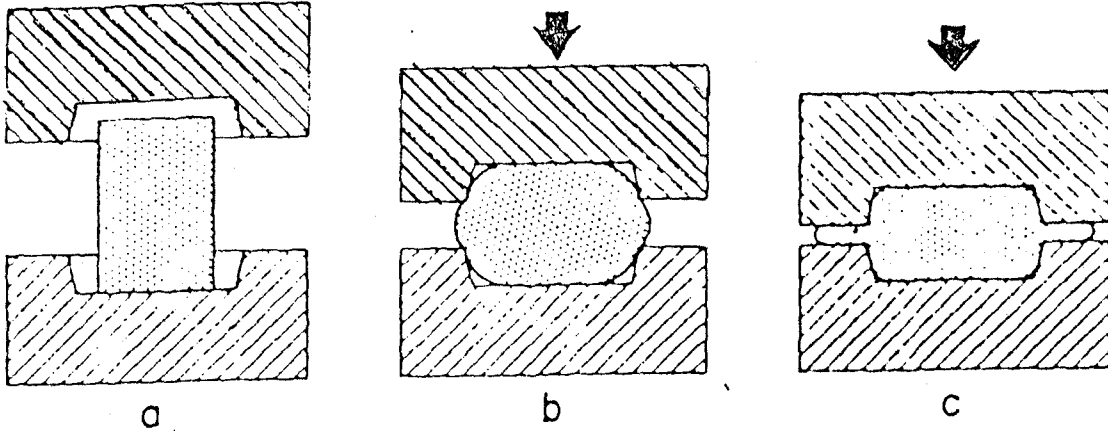
ettirilmesi. "edging" ise malzemenin merkeze doğru akması zorlanarak bu kısımlardaki kalınlığın orjinal çubuk boyutlarının üzerine çıkartılması olarak tanımlanmaktadır. İç bükey ve dış bükey kalıp yüzeyleri arasındaki sıkıştırma şekil 2.3' de gösterilmiştir. [2]



Şekil 2.3 Dışbükey ve içbükey kalıp yüzeylerinde sıkıştırma. [2]

2.2.2 Gravürlü kalıpta dövme

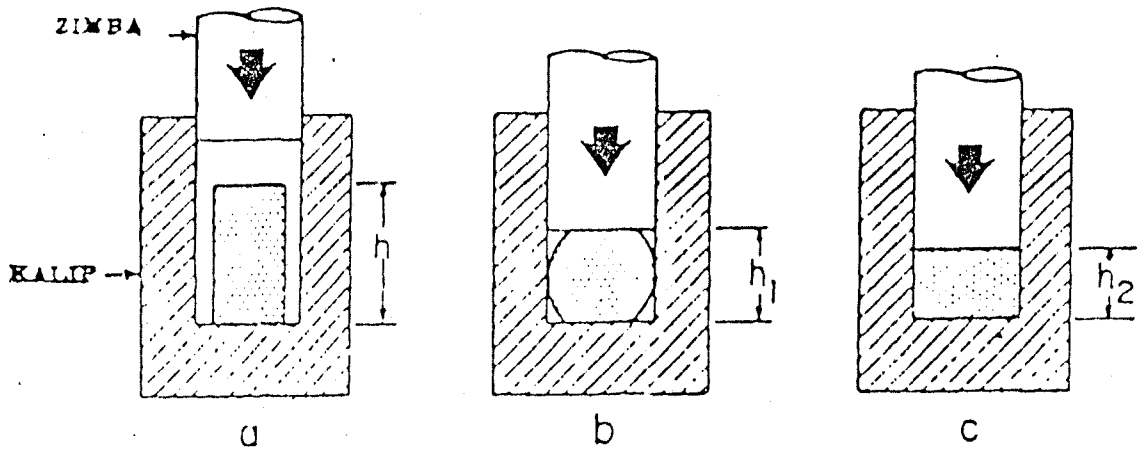
Üstteki konuda anlatılan yöntemlerde malzeme en az bir yönde serbest olduğundan iş parçasının bütün boyutları kolayca kontrol edilememekteydi. Üç boyutlu kontrol, kalıplar içinde parçanın şekline uygun oyukları (gravür) gerektirir ki bu yöntem adını bu yapıdan almıştır. Gravürlü kalıp dövmesinin en basit örneği olarak şekil 2.4 gösterilebilir. Kalıplarda fazla malzemenin akmasını kontrol etmek için herhangi bir tedbir alınmamıştır. Ancak küçük bir miktar malzeme kalıp oyuklarının dışına taşmaya başlayarak, çapak (flash) olarak adlandırdığımız fazla kısmı teşkil eder. Çapak çabuk soğuduğundan, deformasyon için artan bir direnç göstererek malzemenin gravürün dolmamış kısımlarına akması için yardım edebilir.



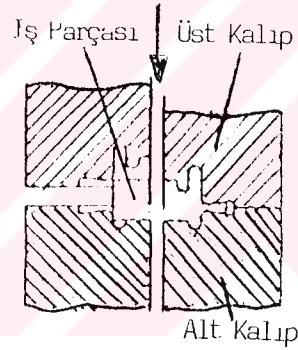
Şekil 2.4 Basit gravürlü kalıplarda dövme işlemi. [2]

Boyut kontrolü genel olarak karşılıklı kalıp yüzeylerinin yüz yüze getirilmesi ile sağlanmaktadır. Kalıpta tam doldurmayı elde etmek için aşırı kalıp basınçlarına bağlı olmak, kalıp ömrünün kısılmasına ve yüksek güç ihtiyacını doğurur. Kalıp yüzeylerine tesir eden basıncı azaltmak için, çapağa uygun yer temin eden bir çapak oyuğu (damlalık) teşkil etmek genel bir yaklaşımdır. Dövme işleminden sonra çapağın kesilmesi işlemi “trimming” olarak adlandırılır ve çapak, bir malzeme kaybı olmasının yanı sıra kalıplar üzerine yüklediği yüksek gerilimlerden dolayı lüzumlu bir yan üründür, ancak optimum miktarda tutulmalıdır.

Tamamen kapalı kalıpta dövme işlemi ise şekil 2.5'de şematik olarak gösterilmektedir. Şekil 2.6'da ise çapaklı kapalı kalıpta dövme işlemi şematik olarak gösterilmiştir. Sistem, kalıp gravürünün tam doldurulmasına erişmek için çapak teşkiline bağlı olmayan, gravülü kalıp dövmesinin özel şeklidir.



Şekil 2.5 Tamamen kapalı kalıpta çapakız sıkıştırma. [2]



Şekil 2.6 Çapaklı kapalı kalıpta dövme. [1]

Dövme işleminde parçanın kalıp gravürünü tam doldurması için işlem sırasında gaz ve yağın meydana getirdiği direnç kalıplarda hava çıkış deliği bırakılarak sağlanmış olur. Dövmenin tam ve doğru olarak pojelendirilmesi, başarılı ve ekonomik bir imalat için esastır. Bir dövme parçasının şekli, çok nadir olarak dövmei bir kalıp gravürü içinde gerçekleştirecek kadar basittir. İş parçasını tek bir kalıp içinde mükerrer darbelerle son biçimine getirmek için yapılan çabalar çoğunlukla birçok potansiyel problem doğurur. Bu problemleri şu şekilde sıralayabiliriz : [2]

- Çok fazla miktarda malzemenin çapağa ayrılmaktadır.
- Aşırı soğuma, dolayısı ile deformasyona karşı olan direnç çok yüksektir.
- Verimlilik düşüktür.
- Kalıbın aşırı ısınması sonucu erken kalıp kırılma sorunları oluşabilir.
- Optimumdan daha az tane yönelmesi ve aşırı tufalin hasıl ettiği kötü yüzey kalitesi sebebiyle dövme parçasının kalitesi düşebilir.

Bu yüzden dövme parçasının ön şekillendirilmesi istenilmektedir. Ön şekil verme ile ilave bir işlem yüklenilmekte ve bunun sonucu imalat toplam maliyeti artmaktadır. fakat daha yüksek randıman, artan kalıp ömrü daha iyi kalitede ürün temini sağlaması nedeniyle, seri imalatlarda bu önemli faktörler sayesinde işin ekonomikliği artmaktadır. Son kalıp gravüründe dövme, son derece küçük imalat miktarları için bazen pratik bir çözüm olabilir. [2]

2.2.3 Kaba dövme

Kaba dövme (blocking), daha sonraki işlemlerde metal akışının rahat olması için yapılan bir işlemdir. Kaba dövme hem çekice hem de pres dövmesine uygulanabilir. Ön şekil verme işlemleri genellikle çekiçte yapılır. fakat preslerde, dövme makinalarında (upsetters) veya özel makinalarda yapılanlarda artmaktadır. Uygulanan metodların her biri kendi karakteristik lif akışını verir ve maliyet hususu bir yana, son kullanma yeri hangisinin tercih edileceğini tayin eder. [2]

Dövme çevrimi, ön şekil verme, kaba dövme ve son dövme işlemini takiben bir çapak kesme presinde sıcak çapak kesme ve delme işlemlerinden ibarettir.

2.3 Dövülebilme Özelliğinin Tesbit Edilmesi

Dövülebilme özelliği (forgeability) endüstride, malzemenin deformasyona olan izafi mukavemetini ve plastikliğini belirtmek için kullanılan bir terimdir.

Dövülebilme özelliği, dövme basıncı ihtiyaçlarına bakmaksızın hatasız deformasyon için metal veya alaşımın toleransı olarak tarif edilmiştir. Dövülebilme özelliği aşağıdaki 6 metottan birisi veya birkaçının uygulanması ile ölçülmektedir. [2]

Sıcak Burma Testi : Bir malzemeyi, yüksek sıcaklık derecelerinde bir test aparatında burmak ve kırılma oluncaya kadar burulma sayısını saymaktan ibarettir. Kırılmadan önceki çok sayıdaki burulma daha iyi dövülebilme özelliğini gösterir. Sıcak işlenen malzemeler için kullanışlıdır. [2]

Şişirme Testi : Çeşitli kalınlıklarda veya aynı kalınlıkta fakat, değişen uzunluk/çap oranlarında silindirik çubuk serilerinin baş şişirmesinden ibarettir. Radyal veya çevresel çatlak meydana gelmeksizin şişirme dövmesinin limiti, dövülebilme kabiliyeti ölçüsü olarak kabul edilir. En çok kullanılan testtir. [2]

Çentikli Çubuk Şişirme Testi : Esasta şişirme testi ile aynı olmakla beraber, çentiğin daha büyük gerilme yığılmalarına sebep olacağı düşünülerek, karmaşık bir dövme kalıbında daha güvenilir bir dövülebilme özelliği vermesi bakımından, test çubuklarına şişirmeden önce uzunlamasına çentikler açılır. [2]

Sıcak-Darbe Çekme Testi : Klasik bir darbe test makinasında yapılır ve özellikle zorlanma hızına duyarlık ve ayrışma ile sertleşebilen alaşımların dövülebilme özelliğinin tayini için elverişlidir. [2]

Çekme ve Gerilme Testleri : Kafa hızları dakikada 25 mm (1 inç) mertebesinde olan klasik çekme test makinalarında yapılır. Elde edilebilen gerilme değerleri, adi dövme teçhizatlarından elde edilenlerden önemli derecede daha düşüktür. Bununla beraber, dövme sıcaklıklarına tekabül edilen sıcaklıklarda elde edilen çekme testi verileri (gerilme, uzama ve kesit daralması), gerilme sertleşmesi, tane büyümesi gibi özellikleri göstermeleri bakımından faydalıdır. [2]

2.3.1 Dövülebilme özelliğine etki eden faktörler

Dövme esnasında YMK, HMK, SPH kristal yapıya sahip saf metaller unumiyetle bu sırada olmak üzere gittikçe azalan bir dövülebilme özelliği gösterirler. Saf metallere alaşım elementi etkisi sonucunda bu yaklaşım, şu metalurjik değişkenler dolayısıyla her zaman söz konusu olmaz: [2]

- Bileşim ve safiyet,
- Mevcut fazların sayısı,
- Tane büyüklüğü.

Genel bir yaklaşım olarak artan sıcaklıkla, dövülebilme özelliği arasında doğru orantı olduğu söylenebilir. Ancak bu sıcaklık derecesi, ikinci bir faz teşekkülü ile ergimenin başlaması veya aşırı tane büyümesi nedeniyle sınırlıdır. Metalurjik faktörlere ilave olarak, gerilme mertebesi ve gerilme dağılımında metallerin dövülebilme özelliklerini etkiler. Genel olarak soğuk işleme sıcaklıklarında düşük süneklik gösteren metaller, artan gerilme kademelerinde, azalan bir dövülebilme özelliği veriler, ancak yüksek süneklige sahip metaller önemli derecede farklılık göstermezler. [2]

Çelikteki alaşım elementleri:

- Mekanik özellikleri iyileştirmek,
- Islah edilmiş sünekligi muhafaza ederek daha yüksek temper sıcaklığına müsaade etmek,
- Yüksek ve alçak sıcaklıklarda mekanik özellikleri iyileştirmek,
- Kimyasal etkiye ve yüksek sıcaklık oksidasyonuna karşı direnci attırmak,
- Manyetik geçirgenlik ve nötron absorpsiyonu gibi diğer özellikleri tadil etmek.

amacıyla yapı içersinde bulunmaları istenmektedirler.

2.4 Dövme Konstrüksiyon Prensipleri

Ayrılma hattının (çapak hattı) yerinin ve şeklinin tayini, dövme konstrüksiyonunun en önemli işlerinden biridir. Dövme parçayı kalıplardan çıkartmaktan başka, optimum ayrılma hattının seçimi çoğu zaman birbirleriyle çakışan birçok ara ilişkili faktörle ilgilidir. Ayrılma hattı, dövme teçhizatının seçimi, proje kalıp konstrüksiyonu ve maliyeti, tane akışı, çapak kesme usulü, malzeme kullanımı ve parçanın daha sonraki işleme yüzeylerinin konumu gibi faktörleri etkiler ve bunlardan etkilenir. Ayrılma hattı, ihtiyaca göre düz veya değişik kademeli olabilir. Ancak genel olarak bir düzlem içinde belirtilir. [2]

Dövme-Kalıp Açısı : Hemen hemen bütün parçalarda dövmenin kalıplardan çıkartılması ve bazı hallerde istenilen malzeme akışını elde edebilmek için yardımcı olarak bir açı vermek mecburiyeti vardır. Genelde çelikler için $5-7^\circ$ dir ve dış yüzlerde iç yüzlerdekine göre daha küçük açı vermek gerekmektedir. Çünkü dış yüzey, soğuma esnasında kalıptan büzülerek ayrılacak ve parçanın çıkmasına müsaade edecektir. [2]

Kemer ve Kaburgalar : Kemer, dövme parçasının dövme düzleminde veya ona paralel düzlemdeki ince kısmı, kaburga ise buna dik olan parçasıdır. Dövme ağırlığını azaltmak için uzun kaburgalarda veya geniş kemerlerde, kalınlıkta yapılacak küçük bir indirim yeterli olmaktadır. [2]

Delikler ve Oyuklar : Oyukların ön dövme ile elde edilmesi malzeme tasarrufu sağlar. Ayrıca bazı durumlarda oyukların yapılması maliyet açısından faydalıdır. [2]

Meme ve Köşe Yarıçapları : Kalıpta dövme tasarımında en önemli faktörlerden biri, yeter genişlikte meme ve köşe yarıçaplarının seçimidir. Çünkü kalıpta, yetersiz yarıçaplar karşısında “ kusurlu akış” denilen dövme için kötü bir durum oluşur. Köşe yarıçaplarını, verilen herhangi bir şekil için mümkün olduğu

kadar az tutulması gerekir. Bu, kalıp oyma esnasındaki çeşitli kesici takım değişmelerini asgariye indirir ve kalıp maliyetlerini azaltır. [2]

Tane Akışı : Tane akışı, ana metalin kristal yapısının doğrultusu ile veya çalışma istikametinde tali fazların akış modeli dağılımı ile karakterize edilmektedir. Katı haldeki metaller, kristal yapı karışımı olduklarından bazı özellikler yönünden bir dereceye kadar anizotropiktirler. [2]

Mekanik özellikler, alaşıma ve akış istikametine bağlı olarak yöne göre değişir. Çapraz (liflere dik) özellikler genel olarak daha düşüktürler, çekme ve kopma gerilmesi, uzama, çekme (büzülme), darbe ve yorulma mukavemeti daha azdır. Dövme konstrüksiyonundaki bu anizotropik durum, metali azami mukavemet ve dayanıklılığı gerektiren istikamete sevk ederek avantajlı olarak kullanılmasını sağlar. [2]

Deformasyon Miktarı : Deformasyon miktarı bir dövme parçasında daima uniform değildir, fakat son dövme kademesi esnasındaki defomasyon miktarı, müteakip ısıtma işlemi tarafından geliştirilen tane büyüklüğünü önemli derecede etkiler. Bu sebeplerden, bazı alaşımlar için dövme kademeleri, son işlemlerinde uygun defomasyonu elde edecek şekilde tasarlanmalıdır. [2]

İşleme Toleransı : İşleme için bırakılacak tolerans değerleri, maliyet faktörü, parça boyutu, işlemedeki yerleştirme veya parçanın kalıba yerleştirme şeklinin yanısıra malzemenin tufalleşmesi ve dövülebilme karakteristiklerine bağlı olarak değişir. [2]

Çapak : Klasik dövme kalıpları, çapak teşkiline imkan veren bir boşlukla tasarlanır. Bir kalıbın çapak bölgesindeki önemli boyutları, eşik genişliği ve çapak kalınlığıdır. Eşik genişliğini artırmakla ve / veya çapak kalınlığını azaltmak suretiyle dövülen metal üzerine artan bir kuvvet (güç) etkilenmiş olur. [2]

Toleranslar : Toleranslar, arzu edilen ve erişilebilen hassasiyet ile ekonomik sebep arasındaki ilişkinin bir ifadesidir. Teknolojideki gelişmeler ve proje görüşleriyle değişmektedirler. Ancak toleranslar aşırı derecede dar olduğu zaman imalatın maliyeti, oransız derecede yüksek olabilmektedir. [2]

Uzunluk ve Genişlik : Uzunluk ve genişlik toleransları, kalıpların ayılma hattına paralel bir düzlemde ölçülen boyutlardaki değişimler içindir. Bu toleranslar çekme, kalıp oyma ve kalıp parlatma değişimlerini ihtiva ederler. [2]

Kalıp Aşınması : Kalıp aşınması dövülen malzemeye göre değişmektedir. Kalıp aşınma toleranslarının bir çok halde uzunluk ve genişlik toleranslarına ilave edilmesi gerekir. [2]

Kalıp Kapanması : Kalıp kapanma toleransları, iki yarı kalıbın eksenel ayarlarına tatbik edilirler. Bu toleranslar, bir yarı kalıpta bulunan bir noktanın, diğer yarı kalıpta eşgelen noktadan dövme düzlemine paralel herhangi bir istikametteki yanal yatay geçişinin bir ölçüsüdür. [2]

Yüzey Durumu : Dövme parçaların yüzeylerindeki düzgünsüzlükler, ısıtma, ara hareketler, kalıp yüzey durumu ve metalin akışı gibi faktörlerin etkisindedir. Dövme yüzeylerinde yüzey toleransları, tufal çukurlarının ve soyulmaların müsaade edilen derinlikleri, işleme toleranslarını etkilemektedirler. [2]

Çapak Taşması : Çapak taşıma toleransları, bir dövme parçasının gövdesinden çapağın kesilen kenarına kadar uzanan, müsaade edilen talaş miktarıdır ve genel olarak çapağın mekanik olarak makaslanmasını ifade eder. Tork ile kesme, işleme veya şerit testereyle kesme gibi diğer metodlarla çıkarılması gereken çapaklar için özel toleranslar uygulanır. [2]

2.5 Kalıp Doldurmaya Tesir Eden Faktörler

Kalıp doldurmaya tesir eden önemli faktörler şu şekildedir : [2]

- Dövme Sıcaklığı
- Dövülebilme Özelliği ve Akma Mukavemeti
- Sürtünme ve Yağlama
- Kalıp Sıcaklığı
- Şekil ve Boyut Faktörleri

Dövme Sıcaklığı : Artan dövme sıcaklığı, bir metalin veya alaşımın akıcılığını artırır, akma mukavemetini azaltır ve kalıp doldurmaya ıslah eder. Sınırlayıcı etken olarak ikinci fazın meydana gelişi veya ergime başlaması yada bazı alaşımlarda aşırı tane büyümesi alınmaktadır.

Dövülebilirlik ve Akış Mukavemeti : Dövme metallerinde malzemenin kalıp boşluklarını doldurmasındaki güçlükler olarak, zayıf dövülebilirlik veya yüksek akış mukavemeti bilinir. Zayıf dövülebilirlik, kalıp dolmadan önce kırılmaya sebep olurken, yüksek akış mukavemetleri malzemenin kalıp girintilerini ya hiç doldurmadan akmasına ya da mevcut teçhizatın azami yükleri neticesinde kalıbı eksik doldurmasına sebep olur.

Sürtünme ve Yağlama : Kalıp yağlayıcılarının kullanıldığı hallerde prensip olarak amaçlanan; dövme yüklerini azaltmak ve metal akışının düzgünlüğünü kontrol etmek veya iyileştirmektir. Genel olarak yağların özellikleri:

- Düşük sürtünme katsayısı,
- Kolay çıkartma,
- Düşük korozyon özelliğidir.

Grafit çeşitli şekil ve tertipleriyle, dövmede en geniş çapta kullanılan

yağlayıcı olarak kullanılmaktadır. Ancak Kapalı kalıplarda dövmede iyi sonuçlar elde etmek daha sorunlu olduğu için, ideal bir yağlayıcı gravürlerin düşey yüzeyleri üzerinde en düşük sürtünme ve çapak geçiş yerlerinde en fazla sürtünme sağlamalıdır.

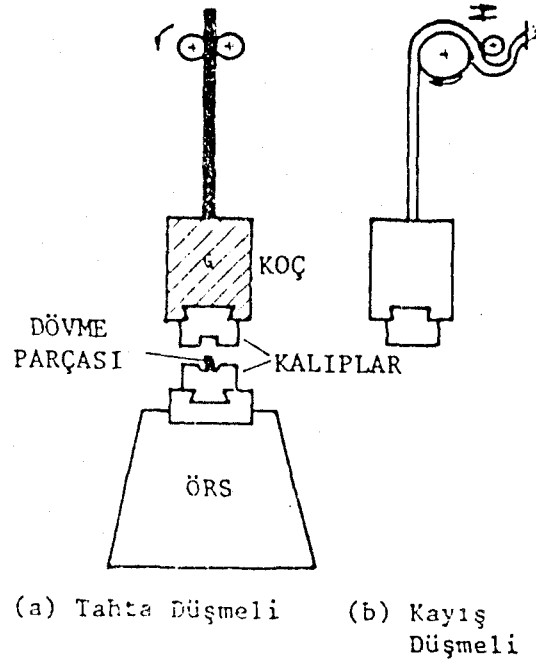
Kalıp Sıcaklığı ve Yüzeyi : Artan kalıp sıcaklığı kalıp doldurma özelliğini artırır ve dövme basınçlarını azaltır. Kalıplar, iş parçası sıcaklığına yakın derecelere ısıtılması halinde iş parçasını daha az soymaktadırlar. Isıtılan kalıplar çekiçler veya yüksek hız makinalarındakilere göre hidrolik preslerle dövmede daha çok avantaj gösterir.

Şekil ve Boyut Faktörleri : Küresel ve blok tipi şekiller kapalı kalıplarda dövülmesi en rahat olaylardır. İnce ve uzun kesitli veya uzantılı (kemer ve kaburgalar) parçalar birim hacim başına daha fazla yüzey alanına sahip olduklarından daha güçtür. Düşey deformasyonlu dövmeler yatay deformasyonlu dövmelere göre kalıp ömründe üçte bir ve çapak malzeme miktarında üç katı bir kayıpla karakterize edilir.

2.6 Dövme Teçhizatları

Dövme sektöründe en çok kullanılan dövme makinaların tipleri aşağıdaki gibidir: [3]

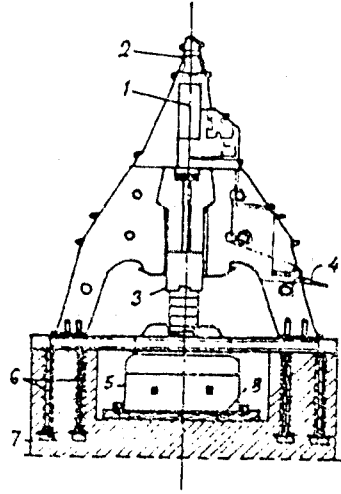
1. Serbest (Ağırlık) Düşmeli Çekiçler: Bu çekiçlerde belirli bir yükseklikten serbest düşmeye bırakılan koç dövme işlemini yapmaktadır. Koçun kaldırma mekanizması, sürtünmeli (tahta veya kayış), zincirli, buharlı, hidrolik veya havalı olabilir. Bu tip çekiçler genellikle düşen koçun ağırlığı ile anılırlar. Bu tip çekiçlerin gerçek kapasitesini (60kgm ila 40000kgm) vurma enerjisi göstermektedir. İlgili örnek şekil 2.7’de gösterilmektedir.



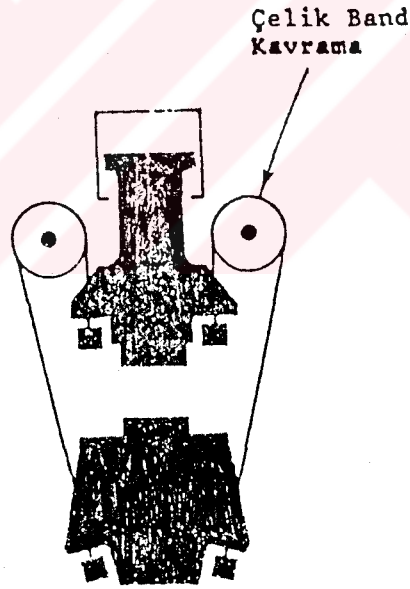
Şekil 2.7 Sürtünme tahrikli serbest düşmeli çekiç. [3]

2. Güç Düşmeli Çekiçler : Güç düşmeli çekiçlerde, koçun pistonu kaldırma ve vurma periyodları sırasında buhar, basınçlı hava veya hidrolik ile tahrik edilmektedir. Vurma enerjisi koçun serbest düşme enerjisi ile pistonun üzerine etki eden basınç enerjisinin toplamından oluşmaktadır. Eşdeğer çekiç kapasitesi ve strok boylarında, bu tip çekiçler serbest düşmelilere göre daha hızlı olmaktadır. Bu tipler 315 kgm ile 82350 kgm vurma enerjisi kapasitelerinde imal edilmektedir.İlgili örnek şekil 2.8’de gösterilmektedir.

3. Karşı Vuruşlu Çekiçler: Karşı vuruşlu çekiçlerde, hareketli iki koç birbirlerine doğru hidrolik veya mekanik (kayışlı) bir bağlantı ile vurdurulmakta, üst koç genellikle buhar veya basınçlı hava ile tahrik edilmektedir. Bu çekiçlerde vurma enerjinin büyük kısmı dövme işlemi için kullanılmaktadır ve çok az bir enerji çevre veya temele iletilmektedir. Alt koçun hareketli olması ön ve ara şekillendirme işlemlerinin alt kalıp üzerinde yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bu çekiçlerin kapasiteleri 3 ton-m ile 200 ton-m enerji seviyeleri arasında bulunmaktadır. İlgili örnek şekil 2.9’da gösterilmektedir.



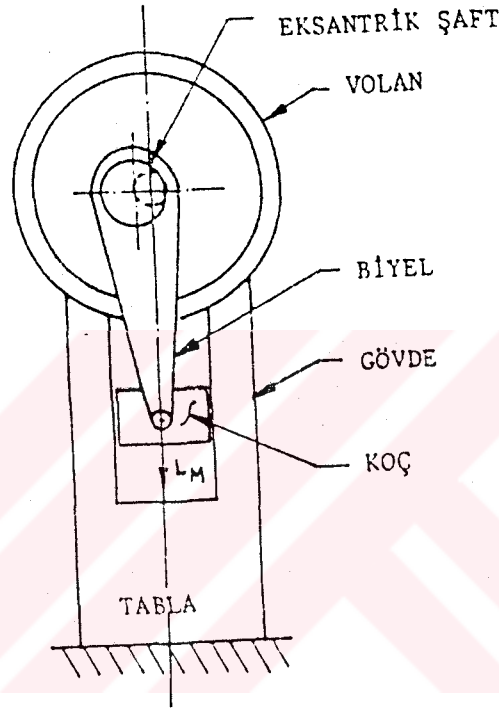
Şekil 2.8 Güç düşmeli çekiçler; 1.silindir, 2.yay, 3.koç, 4.kumanda kolu, 5.örs, 6.temel civataları, 7.temel, 8.tahta. [3]



Şekil 2.9 Mekanik kavramalı karşı vuruşlu bir çekicin şeması. [3]

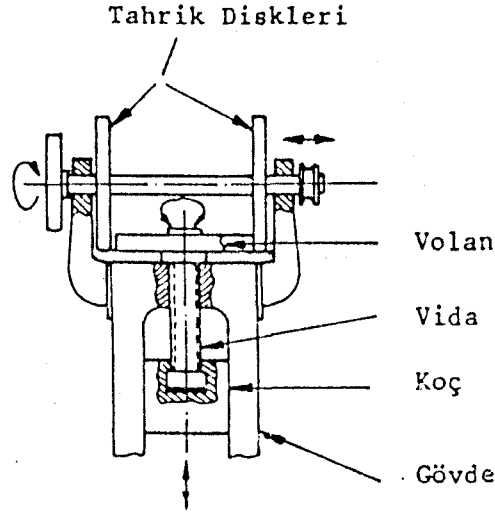
4. Mekanik Presler (Ekantrik-Krank): Bu preslerin klasik çalışma prensibi, dönme hareketini doğrusal harekete çeviren eksantrik (veya krank) - biyel kolu mekanizmasına dayanmaktadır. Ekantrik şaft kavrama ve fren sistemi ile doğrudan

volana bağlanmıştır. Yüksek tonajlı kapasitelerde eksantrik biyel kolu mekanizması "kama" ve "Scotch-Yoke" mekanizmaları ile yerleştirilmektedir. Mekanik presler çekiçlerden sonra en çok kullanılan ve otomasyon için çok uygun olan bir makinedir. Bu presler 63 tondan 12000 tona kadar imal edilmektedirler. Küçük kapasiteli olanları genellikle çapak kesme işlemleri için kullanılmakta, büyük kapasiteli olanlar dövme işlemlerinde kullanılmaktadırlar. İlgili örnek şekil 2.10'da gösterilmektedir.



Şekil 2.10 Mekanik presin şeması. [3]

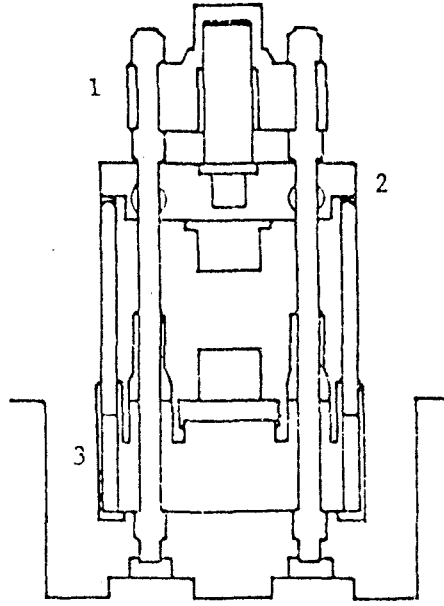
5. Vidalı Presler: Vidalı preslerde koç, kalıp ve tutucuları her iki yönde hareket eden büyük bir vidaya bağlanmıştır. Vidanın bağlı olduğu volan mekanik (sürtünme, hidrolik veya elektrik) olarak tahrik edilmektedir. Türkiyede bu preslerin bir diğer adı friksiyon presleridir. Dövme işlemi aynı gravürde sürekli darbeler ile yapılabilir. Operatör becerisi istemeyen ama hassasiyet isteyen (dar toleranslı) ve soğumanın kritik olduğu ince paçaların dövülmesinde tercih edilen ve 63 ton ile 8000 ton kapasiteler arasında imal edilen makinalardır. İlgili örnek şekil 2.11'de gösterilmektedir.



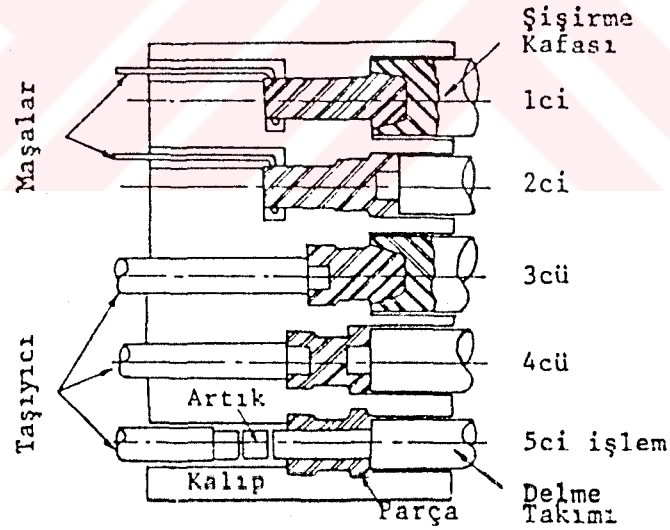
Şekil 2.11 Sürtünme tahrikli bir vidalı presin şeması. [3]

6. Hidrolik Presler: Bir silindir içinde yataklanmış bir pistonun hareketine dayanır ve presleme hızı, dövme kuvveti ve strok boyu dövme işlemine uygun olarak ayarlanabilmektedir. Ancak genellikle büyük yük kapasitelerinden dolayı ingotların dövülmesinde tercih edilmektedirler. İlgili örnek şekil 2.12’de gösterilmektedir.

7. Yatay Dövme Presleri: Mekanik tahrikli olan bu preslerde vurma kafası ile yan sıkıştırma kalıbı bir mekanizma ile birbirlerine bağlanmışlardır. Dövme işlemi sırasında sıkıştırma kalıbı parçayı sabit kalıp arasında tutmakta, vurma kafası da şekillendirme işlemini yapmaktadır. Bu preslerde genellikle üç, dört kalıp yanyana bulunmakta ve dövme işlemi seri olarak yapılmaktadır. Genellikle ön şekillendirme ve kafa şişirme işlemleri için uygun olan bu pres, aks gibi parçaların dövülmesi için kullanılır. Seri imalat için çok uygun olan bu makinalar 50 ila 3150 ton kapasiteler arasında imal edilmektedirler. İlgili örnek şekil 2.13’de gösterilmektedir.



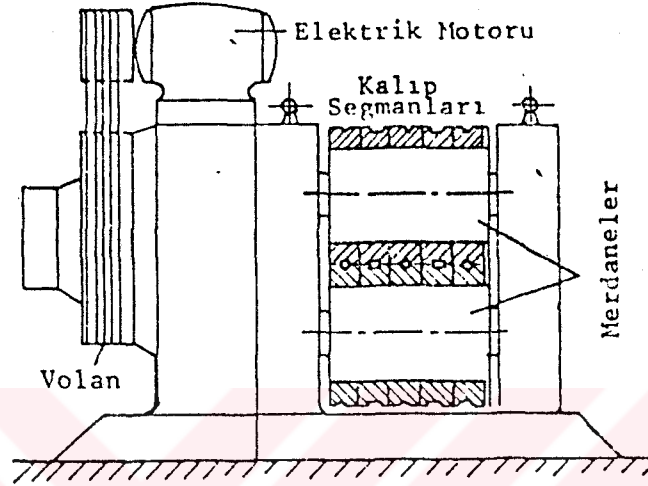
Şekil 2.12 Hidrolik presin şeması; 1.sabit silindir kafa, 2.hareketli piston-koç grubu, 3.sabit pres yatağı (dönüş silindiri ile birlikte). [3]



Şekil 2.13 Yatay dövme presinin çalışma şeması. [3]

8. Dövme Merdaneleri: Dövme merdanelerinin prensibi şematik olarak aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Bu makina genellikle kapalı kalıpla dövme işleminden evvel, uzun ve ince parçalardaki hacim dağılımını sağlamak için, yani ön şekillendirme

işlemini yapmak için kullanılır. Bu makinalar özellikle seri imalatta ön şekillendirme işlemleri için çok uygun olmakta ve dakikada 25-50 devirde dönebilen, 240 ila 800 mm merdane çaplarında imal edilmektedirler. İlgili örnek şekil 2.14’de gösterilmektedir.



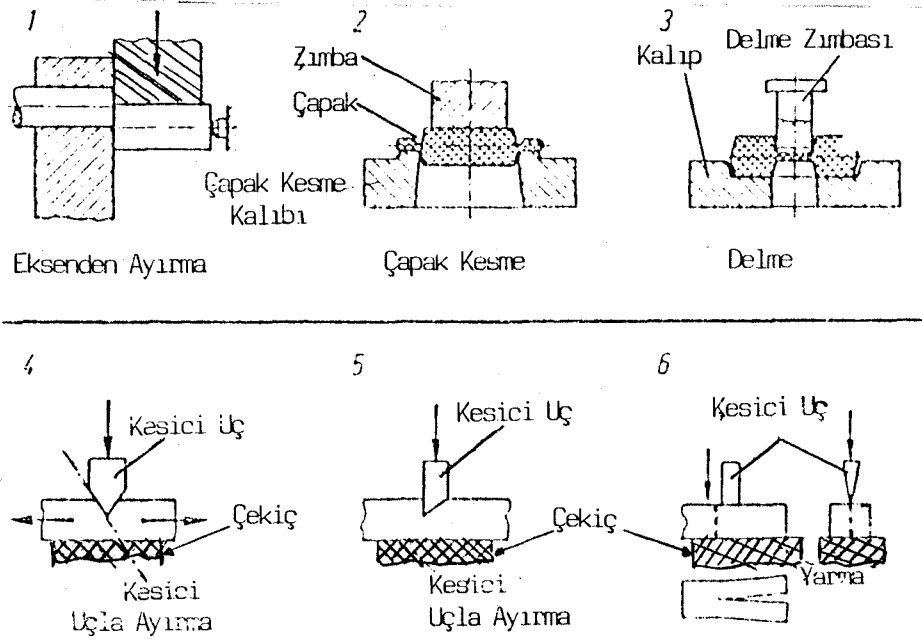
Şekil 2.14 Dövme merdanesi şeması. [3]

2.7 Dövme Sonrası Yapılan İşlemler

Dövme sonrası yapılan işlemler toplu olarak şekil 2.15’de gösterilmektedir.

2.7.1 Delme ve çapak kesme

Şimdiye kadar irdelenen bütün işlemlerde amaç, malzemenin tamamen şekil değiştirmesi ve onun hiç bir parçasının hiç bir şekilde ayrılmamasıdır. Delme ve çapak kesmede şekil verme mekanizması tamamiyle farklıdır. Malzeme, zımba ile kalıp arasındaki gerilme malzemenin kesme mukavemetini aşmaya kadar ve çatlaklar malzemeye nüfuz edinceye kadar kesme gerilmelerine maruz kalır. Zımba ve çapak makası arasındaki açıklığın tam ve uygun olması en iyi kesme yüzeyini elde etmede önemlidir.



Şekil 2.15 Dövme işlemi sonrası yapılan işlemlerin şematik gösterimi. [1]

2.7.2 Tamburlama

Dövme parçalar, döner bir tambur içersine aşındırıcı, belirgin sertlikteki metal bilyalarla birlikte konulur ve tamburun dönmesiyle, aşındırıcı ve metal parçaların birbirleri üzerinde yuvarlanmaları sonucunda oluşan sürtünme sonucu tufal, parça yüzeyinden ayrılması sağlanarak müteakip işleme işlemleri için daha kaliteli bir yüzey elde edilir.

2.7.3 Kalibre

Ekonomik olarak dövme parçaların kalıpta dövülmesinden elde edebileceğimizden daha dar toleransları sıcak veya soğuk kalibre ile sağlayabiliriz. Kalibre işlemini bir çapak kesme presinde veya uygun büyüklükte bir kalibre presinde yapmak mümkündür.

2.7.4 Doğrultma

Çapak kesme, ısıtma işlemi, temizleme veya ara taşıma işlemleri sırasında dövme parçalarda hafif çarpılma, burulma, eğilme oluşması muhtemeldir. Bu durumu gidermek için uygun kalıplar içersine konulan parça üzerine belirli bir yük uygulanır. Bu yük parça üzerinde kalıntı gerilmeler oluşturabilecek düzeyde ise kalıntı gerilmelerin giderilmesi için daha sonra bir gerilim giderme tavı uygulamak gereklidir.

2.8 Dövme Kalıpları

2.8.1 Dövme kalıbı tasarım kriterleri

Dövme kalıbı tasarım kriterleri aşağıdaki gibidir: [2]

- Ayırım Yüzeyi,
- Kalıp Eğimleri,
- Kemer ve Kaburga,
- Köşe Yarıçapları,
- Ön Delme İşlemi,
- Malzeme Akış Yönü,
- Şekil Değiştirme Oranı,
- Boyut Toleransları,
- Çapak Boyutları,

2.8.2 Sıcak iş çeliklerinin (dövme kalıpları) iş görmezliğini ve ömürünü etkileyen etmenler

Sıcak İş Çelikleri, işlenen yada biçim verilen iş parçasının oda sıcaklıklarının çok üstündeki sıcaklıklara çıkarılarak, uygulanan işlemlerin kalıpları için seçilen

eliklerdir. Bu elikler genellikle orta karbonlu (%0.3-0.6C) ve orta alaşımlı (%5-12) Cr, Mo, W, V gibi elementleri içeren çeliklerdir. [5]

Genelde kalıplardan beklenen, bir yandan servis koşullarına dayanıklı olacak mertebede “sert” ve aynı zamanda yapım yada kullanım sırasında çatlama ve kırılmaya yeterince direnç gösterecek düzeyde “sünek” olmasıdır. [5]

Kalıpların iş grmezliğine yolaabilen ve ömürlerini etkileyen etmenleri şu şekilde sıralayabiliriz. [5]

- Tasarım,
- Takım eliğinin türü,
- Mekanik işleme yöntemi
- Isıl işlem,
- Taşlama,
- Uygulama.

Bu etmenleri ayrı ayrı olarak değil, zincirin birbirine bağlı halkaları olarak değerlendirirsek, birbirleri arasında iyi bir denge yaratarak beklentilerimize uygun davranmalarını sağlamış oluruz.

Tasarımdan kaynaklanan iş grmezlikler; kötü tasarlanmış bir kalıp ya ısıtılma ya taşlama yada uygulama sırasında çatlama, kırılma gibi iş görmezlik durumuna sebebiyet verecektir. Isıl işlem sırasında çatlamalara yol açan en önemli tasarım yanlışlıklarını, keskin i ve dış köşeler ve kesit alanındaki büyük farklılıklar olarak ikiye ayırabiliriz. Keskin köşeler, birçok kalıpta gerekli olmasına rağmen “radyüs” yani kullanılan kıvrımın yarıçapını mümkün olduğu kadar büyük seçerek ısıtılma işlemde oluşabilecek çatlamayı nleyebiliriz. Kesit alanındaki farklılığı, ya kesitler arasında tedrici bir geçiş yaratarak yada kalıbı iki parçalı bir düzenek olarak tasarlayarak (tek parçada ısrar edilirse mutlak havada sertleşen bir elik kullanılmalıdır) sorun olmaktan çıkarabiliriz. Delik içeren parçalarda ise, her deliğin

konumu ve bunların yüzey alanındaki dağılımları çok iyi konumlandırılmalı ve deliklerin iç yüzey sertlikleri de uygun değerlerde olmalıdır.

Çelikten kaynaklanan iş görmezlikler; temiz çelik olarak, kalıntılar (inklüzyon), katışıklar (empürite) ve kılcal çatlaklar açısından temiz olan çelik ifade edilmektedir. Çelikte rastlanan kusurlar ve giderilmeleri için yapılması gereken işlemler aşağıdaki gibidir.

Boşluklar; çeliğin ingot kalıbındaki katılaşma aşamasında oluşan çekme boşluklarıdır ve yüzeyleri oksitlendiği için dövme işlemi ile giderilmesi mümkün değildir.

İnce uzun lekelenmeler; haddeleme yönünde görülen ve karbon yada diğer elementlerin, kalıntıların yada katışıkların bölgesel birikiminden oluşurlar.

Dilcikler; haddeleme gibi mekanik işlemler sırasında oluşan, çıkıntıların yüzeye yan yatmış oluşumlarıdır.

Yırtıklar; kalıptaki katılaşma düzensizliklerinden dolayı yatay olarak beliren çatlaklar olarak yada S, Cu, Sn gibi düşük ergime sıcaklıklı katışıkların neden olduğu sıcak gevreklik sonucu oluşan çatlaklardır.

Kılcal Çatlaklar; hidrojenin oluşturduğu çatlaklardır ve gidermek için sıvı çeliğe gaz giderme işlemi uygulamak gerekmektedir.

Yüzey Çatlakları; hava çeliklerinin dövme ve haddeleme sonrası hızlı soğutulanlarında, yüzeyde oluşurlar.

Kalıp yapımında 3 yöntem vardır. Bunlar :

- Kalıpların kesici takımlarla işlenmesi ve sonra taşlanması,

- Soğuk biçimlendirmeyele şekillendirilmesi,
- Elektro-erezyon yöntemidir.

Bu yöntemler sırasında çıkabilecek hatalar aşağıda anlatıldığı şekilde giderebiliriz:

- Gereksiz köşeler veya köşeli çıkıntılar, kılcal çatlaklar, yüzeyde ani ısınma ve soğuma sonucu martenzit oluşumu sonucu oluşan çatlaklar iç gerilmeler nedeniyle oluştuğundan, kalıplara ısıtma işlem öncesi gerilim giderme uygulanmalıdır. Elektro-erezyonda ise, işleme yüzeylerinde sertlik artışı, kılcal çatlak artışı gibi sorunlar oluşabilmektedir. Tavlanmış durumdaki çeliğe elektro-erezyon uygulanarak, elektro-erezyon sonrası menevişleme yaparak ve uygulanan yüzeye elektrokimyasal dağlama yada parlatma yapılarak mevcut sorunlardan kurtulabiliriz.
- Yanlış ısıtma işlem uygulanmasından doğan problemlerden birincisi; gerilim giderme tava büyük boyutsal değişimler meydana getirmişse, parça fırın dışında yavaşça soğutulur, getirmemişse bu işlem bir ön ısıtma olarak uygulanır ve parça buradan doğrudan östenitleme fırınına aktarılır. Ön ısıtma, çatlama olasılığını azaltan bir önlem olup, parçanın sıcaklık dağılımı eşitlenir, çarpılma ve karbonsuzlaşma olasılığı azaltılmış olur. Östenitleme ile; döküm yapısında bulunan alaşım karbürlerini östenit ana yapıda çözündürüp ve sonra hızlı soğutarak martenzit dönüşümünü gerçekleştirmiş oluruz.

2.8.3 Dövme kalıpları kırılma sebepleri

Dövme kalıpları proses gereği, statik basınç, dinamik darbe (basıç-titreşim), ısıtma yük ve gerilmeler gibi türlü gerilmelere maruz kaldıklarından, yüksek mukavemetli, sünek, aşınma ve ısıtma şok dayanımlarının yeterince yüksek olmaları gerekmektedir. [5]

Temel olarak kalıp kırılması, kalıbın aşırı yüklenmesi, aşındırıcı (sürtünme) etkisi, aşırı ısıtmadan (ısınma) oluşan üç temel sebepten meydana gelmektedir. [5]

Kalıpların aşırı yüklenmesi sebebiyle oluşan kırılma probleminde; kalıp çeliği ve sertliğinin dikkatli seçimiyle, uygun boyutlu kalıp bloğu kullanılmasıyla, doğru metal akışını sağlayacak sağlıklı kalıp konstrüksiyonu ile ve kalıpların çekiç veya preste tam ve uygun oturtulmasıyla kalıpların aşırı yüklenmesi önlenmiş olur.

Aşındırıcı (sürtünme) etkisi sonucu; metalin dövme kalıbının oyduğundaki akışı ve yayılmasında oluşur. Parça dizaynı karmaşık veya dövülmesi zor ise, dövülecek metalin dövme sıcaklığındaki mukavemeti yükseğe veya metal üzerinde tufal varsa aşındırma yüksektir. İyi kalıp tasarımı (son dövmede en az iş), uygun kalıp bileşim ve sertliğinin seçimi ve uygun dövme tekniği uygulanmasıyla bu etki azaltılabilir.

Aşırı Isıtma; erken kalıp aşınmasına neden olmaktadır ve çoğunlukla oyuğa uzantılan kalıp gravürü bölgesinde ve sürekli üretimden dolayı gerçekleşebilir.

2.8.4 Dövme kalıp ömürleri

Kalıp ömrüne tesir eden başlıca faktörler aşağıdaki gibidir : [5]

- Kalıp malzemesi ve sertliği,
- Kalıba uygulanan ısıl işlemler,
- Dövülecek parça geometrisi ve kalıbın tasarımı,
- Dövme teçhizatının özelliği, durumu,
- Kalıba uygulanan işlemler (dövme işlemi öncesi ve esnasında)
- Kalıbın yağlanması-yağlayıcı,
- Üretim hızı (saatte vurduğu parça sayısı),
- Operatörün dikkati ve tutumu,
- Taslak sıcaklığı.

2.8.5 Sıcak dövme kalıbı genel konstrüksiyon esasları

Sıcak dövme kalıbı konstrüksiyon esasları aşağıdaki gibidir. [5]

- Son dövme kademesinden önceki dövme kademesi, mümkün olduğunca son dövme kademesine yakın olmalıdır,
- Asimetrik veya simetrik parçalar mümkün ise bir kalıpta çift olarak tasarlanmış olmalıdır,
- Çapak kesme ve göbek delmede mümkünse (bir defada) kombine kalıp tasarlanmalıdır,
- Son kademeye en az dövme kademe sayısı ile gelecek şekilde tasarlanmalıdır,
- Uzunluk, genişlik ve kaçıklık toleranslarına dikkat edilmelidir,
- Dövme kademelerini, parçanın o anda sahip olacağı sıcaklık derecesi ve mukavemet değerlerini dikkate alarak tasarlamak gerekir,
- Açı, radyüs ve kalınlıklar için tablolardan yararlanılmalı ve çapak hattı için prensiplere uyulmalıdır,
- Kalıp işleme imkanlarını dikkate alarak kalıp imal süresini kısaltan tasarıma geçmek gerekir,
- Kalıp tasarımında malzeme akış özelliklerine dikkat edilmelidir.

2.9 Dövme Ürünlerinin Isıl İşlemi

Açık yada kapalı kalıplarda, karşıt vuruşlu çekiçlerde, hidrolik veya eksantrik preslerde dövülen yarı mamüller işleme öncesi ya son kullanım mukavemet değerine ya da işleme kolaylığı açısından geçici bir düşük mukavemet değerine getirilirler. Dolayısıyla bir dövme parçası için malzeme ve ısıl işlem seçimi parçanın kullanım yerinde maruz kalacağı kuvvet etkilerinin bir sonucu olarak, tasarım sırasında belirlenmelidir. Ayrıca dövme parçaların metalografik yapısı, parçanın farklı kesitlerinde farklı plastik şekil değiştirmenin oluşması, soğuma sırasında farklı kesitlerin farklı hızda soğuması gibi heterojen durumlar sonucunda farklılık arzettiğinden, ısıl işlem tekniği ile bu olumsuzlukları gidermek mümkündür.

2.9.1 Normalize

Normalize işlemi, sadece çeliklere uygulanan bir ısıl işlem türüdür. Normalize işlemiyle hem malzemede tane inceltmesi sağlanır hem de homojen perlitik ferritik yapıda perlit lamelleri daha sık ve ince olarak meydana gelen bir yapı elde edilir. Normalize tav sıcaklığı, dövme sonrası özellikle plastik deformasyonu az ve kalın kesitlerde muhtemel ağır soğuma olayı ile teşekkül eden kalın ve iri kümeler halindeki karbür oluşumlarını östenit içersine alabilecek (eritebilecek) emniyetli bir miktar üst sıcaklıkta seçilir.

Tav Sıcaklık ve Süresi; yüksek normalize tav sıcaklığı ve uzun tav süresi sonucu, tane sınırlarını ferritin teşkil ettiği bir ferritik-perlitik yapı ortaya çıkacaktır. Normalize sıcaklığı, denge diyagramında östenit dönüşüm hattı (A_{cm})'nin 30°C , yüksek karbonlu çeliklerde ise 50°C üstünde alınabilir. Tav süresi ise, malzeme yüzeyinin fırın ile aynı sıcaklığa geldiğini gösteren renk uyuşması anından itibaren (başlangıç) malzemenin 25 mm kesit kalınlığı için 20 dakika alınabilir.

Soğutma Hızı; pratikte normalize işlemine uygulanan soğuma şekilleri aşağıdaki gibidir :

- Fırında,
- Sandık içersinde,
- Müteakip bir üniteye kontrollü cebri soğuma ,
- Meneviş fırınında, yakıcı havası ve sirkülasyon fanlarının çalıştırılması ile sağlanan hareketli hava ortamı.

Genelde ufak ve orta boy parçalarda, normal sakin havada kendi kendine soğuma ile ince taneli perlitik-ferritik bir yapı elde edilir. Kalın parçalarda ise daha etkin bir tane yapısını elde etmek için malzemenin hareketli hava ortamında soğutulması iç gerilmelerin oluşumu engellenmiş olur.

2.9.2 Islah

Bir malzemenin tavlaniþ, önce su verilmesi bilahare meneviþlenmesi olayı “Islah” olarak tanımlanmaktadır. Islah işlemi genelde, parçanın istenen nihai mukavemet değerlerine getirilmesini amaçlar ve kısaca şu özellikleri elde ederiz:

- Yüksek dayanım,
- Yüksek yorulma dayanımı,
- İyi bir tokluk,
- Yüksek akma-kopma dayanım oranı,

Su verilmesi neticesi oluşan martenzit yapı, malzemenin 450-670°C arasında uygun süre meneviþlenmesi ile devam eder. Su verme ortamları, yağ, su, sodalı su, bor yağlı su şeklinde olmaktadır.

Katmer, kalıp izi yaraları gibi malzeme yüzey hataları, çatlamanın orjinini teşkil edeceğinden istenmezler, bu yüzden ısıtma işlemi öncesi bu uygunsuz bölgelerin taşlanarak veya işlenerek kaldırılması gerekmektedir.

2.9.3 İzotermik tav

İzotermik tav, işlemede max. randıman, uzun takım ömrü ve iç gerilmesiz yapı elde etmek amacıyla uygulanan geçici süreli bir ısıtma işlemi şekli olan bir “Yumuşatma Tavlama” uygulamasıdır.

Aşırı ferrit fazından oluşan bir yapıda talaş kaldırma sırasında talaş uzayacak, kesme ucu aşınacak ve parça üzerinde istenmeyen yüzey kalitesinin oluşumuna sebebiyet verecektir. Öte yandan perlit fazında mevcut sementit lamelleri aşırı sert ve kırılgan yapıda olduklarından talaş kaldırma sırasında sementit plakalarında kesinti oluşacağından mat, gözenekli kötü bir yüzey kalitesine sebebiyet verecektir.

İzotermik tav yoluyla perlit fazı, ferrit fazı içersinde düzgün dağılmış, yoğun ince lamelli ve lamelleri yer yer küreselleşme eğiliminde olan malzemeye yüksek talaş kabiliyeti kazandıran bir perlitik yapı elde edilir. Ferrit içersinde çözünen Ni, Cr, Mn, Mo gibi alaşım elementleri ferritin sertliğini arttıırırlar.

2.9.4 Isıl işlemsiz çelik kullanımı

Dövme sektöründe mikro-alaşımli Mn, V içeren çeliklerin kullanımıyla sıcak dövülebilirlik kabiliyeti çok iyi olan, dövme sıcaklığı 1250-1300°C, soğuma hızı 50-100°C/dakika olarak seçilen, yapısında vanadyum nitrür oluşumuna izin veren ve nihai yapısıyla müteakip bir ısıl işlem prosesine gereksinim duymayan krankmili, biyel kolu, direksiyon kolu gibi kritik parçaların üretimi mümükün olmaktadır.



BÖLÜM 3 GÜNÜMÜZ REKABET ŞARTLARINDA KALİTE OLGUSUNUN GELİŞİMİ

3.1 Kalite Nedir ve Nasıl Sağlanır?

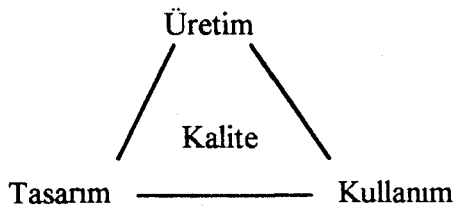
Günümüz rekabet koşullarında işletmelerin ayakta kalabilmeleri için üst yönetimden en alt kademedeki çalışanlara kadar üretime katkıda bulunan tüm bireylerin işletme bünyesinde kaliteli ürün üretimine katkı vermeleri gerekmektedir.

Kalite, bir ürünün;

- kullanım uygunluğunu saptayan özelliklerin tümü,
- alıcı tarafından bir üründe bulunması istenilen belirli koşullar, özellikler,
- tüketicinin tatmin olma derecesi,
- ekonomiklik, üstünlük,
- belli bir görevi belli bir süre içinde devam ettirebilmesi için

sahip olunması gereken özellik ya da özellikler olarak tanımlanabilir.

Kalitenin oluşumu şekil 3.1’de görülen ilişkiler çerçevesinde açıklanabilir;



Şekil 3.1 Kaliteyi oluşturan öğeler. [6]

Kaliteden beklenenleri yani kalite olgusunun içeriğini aşağıdaki şekilde ifade etmek olasıdır : [6]

- Belli bir düzeyde olması (optimal kalite)
- Kalite sürekliliğinin olması (müşterinin belirlediği toleranslar içerisinde)
- Kalitenin kabul edilebilir bir maliyeti olması
- Tüketicinin gereksinimini ve tatminini eksiksiz sağlayacak düzeyde olmalıdır.

Kalitenin belli toleranslar arasında kalması için : [6]

- İşletmede, kabul edilebilir geçerli ve standartlara uygun bir “Kalite Güvencesi Sisteminin” bulunması,
- Sistemi çalıştıran yeterli sayı ve nitelikte eleman bulunması,
- Veri toplamak, ölçmek ve kontrol için yeterli “Ölçü” aletlerinin bulunması,
- Tüm ölçü ve kontrol aletleri için sistemli olarak kalibrasyonların uygulanması,
- Tüm bulgu ve veriler için kayıt sisteminin bulunması
- Kalite Maliyetlerinin değerlendirilmesi, daha iyi kalite için araştırma yapılması,
- Daha iyi kalite için sürekli eğitime önem verilmesi,
- Daha iyi kalite için gerekli yatırımların planlanıp uygulamaya konulması gerekmektedir.

3.2. Kalite Kontrol Nedir?

İşletmede çeşitli birimlerin gösterdiği kaliteyi geliştirme, koruma, iyileştirme, tüketicinin tam beğenisini kazanma ve en ekonomik düzeyde bir üretim ve/veya hizmet sunma olanaklarını sağlamayı amaçlayan çabaların bileşkesi olarak tanımlanır.[6]

Kalite Kontrol’de amaçlananlar : [6]

- Alıcıya, açıklanan özellikte ürün sunulmasının sağlanması,
- İşgücü, tezgah, araç, aygıt ve sistemlerin Kalite Kontrol bakımından değerlendirilmesi,
- Gerçekleşen kalite ile istenilen kalite düzeylerinin karşılaştırılması,
- Bozuk parça miktarının en aza indirilmesi,
- Eldeki tezgah, araç, aygıtı göre en uygun kalite düzeyinin saptanması,
- İşletmeye kusurlu parça girişinin önlenmesi,
- Bir operasyondan bozuk çıkan parçanın bir sonraki işleme girişinin önlenmesi,
- Son işlemde kusurlu çıkmış parçanın saptanabilmesi,
- Müşteri şikayetlerinin değerlendirilmesi.

şeklinde ortaya konulurken, Kalite Kontrolün gerekli kıldıklarını aşağıdaki şekilde özetlemek olasıdır: [6]

- İmalat resimleri anlaşılabilir şekilde eksiksiz, kusursuz hazırlanmalı,
- Kullanılacak teçhizatların ekonomik ve teknolojik olarak uygun kaliteyi sağlayacak ayar ve hassasiyette olması, seçilmesi, test edilmeli,
- Yeterli sıklık ve tamlikte ölçü almak, masterla kontrol etme gereğinin yerine getirilmesi,
- Elde edilen verilerin kullanımı ve yorumu ile ilgili yöntem ve tekniklerin açık ve net olması,
- Tezgah ve ölçme aygıtlarının periyodik test ve kalibrasyonlarının sürekli ve eksiksiz yapılması,

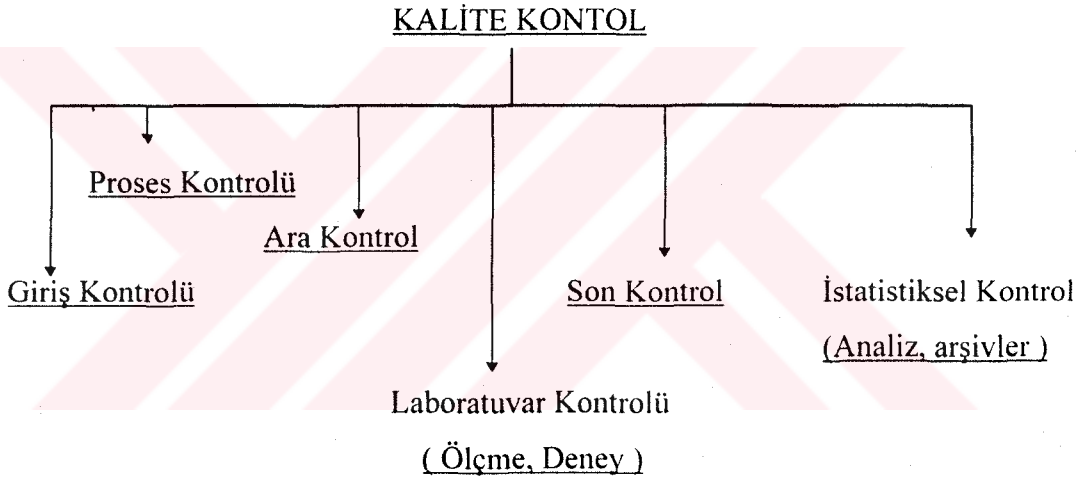
Bütün bu belirtilen koşulları sağlamaya yönelik olarak Kalite Kontrol organizasyon kurallarını: [6]

- İstenilen kalitenin gerçekleştirilmesi için sorumluluğun tüm personele verilmesi, kişi ve bölümlere düşen görev, yetki ve sorumlulukların belirlenmesi gerekir,
- Üst yönetimin tam desteği sağlanmalı,

- Etkili bir eğitim programı oluşturmali,
- Beklenen spesifikasyonların kontrolü için gerekli araç ve teçhizatın sağlanmalı,
- Tüm araç ve gereç için kalibrasyonlara dikkat edilmelidir.

şeklinde ortaya koymak olasıdır.

Uygun kalitede bir ürünün sağlanması için işletme içersinde optimum düzeydeki Kalite Kontrol Sisteminin sağlanması gerekmektedir. Bu sistemin oluşturulması için ise işletme içersinde sürekli olarak bir takım kontrollerin uygulanıp takip edilmesi gerekmektedir. Bu kontroller aşağıdaki şekilde şematik olarak gösterilmektedir



Şekil 3.2 Kalite kontrol sisteminin oluşturulmasında etkin olan parametreler.[6]

3.2.1 Giriş kontrol

Üretimde kullanmak amacıyla dışardan işletmeye giren hammadde, yarımamül ve yardımcı malzemelerin kontrolü.

3.2.2 Proses kontrolü

İmalat işlemlerinin kontrolüdür. Amaç, üretimde oluşan hataların tesbiti ve nedenlerinin araştırılması, ortadan kaldırılması, kaliteli ürün elde etmeye yönelik öngörülen proses parametrelerinin öngörülen değerleri koruyup korumadıklarının belirlenmesi ve kaliteli ürün eldesinin sağlanmasıdır.

3.2.3 Ara kontrol

İmalat aralarında uygulanan kontrol işlemleridir. Gözden kaçan operasyon hataları tesbit edilir ve hatalı ürünler ayrılır.

3.2.4 Laboratuvar kontrolü

Ölçme ve deneylerle ürünün spesifikasyona uygunluğu araştırılır.

3.2.5 Son kontrol

Nihai ürünün gözden kaçan hataları varsa bunlar tesbit edilir ve ayrılır. Depolama ve ambalajlama şartlarının incelemesi yapılır.

3.2.6 İstatistiksel kontrol

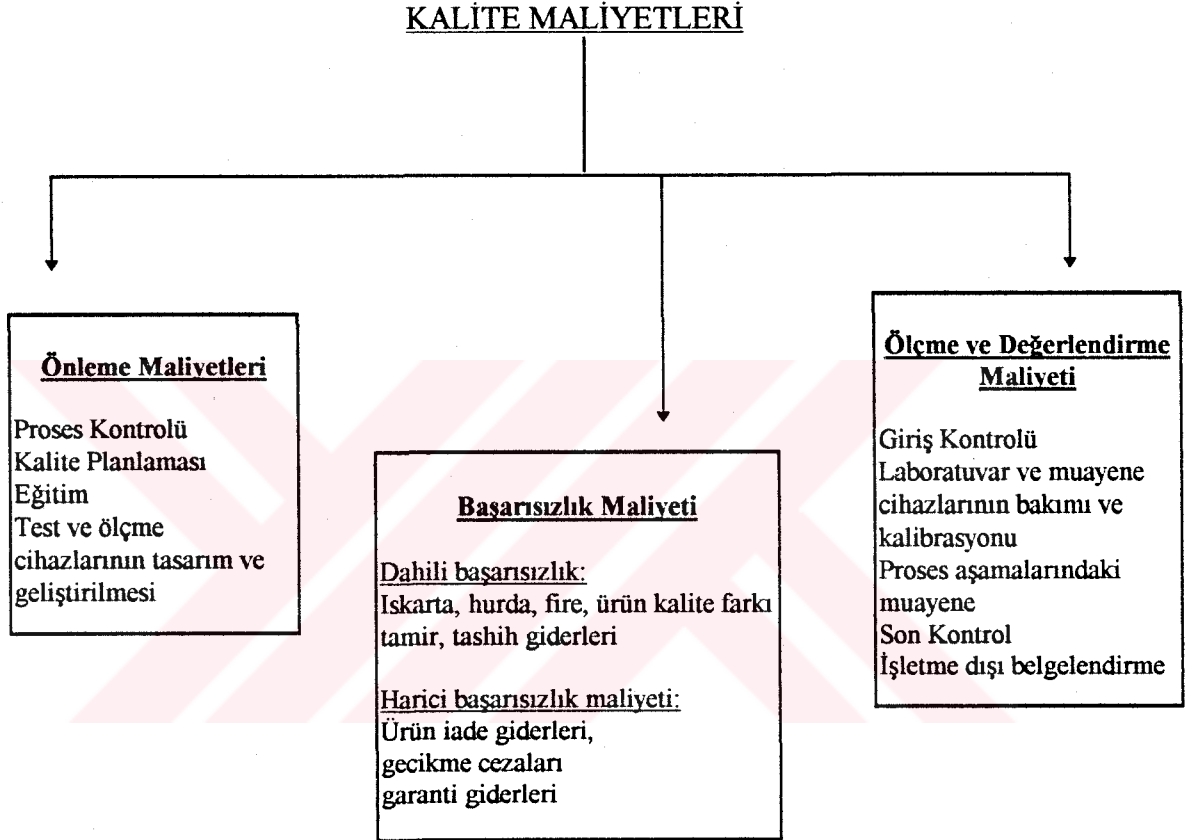
Kontrol ve deney sonuçlarından elde edilen verilerin birleştirilmesi, ilgili departmanlara aktarımı ve arşivlenmesi işlemleridir.

3.3 Kalite Maliyetlerinin Kaliteli Ürün Oluşturmadaki Önemi

Kalitenin sağlanması için müşterinin istekleri ve beklentilerine uygun özellikteki spesifikasyonların sağlanmasının yanısıra üretimi gerçekleştirilen ürünlerin satın alınabilmesi için maliyetlerinin de göz önüne alınması gereklidir. En uygun

düzeye sahip maliyetteki ürünlerin üretilmelerinin planlanıp gerçekleştirilmesi de pazar payının artmasında önemli bir etkidir. [6]

Ürünlerin maliyetlerini etkileyen parametreler şekil 3.3'deki gibidir.



Şekil 3.3 Kalite maliyetlerini etkileyen parametreler. [6]

3.4 Kalitesizlik Problemlerinin Giderilmesi

İşletme içersinde karşılaştığımız problemler sürekli gelişme çabaları için bir fırsattır. Buradaki püf noktası bir çok seçenek arasından en iyi sonuca karar vermektir ki bu da ancak problemin en iyi şekilde tanımlanmasıyla sağlanabilmektedir. Problemler analitik, hükümsel veya yaratıcı olarak tanımlanırken imalat sürecinde söz konusu sorunlar hepsinin kombinasyonu şeklinde oluşmaktadır.

Analitik problemlerin çözümü formüller, bilgisayar programları veya mantık doğrultusunda bulunur. Hükümsel problemler, durumların görünüşleri ile en doğru çözümün seçilmesiyle çözülürler. Yaratıcı problemlerin çözümü için yeni önerilere gereksinim duyulmaktadır. Problem çözümü için gerekli olan adımlar aşağıdaki gibidir :

- Problemi tanımla
- Olası sebepleri bul
- En önemli sebepleri tesbit et
- Olası çözümleri bul
- En iyi çözümü seç
- Çözümü yerine getir
- Sonuçları kontrol et

Sürekli gelişme; teker teker düşünüldüklerinde oldukça kapsamlı olan İstatistiksel Proses Kontrol (İPK), Deneysel Tasarım (DOE), Kalite Fonksiyonlarının Geliştirilmesi (QFD) vb. gibi birçok yardımcı kalite tekniğini bünyesinde içerdüğinden, görüldüğünden daha karmaşık bir prosestir. Sürekli gelişme bu araçlardan bir veya birkaçına (ürün geliştirme, eğitim, muayene) önem verilerek sağlanamaz. Amaç tam müşteri tatmini olduğuna göre firma bünyesindeki pazarlama, ürün geliştirme, imalat muhasebe ve diğer fonksiyonlarda da kalite aktivitelerinin varlığını güvence altına alınmalıdır.

Üreticiler gelişen pazarda diğer rakip üreticilerle olan rekabette başarılı olmak dolayısıyla pazar payını arttırmak için ürün kalitesini arttırmanın yanısıra rakiplerin eksikliklerini çok iyi analiz etmelidirler. Ancak bu yaklaşımda kalite için her zaman kısa vadeli hesaplardan kaçınan ve bir takım taktikler ve stratejilerle alt birimlere en kısa zamanda ulaşabilen üst yönetim vizyonu etkin ve çabuk ise sağlanacak gelişmeler ve değişiklikler o kadar köklü ve hızlı olacaktır.

Günümüz rekabet ortamında, güçlü ve istikrarlı bir düşünce ve yapıya sahip risk almayı öngören ve güveni pazara aşlayan şirketler kendi içlerindeki bütün sıkıntı ve engelleri aşmış olduklarından diğerlerine göre daha şanslı durumdadırlar.

Kalite ve fiyat arasındaki ilişki, kalite mühendisliği için çok önemli bir noktadır. Ürünün kalitesi çok önemlidir fakat yüksek kalitede ve düşük fiyattaki ürünler müşteriler için daha caziptir. Bu yüzden kalitesizlik (kalite kaybı) ile ürün fiyatı arasındaki denge çok iyi kurulmalıdır. Sonuçta denilebilirki, fiyat satınalmadaki müşteri kaybına, kalitesizlik ise ek olarak ürünün kullanımı esnasında bir müşteri kaybına sebebiyet vereceğinden, kalite mühendisliğinin hedefi her zaman, müşteri üzerindeki bu toplam kaybı azaltmak olmalıdır.

Bunun gerçekleştirilebilmesi içinde, ürün tasarımı, proses tasarımı ve üretim sürecindeki kalite kayıplarının tahmin edilebilmesi ve daha da önemlisi ürün planlama, ürün tasarımı, proses tasarımı, üretim, satınalma ve satış sonrası hizmet gibi işletmeyi oluşturan birimler arasındaki aktivitelerin öngörülen kaliteye ve verimliliğe ulaşmaları gerekmektedir.

Ürün kalitesini geliştirmek ve arttırmak için firmalarda aşağıda sıralanan 3 önemli adım verimli bir şekilde gerçekleştirilmelidir :

- Sistem tasarımı adımı, bir üretim aşaması süresince ürün fazına bağlıdır. Örneğin araştırma ve geliştirme fazında sistem tasarımı bir prototip tasarımın ve malzemelerin, bileşenlerin, parçaların ve montaj sisteminin belirlenmesini gerektirir. Üretim mühendisliği fazında ise üretim prosesinin belirlenmesi gerekli olmaktadır.
- Parametre tasarımı adımı, kontrol edilebilir faktörlerin (tasarım parametreleri) seviyesi, ürünün fonksiyonel karakteristikleri üzerindeki gürültü faktörlerinin etkisini azaltmaya yönelik olarak seçilir ve optimize edilirler.
- Tolerans tasarımı adımı, fonksiyonel karakteristiklerin dağılımındaki azalma, parametre tasarımı sürecinde bozulursa uygulanır.

Üretim, planlama, tasarım ve üretim mühendisliği içerisindeki kalite kontrol faaliyetleri "çevrim dışı (Off-line) kalite kontrol", gerçek üretim esnasındaki kalite kontrol faaliyetleri ise "çevrim içi (On-line) kalite kontrol" olarak isimlendirilmektedir.

Üretim proseslerinin tasarımında "kalite mühendisliği" ve üretim prosesleri içerisinde belirli bir düzeyde kalitenin temini için sistemden sorumlu "kalite mühendisliğinin" üretim sürecindeki yaklaşımları aşağıdaki gibi olmalıdır.

Çevrim içi kalite kontrol, günlük üretim faaliyetlerin kontrol proses şartlarına uygun olarak ürün ve proses parametrelerinin kalite karakteristiklerinin gözlenmesiyle ilgilidir. Prosesi kontrol etmeden ürün kalitesinin kontrol edilmesi imkansızdır çünkü kalite yalnız tasarımın fonksiyonu değil ayrıca kontrol sistemlerinin de fonksiyonudur.

3.5 Kalite Olgusunun Gelişimi

Günümüzde "Kalite"; spesifikasyonlara uygunluk görüşünden, ürünün ya da hizmetin kullanıma uygunluğu yani diğer bir deyişle müşteri isteklerinin karşılanması olarak tanımlanmaktadır. Kalite kavramını iki boyutlu olarak düşünersek bunlardan birincisi; müşteri tatmini ile doğrudan ilişkili olan, müşterinin üründen mutlak beklentilerinin bir ifadesi olan "mecburi kalite", ikincisi ise; mevcut beklentilerin ötesinde müşterinin talep etmediği, hakkında önceden bilgi sahibi olmadığı özelliklerle ve böyle özelliklerin geliştirilmesiyle ilgili olan "cazip kalite" dir. [7]

Müşteri beklentileri, istekleri ve gereksinimleri sürekli artış eğiliminde olduğu için zaman içerisinde "cazip kalite" "mecburi kalite" olarak müşterilerin beğenisi doğrultusunda işletmelerin karşısına çıktığında doğru biçimde tasarlanmış her iki boyuttaki kaliteyi içeren bir ürünü ve hizmeti pazara sürebildiği sürece müşterilerin aradığı bir işletme özelliklerine sahip olurlar. [7]

Dinamik pazarlar ve hızlı teknolojik değişim, rekabet, kalite ve müşteri gibi etkin unsurlar "Toplam Kalite Yönetimi" olarak isimlendirdiğimiz bir anlayışın ortaya çıkmasına etken olmuşlardır. Rekabet baskısı altındaki firmaların, "yaptığını satan" olmak yerine "satılabileni yapan" hüviyetine ulaşmak için "kaliteyi müşteri belirler" anlayışına sahip olmaları gerekmektedir. Bu anlayışın tarihsel değişimi aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 3.1.'den de görüldüğü gibi kalite, kısaca zaman içerisinde belirli özellikleri sağlayan ürünlerin müşteriye ulaştırılma çabasından bir şirket kültürü içerisinde tüm çalışanların kalitenin üretilmesi çabasına gelmiştir.

3.6 Toplam Kalite Yönetimi ve Toplam Kalite Kontrol Yaklaşımları

Toplam Kalite Yönetimi, müşterinin mevcut ve gelecekteki beklentilerinin tesbit edilip tam ve ekonomik bir şekilde karşılanmasını hedefleyen, sürekli geliştirmeyi ve iyileştirmeyi öngören bir anlayıştır. Bu düşünce içerisinde kalite ile ifade edilen, müşteri isteklerinin tam olarak yerine getirilmesi için gereken yönetim, insan, yapılan iş, ürün ve hizmetin kalitesidir. Müşteri olarak ise, firmanın ürün ve hizmetlerini satınalan tüketiciler ve işletme içerisinde birbirine hizmet sağlayan alt bölümler anlaşılmaktadır.

Gelişen dünya ekonomisi içerisinde, ulusal ve uluslararası firmalar arasındaki rekabetin boyutu, pazar paylarını yükseltebilmek için şirketlerin birbirlerini pazardan silmek ve yok etmek pahasına artmıştır. Artan müşteri istekleri, rekabetin de artışıyla daha geniş bir yelpazede ürünün pazara çıkmasına neden olmaktadır. Üretim maliyeti, kalite ve döngü zamanı, ürün ve imalat prosesinin tasarım davranışları tarafından doğrudan etkilendiği için firmaların zarar görmeden ayakta kalabilmeleri için ürünlerinin kalitesini yükselterek maliyetlerini düşürerek ve pazara rakiplerinden en önce yeni ürünlerle çıkmalarını gerektirmektedir.

Tablo 3.1 Kalitenin tarihsel gelişimi. [7]

Belirleyici Özellikler	Muayene	İstatistiksel Proses Kontrol	Toplam Kalite Kontrol	Toplam Kalite Yönetimi
Temel Prensip	Meydana çıkarma	Kontrol	Koordinasyon, firma	Süreç ve insan odaklılık; sürekli gelişme
Kaliteye Bakış Açısı	Çözülmesi gereken bir problem	Çözülmesi ve izlenmesi gereken bir problem	Tasarım aşamasında yaratılan unsur, kalitesizlik ise ortaya çıkmadan önlenmesi gereken bir problem	Koşulsuz müşteri tatmini
Vurgu	Standard ürün	Muayenenin azaltıldığı standard ürün	Tüm üretim hattında tasarımdan pazarlamaya tüm hatlarda ve fonksiyonel gruplarda kalitesizliğin önlenmesi	Başta yönetim süreçleri olmak üzere tüm süreçlerde "Kalite"nin paylaşılan vizyon olması ve birey kalitesinin artırılması
Metot	Örnekleme ve ölçme	İstatistiksel araçlar ve teknikler	Programlar ve sistemler	Yönetim anlayışı ve sistemi
Kalite Sorumlularının Rolü	Muayene, çeşitleme, hesaplama	Problemin tesbiti ve İstatistiksel metodların uygulanması	Kalitenin ölçümü, planlanması ve tasarımı	Kalitenin oluşturulmasında sinerji (görevdeşlik) sağlanması
Kaliteden Kim Sorumlu	Muayene Bölümü	Üretim ve mühendislik departmanı	Üst yönetim, tüm departmanlar	Üst yönetim, tüm departmanlar ve işletmedeki tüm bireyler
Temel Yaklaşım	Kalitede Muayene	Kalitede kontrol	Kalitede yapılanma	Yaratılan kalite

Dr. A. V. Feigenbaum'a göre Toplam Kalite Kontrol, bir işletmede mevcut farklı birimlerin kaliteyi oluşturma ve geliştirme çabalarının, müşteri beklentileri doğrultusunda üretimi ve hizmeti en ekonomik biçimde sağlamak amacıyla olan, kalitenin sağlanması çalışmalarından kuruluştaki bütün birimlerin sorumlu olduğunu

ve Kalite Kontrol çalışmalarında tüm birimlerin katılımının zorunluluğunu savunan etkin bir sistemdir. Toplam Kalite Kontrol sisteminin başarısında müşteri tatmininin artmasının, işletme giderlerinin ve kayıplarının azalmasının, hizmet maliyetlerinin azalmasının ve kaynakların daha verimli kullanılmasının çok büyük katkısı vardır. [8]

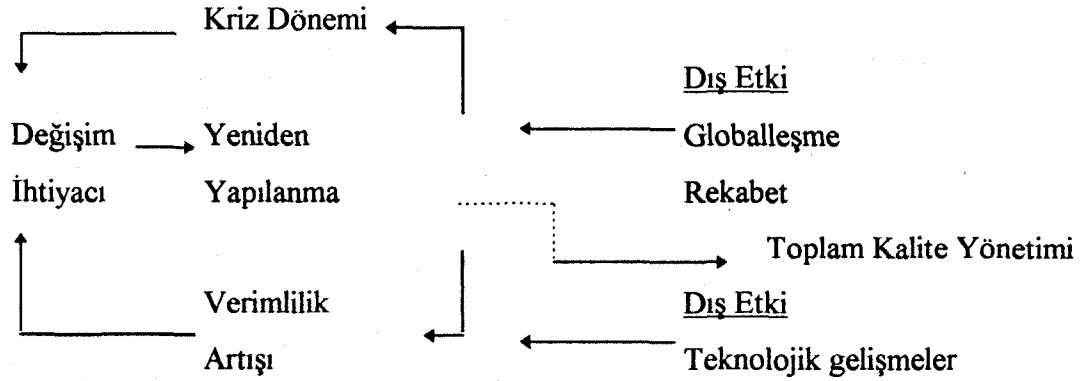
Günümüzde tüketici beklentilerinin ve isteklerinin devamlı olarak artması üreticilerin ürün ve hizmet sorumluluklarını arttırmaları hususunda baskı oluşturarak daha yüksek teknolojiye mal üretimini ve daha kaliteli malzeme kullanımını zorunlu kılmaktadır. Ürün kalitesi temel olarak, teknolojik faktörlerin; makineler, malzemeler, prosesler ve insan faktörünün; operatörler, ustabaşları ve diğer şirket personelinin tesiri altındadır.

Toplam Kalite Kontrol faaliyetlerinin ölçülmesi ve uygunluğunun tesbitinde Kalite Maliyetlerinden yararlanılmaktadır. Ayrıca ürün kalitesinde meydana gelebilecek değişikliklerin sürekli olarak kontrol altında tutulabilmesi için Toplam Kalite Kontrol programının gerekli yerlerinde frekans dağılım diyagramı, kontrol çizelgeleri, örnekleme tabloları, özel metodlar, ürün güvenilirliği gibi İstatistiksel metodlar sistematik olarak kullanılmaktadır.

Toplam Kalite Kontrol programının en büyük özelliği kalitenin, kaynağında, kalite konusunda sorumluluk duygusuna sahip, ilk seferinde doğru üretimi amaç edinmiş ve “kalite kontrol edilmez, üretilir” fikrini savunan çalışanlarla sağlanabilir.

Ürün güvenilirliği; ürünün beklenen ömür süresi içerisinde görünüş, dayanıklılık, fonksiyonellik ve kullanım ömrü, süreklilik gibi unsurlardan oluşan toplam ürün-kalite gereksinimlerinin bir dengesidir.

Toplam Kalite Yönetimi, gelişen pazarlara paralel olarak gelişimini sürekli olarak arttıran bir yapıya sahiptir. Şekil 3.4'de Toplam Kalite Yönetiminin sürekli gelişim olgusu gösterilmektedir. [9]



Şekil 3.4. Toplam kalite yönetimi döngüsü. [9]

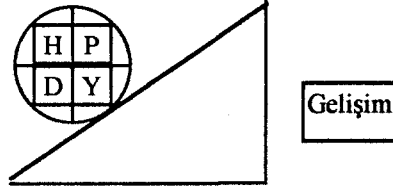
Bu döngü temelde süreç ve insan odaklılığını koruyarak sürüp gittikçe, zaman içerisinde bir takım değişikliklere uğrayacaktır ve belki farklı isimlerde anılacaktır, ama sürekli kendini geliştirerek varlığını sürdürecektir.

Endüstri kuruluşlarında hataları en geniş anlamda düşünürsek bilinen hataların ötesinde ortaya çıkarılamamış hataları ortaya çıkarmak temel olarak Kalite Kontrol Bölümünün, nedenlerin birer birer yok edilebilmesini sağlayan süreçleri iyileştirmek ise işletmenin tasarım, üretim, kalite kontrol ve pazarlama bölümlerinde çalışan bütün çalışanların (üst yönetim, müdürler, çalışanlar vb) katılımıyla sağlanabilir. Bu yapının işlevselleşmesi, ilk önce mevcut durumun kavranması ve daha sonra gelişme olanaklarının aranması aşamalarının takip edilmesi ile gerçekleşebilmektedir.

Dr. Ishikawa' ya göre Kontrol Tabloları, Histogram, Neden-Sonuç Analizi, Pareto Analizi, Gruplandırma, Kontrol Çizelgeleri ve Dağılım Diyagramı gibi 7 temel sorun çözme tekniğinin kullanılması ile işletme bünyesinde karşılaşılan sorunların %95'nin çözülebileceğini belirtmiştir. Ancak buradaki en önemli nokta sıfır hataya ulaşmak için bölüm içi veya bölümler arası sorunları çözerken bireysel önerilerin tartışılıp değerlendirildiği Kalite Çemberlerinin çalışmalarında bu 7 temel

tekniklerin verimli olarak kullanılması, uygun verilerin hazırlanarak gerekli önlemlerin en kısa zamanda alınması gerekmektedir. [8]

Dr. Deming ise İstatistiksel Kalite Kontrolün nasıl çalışması gerektiğini “Deming Döngüsü” denilen bir sistemle aşağıdaki şekilde açıklamıştır. [8]



Şekil 3.5 Deming Döngüsü [8]

P : Planla

- sorunun teşhisi ve tanımı
- sorunun incelenmesi
- nedenlerin bulunması
- önlemlerin planlanması

Y : Yap

- önlemlerin uygulanması

D : Denetle

- önlemlerin sonuçlarının izlenmesi

H : Harekete Geç

- sonuçlar olumsuz ise düzeltici önlem al
- sonuçlar olumlu ise standart hale getir.

Mal, hizmet yada bilgi üreten süreçlerde “sıfır hata” bir amaçtır ve bunun gerçekleşmesi için işleri en iyi bilen kişiler olan çalışanların doğru olarak eğitilip organize edilerek sistemle ilgili sürekli öneri getirmeleri yönetim tarafından destek verilerek geliştirilmelidir.

Kuruluş kalite kültürü, bir firmanın pazarda ayakta kalabilmesi ve kendi iç ilişkilerini yönetmek için kapasitesini geliştirirken kalite ile ilgili değerleri toplam olarak öğrenmesidir. Toplam Kalite uygulamasında kaliteyi sistemin kalitesinin belirlediğini, kalitenin muayene yada ayırma (iyi / kötü) ile sağlanamayacağı ve mükemmele ulaşma çabasının başarının temelini oluşturduğu söylenebilir. İşletme Kalite Kültürünün oluşturulmasında iyi geliştirilmiş Kalite Hedefleri, tutarlı organizasyon yapısı, uygun teknoloji ve iş planlamasına, önemli bireysel sorunlara dikkat etmek gerekmektedir.

Toplam Kalite için çalışanların kalite ile ilgili politika ve eylemleri içeren bir dizi inanca sıkı sıkıya bağlı olmalarını sağlamak ve böylece kaliteye bağlılığının sağlanması ve öneminin gittikçe artarak şirket kalite politikasının netleşmesi ile üst yönetimin önderlik vazifesini çok iyi bir biçimde yerine getirmesi ile doğru orantılıdır.

Toplam Kalite Kontrol, şirketin tüm bölümlerinin ve çalışanlarının kalite kontrolü öğrenmesi, uygulaması ve çalışmalara katılması demektir. Firma bünyesinde sorunların ele alınışı ve çözüme ulaşım şirket çapında, bölümler arası ve bölüm içi olarak yapılmaktadır ve katılım arttıkça sorunların üstesinden gelmek o kadar çabuk ve kolay olmaktadır. Sürekli gelişim felsefesi içerisinde tüm bu koordineli çalışmalar sonucunda müşterinin beklentisi olan gerçek “ Kalite ” elde edilebilir.

Bütün bu çalışmaların en verimli biçimde sonuçlanması için işletme içi düzen ve disiplin tam olmalıdır. Bu disiplin ve düzeni sağlamak için ise aşağıda sıralanan temel önlemler uygulanmalıdır.

- Proses için gerçekten gerekli olan malzemeler ihtiyaç duyulacak yerlerde bulundurulmalı,
- İstenildiğinde gereksinim duyulana ulaşılabilinmeli,
- Makina ve teçhizatların zarar görmesini engellemek için ve çalışanların çalışma isteğini arttırmak için çalışma çevresi temiz tutulmalı,
- Belirli bir alanda kimin neyi, nasıl, ne zaman yapacağı belirlenmeli ve bu sistem sürdürülmeli,
- Çalışanların görevlerini yerine getirip getirmediğinin izlenerek her an denetime hazır hale getirilmeleri sağlanmalıdır.

Sürekli gelişim felsefesi içerisinde amaç sıfır hataya ulaşabilme olduğundan, proseslerde yapılacak düzeltici ve önleyici faaliyetlerle belirlenen proses kontrol limitlerini süreç içerisinde daraltarak daha düşük seviyelere çekilebilir ve böylece kalite arttırmakla kalmaz maliyetlerde aşağılara çekilmiş ve pazar payıda arttırılmış olur.

En iyi sistemlerde bile proste üretilmiş olan hatalı parçaların üretimini engellemek mümkün olamamaktadır. Bilindiği gibi proses içerisinde hammaddeden nihai ürüne kadar üretilmiş olan hatalı parçaları muayene veya kontrollerde ne kadar geç tesbit edilirse bu ürünler ya ikincil işçilik nedeniyle ya da hurda olarak ek maliyet doğuracaktır. Müşteriye bütün sevkiyatlarda %100 hatasız ürün göndermek mümkün olmadığından hatalı ürünler ilk kademelerde tesbit edilebilir ve hatalı parça gönderme oranı 1/10000 ve hatta 1/1000000'e çekilmiş olur ki bunun işletmeye olan ek maliyeti en alt düzeyde olacaktır. [8]

Yeni bir ürünün tasarımında belirlenen hatalar giderilir ve gerekli önlemler belirlenirse, üretimde İstatistiksel Proses Kontrol çalışmalarının yardımıyla da

prosesin kararlılığı ve yeterliliği korunabilir ve müşteri üzerinde iyi izlenimler bırakarak pazarda aranan bir işletme olarak rekabette avantaj sağlanır.

Bir işletmede Toplam Kalite Kontrol sisteminin kurularak devamının sağlanması için kimin neyi, ne zaman, nasıl yapacağını gösteren bir plana ihtiyaç vardır. Oluşturulan planda; eğitim faaliyetleri, sorunların çözülmesi, müşteri ilişkileri, tasarım faaliyetleri, tedarikçilerle olan ilişkiler, kalite güvencesi sisteminin kurulması, kalite maliyetlerinin hesaplanması çalışmaları yapılarak, sistem denetimleri ile bu çalışmalar hem takip edilmeli hem de performansları değerlendirilmelidir.

Bütün bu çalışmaları yapacak ve yorumlayacak olan şirket çalışanları olduğuna göre, üst yönetim eğitim planlarını hazırlayarak başta temel istatistik yöntemleri olmak üzere tüketiciye saygı, bir sonraki birimin müşteri olduğu inancının, verilerin yorumlanması, prosesin gidişatının kontrolü ve ele alınacak önlemlerin tesbitini sağlayacak istatistiki düşünme tarzının sürekli tazeleme eğitimleri ile kolayca anlaşılabilir bir biçimde çalışanlara verilmesini sağlamalı ve eğitimi, ilerde kendisini amorti edecek bir yatırım olarak görüp sıkı bir biçimde sonuçları takip etmelidir.

Kuruluşun sürekli bir gelişim içersinde bulunması için tüketici isteklerine önem verilmeli ve müşteri şikayetleri dikkate alınarak mevcut sorunların en kısa zamanda giderilmesi gerekmektedir. Bunların yanısıra müşteri beklentilerini ve ihtiyaçlarını yerine getirmek, iç müşterilere (mal veya hizmet veren bölüm yada kişiler), dış müşterilere (kuruluş dışından satın alınan hammadde, yarımamül, malzeme ve hizmetleri üreten firmalar) ve tedarikçinin performansına doğrudan bağlıdır. Kendini garantiye alan şirketler birbirlerini geliştirmek için çaba göstereceklerinden tek bir dış tedarikçiyle ilişki kurmak ve onu destekleyerek denetlemek daha kolay olacaktır. Aynı zamanda işini garantiye almış bir yan sanayi daha yüksek kalite, hizmet, ürün vermesi için motive edilmiş olacaktır.

Kalitenin şirket içersinde hep gündemde kalması, karın hep artması, öncelik sisteminin kurulması, oluşabilecek değişikliklerin zamanında tesbit edilmesi, kaynakların doğurduğu biçimde kullanılmasına bağlıdır ki işletmeyi hep doğru olanı yapmaya teşvik edecek olan kalitede elde ettiği gelişmeleri ölçebilme ve anlaşılır bir biçimde raporlayabilme başarısıdır.

Klasik yöntemde,

{ Maliyet + İstenen Kar = Satış Fiyatı } iken, [8]

Toplam Kalite Yönetiminde,

{ Pazardaki Fiyat - Maliyet = Kar } dır. [8]

Bu eşitlik maliyet ne kadar azalırsa rekabet gücünün ve karın o oranda artacağını göstermektedir.

Şirket içersindeki bakış açısı sonuçları ihmal etmeden o sonuçları oluşturan süreçleri geliştirmek için yönlendirilirse daha hızlı gelişme sağlanır.

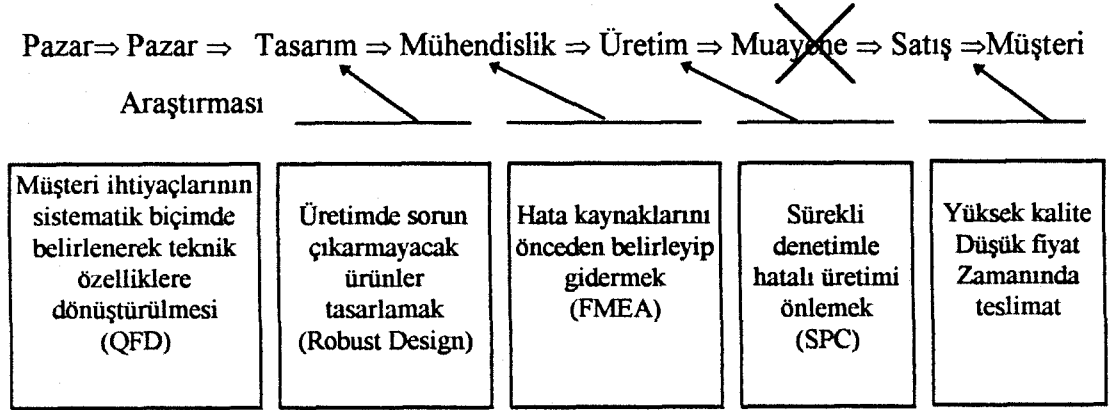
Periyodik iç ve dış kalite denetimleri ile işletme tarafından belirlenmiş olan kalite hedeflerinin gerçekleştirilmesinin sağlanmasının yanısıra erişilen kalite düzeyinden geriye dönüşü önleyerek hep ilerlemek ve gelişmek mümkün olmaktadır.

Kalite geliştirme, toplam kalite kontrol yaklaşımında şekil 3.6'daki gibi algılanmaktadır: [9]

Kalite Güvencesi sistemleri ise işletmede çalışanlarda kalite bilincinin yaratılması ve kalite anlayışının yerleştirilmesi için hazırlanmış olan ISO 9000 serisi standartlarının uygulanması ile oluşmaktadır.

Kaliteyi, müşteri belirler ve üretimde gerçekleşir çevrimi göz önüne alındığında nihai ürünün kalitesini; tasarım kalitesi, teknik ve mühendislik hesap kalitesi, hammadde kalitesi, imalat kalitesi, işçilik kalitesi, kontrol kalitesi ve kullanım kalitesi gibi Toplam Kalite kavramında işletmenin pazarlama, araştırma-

geliştirme, satınalma, üretim, satış ve müşteri hizmetleri servislerinin topyekün uyum içinde müşteriyi tatmin edecek sürekli kaliteyi sağlama çabalarının zorunluluğunu gerektirmektedir.



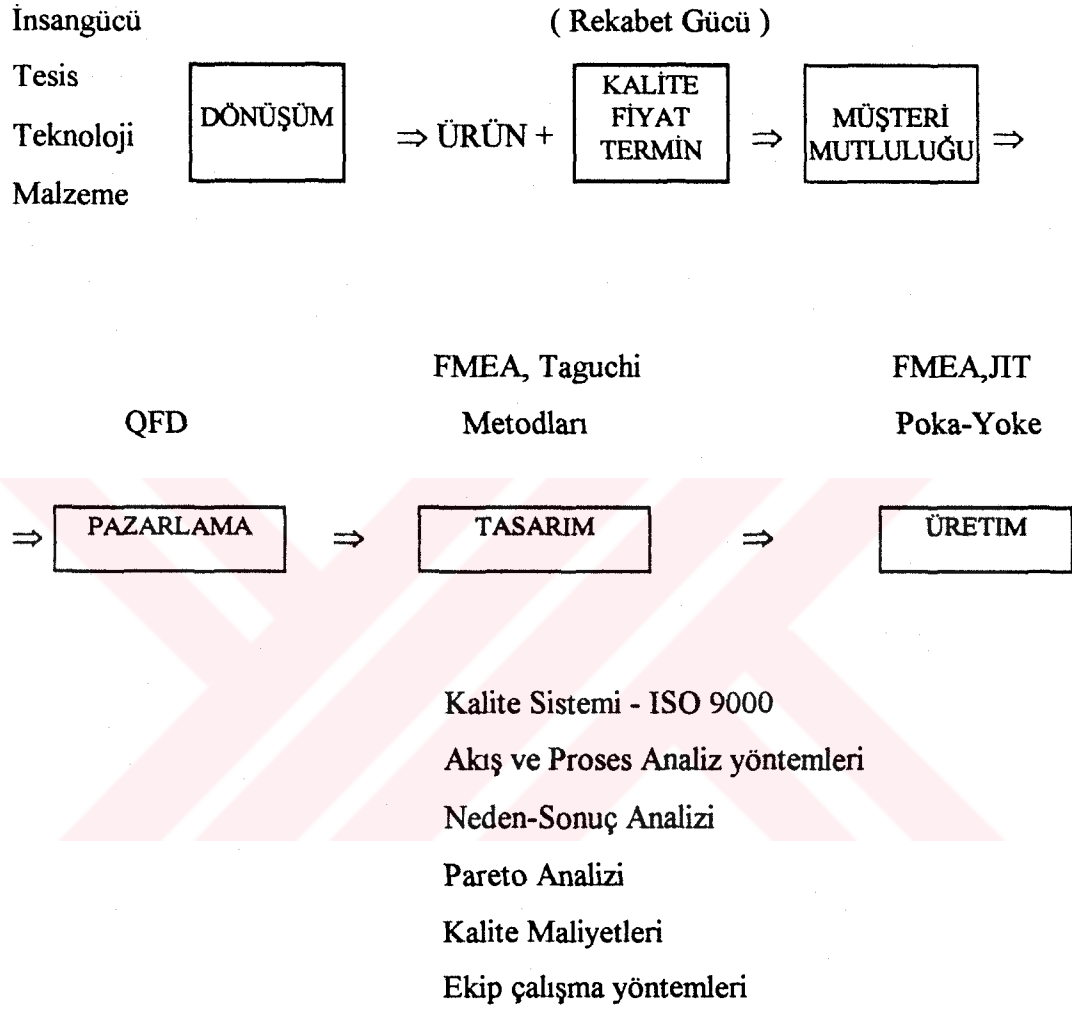
Şekil 3.6 Toplam kalite yönetiminde kalite geliştirme adımları. [9]

Kalite Yönetim sisteminde iki önemli husus vardır. Bunlar sırasıyla aşağıdaki gibidir:

- Firmanın ihtiyaç ve ilgi alanları işletme için istenen kaliteye optimum maliyetle ulaşabilme ve bunu sürdürebilmesi firmanın teknolojik, insangücü, malzeme ve finansman kaynaklarının verimli kullanılması olarak sıralanabilir.
- Firma açısından ihtiyaç ve beklentilerini temin etmesinin yanında, kalitenin tutarlılığıda çok önemli bir etkindir.

Şekil 3.7'de üretim döngüsü sürecinde etkin olan parametreler ve teknikler gösterilmektedir:

Tablo 3.2'de Toplam Kalite Yönetiminin ISO 9000 Kalite Sistemi içersindeki yeri gösterilmektedir.



Şekil 3.7 Üretim sürecinde kalite tekniklerinin yeri. [7]

Toplam Kalite Kontrol, bir işletmenin tüm faaliyetlerinde kaliteyi yükseltmeyi hedefler ve böylece her aşamada oluşması söz konusu hataları önleyerek kayıpların - fire, ıskarta, ikinci kalite ürün, gereksiz stoklar, zaman kayıpları, teslimattaki gecikmeler - azalmasını sağlar, böylece maliyetler düşer ve tam müşteri memnuniyeti sağlanmış olur.

Tablo 3.2 ISO 9000 kalite sistemi ve toplam kalite yönetimi ilişkisi

	ISO 9000	TOPLAM KALİTE YÖNETİMİ
AMAÇ	Kalite Güvencesi	Müşteri Mutluluğu Sürekli Kalite Geliştirme Sürekli verim artışı
HEDEF	Proseslerde değişkenliğin önlenmesi	Proseslerin sürekli geliştirilmesi
YÖNTEM	<u>Kalite Sistemi</u> Kalite Politikası Prosedürler İş Talimatları Organizasyon	<u>Kalite Sistemi</u> Kalite Politikası İş Talimatları Organizasyon ISO 9000 + Kalite Konseyi Ekip Çalışmaları Kalite Geliştirme Kalite Çemberleri + İPK, FMEA, DOE Araçlar QFD, JIT Problem Çözme Yöntemleri + Taguchi Metodu Sürekli Eğitim Teknik Beceri Geliştirme İstatistiki Metodlar Firma Kültürün Değişimi

3.7 Kalite Güvence Sistemi Kapsamında Kullanılan Kalite Teknikleri

Kalite Güvence sistemi içerisinde kullanılan kalite tekniklerinin ve araçlarının karakteristiği, hedefi, aşaması ve kullanım derecesi (çizelge 3.1)' de verilmiştir. Bu tekniklerin ve araçların geniş bir özeti aşağıdaki gibidir.

3.7.1 İstatistiksel proses kontrol (İ.P.K) (S.P.C)

İPK, İstatistiksel metodlarla, ürünü imal ettikten sonra değil, üretim sürecinde üründen veya ürünü etkileyen spesifikasyonlardan alınan değerlerin incelenmesi ile prosesi kontrol eden frekanslı bir kontrol yöntemidir. İPK, kritik operasyonlarda hatasız üretim için yardımcı olarak, %100 kontrolden frekanslı kontrole geçilmesini sağladığından hem kontrol maliyetleri azaltılmış olacak hem de müşteriye kusurlu malın ulaşması engellenmiş olacaktır. Kısaca İPK, erken uyarı mesajı verebilen ve böylece bazı hatalar daha oluşmadan önlememiz için bize zaman kazandıran, genel gidişatı gözler önüne grafiksel olarak sergileyen bir araçtır.

Aşağıdaki tabloda İstatistik, Proses ve Kontrol terimlerinin içeriği gösterilmiştir.

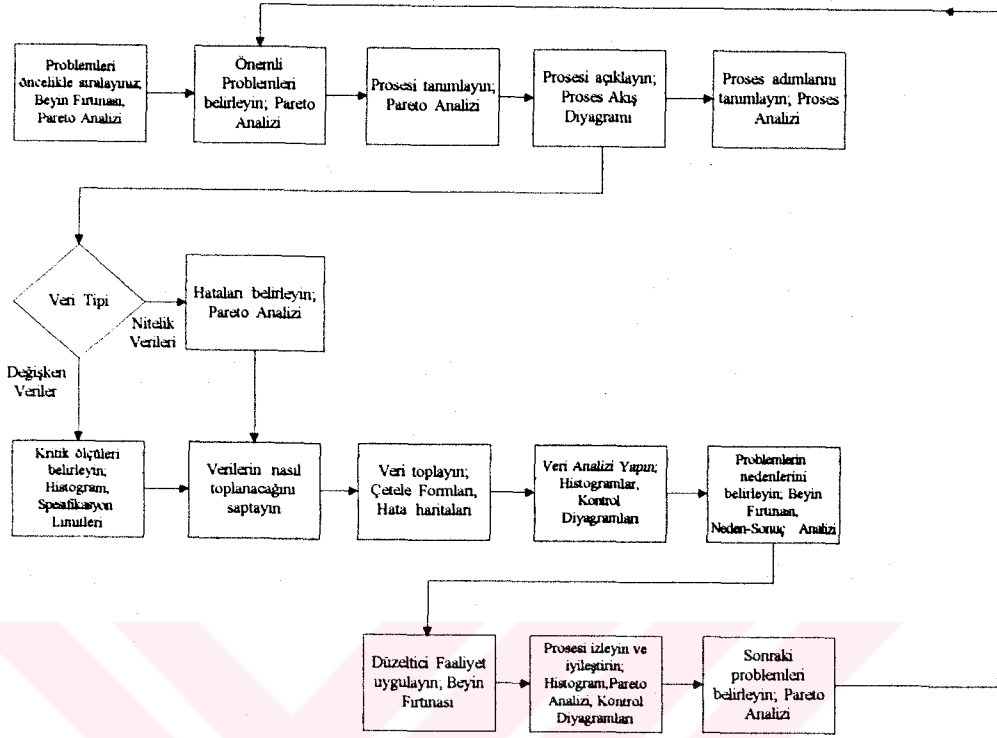
Tablo 3.3 İPK kısaltmalarının içeriği

İSTATİSTİK	PROSES	KONTROL
Veri Toplama	Makina	Kumpas vb.
Normal Dağılım	Metot	3-D Ölçme aleti
Ortalama	Malzeme	Kontrl limitleri
Standart Sapma	İnsan	Kararlılık
Aralık (Range)	Çevre	Yeterlilik

İşletmelerde karşılaşılan problemlerin çözümünde İPK yaklaşımı şekil 3.8'de belirtildiği şekilde olmalıdır.

Tablo 3.4 Kalite teknikleri ve araçları

KALİTE TEKNİĞİ	TEKNİĞİN KARAKTERİSTİĞİ	HEDEF	AŞAMA	KALİTEYE ETKİSİ	KULLANIM
QFD Kalite Fonksiyonlarının Geliştirilmesi	Ürün ve proses niteliklerine tüketici taleplerinin adapte edilmesi	Tüketicinin gereksinimine uygun ürünler	Ürün fikrinden proses aşamasına kadar	*****	Orta ↓ Yüksek
FTA Hata Ağacı Analizi	Hata nedenlerinin sistematik araştırılması	İşletmede olası arızaların önceden ortadan kaldırılması	Tasarım aşamasından seri üretime kadar	***	Orta
FMEA Olası Hata Türü Etkisi Analizi	Disiplinler arası diyalog ve sistematik yaklaşımla hataların tanımlanması	Olası hataların azaltılması	Tasarımdan üretime kadar	****	Orta
DoE Deneylerin Tasarımı	İstatistiksel deney planlaması için uygulamalı yöntem	Deney uygulamalarının azaltılması, sağlamlığının arttırılması	Ürün geliştirme ve üretim	**	Orta
POKA-YOKE	Üretimde olası hata kaynaklarının azaltılması	Hata davranışlarının tanımlanması ve önlenmesi	Üretim ve montaj	**	Az ↓ Orta
SPC İstatistiksel Proses Kontrol	Kalite yeteneği olan üretimin yolunda tutulmasına yönelik proses gözetimi	Pahalı olan iyi kötü ayırımının azaltılması, prosesin iyileştirilmesi	Üretim Kalite Planlama	** ***	Yüksek ↓ Orta
Kalite Araçları	Yöntemin Karakteristiği	Hedef	Aşama	Kaliteye Etkisi	Kullanım
Sebeup-Sonuç Diyagramı	Kaliteli üretim için kaliteye etki eden sistematik proses parametrelerinin ortaya konmasına olanak sağlayacak yöntem	Kaliteye etki eden proses parametrelerinin saptanması ve istatistiki olarak gözetilme olanaklarının araştırılması	Proses Tasarımından Kalite planlamaya kadar	****	Orta ↓ Yüksek
Pareto Analizi Hata Toplama	Üretim sürecinde oluşan hataların ve önem derecelerinin saptanmasına yönelik sistematik araştırmalar	Hataların ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalarda öncelik sırasının saptanması	Üretim sürecinde, tüketim ve servis aşamalarında	****	Yüksek
Makina Yetenek Analizi	Üretimde kullanılan makina ve donanımların öngörülen kalite gereksinimlerini sağlamaya yönelik kısa süreli uygulamalar	Üretim makina ve donanımlarının kalite üretebilme ve kabuledilebilirlik kararına temel oluşturulması	Üretim prosesi ve kalite planlama sürecinde	****	Yüksek
Proses Yetenek Analizi	İmalat sürecine etki eden parametrelerin öngörülen üretimi, öngörülen kalite gereksinimleri çerçevesinde gerçekleştirilebilmesine olanak vermesi açısından değerlendirilmesi	Üretim faaliyetlerinin yerine getirilmesine yönelik olarak proses parametrelerinin muayenesi, sistematik proses arızalarının giderilmesi, muayene ve hata maliyetlerinin azaltılması, üretim sürelerinin kısaltılması, prosese hakim olmak	Üretim prosesi, tasarım ve üretim sürecinde	****	Orta



Şekil 3.8 Problem çözmede İPK yaklaşımı. [10]

İstatistiksel yöntemlerin kullanılmasıyla, proses sırasında oluşabilecek hataların tesbitinden çok, müşteri tarafından belirlenmiş spesifikasyonları tam olarak sağlayan özellikteki ürünlerin sürekli üretimini garanti altına alan bir kalite emniyet sisteminin devamlılığı sağlanmış olur.

İ.P.K.'nın hangi türünün, müşteri ile yapılan ön görüşmelerde hangi ürün spesifikasyonlarına uygulanacağı seri üretim öncesinde Kalite Bölümü, ilgili Üretim Bölümleri ve Müşteri tarafından belirlenerek üretim devam ettiği sürece yazılı raporlarla tutulan kayıtlar müşteriye iletilir.

En genel anlamda İ.P.K. araçları şunlardır:

1. Ishikawa diyagramları
2. Pareto analizi
3. Makina yetenek analizi
4. Proses yetenek analizi
5. Veri toplama
6. Histogram ve Dağılım
7. Kontrol diyagramları

İşletme içersindeki tek amaç yalnızca bu yöntemlerin kullanılması değil, kullanılan bu yöntemlerden elde edilen sonuçların doğru biçimde yorumlanarak en kısa zamanında düzeltici ve önleyici tedbirlerin alınmasının sağlanması ve takip edilmesi için alınacak acil tedbirlerin ötesinde, işletmenin ilgili üretim bölümleriyle yapılan haftalık kalite toplantılarında gündeme getirilerek sorumluların ve terminlerin belirlenmesidir.

Veri Toplama; üretim prosesinde süreci etkileyen birtakım etkenlerin gözlenerek değerlerinin ölçülüp takip edilmesi sırasında elde edilen bilgilere veri denir. İstatistiksel veriler; bir ölçek üzerinde ölçülebilen özelliğini taşıyan sertlik, boyut, sıcaklık gibi “Değişken Veriler” ve bir özelliğin gözle muayenesi sonucunda algılanıp değerlendirilen ama ölçülemeyen distorsiyon, renk, hata yeri gibi “Niteliksel Veriler” olarak ikiye ayrılır.

Bu yöntemin en önemli özelliği diğer çalışmalara kaynak değerler sağlıyor olmasıdır. Bu sebeple ele alınan konu ve amaç çok iyi belirlendikten sonra kullanılan örnekleme metodunun incelenen konuyu tam anlamıyla temsil ediyor olması gerekmektedir. Bunların yanısıra kullanılan ölçüm aletinin uygunluğu ve yeterliliği, ölçümü gerçekleştirenin yeteneği ve sonuçların kaydedilip muhafaza edilmeside diğer etkin parametrelerdir.

Veri toplamada dikkat edilecek hususlar aşağıdaki gibidir:

- Veri toplamada kullanılacak ölçüm aleti güvenilir ve doğru olmalıdır,
- Veriler istenen sırada toplanmalıdır (tarih sıralı olarak veya kalıp göz numarası olarak).
- Veri toplamanın amacı, veriyi toplayacak ve analizini yapacak kişi tarafından çok iyi kavranmış olmalıdır.

Elde edilen veriler aşağıda verilen formların tipinde muhafaza edilebilirler:

- Kontrol Listeleri : Yapılması gereken işlerin ve gereken tüm verilerin toplandığı bir listedir.
- Kontrol Tabloları : Verilerin toplanma aşamasında kaydedildiği basit ve pratik bir formdur.
- Çizimler : Parça resmi üzerinde hatanın bulunduğu yeri ve türünü gösteren çizimlerdir.

Histogram; toplanan verilerin gruplara ayrılmasından sonra her grubun kaç elemanı olduğunu gösteren bitişik çubuklarla veya barlarla gösterilen grafik çeşididir.

Bir Histogram çizilmesi için gerekli adımlar aşağıdaki gibidir:

1. Parti büyüklüğü belirlenir (ana kütle) ve "N" ile gösterilir,
2. Örnekleme adedi belirlenir (toplanacak veri adedi) ve "n" ile gösterilir,
3. Veriler toplanır,
4. Pratik olarak "n" kadar grup tayin edilir veya aşağıdaki tablodan veri sayısına takabül eden grup sayısı seçilir.
5. Veri içerisindeki en büyük ve en küçük değerler bulunduktan sonra farkları alınarak "R" hesaplanır.
6. Aralık değeri "R", grup adedine bölünerek grup aralığı, "H" bulunur,
7. En küçük değere "H" eklenir ve birinci grup aralığı hesaplanır,
8. Aynı işlem en büyük değere kadar tekrarlanır,

9. Her gruba düşen veri sayıları bar grafik haline dönüştürülerek histogram tamamlanır.

Tablo 3.5 Belirli veri sayısına göre grup sayısının bulunması. [10]

VERİ SAYISI	GRUP SAYISI
< 50	5-7
50-100	6-10
100-250	7-12
>250	10-20

Aritmetik ortalama = Verilerin toplamı / Veri adedi

Standart sapma = $R / d2$

R = Maksimum değer - Minimum değer

$d2$ = Sabit

Normal Dağılım; doğal olaylarda tesbit edilen değişkenliğin dağılımı çan şekline benzer oluşan bir eğridir. Eğriyi standart sapma aralıkları ile eşit aralıklarla ayırdığımızda eğri tamamlanmış olur. Bu eğrinin altında kalan alan bir olayın ortaya çıkma ihtimalini göstermektedir.

Ishikawa Diyagramları; prosesi etkileyen değişik süreç ana elemanlarının (iş gücü, malzeme metod, makina, çevre) ve onları etkileyen birincil, ikincil ve daha alt etkenlerin tesbit edilmesinde veya oluşan bir problemin, sorunun, kalitesizliğin oluşmasında rol oynayabilecek bütün ana ve alt etkenlerin tesbit edilip, problemin, hatanın veya sonucun grafiksel olarak balık kılçığına benzeyen bir şeklin sağ tarafında, sonucu oluşturan etkenlerin, sebeplerin grafiğin sol tarafına yerleştirilmesiyle oluşturulan basit ama çok etkili bir araçtır.

Tablo 3.6 Normal Dağılımda standart sapma temsil alanı arasındaki ilişki gösterilmektedir. [10]

Standart Sapma Aralığı	Toplam Alanın %'i
± 1	68.26
± 2	95.64
± 3	99.73
± 4	99.994
± 5	99.99994

Bu diyagramların oluşturulmasında diğer yöntemlerde de geçerli olan, konu ile ilgili yetenekli ve sorumlu kişilerin katılımı ve katılımcıların yöntemin kurallarını ve önemini çok iyi bilmeleri gerek şarttır.

Diyagram oluşturulurken sonuca neden olan sebepler, kalite toplantısında konuyla alakadar, kaliteli, yetenekli ve tecrübeli katılımcıların beyin fırtınası yöntemini uygulaması ile belirlendikten sonra, yapılan oylama ile pareto diyagramındaki mantık çerçevesinde esas sebep belirlendikten sonra iyileştici önlem tesbit edilir ve proseste uygulanır. Uygulama sonrası elde edilen sonuçlar bir sonraki kalite toplantısında tekrar görüşülür ve alınan düzeltici veya önleyici faaliyetin sonucu giderme başarısı yorumlanarak ve gerekiyorsa ilk toplantıda belirlenmiş olan diğer sebepler de sırasıyla ele alınarak asıl etken belirlenene kadar bu iş tekrarlanır.

Hatalara neden olarak 4 temel sebep gösterilebilir: [11]

1. İnsan gücünden kaynaklanan nedenler olarak :

- Gerçekleşmesi mümkün olmayan tasarımın oluşturulması veya toleransların belirlenmesi,

- Planlamada yeterli araç gereç teminini ihmal edilmesi,
- Satınalmada uygun olmayan firmanın seçilmesi, gerekli şartnamelerin eksik hazırlanması,
- İmalat ve muayene işlemlerine ait standart zamanların gereğinden küçük saptanması,
- Yeterli yeteneğe ve tecrübeye sahip olmayan operatör, kontrolör ve muayenecilere sorumluluk verilmesini sayabiliriz.

2. Malzemedan kaynaklanan nedenler olarak :

- Proseste kullanılma yerine gelinceye kadar malzemelerin herhangi bir muayeneden geçmemesi,
- Proseste kullanılması uygun olmayan fakat üretimde kullanılmak üzere çeşitli malzemelerin kabul edilmesini sayabiliriz.

3. Ölçme Yöntemlerinden kaynaklanan nedenler olarak :

- Gerekli ölçü değerini ölçebilecek yeterlilikte olmayan ölçüm aletinin seçimi,
- Uygun olmayan zamanda uygulanan muayene işlemleri,
- İstenen spesifikasyonu tanımlamayacak bir karakteristiğin ölçülmesi,
- Ölçüm değerleri için, tasarım aşamasında toleransların hatalı belirlenmesi,
- Ölçüm aletinin, genel durumunun eski, aşınmış, hareket kabiliyeti düşük olması ve kalibrasyonun olmaması nedeniyle ilgili ölçümü yapmaya uygun olmaması,
- Gerekli önemin verilmemesini sayabiliriz.

4. Yönetimden kaynaklanan nedenler olarak :

- Ürün maliyet tesbitinin yalnızca parça sipariş miktarına göre hesaplanması,
- Yalnızca üretim miktarının önemli olduğunun alt kademelere yansıtılması,

- Kalite kontrol sorumlularının yalnızca hatalı parçaların tesbitine önem vererek, üretim bölümlerindeki çalışanlarla aralarındaki ilişkinin kontrol eden açısından hatayı bulurum, kontrol edilen açısından hatayı bulsun yaklaşımının oluşması,
- Birimler arasındaki işbirliği ve haberleşmenin yetersiz olması,
- Sorumlu kişilerin bilgisinin yetersizliğini sayabiliriz.

Pareto Analizi; pareto diyagramları araştırılan herhangi bir konuyu etkileyen veya sebep olan etkenlerin rakamsal veriler yardımıyla önem sırasının sınıflandırılması ve büyükten küçüğe doğru sıralanması esasına göre oluşturulan diyagramlardır.

Rakamlar doğru olarak kullanılmadıklarında yanıltıcı da olabildiklerinden bir konunun değerlendirilmesinde bir kaç pareto diyagramı kullanmak daha sağlıklı olacaktır. Şöyle bir örnek vermek gerekirse; üç günlük zaman dilimi içerisinde bir proseste belli bir ürün için belirlenen hatalı parça sayıları belirlenip bir pareto diyagramı oluşturulduğunda karşılaşılan 5 hata türü A, B, C, D, E olsun ve hataların % 40'nı A, % 30'nu B, % 20'ni C, % 8'ni D ve % 2'ni E oluşturduğu bir durumda bir tek pareto analizi ile üzerine gidilmesi gereken hatanın "A" olduğuna karar verecekken, hataların parça maliyetlerine etkileride hesap edildiğinde hata oranı olarak daha düşük değerdeki B, C, D ve hatta E hatasının diğerlerine göre öncelik alabileceğini saptayabiliriz.

Bu yaklaşım ışığında pareto analizi 5 değişik tipte düzenlenebilir.

- Maliyet bileşenleri sınıfına göre,
- Bölümlere göre,
- Ürünlere göre,
- Zaman dilimine göre,
- Diğer gruplamalara göre.

Değişkenlik; doğada birbirinin aynısı olan bir nesne olmadığı için üretmekte imkansızdır. Nesneler arasındaki farklılığa kısaca değişkenlik diyebiliriz.

Değişkenlik temel olarak aşağıda bahsedilen iki ana nedenden oluşmaktadır:

1. Tesadüfi değişimler; önceden tahmin edilemeyen, bir şekilde ortaya aniden çıkan değişimler,
2. Tesadüf olmayan değişimler; prosesin kontrol dışına çıkmasına etken olan, nedeni tesbit edilebilen değişimlerdir (tornadaki kalemin ucunun aşınması).

Proses Kontrol Diyagramları; bir üretim prosesinde sıklıkla rastlanan dağılım normal (Gaussian) dağılım olup, makina ve prosesin performansı ve de özellikleri hakkında tahmin yapılabilmesini sağlamak açısından önem taşımaktadır. Grafiksel olarak simetrik, çan şeklinde bir eğridir ve eğer normal dağılım gösteren bir sınıfın ortalama ve standart sapma değerleri biliniyorsa bu sınıfın herhangi iki limit arasındaki yayılımı görülebilirken bu limit değerlere kontrol limitleri adı verilmektedir. Bu değerlendirmelerin yapılmasında ortalama ve standart sapma hesaplamalarında kullanılan birtakım matematiksel formüller kullanılmaktadır.

Proses kontrol diyagramları temel olarak iki gruba ayrılır. Bunlar:

1. Değişken Veriler İçin Kontrol Diyagramları

Kontrol diyagramları bir proseste ortaya çıkan değişiklikleri izlemek ve gidişatı değerlendirmek için ölçülebilen verilerden yararlanılarak, yalnızca hataları ortaya çıkarmak için değil, hataların önlenmesine yönelik etkin tedbirlerin alınmasını sağlamak amacıyla çizilen diyagramlardır.

- X - R Diyagramları; ortalama diyagramında (X), hata çıkması genelde malzeme veya insanla ilgilidir. Aynı zamanda malzemedeki değişimler, tezgah ayarlarının

değiştirilmesi veya ölçme metodlarının değiştirilmesi de X diyagramında hata gösterebilir.

Farklar diyagramında (R), hata çıkması genelde tezgahla ilgilidir. Tezgahın bakıma ihtiyacı olması, malzemenin homojen olmayışı, ölçme aletinden gelen hatalar R diyagramında hata gözükmesine neden olabilir.

- X - S Diyagramları; bu tip diyagramlar X - R diyagramlarına benzer olarakta çizilirler fakat R değerleri yerine standart sapma değerleri hazırlanarak grafiğe yerleştirilir. Bu diyagramlar sınıf hacminin büyüdüğü durumlarda standart sapma değerleri proses özelliklerini daha sağlıklı biçimde ortaya koyduğu için tercih edilmektedirler.

X - R ve X - S diyagramlarında önceki veriler kullanılarak veya standartların verilmesi durumunda üst ve alt kontrol limitleri hesaplanabilir ancak bu şekilde elde edilen sonuçlarda limitler arasında % 0.27' lik bir risk oranı kalır ki bu da cazip ve sağlıklı bir güven aralığını temsil etmektedir.

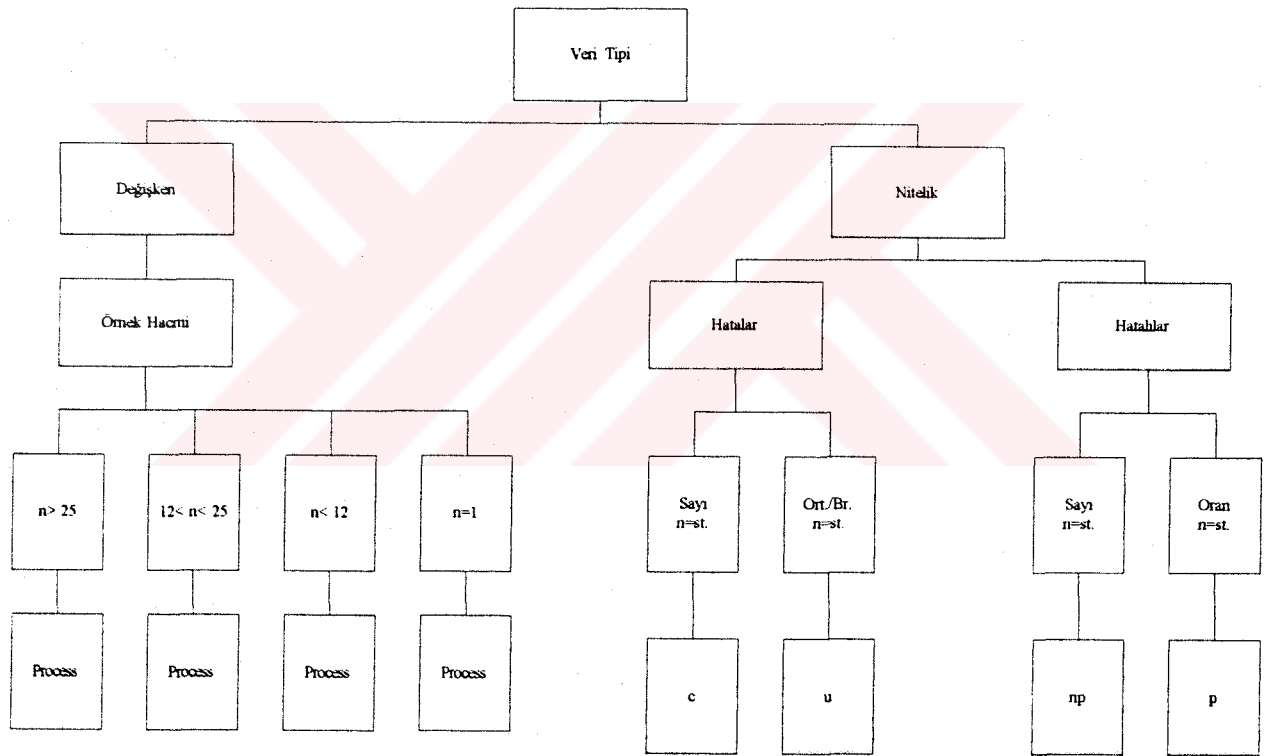
2. Niteliksel Değişkenler İçin Kontrol Diyagramları

Bu diyagramlar, bir prosesin ya da operasyonun zamana bağlı olarak, iyi / kötü, hatalı / hatasız, uygun / uygun değil, kabul edilebilir / kabul edilemez şeklinde ölçüme dayanmayan değişkenlerin kullanılmasıyla randımanı hakkında bilgi almak için kullanılırlar.

- P - Diyagramları; bu tip diyagramlar bir yığındaki hatalı ürünlerin oranını veren, kontrol limitlerinin binominal dağılım temeline göre ayarlandığı, yığın hacminin sabit olmadığı durumlarda kullanılabilen diyagramlardır. Bu diyagramların oluşturulmasında kullanılan formüllerde p hatalı oranını, np yığındaki hatalı sayısını ve n muayene edilen parça sayısını temsil etmektedir.
- np - Diyagramları; bu tip diyagramlar P diyagramlarından farklı olarak yığın hacminin sabit olduğu durumlarda kullanılırlar.

- c - Diyagramları; belli bir hatalı oranının kabul edilebileceği durumlarda birim başına düşen hatalı sayısını gösteren diyagramlardır.
- u - Diyagramları; c - diyagramları ile benzer diyagramlar olup, aynı verileri kullanmakla beraber süreklilik gösteren ölçüm skalası ve ürün bazında hatalı sayısı verileri ile oluşturulması ve alt grup hacminin sabit olmasının gerekli olmaması nedenleriyle farklılık göstermektedir.

Uygun kontrol diyagramı seçimi için hazırlanmış “karar ağacı” şekil 3.9’a göre belirlenmektedir:



Şekil 3.9 Kontrol diyagramı seçimi için karar ağacı. [10]

Proses ve Makina Yetenek Analizi; proses yetenek analizi, istatistiksel olarak kontrol edilen bir makina veya prosesin belirli bir zaman dilimi içerisindeki performansının spesifik limitlerle karşılaştırılmasıdır. Spesifik limitler müşteri tarafından belirtilen toleranslarla oluşturulur.

Proses yetenek indeksi C_p , prosesin standart sapmasını alt ve üst spesifik limitleri farklılığı ile ilgili olarak belirtir. C_{pk} ise prosesin ortalamasını üst ve alt spesifik limitlerle ilgili olarak belirtilir. Proses yeterlilik indekslerinde C_p ve C_{pk} değerlerinin minimum değerleri 1 olmalıdır.

Makina Yetenek Analizi; makina yeterlilik indeksi için C_m ve C_{mk} değerleri uygun formüller yardımıyla hesaplanır ve kaliteli üretim için kaliteli teçhizat gerektiğinden hem yeni tezgah alımında hem de mevcut durumdaki tezgahların durumunun tesbit edilmesinde bu değerlerden yararlanılmaktadır.

3.7.2 Kalite fonksiyonlarını geliştirme tekniği (Q.F.D.)

Günümüzde kalite anlayışı spesifikasyonlara uygunluktan müşterinin beklentilerine uygun en düşük maliyetteki maksimum fonksiyonelliğe sahip parçaları üretme çabasına geliştiğinden, üretim planlama ve tasarım aşamasında bu tekniğin kullanılmasıyla müşteri istek ve beklentileri tam anlamıyla ürün kalitesine yansıtılmış olur. Müşteri istek ve beklentileri tam olarak karşılanırken öte yandan Toplam Kalite Kontrol Kapsamında daha sonra gerçekleştirilecek olan Deneylerin Tasarımı (DoE), İstatistiksel Proses Kontrol (S.P.C.) ve Olası Hataların Türü ve Etkisi Analizi (F.M.E.A.) çalışmalarına da temel hazırlanmaktadır.

QFD tekniği ürün tasarımına veya varolan ürünün fonksiyonlarının müşteri gözüyle geliştirilmesine yönelik bir teknik olup dört aşamada incelenebilir: [11]

I. Aşama : Gruplar halinde müşteri ile eğer mümkünse anket çalışmaları şeklinde yapılan yüzyüze görüşmeler sonucunda müşteri isteklerinin, beklentilerinin ve ihtiyaçlarının belirlendiği safhadır.

II. Aşama : Müşterinin beklenti ve istekleri neticesinde belirlenen karakteristiklerin günümüz teknolojisinde ne kadar karşılanabileceğinin tartışılarak

ve gerekiyorsa birtakım değişiklikler yaparak ama daima müşteri faktörü göz önünde tutularak sonuçta ürün karakteristiklerine dönüştürüldüğü safhadır.

III. Aşama: Belirlenen ürün karakteristiklerinin imalat şartlarına uygunluğu araştırılıp imalat karakteristiklerine çevrildiği, yani müşterinin sesinin anlaşılıp yorumlandığı safhadır. Bu tekniğin yorumlanabilmesi açısından ürün karakteristikleri ve imalat karakteristiklerinin derecelendiğı “Kalite Evi” aşağıda belirtilen sekiz bölümden oluşmaktadır.

- Müşteri isteklerini içeren müşterinin sesi bölümü,
- Ürün gereksinimleri bölümü,
- Müşteri istekleri ile ürün gereksinimleri arasındaki ilişkiyi gösteren bölüm,
- Performansın rekabet ortamında değerlendirildiğı bölüm,
- Teknik olanakların gözden geçirildiğı bölüm,
- Teknikleri rekabet ortamında değerlendirildiğı bölüm,
- Müşterinin ürüne ait talepleri ile teknolojik olanakların karşılaştırıldığı bölüm,
- Önemli kontrollerin yapıldığı bölüm,

IV. Aşama : Teknik güçlükler derecelendirilerek imalat karakteristikleri, imalat kontrol karakteristiklerine çevrilmesi sonucu toplanan bilgiler doğrultusunda Kalite Evi oluşturularak ürün tasarımı ve ürün geliştirme faaliyetleri yürütülür.

3.7.3 Deneylerin tasarımı (DoE)

Bu teknik, Dr. Genichi Taguchi tarafından geliştirilmiştir ve temelde müşteri istekleri doğrultusunda değişkenlerin azaltılması ana hedeftir ve bu tekniğin uygulanması ile spesifikasyonlara uygunluk fikri yerini hedef değere ulaşma çabasına bırakmıştır. Bu teknik ayrıca yaratıcısının adıyla yani Taguchi Yöntemi olarak da anılmaktadır.

Taguchi anlayışında yüksek kalite kavramı üretilen ürünün fonksiyonlarını istenen şekilde yerine getirmesiyle orantılıdır, aksi taktirde kalite bir kayıptır ve bu kayıp proses ve ürün değişkenlerinin azaltılıp, ürün karakteristiklerinin, performans karakteristiklerinin ideal değeri olan hedef değere yaklaştırılmasıyla azaltılabilir.

Taguchi tarafından geliştirilen bu felsefe yedi madde içersinde kısaca anlatılabilir.[11]

1. Üretimi gerçekleştirilmiş ürünün kalitesi kullanıcıya verdiği kayıpla ölçülür. Ürün hizmet verdiği süre boyunca kendisinden beklenen fonksiyonlardan herhangi birinde meydana gelebilecek değişiklik kullanıcıya zarar verecek olursa bu zarar kayıp olarak tanımlanır ve doğrudan kaliteye yansıtılır.
2. Rekabetçi piyasa ekonomisinde şirketlerin ayakta kalabilmek için sürekli kalite gelişimi sağlayarak ürün maliyetlerini aşağılara çekmeleri gerekmektedir.
3. Üretim esnasında öncelikli kalite karakteristikleri olan performans karakteristikleri birincil öneme sahip değerler olarak ele alınmalı ve performans karakteristiklerinin ideal değeri olan hedef değere yakın performans göstermesi sağlanmalıdır.
4. Ürün performans değişiminin sebep olduğu kayıplar performans karakteristiklerinin hedef değerden sapmasının karesi ile orantılıdır.
5. Üretilmiş ürünün kalitesi ve maliyeti, ürünün tasarımına ve imalat prosesinin teknolojisine, yeterliliğine ve en önemlisi üretimi gerçekleştirecek operatörlerin tecrübe ve yeteneklerine bağlıdır.
6. Performans karakteristikleri üzerinde ürün parametrelerinin lineer olmayan etkisi ortadan kaldırılarak ürün performans değişikliklerinin azaltılması gereklidir.
7. Performans değişimini azaltan ürün veya proses parametrelerinin gruplarını tanımlamak için istatistiksel olarak planlanmış deneyler kullanılır.

3.7.4 Hata ağacı analizi (FTA)

Ürünlerin güvenilirliği asıl güvence düşüncesidir. Güvenilirlik hem kalitatif hem de kantitatifdir. Olasılık analizine dayanan risk değerlendirilmesi geniş bir şekilde hata veya kaza azlatılmasını sağlamak için kullanılmaktadır.

Tehlike, kullanıcılarla tehlikeli etkileşimi için kapasitesi olan bir ürünün (veya beraber kullanılan ürünlerin bir sistemi) davranışdır.

Hata Ağacı Analizi (HAA) sistem güvenilirliğini ve emniyetini tanımlamak için kullanılan bir tekniktir. Analiz, tasarımcının çözümler önermesi gereken hata türlerini tanımlası ile başlar ve hataya neden olabilecek ana sebeplerin araştırılmasıyla devam eder. Ayrıca hataların belirlenmesi için uygulanacak aşamalara yol gösterir. Bu metot, karmaşık ve karşılıklı ilişkiler sonucu ortaya çıkan bir olumsuz olayın (sistem hatası ki en önemli olay olarak da isimlendirilir) belirlenmesini sağlar ve bu olayın oluşma olasılığını değerlendirmeyi amaçlar. En önemli olay, birincil olaylar olarak tanımlanan temel hatalarla birbirine bağlanır.

HAA sistematik bir prosedür olarak, en üst noktada önceden açıklanmış olan arzulanmayan sistem olayı vardır. Analiz, evvelen tanımlanmış sistem olayına sebep olan sistemdeki alt olayları veya alt olayların kombinasyonunun tesbit edilmesinden ibarettir. Sıralama karakteristik semboller yardımıyla yapılmaktadır. Bu sembollerin uygun olarak birbirleriyle bağlanmaları ile donanım veya sistemde varolan fonksiyonel ilişkileri gösterir ve böylece potansiyel tehlikeli duruma sürüklenen bir hata için olayların sıralamasını tanımlamış oluruz.

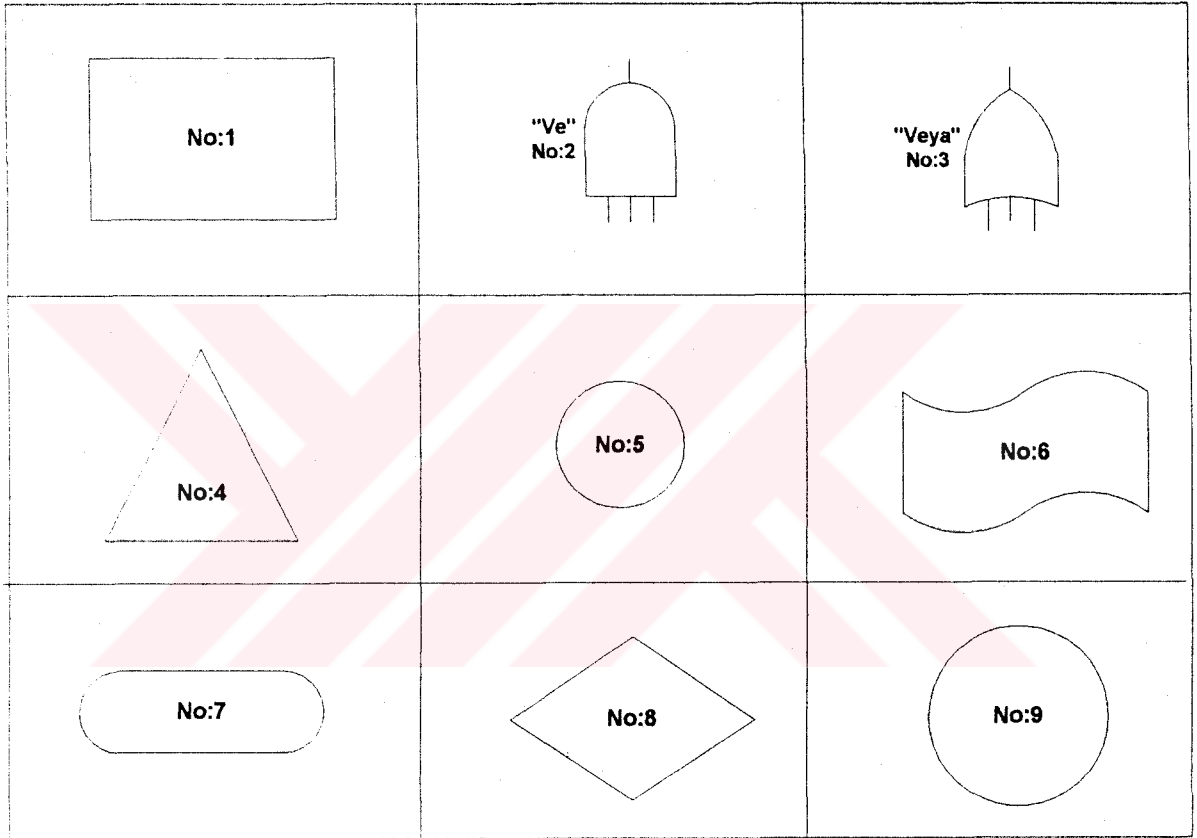
HAA, hatanın bir potansiyel tehlike şartına devamını gerektiren olaylar dizisini tanımlar ve genellikle “ve”, “veya”, “eğer” vb. kapılar kullanılarak arzu edilmeyen olayın (tepe seviyedeki olay) olasılık değerlendirilmesinin yapılmasını da mümkün kılarak tepe seviyedeki olayın oluşma olasılığını tahmin etme şansımızı sağlamaktadır.

HAA'da kullanılan semboller ve anlamları aşağıdaki gibidir: [12]

1. Ağaç diyagramında olayları faktörleri veya elementleri tanımlamak için kullanılmaktadır. Ağaç yapılanmasının başlangıcında mümkün olan bütün faktörler listelenmektedir. (şekil 3.10 no:1)
2. Bir sonraki olayın (çıktı), iki veya daha fazla yardımcı olayın, faktörün veya elementin varolduğu veya oluştuğu anda meydana geldiğini ifade eder. Yani girdilerden biri oluşmaz ise veya kayıpsa hiç bir şey olmayacaktır. (şekil 3.10 no:2)
3. Bu sembolün mantığında bir sonraki olay, yardımcı olayların, faktörlerin veya elementlerin biri, bir çoğu veya hepsi oluştuğu veya mevcut olduklarında oluşacaktır. (şekil 3.10 no:3)
4. Geniş ağaçların oluşturulmasında çok sık olarak, bütün olan parçalar farklı yerlerde tekrar edilebilirler. Alternatif olarak, herhangi bir yerde özel ilginin alt dizisini açıkça tanımlamak için yani daha küçük alt ağaç oluşturmak için arzu edilebilir. Üçgen bu bağlantıyı veya devamlılığı göstermek için kullanılabilir. (şekil 3.10 no:4)
5. Şartları veya sınırlamaları mantıki kapı veya olaylar olarak açıklamak için kullanılan bir semboldür. İfade veya tanımlama genellikle elipsin içinde bulunur. Olaylar ve sebepler faktörlerin analizinde kullanılır. (şekil 3.10 no:5)
6. Genel sistem operasyonu sırasında oluşması normal olarak beklenen olayı tanımlamak için kullanılır ve kullanımı dikdörtgen sembolünününe benzerdir. Varsayılan veya farzedilen olaylarla birlikte ilerlemez. (şekil 3.10 no:6)
7. Bir mantıki kapı çıkışındaki arzulan bir olayı tanımlamak için kullanılır. Analizin farklı kısımlarının tamamlanmasını göstermede kullanılır. Analizin bu özel branştan (dal) sonra ilerlemeye ihtiyacı yoktur. (şekil 3.10 no:7)
8. Sebebi tesbit edilememiş bir geliştirilmemiş bağlantı olayı tanımlamak için kullanılır. Bilgi veya kaynak eksikliğinde veya analiz fazlalıklarından sakınmak için bağlantı yapılır. (şekil 3.10 no:8)

9. Daha fazla gelişmeye gereksinim olmayan bir temel olayı tanımlamak için kullanılır. Bağımız bir olaydır ve problem veya durumların okuyucular tarafından rahat anlaşılmasına yardımcı olur. (şekil 3.10 no:9)

HAA kullanılan sembolleri toplu olarak şekil 3.10'da gösterilmektedir.



Şekil 3.10 HAA sembollerinin şematik gösterimi.

Ayrıca HAA hata türlerinin kantitatif sunumunu yapar ve aşağıdaki çalışmalar için objektif temel sağlar. [13]

- Sistem tasarımının analizi,
- Sistem değişikliklerinin oturtulması,

- Ticaret dışı çalışmaların gerçekleştirilmesi,
- Ortak hata türlerinin analizi,
- Uygunluğun gösterilmesi.

Bu amaca yönelik HAA çalışmaları aşağıdaki temel adımların gerçekleştirilmesi ile yürütülür. [13]

- Sistemin tanımlanması,
- Hata Ağacının oluşturulması,
- Hata Ağacının kalitatif değerlendirilmesi,
- Hata Ağacının kantitatif değerlendirilmesi,
- Düzeltici çalışmalar için öneriler.

Hata Ağacında, en önemli olayla birincil olayların bağlantısı hata ağacı sembolleri ile gösterilir ve bir blok diyagramı yardımıyla ayrı ayrı seri ve paralel alt sistem konfigürasyonları oluşturularak hata ağacının geliştirilmesi daha kolay olmaktadır.

Hata türü, kaynaklarına ve sebeplerine genişleyerek bir ağaç görünümünü aldığından tekniğin bu adı almasında etkin olmuştur.

HAA hataların çıkarılması için aşama aşama yol gösterir ve pahalı ve zaman alıcı olmasına rağmen OHTEA içersinde de kullanılmaktadır.

HAA'nin gerçekleştirilmesi için gerekli adımlar: [13]

- En önemli olayın seçilmesi : Belirlenmesi zorunlu olan olay ve bu olayın seçimi önceliklidir.
- Ağacın oluşturulması : Bu olaya sebep olan yardımcı olaylar belirlenmelidir.
- Hataların, etkilerin ve şartların tanımlanması : Her olası olayın oluşabileceği ve oluşmasına sebep olan olabilecek faktörler göz önüne alınarak çalışılır.

- Ağacın kullanımı : Ağaç düzeltici faaliyetin nerede kullanılması gerektiğini gösterir.

3.7.5 Poka -Yoke

Poka-Yoke kavramı Japonyada geliştirilmiş olup, Poka; öngörülme-yen tesadüfi hata, Yoke ise azaltma anlamına gelmektedir. Bu tekniğin kullanılması ile tesadüfi hatalar azaltılarak üretim sürecinde sadece hatasız ürün üretimine yönelik koşullar sağlanarak gelecekte oluşabilecek hataların da % 100 önlenmesi koşulu hedeflenmiş olur.

Poka-Yoke tekniğinin gerçekleştirilebilmesi için bir takım temellerin oluşması gerekir ki bu temeller İPK sonuçları ile elde edilen olası hata türleri ve OHTEA çalışmaları sonucu iyileştirici çalışmaların ve problem çözümlerinin belirlenmesidir. Dolayısıyla Poka - Yoke tekniğin başarısı bu tekniklerin başarısıyla doğrudan ilişkilidir.

Poka-Yoke tekniğinin temel felsefesi, hata kaynaklarının gerçekte yanlışlardan ve yanlışlıklardan ileri geldiği yaklaşımını savunur. Söz konusu yanlış ve yanlışlıkları şu şekilde sıralayabiliriz: [13]

- Unutmak,
- Karıştırmak,
- Değiştirmek,
- Yanlış anlamak,
- Okuma hatası,
- Bilgi ve iletişim eksikliği.

Poka-Yoke’de her türlü hataya neden olabilecek diğer yöntemlerle belirlenmiş sistem elemanlarının etkisiz bırakılarak üründe herhangi bir hata meydana gelmesi engellenerek “delicesine güvenilirlik” sağlanır.

3.7.6 Olası hata türü ve etkisi analizi (FMEA)

Olası Hata Türü ve Etkisi Analizi (OHTEA), sistem, tasarım, proses ve veya hizmetten gelen bilinen veya potansiyel hataların, problemlerin, kusurların vb. müşteriye ulaşmadan açıklanması, teşhis edilmesi ve elenmesi için kullanılan bir mühendislik tekniğidir.

Bu teknik Bölüm 4’de geniş kapsamlı olarak anlatılacaktır.



BÖLÜM 4 OLASI HATA TÜRÜ ve ETKİSİ ANALİZİ TEKNİĞİ (OHTEA)

4.1 Olası Hata Türü ve Etkisi Analizinin Gerekliliği

Güvenilirlik, öngörülen kalitenin üretilmesi, bağlı olduğu kalite güvence sistemin oluşturulup, sürekliliğinin korunması ve garanti edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Güvenilirlik, ürünlerin en önemli karakteristiği olduğu gibi, müşteri tatmininde önemli bir göstergesidir. Müşteriler satın aldıkları ürünün hizmet süresinin mümkün olduğu kadar fazla olmasını istemektedirler. Bu nedenle bir ürünün güvenilirliğini garanti altına almak için, tedarikçi firmaların izlenmesi ve kontrol edilmesi, bir hata raporlama sisteminin oluşturulması, uygun hata analizinin yapılması, düzeltici faaliyetlerin yürütülmesi, hata arama sisteminin yapılandırılması ve hata ayırımının eksiksiz yapılması, olası hata türleri ve etkilerinin analizinin tam olarak uygulanması gerekmektedir.

Firmalar güçlü global pazarlarda başarılı olmak ve gelişmek için müşteri beklenti ve gereksinimlerini tam anlamıyla gerçekleştirilebilecek bir takım stratejiler geliştirmek zorundadırlar. Bu stratejileri genel olarak aşağıda belirtildiği gibi üçe ayırabiliriz. [14]

- Maliyet önderliği : Rakip firmalara benzer veya aynı özellikteki ancak daha cazip fiyattaki ürünlerin gerçekleştirilmesine yardım eder,
- Ayırım özelliği : Yüksek kalite veya daha kolay kullanım gibi benzersiz özelliklere sahip ürünlerin eldesini sağlar,
- Faaliyet merkezi : İstisnai bir yöntemle tek pazarın ihtiyaçlarını karşılamayı amaçlar.

Bu stratejiler yardımıyla global pazarlarda şirketlerin düşük maliyetle ürün gerçekleştirmeleri kolaylaşmaktadır. Maliyet içerikli araçlar olarak Olası Hata Türü ve Etkileri analizi, Hedef Fiyat, Değer Mühendisliği, Maliyet Tabloları en yaygın kullanılan tekniklerdir. Bu tekniklerin kullanım amacı maliyetleri azaltmasının yanısıra kötüye giden operasyonların maliyetlerinin etkili biçimde kontrolünü sağlamaktır ki bunun sağlanması için teker teker veya beraberce kullanılmaları maksimum katkıyı sağlamaktadır. [14]

Üretim esnasında çoğu üründe hata oluşumları üç ana kategoride değerlendirilir. Birinci kategoride; tasarım, imalat veya yanlış kullanımdan kaynaklanan ve başlangıçta oluşan hatalar yer alırken, ikinci kategoride; tasarım kaza veya iyi korumamanın (kötü bakım) doğal sınırlaması nedeniyle üründe oluşturduğu hatalar yer alırken, üçüncü kategoride ise yıpranma ve eskime nedeniyle oluşan hatalar yer almaktadır. [15]

Bilindiği gibi OHTEA, sistem, tasarım, proses veya hizmetten gelen, bilinen veya potansiyel hataların, problemlerin, kusurların müşteriye ulaşmadan açıklanması, teşhis edilmesi ve yok edilmesi için kullanılan daha özgün anlamda bir kalite mühendislik tekniğidir. Analizin gerçekleştirilmesinde iki yöntem mevcuttur. Bunlardan birincisinde; eski veriler, benzer ürünler ve / veya hizmetler için benzer veriler, müşteri şikayetleri kullanılarak hatalar tanımlanmaktadır. İkincisinde ise; istatistiki sonuçlar, matematik modellemeyi, simulasyonları, eş zamanlı mühendisliği, güvenilirlik mühendisliğini kullanarak hataların teşhisi ve tanımlanması yapılmaktadır. OHTEA, hataların müşteriye ulaşmadan önlenmesini, düzeltici faaliyetleri açıklayarak sağladığından sonuçta olası en yüksek dayanıklılığa, kaliteye ve güvenilirliğe sahip ürün ve hizmetlerin sağlanmasına katkıda bulunur. Bunun yanısıra OHTEA, yapısı sayesinde sürekli olarak güncelleştirilebildiğinden hiçbir zaman sonuçlanmayan, sürekli bir doküman olma özelliğine sahip bir yöntem olarak sonsuz kalite gelişimi ile müşteri azularının geliştirilmesi düşüncesine önemli ölçüde destek sağlamaktadır. [15]

OHTEA' da hata türü olarak; bir parçanın fonksiyonunu yerine getirememesi nedeni, hata etkisi olarak; bir hata oluştuğunda sistemi nasıl etkileyeceği ve müşterinin neye maruz kalacağı, hata sebebi olarak; hata türünün oluşma sebebi olarak tanımlanmaktadır.

Risk Analizinin temel amacının eski ve yeni görüşleri aşağıdaki gibidir. [15]

Eski Görüş

Problemlerin çözümü
Kaybın ortaya konması
Güvenilirliğin hesaplanması

Yeni Görüş

Problemlerin önlenmesi
Kaybın yok edilmesi
Güvenilirsizliğin yok edilmesi

OHTEA; problemlerin, hataların, risklerin oluşabileceği olası yollar için bir sistem, tasarım, proses veya hizmeti geliştiren spesifik bir metoddur. Bu gelişim, gerekli faaliyetin yapılması, planlanması veya bildirilmesi ile sağlanır ki böylelikle hata olasılığı ve / veya hatanın etkisi azaltılmış olur.

4.2 Olası Hata Türü ve Etkisi Analizinin Genel Prensipleri

FMEA'yı,

- Ürünün imalatı ve tasarımında, başarılı olunamayan durumları, hataları ortaya çıkarmak ve değerlendirmek,
- Bu hataların oluşma şansını azaltmak veya yoketmek için gerekli önlemleri belirtmek,
- Prosesin dokümantasyonunu yapmak,

amacıyla belirlenen faaliyetlerin sistematik bir şekilde gruplandırılması olarak tanımlayabiliriz. [15]

OHTEA türleri arasındaki etkileşim şekil 4.1'deki gibi olmaktadır. [15]

Sistem OHTEA

Hata Türü	Etkisi	Sebebi
Problem	Problemin dallandırılması	Problemin Sebeb(ler)i

Tasarım OHTEA

Hata Türü	Etkisi	Sebebi
Sistem OHTEA'dan dolayı olan problemin sebepleri	Belki daha iyi bir tanımlama ile Sistem OHTEA'dan olan etkiler	Tasarım hata türleri için yeni tepe sebepler

Proses / Servis OHTEA

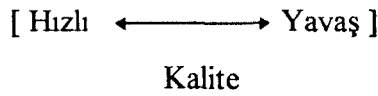
Hata Türü	Etkisi	Sebebi
Tasarım OHTEA'dan olan problemin sebepleri	Tasarım OHTEA'nın benzer etkisi	Proses hata türleri için özel tepe sebepler

Şekil 4.1 OHTEA türleri arasındaki ilişki. [15]

Sistemin başarıyla uygulanabilmesi için yaşanılarak öğrenilen hatalardan sonra değil, hata oluşumundan önce ilgili bölümlerin üretim öncesi yapacakları toplantılarla ortaya koymaları daha doğru olacaktır.

OHTEA' ya göre : [15]

- Bütün problemler aynı derecede önemli değildirler dolayısıyla OHTEA tekniğinin kullanımında hangi verilerin kullanılması gerektiği Pareto prensibindeki yaklaşımla sağlanabilmektedir.
- Müşteri tanımı olarak, son kullanıcı ve hatta operasyon kademelerini izleyen birimler ve operasyonun kendisi olarak ifade edilmektedir. Tasarım OHTEA' da müşteri olarak son kullanıcıyı kullanabiliriz ancak Proses OHTEA' da müşteri hattaki bir sonraki operasyondur ki bu operasyon son kullanıcı olup olmaması koşullarına bağlıdır.
- Başarılabilecek olan eylemin fonksiyonu, amacı, hedefi bilinmelidir. Aksi takdirde sonuç zaman kaybı olacaktır.
- Ele alınan faaliyet önleme odaklı olmalıdır ki sürekli gelişme OHTEA'yı devam ettirebilsin.



Şekil 4.2 Kalite eldesinde zaman faktörü. [15]

Şekil 4.2 bize söz konusu üç faktörün aynı anda elde edilemeyeceğini göstermektedir. Böylece ürünü tercih eden firma için kalite-zaman-fiyat nosyonu içersinde sürekli gelişme fikri, OHTEA'ya değişen olaylarla doğrusal olarak değişen dinamik bir doküman hüviyetini kazandırır.

OHTEA tekniğinin kullanılmasıyla aşağıda belirtilen kazançları elde etmekteyiz. [15]

- Temel farklılaşmanın başarılması için en önemli fırsatı tanımlar,
- Hizmet veya ürünlerin kalitesini, güvenilirliğini ve güvencesini gerçekleştirir,
- Şirket imajını ve rekabet gücünü geliştirir,
- Müşteri tatminini artırır,
- Ürün geliştirme zamanını ve maliyetlerini azaltır,
- En uygun sistem tasarımını seçmeye yardım eder,
- Tasarım geliştirme eylemlerinde bir öncelik kurar,
- Kritik ve / veya önemli özellikleri tanımlar,
- Hata önlemi için forum kurar,
- Hata tanımlanmasına ve önlenmesine yardımcı olur
- Düzeltici faaliyetleri tanımlar,
- Erken safhalarda yüksek güvenilirlik ve güvence potansiyeli ile sistem, tasarım, proses ve hizmet gibi alternatiflerin seçimine yardımcı olur,
- Gelişim isteği OHTEA uygulamasının en önemli sebebidir ve organizasyon kültürüyle gelişir.

Üretim prosesi içerisinde her ürün bir miktar risk içerir ve ancak şu koşullarda hatalı olarak tanımlanır : [15]

- İmalatçıda başlangıç şartlarından sapma varsa,
- Mükemmel üretilmiş olmalarına rağmen tasarım hataları nedeniyle güvenli olmayan durumlarda,
- İfade edilen veya belirtilen performanslarına uyamadıkları durumlarda,
- Talimat ve uyarı eksikliği durumunda tehlikelidirler.

Üretim öncesinde ve sürecinde karşılaşılan hatalar aşağıdaki gibi değerlendirilmektedir. [15]

Tasarım hataları, bütün ürün hattını etkileyen bir hatalardır ve şu sebeplerden meydana gelmektedir: [15]

- Zarar görme riskine karşı koruyamadığında,
- Başlangıç fonksiyonlarını güvenli olarak yerine getiremediğinde,
- Tehlike mercilerine karşı uygun biçimde koruyamadığında

İmalat hataları, imalatçının kendi spesifikasyonlarını karşılamadığında oluşan hatalardır ve genel olarak iki grupta incelenmektedir. [15]

- Hatalı hammadde,
- Montaj hataları.

Hizmet hataları, tasarım veya/ve müşterinin tanımlanmış kriterine uymayan hizmetlerde söz konusu olmaktadır.

OHTEA'da hataları tanımlamak için iki temel veriden faydalanılmaktadır. Bunlardan birincisinde, tarihsel veriler olarak tanımlanan benzer ürünler ve/veya hizmetler için benzer verilerin analizleri, garanti verileri, müşteri şikayetleri ve mevcut uygun diğer bilgiler, ikincisinde ise istatistiki yöntemler, matematik modelleme, simulasyonlar, eş zamanlı mühendislik ve güvenilirlik mühendisliği kullanılmaktadır.

OHTEA'da hiçbir zaman bir yaklaşım diğerinden daha iyidir veya doğrudur şeklinde bir değerlendirme söz konusu değildir. Eğer düzenli ve doğru yapılıyorsa her ikisinde doğrudur ve etkilidir.

Bu teknik içersinde kritik karakteristikler olarak; [15]

- yasalar (ürün sürekliliği boyunca),

- düzenleştirici yardımcılar (resmi kanunlar ve / veya düzenler doğrultusunda),
- endüstriyel standartlar (genellikle endüstrideki kabul edilebilir uygulamalarda),
- müşteri gereksinimleri (istekleri ihtiyaçları ve beklentileri doğrultusunda),
- iç mühendislik gereksinimleri (tarihsel veriler veya ürün veya hizmet ile deneme yapılması doğrultusunda)

anlaşılmaktadır.

Önemli karakteristikler olarak ise; verinin toplanabildiği proses, ürün veya hizmetin kalite özellikleri ifade edilmektedir. [15]

Anahtar karakteristikler olarak ise; prosese çabuk geri besleme sağlayarak hızla kalite sorunlarını düzeltme fırsatını sağlamaya yönelik olarak ölçülen göstergelerdir. OHTEA’da üç tür anahtar karakteristik kullanılmaktadır. [15]

- ürün veya hizmetin müşteriye ambalajlamadan önce analiz edilen kalite değerlendirmesi ,
- ürün veya hizmetin ambalajlama veya satış sonrası ancak müşterinin eline ulaşmasından önce analiz edilen kalite ölçümü,
- ürün veya hizmet oluşturulduğundan ve/veya satıldıktan çok sonra müşteri memnuniyetini ölçmek için analiz edilen kalite ölçümü.

Temel olarak bir OHTEA programı aşağıdaki durumlarda başlaması önerilmektedir. [15]

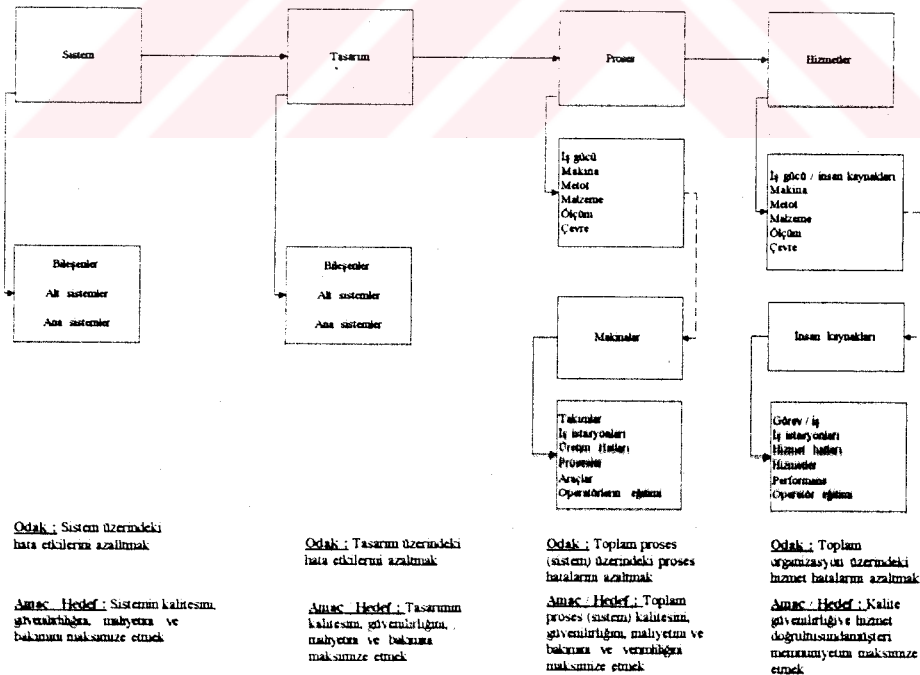
- Yeni sistemler, tasarımlar, ürünler prosesler veya hizmetler tasarlandığında,
- Sistemler, tasarımlar, ürünler, prosesler veya hizmetlerde var olan şartlar için yeni uygulamalar bulunduğunda
- Sistemler, tasarımlar, ürünler veya hizmetler için yeni gelişmeler tesbit edildiğinde,
- Sistemler, tasarımlar, ürünler veya hizmetlerde sebepsiz yere yapılan değişikliklerde

4.3 Olası Hata Türü ve Etkisi Analizi Yönteminin Kullanım Alanları ve Özellikleri

OHTEA tekniği dört farklı şekilde aşağıdaki durumlar sağlandığında uygulanmaktadır. Bunlar: [15]

- Sistem OHTEA; bütün donanımlar tayin edildiğinde ve tasarım tamamlanmıştır şeklinde deklare edildiğinde,
- Tasarım OHTEA; üretim için yayınlanan gün belirlendiğinde,
- Proses OHTEA; bütün operasyonlar tamamlandığında, değerlendirildiğinde, tüm kritik ve etkin katakteristikler kontrol planında yerleştirildiğinde,
- Hizmet OHTEA; Sistem ve tüm görevlerin tasarımı belirlenip değerlendirildiğinde ve kritik ve önemli karakteristikler kontrol planında yerleştirildiğinde. OHTEA çalışması tamamlanmıştır diyebiliriz.

Şekil 4.3'de OHTEA türleri ve özellikleri şematik olarak gösterilmektedir. [15]



Şekil 4.3 OHTEA türleri

OHTEA yöntemi birbirlerinden farklı yetenekte ve tecrübedeki kişilerin beraberce uyguladıkları bir yöntemdir. OHTEA' da önceliğin bulunması ve metodun güvenilirliği çok önemlidir. Yöntemin uygulanması esnasında yapılan değerlendirmede, hatanın oluşmasında hatanın frekansı, hatanın şiddeti, hatanın ciddiyeti, hatanın keşfedilebilirliği hatanın müşteriye ulaşmadan tesbit edilmesi göz önüne alınmaktadır.

OHTEA' da hataların önceliğini açıklayan 3 bileşen mevcuttur. Bunlar, hatanın frekansını belirten "Oluşması", hatanın ciddiyetini beliten "Şiddeti" ve hatanın müşteriye ulaşmadan teşhisini belirten "Keşfedilmesi"dir. [15]

OHTEA'da genel bir yaklaşım olarak sayısal değerlendirmenin, 1-10 rakamları arasındaki skalada yapılması önerilmektedir ve "Oluşması x Şiddeti x Keşfedilmesi" rakamların birbirleriyle çarpılması sonucu elde edilen Risk Öncelik Göstergesi (RÖG), problemlerin önceliğinin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır.

Tabiki kalite toplantısı sonucunda belirlenmiş olan RÖG değerleri arasından bir eleme yapmak amacıyla ya $RÖG > 50$ (ise hataların %95'ni tanımlayan proseslerde) olan problemler seçilir ya da aşağıdaki yöntemle hesaplanan firma için özel bir limit değeri belirlenir. [15]

Sistemin istatistiksel güvencesi %A ise [15]; (Sistem, tasarım, ürün, proses ve/veya hizmet için hataların %A'sı tanımlanmalı-adreslenmeli)

$$100 \quad A$$

$$\frac{1000}{x}$$

$$x=10xA$$

$$\text{ve} \quad \text{limit RÖG} \geq \{1000 - (10xA)\}' \text{ dir.}$$

Uygun RÖG tayin edildikten sonra, riskin tanımlanması önemsiz, orta, yüksek ve kritik olarak değerlendirilir ve aşağıda tanımlandığı şekilde bir yaklaşım benimsenir : [15]

- önemsiz riskin altında hiçbir şey yapılmaz,
- orta riskin altında bazı tedbirler uygulanabilir,
- yüksek riskin altında belirli tedbirler uygulanır,
- kritik risk altında belirgin tedbir uygulanır ve sistem, tasarım, ürün, proses ve/veya hizmet içerisinde büyük değişikliklere gereksinim duyulur.

Eğer aynı risk öncelik sayısına sahip birden fazla hata mevcutsa, birincil kriter olarak "Şiddeti" en yüksek olan, ikincil kriter olarak ise "Keşfedilebilirliği" yüksek olan seçilir. Çünkü "Şiddet" hatanın etkisiyle doğrudan ilgilidir ve önceliklidir, diğer yandan müşteri bağlantılı olduğundan "Keşfedilme", "Oluşma" ya göre önceliklidir.[15]

Kısa dönemde hatalar yok edilemiyorsa azaltılması, uzun dönemde ise her hatanın tek tek yok edilmesi OHTEA' nın temel amacıdır.

OHTEA tekniklerinin kullanılması sırasında RÖG' ni oluşturan "Oluşması", "Keşfedilmesi", "Şiddeti" öğelerinin değerlendirmesi aşağıdaki tablolara göre yapılmaktadır.

Tablo 4.1 Sistem OHTEA'da "ciddiyet" değerlendirmesi [15]

ETKİ	DEĞERLENDİRME	KRİTER
Yok	1	Etkisi yok
Çok Hafif	2	Müşteriye sıkıntı ulaşmadı. Sistem ve ürün performansını çok az etkiler.
Hafif	3	Müşteriye çok az sıkıntı ulaştı. Sistem ve ürün performansını hafifçe etkiler.
Ehemiyyeti Az	4	Müşteri ehemmiyeti az bir sıkıntı yaşar. Sistem veya ürün performansı üzerine önemsiz etki.
Orta	5	Müşteri arzulamadığı deneyimlere maruz kalır. Sistem veya ürün performansı üzerine orta etki
Mühim	6	Müşteri rahatsızlık çekmiştir. Ürün performansı bozulur, ancak geçerlidir ve operasyona girer. Kısmi hata fakat kullanılır.
Önemli	7	Müşteri isteksizliği. Ürün performansı ciddi biçimde bozulur, fakat fonksiyonel ve güvenlidir. Sistem bozulur.
Aşırı	8	Müşteri çok isteksiz. Ürün operasyona girmez (işlenmez) fakat güvenilir. Sistem işlemez.
Ciddi	9	Potansiyel tehlikeli etki. Zamana bağlı, talihsizlik dışında ürünü durdurabilecek hata.
Tehlikeli	10	Tehlikeli etki. Güvenlikle ilgili ani hata.

Tablo 4.2 Sistem OHTEA "oluşma olasılığı" değerlendirmesi (CNF: bileşen hataların toplam sayısı) [15]

TEŞHİS	DEĞERLENDİRME	KRİTER	CNF / 1000
Hemen hemen hiç bir zaman	1	Hata olası değil. Deneyimler hata göstermiyor.	<0.00058
Uzak	2	Olası hataların sayısı nadir.	0.0068
Çok hafif	3	Çok küçük hatalar muhtemel.	0.0063
Hafif	4	Küçük hatalar muhtemel	0.46
Düşük	5	Arasına olan hataların sayısı muhtemel	2.7
Orta	6	Hata olasılığının sayısı orta..	12.4
Ortanın üstü	7	Az çok yüksek sayıda hata olası	46
Yüksek	8	Yüksek sayıda hata olası	134
Çok yüksek	9	Çok yüksek sayıda hata olası	316
Hemen hemen kesin	10	Hatalar hemen hemen kesin. Hataların tarihi eski veya benzer tasarımda mevcut.	>316

Tablo 4.3 Sistem OHTEA için "keşfedilebilirlik" değerlendirilmesi [15]

TEŞHİS	DEĞERLENDİRME	KRİTER
Hemen hemen hiç bir zaman	1	Hata olası değil. Deneyimler hata göstermiyor.
Uzak	2	Olası hataların sayısı nadir.
Çok hafif	3	Çok küçük hatalar muhtemel.
Hafif	4	Küçük hatalar muhtemel
Düşük	5	Arasına olan hataların sayısı muhtemel
Orta	6	Hata olasılığının sayısı orta..
Ortanın üstü	7	Az çok yüksek sayıda hata olası
Yüksek	8	Yüksek sayıda hata olası
Çok yüksek	9	Çok yüksek sayıda hata olası
Hemen hemen kesin	10	Hatalar hemen hemen kesin. Hataların tarihi eski veya benzer tasarımda mevcut.

Tablo 4.4 Tasarım OHTEA'da "ciddiyet" değerlendirmesi [15]

ETKİ	DEĞERLENDİRME	KRİTER
Yok	1	Etkisi yok
Çok Hafif	2	Müşteriye sıkıntı ulaşmadı. Sistem ve ürün performansını çok az etkiler. Arada sırada önemsiz hatalar gözükür.
Hafif	3	Müşteriye çok az sıkıntı ulaştı. Sistem ve ürün performansını hafifçe etkiler. Çoğu zaman önemsiz hatalar görülür.
Ehemiyyeti Az	4	Müşteri rahatsızlık duyuyor. Sistem veya ürün performansı üzerine az etki. Hataya müdahaleye gerek yok ama daima önemsiz hatalar mevcut.
Orta	5	Müşterinin bazı memnuniyetsizlikleri var. Sistem veya ürün performansı üzerine orta etkisi var. Önemsiz kısımlardaki hataların onarım ihtiyacı var.
Mühim	6	Müşteri rahat değil. Ürün performansı düşük ama güvenli ve operasyona girer.
Önemli	7	Müşteri isteksizliği. Ürün performansı ciddi biçimde bozulur, fakat fonksiyonel ve güvenlidir. Alt sistemler kullanılamaz.
Aşırı	8	Müşteri çok isteksiz. Ürün operasyona girmez (işlenmez) fakat güvenilir.
Ciddi	9	Potansiyel tehlikeli etki. Zamana bağlı talihsizlik dışında ürünü durdurabilecek hata.
Tehlikeli	10	Tehlikeli etki. Güvenlikle ilgili ani hata.

Tablo 4.5 Tasarım OHTEA'da "oluşma olasılığı" değerlendirilmesi [15]

TEŞHİS	DEĞERLENDİRME	KRİTER	CNF / 1000
Hemen hemen hiç bir zaman	1	Hata olası değil. Deneyimler hata göstermiyor.	<0.00058
Uzak	2	Olası hataların sayısı nadir.	0.0068
Çok hafif	3	Çok küçük hatalar muhtemel.	0.0063
Hafif	4	Küçük hatalar muhtemel	0.46
Düşük	5	Arasıra olan hataların sayısı muhtemel	2.7
Orta	6	Hata olasılığının sayısı orta.	12.4
Ortanın üstü	7	Az çok yüksek sayıda hata olası	46
Yüksek	8	Yüksek sayıda hata olası	134
Çok yüksek	9	Çok yüksek sayıda hata olası	316
Hemen hemen kesin	10	Hatalar hemen hemen kesin. Hataların tarihi eski veya benzer tasarımda mevcut.	>316

Tablo4.6 Tasarım OHTEA' da "keşfedilebilirlik" değerlendirilmesi [15]

TEŞHİS	DEĞERLENDİRME	KRİTER
Hemen hemen kesin	1	Her uygulanabilen kategoride en yüksek etkiye sahip
Çok yüksek	2	Çok yüksek etkiye sahip
Yüksek	3	Yüksek etkiye sahip
Orta üstü	4	Ortanın üstü derecede etkiye sahip
Orta	5	Orta derecede etkiye sahip
Düşük	6	Düşük derecede etkiye sahip
Az	7	Çok düşük derecede etkiye sahip
Çok az	8	Her uygulanabilir kategoride en düşük etkiye sahip
Uzak	9	İspat edilmiş veya güvenilir veya etkisi bilinmez
Hemen hemen olası değil	10	Tasarım teknikleri mevcut değil veya bilinmiyor ve/veya hiçbiri planlanmamış

Tablo 4.7 Proses OHTEA'da "ciddiyet" değerlendirmesi [15]

DEĞERLENDİRME	ETKİ	KRİTER
1	Çok az: Ürün ve/veya hizmet üzerine bir etki oluşturmaman hata. Müşteri hatayı fark etmeyecektir.	Müşteri hatayı bulamayacaktır.
2 - 3	Düşük: Düşük ciddiyette müşteriye az sıkıntı uyandırır. Müşterinin bir sonraki proste az bir zahmeti veya çok az yeniden işleme olur, yani kötüleşme hisseder.	Müşteri ürün ve/veya hizmette çok az bir kötüleşme hisseder.
4 - 6	Orta: Müşteri rahatsız olmuştur veya hatayı fark etmiştir, yani isteksizliğe sebep olmuştur.	Orta derecede önemli hata müşteri memnuniyetsizliğine sebep olur. Müşteri rahatsızdır ve hatayı fark etmiştir. Performanstaki düşüklük fark edilecek düzeydedir.
7 - 8	Yüksek: İşlenemez (kullanılamaz) veya operasyon yapılamaz ürün şeklinde müşteri memnuniyetsizliği ve bir sonraki prosesin ve/veya hizmetin aksaması.	Güvenlik ve yönetim talimat konularının olmaması, yani yüksek derecede müşteri memnuniyetsizliği.
9 - 10	Çok yüksek: Hata güvenliği etkilediğinden ve yönetim talimatları ile uyuşmayan çok yüksek ciddiyet.	Güvenlik konuları yönetim talimatları ile ilgisi olması veya uyması önemsenmediğinde çok yüksek değerlendirmedir.

Tablo 4.8 Proses OHTEA'da "oluşma olasılığı" değerlendirmesi [15]

Teşhis	Değerlendirme	Cpk	Kriter	CNF / 1000
Hemen hemen mümkün değil	1	>1.67	Hata olası değil. Eski veriler hata göstermiyor.	<0.00058
Uzak	2	>1.50	Nadir sayıda hata olasıdır	0.0068
Çok az	3	>1.33	Çok az hata olası.	0.0063
Az	4	>1.17	Az hata olası	0.46
Düşük	5	>1.00	Şans eseri olan hatalar olası	2.7
Orta	6	>0.83	Orta sayıda hata olası	12.4
Yükseğe yakın	7	>0.67	Sürekli olarak yüksek hata olasıdır.	46
Yüksek	8	>0.51	Yüksek sayıda hata olası	134
Çok yüksek	9	>0.33	Çok yüksek sayıda hata olası	316
Hemen hemen kesin	10	<0.33	Hemen hemen hata kesin. Hatanın varlığı önceki veya benzer tasarımdan kaynaklanıyor.	>316

Tablo 4.9 Proses ve Hizmet OHTEA'da "keşfedilebilirlik" değerlendirmesi [15]

Değerlendirme	Değerlendirme	Kriter
1	Çok yüksek: Kontroller hemen hemen kesinlikle hataları yakalar	Ürün veya hizmetin verilmesi uzak olasılıktır. Teşhis güvenilirliği en az %99.99
2 - 5	Yüksek: Hatanın varlığının kontrollerle tespiti iyi.	Ürün veya hizmetin gönderilmesi düşük olasılık. Hata kesindir (1/5000-1/500). Teşhis güvenilirliği %99.80'dir.
6 - 8	Orta: Hatanın varlığı kontrollerde tespit edilebilir.	Ürünün hatalı olarak gönderilmesi orta olasılıktır. Hata kolayca tanımlanabilir. (1/200-1/50). Teşhis güvenilirliği %98.00'dir.
9	Düşük: Hatanın varlığı büyük olasılıkla kontrollerde tespit edilemeyecek.	Yüksek olasılıkta ürün hatalı olarak gönderilecektir. Hatanın anlaşılması güçtür. Teşhis güvenilirliği %90 üstündedir.
10	Hatanın varlığı çok büyük olasılıkla kontrollerde tespit edilemeyecek.	Çok yüksek olasılıkla ürün ve/veya hizmet hatalı olarak gönderilecektir. Hata proses ve/veya hizmette gözükmeyen ve belirti göstermeyecek şekildedir (1/10+). Teşhis olasılığı %90

Tablo 4.10 Hizmet OHTEA'da "ciddiyet" değerlendirilmesi [15]

ETKİ	DEĞERLENDİRME	KRİTER
Etki yok	1	Ürün üzerine veya bir sonraki prosese etkisi yok.
Çok az etkili	2	Müşteri büyük olasılıkla hatadan habersiz. Ürün/hizmet performansı üzerine çok az etkisi var. Önemsiz hatalar bazen farkına varılıyor.
Az etkili	3	Müşteriye çok az kızgındır. Sistem ve ürün performansını hafifçe etkiler. Çoğu zaman önemsiz hatalar görülür.
Önemsiz etki	4	Müşteri rahatsızlık duyuyor. Hata dikkat gerektirmiyor ama önemsiz hatalar çoğalıyor.
Orta derecede etki	5	Müşteri arzulanmayan deneyimler kazanır. Önemsiz kısımlardaki hataların bakım-onarımına ihtiyacı var.
Anlamlı etki	6	Müşteri rahatsızdır. Ürün performansı düşük ama güvenli ve operasyona girer. Önemsiz hizmet kusuru
Önemli	7	Müşteri tatminsiz. Hizmet üzerinde önemli etki; hizmette yeniden işleme gerekli. Ürün performansı ciddi biçimde bozulur, fakat fonksiyonel ve güvenlidir.
Çok önemli etki	8	Müşteri çok tatminsiz. Ekipman zarar görmüştür. Ürün/hizmet kusurlu ama güvenli. Sistem kusurlu.
Ciddi etki	9	Potansiyel tehlikeli etki. Ürün/hizmeti aksilik dışında durdurabilecek zamana bağımlı hata. Sonraki proses operasyonlarında duraksama.
Tehlikeli etki	10	Tehlikeli etki. Güvenlikle ilgili ani hata.

Tablo 4.11 Hizmet OHTEA'da "oluşma olasılığı" değerlendirilmesi [15]

Teşhis	Değerlendirme	Cpk	Kriter	CNF / 1000
Hemen hemen mümkün değil	1	>1.67	Hata olası değil. Eski veriler hata göstermiyor.	<0.00058
Uzak	2	>1.50	Nadir sayıda hata olasıdır	0.0068
Çok az	3	>1.33	Çok az hata olasıdır.	0.0063
Az	4	>1.17	Az hata olasıdır	0.46
Düşük	5	>1.00	Şans eseri olan hatalar olası	2.7
Orta	6	>0.83	Orta derecede hata sayısı olasıdır.	12.4
Yükseğe yakın	7	>0.67	Sık sık olan yüksek hata sayısı olasıdır.	46
Yüksek	8	>0.51	Yüksek sayıda hata olası	134
Çok yüksek	9	>0.33	Çok yüksek sayıda hata olası	316
Hemen hemen kesin	10	<0.33	Hemen hemen hata kesin. Hatanın varlığı önceki cveya benzer tasarımdan kaynaklanıyor.	>316

Tablo 4.12 Hizmet OHTEA'da "keşfedilebilirlik" değerlendirilmesi [15]

Teşhis	Değerlendirme	Kriter
Hemen hemen kesin	1	Sürekli kontroller hatayı yakalayabilir. Güvenilir teşhis kontrolleri, bilinmekte ve benzer proseslerde kullanılmaktadır.
Çok yüksek	2	Sürekli kontroller hatayı yüksek olasılıkla teşhis eder.
Yüksek	3	Sürekli kontroller hatayı iyi olasılıkla teşhis eder.
Orta yüksek	4	Sürekli kontroller hatayı orta-yüksekolasılıkla teşhis eder.
Orta	5	Sürekli kontroller hatayı orta olasılıkla teşhis eder.
Düşük	6	Sürekli kontroller hatayı düşük olasılıkla teşhis eder.
Az	7	Sürekli kontroller hatayı az olasılıkla teşhis eder.
Çok az	8	Sürekli kontroller hatayı çok az olasılıkla teşhis eder.
Uzak	9	Sürekli kontroller hatayı uzak olasılıkla teşhis eder.
Hemen hemen olası değil	10	Hatayı teşhis edecek bilinen hiçbir kontrol mevcut değil.

Tablo 4.13 Proses ve Hizmet OHTEA'da "oluşma olasılığı" nın kantitatif değerlendirilmesi [15]

DEĞERLENDİRME	TEŞHİS
1	Hata olası değil: Cpk 1.67'e eşit veya büyüktür.
2	Çok düşük: Proses istatistiki kontrol içindedir. Cpk 1.33'e eşit veya büyüktür.
3	Düşük: Proses istatistiki kontrol içindedir. Cpk 1.00'a eşit veya büyüktür.
4-6	Orta: Cpk 1.00'a eşit veya düşüktür.
7-8	Yüksek: Proses istatistiki kontrol içinde değildir. Hatalar çok sık olmaktadır.
9-10	Çok yüksek: Hatalar kaçınılmazdır.

4.4 Olası Hata Türü ve Etkisi Analizinin Uygulama Adımları

OHTEA çalışması sekiz adımdan oluşan bir yaklaşımla gerçekleştirilmektedir: [15]

1. Ekip kurulur ve ilgili konu beyin fırtınası yardımıyla tartışılır. Ekip üyelerinin konularında tecrübeli ve çok yönlü olmaları başarıyı arttıracaktır.
2. Sistem ve Tasarım OHTEA için “Fonksiyonel Blok Diyagramı”, Proses ve Hizmet OHTEA için “Proses Akış Diyagramı” uygundur. Bütün bu araçlar, sistemler, altsistemler, bileşenler, prosesler, montaj ve/veya hizmetlerdeki ilişkileri ve etkileşimlerin işleyen bir modelini ve gözden geçirilmesini sağlamaktadırlar. Böylece sistem, tasarım, proses, ürün ve/veya hizmet anlaşılır hale gelmektedir.
3. Problem ekip tarafından doğru biçimde anlaşıldıktan sonra hangi kısım önemli, nereden başlanmalı gibi sorulara cevap arayarak gerçek analiz başlar. Ancak genelde bu adım, önem değerlendirmesini müşterinin belirlemesi gerekliliğinden ve garanti maliyetleri veya diğer girdilerin tesbiti yönetim tarafından gerçekleştirildiğinden işlem görmeden geçilmektedir.
4. Hatalar için veriler toplanır ve uygun biçimde sınıflandırılarak OHTEA formunda hata türlerinin tanımlandığı aşamadır.
5. { Veri → Enformasyon → Bilgi → Karar } akışı doğrultusunda yapılan analiz kalitatif veya kantitatif olabilir. Beyin Fırtınası, Neden-Sonuç Diyagramı, Kalite Fonksiyonlarının Geliştirilmesi (QFD), Deneysel Tasarım (DOE), İstatistiksel Proses Kontrol, bir başka OHTEA, matematik modelleme, simulasyon, güvenilirlik analizi veya başka bir yöntemden herhangi biri ekip üyeleri tarafından değerlendirilerek en uygun olanı seçilir ve böylece OHTEA formunun Hata Etkisi ile şimdiki koşulların Ciddiyet, Oluşma, ve Teşhis tahminlerinin yapıldığı kısımlar doldurulmuş olur.
6. Ciddiyet, Oluşma, Teşhis ve RÖG' si sayısallaştırılarak uygun kolonlara yazılırlar.
7. Sonuçlar kaydedildikten sonra başarının veya hatanın saptandığı / değerlendirildiği ve ölçüldüğü yani sonuç olarak problemlerin ne şekilde ele alınacağı ve iyileştirme sonuçlarının değerlendirilmesi yapılır.
8. OHTEA sürekli gelişme sağlayan bir yöntem olduğu için aynı adımların

tekrarlanması bir gerekliliktir.

Ayrıca bir OHTEA tamamlandıktan sonra aşağıda söz edilen konulara önem verilmelidir: [15]

- Temel sebep, etkisi veya belirtisi tanımlanmış mı ?
- Düzeltici faaliyet ölçülebilir mi ?
- Belirli bir tarihsel akıcılık ve süreklilik mevcut mu ?
- Ciddiyet kolonunda, hesaplanan değeri 7 ve üstünde olanlar ve RÖG 100'e eşit olanlar yüksek riskli bölgelerdir.
- Hatanın ciddiyeti ve etkisi kolonları arasında doğrusal bir korelasyon mevcut olmalıdır.
- Kritik, mühim ve önemli karakteristiklerin bir kontrol planında dokümanite edilmesi gerekmektedir.
- Kontrol planları revize edilmiş, İstatistiksel Kontrol çalışmaları kurulmuşsa yeterlilik çalışmalarına hız verilmelidir.
- $Cpk \leq 1.33$ olan işletmelerde varyansı (sapma) azaltacak çalışmalar yapılarak prosesin sürekli ilerlemesi sağlanmalıdır ve hedef $Cpk=1.67$ 'yi yakalamak olmalıdır.
- $Cpk \geq 1.33$ 'ten büyük olan firmalarda sapma azaltılarak $Cpk \geq 2.00$ hedefine ulaşılmalıdır.

4.4.1 OHTEA oluşturulurken kullanılan araçlar

1. Hata Ağacı Analizi (HAA)
2. İş (görev) Analizi
3. Proses Akış Diyagramı
4. Fonksiyonel Akış Diyagramı ve Fonksiyonel Blok Diyagramı
5. Krokiler, Şemalar, Planlar
6. İhtiyaç ve Fizibilite Analizi
7. Hata Türü Analizi

8. Kontrol Planı
9. Proses Potansiyel Çalışması
10. Deneyisel Tasarım (DT)
11. Kalite Fonksiyonlarının Geliştirilmesi (KFG)
12. Beyin Fırtınası, Neden - Sonuç Diyagramı

4.4.1.1 OHTEA ile kalite teknikleri arasındaki ilişkiler

OHTEA tekniği oluşturulurken kullanılan tekniklerle OHTEA arasındaki ilişkiler aşağıdaki maddelerde açıklanmaktadır.

4.4.1.1.1 OHTEA ve hata ağacı analizi (HAA)

HAA, OHTEA ile birlikte kullanılarak hata türleri arasındaki ilişkilerin anlaşılmasını sağlar, böylece hata türlerinin sebep faktörleri tanımlanmış olmaktadır. Bu teknikler yardımıyla hata olasılığı veya hata etkisinin en aza indirilmesi sağlanmış olur. HAA içerisinde kullanılan blok diyagramları sayesinde hataların türü ve etkilerinin izlenebilirliği göz önüne konulmuş olmaktadır.

Ürün güvenilirliğinin bilinen iki yönü vardır. Bunlar; sistem hatalarının etkilerinin en aza indirilmesi ve sistem bileşenlerinin ve parçalarının güvenilirliğini arttırmak için daha etkili yolların bulunmasıdır.

HAA, parçaların güvenilirlikleri ile sistemin güvenilirlik hedefleri arasındaki ilişkiyi göstermek için kullanılmaktadır. Böylece ürün güvenilirliği hakkında bazı veriler elde etmiş oluruz. OHTEA, bir ilerleme sağlamak için bazı planların geliştirilmesi ve maliyet gereksinimlerimize en yakın olan birini seçmek için uygulanır. HAA ise güvenilirlik değerlendirmeleri ve imalat değerlendirmelerinin sonuçlarının doğru şekilde analizini sağlayan etkili bir yöntemdir.

HAA ile OHTEA'nın farklı yönleri aşağıdaki gibidir:

- OHTEA tüm potansiyel hata türleri için uygulanırken HAA ise daha sonraki analizleri garanti altına almak için çok ciddi olarak tanımlanan bir ürünün negatif sonuçları için uygulanmaktadır.
- HAA, bir çok alt olay oluşmadan oluşmayacak bir negatif olayın durumunu analiz eder.
- HAA birbirleri ile etkileşim içinde olan olayların arasındaki ilişkileri gösteren daha kesin bir metottur.

HAA ile; hata türlerinin listelenmesini, gerçek sebeplerin tebitini, bu sebeplerin başlangıç noktalarının araştırılmasını, başlangıç noktalarının ve sebeplerinin uzaklaştırılma yollarının araştırılmasını sağlamış oluruz.

HAA'nın genel prosedürü aşağıdaki gibidir: [12]

- Sistemi, temel kuralları ve analizde kullanılacak kabulleri belirt,
- Sistemin girdileri, çıktıları ve ara fazları gösteren basit bir blok diyagramını geliştir,
- İlgilenilen konuyu en önemli olayını belirt,
- HAA yardımcı grafik araçlarını kullanarak yapıyı oluştur,
- Tamamlanmış hata ağacını analiz et.
- Tasarım değişiklikleri için düzeltici faaliyet önerisinde bulun,
- Analizi ve sonuçlarını dokümante et.

HAA tekniğinin kullanılması ile elde edilen kazançlar aşağıdaki gibidir: [15]

- Analizi gözönünde canlandırılmasını sağlar,
- Sistemin güvenilirliğinin tanımlanmasına yardımcı olur,
- Her tepe sebebin oluşumunun olasılığını tesbit eder,
- Güvenlik gereksinimlerine uyulması için dokümante edilmiş delilleri sağlar,
- Tasarım değişikliklerinin ve alternatiflerinin etkisini tayin eder.

4.4.1.1.2 OHTEA ve blok diyagramları

Blok diyagramları, akış diyagramlarının bir başka şeklidir ve aşağıda tanımlanan olaylar için tercih edilmektedir:

- Sistem; en önemli bileşenler ve alt sistemler arasındaki ilişkiyi tanımlamak için,
- Detay; bir montaj veya alt sistem içersindeki her kısım arasındaki ilişkiyi tanımlamak için,
- Güvenilirlik; önemli bileşenlerin, alt sistemlerin veya detaylı kısımların gereksinilen fonksiyonlarının başarılmasında bağımlı veya bağımsız dizilerin tanımlanması için,

4.4.1.1.3 OHTEA ve deneylerin tasarımı (DoE)

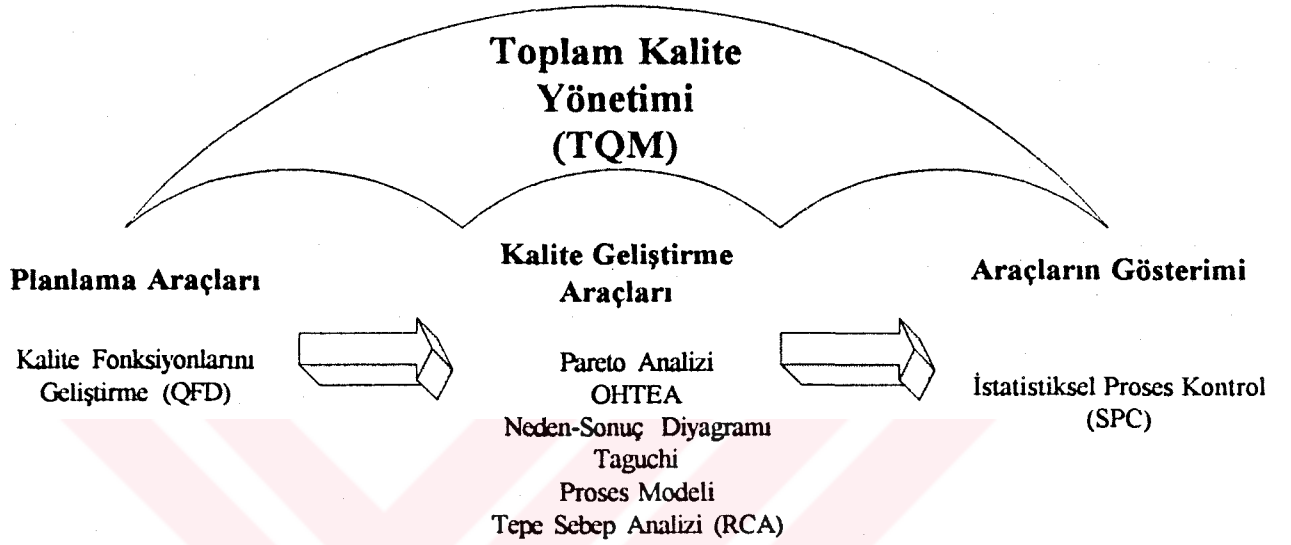
DT, güvenilirlik testinde kullanılır ve arzulanan olaya sebep olan birincil faktörleri tanımlar. DT, OHTEA içersinde çoğunlukla, birçok bağımsız değişken hakkında ve/veya sebep faktörlerin etkileşim etkileri arasında bir ilgi varsa kullanılmaktadır. [15]

4.4.1.1.4 OHTEA ve kalite fonksiyonlarını geliştirme (QFD)

KFG, tasarım ve müşteri özelliklerinin erken tanımlanmasını, OHTEA ise proses geliştirmenin ilk safhalarında tasarım konularının yazılması ve proses kontrollerinde ve kalifikasyon test planları için önemli girdileri sağlamaktadır. [15]

KFG, müşteri gereksinimlerini tasarım ve imalat ihtiyaçlarına dönüştüren yapılaşdırılmış proses olarak, ne? ne zaman? nerede? niçin? ve nasıl? gibi sorulara cevap arayarak, bu soruları ve bu soruları etkileyen parametrelerin sonuçlarını balık kılçığı diyagramında toplar. [15]

Sürekli ilerleme, hataların giderilmesi, müşteri tatmini gibi konularda OHTEA ile KFG aynı yaklaşımlara sahiptir fakat bu iki teknik arasında uygulama sıralamasında KFG'yi Sistem OHTEA takip etmektedir. OHTEA ile KFG arasındaki ilişki şekil 4.4'de gösterilmektedir.



Şekil 4.4 OHTEA ile KFG arasındaki ilişki. [15]

KFG 'nin yerine getirilmesi ile elde edilen kazançlar aşağıdaki gibidir: [15]

1. Stratejik faydalar:

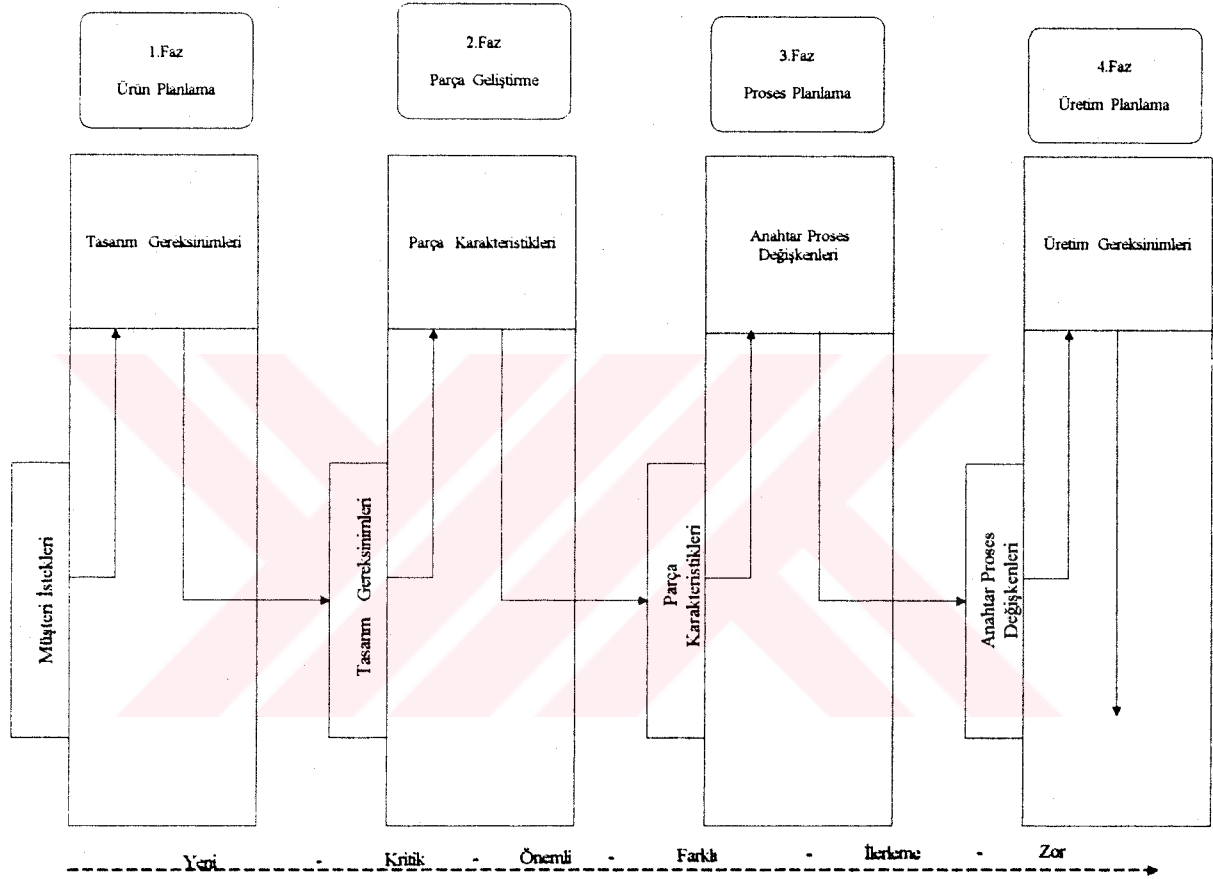
- Maliyetler düşer,
- Düşük mühendislik değişiklikleri,
- Daha fazla pazar payı,
- Düşük döngü zamanı,
- Proses değişikliğinde azalma.

2. Uygulamadaki faydaları:

- İletişimi geliştirir,

- İhtilaftaki gereksinimleri tanımlar,
- Gelecek için kayıtlı bilgileri saklar,
- Diğer kalite tekniklerini birleştirir.

Şekil 4.5'de KFG tekniğinin dört ayrı fazı şematik olarak gösterilmektedir. [15]



Şekil 4.5 KFG tekniğinin dört ayrı fazı. [15]

4.5 Olası Hata Türü ve Etkisi Analizi Türleri ve Özellikleri

Sistem OHTEA sistem mühendisi tarafından, Tasarım OHTEA tasarım mühendisi tarafından, Hizmet OHTEA o hizmetin bölüm yöneticisi tarafından yönetilir ve takip edilir.

Sistem OHTEA' nın sonuçları aşağıdaki gibidir: [15]

- RÖG'ne göre sıralanan hata türlerinin listelenmesi,
- Potansiyel hata türlerini teşhis edebilen sistem fonksiyonlarının listelenmesi,
- Hata türlerini, güvenlik sorunlarını yok etmek ve oluşma olasılığını azaltmak için tasarım faaliyetlerinin listelenmesi.

Sistem OHTEA' nın kazandırdıkları aşağıdaki gibidir: [15]

- Optimum sistem tasarım alternatiflerinin seçimine yardım eder,
- Potansiyel problemlerin kabul edilebilirliğinin olasılığını artırır,
- Potansiyel sistem hataların ve diğer sistem ve alt sistemlerle olan etkileşimlerini tanımlar

Tasarım OHTEA, kalite planlama işlemi sırasında yapılarak, tasarım tamamlanmadan mühendislik gereksinimleri için zorunlu değişiklikleri ve önlemleri belirler.

Tasarım OHTEA, potansiyel veya bilinen hata türlerini tanımlayan ve ilk üretim gerçekleşmeden takibi ve düzeltici faaliyetlerin alınmasını sağlayan disipline edilmiş bir analiz / metoddur. Amaç her zaman bütün özelliklerin gereksinimlerin, sorun yaratabilecek noktaların bu ilk üretimden önce giderilmesidir. Bu aşamada yapılabilecek mecburi veya isteğe bağlı değişikliklerin gerçekleştirilmesi daha problemsiz olacaktır. Tasarım spesifikasyonları aşağıdaki gibidir: [15]

I. Tasarımın gayesi

II. Uygulanabilir dokümanlar; standartlar, güvenilirlik ve garanti dokümanları, benzer veya önceki ürünlerdeki dokümanlar.

III. Genel bilgi; ürün fonksiyonları, müşterinin kim olduğunun anlaşılması, müşteri ihtiyaçları, beklentileri, istekleri, müşterinin doğru ve bilinçsiz kullanmasının

anlaşılması

IV. Gereksinimler;

- Tasarım gereksinimleri; elektriksel, mekaniksel, güvenilirlik, hizmetömrü, güvenlik, malzeme, çevre, kontroller, bölümlerin standardizasyonu
- Bakım bedeli (göz önüne alınması)
- Maliyet hedefi
- Tasarım alternatifleri
- Kritik sistemler

V. Ürün güvencesi; dokümantasyon gereksinimleri, test ve muayene gereksinimleri, paketleme ve işleme gereksinimleri

Bu hedeflerin gerçekleşmesi için Tasarım OHTEA'nın kendi gereksinimleri müşterinin gerçek beklenti, istek ve gereksinimlerine dayanmalıdır.

Tasarım OHTEA' nın sonuçları: [15]

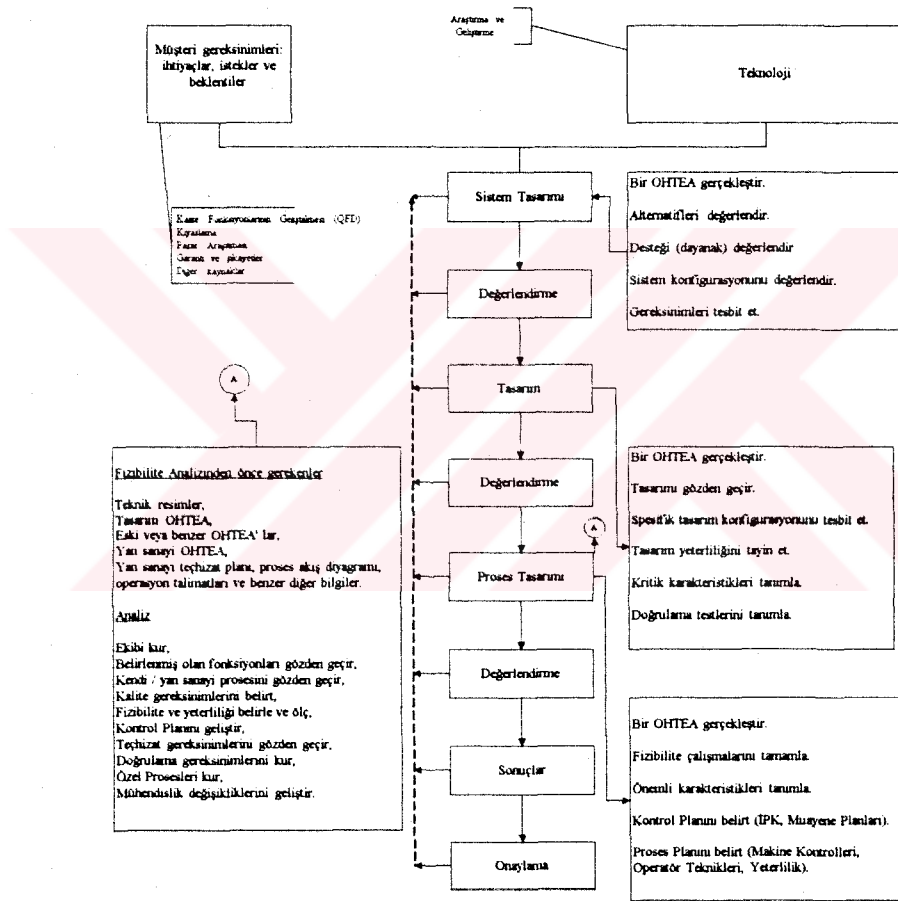
- Hata türlerinin RÖG'ne göre listelenmesini sağlar,
- Kritik ve/veya mühim karakteristiklerin olası listesini verir,
- Hata türlerini yok etmek ve oluşma olasılığını azaltmak için tasarım faaliyetlerinin olası listesini verir,
- Uygun test, muayene ve/veya teşhis metotları için parametrelerin listesini verir,
- Kritik ve mühim karakteristikler için önerilen faaliyetlerin potansiyel listesini verir.

Tasarım OHTEA' nın kazandırdıkları: [15]

- Tasarım iyileştirme faaliyetleri için önceliği kurar,

- Kritik ve mühim karakteristiklerin tanımlanmasına yardım eder,
- Tasarım gereksinimlerinin ve alternatiflerinin değerlendirilmesine yardım eder,
- Potansiyel güvenlik işlerini tanımlar ve ortadan kaldırır,
- Ürün geliştirmenin ilk safhasında ürün hatalarını tanımlar.

Şekil 4.6'da bir işletme içerisinde tasarım olgusunun gelişimi gösterilmektedir. [15]



Şekil 4.6 Tasarımın gelişimi. [15]

Tasarım OHTEA' nın yerine getirilmesi için gerekli özel sorular: [15]

- Ürünün görevi nedir? Ne amaçla kullanılmaktadır?

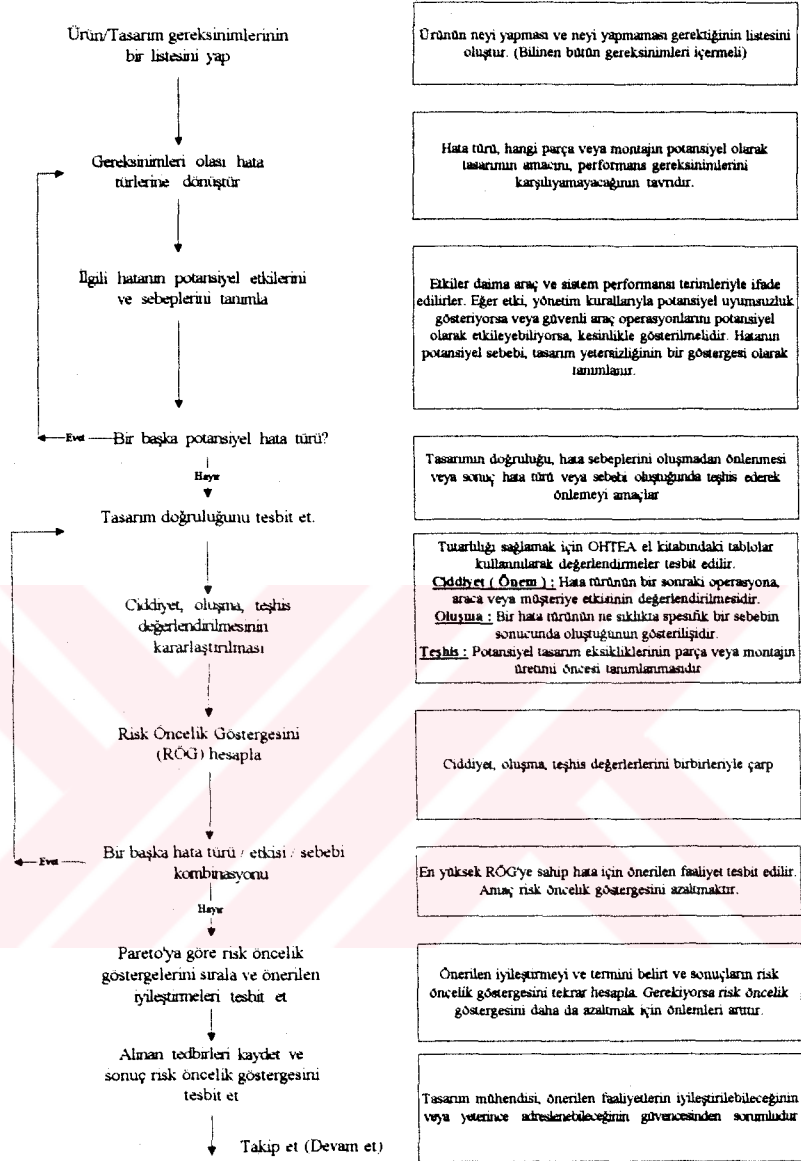
- Ürün fonksiyonlarını nasıl yerine getirir?
- Ürün için hangi hammadde ve bileşenler kullanılmaktadır?
- Hangi enerji kaynakları ve nasıl gerekmektedir?
- Ürün nasıl kullanılır, tamir edilir, onarılır ve kullanım süresi sonunda nasıl elden çıkarılır?
- Ürünün imalat proses adımları nelerdir?

Proses OHTEA, imalata başlanılmadan önce planlanan imalata bağımlı kalınarak ürünün müşteri ihtiyaçlarını ve beklentilerini karşılayıp karşılamadığından emin olmak için tasarım karakteristiklerini analiz etmektedir.

Proses OHTEA'nın hedefi, amacı ve / veya maksadı, tasarım OHTEA ve müşteri tarafından tanımlanmış olan kalite güvenilirlik, bakılabilirlik, maliyet ve verimlilik gibi konulara cevap vermek için, mühendislik çözümleri tanımlamak, ispat etmek ve artırmaktır. Buradaki püf nokta kalite güvenilirlik, maliyet ve verimlilik elementlerinden ayrı olarak düşünülemez ve hepsi optimumda iken proses en üst noktaya ulaşacaktır.

Proses OHTEA'nın sonuçları aşağıdaki gibidir: [15]

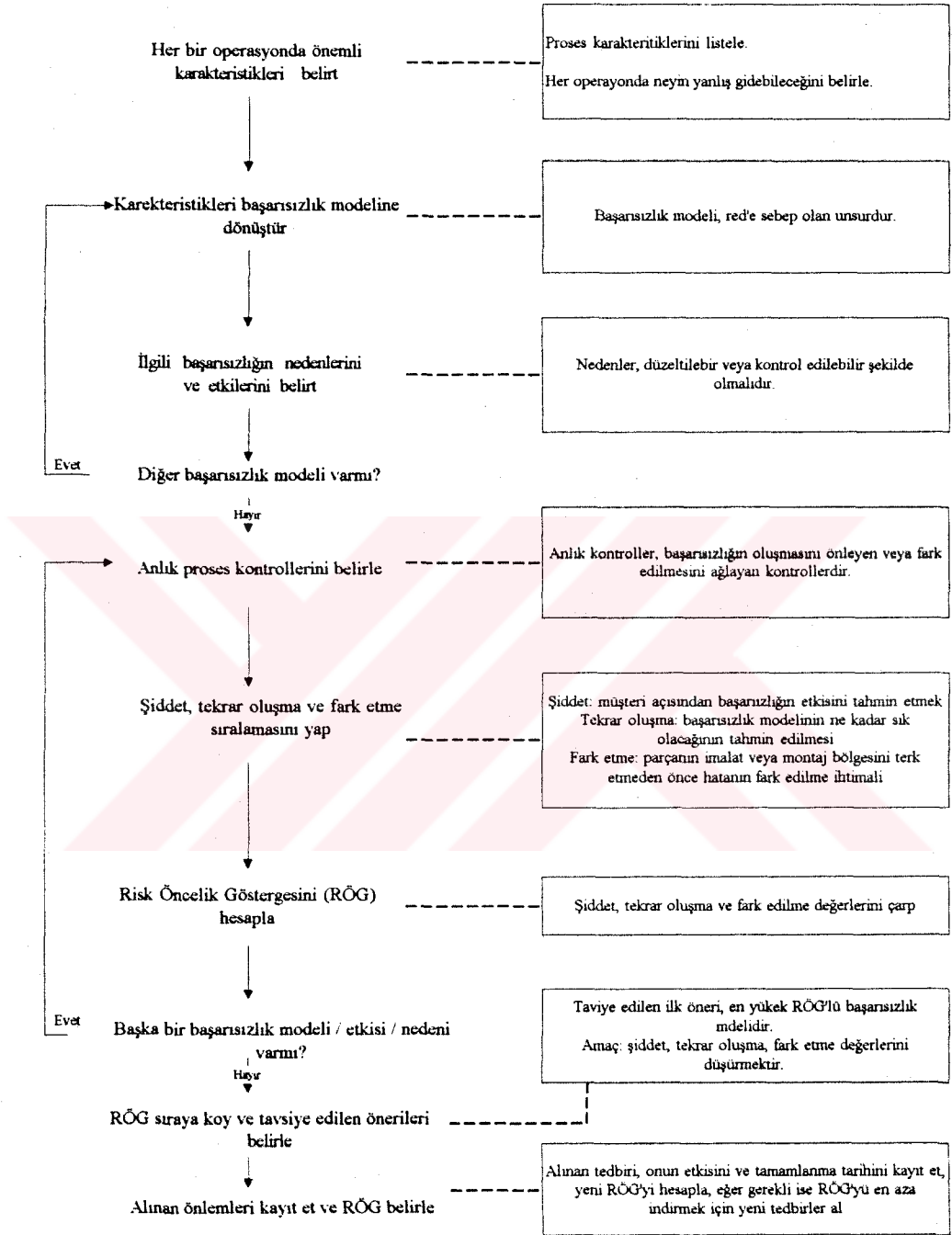
- RÖG'ne göre hata türlerinin potansiyel listesi,
 - Kritik ve/veya mühim karakteristiklerin potansiyel listesi,
 - Kritik ve mühim karakteristiklerin adreslenmesi için önerilen faaliyetlerin potansiyel listesi,
 - Hata türlerinin yok edilmesi için, oluşmalarının azaltılması için ve eğer Cpk ilerletilmemiş ise hata teşhisini arttırmak için bir potansiyel liste oluşturur.
- Şekil 4.7'de tasarım OHTEA prosedürü şematik olarak gösterilmektedir.



Proses OHTEA' nın kazandırdıkları aşağıdaki gibidir: [15]

- Proses hatalarını tanımlar ve düzeltici faaliyet planını sunar,
- Kritik ve/veya mühim karakteristikleri tanımlar ve kontrol planlarının

Şekil 4.9'da Proses OHTEA prosedürü şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 4.9 Proses OHTEA prosedürü. [15]

Tablo 4.14'de sıralanmış olan düzeltici faaliyetlerin risk öncelik göstergesini (RÖG) oluşturan öğeleri nasıl etkiledikleri gösterilmektedir.

Tablo 4.14 Tasarım ve Proses OHTEA'da risk değerlendirmesini etkileyen eylemler [15]

DÜZELTİCİ FAALİYETLER	OLUŞMA OLASILIĞI		ŞİDDET		KEŞFEDİLEBİLİRLİĞİ	
	TASARIM	PROSES	TASARIM	PROSES	TASARIM	PROSES
1. Prosesi yeniden tasarla	–	EVET	–	BELKİ	–	EVET
2. Ürünü yeniden tasarla	EVET	BELKİ	EVET	BELKİ	EVET	BELKİ
3. Mevcut kontrolleri geliştir	HAYIR	HAYIR	HAYIR	HAYIR	EVET	HAYIR
4. Malzeme parçalarını değiştir	EVET	BELKİ	HAYIR	HAYIR	EVET	BELKİ
5. Uygulamayı değiştir	EVET	HAYIR	EVET	BELKİ	EVET	BELKİ
6. Alan çevresini (ilgi alanı) değiştir	EVET	HAYIR	EVET	BELKİ	EVET	HAYIR
7. Güvenilirlik programını geliştir	EVET	EVET	HAYIR	HAYIR	EVET	EVET
8. İşçi eğitimini geliştir	HAYIR	BELKİ	HAYIR	HAYIR	EVET	EVET
9. OHTEA programını yerine getir	EVET	EVET	EVET	EVET	EVET	EVET
10. IPK programını yerine getir	HAYIR	EVET	HAYIR	HAYIR	HAYIR	EVET
11. Kalite planını geliştir	HAYIR	EVET	HAYIR	HAYIR	HAYIR	EVET

Etkili Hizmet OHTEA temel olarak müşteri hizmetlerinin, hizmet (ürün) geliştirmenin, araştırmanın kalite güvencenin, pazarlamanın, operasyonların veya bütün bunların kombinasyonunun aktif katılımı doğrultusunda gerçekleşir.

Hizmet OHTEA' nın sonuçları aşağıdaki gibidir: [15]

- RÖG'ne göre hataların potansiyel listesi,
- Kritik veya mühim hizmetlerin veya proseslerin potansiyel listesi,
- Proses ve hizmetlerin engellerinin potansiyel listesi,
- Hataların yok edilmesi için potansiyel liste,
- Sistem / proses fonksiyonlarının gösteriminin potansiyel listesi.

Hizmet OHTEA' nın kazandırdıkları aşağıdaki gibidir: [15]

- İş akış analizine yardım eder,
- Sistem ve/veya proses analizine yardım eder,
- Hizmet hatalarını tanımlar,
- İlerleme faaliyetleri için öncelik kurar.

Hizmet OHTEA' nın yerine getirilmesi için gerekli özel sorular aşağıdaki gibidir: [15]

- Hizmetin gerçek performansı ve etkinliği nedir?
- Hizmetin amacı nedir?
- Hizmet için başlangıçtaki uygun olan spesifik edilmiş gereksinimle nelerdir? Onlara ulaşıyor mu?
- Hizmet fonksiyonunu nasıl yerine getirir?
- Hizmetin götürülmesinde hangi malzeme ve/veya diğer hizmetler kullanılmaktadır?
- Hizmetin kullanım sürecinin sonunda hizmet nasıl tamir edilir, yapılandırılır?
- Hizmetin götürülmesindeki operasyon adımları nelerdir?
- Hangi enerji kaynakları gerekmektedir ve nasıl?
- Hizmet maliyet içerikli midir?

Kıyaslama; rakibin ne yaptığını ve organizasyonda en iyi nasıl içerdiğini tanımlamanın bir yoludur. Yani dünya çapında bir işletme olmanın yoludur.

KFG; müşterilerin ihtiyaçlarını, isteklerini ve beklentilerini tanımlamanın yoludur. Yani müşterinin sesidir.

Pazar Araştırması; matematik modelleme ve gözden geçirme ile pazar ihtiyaçlarının tanımlanmasının yoludur.

Odak grupları; işletme tarafından sunulan bir hizmet / ürüne müşterinin nasıl reaksiyon göstereceğinin ifade edilmesinin yoludur.

4.6 OHTEA ve ISO 9000 İlişkisi.

Eğer bir müşteri satınalmış olduğu hatalı üründen dolayı kaynaklanan bir zarara uğramış ise ve bunu kanıtlıyabiliyorsa, söz konusu ürünün imalatçısı hata ne olursa olsun tam manasıyla sorumludur. Bu sorumluluğu garanti altına almayı ISO 9000 standartları sağlamaktadır. Dolayısıyla üretici kendi ürünündeki hatalar nedeniyle meydana gelen zararlardan sorumludur. [15]

Ürün, birincil tarımsal ürünlerin ve oyunların haricinde kalan elektrik dahil tüm hareket edebilenler olarak tanımlanır. Tüketici olarak bitmiş ürünün imalatçısı, hammaddenin tüketicisi veya bileşen parçaların imalatçısı olarak ise ürün üzerinde ismini, logosunu veya diğer ayırıcı özellikleri koyarak ürünün kendisine ait olduğunu kanıtlayan olarak tanımlamak mümkündür. [15]

OHTEA yönteminin ISO 9000 standartları sisteminde kullanılabilir olmasının sebebi, tasarım ve imalat içerisinde önleyici bir araç niteliğinde olması rol oynamaktadır. ISO 9001'de OHTEA'nın etkin biçimde ele aldığı can alıcı tasarım karakteristikleri, tasarım gereksinimleri maddesinde ele alınmaktadır. Bütün bunların ışığında OHTEA sistemi, tasarımı, prosesi ve/veya hizmeti bilinen veya olası problemleri modifiye edip azaltarak, düzelterek ve/veya yok ederek optimize eden bir araçtır. [15]

BÖLÜM 5 KALİTE YÖNETİMİ TEKNİKLERİNDEN OLASI HATA TÜRÜ VE ETKİSİ ANALİZİNİN ORTA ÖLÇEKLİ BİR DÖVME SEKTÖRÜNDE UYGULANMASI

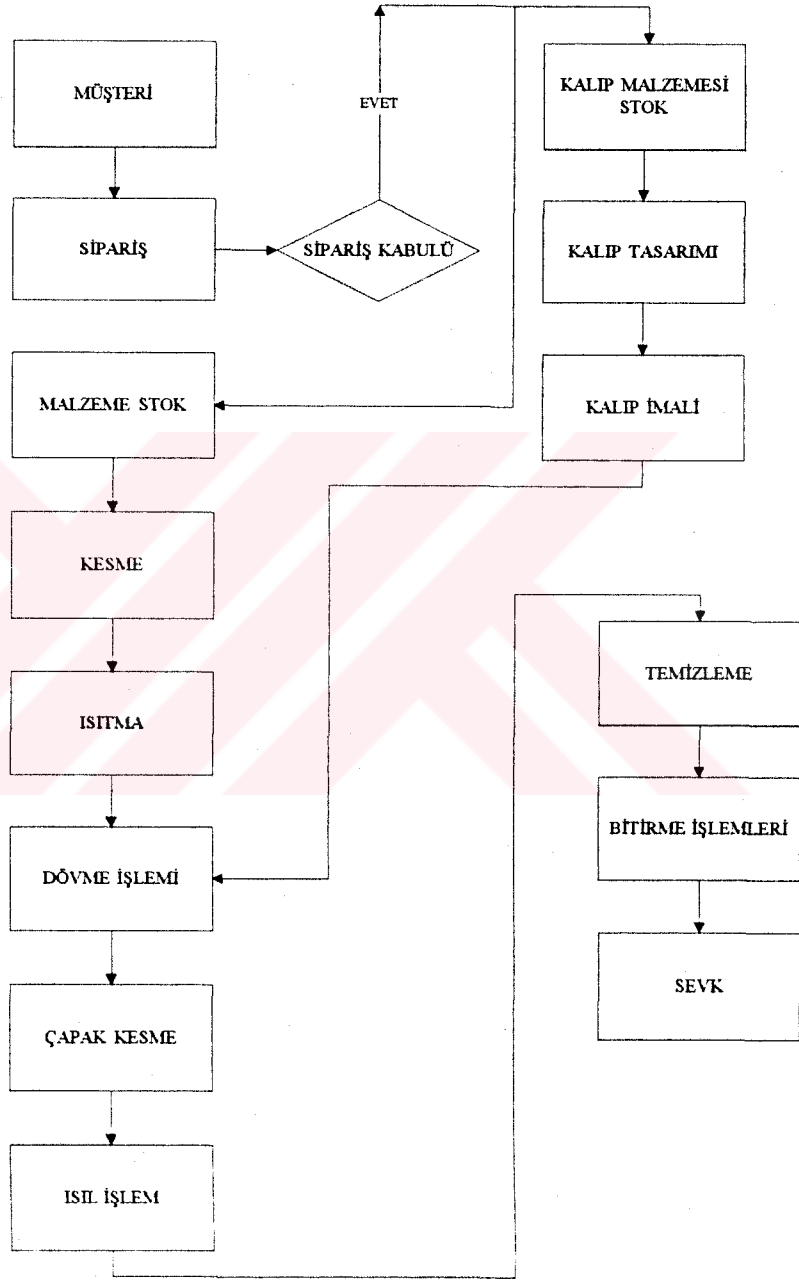
Sıcak dövme teknolojisinin ürettiği ürünler, sahip oldukları yüksek mukavemet özelliğinden dolayı artan bir ilgi ile imalat endüstrisinin ve özellikle otomotiv sanayinin en önemli tercihi durumundadır. Bunun en büyük sebebi, dövme prosesi sonucu hem yüksek zorlanmalara daha çok dayançlı hem de karmaşık şekilli parçaların üretilmesidir.

Bunun yanısıra günümüz rekabet ortamında dövme teknolojisinde bilgisayar destekli üretime geçilmesi, hızlı üretim, malzeme sarfiyatının azalması (alaşım elementlerinin kullanılması) ve bazı dövme parçalarının üretiminde alaşım elementi kullanılarak ısıtılma prosesinin devre dışı bırakılması sonucu diğer yöntemlere göre avantajını giderek arttırmaktadır.

Dövme teknolojisinin daha verimli hale getirilmesi için bu tez kapsamında anlatılan OHTEA tekniği, hem genel dövme prosesine hem de seçilen bir parça üzerinde ayrı ayrı uygulanmıştır. Proses OHTEA çalışması sonucu belirlenen hataların RÖG değerleri farklı OHTEA grupları için değişebileceğinden verilmemiştir. RÖG değerlendirmesi yalnızca örnek olarak seçilmiş olan parça için yapılmıştır.

Bir dövme prosesinin genel akım şeması şekil 5.1'deki gibi olmaktadır.

Tablo 5.1’de ise genel dövme prosesi için uygulanacak OHTEA’ne temel kaynak oluşturacak olası hata türleri, hata etkileri ve hata sebepleri kapsamlı olarak verilmiştir.



Şekil 5.1 Dövme prosesinin genel akım şeması

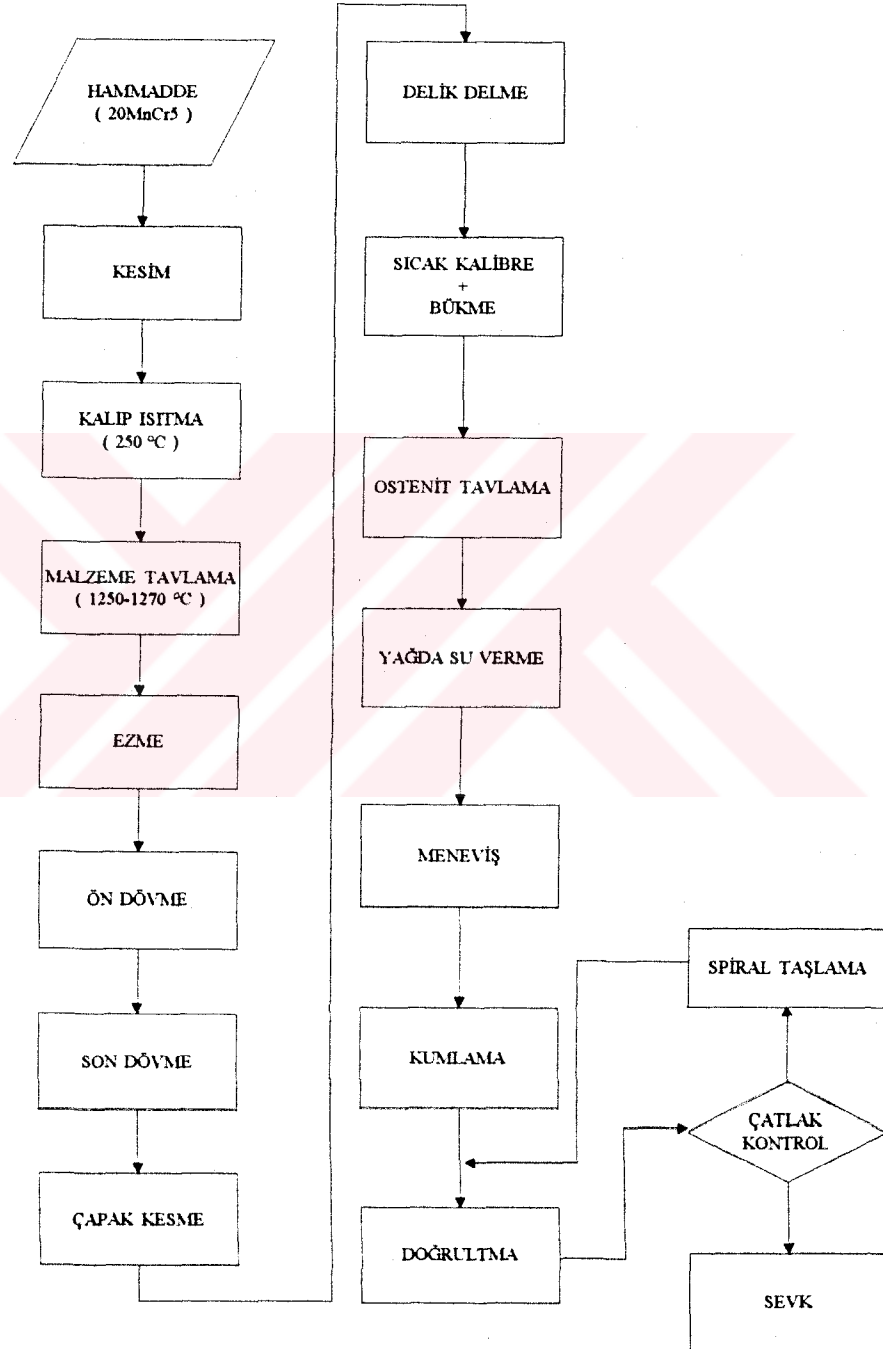
Tablo 5.1 Dövme prosesinde karşılaşılan hata türleri, hata sebepleri ve bu hataların etkileri.

OPERASYON KADEMESİ	HATA NO	HATA TÜRÜ	HATA SEBEPLERİ	HATA ETKİLERİ
GİRİŞ KONTROL OPERASYONU	HT1	KİMYASAL ANALİZ HATALI	• SPESİFİKASYONA UYGUN OLMAYAN MALZEME İMALİ • HATALI SERTİFİKA GÖNDERİLMESİ • ETİKETLEMEDE KARIŞIKLIK	PARÇANIN KULLANIM UYGUNLUĞUNA TERS DÜŞER
	HT2	MİKROYAPI HATALI	• UYGUN OLMAYAN ISIL İŞLEM	BİR SONRAKİ OPERASYONDA GÜÇLÜK ÇIKARIR
	HT3	YETERSİZ SICAK ŞEKİLLENDİRME		
	HT4	UYGUN OLMAYAN İNKLÜZYON	• YETERSİZ TEMİZLİKTE DÖKÜM	
	HT5	JOMMINY BANDI HATALI	• KİMYASAL KOMPOZİSYONUN İYİ SAĞLANAMAMASI	
MALZEME KESİMİ	HT6	UZUN veya KISA BOY KESİMİ	• YANLIŞ BİLGİLENDİRME • YANLIŞ BOY AYARLANMASI • TEZGAH KIZAK BOŞLUKLARININ KESİMDE DİKKATE ALINMAMASI	PARÇANIN DOLDURMAMASINA ve KAT OLUŞUMUNA YOL AÇAR
	HT7	EĞRİ KESİM	• BİÇAK ARALIĞININ UYGUN AYARLANMAMASI	
	HT8	SAKALLI KESİM	• MALZEME SERTLİĞİNE UYGUN OLMAYAN BİÇAK SEÇİMİ • BİÇAK ARALIĞININ NORMALDEN FAZLA OLMASI	
	HT9	ÇENTİKLİ KESİM	• MAKAS AĞIZLARININ BOZULMASI	
KALIP KONTROL	HT10	ÖLÇÜSEL YONDEN UYGUNSUZ KALIP İMALİ	• TASARIMDAN GELEN HATA • ELEKTROD İMALİNDEN GELEN BİR HATADAN KAYNAKLANMA • KESİCİ TAKIM ELEMANLARININ UYUMSUZLUĞU • KALIPLARIN KODLANMASININ İYİ YAPILMAMASI • AŞINMIŞ ELEKTROD İŞLENMESİ • EL FREZELEMESİ ESNASINDA OPERATÖRDEN GELEN HATA	İŞÇİLİK, ÜRETİM ve ZAMAN KAYBI
	HT11	KALIPLIK MALZEMENİN FİZİKSEL ve	• UYGUN OLMAYAN KALIP ISIL İŞLEM OPERASYONU • YANLIŞ KALIPLIK MALZEME KULLANIMI	
KALIP MONTAJ	HT12	ALT ve ÜST KALIBIN SIFIRLANMAMASI	• MONTAJDAKİ OPERATÖRDEN GELEN HATA • KALIP KONTROLÜNÜN YAPILDIĞI KODLANMANIN MONTAJDA DİKKATE ALINMAMASI	KAÇIK PARÇA ÜRETİMİNE YOL AÇAR

OPERASYON KADEMESİ	HATA NO	HATA TÜRÜ	HATA SEBEBİ	HATA ETKİLERİ
KALIP ISITMA	HT13	KALIBIN AŞIRI ISINMASI	• SICAKLIK KONTROLÜNÜN YAPILMAMASI	KALIP ÖMRÜ AZALIR, KALIP ÇATLAR
	HT14	KALIBIN YETERSİZ ISINMASI		
MALZEMENİN TAVLANMASI	HT15	DÜŞÜK TAVLAMA SICAKLIĞI	• SICAKLIĞIN YANLIŞ AYARLANMASI	SONRAKİ KADEMELERDE DOLDURMAMAYA ve KALIN PARÇA İMALİNE SEBEP OLUR
	HT16	YÜKSEK TAVLAMA SICAKLIĞI	• DİJİTAL GÖSTERGENİN BOZULMASI	MALZEME YANAR ve HURDAYA ÇIKAR
EZME OPERASYONU	HT17	MALZEMENİN YIRTILMASI	• HAMMADDE ÜRETİMİ SİRASINDA OLUŞAN HADDE KATMERLERİ, İÇ ÇATLAKLAR	HURDAYA SEBEP OLUR
ÖN DÖVME OPERASYONU	HT18	KAT	• KALIP YORULMASI • KALIP ÇATLAĞI • TASLAĞIN KALIBA YANLIŞ YERLEŞTİRİLMESİ	SON DÖVMEDE KAT ve DOLDURMAMAYA SEBEP OLUR
	HT19	DOLDURMAMA	• KESİM AĞIRLIĞI • TASLAĞIN HATALI YERLEŞTİRİLMESİ • KODLAMA HATASI	
	HT20	KALIBA YAPIŞMA	• YETERSİZ YAĞLAMA • KALIP KAPANMASI, KALIP YORULMASI ve KALIP ÇATLAMASI	
SON DÖVME OPERASYONU	HT18	KAT	• GRAVÜRDEKİ KAPANMALAR, RADYÜS BOZULMASI ve YARULMA İZLERİ • ÖN DÖVME GRAVÜRÜNÜN UYUMSUZLUĞU	HURDAYA SEBEP OLUR
	HT19	DOLDURMAMA	• MALZEMENİN KALIPTA ÇAPAĞA KAÇMASI • ÖN DÖVME İLE SON DÖVMENİN HACİMSAL UYUMSUZLUĞU • TAVLAMA SICAKLIĞININ DÜŞÜK OLMASI • KALIPTAKİ TUFALIN TAM TEMİZLENMEMESİ ve KALIBIN DOĞRU YAĞLANMAMASI • KALIP SICAKLIKLARININ DÜŞÜKLÜĞÜ	
	HT21	PARÇANIN DEFORME OLMASI ve ÖLÇÜSEL HATALAR	• GRAVÜRÜN ZAMANLA BÜYÜMESİ • KALIBIN BAZI BÖLGELERDE KAPANMASI • AŞINAN YERLERİN FAZLA TAŞLANMASI • KALIP ÇIKIŞ RADYÜSLERİNİN BÜYÜMESİ	
	HT22	KAÇIKLIK	• MALZEMENİN YETERSİZ OLMASI • TEZGAH KAYIT BOŞLUKLARININ FAZLA OLMASI • MONTAJ CİVATALARININ UYGUN SIKILMAMASI	

OPERASYON KADEMESİ	HATA NO	HATA TÜRÜ	HATA SEBEBİ	HATA ETKİLEMİ
ÇAPAK KESME OPERASYONU	HT21	PARÇANIN DEFORME OLMASI ve ÖLÇÜSEL HATALAR	- AŞIRI ÇAPAK SIYIRMASI - ÇAPAK MAKASININ KÖRELME	PARÇANIN KALİTESİ BOZULUR, İLAVE TAMAMLAMA GEREKTİRİR veya HURDAYA SEBEP OLUR
	HT23	PARÇADA FAZLA ÇAPAK KALMASI	- ÇAPAK MAKASININ KÖRELME - KALIBIN KAÇIK OLMASI	PARÇANIN KALİTESİ BOZULUR, İLAVE TAMAMLAMA OPERASYONLARI GEREKTİRİR
SICAK KALİBRE	HT24	ÇAPAK KESME ESNASINDA MEYDANA GELEN DEFORMASYONUN DÜZELTİLEMESİ	ZİMBALAMA YÖNÜNÜN UYGUN SEÇİLMEMESİ	PARÇADA KODLAR SAĞLANAMAZ ve HURDA OLABİLİR
ISIL İŞLEM	HT25	TAVLAMA SICAKLIĞININ DÜŞÜK veya YÜKSEK OLMASI	- YANLIŞ BİLGİLENDİRME - YANLIŞ UYGULAMA - DİJİTAL GÖSTERGEDE BOZUKLUK	PARÇANIN YAĞDA SU VERİLMESİ SONRASI SERTLİĞİNİN DÜŞÜK veya YÜKSEK OLMASI
	HT26	TAVLAMA SÜRESİNİN UZUN veya KISA OLMASI		TANE BOYUTU DEĞİŞİR
	HT27	YAĞ SICAKLIĞININ UYGUN OLMAMASI	- YANLIŞ BİLGİLENDİRME - DIKKATSİZLİK	PARÇANIN SERTLİĞİNİ DEĞİŞTİRİR
	HT28	MENEVİŞ SICAKLIĞININ DÜŞÜK veya YÜKSEK OLMASI	- YANLIŞ BİLGİLENDİRME - YANLIŞ UYGULAMA - DİJİTAL GÖSTERGEDE BOZUKLUK	PARÇANIN SERTLİĞİNİN YÜKSEK veya DÜŞÜK OLMASININ SAĞLAR
	HT29	MENEVİŞ SÜRESİNİN UZUN veya KISA OLMASI		TANE BOYUTUNUN KÜÇÜK veya BÜYÜK OLMASINA NEDEN OLUR
KUMLAMA (TUFAL TEMİZLEME)	HT30	TUFALIN YETERİ KADAR GİDERİLEMESİ	- SÜRENİN UYGUN OLMAMASI - BİLYALARIN (KUM TANECİKLERİ) UYGUN OLMAMASI	MÜŞTERİ HOŞNUTSUZLUĞU
ÇATLAK KONTROL OPERASYONU	HT31	ÇATLAĞIN TESBİT EDİLEMESİ	- SIVI KONSANTRASYON UYGUNSUZLUĞU - PARÇANIN TEZGAHA UYGUN BAĞLANAMAMASI	İNSAN HAYATINA DOĞRUDAN ETKİ ve PARÇANIN HURDA OLMASI
LİF YAPI KONTROL OPERASYONU	HT32	PARÇAYA UYGUN LİF YAPISININ ELDE EDİLEMESİ	UYGUN OLMAYAN DÖVME PROSESİNİN SEÇİMİ (DÖVME SAYISI vb.)	MÜŞTERİ HOŞNUTSUZLUĞU, HURDA
EDDY-CURRENT TESTİ	HT33	SPEŞİFİKASYONA (MİKROYAPI, SERTLİK, YÜZEY TEMİZLİĞİ, HACİMSAL YAPI) UYMAYAN PARÇA TESBİTİ	- HATALI KALİBRASYON - HATALI UYGULAMA	

Örnek olarak ele alınan ön tekerlek aks taşıyıcısının üretim akış şeması şekil 5.2 de ve genel malzeme özellikleri ise tablo 5.2’de verilmiştir. Örnek parçanın sıcak kalibre sonrası ve dövme işlemi tamamlandıktan sonraki görüntüsüyle kullanım yeri sırasıyla şekil 5.3, şekil 5.4 ve şekil 5.5 te verilmiştir.



Şekil 5.2 Örnek parçanın akım şeması

Tablo 5.2 Örnek parçanın kritik malzeme özellikleri ve değerleri

MALZEME ÖZELLİĞİ	DEĞERİ
Tane Büyüklüğü	6-7 (ASTM C-112)
Sertlik	201 HB
Mikro Temizlik	200 (ASTM C-45 Met A)
Malzeme	20MnCr5

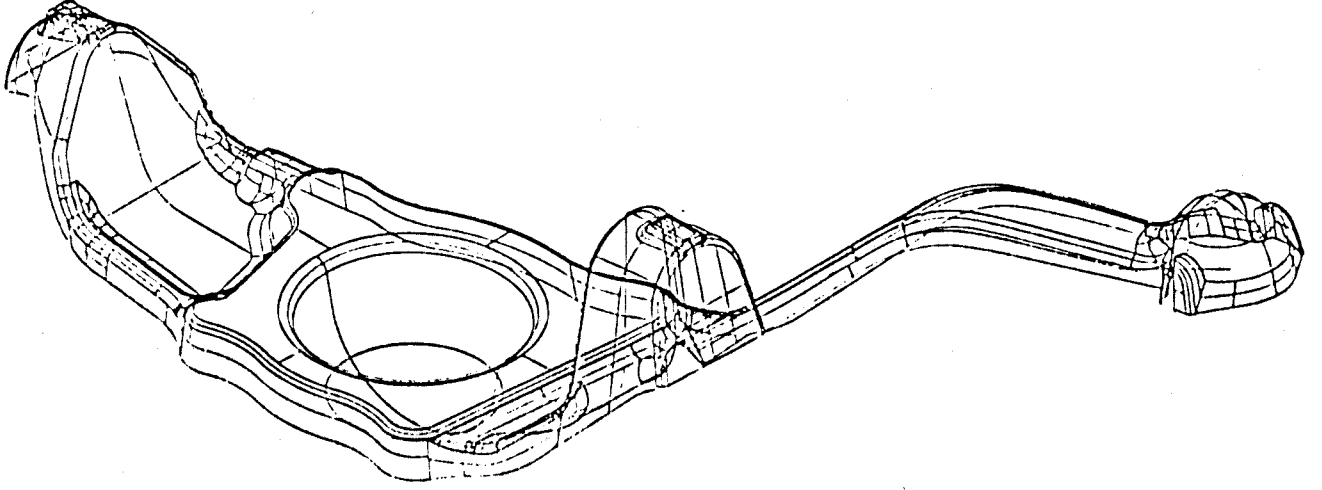
OHTEA çalışması öncesi parçanın son dövme operasyonu sonrası toplam 8478 adetlik üretimi sonucu hatalı üretim değerleri tablo 5.3’de verilmiştir.

Tablo 5.3 İyileştirme öncesi prosesin durumu

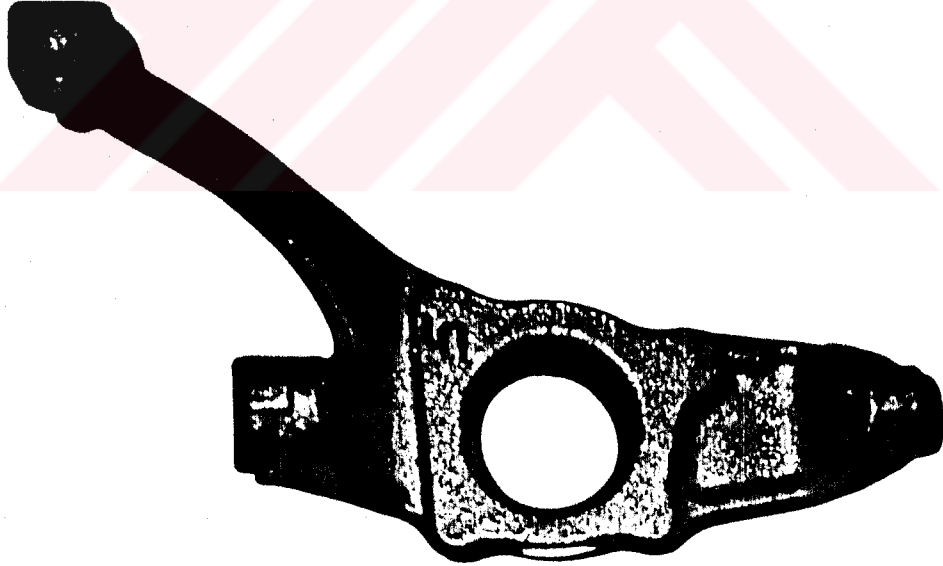
Hata Türü	Adet	%
Doldurmamazlık	328	60.6
Kat	101	18.7
Kaçıklık	14	2.6
İmalat	83	15.4
Diğer	15	2.7
Toplam	541	100

Örnek parça üzerinde yapılan Beyin Fırtınası, Neden-Sonuç Diyagramı, Pareto Analizi vb. kalitatif ve kantitatif analizler aşağıdaki gibidir.

İyileştirme öncesi (şimdiki koşullar) pareto analizinin sonuçları şekil 5.6 ve verilmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda son dövme operasyonunda doldurmamazlık hatası en yüksek hata oranına sahip olduğu için neden-sonuç analizi doldurmamazlık hatası için uygulanmıştır.



Şekil 5.3 Örnek parçanın sıcak kalibre öncesi tasarım resmi



Şekil 5.4 Örnek parçanın dövme işlemi tamamlanmış olan görünümü

OHTEA tekniğinin uygulanması:

Şekil 5.7’deki neden-sonuç analizi doğrultusunda hazırlanmış olan Tablo 5.5 deki OHTEA formu kapsamlı olarak verilmiştir. Bu form şimdiki koşullar, düzeltici önlemler ve iyileştirilen koşullar olmak üzere üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bu analizin başarı değerlendirilmesi iyileştirilen koşullar sonucunda hesaplanan RÖG değerinin şimdiki koşullarda hesaplanan RÖG değerinden rakamsal olarak düşük değerde olması ile yapılmaktadır.

Doldurmamazlık hatası için belirlenen tüm sebepler için yapılan RÖG değerlendirmeleri bölüm 4 te verilmiş olan “oluşma olasılığı”, “şiddet” ve “keşfedilebilirliği” kriterlerine göre hesaplanmıştır. Bu değerlendirme sonucunda ön dövme ile son dövme kalıbının hacimsel uyumsuzluğu için tablo 5.5 de belirtilen düzeltici önlemler alınmıştır.

Tablo 5.4 de iyileştirme sonrası elde edilen üretim sonuçları verilmektedir. Pareto analizinin sonuçları ise şekil 5.8 deki gibidir.

Tablo 5.4 İyileştirme sonrası prosesin durumu

Hata Türü	Adet	%
Doldurmamazlık	28	47.4
Kat	19	32.2
Kaçıklık	2	3.4
İmalat	6	10.2
Diğer	4	6.8
Toplam	59	100

OHTEA tekniğinin uygulanmasından sonra elde edilen üretim sonuçları değerlendirilmesi aşağıdaki gibidir:

İyileştirme sonrası elde edilen pareto analizi sonuçlarına göre son dövme operasyonu sonucu doldurmamazlık hatası %47.4 olarak gerçekleşmiştir ve bu da bize yapılan iyileştirmenin başarıya uğradığının bir göstergesidir. Öte yandan OHTEA çalışmasında yapılan iyileştirme çalışmasının sonucunda RÖG 270 değerinden 45'e inmiştir ki bu değer limit RÖG değeri olan 50'den de düşüktür. Ancak OHTEA formundan da görülebileceği üzere doldurmamazlık hatasına ön dövme kalıbı ile son dövme kalıplarının uyumsuzluğunun yanısıra başka hatalar da sebep olduğu için doldurmamazlık hatasının tamamen ortadan kalkması için diğer sebeplerinde RÖG sayısı dikkate alınarak ortadan kaldırılmaları gerekmektedir. Örnek parça için önlemler ve tedbirler tablosal halde ön dövme ve son dövme kademeleri için tablo 5.6 ve tablo 5.7 verilmiştir.

Tablo 5.6 Dövme prosesinde üretilen ön tekerlek aks taşıyıcı parçasının son dövme operasyonunda karşılaşılan problemler için alınması gerekli önlemler

ALINMASI GEREKLİ ÖNLEMLER
Kalıp yüzeylerinde meydana gelebilecek yorulma ve çatlaklar, üretilen malzeme kalitesine bağlı periyodlarla kontrol edilmesi,
Kalıpların yağlanmasında kullanılan püskürtme yağlaması sistemlerinde, yağ akışı hızının vana ile kontrol edilmesi.
Çapaklı parça üzerinde çapak kalınlığının ve en geniş çapak uzunluğunun kumpasla tesbit edilmesi,
Tesbit edilen doldurmayan bölgedeki ön dövme taslağı kesiti ile son dövme kesitinin karşılaştırılarak yorumlanması,
Son dövmede doldurmama ihtimali olan bir kesitin alanı hesaplanarak, ön dövmede aynı kesite karşılık gelen kesit alanının % 5'ten fazla olması gerektiğinin hesabı.

Tablo 5.7 Ön dövme ve son dövme operasyonunda karşılaşılan hata türleri için alınacak tedbirler

OPERASYON KADEMELERİNDE ALINACAK TEDBİRLER		
PROSES KADEMESİ	HATA TÜRÜ	ALINACAK TEDBİRLER
ÖN DÖVMEDE	Kat	Gözle Kontrol
	Doldurmama	Gözle Kontrol, Ağırlık Kontrolü, Ölçü Kontrol.
SON DÖVMEDE	Kat	Gözle Kontrol Taslak Şekli, Kesit ve Şekil Kontrolü (Ölçü Kontrolü)
	Doldurmama	Çapak Kalınlığının ve Genişliğinin Kontrolü, Taslak Şekli Doldurmayan Kesit Kontrolü. Optik Piyometre İle Dijital Ölçüm.

Dövme prosesinde karşılaşılan hataların oluşumunu engellemek için proses esnasında alınması gereken tedbirler ve kontrol önlemleri için öneriler aşağıda belirtildiği gibidir.

1. Çelik malzeme şartnamesine göre göre, gelen malzemenin kimyasal kompozisyonu her element için kontrol edilir ve toleranslar içinde kalıp kalmadıkları kontrol edilir.
2. Giriş kontrolde, tedarikçi firmadan gelen çelik bağların üzerindeki etiket kontrol edilerek sipariş bilgilerinin teyidi yapılır.
3. Gelen malzemenin sertifika değerlerinin standartlara uygunluğu kontrol edilir.
4. Jominy sertleşebilirlik bandı sonuçlarının şartnamede belirtilen toleranslar içersinde olup olmadığı kontrol edilir.
5. Gelen malzemenin mikroyapı tetkiki ve tane boyutunun standarda uygunluğu tetkik edilir.
6. Makasa, dövme atölyesi sefliği tarafından verilen ve ilgili siparişin kesim boyunu belirleyen iş emri kontrolü ile tetkiki yapılır.

7. Kesim makas kullanım talimatı sayesinde tezgahtan gelebilecek bir ayarsızlığın, kesim değerlerine yansımaları kontrol edilir.
8. Bıçak seçme ve değiştirme talimatları sayesinde malzeme özelliklerine ve kesitlere göre standart bıçakların kullanımı kontrol edilir ve montajı veya demontajı esnasında doğabilecek bir hatanın önlenmesi sağlanır.
9. Göz kontrolü ile makas ağızları kontrol edilerek körlemeleri takip edilir.
10. Kalıpların ölçüsel yönden kontrolü esnasında kalıp kontrol bölümü tarafından kullanılan standart periyodik kalibrasyonları yürürlükte olan ölçüm aletleri ve/veya aparatları kullanılır.
11. Kalıpların sertlik değerleri HB veya HRC cinsinden ölçüm yapan sertlik ölçme cihazları vasıtası ile kontrol edilir.
12. Kalıplık malzemelerin uluslararası standartlarda belirlenmiş olan toleranslar dahilinde olup olmadığı ve üretici firmanın kalite belgesinin uygunluğu kontrol edilir.
13. Gönye vasıtası ile kalıpların birbirlerine olan konumları kontrol edilir, filler çıkışı vasıtası ile kalıpların boşlukları kontrol edilir.
14. Dijital termometre bir prob vasıtasıyla sıcaklık değerlerini °C cinsinden okuyan bir cihazdır. Kalıpların ısınması esnasında ulaştıkları sıcaklıkları ölçer (250°C).
15. Optik pirometre vasıtasıyla, fırın çıkışında sürekli olarak malzemenin sahip olduğu tavlama sıcaklığı ölçülür.
16. Göz kontrolü ile ezme esnasında malzemenin fıçılama sonucu yırtılması kontrol edilir.
17. Kalıp yüzeylerinde meydana gelebilecek yorulma ve çatlaklar, üretilen malzeme kalitesine bağlı periyodlarla kontrol edilir.
18. Kalıpların yağlanmasında kullanılan püskürtme yağlaması sistemlerinde, yağ akış hızının vana ile kontrol edilmesi.
19. Çapaklı parça üzerine çapak kalınlığının ve en geniş çapak uzunluğunun kumpasla tesbiti.
20. Tesbit edilen doldurmayan bölgesindeki ön dövme taslağı son dövme kesitinin karşılaştırılarak yorumlanması.

21. Son dövmede dooldurmama ihtimali olan bir kesitin alanı hesaplanarak, ön dövmede aynı kesite karşılık gelen kesit alanının %5'ten fazla olması gerektiğinin hesaba katılması (kritik kesit).
22. Bakım raporlarının düzenli olarak takip edilmesi.
23. Üretim esnasında belirli aralıklarla, tezgahta belirlenen parametrelerin kontrolü.
24. Bitmiş parçanın kontrol aparatında mevcut kritik parametrelerin kontrolü.
25. Fırın yağ sıcaklığının termometre ile, yağ sirkülasyonunun debi ölçer ile kontrolü ve ısıtım işlem seyir defterinden vardiya esnasında iş kaybı olup olmadığının takibi.
26. Fırınlarda mevcut termokupl'ların kopuk olup olmadığının ısıtım işlem panosundan kontrolü.
27. İş emri hazırlanmasında kullanılan şartnamenin kontrolü ve mikroyapı tetkiki sonucu arşivlenen rapor ve numunelerin kontrolü.
28. ısıtım işlem iş emirlerinin doğru uygulanıp uygulanmadığının takibi.
29. Mevcut kalibrasyon numunesindeki değerlere uygun olarak tezgah ayarlanır ve elde edilen görüntü standartlarla karşılaştırılır.
30. Çatlak kontrol tezgahında mevcut olan kullanım talimatlarına uyulup uyulmadığının tesbiti.
31. Çatlak kontrol tezgahında çalışan operatörlerin periyodik göz muayenelerinin yapılması.
32. Lif yapısının uygunluğunun kontrol edilmesi.
33. Eddy-Current test cihazının doğru kalibre edilmesi, düzenli olarak kalibrasyonunun yaptırılması.

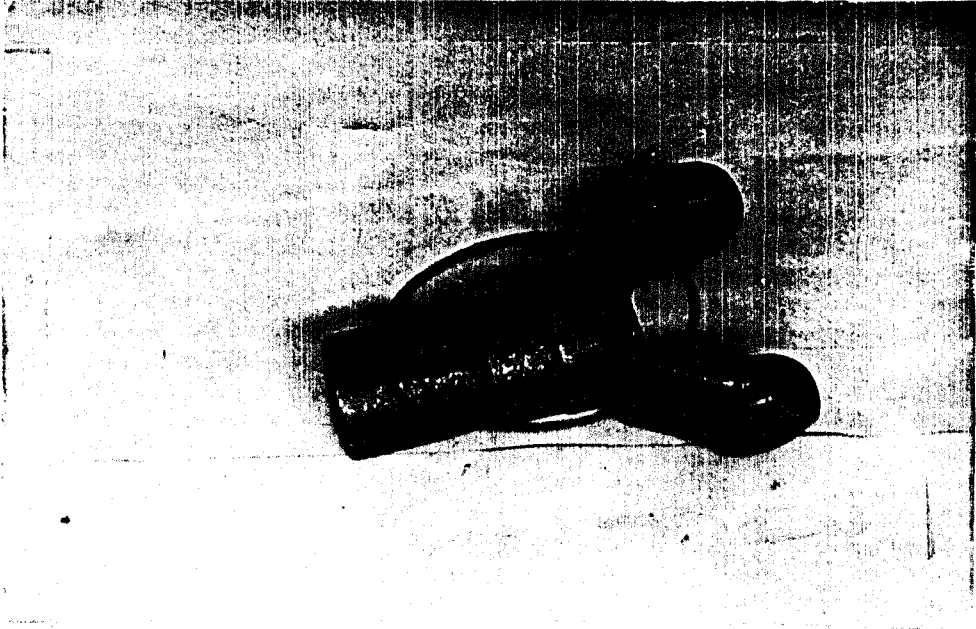
Dövme operasyonunda karşılaşılan hatalarla ilgili olarak en önemli dövme operasyon hataları ve ısıtım işlem hataları bölüm 6 da fotoğraflarla görsel hale getirilmiştir. Bu fotoğraflarda uygulamalı OHTEA çalışmasında ele alınan doldurmamazlık hatası da mevcuttur.

BÖLÜM 6 DÖVME PROSESİNDE ORTAYA ÇIKAN HATA TÜRÜ REFERANSLARI

Bu bölümde dövme prosesinde karşılaşılan genel dövme hataları ve ısı işlem sonrası saptanan hatalar fotoğraflarla belgelenmiştir.



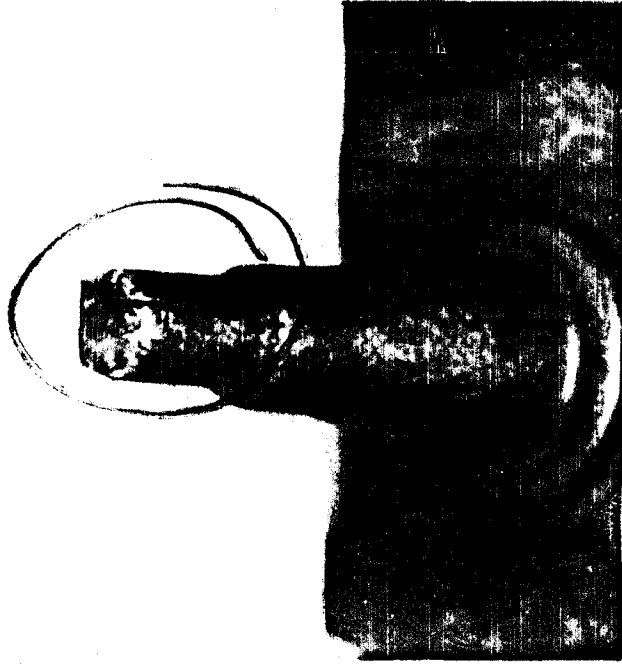
Şekil 6.1 Dövme işlemi sonrası oluşan “kat” hatası



Şekil 6.2 Dövme işlemi sonrası oluşan “kat” hatası



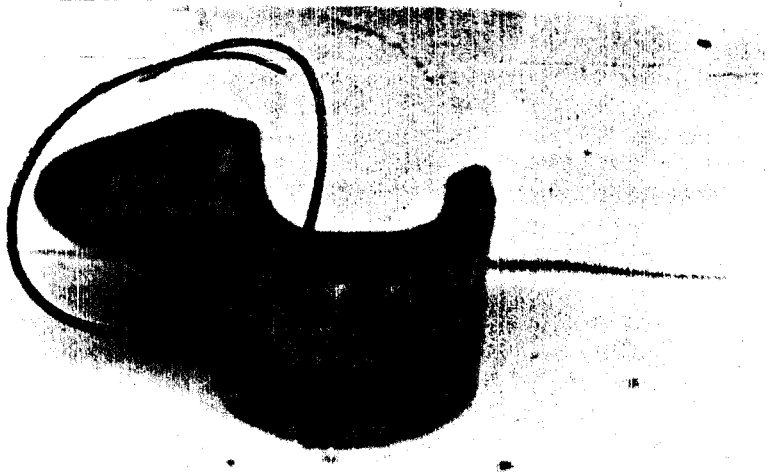
Şekil 6.3 Dövme işlemi sonrası oluşan “kat” hatası



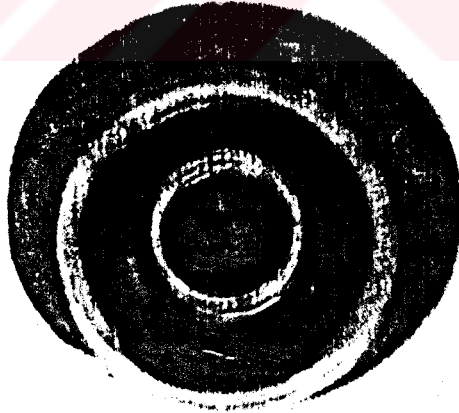
Şekil 6.4 Dövme işlemi sonrası oluşan “kat” hatası



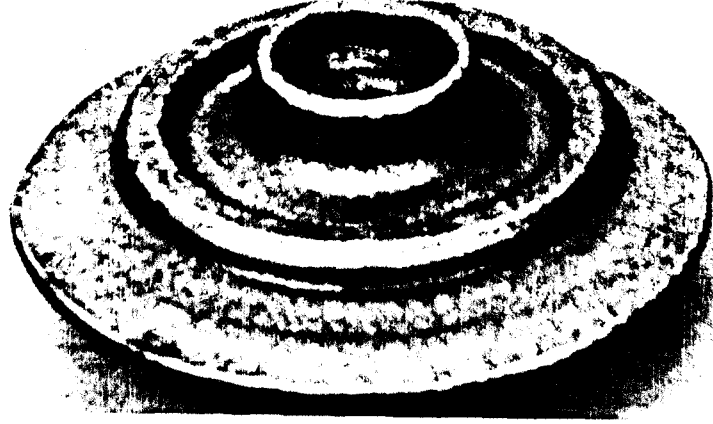
Şekil 6.5 Taslağın kalıp merkezine yanlış yerleştirilmesi hatası



Şekil 6.6 Taslağın kalıp merkezine yanlış yerleştirilmesi hatası



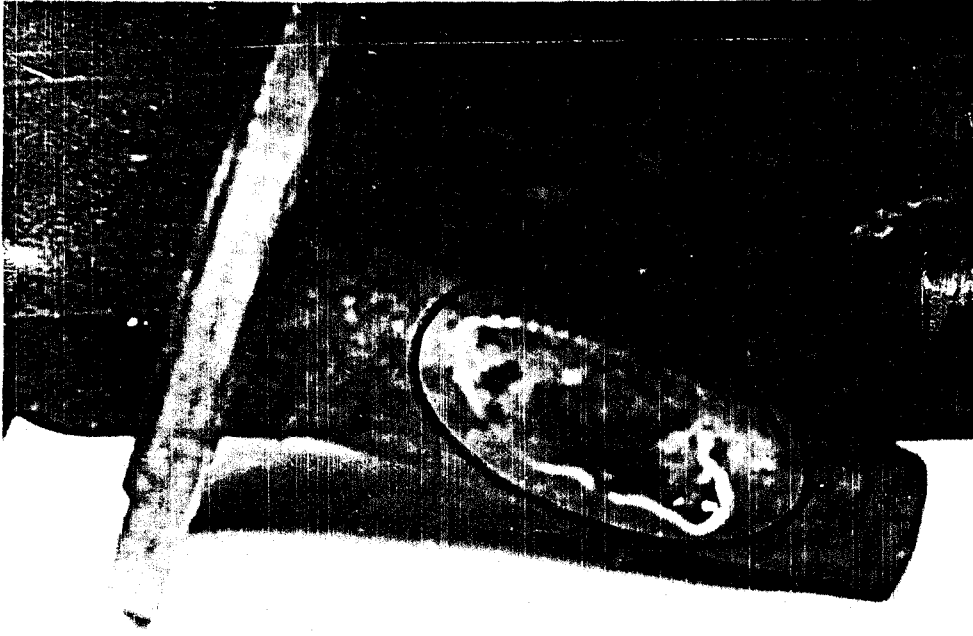
Şekil 6.7 Taslağın kalıp merkezine yanlış yerleştirilmesi hatası



Şekil 6.8 Taslağın kalıp merkezine yanlış yerleştirilmesi hatası



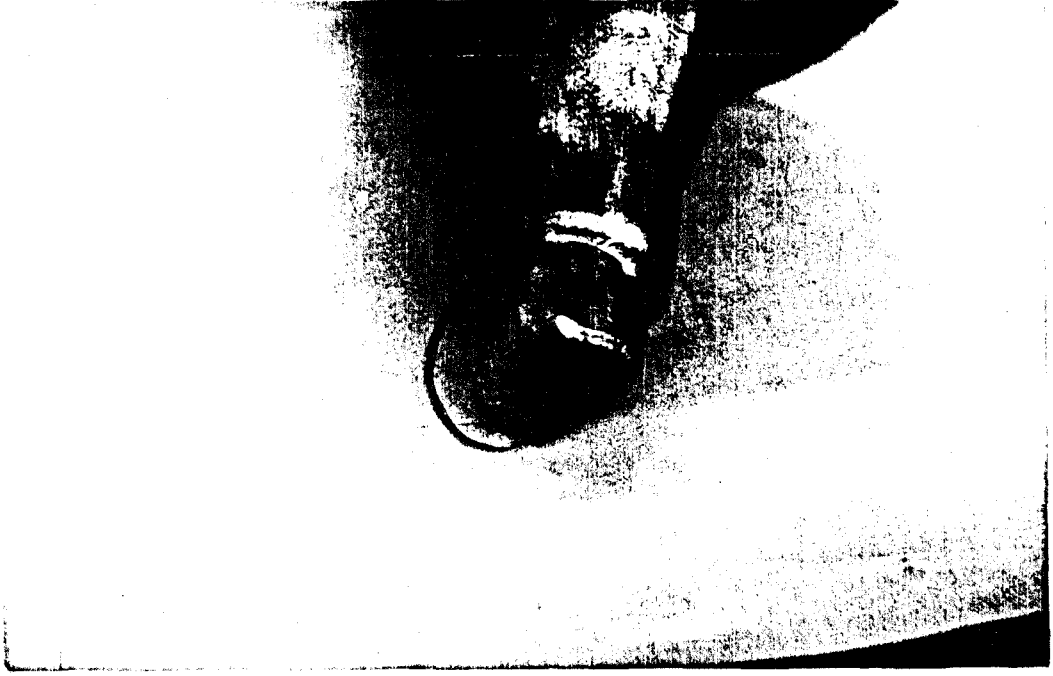
Şekil 6.9 Tufal boşluğu hatası



Şekil 6.10 Tufal boşluğu hatası



Şekil 6.11 Doldurmamazlık hatası



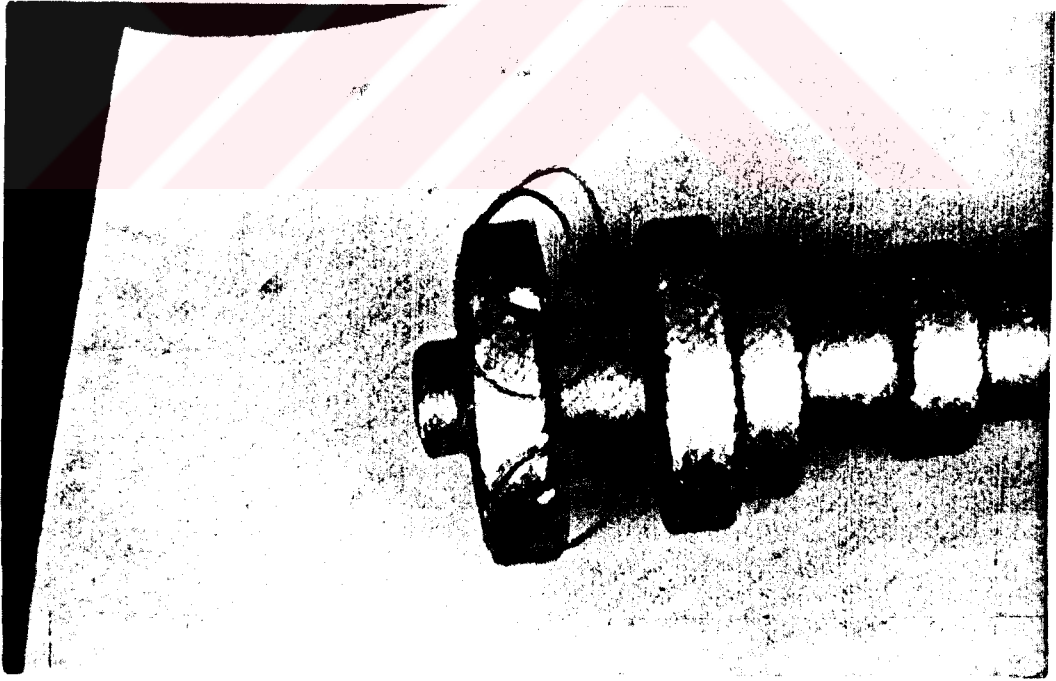
Şekil 6.12 Doldurmamazlık hatası



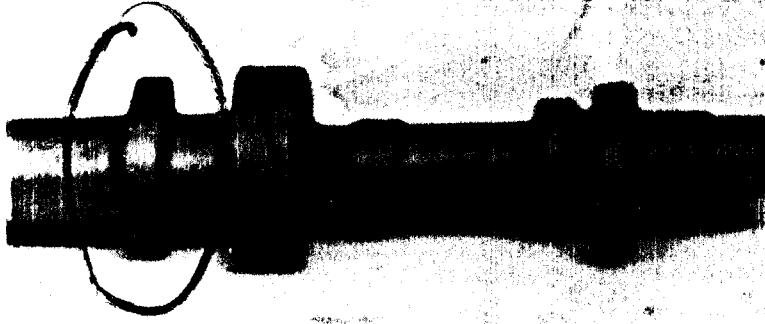
Şekil 6.13 Doldurmamazlık hatası



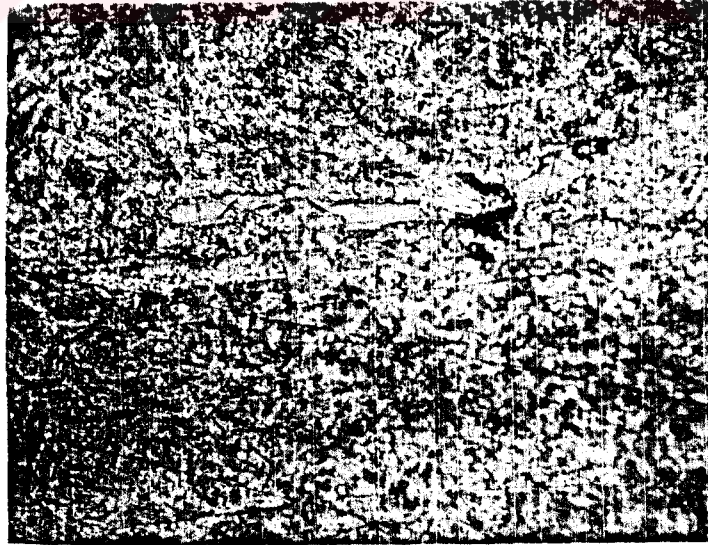
Şekil 6.14 Doldurmamazlık hatası



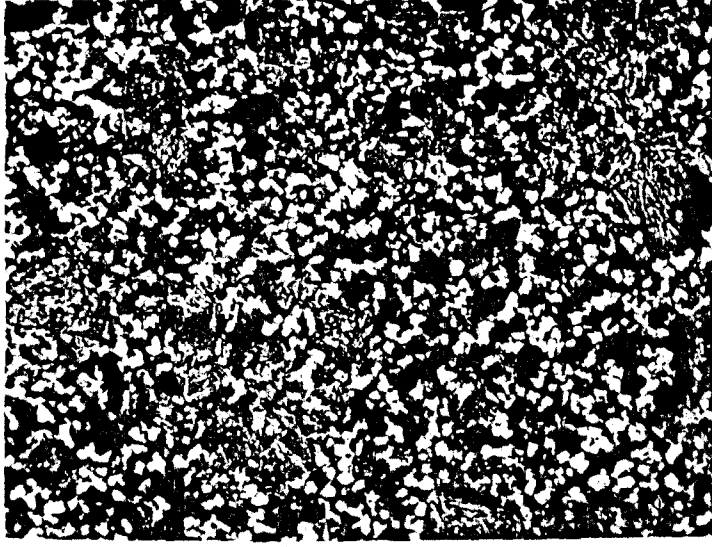
Şekil 6.15 Dövme işlemi sonrası operatör hatası nedeniyle oluşan derin darbe izleri



Şekil 6.16 Parçanın hatalı yerleştirilmesi nedeniyle ayrılma hattının (ekseni) kayması



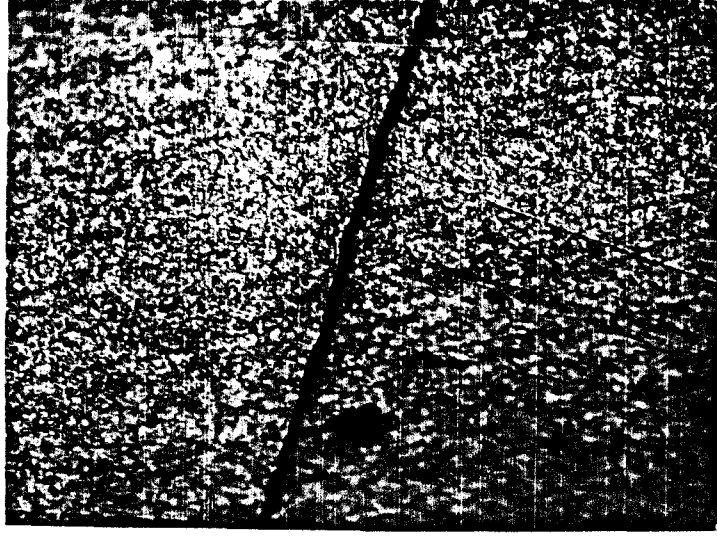
Şekil 6.17 Mikro yapıda kalıntı varlığı hatası



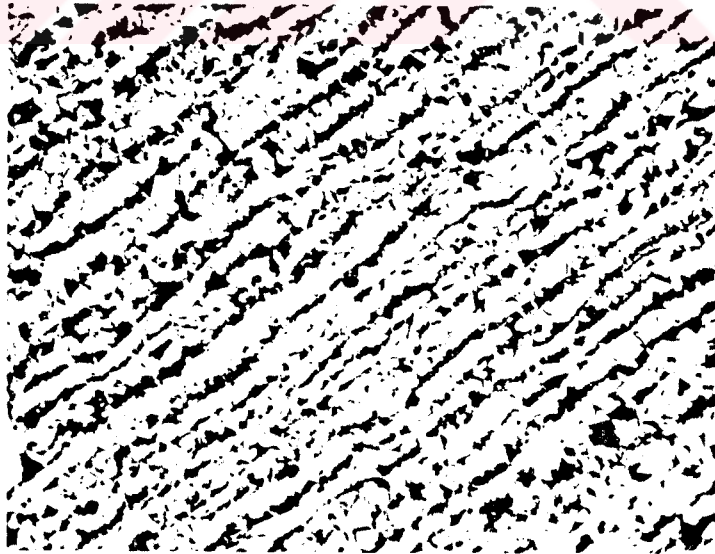
Şekil 6.18 Mikroyapıda bölgesel yapı bozukluğu hatası



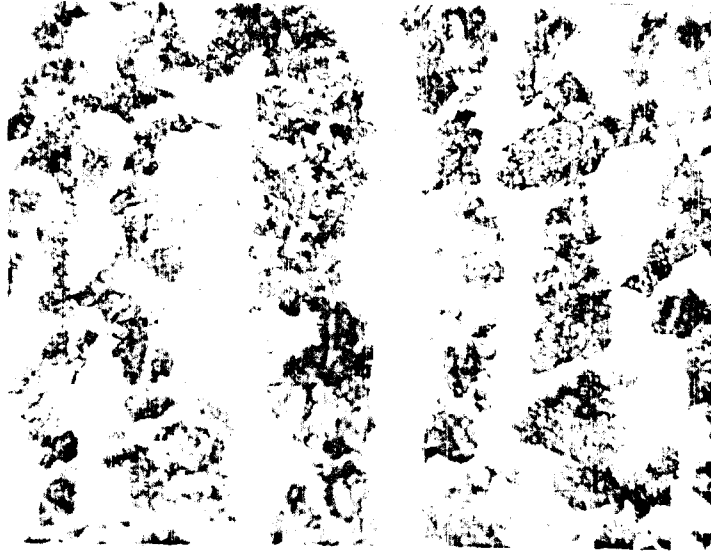
Şekil 6.19 Yanmış dövme parçasının mikroyapısı



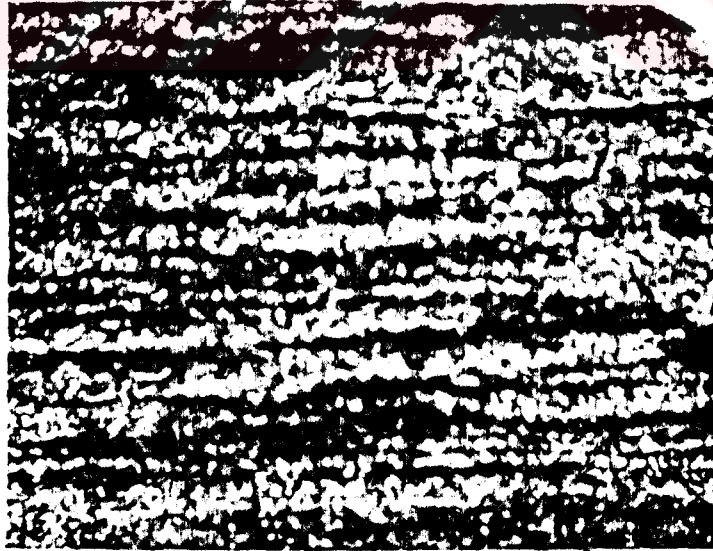
Şekil 6.20 Çatlak içeren bir dövme parçasının mikroyapısı



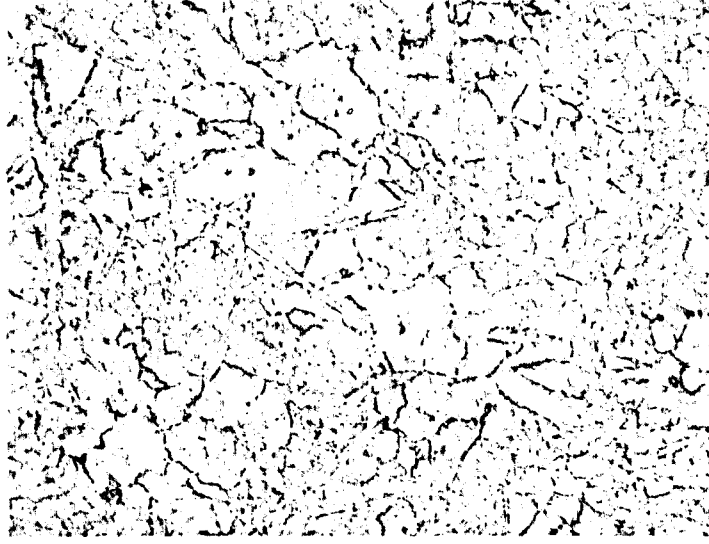
Şekil 6.21 Isıl işlem sonrası bantlaşmış yapı hatası (x100)



Şekil 6.22 Isıl işlem sonrası bantlaşmış yapı hatası (x400)



Şekil 6.23 Hammaddede bantlaşmış yapı hatası (x100)



Şekil 6.24 Kırılan bir kalıbın mikroyapısı

BÖLÜM 7 SONUÇLAR

Bu çalışmada 6 aylık süre zarfında kalite tekniklerinden biri olan Olası Hata Türü ve Etkisi Analizi (OHTEA) tekniğinin prensipleri doğrultusunda öncelikle dövme prosesinde karşılaşılan olası hatalar, bu hataların nedenleri ve etkileri belirlenmiş daha sonra ise seçilen bir parça üzerinde OHTEA somut olarak uygulanarak sonuçları değerlendirilmiştir.

Sonuçta:

- Örnek olarak alınan parçanın OHTEA tekniğinin uygulanması öncesi 8478 adetlik üretimde hata oranı %6.38 dir. Söz konusu hataların analizi yapıldığında doldurmamazlık hatalı olarak tesbit edilen 541 parça içinde 328 adetle ve %60.6'lık oranla en önemli hata olarak belirlenmiştir. OHTEA'nın uygulanması sonucu yapılan iyileştirmeye bağlı olarak 1684 adetlik üretimde hata oranı %3.38'e düşmüştür. Doldurmamazlığın bu oran içerisindeki değeri %47.4'e gerilemiştir.
- Örnek parçada ele alınan doldurmamazlık hatası için OMTAŞ'da uygulanan dövme prosesi için özel olarak çıkarılan neden-Sonuç diyagramı yardımıyla ana ve alt sebepler ve etkin parametreler belirlenmiştir.
- Neden-Sonuç diyagramı yardımıyla, beyin fırtınası sonucu yapılan oylamada son dövme operasyon kademesinde ortaya çıkan doldurmamazlık hatasına; ön dövme ile son dövme kalıbının hacimsal uyumsuzluğunun, malzemenin kalıpta çapağa kaçmasının, tavlama sıcaklığının düşük olmasının, kalıpta oluşan tufalin tam temizlenmemesinin ve kalıbın doğru şekilde yağlanmamasının sebep olabileceği

belirlenmiştir. Bu oylama sonucunda en yüksek oyu ön dövme ile son dövme kalıp uyumsuzluğu almıştır.

- Etkin hata sebepleri OHTEA formuna işlendikten sonra bütün hata sebepleri için "oluşma olasılığı", "şiddeti" ve "keşfedilebilirliği" değerlendirmeleri bölüm 4'te tablolar halinde verilmiş olan değerlendirme kriterlerine göre ele alınmıştır ve tüm hata sebepleri için risk öncelik göstergeleri (RÖG) hesaplanmıştır. Sonuçta doldurmamazlığa sebep olan birincil sebebin ön dövme ile son dövme kalıp uyumsuzluğu olabileceği belirlenmiştir.
- Bu çalışmalar ışığında düzeltici önlemler bölümünde sorumlular ve öneriler belirlenmiştir.
- Yapılan çalışma sonucunda ön dövme kalıbının yeniden tasarımına karar verilmiştir.
- Ön dövme kalıbı yeniden tasarlanarak problem giderilince seri üretime geçilmiştir.
- İyileştirilen koşullar için yapılan değerlendirmede RÖG 45 olarak sonuçlanmıştır. Bu değer RÖG'nin limit 50 değerinin altındadır. Bu parça için kalıp uyumsuzluğu giderildiği için elde edilen başarı %100 dür.
- Bundan sonraki adım, doldurmamazlık hatasına sebep olan RÖG 50 değerinden büyük olan diğer sebeplerin sırayla ele alınarak 50 değerinin altına çekilmesi hedeflenerek doldurmamazlık hatasının ortadan tamamen kaldırılması sağlanmalı.
- Daha sonra ki adım ise, belirlenmiş olan tüm hatalar teker teker ele alınarak doldurmamazlık hatasındaki yaklaşımla hata oranlarını %1'lere, hatta %0.1'lere çekilmesine yönelik çalışmalar yürütülmelidir.

OHTEA çalışmalarında en önemli husus RG değerlerinin hesaplanmasında etkin olan "oluşma olasılığı", "şiddet", "keşfedilebilirlik olasılığı" değerlendirmelerinin ekip yeleri tarafından tam olarak anlaşılması ve ciddi değerlendirmeler yapmaları gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] AVTTZUR, B., Handbook of Metal Forming Processes, Wiley-Interscience, New York, 1983
- [2] SERİM, İ., Çelik Dövme Teknolojisi ve Uygulamaları Semineri, Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi, Ankara, Mayıs 1988
- [3] GEVREK, M., Dövme Makinalarının Sınıflandırılması, TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü, Proje No. 03-2008-7804, 1978
- [4] KAYALI, E.S., ENSARİ, C., Metallere Plastik Şekil Verme İlke ve Uygulamaları, İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Ofset Atölyesi, 1991
- [5] SERİM, İ., Dövme Sanayi Teknolojisi, TMMOB Makina Mühendisleri Odası, Yayın No. 97
- [6] JURAN, J.M., Juran On Quality By Design: The New Steps for Planning Quality into Goods and Services, The Free Press Copyright 1992 By Juran Institute, Inc
- [7] Toplam Kalite Yönetiminde Türkiye Perspektifi, İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Fakültesi Yayını, 1995
- [8] Toplam Kalite Yönetimi, Mess Eğitim Vakfı İktisadi İşletmesi Yayını, 1994

- [9] KAVRAKOĞLU, İ., Toplam Kalite Yönetimi, Kalder Yayınları 1, 1992
- [10] İstatistiksel Proses Kontrol, Mess Eğitim Vakfı İktisadi İşletmesi Yayını, 1994
- [11] ATEŞ, M., Basınçlı Döküm Yöntemiyle Üretimde OHTEA Tekniği Uygulaması ile Ürün ve Proses Optimizasyonu, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 1995
- [12] WILSON, P., DELL, L., ANDERSON, G., "Root Cause Analysis: A tool For Quality Management", ASQC, p 169-185
- [13] KÖSOĞLU, L., KELEŞ, Ö., DEMİRLER, U., TAPTIK, Y., Kalite Güvence Sistemlerinin Başarısında Kalite Tekniklerinin Yeri ve Katkısı, Metal Dünyası, sayı 25, Mayıs, 1995
- [14] STAMATIS, D.H., "Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)", ASQC 49th Annual Quality Congress Proceedings, p 246-254
- [15] STAMATIS, D.H., Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution, Quality Press, Milwaukee, WI. 1996

ÖZGEÇMİŞ

Levent KÖSOĞLU 1971 yılında İstanbul'da doğmuş olup 1988 yılında Özel Kalamış Lisesini bitirdikten sonra, 1989 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi, Metalurji Mühendisliği Bölümünde lisans öğrenimine başlamıştır. 1993 yılı Haziran ayında Metalurji Mühendisi olarak mezun olmuş ve aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Metalurji Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Malzeme Programında yüksek lisans öğrenimine başlamıştır. Aralık 1995 tarihinden itibaren Aslar Pres Döküm San. ve Tic. A.Ş.'de Kalite Güvence Sorumlusu olarak görev yapmaktadır.