

T.C.
DENİZ HARP OKULU
DENİZ BİLİMLERİ VE MÜHENDİSLİĞİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GENEL İŞLETME PROGRAMI

**İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİ VE
TERSANELERDE KAYNAK PROSESİNE UYGULANMASI**

Yüksek Lisans Tezi

AHMET KAPICI

Tez Danışmanı: Dr. Adalet ÖNER

İstanbul, 2005

© Çalışmanın Tüm Hakları Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü'ne aittir, 2005

GENEL İŞLETME YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

Yazar: Ahmet KAPICI

Sınav Tarihi: **13 / 07/ 2005**

Onaylayanlar: Dr. Adalet ÖNER
Tez Danışmanı

Doç.Dr. Adnan CEYLAN
Sınav Komitesi Üyesi

Yrd.Doç.Dr. Erkut AKKARTAL
Sınav Komitesi Üyesi

İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİ VE TERSANELERDE KAYNAK PROSESİNE UYGULANMASI

Ahmet KAPICI

Genel İşletme Yüksek Lisansı Tezi, 2005

Danışman: Dr. Adalet ÖNER

Anahtar Kelimeler: İPK, Kalite, Kalite Kontrol, Kaynak Prosesi

Bu çalışmada İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin gemi inşa ve onarım projelerinde kaynak prosesine uygulanabilirliği incelenmiştir. Tersanelerde kaynak faaliyetlerinin çok karmaşık olması nedeniyle; proses detaylıca incelenmiş, prosese ait akış şeması ayrıntılı bir şekilde çizilmiş, hata türleri belirlenerek herbirine ait sebep sonuç diyagramları oluşturulmuş, toplanması gerekli olan veriler ve hata değerlendirme yöntemleri kararlaştırılmış, bu faaliyetler neticesinde istatistiksel bağımsızlığı sağlayacak uygun sınıf/altgruplar belirlenerek İPK uygulamaları için yeni bir veri toplama, analiz ve değerlendirme prosedürü geliştirilmiştir. Bu kapsamda İPK grafiklerinin oluşturulmasında Radyografik muayene verileri kullanılmıştır. Tersane içi yazışmalarda kullanılan radyografik muayene rapor formu, veri toplama maksadıyla geliştirilerek MS Excele aktarılmış ve VB kodları kullanılarak temel bir yazılım hazırlanmıştır. Böylelikle verilerin bir arada tutulması, tasniflenmesi, analize hazır hale getirilmesi için uygun altyapı oluşturulmuştur. Yazılımın geliştirilmesiyle kontrol grafiği, histogram uygulamaları, pareto uygulamaları ve kaynakçıların performans durumlarının da takip edilmesi temin edilmiştir.

STATISTICAL PROCESS CONTROL TECHNIQUES AND IT'S APPLICATION TO WELDING PROCESS AT DOCKYARDS

Ahmet KAPICI

MBA Thesis, 2005

Adviser: Dr. Adalet ÖNER

Key Words: Statistical Process Control (SPC), Quality, Quality Kontrol, Welding Process

In this study we tried to implement SPC techniques to welding process of ship building and reparation projects at Dockyards. Because of welding process is very complicated, the process was investigated in detail, a flawchart for the welding process is formed, types of welding defects is determined and a fishbone was generated for each of them. Which datas to collect and evelauation methods of defects was agreed on. Reasonable groups and sub groups that is statistically independent is decided and as a result of these activities a new procedure for data gathering, data analyse and evaluation was developed. X-ray radiographic inspection datas were used to form SPC charts. Radiographic inspection form that is used at İstanbul Tersanesi Komutanlığı is revised and transferred into MS Excel sheet, and a basic software is developed. In this way a useful system is constituted to collect datas orderly, to classify them and to get ready to analyse. By improving this software it is provided to draw c-charts, histograms and pareto charts, and to observe the performance of welders.

*“Bu çalışmada yazarın ortaya koymuş olduğu ifadelerin hiçbirini T.C
Deniz Kuvvetleri'nin ve Deniz Harp Okulu ile Deniz Bilimleri ve
Mühendisliği Enstitüsü'nün resmi görüşlerini ve politikalarını
yansıtmamaktadır.”*

Her zaman ve her koşulda yanımda olan Eşime...

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimin gerek ders aşamasında ve gerekse tez aşamasında sağladıkları imkanlar ve olumlu katkılarından dolayı Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü Müdürü Prof.Dr.Y.Müh.Kd.Alb. Süleyman ÖZKAYNAK'a teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca idari faaliyetler yönünden desteklerini her zaman aldığım diğer enstitü personeline de teşekkür ediyorum.

Fikir ve yönlendirmeleriyle çalışmamda desteğini esirgemeyen Deniz Harp Okulu Komutanlığı Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanı Dr.Y.Müh.Yb. Adalet ÖNER'e , tezimin uygulama safhasında bana her türlü kolaylıkları gösteren İstanbul Tersanesi Komutanlığı Kalite Güvence Baş Mühendisi Dz. Yb. Zafer NEMUTLU'ya, “Kaynak Prosesi” konusu ile ilgili bilgisinden özellikle istifade ettiğim, imkanlarını altı ay boyunca bana çekinmeden sunan Kaynak Mühendisi Dz. Ütgm. Serkan EKİN'e, tezimin çeşitli safhalarında fikir alışverişinde bulunduğumuz sınıf arkadaşlarım Dz. Ütgm Utku MET ve Per. Ütgm. Fikri PEHLİVANLI'ya, tecrübelerini benimle paylaşan ve özverili çalışmalarıyla desteğini ve bilgisini esirgemeyen Level-II NDT uzmanı Cemal KAYA'ya ve diğer NDT personeline şükranlarımı sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

JÜRİ ÜYELERİNİN KABUL VE ONAY SAYFASI.....	II
TÜRKÇE ÖZET.....	III
İNGİLİZCE ÖZET.....	IV
SORUMLULUK NOTU.....	V
İTHAF SAYFASI.....	VI
TEŞEKKÜR NOTU.....	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XI
TABLolar LİSTESİ.....	XIII
KISALTMALAR VE SEMBOLLER.....	XIV
I. GİRİŞ.....	1
II. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL.....	4
A. GENEL BİLGİLER.....	6
B. VERİ TOPLAMA.....	7
C. İSTATİSTİKSEL KAVRAMLAR.....	9
1. Ana kütle (Popülasyon).	9
2. Örnekleme.....	9
3. Merkezi Eğilim Ölçümleri	9
a. Mod (Tepe Değeri).....	9
b. Medyan (Ortanca).....	9
c. Aritmetik Ortalama	10
4. Dağılma Ölçüleri	11
a. Standart Sapma.....	11
b. Dağılma aralığı.....	11
D. OLASILIK VE OLASILIK DAĞILIMLARI.....	12
1. Bernoulli Dağılımı- Binom Dağılımı.....	12
2. Poisson Dağılımı.....	15
3. Normal Dağılım.....	17
4. Merkezi Limit Teoremi.....	18
5. Binom Dağılımının Normal Dağılıma Yakınsaması.....	19
6. Poisson Dağılımının Normal Dağılıma Yakınsaması.....	19
E. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİ.....	21

1. Çetele Diyagramları (Kontrol Çizelgeleri).....	21
2. Histogram.....	22
3.Pareto Analizi.....	29
4. Sebep- Sonuç Diyagramı.....	31
5. Akış Şeması.....	32
6. Saçılma Diyagramı.....	33
7. Gruplandırma... ..	34
8. Kontrol Grafikleri.....	34
9. Kontrol Grafiklerinin Türleri.....	39
a. Niteliksel Veriler için Kontrol Grafikleri:.....	40
(1) p (Kusurlu Oranı) Grafiği.	41
(2) c (Kusur Sayısı) Grafiği.....	42
(3) np (Kusurlu Sayısı) Grafiği.....	43
(4) u (Kusur Oranı) Grafiği.....	43
b. Ölçülebilir Veriler için Kontrol Grafikleri.....	44
c. Kontrol Grafiklerinin Yorumlanması.....	46
10. Proses Yeterlilik Analizi.....	46
11. İPK Tekniklerinin Kullanılma Alanları.....	48
III. KAYNAK PROSESİ.....	50
A. KAYNAĞIN TARİFİ.....	50
1. Örtülü Elektrot Ark Kaynağı.....	53
2. Gazaltı Kaynağı.....	53
a. MIG Kaynağı.....	54
b. TIG Kaynağı.....	54
c. MAG Kaynağı.....	55
B. PROSESİNİN TARİFİ.....	55
IV. MEVCUT KAYNAK KALİTE KONTROL YÖNTEMLERİ.....	58
A. KALİTE KONTROLÜN TARİFİ.....	58
B. TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ.....	58
1. Gözle Kontrol.....	59
2. Penetrant Kontrol (Girici Sıvılarla Test).....	60
3. Ultrasonik Kontrol.....	60
4.Manyetik Parçacık Muayenesi.....	60
5.Radyografik Kontrol.....	60

V. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİNİN KAYNAK.....	63
PROSESİNE UYGULANMA SİSTEMATİĞİ	
A. VERİ TOPLAMA	63
1.Film Çekilen Bölgenin Alanı	68
2. Kaynağın Yapıldığı Tarih	68
3. Kaynak Yöntemi.....	68
4. Kaynağı Yapan Kaynakçı.....	69
5. Kaynak Yapılan Malzeme Bilgisi.....	69
6. Kaynak Hatasının Türü	70
B. DEĞERLENDİRME.....	72
C. VERİLERİN ANALİZİ , GRUPLAMA VE ALT GRUPLAR.....	80
D. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL AŞAMASI.....	82
E. KAYNAK HATALARI VE ETKİLERİ.....	84
1.Nüfuziyet Azlığı.....	85
2. Birleştirme Azlığı(Yetersiz Ergime).....	87
3. Yanma Olukları veya Çentikler (Undercut).....	89
4. Bindirme Dikişlerde Levha Kenarlarının Ergimesi.....	91
5. Kalıntılar (Slag).....	92
6. Çatlaklar (Craks).....	93
7. Kaynak Dikişinin Taşması.....	98
8. Gözenekler (Porosity).....	100
9. Hatalı Kaynak Biçimi ve Boyutu.....	105
10. Sıçrantılar.....	107
11. Dikiş Yüzeyinin Fena Görünüşü.....	107
VI. KAYNAK PROSESİNDE İPK UYGULAMALARI VE DEĞERLENDİRMELER	109
A. KAYNAK PROSESİ AKIŞ DİYAGRAMI.....	109
B. KAYNAK PROSESİ İÇİN SEBEP SONUÇ DİYAGRAMLARI.....	113
C. ELEKTRİK ARK KAYNAĞI KONTROL SONUÇLARI.....	121
D. MIG KAYNAĞI KONTROL SONUÇLARI.....	128
E. MAG KAYNAĞI KONTROL SONUÇLARI.....	132
F. TIG KAYNAĞI KONTROL SONUÇLARI.....	137
VII. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	140
KAYNAKÇA.....	148

ŞEKİLLER LİSTESİ

1	Şekil –1 İstatistiksel Proses Kontrol Proje Akış Diyagramı.....	5
2	Şekil –2 Normal Dağılımı	18
3	Şekil –3(a) $n=30$ ve $p=0,3$ için Binom Dağılımı	19
4	Şekil –3(b) $n=10$ ve $p=0,5$ için Binom Dağılımı	19
5	Şekil –4(a) $\lambda=5$ için Poisson Dağılımı	20
6	Şekil –4(b) $\lambda=12$ için Poisson Dağılımı	20
7	Şekil –5 Yüzey Kontrollerine Ait Histogram.....	25
8	Şekil –6(a) Genel Tip Histogram.....	25
9	Şekil –6(b) Tarak Tip Histogram.....	26
10	Şekil –6(c) Negatif Eğimli Histogram.....	26
11	Şekil –6(d) Soldan Ani Azalan Tip Histogram.....	27
12	Şekil –6(e) Plato Tip Histogram.....	27
13	Şekil –6(f) İki Tepeli Tip Histogram.....	28
14	Şekil –6(g) Ayrı Tepeli Tip Histogram.....	28
15	Şekil –7 Yüzey Kontrollerine Ait Pareto Diyagramı.....	30
16	Şekil –8 Sebep Sonuç diyagramı.....	31
17	Şekil –9 Akış Diyagramı.....	32
18	Şekil –10 Saçılma Diyagramları.....	33
19	Şekil –11 Standart Normal Dağılım.....	37
20	Şekil –12 Kontrol Grafiği.....	38
21	Şekil –13 Kontrol Grafiğinin seçilmesi.....	40
22	Şekil –14 Niteliksel Kalite Karakteristikleri Sonuçları Örneği	41
23	Şekil –15 Çelik Yüzey Kontrol Sonuçları c-Grafiği.....	43
24	Şekil –16 Radyografi Rapor Formatı.....	65
25	Şekil –17(a) Kaynak Prosesi İPK Programı Arayüzü.....	66
26	Şekil –17(b) Kaynak Takip Grafik Formu	67
27	Şekil –18 1981-1985 Yılları Arasında İyileştirmeler.....	83
28	Şekil –19 2000-2004 Yılları arasında Kaynak Prosesindeki Değişim.....	84

29	Şekil -20 Dikiş İçinde Kalıntılar.....	93
30	Şekil -21 Kaynak Dikişinde taşma	100
31	Şekil –22 Kaynak dikişlerinde karşılaşılan çeşitli gözenek türlerinden örnekler...	101
32	Şekil –23 Kaynak ağızlarını iyi hazırlanmaması sonucu ortaya çıkan hatalar.....	106
33	Şekil –24-(a) Kaynak Prosesi Akış Diyagramı.....	110
34	Şekil –24-(b) Kaynak Prosesi Akış Diyagramı.....	111
35	Şekil –24-(c) Kaynak Prosesi Akış Diyagramı.....	112
36	Şekil –25 Kaynak Kalitesi Sebep Sonuç Diyagramı.....	114
37	Şekil –26 Ergime Noksanlığı Hatası Sebep Sonuç Diyagramı.....	115
38	Şekil –27 Cüruf Hatası Sebep Sonuç Diyagramı.....	116
39	Şekil –28 Nüfuziyetsizlik Hatası Sebep Sonuç Diyagramı.....	117
40	Şekil –29 Yanma Olukları Hatası Sebep Sonuç Diyagramı.....	118
41	Şekil –30 Çatlak Hataları Sebep Sonuç Diyagramı.....	119
42	Şekil –31 Gözenek Hataları Sebep Sonuç Diyagramı.....	120
43	Şekil –32 Elektrik Ark Kaynağı Pareto Diyagramı.....	123
44	Şekil –33(a) Elektrik Ark Kaynağı c-Kontrol Grafiği.....	124
45	Şekil –33(b) Elektrik Ark Kaynağı c-Kontrol Grafiği.....	127
46	Şekil–34 MIG Kaynağı Pareto Diyagramı.....	130
47	Şekil–35 MIG Kaynağı c-Kontrol Grafiği.....	131
48	Şekil –36 MAG Kaynağı Pareto Diyagramı.....	134
49	Şekil–37 MAG Kaynağı c-Kontrol Grafiği.....	136
50	Şekil –38 TIG Kaynağı Pareto Diyagramı.....	138
51	Şekil–39 TIG Kaynağı c-Kontrol Grafiği.....	140
52	Şekil–40 Genel Pareto Diyagramı	144
53	Şekil–41 Onarıma Neden Olan Hatalar İçin Pareto Diyagramı.....	146

TABLÖLER LİSTESİ

1	Tablo-1 Gruplu Veriler İçin Aritmetik Ortalama.....	10
2	Tablo-2 Veri Toplama Tablosu(Çetele)	22
3	Tablo-3 Yüzey Kontrollerine Ait Hata Sayıları.....	24
4	Tablo -4 Kontrol Limitleri Katsayıları Tablosu (KLKT).....	45
5	Tablo-5 İPK Tekniklerinin Kullanılma Alanları.....	49
6	Tablo-6 Hata İşaretleri	71
7	Tablo -7 Film Değerlendirme Notları	75
8	Tablo-8 (a) Hata Değerlendirme Puanları.....	76
9	Tablo-8 (b) Hata Değerlendirme Puanları.....	77
10	Tablo-9 (a) Hata Değerlendirme Puanları.....	78
11	Tablo -9 (b) Hata Değerlendirme Puanları.....	79
12	Tablo-10 Nüfuziyet Azlığı.....	87
13	Tablo-11 Yetersiz Ergime.....	89
14	Tablo-12. Yanma Olukları.....	91
15	Tablo 13- Kaynak Metalinde Görülen Çeşitli Tip Çatlaklar.....	96
16	Tablo-14 Yanlış Kaynak Parametrelerinin Seçilmesi veya Hatalı Torç..... Hareketinin Neden Olduğu Gözenekler	99
17	Tablo-15 Yanlış Kaynak Parametrelerinin Seçilmesi veya Hatalı Torç	104
18	Tablo-16 Elektrik Ark Kaynağı Hata Miktarları.....	121
19	Tablo-16(a) Elektrik Ark Kaynağı Hata Miktarları.....	125
20	Tablo-17 MIG Kaynağı Hata Miktarları.....	128
21	Tablo-18 MAG Kaynağı Hata Miktarları.....	132
22	Tablo-19 TIG Kaynağı Hata Miktarları.....	137
23	Tablo-20 İPK Sonuçlarının Analizi.....	142
24	Tablo-21 Onarıma Neden Olan Hataların Miktarları.....	145

KISALTMALAR VE SEMBOLLER

İPK	İstatistiksel Proses Kontrol
TKY	Toplam Kalite Yönetimi
N	Ana kütlede eleman sayısı
n	Örnekleme eleman sayısı
$\bar{x}$	Örneklemin ortalaması
μ	Ana kütlenin ortalaması
σ^2	Popülasyonun varyansı
σ	Popülasyonun standart sapması
s^2	Örneklemin varyansı
s	Örneklemin standart sapması
e	Sabit değer (2,71823)
π	Sabit değer (3,1415)
Z	Standart normal dağılım rassal değişkeni
λ	Poisson dağılımı için ortalama
c	Hata sayısı
d	Hatalı sayısı
p	Hatalı oranı
u	Hata oranı
UKL	Üst Kontrol Limiti
AKL	Alt Kontrol Limiti
MÇ	Merkez Çizgi
C_p	Proses Yeterlilik İndeksi
MIG	Metal Inert Gas
TIG	Tungsten Inert Gas
MAG	Metal Aktiv Gas
NDT	Non Destructive Testing
200 Md.lüğü	Plan Keşif ve Dizayn Müdürlüğü
300 Md.lüğü	İşletme Şube Müdürlüğü
130 Md.lüğü	Kalite Güvence Baş Mühendisliği

I. GİRİŞ

Günümüzde firmalar, küreselleşmenin de etkisiyle kendilerini yoğun bir rekabet ortamı içerisinde bulmuşlardır. Çoğu sektör için, rakip firmanın dünyanın çok uzak bir köşesinde olmasının bu gün için pek de bir anlamı bulunmamaktadır. Yalnız olmadığınız, çoğu zaman en iyilerle rekabet etme durumunuzun olduğu böyle bir ortamda, kuruluş olarak ayakta kalabilmek de zor hale gelmiştir. Bunun için uygun pazarlama stratejileri geliştirmek, müşteriler, tedarikçi ve yan kuruluşlarla ilişkilerinizi ılımlı tutmak gibi hususların yanında esas unsur olan ürünlerdeki kaliteyi sürdürebilmek şarttır. Kalite, bugünkü ve gelecekteki tüketicinin gereksinimlerini hedeflemelidir. Kalite Deming'in dediği gibi niyetle başlar, bunu da yönetim belirler. Niyet, mühendisler ve başkaları tarafından planlara, spesifikasyonlara, testlere ve üretime dönüştürülmelidir.

Kalite kontrol kavramı günümüzde, nihai ürün ile ilgili kalite kontrol tekniklerinin uygulanmasından çok daha geniş bir anlam ifade etmektedir. Kalite arayışının tüm üretim veya hizmet sürecine hakim olması beklenmektedir. Sürecin kontrol altına alınması, beraberinde kalitenin de kontrol altına alınmasını getirecektir. İstatistiksel yöntemler hem sürecin hem de kalitenin kontrolü ve iyileştirilmesi için firmalara güçlü araçlar sağlar. Japonların 1950'li yıllardan başlayan ekonomi alanındaki müthiş çıkışlarında istatistik yöntemlerini başarıyla kullanmalarının büyük katkısı vardır.¹

İstatistiksel Kalite Kontrol, istatistiksel tekniklerin veri toplamak, analiz etmek, yorumlamak ve çözümler getirmek üzere kalite problemlerine uygulanmasıdır. İstatistiksel Kalite Kontrol süreçten ziyade, nihai durumla

¹ Japonya'da 1948 ve 1949'da bazı şirketlerin yönetimleri, kalitenin artırılmasının doğal ve kaçınılmaz şekilde üretkenliği artırdığını gözlemlemiştir. Bu gözlem, o sıralarda General MacArthur'un emrinde çalışan Bell Laboratuvarları mühendislerinin sağladığı kalite kontrol literatürünü inceleyen Japon mühendislerin çalışması sonucu ortaya çıkmıştır. Bu literatürde Walter A.Shewart'ın kitabı "İmal Edilen Ürünün Kalite Kontrolü(1931) "de bulunmaktadır. Bu çalışmalarla beraber Japonların kalite atağı da başlamıştır.- DEMING, Edwards, Krizden Çıkış, 1982, sh-2

ilgilenir. Sürecin kontrol edilmesinde istatistiksel yöntemlerin kullanılması, İstatistiksel Proses (Süreç) Kontrol kavramını (İPK) doğurur. “İPK, şirketin geçmişini özetler, bugününü ortaya koyar, geleceği hakkında bilgi verir.”[1 s-14] İstatistiksel yöntemler kullanılarak süreçlerin iyileştirilmesi neticesinde ürün veya hizmet kalitesinde hissedilir iyileşmeler, fireli veya hatalı çalışmalarda büyük düşüşler, maliyetlerde azalmalar elde edilebilir.

İstatistiksel Proses Kontrol, bir prosesin izlenmesi, kontrol edilmesi, değerlendirilmesi ve analiz edilmesi için istatistik temelli bir yaklaşımdır ve amacı öncelikle kararlı bir proses ardından kayda değer bir proses performansı ortaya koymaktır.

İPK ile hatalar kaynağında önlenmeye, sorunlar yayılmadan durdurulmaya, birbirini besleyen departmanlar arasında hatalı ürün transferi önlenmeye çalışılır. Herkes işini tam ve doğru yaptığı halde işler, istenilen kalitede veya oranda olmayabilir. İşte İPK uygulamalarının bu tür problemlerinin analizinde ve çözümünde çok yararlı katkıları olmaktadır. İstatistiksel Proses Kontrol, TKY araçları olarak, kalite standartları arasında da yerini sağlamlaştırmıştır. ISO-9001:2000 kalite yönetim sistemi ve AQAP 2110 sistemleri de TKY uygulamaları kapsamında işletmelerde İPK uygulamalarını gerekli kılmaktadırlar.

Bu çalışmada ISO-9001:2000 kalite yönetim sistemi ve AQAP 2110 sistemi belgesi için çalışan İstanbul Tersanesi Komutanlığı’nda, İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin gemi inşa ve onarım projelerinde kaynak prosesine uygulanabilirliği incelenmiştir. Çalışmanın bir sonraki bölümü, İPK uygulamalarının temel kavramları hakkındaki bilgilerin gözden geçirilmesine ayrılmıştır. Benzer bilgiler hemen hemen her istatistik kitabında bulunabilir. Fakat şurası bir gerçektir ki bu teknikleri uygulayacağımız süreçler her zaman ders kitaplarımızdaki örnekler gibi basit ve uygulaması kolay değildir. Bu çalışmanın

uygulama alanı olarak seçilen tersanelerdeki kaynak prosesi de bu zor ve karmaşık süreçlerden biridir.

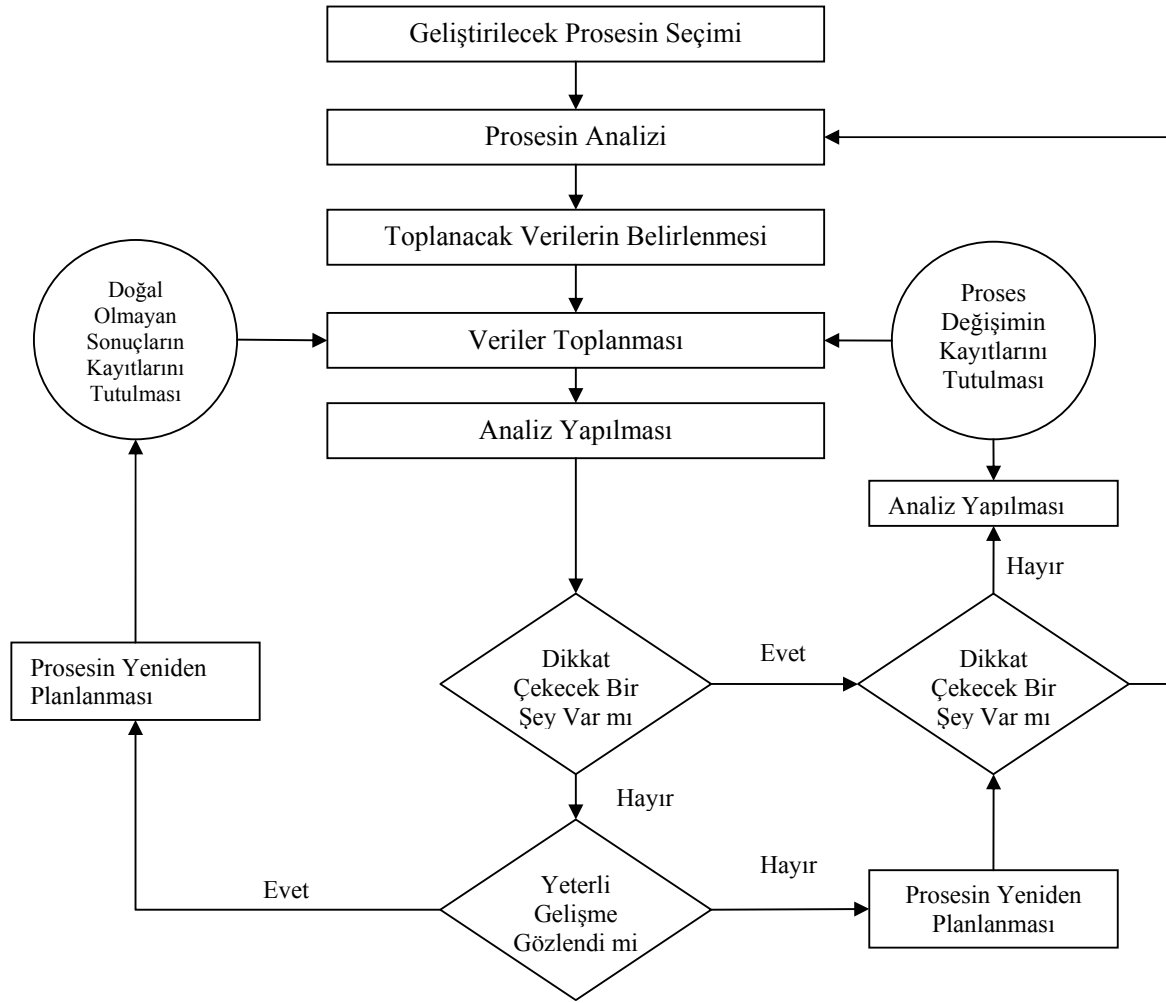
Kaynak tekniği, önemli bir birleştirme tekniği olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu teknik günümüzde metallerin yanında plastik vb. maddelere de başarıyla uygulanmaktadır. Bu çalışmada bahsedilen “kaynak” ifadesi, metallere uygulanan kaynağı ifade etmektedir. Kaynak prosesi sonucunda klasik ürün kavramından farklı bir sonuç karşımıza çıkar. Ürün olarak algıladığımız, iki metalin ergime yolu ile birleştirilmiş halidir. Tersanelerde kaynak prosesi, veri toplama ve değerlendirme açısından oldukça karmaşıktır. Kaynak yapılan bölge her zaman aynı büyüklükte ve aynı geometrik şekilde değildir. Bunun yanında hem kaynak yöntemleri, hem de kaynak yapılan metaller kendi aralarında çeşitlilikler göstermektedir. Ayrıca gemi sanayinin kendine has değerlendirme standartları vardır. Bu standartlar geminin mukavimliği prensibine göre kaynak yapılan bölgeden bölgeye farklılaşmalar göstermektedir. Çalışmanın üçüncü ve dördüncü bölümlerinde bu konulardan bahsedilmiştir. Yanlış değerlendirmelere sebep vermemek için veri toplama ve analiz yöntemlerinin dikkatlice planlanması gerekmektedir. Çalışmanın beşinci bölümünde, İstanbul Tersanesindeki kaynak prosesinin doğasından bahsedilmiş ve geliştirilen veri toplama ve düzenleme (gruplama) yöntemi detaylı olarak anlatılmıştır.

Çalışmanın altıncı bölümünde, İPK tekniklerinin İstanbul Tersanesindeki kaynak prosesine uygulamaları, veri işleme ve değerlendirme yöntemleri anlatılmıştır. Yedinci ve son bölümde ise çalışmanın sonuçları ve elde edilen faydalar rapor edilmiştir.

II. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL

İstatistik sayılardan, verilerden sonuç çıkarmaktır. İstatistikte örnekler kullanılarak ana kütle hakkında tahminlerde bulunulur. **Proses** bir ürün veya hizmetin üretimini, dolayısıyla kalitesini etkileyen etmenlerin tümüdür. **Kontrol** işlemlerin istenen şekilde gitmesini sağlamaktır. [2,s-47]

Bu üç sözcüğün birleşmesinden oluşan İstatistiksel Proses Kontrolü ise “alınan ölçümlere dayanarak, prosesin istenen şekilde akmasını sağlamak” şeklinde tanımlayabiliriz. Modern kalite kontrolünün temelleri 1920’lerden itibaren istatistik metotlarının sanayide kullanımı ile ortaya çıkmıştır. Bu yıllarda ilk olarak Shewart, Dodge, Romig, Pearson gibi bilim adamları istatistik metotlarını sanayide karşılaşılan kalite problemlerinin çözümünde kullanarak İPK’nın temelini atmışlardır. [3 s-1] “İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri, ISO 9000 Kalite Güvence Sistemi içerisinde çok kullanılmaktadır. Bu teknikler ISO 9001 ve ISO 9002 standartlarında bulunan Düzeltici ve önleyici faaliyetlere katkı sağlar.”[4, s-411] Aşağıdaki şekilde istatistiksel proses kontrol proje akış şeması görülmektedir. Şema üzerinde geliştirilecek prosesin seçiminden başlanarak, prosesin geliştirilmesine kadar geçecek aşamalar gösterilmiştir.



Şekil –1 İstatistiksel Proses Kontrol Proje Akış Diyagramı [4, s-440]

İPK tekniklerine geçmeden önce bir takım istatistiki bilgileri hatırlamakta fayda görülmektedir.

A. GENEL BİLGİLER

“İstatistik, yapılacak tahminler ve varılacak sonuçlardaki hata olasılığını matematik olasılığa dayanarak ve tüme varım yolu ile değerlendirmekle, nicel veri ve malumatın toplanması, sınıflandırılması ve değerlendirilmesinde en etkili yöntemlerin geliştirilme ve uygulanması sanatı ve bilimidir.” [5 s-7]

Üzerinde çalışılan konu ile ilgili sayısal verilerin; doğru olarak toplanması, özetlenmesi, konuyu tanıtacak şekilde işlenmesi, bilinen faktörlere göre analizi, başka verilerle ilişkilerinin tespiti ile sonuçların yorumlanması ve genelleştirilmesi için yapılan bütün işlemler “istatistiksel metotlar” olarak bilinir. İstatistik bir çok bilim dalında olduğu gibi kalite kontrolünde de temel bir yardımcı vazifesi görmektedir. ISO 9001 Kalite Güvence Modelindeki “Tedarikçi, proses yeterliliğini ve ürün karakteristiklerini tespit etmek, kontrol etmek ve doğrulamak için ihtiyaç duyduğu istatistik teknikleri belirlemelidir.” şeklindeki “İhtiyaçların Belirlenmesi” maddesi, ISO standartlarında istatistiğin kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Üretim yöntemlerinin ve ürün yapısının karmaşıklığı, kaliteli ve tekdüze ürün elde etme çabalarını büyük ölçüde engellemektedir. İstatistik, bu sorunların çözümünde kullanılan temel bir araçtır. Büyük miktarlarda üretimler söz konusu olduğunda, üretilen mamullerin kalitesini kontrol etmek ve muayene edilecek birimlerin miktarını belirlemek istatistik metotların kullanımı ile mümkün olmaktadır.[3 s-1]

Bununla beraber, istatistiksel yöntemlerin hatalı kullanılması, işletmeleri hatalı değerlendirmelere yöneltebilir. Bu nedenle istatistiki analizlerin, konunun uzmanları tarafından yapılması sağlanmalıdır. İstatistiksel yöntemlerin kullanımına ait sorunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Yanlış veya gerçeklerle bağdaşmayan veriler,
- Yetersiz veri toplama yöntemleri,

- Veri iletiminden doğan hatalar ve hatalı matematiksel işlemler,
- Anormal değerlerin kullanılması
- Uygun istatistiksel yöntemlerin belirlenmemesi
- Deneyimsiz kişilerin yaptığı yanlış uygulamalar

B. VERİ TOPLAMA

Veri toplama, kalite sorunu ile ilgili problem çözme aşamalarının en önemli adımıdır. Çünkü bundan sonraki faaliyetler, veriler sağlıklı bir şekilde toplandıysa bir anlam ifade edebilir. İstatistiksel teknikleri kullanmadan önce verilerin doğru olarak toplanması gerekmektedir. Gerçek verilere dayanmayan fikirler ve kişisel görüşler kalitenin geliştirilmesinde bir başlangıç noktası olarak kullanılamazlar. Veriler uzunluk, sıcaklık, ışık şiddeti gibi değerleri ölçerek; kusurlu adetlerini, ürün miktarını vs. sayarak; pozisyonları sıralayarak veya skorları, notları vs. okuyarak elde edilebilirler. [5, s- 9]

Veri toplama yüzde yüz muayene şeklinde olabileceği gibi örnekleme şeklinde de yapılabilir. Yüzde yüz muayene her şeyi kontrol etmek anlamına gelir. Endüstride yüzde yüz muayenenin gerekli olduğu faaliyet alanları bulunmaktadır. Bununla birlikte yüzde yüz muayene çoğu sektörde uzun bir zaman dilimi ve maliyet gerektirdiğinden gereksizdir. Örneklemenin en önemli yararı zaman kazandırması ve daha az masraflı olmasıdır. Örnekleme, daha az zamanda, daha özenli ve mükemmel muayene etme olanağı verir. Ayrıca bazı ürünler muayene ve test sırasında tahrip olur, örnekleme bu kayıpları azaltır. Ancak örnekleme ile verinin nasıl toplanacağını bilmek ve örnekleme tekniklerini doğru kullanmak gerekmektedir.

Verileri toplarken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- Veriler incelenen durumu gerçekçi bir tarzda yansıtmalıdır. Tarafsız ve yorumsuz olmalıdır.

- Verilerin yeterli olup olmadığı incelenmelidir.
- Verilerin nerede, ne zaman ve kim tarafından toplandığı bilinmelidir.
- Veriler toplandığı yere göre sınıflanmalıdır.(makineler, ürünler, ham madde, vs.)
- Verilerin ne ile ilgili olduklarının belirlenmesi gerekmektedir.
- Kullanılan ölçü aletleri, ölçü birimleri, parti miktarları, veri miktarları belirtilmelidir.
- Veri toplamada kullandığımız ölçüm aletleri ve yöntemleri güvenilir olmalıdır.
- Örnek sayısı, örnek alma planlarından faydalanılarak belirlenmelidir.
- Örnek alırken tarafsız, objektif davranmaya özen gösterilmelidir. Bununla beraber alınan örnek grubunun popülasyonu temsil etmesi de sağlanmalıdır.

Veriler anlamlı bilgilere dönüştürülürken üç aşamadan geçerler. Bu aşamalar;

1. Girdi aşaması : Verilerin toplandığı ve kaydedildiği aşamadır.
2. İşlem aşaması : Verilerin sınıflandığı, ayıklandığı, sıralandığı ve gerekli hesaplamaların yapıldığı aşamadır.
3. Çıktı aşaması : Verilerin düzenlediği, dönüştürüldüğü, raporlandığı aşamadır.

C. İSTATİSTİKSEL KAVRAMLAR

İPK’de kullanılan başlıca kavramlar ve hesaplamalar genel hatlarıyla aşağıda yer almaktadır.

1. Ana kütle (Popülasyon)

Ölçülmüş veya ölçülebilen elemanlardan meydana gelen ve ilgi alanımıza giren faaliyetlerin tamamını, evreni ifade eder.

2. Örneklem

Bir ana küttleden rassal olarak seçilmiş ve daha az sayıda birimden oluşan örneği inceleyerek, ana küttlenin çeşitli karakteristik değerleri hakkında bilgi sahibi olma ve böylece genel yargılara ulaşma çabalarına örneklem denir.[6, s-1]

Ana küttlede eleman sayısı (N) , örnekleme ise (n) harfiyle gösterilmektedir.

3. Merkezi Eğilim Ölçümleri

Elimizde bulunan verilerin merkezinin, neresi olduğunu tek bir sayı ile açıklayan bir değeri tespit etmemiz gerekir. Bu merkezi eğilimin veya konumun bir ölçüsü olarak adlandırılır.

Merkezi eğilimin mod, medyan, aritmetik ortalama adında üç ana ölçüsü vardır.

a. Mod (Tepe Değeri):

Bir sayı grubunda en çok tekrar edilen sayıdır.

b. Medyan (Ortanca):

Bir sayı grubunu küçükten büyüğe sıraladığımızda tam ortadaki sayıdır.

c. Aritmetik Ortalama :

Merkezi eğilimi tarif eden bir diğer kavram da aritmetik ortalamadır. Aritmetik ortalama hesaplama yöntemini gruplanmamış veriler ve gruplu veriler için olmak üzere iki örnek yardımı ile gösterebiliriz. Aritmetik ortalama ana kütle için ise " μ ", örneklem için ise " $\bar{x}$ " harfiyle gösterilir.

1) Gruplanmamış Veriler İçin

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Örnek: 3,5,2,9,11 Aritmetik ortalama 6'dır.

2) Gruplu Veriler İçin

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i \cdot f_i}{\sum_i f_i}$$

Sınıf	Sınıf Orta Noktası (x)	Frekans(f)	x.f
30-35	32,5	17	552,5
35-40	37,5	24	900,0
40-45	42,5	19	807,5
45-50	47,5	28	1330,0
50-55	52,5	19	997,5
55-60	57,5	13	747,5
		120	5335,0

Tablo-1 Gruplu Veriler İçin Aritmetik Ortalama

$$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i \cdot f_i}{\sum_i f_i} = 5335/120 = 44,5$$

4. Dağılma Ölçüleri

İstatistiksel kalite kontrolde son derece yararlı olan iki ana dağılma ölçüsü vardır

a. Standart Sapma

Bir veri grubunda ortalamadan bireysel verilerin sapması üzerine dayalı dağılım veya yayılım ölçüsü olarak “varyans” veya onun karekökü olan “standart sapma” ifadesini kullanırız. İlgili alanımıza giren tüm evren (popülasyon) için bu sapma, “popülasyonun standart sapması” olarak ifade edilirken, bu evrenden almış olduğumuz bir örnek kütle için ise bu sapma “örneklemin standart sapması” olarak ifade edilir. [7, s-113]

Varyansın karekökünün alınması ile standart sapma değerine ulaşılır.

$$\text{Popülasyonun varyansı} \quad \sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}$$

$$\text{Örneklemin varyansı} \quad s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

$$\text{Popülasyonun standart sapması} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X - \mu)^2}{N}}$$

$$\text{Örneklemin standart sapması} \quad s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

b. Dağılma Aralığı

R ile ifade edilir. Bir örnek grubunda dağılma aralığı, en büyük ile en küçük değer arasındaki farktır.

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

D. OLASILIK VE OLASILIK DAĞILIMLARI

“Olasılık, olaylar topluluğu içinde belirli özelliklere sahip olayların meydana gelme veya gelmeme durumunu belirten bir değer olarak tanımlanabilir.” [5, s-22] Olasılıkların oluşturduğu popülasyonlar farklı dağılım şekilleri arz edebilirler. Bu farklılıklar olasılığın ait olduğu olayların karakteristikleri ile ilgilidir.

İPK’de kullanılan en önemli dağılımlar şunlardır:

1. Binom Dağılımı
2. Poisson Dağılımı
3. Normal Dağılım

Bu dağılımlar ile ilişkili olarak bir diğer kavram da Merkezi Limit teoremidir. Bunların kısa tanımları ve özellikleri müteakip paragraflarda anlatılmıştır.

1. Bernoulli Dağılımı- Binom Dağılımı

İPK’de niteliksel kontrol grafiklerinin (p-d grafikleri) çiziminde faydalanan bir dağılımdır. Bunun yanında binom dağılımının önemli bir uygulama alanı kabul örneklemesidir. “Rassal bir denemenin, kolaylık olsun diye “başarı” ve “başarısızlık” diye adlandıracağımız, bağdaşmaz ve bütünü kapsayıcı olan yalnızca iki sonuç verdiğini düşünelim. Başarının olasılığına p diyelim, böylece başarısızlığın olasılığı da $(1-p)$ olur. Şimdi de, deneme başarıyla sonuçlanırsa 1, aksi halde 0 değerini alan bir x rassal değişkeni tanımlayalım. Bu durumda bu rassal değişkenin olasılık fonksiyonu şöyledir;

$$P_x(0) = (1-p) \quad P_x(1) = p$$

Bu dağılım **Bernoulli** dağılımı diye adlandırılır.”[8, s-170]

Bu dağılım aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Tüm denemeler birbirinden bağımsızdır.
- Her denemede ya geçer(başarılı) ya da geçemez(başarısız) sonuç ile karşılaşılır.
- Denemelerdeki geçme(başarılı olma) durumu p 'dir. Başarısız olma durumu ise q yani $(1-p)$ 'dir.
- Başarılı olma olasılığı sabittir.

Bernoulli dağılımının beklenen değeri (ortalaması)

$$\mu_x = E(x) = \sum_x x P_x(x) = (0)(1-p) + (1)(p) = p \text{ 'dir.}$$

Bernoulli dağılımın varyansı ise:

$$\begin{aligned}\sigma_x^2 &= E[(X - \mu_x)^2] = \sum_x (x - \mu_x)^2 P_x(x) \\ &= (0-p)^2(1-p) + (1-p)^2 p = p(1-p) \text{ dir.}\end{aligned}$$

“Bernoulli dağılımın önemli bir genellemesi, iki olası sonucu olan rassal bir denemenin çok kez yinelenmesiyle ilgilidir. Tek bir denemedeki başarı olasılığını yine p olarak ele aldığımızı ve bir deneme sonucunun öteki denemeler üzerinde bir etki yaratmadığı n tane bağımsız deneme yaptığımızı düşünelim. Bu n denemeden başarıyla sonuçlananların sayısını gösteren X , 0'dan n 'ye kadar herhangi bir tamsayı olabilir. Biz de n denemede tam tamına $X=x$ çıkma olasılığıyla ilgileniyor olalım.

Bulgularımızı iki aşamada geliştireceğiz. Önce, n denemede n tane sonuç elde edileceğine dikkat edin, bunların her biri ya başarı (B) ya da yenilgi (Y) olabilir. x tane başarı ve $(n-x)$ tane yenilgi için bir diziliş şöyledir:

$$\begin{array}{cc}\underline{B, B, \dots B} & \underline{Y, Y, \dots Y} \\ x \text{ tane} & (n-x) \text{ tane}\end{array}$$

Sözle belirtirsek, ilk x deneme başarı, kalanlar başarısızlık göstermiştir. Şimdi, tek bir denemede başarı olasılığı p , yenilgi olasılığı $(1-p)$ 'dir. n deneme birbirinden bağımsız olduğuna göre, sonuçların herhangi bir diziliminin olasılığı, olasılıklarının çarpımı kuralına göre, tekil sonuçların olasılıklarının çarpımına eşittir. Öyleyse yukarıda belirtilen belli dizilimi gözlemleme olasılığı şöyledir.

$$\frac{\underbrace{p.p.p \dots p}_{x \text{ tane}} \cdot \underbrace{(1-p). (1-p) \dots (1-p)}_{(n-x) \text{ tane}}}{1} = p^x (1-p)^{n-x}$$

Bu akıl yürütme yoluyla, x tane başarı, $(n-x)$ tane başarısızlık gösteren herhangi bir dizilimi gözlemleme olasılığının $p^x (1-p)^{n-x}$ olduğu anlaşılır.

Başlangıçta ilgilendiğimiz şey belli bir dizilimin gerçekleşme olasılığı değil, dizilişi nasıl olursa olsun, tam tamına x tane başarının olasılığıydı. x tane başarının, $(n-x)$ tane başarısızlık ile birlikte çeşitli dizilişleri vardır. Aslında, bu olanakların sayısı, n nesnenin x taneli kombinasyonlarının sayısıdır, çünkü n tane konum arasından herhangi x tane konumu başarıları yerleştirmek için seçebiliriz. Buna göre;

$$n \text{ denemede } x \text{ tane başarı içeren dizilişlerin sayısı} = {}_n C_x = \frac{n!}{x!(n-x)!}$$

Üstelik, herhangi ikisi aynı anda gerçekleşemeyeceğinden bu dizilişler bağdaşmazlar.

Şimdi, “ n denemede x tane başarı” olayının, her birinin olasılığı $p^x (1-p)^{n-x}$ olan ${}_n C_x$ tane bağdaşmaz biçimde gerçekleşebileceğini göstermiş bulunuyoruz. Öyleyse, olasılıkların toplamı kuralını kullanırsak aranan olasılık, bu ${}_n C_x$ tane tekil olasılığın toplamıdır. Yani

$$P(n \text{ denemede } x \text{ tane başarı}) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x} \quad [8, \text{s-170}]$$

Bütün bu açıklamalardan sonra binom dağılımının tanımını şu şekilde yapabiliriz:

“Rassal bir denemenin “başarı” ve “başarısızlık” olarak iki bağdaşmaz ve bütünü kapsayıcı biçimde sonuçlanabileceği ve tek bir denemedeki başarı

olasılığının p olduğunu düşünelim. Eğer birbirinden bağımsız n tane deneme yapılırsa, ortaya çıkan başarı sayısı X 'in dağılımına **binom dağılımı** denir. Binom dağılımının olasılık fonksiyonu şudur:

$$P_x(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x (1-p)^{n-x} \quad x = 0, 1, 2, \dots, n \text{ için } [8, s-172]$$

Binom dağılımının ortalaması ile varyansı bernoulli dağılımından faydalanılarak bulunur. “Her birinin başarı olasılığı p olan n tane bağımsız denemede başarı sayısına X diyelim.

Bu durumda X , beklenen değeri (ortalaması) “ $\mu_x = E(x) = n.p$ ” ve varyansı “ $\sigma_x^2 = E[(X - \mu_x)^2] = n p(1-p)$ ” olan bir binom dağılımdır.” [8, s-173]

2. Poisson Dağılımı

Bir hizmetin veya ürünün kalitesi ile ilgili olan araştırmalar da dahil olmak üzere bir çok araştırma, örnek başına hata sayısı ya da bir “fırsat alanı” ile ilgilidir. Bir fırsat alanı içerisinde birden fazla olayın olması ihtimalinin olduğu bir alan, zaman aralığı, veya hacimdir. Buna örnek olarak bir metrekaresel metalde bulunan deliklerin sayısı verilebilir. Böyle durumlarda poisson dağılımı bu tip olasılıkları hesaplamanın temelini oluşturmaktadır.

Bir zaman aralığı, saha, hacim gibi bir “*fırsat alanı*”, eşit ihtimalli alt sahalara bölündüğünde bir Poisson sürecinin var olduğundan bahsedebilmek için, aşağıdaki durumlar gözlenebilmelidir.

- Herhangi bir alt olasılık sahasında sadece bir başarı gözlemlene ihtimali sabit olmalıdır.
- Herhangi bir alt olasılık sahasında iki veya daha çok başarı gözlemlene ihtimali sıfır olmalıdır.
- Herhangi bir alt olasılık sahasında başarının meydana gelme olasılığı istatistiki olarak diğer alt sahalardan bağımsız olmalıdır.

Poisson dağılımına uygun olabilecek örnekler şunlardır:

- Saat başına bir polis karakoluna bildirilen ihbar sayısı
- Ay başına bir hastanede tespit edilen AIDS vakası
- 10 mt.lik bir boru da karşılaşılan hatalı kaynak sayısı [7, s-167]

Aşağıda Poisson dağılımının matematiksel modeli anlatılmıştır.

Üstel fonksiyon aşağıdaki gösterildiği şekilde bir seri olarak ifade edilebilir.

$$e^{\lambda} = 1 + \lambda + \frac{\lambda^2}{2!} + \frac{\lambda^3}{3!} + \dots$$

Yukarıdaki seri ayrık rassal değişkenler elde etmede kullanılabilir. Bunun için eşitliğin her iki tarafını da $e^{-\lambda}$ 'ye bölersek

$$1 = e^{-\lambda} + \lambda e^{-\lambda} + \frac{\lambda^2}{2!} e^{-\lambda} + \frac{\lambda^3}{3!} e^{-\lambda} + \dots$$

elde edilir. Bu ifade aşağıda olduğu şekilde yazılabilir.

$$1 = \frac{\lambda^0}{0!} e^{-\lambda} + \frac{\lambda^1}{1!} e^{-\lambda} + \frac{\lambda^2}{2!} e^{-\lambda} + \frac{\lambda^3}{3!} e^{-\lambda} + \dots$$

Yukarıdaki ifadede terimlerin toplamı 1' e doğru yaklaşmaktadır. Her bir terimi bir olasılık değeri olarak düşünerek genel bir ifade şeklini aşağıdaki gibi oluşturabiliriz.

$$\frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$$

Bu ifadeyi aşağıdaki şekilde yazarsak Poisson dağılımına ulaşmış oluruz

$$P(X=x) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^x}{x!}$$

Poisson dağılımının ortalaması

$$\mu_x = E(x) = \lambda$$

olup varyansı da şöyledir.

$$\sigma_x^2 = E[(X - \mu_x)^2] = \lambda$$

Yani poisson dağılımının ortalaması varyansına eşittir. [8, s-180-181]

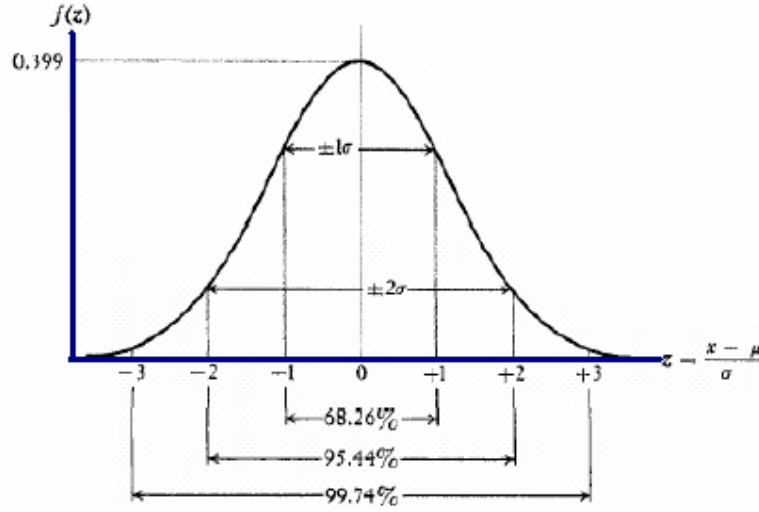
3. Normal Dağılım

İstatistik biliminde çok önemli bir yeri olan sürekli bir dağılımdır. Rassal değişken X 'in olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$f_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-(x-\mu)^2 / 2\sigma^2} \quad -\infty < x < \infty \quad \text{ise, } X\text{'in normal dağılıma uyduğu}$$

söylenir. Burada μ 'nün değer aralığı, $-\infty < \mu < \infty$, σ^2 'nin değer aralığı ise $0 < \sigma^2 < \infty$ biçimindedir. e ve π ise iki sabit olup değerleri $e = 2,71823...$, ve $\pi = 3,1415..$ şeklindedir.

Normal dağılımın ortalaması μ , varyansı ise σ^2 'dir. Normal dağılım eğrisi ortalama etrafında çan eğrisi olacak şekilde simetriktir. Eğri altında kalan alan, tüm olasılıklar toplamına eşittir. Olasılıkların toplamı ise 1'e eşittir. Tek bir normal dağılım yoktur. μ ile σ^2 'nin değişik değerlerinden doğan bir dağılım ailesi vardır. Ortalaması $\mu=0$ ve varyansı $\sigma^2=1$ olan normal dağılıma **standart normal dağılım** denir. Standart normal dağılım Z rassal değişkeni ile tanımlanır. ve $Z \sim N(0,1)$ şeklinde gösterilir. [8, s-211]



Şekil –2 Normal Dağılımı

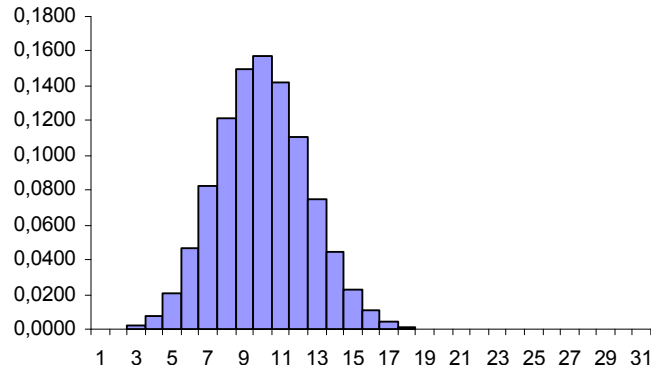
4. Merkezi Limit Teoremi

“Bağımsız rassal değişkenler kümesinin ortak dağılımı ne olursa olsun, varyansları sonlu olduğu sürece, makul sayıda böyle değişkenin toplamı ya da ortalaması, normale yakın dağılmış bir rassal değişken olur.” [8, s-227] “Buna göre eğer $x_1, x_2, \dots, x_n$, ortalaması μ_x ve varyansı σ_x^2 olan X rasgele değişkenin n bağımsız denemesinin sonuçları ise, x_i ’lerin toplamı, veya aynı şekilde x_i ’lerin ortalaması, ortalaması μ_x ve varyansı $\sigma_x^2 = \sigma_x^2 / n$ olan bir normal dağılıma yakınsar. Yakınsama n sayısı büyüdükçe artacaktır. Yani örneklem ortalamalarının normal dağılması için örneklemelerin alındığı popülasyonların normal dağılıma uymasına gerek yoktur.” [9, s-81]

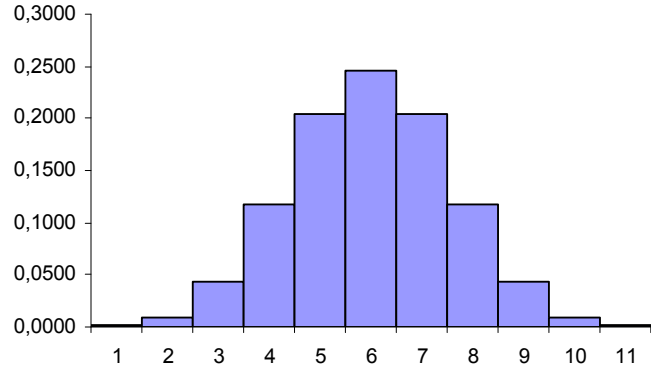
Binom ve poisson dağılımlarına uyan rassal değişkenler belli şartlar altında normal dağılıma yakınsarlar.

5. Binom Dağılımının Normal Dağılıma Yakınsaması

n yeteri kadar büyük olması durumunda ($n>30$), binom kesikli rassal değişkeni x 'in dağılımı, yaklaşık olarak ortalaması np , varyansı npq olan bir normal dağılıma yaklaşır. Ayrıca p olasılık değerinin 0.5'ye yaklaştığı bütün durumlarda da, binom dağılımı yerine normal dağılım kullanılabilir. [8]



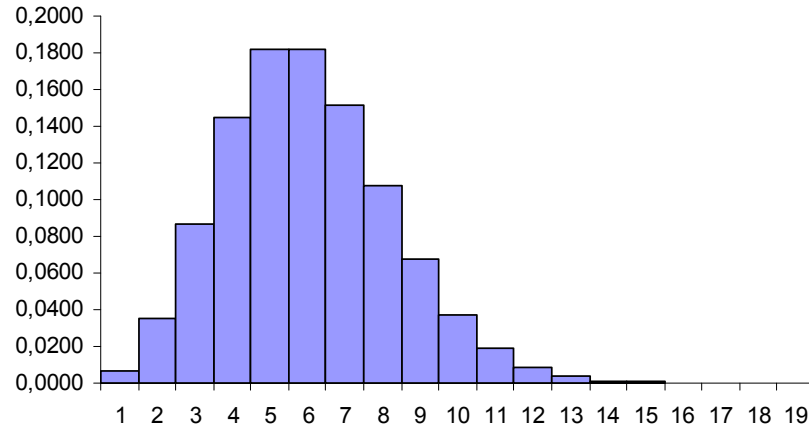
Şekil –3(a) $n=30$ ve $p=0,3$ için Binom Dağılımı



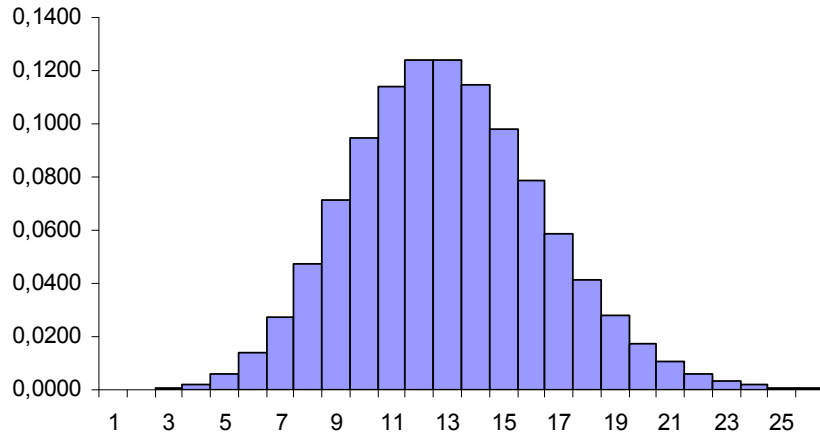
Şekil –3(b) $n=10$ ve $p=0,5$ için Binom Dağılımı

6. Poisson Dağılımının Normal Dağılıma Yakınsaması:

Poisson dağılımında λ parametresinin, $\lambda=np >10$ eşitliğine uygun olması durumunda, poisson dağılımı normal dağılıma yaklaşmaktadır.[8]



Şekil –4(a) $\lambda=5$ için Poisson Dağılımı



Şekil –4(b) $\lambda=12$ için Poisson Dağılımı

Poisson dağılımı yukarıdaki şekillerde de görüldüğü üzere ortalama (λ değeri) arttıkça daha simetrik olmaktadır.

E. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİ

1. Çetele Diyagramları

Çetele diyagramları verilerin kayıt edilmesi ve düzenlenmesi için kullanılır. Belirli bir zaman aralığında meydana gelen hataların saptanması amacıyla kullanılan yararlı bir araçtır. Çetele diyagramları vasıtasıyla hata veya sorunların cinsi ve ortaya çıkma sıklıkları belirlenebilir.

Kontrol çizelgelerinin hazırlanmasında özellikle yoğun tempoda çalışan firmalarda uygun yollar bulunmalıdır. Aksi halde verilerin çoğu kayıt altına alınamaz ve iyileştirme çabaları amacına ulaşamaz. Bu nedenle ilgili kişilerin konuya hakim olmaları ve gerekli birikime sahip olmaları önemlidir. Ayrıca söz konusu kişilerin toplanan verileri belirli bir amaç için bilgiye dönüştürebilme yeteneğinin olması zorunludur. Hazırlanan kontrol çizelgelerinin süreci çok iyi yansıtabilmesi, doğru kararların alınması ve iyileştirme sağlanmasında etkilidir. Bunların yanında kontrol çizelgelerinden elde edilemeyen bilgiler vardır. Çetele diyagramları sorunların cinsini ve ortaya çıkma sıklığını gösterir ancak nedenini ve kaynağını göstermez. [10, s-140] Hata nedenlerini incelemek maksadıyla “balık kılçığı” diyagramları gibi teknikler kullanılabilir.

Aşağıdaki örnekte, çelik bir yapının gözle muayenesine ait verilerin çetele diyagramı düzenlenmiştir.

Ürün Adı:		Tarih ve Saat:
Verileri Toplayan:		Verileri Toplayan
Hatalar	Çetele	Hata Miktarları
A Tipi Hata		28
B Tipi Hata		10
C Tipi Hata		9
D Tipi Hata		5
E Tipi Hata		19
F Tipi Hata		13
G Tipi Hata		5
TOPLAM HATA		89

Tablo-2 Yüzey Kontrolleri Çetelesi

Çeteledeki hata miktarları incelendiğinde hataların büyük çoğunluğunu A tipi ve E tipi hataların oluşturduğu görülmektedir. Bu veriler yönetime iyileştirmede yoğunlaşılacak noktalar konusunda fikir vermektedir.

2. Histogram

Histogramlar en basit istatistiksel analiz araçlarından biridir. Veri sıklıklarının görsel olarak ortaya konmasını sağlar. Doğal olarak veriler ne kadar çok olursa, elde edilen histogram o derece gerçeğe yakındır ve sağlıklı bilgilerin elde edilmesini sağlar.

Histogramlar nitel ve nicel verilerin belirli bir zaman aralığındaki gözlem dağılımının değişkenliğini görsel olarak yansıtır. Daha sonra konuyla ilgili kişiler gerekli analizleri yaparak değişkenliğin ortadan kaldırılmasını sağlarlar.

Histogramlar 30 ya da daha fazla gözlem değerine göre oluşturulursa daha faydalı olur. Daha sonra uygun sınıf sayısı belirlenerek sınıf aralıkları

bulunur. Çetele diyagramları ile elde edilen çetelelerden her sınıf için frekans değerlerine ulaşılır. Frekans değerleri için çubuk diyagramlar yatay eksene yerleştirilir. Histogramlarda her çubuk için taban uzunluğu birbirine eşittir ve çubuğun orta noktasını gösterir. Frekans değerlerinin büyüklüğüne göre çubukların dikey uzunlukları ortaya çıkar. [10, s-141]

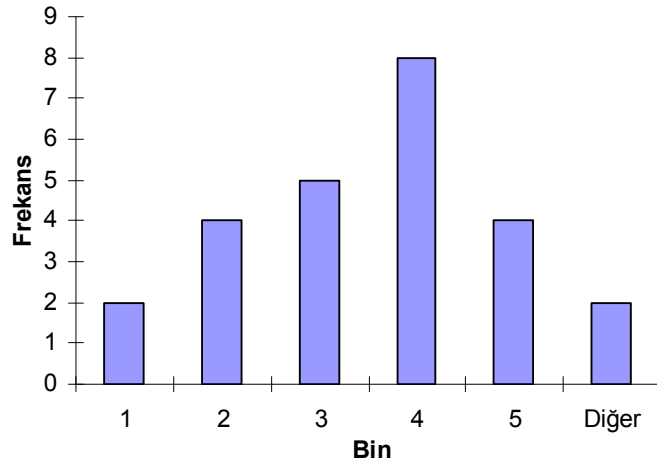
Histogramları çizebilmek için yatay eksene toplanan değerler sınıflandırılarak yazılır. Her sınıfa düşen frekans sayısı da düşey eksende gösterilmelidir. Bu şekilde çizilen histogramlar dağılımın büyüklüğünü, simetri ve asimetri durumunu ve şeklini ortaya koyarlar. Böylece mevcut veya olası sorunların yapısıyla ilgili önemli ipuçları elde etmek mümkün olabilmektedir. Ayrıca histogramlar; spesifikasyon ile sonuç arasındaki ilişkilerin araştırılmasında, normal olmayan verilerin belirlenmesinde, malzeme ve değişik verileri (adet, vb) sınıflandırarak üretim süreci içerisinde değişikliklere neden olan faktörlerin gözden geçirilmesinde kullanılmaktadır. [4,s-418]

Histogramlarda sınıf sayılarının belirlenmesi ve sınıf serilerinin oluşturulmasında izlenen klasik yöntem önce toplanan verileri küçükten büyüğe doğru bir düzene koymak, sonra en büyük değer ile en küçük değer arasındaki farkı bulmak(Range) ve sınıf aralığını bulmak için bu farkı(range), sınıf sayısına bölmek şeklindedir. Sınıf sayısı da pratik olarak verilerin sayısının karekökü alınarak bulunabilir. [4, s-419]

ÇELİK FİLM NO	A	B	C	D	E	F	G	TOPLAM
1	2		1		1			4
2		2	1	1				4
3	3						1	4
4	1		1		1			3
5	1				3			4
6		3				2		5
7	2				2	1		5
8		2						2
9	3		1			1		5
10					2		3	5
11				2		1		3
12		1						1
13	2		1			1		4
14		1				2		3
15					1			1
16	2		1			1		4
17					2	1		3
18	1		1		2			4
19		1					1	2
20	3				3			6
21			1			1		2
22	2							2
23	4					2		6
24			1	2				3
25	2				2			4
TOPLAM	28	10	9	5	19	13	5	89

Tablo-3 Yüzey Kontrollerine Ait Hata Sayıları

Yukarıdaki tablo çetele diyagramında örneği bulunan çelik yapının gözle muayenesine ait kayıtları içermektedir. Bu tablodaki hata puanlarına ait histogram şekil-6’da gösterilmiştir.

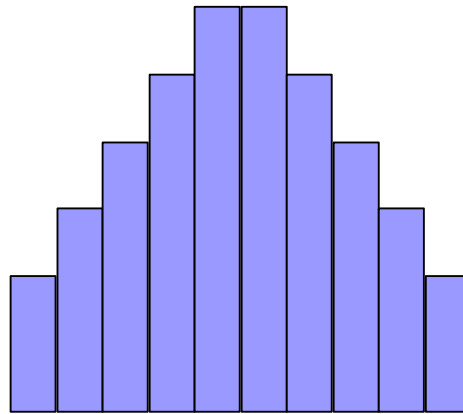


Şekil –5 Yüzey Kontrollerine Ait Histogram

Histogramlar görünüş şekillerine bağlı olarak yorumlanabilirler. Histogramın şekline bakarak ana kütle hakkında yararlı bilgiler elde etmek mümkündür. Karşılaşılan histogram tipleri ve yapılabilecek yorumlar aşağıda olduğu gibidir. [1, sh-48-51]

a. Genel Tip (Simetrik veya Çan Şeklinde)

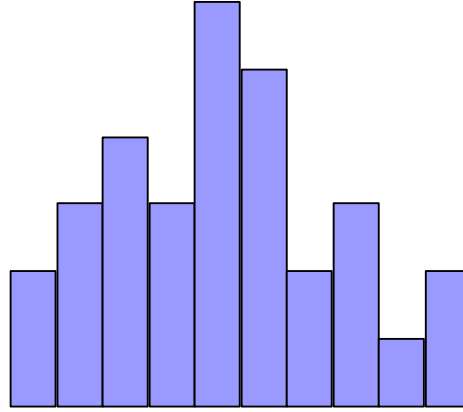
Veriler ortalamadan sağa veya sola doğru yumuşak bir şekilde azalma gösterir. Normal tip histogramdır.



Şekil –6(a) Genel Tip Histogram

b. Tarak Tip (Çok Modlu Tip)

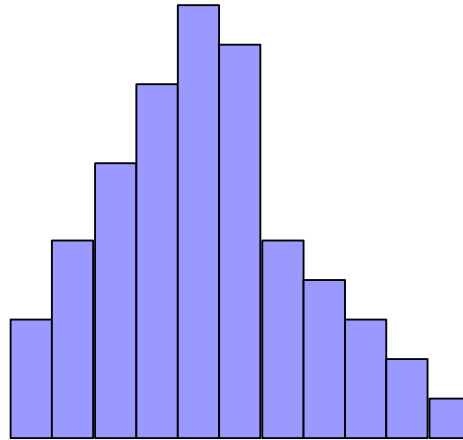
Azalıp yükselen farklı frekanslara sahip bir dağılımdır. Veriler elde edilirken yuvarlatma eğiliminden veya ölçüm hatalarından veya her sınırdaki veri adedinin çok farklılık göstermesinden kaynaklanır.



Şekil –6(b) Tarak Tip Histogram

c. Pozitif/Negatif Eğimli Tip

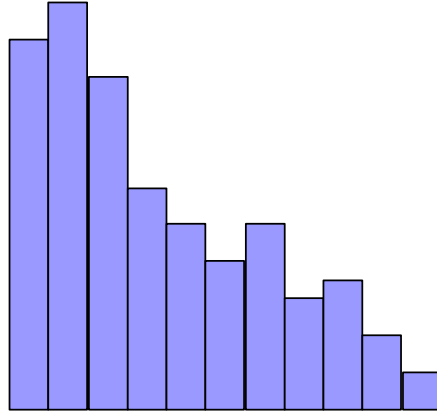
Histogramda ortalama değer, dağılma aralığı merkezinin solunda veya sağında bulunur. Frekans sağa veya sola aniden azalır. Bir spesifikasyon sınırı tarafından kontrol edilen veya belirli bir değerden daha düşük veya yüksek değerlerin olmayacağı durumlarda görülebilir.



Şekil –6(c) Negatif Eğimli Histogram

d. Soldan/Sağdan Ani Azalan Tip

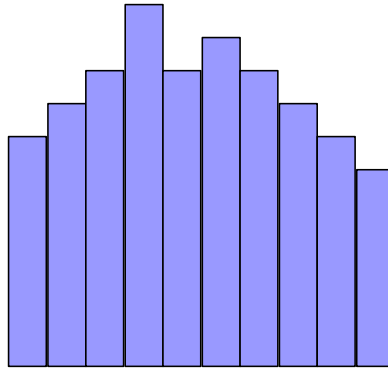
Histogramlarda ortalama değeri, dağılım aralığı merkezinden sola veya sağa doğru çok uzaktadır. Frekans aniden azalma gösterir. Pozitif veya negatif eğrilerin çok fazla olduğu proses yeterliliğinin düşük çıkmasından dolayı %100 kontrolün yapıldığı durumlarda veya tek bir spesifikasyon sınırının olduğu durumlarda görülebilir.



Şekil –6(d) Soldan Ani Azalan Tip Histogram

e. Plato Tip

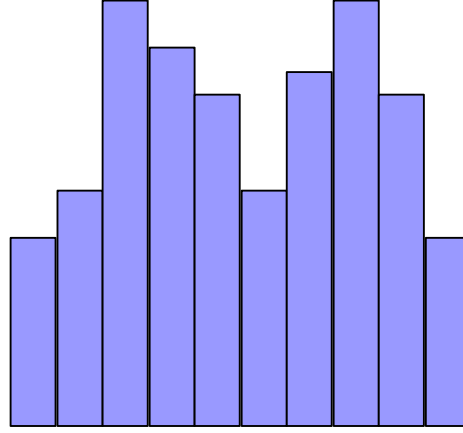
Her sınıftaki frekans, uçlardakiler hariç birbirleriyle yaklaşık aynıdır. Farklı ortalamalara sahip birkaç dağılımın karışımından veya belli değerin altında ve üstünde olan bazı değerlerin dikkate alınmayışından kaynaklanabilir.



Şekil –6(e) Plato Tip Histogram

f. İki Tepeli Tip (İki Modlu)

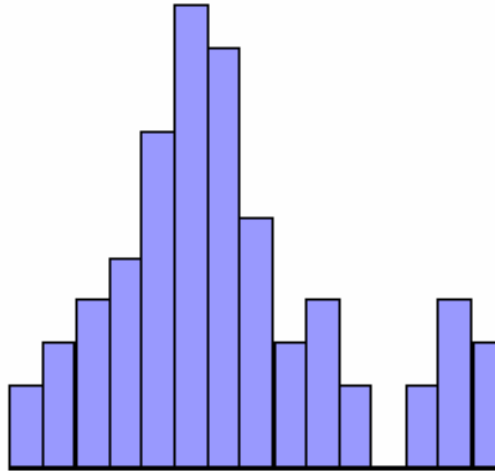
Frekans, dağılım aralığı merkezinde azdır ve her iki tarafta tepe vardır. Çok farklı ortalama değere sahip iki dağılımın karışmasından kaynaklanır.



Şekil –6(f) İki Tepeli Tip Histogram

g. Ayrı Tepeli Tip

Genel bir histograma ilave edilmiş küçük bir tepe şeklindedir. Proseste bir problem olduğunda veya farklı bir prosesten karışan veri olduğunda veya ölçme hatalarından kaynaklanabilir.



Şekil –6(g) Ayrı Tepeli Tip Histogram

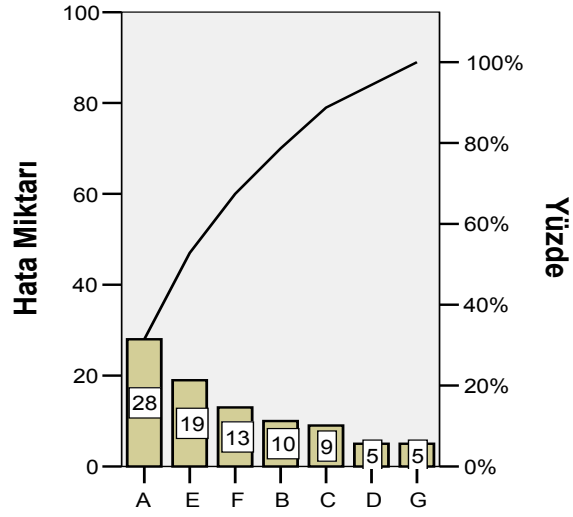
3. Pareto Analizi

Pareto analizi verileri tasnif ederek önceliklerin belirlenmesini ve karar alma işini kolaylaştıran bir teknik olup, 19.yüzyılda yaşamış olan İtalyan iktisatçı ve sosyolog Vilfredo Pareto(1848 – 1923) tarafından geliştirilmiştir. Bu diyagram, her bir unsurun, önem derecesine göre toplam sonuca katkısını göstermek ve iyileştirme sırasını belirlemek amacıyla kullanılır.

Sebeplerin en önemli %20'si, sonuçların %80'ini; sonra gelen %30'u, sonuçların %15'ini ve geri kalan %50'si ise sonuçların sadece %5'ini oluşturmaktadır. Buradan yola çıkarak maliyetin yaklaşık %80'ninin elemanların sadece %20'sinden kaynaklandığı sonucuna ulaşabiliriz. Bu oranlar sebebiyle Pareto prensibine literatürde “80-20” kuralı da denmektedir. [4, s-421]

Pareto grafiklerinde üç nokta göze çarpar. Birincisi sol koordinatta bulunan hata sayılarıdır. İkincisi sağ koordinatta bulunan ve kümülatif olarak hesaplanmış olan hata yüzdeleridir. Üçüncüsü ise yatay ekseninde bulunan hata türleridir. Bu grafikler en önemli hatayı veya faktörü açıkça gösterir. Özellikle kalite kontrol ve kalite geliştirme programlarında problemin sebepleri tespit edilirken hangi hataların daha büyük bir yüzdeye sahip olduğu bu teknik vasıtasıyla kolayca tespit edilebilmektedir. Pareto Analizi, hata çeşitlerine değer biçmek veya tanımlamak için kullanılır. Pareto grafiğinin gayesi, hatalı parçaların ve hata çeşitlerinin tespit edilmesinde kalite kontrol elemanlarına yol göstererek emeklerinin en verimli sahalarda yoğunlaştırılmasını ve isabetli kararlar verilerek gerekli tedbirlerin alınmasını sağlamaktır.

Tablo-3'e ait pareto çizelgesi şekilde-7'de olduğu gibidir.

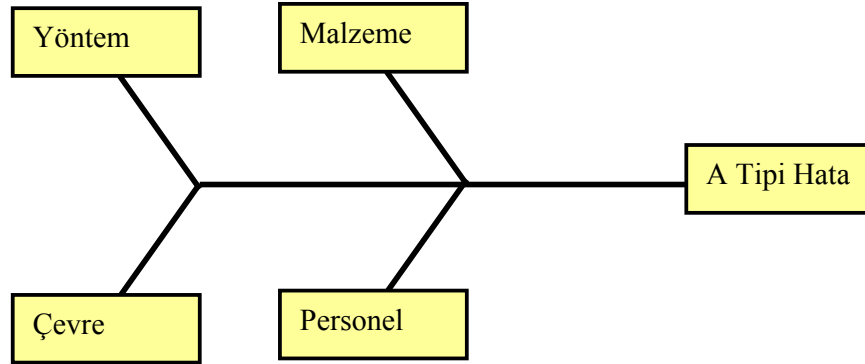


Şekil –7 Yüzey Kontrollerine Ait Pareto Diyagramı

Pareto diyagramı bize “A türü” ve “E türü” hataların toplamının toplam hata içerisindeki payının %50’den fazla olduğunu göstermektedir. İyileştirmelere bu noktalardan başlamak en faydalı çözüm yolu olacaktır. Bununla beraber hataların maliyetleri de göz önüne alınmalıdır. Pareto diyagramlarının maliyetlere göre çizilmesi tercih edilmelidir.

4. Sebep-Sonuç Diyagramı (Balık Kılçığı Diyagramı)

Süreçte meydana gelen değişkenliklerin potansiyel kaynaklarını belirlemek amacıyla sürecin elemanlarını grafiksel olarak gösteren bir araçtır. Diyagrama görüntüsü nedeniyle “Balık Kılçığı” adı da verilmektedir. Bu kalite aracını 1943 yılında Tokyo Üniversitesi profesörlerinden Kauru Ishikawa geliştirdiğinden onun adıyla da bilinir. Diyagramda problemin ana nedenleri, yatay bir çizgi üzerine yerleştirilerek kategorize edilir. Böylece potansiyel nedenlerin tamamına dikkat çekilmesi ve olanaklı çözüm yollarının bulunması kolaylaşır. Aşağıdaki şekilde Pareto analizi sonucu en yüksek hata tipi olarak tespit ettiğimiz “A Tipi Hata” ya ait çok genel bir sebep sonuç diyagramı görülmektedir.



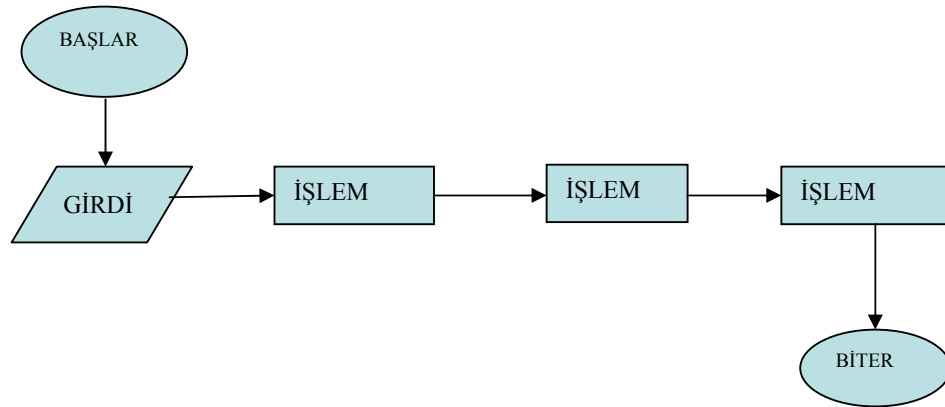
Şekil –8 Sebep Sonuç Diyagramı

Sebep sonuç diyagramları diğer araçlar gibi takım ruhunun gelişmesine yardımcı olur. Oluşturulması için geniş katılımı, toplantıların yapılması ve personelin fikirlerinin alınması gerekmektedir. Veri toplama, verileri sınıflama, verileri geniş bir perspektifte değerlendirebilme konusunda yönlendiricidir. Diyagramın etkili bir yönetim aracı olarak kullanılabilmesi sebep-sonuç ilişkisinin doğru kurulmasına bağlıdır. [10, s-143]

5. Akış Şeması

Nedenlerin belirlenmesini kolaylaştıran araçlardan biri de süreç akış diyagramlarıdır.

Süreç akış şeması bir mal veya hizmet üretimindeki safhaları, adımları, bunların birbirleriyle ilişkilerini grafiksel olarak göstermek için kullanılır. Böylece bir mamulün ya da bir sürecin oluşumunu aşamalarla birbirini izleyen sıralarda ortaya çıkarır. İnsan veya materyalin fiili ve potansiyel hareketlerinin basit, anlaşılır ve doğru biçimde birbirine eklediğinden son derece yararlı bir araçtır. Akış diyagramlarında ayrıntıları içeren açık ifadeler bulunduğu yapıları işin anlaşılması ve tanımlanması kolaylaştırır.



Şekil –9 Akış Diyagramı

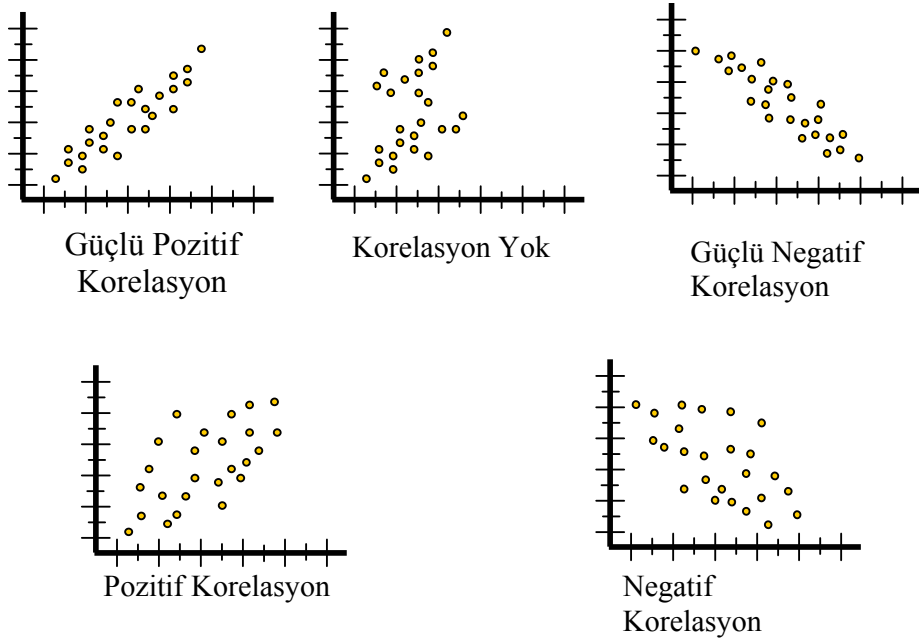
Akış diyagramının hazırlanmasında konuyla ilgili kişilerin olması son derece önemlidir. Bu kişiler;

- Akış süreci ile ilgili tüm işlemleri belirlemeli,
- İşlemler, alınan kararlar ve ilgili veriler arasındaki ilişkiler belirlenmeli,
- İş yeri düzeninin uygunluğu gözden geçirilmeli,
- Müşteri ve tedarikçi ilişkileri dikkate alınmalı,
- Süreçle ilgili kişilerin görev tanımlarını ve sorumluluklarını belirlemeli,
- Her aşamanın maliyetleri ve eklediği değerleri belirlemeli,

- Eldeki verileri belirlemeli,
- İyileştirme çalışmaları , için gerekli verileri belirlemeli,
- Geliştirme olanakları saptanmalıdır. [10, s-140]

6. Saçılma Diyagramı

Belirli bir süreçte birbiriyle ilişkili olarak düşünülen iki veri seti, belirli bir diyagram üzerinde incelenir. Değişkenlerden biri yatay eksende diğeri dikey eksende yer alır. Yatay eksendeki değişkenin belirli bir değerine karşılık, dikey eksendeki değişkenin aldığı değerin kesişme noktaları belirlenerek bir noktalar bulutu elde edilir.



Şekil –10 Saçılma Diyagramları

Saçılma diyagramında herhangi bir sorun ile nedeni arasındaki ilişki x-y eksenini aracılığı ile belirlenir. Noktalar bulutunun eğimi negatif ya da pozitif ilişkiyi gösterir. Bu ilişki birinci dereceden bir fonksiyonla ya da bir eğriyle ifade edilebilir. [10, s-144]

7. Gruplandırma

Gruplandırma sorunların tümüne bakmak yerine onları alt kümelere ayırarak daha küçük olan bu kümelerde problemlerin nedenlerini araştırmak, olarak tanımlanabilir. Verilen tamamına bakıldığında sorun açılmış gibi görünür, fakat veriler daha küçük parçalara ayrılmadıkça güçlüğün ne olduğunu belirlemek oldukça zordur. Gruplandırma yöntemiyle bilgiler belirli sınıflara ayrılarak, daha kolay karşılaştırılabilmekte ve değerlendirilebilmektedir. Veriler makinalara göre, vardiyalara göre, haftanın günlerine göre veya hata türlerine göre gruplandırılabilir. Gruplandırma; kalite kontrol çemberlerinin kullandığı araçların tümünde veri toplama, örnekleme, pareto analizi, histogram, sebep sonuç analizi, dağılma diyagramı, kontrol çizelgeleri vb. de yaygın olarak kullanılmaktadır. Gruplandırmanın diğer tanımları; parçalama, bölme, düzenleme, ayırma, sınıflandırma kataloglama, tasnifleme ve kategorilere ayırmadır. [4, Sh- 427]

8. Kontrol Grafikleri (Kontrol Şemaları)

Kontrol grafikleri (şemaları) arzu edilen niteliklerde ürün veya hizmet üretebilmek için prosesin istatistiksel olarak kontrol ve analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Kontrol şemalarının ilk uygulaması 1924 yılında Shewart tarafından başlatılmıştır. Bu şemalara Shewart Grafiği denmesinin nedeni budur.

Ürünün gerçek kalite spesifikasyonlarını geçmiş deneylere dayanarak saptanan limitlere göre kronolojik kıyaslamaya yararlar. Kontrol grafikleri bir prosesin ne zaman ayarlamaya ihtiyaç duyduğunu ve ne zaman kendi haline bırakılacağını belirtmek ve proses kararlılığını değerlendirmek için kullanılmaktadır.

Üretim tasarım aşamasında, kalite spesifikasyonları için belirli kurallara göre tolerans limitleri belirlenmektedir. Ağırlık, boyut, şekil, renk, performans v.b. spesifikasyonların, önceden belirlenen limitler arasında değişme göstermesi

normaldir. Bu değişmeler, limitleri aşarsa nedenleri araştırılmalı ve prosesin tekrar kontrol altına alınabilmesi için düzeltici önlemler alınmalıdır.

Üretilen her ürünün veya onu oluşturan parçaların, kalite özellikleri ile ilgili olarak bir değişkenlik göstermeleri doğaldır. Bu farklılıklara yol açan unsurları beş başlık halinde ifade edebiliriz. Bunlar;

- **Prosesler (işlemler)** : aletin yıpranması, makinanın titremesi, çalışma pozisyonu, elektrik dalgalanmaları gibi
- **Malzemeler** : kullanılan malzemenin yapısı, ölçüsü ve sertliği gibi
- **Çevre şartları** : sıcaklık, voltaj farklılıkları gibi
- **Operatör** : tezgah ayarı, konumlama hassasiyeti, kullanım talimatına uyma derecesi, yöntem, beceri, fiziksel ve ruhsal durumu gibi
- **Muayene** : hatalı muayene ekipmanı, kalite standardının yanlış uygulanması, farklılıkların hatalı şekilde rapor edilmesi gibi

Üretim sürecindeki değişkenlik yukarıdaki maddelere bağlı olarak tesadüfi nedenler (doğal nedenler) ve özel nedenler olmak üzere iki nedenden kaynaklanır:

Tesadüfi Nedenler (Doğal Nedenler):

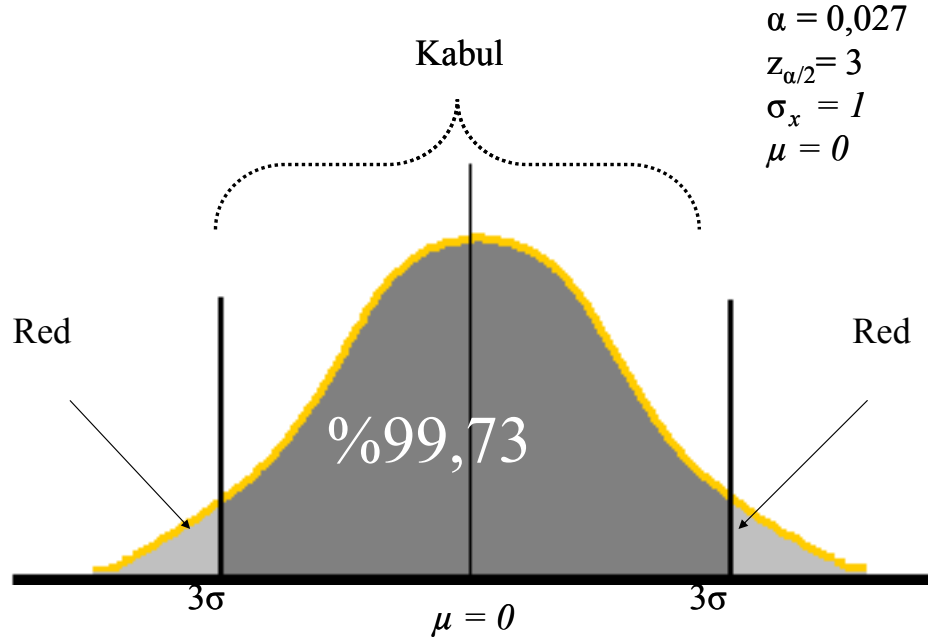
Bunlar prosesin tabiatında bulunan ve nedeni tespit edilemeyen kaynaklardan oluşan farklılıklardır. Bunlardan tek tek herhangi bir tanesinin etkisi çok küçüktür ve varlığı ile yokluğu ürün kalitesinde farklılığa pek fazla neden olmaz. Fakat toplu olarak beraberce çeşitli kombinasyonlar halinde, işlemde belirli bir miktarda değişime sebep olabilirler. Genellikle küçük olan bu değişkenlik kaçınılmaz olarak kabul edilmekte ve işletmeci tarafından sineye çekilmektedir.

Özel Nedenler :

Özel nedenlerden kaynaklanan değişkenlik ölçümlerde büyük sapmalara yol açabilmekte ve üretim sürecinde önemli aksamalar bulunduğuna işaret etmektedir. Makinalarda yıpranma, ham madde değişme, ayar bozukluğu veya yeni bir işçi bu tür değişkenliği ortaya çıkarabilir. Bu tür değişkenliğin nedeninin araştırılarak gerekli önlemlerin alınması sonucu bu aksama ortadan kalkacak ve geriye sadece tesadüfi nedenlere bağlı ve boyutları ölçülebilen değişkenlik kalacaktır. [11, s-523]

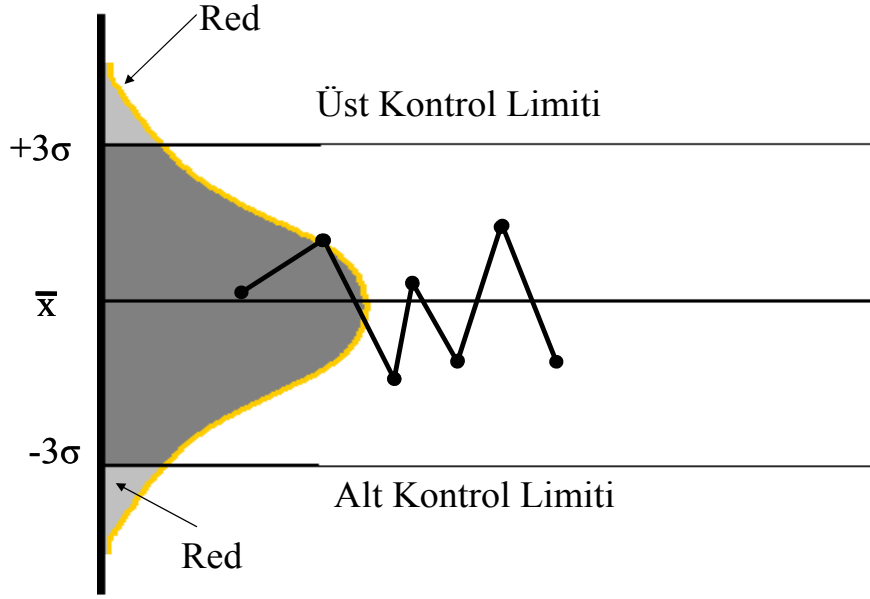
Kontrol limitlerinin dışındaki noktalar tipik özel neden belirticisidir. Proseste normal olmayan bir şeylerin varolduğunun habercisidir ve eğer önlem alınmazsa hatalı parça üretilebileceğini ikaz ederler. Bu durumlar kontrol dışı durumlar olarak isimlendirilir. Kontrol grafikleri, Üst Kontrol Limiti (ÜKL) ve Alt Kontrol Limiti (AKL) sınırlar olmak üzere, zaman içindeki değişimin incelenmesini sağlamaktadır. Kontrol limitleri prosesteki tesadüfi (doğal) nedenlerden doğan değişimlerin sınırlarıdır ve hesapla elde edilmektedir.

Kalite özelliklerinde değişkenliklerin doğal nedenlerden mi, yoksa bir takım tespit edilebilen nedenlerden mi kaynaklandığı kontrol şemaları yardımı ile anlaşılmaktadır.



Şekil –11 Standart Normal Dağılım

Bir işletmede sadece tesadüfi faktörler rol oynuyorsa herhangi bir değişken bilinen bir dağılım gösterir. Bu durumda dağılımın bir ortalama ve bir standart sapması vardır. Bu dağılımın normal dağılım olması halinde yukarıdaki standart normal dağılım grafiğinde gösterildiği şekilde ortalama değer etrafında $\pm 3\sigma$ bir alan oluşturur. Bu alan içerisinde yer alan olasılıklar, toplam olasılıkların 0,99734'ünü kapsamaktadır. Doğal nedenlerden veya tesadüften meydana gelen ve nedeni tespit edilemeyen değişkenlikler 0,9973 olasılık değerine eşdeğer olan limitler arası alana eşittir.



Şekil –12 Kontrol Grafiği

ÜKL ve AKL dışında kalan alanların değeri ise 0,00135 değerine eşit olup; nedeni tespit edilebilen ve doğal olmayan nedenlerden kaynaklanan değişkenlikleri göstermektedir. Kalite kontrolün ana amacı bu limitler dışında kalan ve nedeni tespit edilebilen faktörlerin sebep olduğu değişkenlik problemlerini bulup, düzeltmektir. Hassas proseslerde kontrol limitlerinden önce $\pm 2\sigma$ olacak şekilde uyarı limitleri konularak prosesin takip edilmesi de mümkündür.

Proseste sadece mümkün olan en az değişimi gösteren tesadüfi nedenlerin bulunması arzu edilen durumdur. Şayet işletmede nedeni tespit edilebilir faktörlerden kaynaklanan değişkenlik yoksa proses “istatistiksel kontrol altındadır” denilir. Bu durumda gözlem metotları olasılık kanunları ile belirlenen kontrol limitleri içindedir. Sadece tesadüfi nedenler mevcuttur ve proses halihazır durumuyla sürdürülebilir.

Kontrol grafikleri sayesinde;

- Prosesin gidişatı gözlenir, böylelikle daha kötü bir duruma gelmeden müdahale imkanı yani proaktif davranma imkanı sağlanmış olur.
- Sürecin geleceği tahmin edilebilir.
- Sürecin performansı üzerinde aynı dilin konuşulması sağlanır.
- Özel ve doğal nedenler birbirinden ayrılabilir.
- Sürecin performans kapasitesi ortaya konulmuş olur. [5, s-75-78]

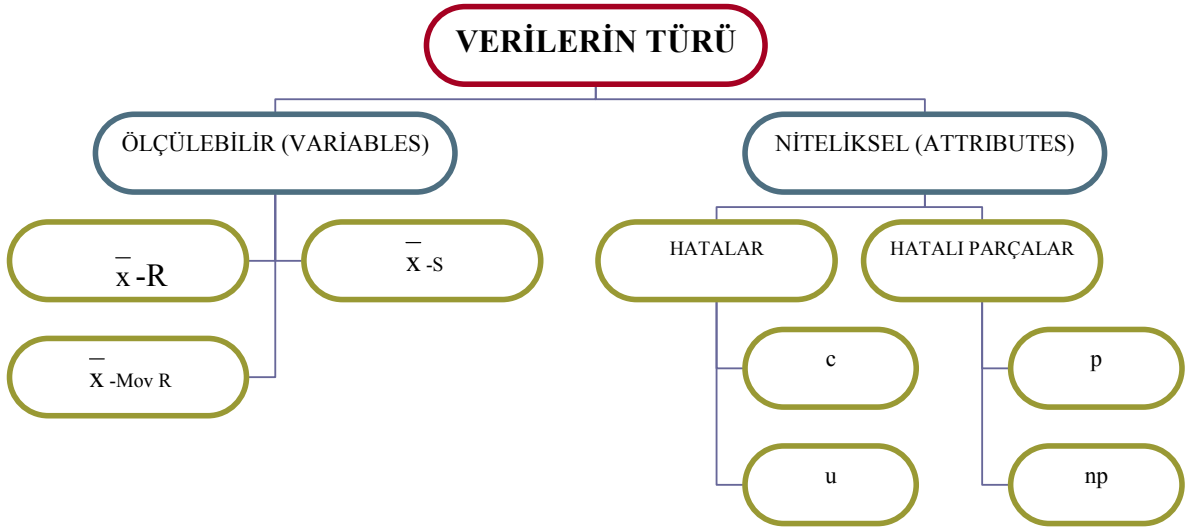
9. Kontrol Grafiklerinin Türleri

Genel olarak ürünler ve hizmetler kalite özellikleri açısından iki ana veri grubunu oluşturur.

- **Ölçülebilir Veriler (Variables)** : Kalınlık, sıcaklık, uzunluk, sürat vs. gibi karşılığı bir ölçüm aleti yardımıyla ölçülmüş ve sayısal değer ifade eden verilerdir.

- **Niteliksel Veriler (Attributes)** : Belirli bir özelliğin duyu organlarımızla veya ölçüm aletleri yardımıyla ölçülmesi, muayenesi sonucunda ürünün niteliği ile ilgili elde ettiğimiz kusurlu sayısı veya kusur sayısı gibi verilerdir.

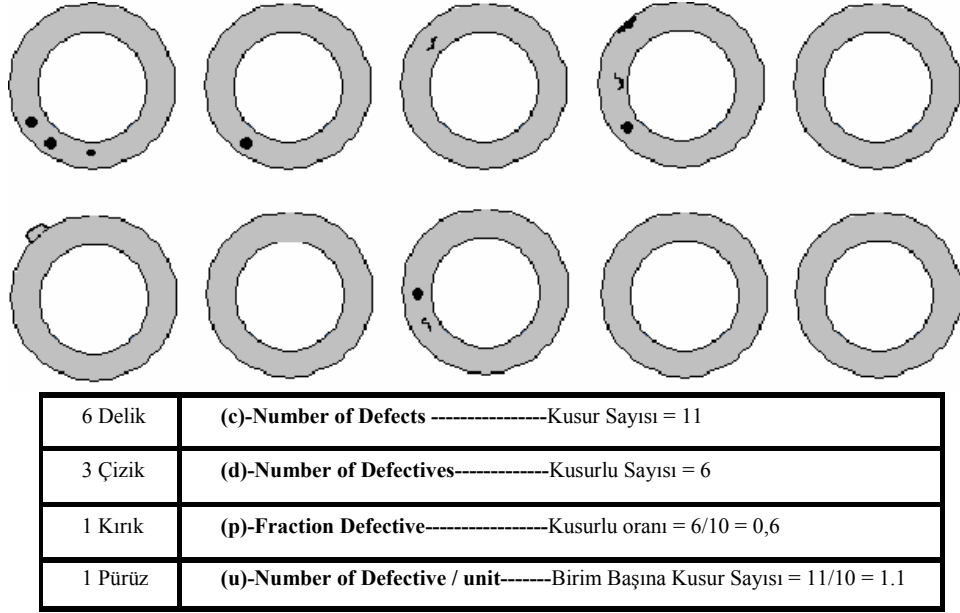
Kontrol grafikleri bu iki veri türüne göre temelde nitelikler için kontrol şemaları ve nicelikler için kontrol şemaları olmak üzere iki başlık altında incelenir.



Şekil –13 Kontrol Grafiğinin Seçilmesi

a. Niteliksel Veriler(Attributes) için Kontrol Grafikleri

İyi-kötü, kusurlu-kusursuz tipi kalite karakteristikleri için kullanılırlar. Niteliksel kontrol grafikleri temelde ikiye ayrılır. Bunlardan birincisi kusur sayısı/kusur oranı ile ilgili iken diğeri kusurlu sayısı/oranı ile ilgilidir. Aşağıdaki şekilde “kusur” ve “kusurlu” kavramlarına açıklık getirilmiştir.



Şekil –14 Niteliksel Kalite Karakteristikleri Sonuçları Örneği [9, s-429]

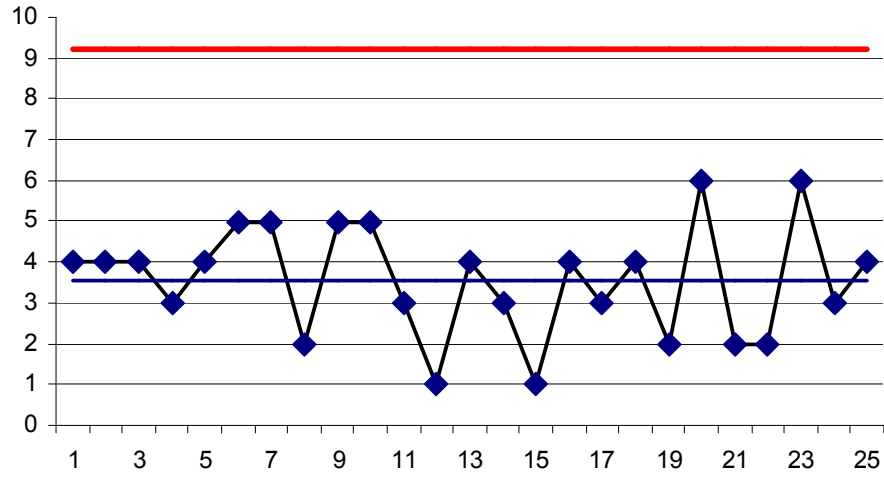
(1) p (Kusurlu Oranı) Grafiği: (Fraction Defective) p-Kontrol çizelgesi oluşturulurken esas veri unsurumuz uyumsuz birimlerdir. Binom dağılımı prensiplerinden faydalanılarak üretilmiştir. Bu grafiklerin oluşturulmasında karşılaşılan önemli bir problem, değerlendircilerin kişisel yargılarıyla ilgilidir. Standartlara uymamadan dolayı farklı incelemeciler birbiriyle tutarlı olmayan sonuçlar üretebilirler. Bunun sonunda da grafiklerde, incelemeci farkından kaynaklanan fazladan değişkenlik ya da denetim dışı kalma durumları gözlenecektir. Oranların kontrol grafiklerini yorumlarken bu olasılığı unutmamak önemlidir. Genel, veriler birden çok incelemeci tarafından türetilcekse, uyumsuzluk ölçütleri olabildiğince belirgin saptanmalıdır.[8, s-742]

$$\begin{aligned}
M\bar{C} &= \bar{p} \\
\bar{U}KL &= \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \\
\bar{A}KL &= \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \\
\bar{p} &= \frac{\text{Toplam Kusurlu S.}}{\text{Toplam Muayene S.}}
\end{aligned}$$

(2) c (Kusur Sayısı) Grafiği: (Number of Defects) Bu grafik genellikle bir ürün üzerinde rastlanan çeşitli (veya tek) kusurların sayısını kontrol etmek için kullanılır. Poisson dağılımı prensiplerinden faydalanılarak üretilmiştir. Poisson dağılımı örnek hacminin belirli sayının üzerinde olması durumunda normal dağılıma yaklaşır ve normal dağılım için hazırlanan güven sınırları Poisson dağılımı için de kullanılabilir. [12,s-17] c-Kontrol grafikleri hata türleri esas alınarak çizilir. Örneğin c, 100 mt.lik bir kumaş örneklemindeki delikler olabilir veya c, 100 mt.lik bir boru üzerindeki hatalı kaynak miktarları olabilir. [13, s-5] Hatalılar için kontrol şeması olarak da adlandırılan bu grafikler “özellikle süreçteki gerçek sayı göreceli olarak küçük çıktığında yardımcı olurlar.” [10, s-134]

$$\begin{aligned}
M\bar{C} &= \bar{c} \\
\bar{U}KL &= \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \\
\bar{A}KL &= \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \\
\bar{c} &= \frac{\text{Toplam Kusur S.}}{\text{Toplam Muayene S.}}
\end{aligned}$$

Tablo-3’e ait c kontrol grafiği şekilde olduğu gibidir.



Şekil -15 Çelik Yüzey Kontrol Sonuçları c-Grafiği

(3) np (Kusurlu Sayısı) Grafiği: (Number of Defectives) np grafiğinin teorik temeli p kusurlu oranı sayısının aynısıdır. Eğer kalite kontrolcü, kusurlu oranından ziyade kusurlu sayısı ile ilgileniyorsa bu taktirde, p grafiğinin parametrelerinin n ile çarpılması ile elde edilen değerlerden kurulu np grafiğini kullanır.

$$M\bar{C} = n\bar{p}$$

$$\bar{U}KL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

$$AKL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$$

(4) u (Kusur Oranı) Grafiği: (Number of Defects per unit) u grafiği de bir kusur sayısı grafiğidir. Temeli c kusur sayısı grafiğine dayanır. Aradaki fark, muayene yapılan alanın her örnekte farklı boyutta olmasıdır. ÜKL ve AKL her örneklem için ayrı hesaplanır.

$$M\bar{C} = \bar{u}$$

$$\bar{U}KL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$AKL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}}$$

$$\bar{u} = \frac{ToplamKusurSayisi}{ToplamMuayeneAlani}$$

b. Ölçülebilir Veriler (Variables) için Kontrol Grafikleri

Ağırlık, uzunluk, mukavemet v.b. ölçülerek izlenen kalite karakteristikleri için kullanılırlar.

(1) $\bar{X}$ ve R Grafikleri:

$\bar{X}$: Ölçüm değerlerinin ortalamasını

R : Ölçüm değerlerinin dağılma aralığını göstermektedir.

$$M\bar{C}_x = \bar{\bar{X}}$$

$$\bar{U}KL_x = \bar{\bar{X}} + A_2\bar{R} \quad (A_2 \text{ değeri için Tablo-4'e bakınız})$$

$$AKL_x = \bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$$

$$M\bar{C}_R = \bar{R}$$

$$\bar{U}KL_R = D_4\bar{R} \quad (D_4 \text{ ve } D_3 \text{ değeri için Tablo-4'e bakınız})$$

$$AKL_R = D_3\bar{R}$$

(2) $\bar{X}$ ve σ Grafikleri:

$\bar{X}$: Ölçüm değerlerinin ortalamasını

R : Ölçüm değerlerinin dağılma aralığını göstermektedir.

$$M\check{C}_x = \bar{\bar{X}}$$

$$\check{U}KL_x = \bar{\bar{X}} + A_1 \bar{R} \quad (A_1 \text{ değeri için Tablo-4'e bakınız})$$

$$AKL_x = \bar{\bar{X}} - A_1 \bar{R}$$

$$M\check{C}_\sigma = \bar{\sigma}$$

$$\check{U}KL_\sigma = B_4 \bar{R} \quad (B_4 \text{ ve } B_3 \text{ değeri için Tablo-4'e bakınız})$$

$$AKL_\sigma = B_3 \bar{R}$$

(3) Tekil lmler için Kontrol Grafikleri (X ve mov.R):

Herhangi bir anda birden fazla sayıda örnek alınamayan kalite karakteristikleri için kullanılır.

$$M\check{C} = \bar{x}$$

$$\check{U}KL = \bar{x} + \frac{3}{d_2} \bar{R} \quad , \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (d_2 \text{ değeri için Tablo-4'e bakınız})$$

$$AKL = \bar{x} - \frac{3}{d_2} \bar{R}$$

$$M\check{C} = \bar{R}$$

$$\check{U}KL = D_4 \cdot \bar{R} \quad (D_3 \text{ ve } D_4 \text{ değerleri için Tablo-4'e bakınız})$$

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

n	A ₁	A ₂	D ₃	D ₄	B ₃	B ₄	d ₂	d ₃
2	3,76	1.880	0.000	3.267	0	3,27	1.128	0.853
3	2,39	1.023	0.000	2.574	0	2,57	1.693	0.888
4	1,88	0.729	0.000	2.282	0	2,27	2.059	0.880
5	1,60	0.577	0.000	2.114	0	2,09	2.326	0.864
6	1,41	0.483	0.000	2.004	0,03	1,97	2.534	0.848
7	1,28	0.419	0.076	1.924	0,12	1,88	2.704	0.833

Tablo -4 Kontrol Limitleri Katsayıları Tablosu (KLKT)²

² rnek olması maksadıyla n=2-7 arasındaki değerler için hazırlanmıştır.

c. Kontrol Grafiklerinin Yorumlanması

Kontrol grafiklerinde ölçüm değerlerinin limitler arasında kaldığı durumlar, genel olarak prosesin tesadüfi faktörlerin etkisinde olduğu şeklinde yorumlanır. Böyle durumlarda çoğu kez proses kontrol altındadır. Bununla beraber ölçümler limitler dahilinde dahi olsa noktaların dizilişleri, proseste yolunda gitmeyen bir şeyler olduğu konusunda bizi uyarabilir. Limitler dışında bulunan noktalar ise prosesi etkileyen özel faktörlerin habercisidirler. Aşağıdaki durumlar kontrol limitleri içinde kalan sürecin gerçekte kontrol altında olmadığını gösterir. [12, s-18]

- Aşağıda belirtilen sayıda ardışık noktanın her zaman merkezi çizginin bir tarafında bulunması:
 - 7 veya daha fazla ardışık nokta,
 - 11 ardışık noktadan en az 10 nokta,
 - 14 ardışık noktadan 12 veya daha fazla nokta,
 - 17 ardışık noktadan 14 veya daha fazla nokta,
 - 20 ardışık noktadan 16 veya daha fazla nokta,
- 3 ardışık noktadan en az 2 noktanın veya 7 ardışık noktadan 3 veya daha fazla noktanın $\pm 2\sigma$ ile $\pm 3\sigma$ sınırları arasında kalması,
- En az 7 ardışık noktanın sürekli alçalma veya yükselme göstermesi,
- Periyodik dalgalar halinde yükselen veya alçalan tesadüfi olmayan noktaların bulunması.

10. Proses Yeterlilik Analizi

Kararlı olan, kontrol altında olduğu gözlenen bir proses için “proses yeterliliği”, prosesin sağlayabildiği en az kalite değişkenliğidir. Diğer bir deyişle “proses yeterliliği”, bir prosesin tolerans sınırları içinde kalabilirliğinin ölçüsüdür. Prosesin normal olasılık dağılımını izleyen sonuçlar verdiği ve kontrol

altında olduğu varsayımları altında sonuçların %99.7 si proses ortalamasının $\pm 3\sigma$ sınırları içerisinde kalacaktır.

Proses yeterliliğinin ölçülebilmesi için proses spesifikasyonlarının tanımlanması gerekmektedir. Proses yeterliliği hesaplanırken niteliksel verilerden ziyade daha hassas sonuç vermesi nedeniyle ölçülebilir verilerle çalışılması tercih edilmelidir. [5, s-101] Proses yeterliliği, prosese ait ortalama, standart sapma ve spesifikasyon limitlerinin bilinmesiyle hesaplanır. Proses standart sapması yerine proses standart sapmasının bir tahmini " $\bar{\sigma}$ " kullanılabilir.

Normal dağılımlar için proses yeterliliğinin belirlenmesinde C_p ve C_{pk} olarak isimlendirilen proses yetenek indekslerinden faydalanılır. Bunlardan C_p indeksi prosesin sadece yayılımını kontrol ederken, C_{pk} indeksi prosesin hem yayılımını, hem de ortalamasının hedeflerden sapmasını kontrol etmektedir. [5, s-106] C_{pk} değeri tek spesifikasyon limitine göre hesaplanır. Bu durumda proses yeterliliği $C_{pk\text{ ALT}}$ veya $C_{pk\text{ UST}}$ olarak ifade olunur.

Proses yeterlilik indekslerinin hesaplanmasında kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

$$\bar{\sigma} = \frac{R}{d_2}$$

$$C_p = \frac{\text{Belirlenen Toplam Tolerans}}{6\bar{\sigma}}$$

$$C_{pk\text{ UST}} = \frac{\text{Belirlenen Üst Limit} - \bar{x}}{6\bar{\sigma}}$$

$$C_{pk\text{ ALT}} = \frac{\bar{x} - \text{Belirlenen Alt Limit}}{6\bar{\sigma}}$$

C_p ve $C_{pk} > 1,33$ ise proses yeterlidir. Proses tamamen spesifikasyonları karşılayabilecek yetenektedir.

$C_p \leq 1,33$ ve $C_{pk} > 1,0$ ise proses kabul edilir. Ancak bu proses spesifikasyonları karşılamada zorluk çekmektedir. Bu nedenle proses kontrolü devam etmelidir.

$C_p \leq 1$ ve $C_{pk} \leq 1,0$ ise proses yetersizdir. Prosesi geliştirmek için yaygın çaba göstermelidir. [5, s-103]

11. İPK Tekniklerinin Kullanılma Alanları

Aşağıdaki tabloda, karşılaşılan farklı problemlerin farklı safhalarının çözümünde kullanılabilecek istatistiksel teknikler görülmektedir. Bu teknikler sorunların ortaya çıkarılmasında, analizinde, çözümünde veya her üç maksat için kullanılabilir.

AMAÇ	KULLANILAN TEKNİK
Sorunların öncelik sırasının belirlenmesi	Akış diyagramı Pareto diyagramı Çetele diyagramı Beyin Fırtınası ³ Nominal grup tekniği ⁴
Sorunun ne olduğu, nerede-ne zaman meydana geldiği ve etki alanının belirlenmesi	Çetele diyagramı Pareto diyagramı Histogram
Sorunun olası bütün nedenlerinin saptanması	Çetele diyagramı Beyin fırtınası Pareto diyagramı Dağılım diyagramı Neden-sonuç diyagramı
Sorunun ana nedeninin saptanması	Çetele diyagramı Beyin fırtınası Pareto diyagramı Dağılım diyagramı Nominal grup tekniği
Etkin ve uygulanabilir çözümün geliştirilmesi ve uygulama planının hazırlanması	Beyin fırtınası Histogram Yönetim değerlendirmesi
Çözümün uygulamaya konması ve gerekli prosedürlerle grafiklerin düzenlenmesi	Pareto diyagramı Kontrol grafikleri Histogram

Tablo-5 İPK Tekniklerinin Kullanılma Alanları [14, s-89]

³ Beyin fırtınası, bir grup çalışanın sorunun veya çözümün seçilen boyutları hakkında kısa zamanda çok fikir üretebilmelerini sağlamaktadır.

⁴ Nominal grup çalışması, herkesin eşit olarak görüşlerine yer verildiği bir tekniktir. Grup üyesi olan herkesten yazılı ve sözlü olarak kendilerince en önemli olan düşüncüyü belirtmeleri istenir. En önemli olan soruna en yüksek puan, diğerlerine önem derecelerine göre daha düşük puan verilir. Genel görüşlerin açıklanmasından sonra puanların değerlendirilmesine göre önemli sorunlar belirlenmiş olur. [12,s-22]

III. KAYNAK PROSESİ

Bu çalışmanın uygulama alanı olan kaynak prosesi, İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda "iş emri" adı verilen bir emirle başlamaktadır. Kaynak esasında, birleştirilmesine ihtiyaç duyulan iki metalin uygun ilave metal veya dolgu malzemesiyle kaynaştırılması işlemidir. Bununla beraber kalite kontrol açısından bakıldığında, kaynak prosesini kaynak işleminin öncesi, kaynak işlemi ve kaynak işlemi sonrası muayene faaliyetleri oluşturmaktadır. Kaynak işleminin öncesi, kaynak emrinin verilmesi ve kaynak yüzeyinin hazırlanması aşamalarıdır. Kaynak işleminin sonrası ise yapılmış olan kaynağın kalitesinin kontrol edilmesi ve değerlendirilmesidir.

A. KAYNAĞIN TARİFİ

Kaynak, tatbik edilecek malzemenin cinsine göre, metal kaynağı ve plastik malzeme kaynağı olarak ele alınır. Müteakip satırlarda "kaynak" tabiriyle kastedilen metal kaynağıdır.

"Metalik malzemeyi ısı veya basınç veya her ikisini birden kullanarak ve aynı cinsten, erime aralığı yakın olan bir malzeme katarak veya katmadan birleştirmeye "metal kaynağı" adı verilir. İki parçanın birleştirilmesinde ilave bir malzeme kullanılacaksa, bu malzemeye "ilave metal" veya "dolgu malzemesi" adı verilir.[15, s-10]

İmalat tekniğinde gaye, yalnızca malzemelerin birleştirilmesi değildir. Aynı zamanda yapılan parçanın çalışma şartlarında bozulmaması ve görevini yerine getirmesi gerekir. Bu sebepten, kaynaklı bağlantılardan da bazı esasları yerine getirmesi istenir. Söz konusu esasların gerçekleşme derecesi, kaynaklanan malzemenin "kaynak kabiliyeti" olarak değerlendirilir.

Kaynak edilen metal ve alaşımlar, uygulamada pek az istisna ile bütün kaynak usullerinde kaynak yerinin erimeye yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılmak zorundadır. Burada kaynak tekniğinde kullanılan ısı mabının, kaynak usulünün de etkili olduğu unutulmamak gerekir. Yüksek sıcaklıklara ısıtılma sebebiyle malzemelerin gerek kaynak bölgelerinde gerekse kaynağa komşu bölgelerinde, kimyasal ve metalurjik pek çok değışme olmaktadır. Örneğın yüksek karbonlu çelik malzemelerin kaynağında, yüksek soğuma hızı sebebiyle kaynağa komşu bölgede çok yüksek sertlikte bir yapı ortaya çıkmaktadır.

Tecrübeli bir kaynakçı, tamamen hatasız bir kaynak yapmanın mesela her tip çelik için kolay olmadığını gayet iyi bilir. Bazı malzemeler için ise hiçbir güçlük olmamasına rağmen, hatasız tatminkar bir kaynak kalitesinin sağlanması bakımından özel tedbirlere ihtiyaç vardır. İşte böyle hallerde kaynak kabiliyetinden bahsedilir.

Kaynak kabiliyeti kesin ve kantitatif olarak ifade edilebilen bir özellik olmayıp, karmaşık bir anlam taşır. Kaynak kabiliyeti yalnız metale bağı bir özellik değildir. Aynı zamanda, kaynak usulüne ve kaynaklı konstrüksüyona da bağıdır. Bir metal veya alaşım, bir kaynak usulünde gayet iyi derecede bir kaynak kabiliyeti göstermesine rağmen, diğer usulde çok zayıf bir kaynak kabiliyetine sahip olabilir.

Bir malzemenin yüksek kaynak kabiliyetine sahip olması; kaynak şartları geniş bir aralıkta değışirken hiçbir tedbire gerek kalmadan, tatminkar bir kaynak kalitesinin elde edilmesi demektir.

Düşük derecede kaynak kabiliyeti , tatminkar bir netice alabilmek için özel tedbirlere ihtiyaç olduğunu ve kaynak şartlarının çok dar limitler içinde tutulması gerektiğini ifade eder.

Kaynak kabiliyetinin derecesinin belirten özellikler, malzemenin tipine göre değişir. Mesela; birçok malzemenin kaynağında iyi mekanik özellikler elde etmek istenirken , ostenitik paslanmaz çeliklerde ısının tesiri altındaki bölgenin korozyona dayanıklı olması istenir.

Kaynak kabiliyeti deyimi kaynağa elverişlilik, konstrikسیونun kaynak emniyeti ve imalatta kaynak yapabilme kavramlarını içine alır. Bu kavramlarda malzeme, imal usulü ve konstrikسیونun etkisi altındadır. Bir malzemenin kaynak kabiliyetinden söz edebilmek için en azından aşağıdaki iki şartı gerçekleşmelidir.

- a. Parçaların belirli bir kaynak usulü ile birleştirilebilmesi mümkün olmalıdır. (kaynağa elverişlilik deyimi)
- b. Kaynak edilen malzeme, maruz kalacağı zorlamalara dayanmalıdır. (kaynak emniyeti deyimi)

Bir kostrüksüyonun kendisinden beklenenleri sağlaması malzeme, konstrüksiyon, imal usulü ve işletme zorlamaları gibi faktörlerin tesiri altındadır. Hatalı bir durum ortaya çıktığı zaman, bütün kusur malzemeye yüklenemez. Diğer faktörler de göz önüne alınmalıdır. Bu nedenle; kaynak konstrüktörü, malzeme mühendisi ve işletme mühendisi birlikte çalışmak mecburiyetindedir. [15, s-15,16,17]

Kaynak parametrelerinin uygun seçilememesi, kaynakçı hatası veya dolgu metalindeki kalitesizlik gibi nedenlerden dolayı kaynağın kalitesi her zaman istenen seviyede olmayabilir. Bu durumda karşılaşılabilecek hatalar ve çözüm yolları bu bölümün son kısmında açıklanmıştır.

Kaynaklar çeşitli bakımlardan sınıflandırılabilirler. İki temel sınıflandırma aşağıda olduğu gibidir.

“Eritme Kaynağı : Eritme Kaynağı; malzemeyi yalnız sıcaklığın tesiri ile bölgesel olarak (sınırlandırılmış bir kısmını) eritip, bir ilave metal katarak veya katmadan birleştirmektir.[15, s-13]

“Basınç Kaynağı : Basınç Kaynağı; malzemeyi genellikle ilave metal katmadan basınç altında bölgesel olarak ısıtıp birleştirmektir.” [15, s-13]

İstanbul Tersanesi Komutanlığı’nda gemi yapımında çoğunlukla kullanılan ve İPK uygulamasında ilgi alanımıza giren kaynak çeşitleri eritme kaynakları olup aşağıdaki başlıklarla sınıflandırılabilir.

1. Örtülü Elektrot Ark Kaynağı

Kaynak bağlantı için gerekli ısının elektrodlar arasında oluşturulduğu ve ark vasıtasıyla sağlandığı eritme kaynak türüne “elektrik ark kaynağı” adı verilir. [15, s-41] Erimiş haldeki metali havanın zararlı tesirlerinden korumak maksadıyla, kaynak için kullanılan metalik çubuğun üzerine bir örtü kaplanmıştır. Örtü maksadıyla kullanılan malzemeler çok çeşitli olabilmektedir. Elektrotlar örtü karakterine göre rutil, oksit, bazik, selülozik karakterli ve özel elektrodlar olarak sınıflandırılır.

2. Gazaltı Kaynağı

Kaynak yapılacak bölgenin bir gaz ortamı ile korunduğu, ark kaynağı türü “gazaltı ark kaynağı” olarak adlandırılır. Koruyucu gazla kaynak olarak da bilinir. Koruyucu gazın cinsine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- Erimeyen elektrodla yapılan gazaltı kaynağı
- Ark atom kaynağı ve TIG kaynağı olarak iki kısımda incelenebilir.
- Eriyen elektrodla yapılan gazaltı kaynağı [15, s-74]

MIG ve MAG kaynağı olmak üzere iki kısmında incelenebilir.

İstanbul Tersanesi'nde çoğunlukla TIG, MIG ve MAG kaynakları kullanılmaktadır.

a. MIG Kaynağı

MIG sembolü, “Metal Inert Gas” ifadesinin baş harflerinin alınmasıyla oluşturulmuştur. MIG kaynağında koruyucu gaz olarak argon, helyum veya her ikisinin karışımı kullanılır. MIG kaynağı ile hemen hemen bütün malzemelerin kaynaklanması mümkündür. Alüminyum ve alaşımlarının kaynağında yalnız doğru akım kullanılır. Kaynak ağızlarının iyi temizlenmesi, dikişte gözenek teşekkülünü azaltır. Bakır ve alaşımlarının kaynağında, gerekli durumlara 200 ila 400 C’lik ön tavlama tatbik edilir. Paslanmaz çeliklerin MIG usulüyle kaynaklanması, büyük üstünlük sağlar. Çünkü erimiş metal ile hava arasındaki reaksiyonlar sebebiyle, kayıplar önlenmektedir.

b. TIG Kaynağı

TIG sembolü “Tungsten Inert Gas” kelimelerinin baş harflerinin alınmasıyla meydana gelmiştir. TIG kaynağında tungsten elektrod ile iş parçası arasında ark teşekkül ettirilir ve bu ark havanın tesirinden argon veya helyum gazı atmosferiyle korunur. [15, s-76] Helyum havadan hafif bir gazdır uçar ve koruma kabiliyeti zayıftır. Argon daha ağır olması sebebiyle erimiş metali daha iyi korur. Kaynak işlemi için ayrıca, kaynak ilave metaline (kaynak teli veya çubuğu) ihtiyaç vardır. Yüksek akım şiddetinin kullanılması gereken hallerde, daha yüksek ark gerilimi vermesi nedeniyle helyum gazı kullanılır. [15, s-77] TIG kaynağında kullanım yerlerine göre farklılık göstermek üzere hem doğru akım hem de alternatif akım kullanılabilir. Kaynak kalitesinin yüksek olması için, kaynak ağızlarının ve ilave metalin iyi temizlenmesi gerekir. Kir ve pisliklerin metalik olarak temizlenmesi gerekir. Kimyasal temizleyicilerin kullanılması ark

sıcaklığında zehirli gazların teşekkülüne sebep olabilir. TIG kaynağı bakır, magnezyum ve alaşımlarıyla, paslanmaz çeliklerin kaynağında kullanılır.

c. MAG Kaynağı

MAG sembolü “Metal Aktive Gas” kelimelerinin baş harflerinin alınmasıyla meydana gelmiştir. Eriyen elektrodla karbondioksit atmosferi altında yapılan, gazaltı kaynak usulüdür. MIG kaynağından farkı, kullanılan koruyucu gazın karbondioksit olmasıdır.

MAG kaynağı alüminyum ve alaşımları gibi kolayca oksitlenen malzemelerin kaynağında kullanılmaz. Günümüzde büyük oranda, çelik malzemelerin kaynağında kullanılmaktadır. MAG kaynağında kullanılan karbondioksit; renksiz, kokusuz ve havadan ağır bir gazdır. Kullanılacak karbondioksit gazının saf ve kuru olması gerekir. Gaz içerisinde bulunabilecek rutubet, dikişi gevrekletirir ve gözenek teşekkülüne sebep olur. MAG kaynağında doğru akım kullanılır. [15, s-82] MAG kaynağında nüfuziyet MIG kaynağına göre daha fazladır. [15, s-83]

B. PROSESİN TARİFİ

Kaynak Prosesi yeni inşa veya onarım maksadıyla 200 müdürlüğü tarafından belirlenmiş montaj-birleştirme faaliyetleri için, kaynak yapılacak bölgelerin taşlama ve kaynak ağzı açma v.b faaliyetlerle kaynağa hazırlanmasıyla başlayan, kaynak ve montaj atölyesi (11/26) tarafından kaynağın yapılmasıyla devam eden ve 130 Kalite Güvence Müdürlüğüne bağlı NDT-Tahribatsız Malzeme Muayenesi – personeli tarafından kaynak kalitesinin ölçülüp uygun olarak değerlendirilmesiyle biten süreçtir.

Kaynak prosesinin net resmini ortaya koymak için çalışmanın başlarında prosese ait akış şeması üzerinde çalışılmış ve neticede prosese ait detaylı akış

şeması çizilerek elde edilmiştir. Kaynak prosesi akış şeması bu çalışmanın uygulamalar kısmında şekil- 24(a,b,c)'de görülmektedir.

Bu şemada da görüldüğü üzere prosesin başlangıç noktasını 200 müdürlüğünün hazırlamış olduğu kaynak planı oluşturur. Bu plana istinaden gerekli iş emirleri ilgili birimlere gönderilir. Bu birimlerden 340/300 müdürlükleri üretime yönelik işlemleri yerine getirirken, 130 müdürlüğü çeşitli kademelerde bu işlemlerin kontrolü ile ilgilenir. İş emirlerine istinaden yukarıda bahsedilmiş bulunan kaynak tekniklerinden belirlenmiş olan kullanılarak gerekli kaynak işlemi yapılır. Bu kaynatma faaliyetinin öncesinde ve sonrasında birbirleriyle ilişkili olan bir çok alt faaliyet bulunmaktadır. Tüm bu faaliyetler şekil-24 kaynak prosesi akış şemasında gösterilmiştir.

Kaynak prosesi çeşitli safhalarda bir çok parametrenin titizlikle seçilmesini gerektirir. Örneğin yapılacak kaynak türünün ve bu kaynağa ait parametrelerin(voltaj, hız, amper vs) doğru seçilmesi gerekmektedir. Kaynak öncesine ait bütün işlemler doğru yerine getirilmiş dahi olsa bu parametrelerin yanlış seçilmesi boşa giden emek ve malzeme demektir. Teknik bilgi ve beceri gerektiren kesim safhasında yapılan ve o safha kontrollerinde gözden kaçan bir hata, kaynak yapıldıktan sonraki kontrollerde muhakkak tespit edilir. Kaynak öncesi gerekli temizliklerin yapılmamış olması, seçilen malzemelerin yanlış olması veya uygun ortamlarda saklanmamış olması, atmosferik şartların müsait hale getirilmemesi gibi durumlar sonuç itibariyle yapılan kaynağın hatalı olması sonucunu doğuracaktır. Kaynağın, istenilen mukavemeti sağlamadığı böyle durumlarda, kırılması ve yeniden yapılması gerekebilir. Bu ise malzeme, emek ve neticede servet israfıdır.

Kaynak prosesi, akış şemasından da görüleceği üzere çok karmaşık ve birçok girdisi bulunan bir süreçtir. Sonuçta elde edilen ise iki metalin birleştirilmiş halidir. Gemilerin hareket ortamı gözönüne alındığı zaman kaynatılmış bu yapıların fırtınalara, dalgalara ve değişik darbelere karşı

dayanaklılığın ne kadar önemli olduğu anlaşılr. Bu nedenle gemi inşa sektöründe hatalı kaynağa kesinlikle müsaade edilmez.

IV. MEVCUT KAYNAK KALİTE KONTROL YÖNTEMLERİ

Kaynak biliminde sıkça uygulanan kalite kontrol yöntemleri genel olarak; Tahribatlı (mekanik/teknolojik muayeneler) ve Tahribatsız Muayeneler olarak iki sınıfa ayrılır. Bu çalışmada uygulama alanı olan kaynak prosesinde, tahribatsız muayene yöntemleri uygulanmaktadır.

A. KALİTE KONTROLÜN TARİFİ

Kısaca Kalite Kontrol ürünün standartlarda, teknik resimlerde, prosedür ve talimatlarda, referans dokümanlarda ve bilimsel yayınlarda belirtilmiş olan kriterlere/toleranslara uygunluğunun incelenmesidir.

Kaynak Kalite Kontrolü ise yukarıdaki tarife uygun olarak 11/26 atölye tarafından yapılmış bir kaynak işinin gerekli kriterlere uygunluğunun tespit edilmesidir. Burada bahsedilen kriterler müteakip satırlarda açıklanacak olan uluslar arası standartlardır.

B. TAHRİBATSIZ MUAYENE YÖNTEMLERİ

Bir kaynak bağlantısının güvenilir olması için dikişteki hataların standartlar içerisinde kalması arzulanmaktadır. Kaynak dikişlerinde iki ana grup hataya rastlanabilir. Birinci gruba giren hatalar dış hatalar diye adlandırılır ve çıplak göz ve büyüteçle saptanabilir., ikinci gruba giren hatalar ise göz kontrolü ile saptanması olanaksız iç hatalardır.[16, s-267] Bunların kontrolünde tahribatsız muayene yöntemleri veya tahribatlı muayene yöntemli uygulanabilir. Tahribatsız muayene adından da anlaşıldığı üzere, bir ürünün tahrip edilmeden kontrol edilmesi yöntemidir. Buna karşın tahribatlı muayene ise güç uygulama, kırma, ısıtma, kesme, çekme, basma vb. yöntemlerle ürüne hasar verilerek kalite

kriterlerinin irdelenmesi esasına dayanır. Örneğin, cam tabak üreten bir fabrikada ürünün kalite kontrolü, cam tabağın belli mesafeden aşağı bırakılması, tabağın merkezine çelik bilye düşürülmesi, tabağın ısıtılıp ani soğutulması gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Bu ve buna benzer yöntemlerin uygulandığı ürünlerde, kalite kontrol kriterleri hasarı meydana getiren parametrelerden yararlanılarak irdelenmektedir. Bu yöntem sonucunda kontrol edilen ürün hasara uğramakta ve ıskartaya ayrılmaktadırlar. Ancak, yukarıda bahsedilen ürüne hasar verme metoduyla belirli kriterlerin ölçülmesinden farklı olan tahribatsız muayene yöntemi ise, ürüne zarar vermeden elektrik akımı, manyetik dalgalar, girici sıvılar, x-ray ışınları, gama ışınları, ses dalgaları vb. metotları kullanılarak kalite kriterlerinin irdelenmesi esasına dayanır.

İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda kaynak kontrolü tahribatsız yöntemlerle yapılmakta olup, kontrolün yapıldığı bölgenin önemine göre ve/veya bünyesel hataların tespiti zorunluluklarından dolayı beş farklı yöntem olarak uygulanmaktadır. Muayene yöntemlerinin seçimi, uygulanan yapı elemanın diğer özellikleri veya kaynak dikişi geometrisi ile birlikte malzemeye ve görülebilecek kusurlara (türü ve yeri) göre belirlenir.[17, s-10-1] Bu kontroller müteakip maddelerde sunulmuştur.

1. Gözle Kontrol

İlk safha kaynağın gözle kontrolü aşaması olup bütün kaynak işlemlerinde 11/26 ve 132 Tekne Departmanı personeline icra edilmektedir. Yapılan kaynağın çıplak gözle bakılmasıyla fark edilecek kusur ve hatalarının tespitine yöneliktir. Bu kontroller alt başlıklarda sıralanmış kontrol yöntemlerine geçmeden önce muhakkak yapılır.

2. Penetrant Kontrol (Girici Sıvılarla Test)

Yüzey çatlaklarının tespiti için uygulanan bir kontrol yöntemidir. İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda "floresan type" (Tip 1) ve "visible type" (Tip 2) olmak üzere iki tip şekilde uygulanmaktadır.

3. Ultrasonik Kontrol (Yüksek Frekans- 0.2 -25 MHz- Ses ile kontrol)

Genellikle kalın malzemelerin (40 mm.den kalın), köşe kaynaklarının ve T- kaynaklarının muayenesinde, yüksek frekanslı ses kullanılarak yapılan bir kontrol işlemidir.

4. Manyetik Parçacık Muayenesi

Gemi şaftlarındaki kaynak dolgu işlemleri için manyetik parçacık muayenesi uygulanmaktadır.

5. Radyografik Kontrol

En fazla uygulanan kontrol yöntemidir. Bu aşamada Su üstü gemileri için hayati önemi bulunan kritik noktaların (yüksek gerilemelerin oluşabileceği yerler), kaynak işlemi sonrası çekilen x-ray filmlerinin kontrolü yapılır. Bu kritik noktalar ; tüm dış kaplama , sintine dönüm saçlarının güverte stringerlerinin ve omurga saçlarının, armuz ve sokra kaynaklarının kesiştiği yerler ve ana güvertedeki ambar ağzı civarındaki sokra kaynakları ve üst binalardaki geçiş yerleri civarındaki kaynak dikişleri gibi yerlerdir. Ayrıca sörveyörün (keşifçi) ön göreceği koşullara göre x-ray filmi çekilecek yerlerin sayısı arttırılabilir.

Gemilere ait boru devrelerinin ek yeri kaynaklarının kontrolünde de bu yöntem kullanılır. Ancak boru kaynakları bu çalışmanın dışında tutulmuştur.

Su Üstü gemilerinin 0.6 L (Kaimeler arası boylarının ortadaki %60'ında) boyunca radyografik kontrol yerlerinin sayısı aşağıdaki denklem ile belirlenir.

$$n=L*(B+D)/46,5 \quad \text{metrik birimlerde}$$

$$n= L*(B+D)/500 \quad \text{pus birimi}$$

Yukarıdaki denklemlerde

n= Radyografik kontrol yerlerinin en az sayısı

L= Geminin kaimeler arası boyu (m) veya (ft) olarak

B= Geminin en geniş eni (m) veya (ft) olarak

D= Geminin derinliği, yani omurgasından açık hava güvertesine kadar olan yüksekliği (m) veya (ft) olarak

Bu teorik hesaplama proje aşamasında yapılmakta ve sonuçta hesaplanan adet kadar radyografik kontrol yerleri geminin teknik resimlerinde gösterilmektedir. İPK çalışmamızın örneklem uzayını oluşturduklarından dolayı, bu noktaların çalışmamız açısından ayrı bir önemi vardır. Diğer bir deyişle bu noktaların x-ray filmleri çekilmekte ve kontrol edilmektedir. Anılan noktalar geminin mukavemet açısından kritik bölgelerine denk geldiği için, kaynak hataları kabul kriterleri içinde olmak zorundadır.

Yeni gemi inşa faaliyetleri dışında kalan ve overhol/müteferrik faaliyetleri kapsamında yapılan kaynaklarda kritik bölgeler, İstanbul Tersanesi Komutanlığı Tahribatsız Muayene (NDT) personeli tarafından amprik metotlarla tespit edilmekte ve x-ray filmleri çekilerek kontrol edilmektedir.

Radyografik filmleri çekilen kaynaklı bölgeler, gözle fark edilmesi mümkün olmayan ve bünyesel olan “nüfuziyet azlığı”, “cüruf”, “ergime eksikliği”, “gözenek”, “çatlak” gibi niteliksel özellikleri açısından değerlendirilir. Hataların değerlendirilmesinde ülkeler ve kuruluşlar tarafından belirlenmiş olan standartlar şunlardır:

- (1) MILSTD 2035: Kaynakların değerlendirme kriterleri. Malzeme muayenesi ve NDT'lerde ret-kabul kriteri
- (2) DIN /EN 25817 (ISO 5817) :Çeliklerde hata değerlendirmesi
- (3) DIN/EN 30042 (ISO 10042) :Alüminyumlarda hata değerlendirmesi
- (4) DIN /85004-2 : Boru Kaynakları için hata değerlendirmeleri

Hangi standardın kullanılacağına geminin bağlı olduğu loyd kuruluşu karar verir. Ancak projeyi çizen ve uygulayan da bu konuda karar verebilir. Standartlar birbirlerine benzemekle beraber, MIL standartların (Amerikan Askeri Standartları) biraz daha katı olduklarını söyleyebiliriz. Kaynak yapılan bölgenin önem derecesine göre kaynak kalitesi değerlendirilirken yukarıda belirtilmiş bulunan standartların farklı değerlendirme seviyeleri dikkate alınır. Yani daha hassas değerlendirme için daha hassas kriterler kullanılır.

V. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL TEKNİKLERİNİN KAYNAK PROSESİNE UYGULANMA SİSTEMATİĞİ

A. VERİ TOPLAMA

Doğru veri olmadan İPK uygulaması yapmak anlamsız, zaman ve emek kaybından başka bir şey değildir. Dolayısıyla doğru bir veri toplama planı yapılmalı, toplanacak olan veriler doğru seçilmeli ve veriler atlanmaksızın toplanmalıdır.

Kaynak prosesin istatistiki olarak kontrol edilebilmesi için devamlı veri akışına ihtiyaç vardır. Daha önceden bahsedilen kaynak kontrol yöntemleri içerisinde sağlıklı, devamlı ve kullanılabilir veri üretebilen yöntem Radyografik Kontrol Yöntemidir. Bu sebeple yapılan çalışmada radyografik kontrole ait veriler kullanılmıştır.

İPK uygulamaları için ihtiyaç duyulan ve müteakip satırlarda belirtilecek olan veriler kararlaştırıldıktan sonra, bu verilerin hangi yöntemle toplanacağı sorusu ortaya çıkmıştır. Verilerimiz çoğunlukla ürünün niteliğini ortaya koymaya yönelik olan verileridir. Bu tür niteliksel veriler çoğu işletmelerde faaliyet sonuçlarını, hatalılar, hatalar vs. başlıkları altına raporlamak maksadıyla toplanmaktadırlar. Benzer bir yöntem çalışma alanımızda da uygulanmaktadır. İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda, kaynakların değerlendirme makamı olan Kalite Güvence ve Tecrübe Müdürlüğü'nün kaynak değerlendirmelerini ilgili yerlere rapor etmek için kullandığı "Kaynakların Radyografik Kontrol Formu"nun veri toplamak maksadıyla kullanılması uygun görülmüştür. İhtiyaç duyulan ilave veriler için bu forma haneler açılarak form geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Verilerin toplanmasında uygulanan usul şu şekildedir.

- İnsanlardan tecrit edilmiş bir ortamda çekilen x-ray filmleri loyd kuruluşu tarafından belirlenmiş standarda göre NDT personeline değerlendirilir.
- Değerlendirme sonucu belirtilen forma kaydedilir.

Veri toplamada basitliği sağlamak aynı zamanda toplanan verilerin istenilen formatta bir arada bulunmalarını sağlamak maksadıyla MS Excel'e entegre edilmiş VB kodları kullanılarak temel bir yazılım hazırlanmıştır. Değerlendiriciler bu yazılımı kullanmak suretiyle rapor formlarını hazırlamış olmalarının yanı sıra veri girişini de yapmış olmaktadır. Bu yazılım sayesinde verilerin eksiksiz olarak girilmesi temin edilmekte, verilerin dağınıklığı engellenerek tek merkezde toplanması sağlanmaktadır. Hazırlanan bu yazılımla verilerin tasnifi de gerçekleştirilmektedir. Bunların yanında kontrol grafiği , histogram uygulamaları, pareto uygulamaları, kaynakçılarının performans durumları da bu yazılım sayesinde takip edilmektedir. Veri toplamak maksadıyla kullanılan form Şekil-16' de gösterilmiştir. Şekil 17(a)'da hazırladığımız yazılıma ait arayüz görülmekte ve şekil 17(b)'de yazılımın oluşturduğu “Kaynak Takip Grafik Formu” örneği yer almaktadır.

NO/NUMBER : 132/...../05
TARİH/DATE : 28.02.2005

[illegible]

FARKLI

[illegible]

Şekil –16 Radyografi Rapor Formatı

İ.T.K. 130 MÜD. KAYNAK PROSESİ İPK PROGRAMI

İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL

GENEL | GRAFİK | KAYNAKÇILAR





KATKIDA BULUNANLAR
 MÜH. ÜTĞM. SERKAN EKİN
 NDT UZMANLARI
 CEMAL KAYA
 NEVZAT ERSOY
 DURSUN GÜNEY
 İHSAN UMANCAN

HAZIRLAYAN
DZ.ÜTĞM AHMET KAPICI

Kal.Göv.Bas Mühendisi:
 Dz.Yz. Zzafer NEMUTLU

 Proje Danışmanı
 YÜK.Müh.Yb. Adalet ÖNER

Copyright©2004 DHO TUZLA

İ.T.K. 130 MÜD. KAYNAK PROSESİ İPK PROGRAMI

İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL

GENEL | GRAFİK | KAYNAKÇILAR

HER FİLM BİR ALT GRUBU OLUŞTURUR

Kaynak Türü
 ELK.ARK.KAY
 Tarih Yükle

 Hata Türü
 Tüm Hatalar

☒ c graf
☒ pareto
☒ histogram
☐ Hata Puanları

Başlangıç Tarihi

 Parti No
 1
 standart ORTALAMA

☒ Rapor Al
☐ Tüm Verileri Göreyim




SÜREÇ

Copyright©2004 DHO TUZLA

Şekil –17(a) Kaynak Prosesi İPK Programı Arayüzü

KAYNAK TAKİP GRAFİK FORMU

KAYNAK TİPİ : ELEK.ARK.	HATA TÜRÜ: TÜM HATALAR	PARTİ NO :3	PARTİ TARİH ARALIĞI : 18-20 EKİM 2004	KART NO : 2004-3
-------------------------	------------------------	-------------	--	------------------

Kusur Sayıları	17	16	19	15	15	19	16	16	15	18	12	17	16	13	20	16	16	14	14	16	17	16	16	17	16
ÜKL	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1
AKL	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05	4,05
Ortalama	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1

AÇIKLAMALAR

KAYNAKÇILAR

SGT

Şekil –17(b) Kaynak Takip Grafik Formu

İPK açısından toplanmasını gerekli gördüğümüz ve kaynakların radyografik kontrol formuna dahil edilen bilgiler (veri türleri) müteakip maddelerde olduğu gibidir.

1.Film Çekilen Bölgenin Alanı

Toplanan veriler arasında bu bilginin olması gerekmektedir. Çünkü herhangi bir x-ray filminde tespit edilen hata miktarının ne kadarlık bir alanda tespit edildiği önemlidir. Daha büyük alanlarda hata miktarının daha fazla çıkacağı düşünülebilir. Dolayısıyla filmi çekilen bölgenin alanını bilmek, oranları karşılaştırırken sağlıklı değerlendirme yapma imkanı sağlayacaktır.

2. Kaynağın Yapıldığı Tarih

Teknik ve pratik zorunluluklardan dolayı İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda radyografik muayenenin yapıldığı tarih ile kaynağın yapıldığı tarih arasında 24-72 saat fasıla bırakılmaktadır. Bu fark çok daha fazla da olabilmektedir. Dolayısıyla kaynak faaliyetlerini tarihleriyle izleyebilmek için hangi kaynağın daha önce yapıldığı bilgisinin de topladığımız veriler arasında olması gerekmektedir. Bunun için tarih belirtmenin yanında kayıt sırasına da dikkat edilmelidir.

3. Kaynak Yöntemi

Yukarıdaki paragraflarda da belirtildiği üzere metal kaynakları çeşitli şekillerde yapılmaktadır. Farklı kaynak yöntemlerinin uygulanması farklı malzemelerden (çelik, alüminyum, bakır gibi), duruş şekillerinden veya daha farklı nedenlerden kaynaklanabilmektedir. Çalışmamız sonucunda saptadığımız

en önemli nokta farklı kaynak yöntemlerinin hata türlerinde de farklılaşmalara neden olduğudur.

4. Kaynağı Yapan Kaynakçı

Aslında İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda çalışan bütün kaynakçılar, gerekli eğitimleri almış olan ve yılda birkaç kez teste tabi tutularak sertifikalandırılan kaynakçılardır. Sertifikalandırma faaliyetleri ISO standartlarına göre yapılmaktadır.⁵ Sertifika alamayan kaynakçılara görev verilmemektedir. Bununla beraber kaynakçı performansını görmek ve hataların kaynakçılara göre dağılımını izleyebilmek için kaynağı yapan kişiye ait bilgilerde veri olarak toplanmaktadır.

5. Kaynak Yapılan Malzeme Bilgisi

Herhangi bir malzemenin kaynatılması için kullanılabilecek birkaç kaynak yöntemi olabilir. Kaynak yapılacak olan metalin farklılaşması ortaya çıkacak hatalarda da farklılaşmalara neden olacaktır. Bu durumda kaynak yöntemi bilgisinin tek başına olması yeterli değildir. Sağlıklı değerlendirme yapabilmek için malzeme bilgisinin de veri olarak toplanması gerekmektedir. Bununla beraber İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda belirli malzeme grupları için belirli kaynak türleri kullanılmaktadır. Böylelikle malzeme türü farklılaşmasından kaynaklanan hata türlerindeki farklılaşmalar sıfıra indirgenmiş olmaktadır. Bu durumun devamlılığı takip edilmelidir.

⁵ Kaynakçılarda istenen temel özellikler, kaynakçıların yeterliliğinin sınanması için yapılması gereken testler Uluslar arası standartlar açısından çok önemli ve detaylı bir konudur. Detaylar DIN 8560/EN 287, TSE 6868-1 standartlarında bulunmaktadır. [17, s-3-1]

6. Kaynak Hatasının Türü

Bir kaynağın hatalı ya da hatasız olması bilgisi tek başına yeterli değildir. Hata var ise bu hatanın türünün de veri olarak toplanması gerekir. Her hata türünün, ortaya çıkmasında farklı sebepler vardır. Bu sebeple hata türlerinin belirtilmesi iyileştirme yapılması gereken konular hakkında bizi uyaracaktır. Çalışmanın uygulamalar bölümünde iyileştirmeler için kullanılacak balık kılçığı diyagramları yer almaktadır. Pareto analizleri sonucu hata türleri sınıflandırılarak iyileştirmede dikkat edilecek sıra da kararlaştırılabilir. Kullanılan veri formunda kaynak hatalarının tanımı için EN 26520/ISO 6520 deki işaretlerden faydalanılmıştır. Hataların tanımı için kullanılan işaretler Tablo-6'da gösterilmiştir.

İŞARETİ		KAYNAK HATALARI
IIW'YE GÖRE	ALMAN-LARA GÖRE	
-	OB	Hatasız
A	-	Gaz Kalıntıları
Aa	P	Gözenekler
Ab	PS	Gözenek şeklindeki gaz kalıntıları
B	-	Cüruf kalıntıları
Ba	S	Çeşitli şekil ve doğrultularda cüruf kalıntıları
Bb	SZ	Sıralı cüruf kalıntıları
Bc	-	Elektrot hareketinden ileri gelen hatalar
Bd	-	Kötü kazımadan ileri gelen hatalar
Be	-	Elektrot değiştirmeden iler gelen hatalar
Bf	-	Dikişlerin birleşme yerlerindeki hatalar
C	BF	Yetersiz ergime hataları
D	WF	Yetersiz nüfuziyet
E	R	Çatlaklar
Ea	LR	Boylamasına çatlaklar
Eb	QR	Enlemesine çatlaklar
F	EK	Yanma olukları

Tablo-6 Hata İşaretleri [17, S-(10-4)]

Bu çalışmanın ileriki bölümlerinde “Kaynak Hataları ve Etkileri” başlığı altında hata türleri, nedenleri ve çözüm önerileri hakkında değerlendirmelerde bulunulmuştur.

B. DEĞERLENDİRME

Kaynak prosesinde değerlendirme prosesin çeşitli safhalarında yapılan x-ray radyografik filmlerinin ilgili standartlara göre değerlendirilmesidir. Değerlendirme, uzmanlık isteyen bir konu olması sebebiyle, bu konuda uzman olan kişiler tarafından yapılmaktadır. Bu kişilerin eğitimleri EN 473/ISO9712 standardına ve ilgili prosedürlere göre tamamlanmalıdır. Alınan eğitimin sonucunda yapılacak sınavlarla muayene personeline uzmanlık seviyelerine istinaden “Level 1, Level 2, Level 3” şeklinde unvanlar verilir.

İstanbul Tersanesinde kaynak dikişlerinin radyografik muayenelerini en az Level-1 tercihen Level-2 seviyesindeki personel yapmaktadır. Kaynak dikişlerinin ultrasonik muayeneleri için istenen seviye minimum Level 2’dir.

Çalışmamızdan evvel İstanbul Tersanesi Komutanlığı’nda kaynak dikişlerinin muayenesinde uygulanan değerlendirme ve not verme ile ilgili usul müteakip maddelerde olduğu gibidir.

- Her x-ray filmi prosedürlerde belirtilmiş olan standartlara istinaden incelenir.
- Hata türleri için herhangi bir puanlama yapılmamaktadır.
- İncelenen filmler hata türlerinin standartlardaki limitlerine göre “ret” veya “kabul” şeklinde değerlendirilerek kaynak dikişinin kalitesi ortaya konmuş olur.

Radyografik filmlerin yukarıda bahsedilen usule göre değerlendirmesi sonucu “reddedilmesi” veya “uygun görülmesi” farklı standartlara ve bu farklı standartların farklı seviyelerine göre yapılmaktadır. Bunun sonucu olarak aynı hata türü ve miktarına sahip olan bir kaynak bazı durumlarda kabul edilirken bazı durumlarda reddedilmektedir. Örnek olarak; geminin omurgasına ait bir kaynak işlemi MIL Standartlarından Class-1’e göre değerlendirilirken, aynı geminin karinasındaki bir kaynak işlemi MIL Standartlarından Class-2’ye göre değerlendirilebilir. Bunun nedeni Omurga hattının Karınaya nazaran daha kritik olması ve dolayısıyla daha hassas bir değerlendirmeye gereksinim duyulmasıdır.

Çalışmadan evvelki bu uygulamaların sağlıklı istatistiki analizler yapılmasında ve İPK tekniklerinin uygulanmasında güçlükler çıkaracağı aşikardır. Öncelikle değerlendirmelerin (**ret-kabul**) farklı standartların farklı seviyelerine göre yapılması toplanan veriler arasında bir tutarsızlığa neden olacaktır. Ayrıca hata türlerine ait bir puanlama sisteminin kullanılmaması, filmlerin değerlendirilmesini müteakip bu konuda bir kaydın tutulmaması, “problemi teşhis etme ve sıralama”, “iyileştirme” ve “izleme” faaliyetlerinin sağlıklı yapılamamasına neden olmaktadır.

Bu sorunu aşmak için getirilen yenilikler şunlardır:

1. Hataların değerlendirilmesinde kullanılmak üzere ilgili Loyd kuruluşları ile de üzerinde anlaşılmış bulunan iki standart belirlenmiştir. Bunlar DIN /EN 25817 (ISO 5817) “Çeliklerde Hata Değerlendirmesi” ve DIN/EN 30042 (ISO 10042) “Alüminyumlarda Hata Değerlendirmesi” standartlarıdır.

2. Hataların puanlandırılmasında “Türk Loydu Çelik Gemileri Klaslama Kuralları, Tekne Yapımında Kaynak Kuralları” dokümanında bulunan değerlendirme tabloları kullanılmıştır. EN 25817/ISO 5817 standartları kullanılarak hazırlanmış olan “Çeliğin Kaynak Birleştirmelerinde Hata Sınırları” ve EN 300042/ISO 10042 standartları kullanılarak hazırlanmış olan “Alüminyum

Kaynaklı Birleştirmelerinde Hata Sınırları” tabloları puanlama sistemimizin oluşturmasında kullanılmıştır. Her hata türü bu tablodaki sınır değerlere istinaden 0 ile 9 arasında puanlamaya tabi tutulmaktadır. Böylelikle değerlendiricilerin standartlar içerisinde yer alan değerlendirme seviyelerinden bağımsız olarak hataları değerlendirmeleri sağlanırken, filmin ret/kabul değerlendirmesini de g   l k yaşamadan yapabilmeleri mümkün kılınmıştır. ISO 5817 ve ISO 10042 standartlarından faydalanılarak oluşturulmuş değerlendirme tabloları Tablo-8 ve Tablo-9’da gösterilmiştir.

3. Filmlerin ret/kabul değerlendirmesine müdahale edilmeden detaylı istatistiki değerlendirmelerde kullanılmak üzere her filmin değerlendirilmesinde 1-5 arasında notlama usulü getirilmiştir. “Türk Loydu  elik Gemileri Klaslama Kuralları, Tekne Yapımında Kaynak Kuralları” dokümanından alınan Tablo-7’deki kıstaslar ve notlar ile her film değerlendirilmektedir.

4. Verilerin tasniflenmesi ve uygun alt grupların seçilmesi ile istatistiki açıdan verilerin bağımsızlığı sağlanmıştır. Verilerin sınıflandırılmasında ve alt grupların seçiminde izlenen yol müteakip bölümde anlatılmıştır.

HATALAR	NOTU	UYARILAR
Hatasız, görülebilen hata yok	1= İyi	
Birkaç küçük gözenek, küçük cüruf kalıntıları gibi kaynaklı birleştirmelerin mukavemet ve sızdırmazlığını etkilemeyen küçük hatalar	2 = Yeterli	
Küçük gözenek sıraları veya yuvaları, küçük cüruf düzgünsüzlüğü, kısa kök ve yetersiz ergime gibi kaçınılmayan hatalar(müsaade edilebilen hatalar)	3 = Müsaade edilebilir	Normal zorlamalara maruz kalan yapı elemanlarının onarılması tavsiye edilmez. Kısa kök ve yetersiz ergime hataları yalnız kritik olmayan yerlerde bırakılır.
Büyük cüruf, gözenek, kök ve yetersiz ergime hataları ile küçük münferit çatlaklar gibi, esas olarak kaçınılması gereken hatalar (müsaade edilmeyen hatalar)	4 = Onarılmalı	Hatalı yerlerin onarılması gerekir. Ancak özel bir zorlamaya maruz kalmayan ve mukavemet ile sızdırmazlığı etkilemeyen yapı elemanları bu onarımın dışında tutulabilir. Burada çatlak varsa, bunların onarılması şarttır.
Büyük hatalar, çatlaklar ve büyük çökmeler	5 = Yenilenmeli	Kaynak dikişinin veya bütün kaynaklı birleştirmelerin yenilenmesi gerekir.

Tablo -7 Film Değerlendirme Notları [17, S-(10-5)]

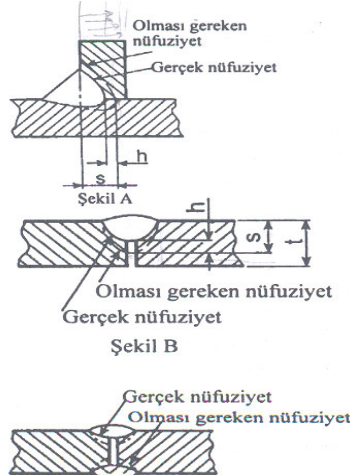
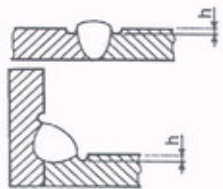
Hataların değerlendirilmesinde kullanılmak üzere geliştirilmiş puanlama çizelgesi aşağıda gösterilmiştir.

ÇELİĞİN KAYNAKLI BİRLEŞTİRMELERİNDE HATALAR

HATA KODU	HATANIN TANIMI	AÇIKLAMA	DEĞERLENDİRME PUANI				
			0-----1	2-----3	4-----5	6-----7	8-----9
E {Ea,Eb}	Çatlaklar	Mikro Çatlaklar dışında tüm çatlaklar ($h.t < 1 \text{ mm}^2$)	Hatasız	Verilmez	Mikro Çatlaklar ($h.t < 1 \text{ mm}^2$)	Verilmez	Çatlaklar
Ec	Nihayet Krateri Çatlakları	Lineer bir görünümde değilse gözenek olarak gözönüne alınır.	Hatasız	Verilmez	Verilmez	Verilmez	Belirgin bir lineer görünümde
Aa	Gözeneklilik ve Gözenekler Gözeneklerin Değerlendirilmesinde astar boya üzerine yapılan iç köşe kaynak dikişlerindeki (dış yüzeye kadar uzanan kurt yeniği dışında) gözeneklerin limit değerleri gözenek birikintisinde olduğu gibi alınır.	Hatalar için aşağıda belirtilen sınır değerler ve parametreler göz önüne alınmalıdır.					
		a) Hatalardaki kırık yüzeylerinin veya meydana gelen gözeneklerin toplam sayılarının maksimum değeri = x	Hatasız	$0 < x < \%1$	$\%1 \leq x < \%2$	$\%2 \leq x < \%4$	$x \geq \%4$
		b) Bir tekil gözenek için en büyük boyut					
		Alın dikişlerinde	Hatasız	$0 < d < 0,3s$	$0,3s \leq d < 0,4s$	$0,4s \leq d < 0,5s$	$d \geq 0,5s$
		Köşe dikişlerinde	Hatasız	$0 < d < 0,3a$	$0,3a \leq d < 0,4a$	$0,4a \leq d < 0,5a$	$d \geq 0,5a$
		c) Bir tekil gözenek için en büyük değeri = x	Hatasız	$0 < x < 3 \text{ mm}$	$3 \text{ mm} \leq x < 4 \text{ mm}$	$4 \text{ mm} \leq x < 5 \text{ mm}$	$x \geq 5 \text{ mm}$
Aa	Gözenek birikintisi	Bir birikinti içindeki tüm gözenek alanı birleştirilecek ve aşağıdaki iki alandan en büyüğünün yüzdesine göre hesaplanacaktır: Tüm gözenekleri kapsayan zarf eğrisiveya çapı kaynak dikişi genişliğinde bir daire alanı. Müsaade edilen gözenek alanı lokal olarak sınırlandırılacaktır. Diğer hataların bulunması olasılığı göz önüne alınmalıdır. Hatalar için aşağıda belirtilen sınır değerler ve parametreler göz önüne alınmalıdır.					
		a) Hatalardaki kırık yüzeylerinin veya meydana gelen gözeneklerin toplam sayılarının maksimum değeri = x	Hatasız	$0 < x < \%4$	$\%4 \leq x < \%8$	$\%8 \leq x < \%16$	$x \geq \%16$
		b) Bir tekil gözenek için en büyük boyut					
		Alın dikişlerinde	Hatasız	$0 < d < 0,3s$	$0,3s \leq d < 0,4s$	$0,4s \leq d < 0,5s$	$d \geq 0,5s$
		Köşe dikişlerinde	Hatasız	$0 < d < 0,3a$	$0,3a \leq d < 0,4a$	$0,4a \leq d < 0,5a$	$d \geq 0,5a$
		c) Gözenek birikintisi için en büyük değeri = x	Hatasız	$0 < x < 2 \text{ mm}$	$2 \text{ mm} \leq x < 3 \text{ mm}$	$3 \text{ mm} \leq x < 4 \text{ mm}$	$x \geq 4 \text{ mm}$
Ab	Gaz kanalları Kurt yeniği	Uzun süreksizlikler					
		Alın kaynağında	Hatasız	Verilmez	$0 < h < 0,5s$	Verilmez	$h \geq 0,5s$
		Köşe kaynağında	Hatasız	Verilmez	$0 < h < 0,5a$	Verilmez	$h \geq 0,5a$
		Katı açıklar için en büyük değeri = x	Hatasız	Verilmez	$0 < x < 2 \text{ mm}$	Verilmez	$x \geq 2 \text{ mm}$
		Kısa süreksizlikler					
		Alın kaynağında	Hatasız	$0 < h < 0,3s$	$0,3s \leq h < 0,4s$	$0,4s \leq h < 0,5s$	$h \geq 0,5s$
		Köşe kaynağında	Hatasız	$0 < h < 0,3a$	$0,3a \leq h < 0,4a$	$0,4a \leq h < 0,5a$	$h \geq 0,5a$
		Katı açıklar için en büyük değeri = x	Hatasız	$0 < x < 2 \text{ mm}$	$2 \text{ mm} \leq x < 3 \text{ mm}$	$3 \text{ mm} \leq x < 4 \text{ mm}$	$x \geq 4 \text{ mm}$

Tablo-8 (a) Hata Değerlendirme Puanları

ÇELİĞİN KAYNAKLI BİRLEŞTİRMELERİNDE HATALAR

Ba	Katı kalıntılar(bakır dışında)	Uzun süreksizlikler					
		Alın kaynağında	Hatasız	Verilmez	$0 < h < 0,5s$	Verilmez	$h \geq 0,5s$
		Köşe kaynağında	Hatasız	Verilmez	$0 < h < 0,5a$	Verilmez	$h \geq 0,5a$
		Katı açıklar için en büyük değer=x	Hatasız	Verilmez	$0 < x < 2mm$	Verilmez	$x \geq 2mm$
Bb		Kısa süreksizlikler					
		Alın kaynağında	Hatasız	$0 < h < 0,3s$	$0,3s \leq h < 0,4s$	$0,4s \leq h < 0,5s$	$h \geq 0,5s$
		Köşe kaynağında	Hatasız	$0 < h < 0,3a$	$0,3a \leq h < 0,4a$	$0,4a \leq h < 0,5a$	$h \geq 0,5a$
		Katı açıklar için en büyük değer=x	Hatasız	$0mm < x < 2mm$	$2mm \leq x < 3mm$	$3mm \leq x < 4mm$	$x \geq 4mm$
H	Bakır kalıntılar	Müsaade edilmez	Hatasız	Verilmez	Verilmez	Verilmez	Kalıntı Varsa
C	Yetersiz ergime	Sadece kesikliklere ve yüzeye kadar erişemeyenlere müsaade edilir.	Hatasız	Az Miktarda	Verilmez	Verilmez	Çok Miktarda
D	Yetersiz nüfuziyet		Hatasız	Uzun süreksizlik halinde Verilmez	Uzun süreksizlik halinde Verilmez	Uzun süreksizlik halinde Verilmez	Çok Miktarda
			Hatasız	Verilmez	$0 \leq h < 0,1s$	$0,1s \leq h < 0,2s$	$h \geq 0,2s$
			Hatasız	Verilmez	$0 \leq x < 1,5mm$	$1,5 \leq x < 2mm$	$x \geq 2mm$
F	Yanma Olukları	Yumuşak geçiş gerekir 	Hatasız	$0 < h \leq 0,5mm$	$0,5mm \leq h < 1mm$	$1mm \leq h < 1,5mm$	$h \geq 1,5mm$

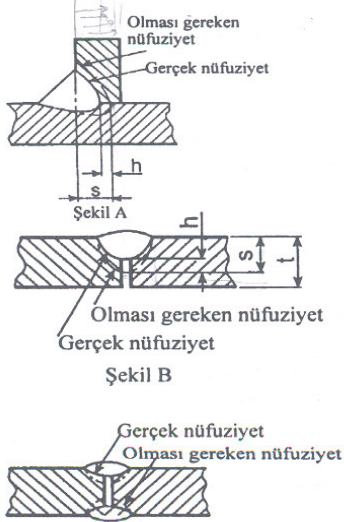
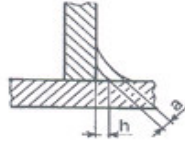
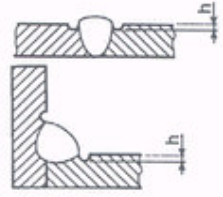
Tablo-8 (b) Hata Değerlendirme Puanları

ALÜMİNYUM KAYNAKLI BİRLEŞTİRMELERİNDE HATALAR

HATA KODU	HATANIN TANIMI	AÇIKLAMA	DEĞERLENDİRME PUANI					
			0-----1	2-----3	4-----5	6-----7	8-----9	
E {Ea,Eb}	Çatlaklar	Mikro Çatlaklar dışında tüm çatlaklar (h.t<1 mm2)	Hatasız	Verilmez	Mikro Çatlaklar (h.t<1 mm2)	Verilmez	Çatlaklar	
Ec	Nihayet Krateri Çatlakları		Hatasız	Verilmez	0<h<0,2s	Verilmez	h≥0,2s	
			Hatasız	Verilmez	0<h<0,2a	Verilmez	h≥0,2a	
Aa	Gaz boşluğu	"Gaz boşluğu" terimi gözenekliliği, gözenek birikintisini, gözenekleri kaar. Bu birikinti içindeki gözenek alanı aşağıdakileri kapsayacaktır. Bütün gözenekleri içine alan bir zarf eğrisi veya çapı kaynak dikişi genişliğine uygun bir daire alanı. Müsaade e	Her 100 mm uzunlukta					
			Hatasız	0<A<2s	2s≤A<4s	4s≤A<8s	A≥8s	
			Hatasız	0<A<2a	2a≤A<4a	4a≤A<8a	A≥8a mm2	
Aa	Gözenekler		Hatasız	0<d<0,25s	0,25s≤d<0,3s	0,3s≤d<0,5s	d≥0,5s	
			Hatasız	0<d<0,25a	0,25a≤d<0,3a	0,3a≤d<0,5a	d≥0,5a mm2	
Aa	Gözeneklilik		Hatasız	0<d<3,5mm	3,5mm≤d<4,5mm	4,5mm≤d<5,5mm	d≥5,5mm	
			Hatasız	0<d<0,5s+0,001s veya 0,001a	0,5s+0,001s veya 0,001a≤d<0,5s+0,002s veya 0,002a	0,5s+0,002s veya 0,002a≤d<0,5s+0,035s veya 0,035a	d≥0,5s+0,035s veya 0,035a	
Aa	Gözenek birikintisi		Hatasız	0<d<1mm	1mm≤d<1,5mm	1,5mm≤d<2mm	d≥2mm	
			Hatasız	0<d<0,5s+0,02s veya 0,02a	0,5s+0,02s veya 0,02a≤d<0,5s+0,035s veya 0,035a	0,5s+0,035s veya 0,035a≤d<0,5s+0,05s veya 0,05a	d≥0,5s+0,05s veya 0,05a	
			Hatasız	0<d<1,5mm	1,5mm≤d<2mm	2mm≤d<3mm	d≥3mm	
Ba	Katı kalıntılar(bakır ve tungsten dışında)	Katı kalıntılar, oksit kalıntıları içerir. Bir kesitte birden fazla kalıntı h1, h2,h3,... Varsa, toplam alınır. Σh=h1+h2+h3....	Uzun süreksizlik halinde					
			Hatasız	Verilmez	Verilmez	Verilmez	Kalıntılar	
Kısa süreksizliklerde								
Bb			Hatasız	Verilmez	0<Σh<0,1s veya 0,1a	Verilmez	Σh≥0,1s veya 0,1a	
			Hatasız	Verilmez	0<l<1,5mm	1,5mm≤l<3mm	l≥3mm	
H			Tungsten kalıntısı		Hatasız	Verilmez	0<h<0,05s veya 0,05a	0,05≤h<0,1s veya 0,1a
H	Bakır kalıntılar	Müsaade edilmez	Hatasız	Verilmez	0<d<1mm	0,8mm≤d<1,5mm	1,5mm≤d<3mm	l≥3mm
			Hatasız	Verilmez	Verilmez	Verilmez	Kalıntı Varsa	
C	Birleşme hataları	Birden fazla birleşme hatası varsa toplam alınır. Σh=h1+h2+h3....	Uzun süreksizlik halinde					
			Hatasız	Verilmez	Verilmez	Verilmez	Kalıntılar	
			Kısa süreksizliklerde					
			Hatasız	Verilmez	0<Σh<0,1s veya 0,1a	Verilmez	Σh≥0,1s veya 0,1a	
			Hatasız	Verilmez	0<l<1,5mm	1,5mm≤l<3mm	l≥3mm	

Tablo-9 (a) Hata Değerlendirme Puanları

ALÜMİNYUM KAYNAKLI BİRLEŞTİRMELERİNDE HATALAR

D	Yetersiz nüfuziyet		Hatasız	Verilmez	$0 < h < 0,2s$	$0,2s \leq h < 0,4s$	$h \geq 0,4s$
			Hatasız	Verilmez	$0 < h < 2$	$2 \leq l < 3$	$l \geq 3 \text{ mm}$
D	Yetersiz nüfuziyet (iç köşe kaynağı)		Uzun süreksizlik halinde				
			Hatasız	Verilmez	Verilmez	Verilmez	Kalıntılar
			Kısa süreksizliklerde				
			Hatasız	$0 < h < 0,1a$	$0,1a \leq h < 0,2a$	$0,2a \leq h < 0,3a$	$h \geq 0,3a$
F	Yanma Olukları		Hatasız	$0 < h \leq 0,2 \text{ mm}$	$0,2 \leq h < 0,4 \text{ mm}$	$0,4 \leq h < 0,6 \text{ mm}$	$h \geq 0,6 \text{ mm}$
			Kısa süreksizliklerde				
			Hatasız	$0 < h \leq 0,5 \text{ mm}$	$0,5 \text{ mm} < h < 1 \text{ mm}$	$1 \text{ mm} \leq h < 1,5 \text{ mm}$	$h \geq 1,5 \text{ mm}$

Tablo -9 (b) Hata Değerlendirme Puanları

C. VERİLERİN ANALİZİ , GRUPLAMA VE ALT GRUPLAR

Verilerin analizi sonucu kullanılacak olan kontrol grafiklerinin anlamlılığı, rasyonel grupların ve alt grupların seçimi ile birebir ilişkilidir. Çünkü “kontrol grafikleri tüm alt grupların ortalaması ile alt gruptan alt gruba sapmalar arasında istikrar olup olmadığını istatistiki olarak ortaya koyan bir araçtır. Eğer bir ölçüm grubunun istatistiki açıdan homojen olup olmadığına karar vermek arzulanıyorsa (yani meydana gelme olasılığı sabit olan bir sistemden kaynaklanıp kaynaklanmadıkları), alt gruplar, her alt gruptaki ölçümlerin benzer olma şanslarının en fazla olduğu ve aynı zamanda alt gruplar arasındaki farklılaşma ihtimalinin de en fazla olduğu bir şekilde seçilmelidir.” [18, s-289]

Kaynak prosesi oldukça karmaşık parametreleri olan ve İPK açısından rasyonel alt grupları belirlemek maksadıyla ayrıştırılmaya ihtiyacı olan bir süreçtir. Kontrol grafiklerinin uygulanabilmesi için toplanan verilerin istatistiki açıdan bağımsız olması şarttır. Yani her bir faaliyetin(deneme) birbirinden bağımsız olması, her denemede başarı ihtimalinin sabit olması gerekir. Bu şartlar, kaynak prosesinde toplanan verilerin uygun kümelere, sınıflara ayrıştırılmasını ve değerlendirmelerin bu başlıklar altında yapılmasını zorunlu kılmaktadır.

Sınıflandırma yapılırken karşılaşılan durumlar şunlardır:

- Kaynak prosesi, kendi içerisinde farklılaşmalar gösterir: MIG, MAG, TIG, Elektrik Ark Kaynağı gibi. Netice olarak iki metali birleştirme maksatlı olan kaynaktaki bu sınıflaşmanın nedeni kullanılan elektrod, ilave metal, dolgu malzemesi, koruyucu gaz gibi unsurların farklılaşmasıdır. Bunun yanında kaynak yapılan malzemelerin çeşidi de kaynak sınıfını etkileyecektir. Örneğin bakır, alüminyum ve bunların alaşımlarının kaynağı için MIG kaynağı kullanılabileceği gibi TIG kaynağı da kullanılabilir.[19, s-207] Çelik malzemeler Elektrik Ark, MIG veya MAG kaynağı ile kaynatılabilirler. Kaynak türünün ve malzemelerin

farklılaşması verilerin dağılımın etkileyecek bir husus olup kusur türleri üzerindeki etkisi incelenmek zorundadır. Bununla beraber İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda belirli malzemeler için belirli kaynak türleri kullanılmaktadır. Örneğin alüminyum malzemeler için TIG kaynağı yapılması gibi. Bu durumda verilerin kaynak türlerine göre sınıflandırılması rasyonel bir yaklaşım olacaktır.

•CuNi10Fe adıyla bilinen ve bakır, nikel ve demir bileşimi olan **boru devrelerinin** kaynağı TIG yöntemi ile yapılır ve kaynak dikişlerinin muayenesinde DIN-85004-2 standardı kullanılır. Bu standart gereği boru kaynaklarında kabul örnekleme yapılmaktadır. Buna göre boru ek yeri kaynakları 25'erlik gruplara ayrılmaktadır. Her 25 adetlik gruptan rasgele seçilen 5 ek yerinin filmi çekilmekte ve DIN-85004-2 standardına göre değerlendirilmektedir. Yapılan değerlendirme sonucu 5 filmin de kabul edilmesi halinde tüm 25'lik grup kabul edilmektedir. Bir filmin dahi reddedilmesi durumunda bütün grubun filmi çekilmekte ve hatalılar ayıklanmaktadır.

Bu değerlendirmeler hitamında kaynak prosesi verileri için belirlenmiş gruplar aşağıda olduğu gibidir. Her grup için 25 adetlik film partileri altgrupları oluşturmaktadır.

1. Boru-Kaynakları⁶
2. MIG- Kaynakları
3. MAG- Kaynakları
4. Elektrik Ark Kaynakları
5. TIG Kaynakları

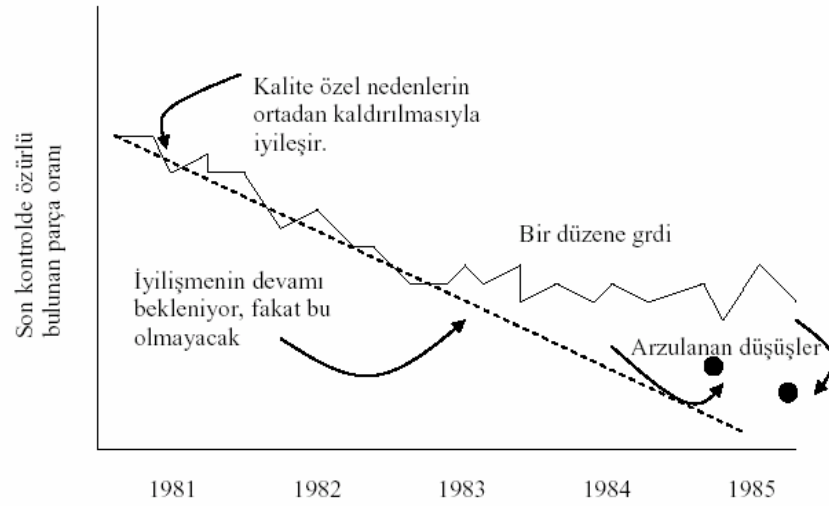
⁶ Değerlendirme aşamasında standardının farklı olması ve kabul örnekleme yapılması nedeniyle ayrı bir grup olması gerektiğine karar verilmiş ve kabul örnekleme yapılması zorunlu olması nedeniyle İPK uygulaması dışında tutulmuştur.

D. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL AŞAMASI

Kararlı bir proses, özel nedenlerden kaynaklanan sapmalar yoksa, Shewart'a göre istatistiksel kontrol altındadır. Rasgele bir prosestir. Yakın gelecekteki davranışları tahmin edilebilir. Tabii ki öngörülme bir sarsıntı, prosesi istatistiksel kontrol durumundan çıkarabilir. İstatistiksel kontrol durumunda olan bir prosesin tanımlanabilir bir kimliği ve tanımlanabilir bir yeterliliği vardır. [20, s-267]

Bir prosesin kararlı bir yapıya varması için dalgalanmalara neden olan bütün özel nedenlerin bulunup ortadan kaldırılması gerekir. Daha sonra süreç istikrarlı bir hale ulaşacaktır. Bir kez istatistiksel kontrole ulaşıldığında ve devamlılığı sağlandığında, proses etkin şekilde yönlendirilebilir.

Edward Deming'in "Krizden Çıkış" adlı eserinden alınmış aşağıdaki şekli "istatistiksel proses kontrol aşamasına" bir örnek olarak inceleyelim. Şekilde, 1981 yılından itibaren şevkle ve hararetle teşviklerle bir iyileştirme programına başlamış bir şirketin 5 yıllık iyileştirme periyodu gösterilmektedir. Başlangıçta görünen hızlı iyileşmeler yönetim kademesini sevindirmiş ve her geçen yıl görünen iyileşmeler hata oranının nihayetinde sıfırlanacağı düşüncesini doğurmuştur. Fakat bunun olmadığı görülerek hayal kırıklığı yaşanmıştır.



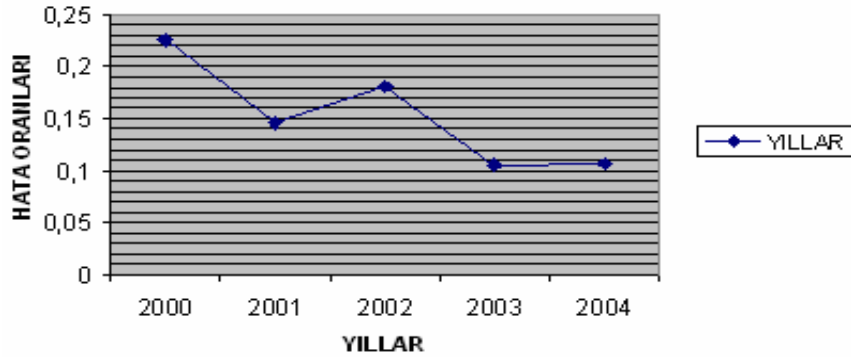
Şekil –18 1981-1985 Yılları Arasında İyileştirmeler

Kalite önce önemli derecede artmış, sonra sabit kalmıştır. İlk başta görülen hızlı ve cesaretlendirici iyileştirme, özel nedenlerin tespit edilmesi ve ortadan kaldırılmasıyla sağlanmıştır. İşin buraya kadar oldukça kolaydır. Ancak iyileştirmenin bariz kaynakları (özel nedenler) tükendiğinde, iyileşme eğrisi düzleşmiş ve ortalama bir düzeyde sabitleşmiştir. [20, s-268] Bu nokta prosesin kararlı bir yapıya ulaştığı noktadır. Ortalama hatalı oranı kabul edilebilir bir seviyede olmayabilir. Ama sistemde çok ciddi değişiklikler yapılmadan bu proseste daha fazla iyileştirilme yapılamaz.

İlgi alanımız olan kaynak prosesini incelediğimizde benzer bir portreye karşılaştık. İstanbul Tersanesi Komutanlığında yapılan diğer faaliyetler gibi kaynak işleri de TKY iyileştirme çalışmaları kapsamında iyileştirilmiş ve iyileştirilmeye devam edilen faaliyetlerdir. Kaynak işleri ISO 9001:1994 ve AQAP 110 belgeleri ile standartları belirlenmiş kurallar çerçevesinde yürütülmektedir. Ayrıca 2002 yılından beri devam eden iyileştirme çalışmaları neticesinde kararlı bir yapıya yaklaşmaktadır. Tüm kaynakçılar gerekli eğitimleri almış ve Türk Loydu tarafından yapılan sınavlar neticesinde sertifikalandırılmışlardır. 2003

yılından itibaren yapılan TKY çalışmaları sonucunda kaynak prosesinin kararlı bir yapıya doğru gelişme gösterdiği düşünülebilir.

İyileştirmeden önceki ve iyileştirmeden sonraki dönemlere ait grafikler aşağıda gösterilmiştir.



Şekil –19 2000-2004 Yılları Arasında Kaynak Prosesindeki Değişim

Kaynak hatalarında hatalı yüzdesi, yüzde yirmilerden yüzde onlara çekilmiştir. Bu aşamadan itibaren özel nedenlerin tespit edilip ortadan kaldırılmasıyla sistemin kararlı bir yapıya ulaştığı ifade edilebilir. Bununla beraber hatalı yüzdesi kabul edilebilir bir seviyede değildir.

E. KAYNAK HATALARI VE ETKİLERİ

Kaynak hatalarının türleri prosesin sigortaları gibi düşünülmelidir. Literatürde kaynak hataları, olası nedenleri ve çözüm önerileri ile belirtildiği için iyileştirme faaliyetlerinde yol gösterici olarak kullanılabilirler. Bu maksatla İPK çalışmaları maksadıyla toplanan verilere kaynak hatalarının tipleri özellikle ilave edilmiştir. Bu kısımda kaynak hataları, nedenleri ve önleme usulleri anlatılmaktadır.

Kaynak parametrelerinin uygun seçilmemesi, uygun olmayan dolgu

malzemesi ve kaynak tekniğinin kötü uygulanması sonucu bir çok tür kaynak hataları ile karşılaşılır. Gemi inşa sanayinde kaynak hataları kaynak dikişinde bir zayıflama ve süreksizlik oluşturarak bağlantının kullanım sırasında kırılmasına, tekne mukavemetinin düşük olmasına dolayısıyla bazı durumlarda geri dönüşü olanaksız kazalara neden olabilirler.

Bu bakımdan kaynaklı yapılarda, kaynak dikişlerinin kontrolü son derece önemlidir. Kaynak dikişlerinde iki ana grup hata ile karşılaşılır. Birinci gruba giren hatalar yüzeysel (dış hatalar) diye adlandırılır ve çıplak göz veya büyüteçle saptanabilir. İkinci gruba giren hatalar ise bünyesel (iç) hatalar olup, göz kontrolü ile saptanması olanaksız hatalardır; bu tür hataların tespiti maksadıyla radyografik testlere veya ultrasonik testlere ihtiyaç vardır. Kaynaklı bağlantılarda belirlenmiş hataların tamiri hem güç, hem pahalı hem de zaman alıcı olduğundan, olabildiği kadar hataya olanak vermeyen bir biçimde çalışılmalıdır.

“Gaz kaynağında (MIG-MAG-TIG) oluşabilen kaynak hatalarından en çok rastlananları şunlardır: Yanma oluşu, gözeneklilik, erime azlığı, yetersiz nüfuziyet, aşırı nüfuziyet, kaynak metalinde çatlaklar ve Isı tesiri altındaki bölgedeki çatlaklar.” [21, s-79]

Elektrik ark kaynağında yukarıdaki hata türlerine ilaveten cüruf (kalıntı) hatası ile de karşılaşılabilir. “Elektrik ark kaynağında; elektrod örtüsü veya kaynak tozundan teşekkül eden cüruf parçacıkları, devamlı veya kesikli hatlar şeklinde kaynak metali içerisinde kalabilir.” [15, s-99]

Aşağıdaki maddeler de radyografik muayenelerde veya gözle yapılan muayenelerde en çok karşılaşılan hata türleri ve bunların nedenleri açıklanmıştır; [15]

1. Nüfuziyet Azlığı

Kaynak anında, ergimenin bütün malzeme kalınlığınca aynı olmaması sonucunda, bağlantının alt kısımlarında kırılmaya neden olabilecek oyuk ve

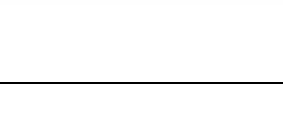
çentikler oluşur. MIG-MAG kaynağında nüfuziyet azlığının oluşmasına aşağıdaki nedenler yol açar.

- Birleştirme yerinin geometrisine uygun bir elektrod çapının seçilmemesi,
- Akım şiddetinin uygun seçilmemesi,
- Uygun bir kaynak ağzının açılmaması,
- Kök pasosunun kötü çekilmesi.

Küt alın birleştirmelerde, tam bir nüfuziyet elde etmek için birleştirmenin altı (yani diğer yüzü) bir keski veya oksijen rendesi ile temizlenip tekrar bir paso kaynak ile doldurulmalıdır. Nüfuziyet azlığı hatasının oluşmaması için alın birleştirmelerinde ağızların özenle hazırlanması ve iki parça arasında uygun bir aralığın bırakılması gereklidir.

MIG-MAG kaynağı ile yapılan köşe birleştirmelerinde, düşük akım şiddeti ile çalışılması veya gereğinden kalın bir elektrodun kullanılması, kökte bir nüfuziyet azlığına neden olabilir. Ancak, daha ince çaplı bir elektrodun kullanılması da her zaman bu hatayı ortadan kaldırmaz; parçanın kütleline ve ısı iletme yeteneğine göre uygun çapta bir elektrod kullanılması gereklidir. Genel olarak köşe kaynaklarının oluk durumunda kaynak edilmesi önerilen bir konudur.

Nüfuziyet azlığının neden olduğu hataların giderilmemeleri halinde; özellikle dikişin yorulma dayanımı ciddi bir şekilde düşer ve dikiş bükülmeye zorlandığında kökteki oyuk ve çentikler kırılma eğilimini arttırır ve birleştirme bu kısımdan çatlayarak kolayca kırılır.

Hatanın Görünüşü	Olası Nedenleri	Önlenmesi
	Yanlış tel elektrod çapı ile kaynak	Kaynak ağız biçimine uygun çapta elektrod kullanınız
	Hatalı kaynak akımı seçimi	Tel sürme hızını arttırınız
	Hatalı ağız şekli	Kaynak ağızını standartlara uygun hazırlayınız. Kök aralığını uygun bırakınız. Kök alın yüksekliğini azaltınız.
	Hatalı bir teknik uygulanması	Kaynak ağızının köküne erişebilmek için gerekli torç açısını kullanınız. Kaynak arkını köke doğru tutunuz.

Tablo-10 Nüfuziyet Azlığı

2. Birleştirme Azlığı(Yetersiz Ergime)

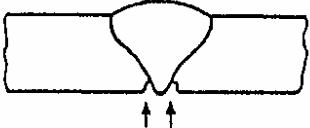
Kaynak metali ile esas metal veya üst üste yığılan kaynak metaline ait pasolar arasında birleşmeyen kısımların bulunması sonucunda bu hata ortaya çıkar. Birleşme azlığına genellikle cüruf, oksit, kav veya diğer demir olmayan yabancı maddelerin varlığı neden olur. Bu nedenle paso araları dikkatli bir şekilde temizlenmelidir. Bu maddeler, esas metal veya ek kaynak metalinin tamamen ergimesine engel olduğundan yetersiz bir birleşme ortaya çıkar.

Birleşme azlığından oluşan hatalar, genellikle çekilen paso aralarının dikkatlice temizlenmesi ile giderilebilir. Özlü elektrod ile MIG-MAG kaynağında,

bir sonraki paso çekilmeden önce, cüruf iyice temizlenmeli, gerektiğinde taşlanmalı ve keski ile kaldırılmalıdır.

Bu hatanın oluşmasının kaynak anında önlenmesi için, uygun akım şiddeti ve kısa ark boyu ile çalışmak çok önemlidir. Çok düşük akım şiddeti yetersiz bir birleşme oluşturmakta, buna karşın, çok yüksek akım şiddeti de elektrodun çabuk ergimesi dolayısı ile aynı olaya neden olabilmektedir. Elektrot çok çabuk eriyince, kaynakçı daha hızlı kaynak yapma hevesine kapılmakta ve ergiyen kaynak metali, esas metal. erime derecesine erişmeden (daha doğrusu buna yeterli zaman bulamadığından) üst üste yığılmaktadır.

Kaynak kesitindeki birleşme azlığı, hem statik ve hem de dinamik zorlanmalarda bağlantının mukavemetini büyük çapta düşürür. Bu hatayı gidermek için kaynak dikişinin hatalı kısımlarının tamamen sökülüp, yeniden kaynak edilmesi gereklidir.

Hatanın Görünüşü	Olası Nedenleri	Önlenmesi
	Kirli kaynak ağızı yan yüzleri Yetersiz ısı girdisi Hatalı bir teknik uygulanması	Kaynak öncesi kaynak ağızını iyice temizleyiniz. Tel sürme hızını ve ark gerilimini arttırınız. Uygun torç açısı, ve doğru torç manipülasyonu ile kaynak yapınız.
	Kötü kaynak ağızı dizaynı Kaynak ağız genişliği çok büyük	Ağız köküne erişebilecek biçimde ağız seçiniz. Uygun torç manipülasyonu ile kaynak yapınız.
	Yüksek ısı girdisi ile çok hızlı kaynak	Kaynak hızını azaltınız veya uygun kaynak akımı veya gerilimi seçiniz.

Tablo-11 Yetersiz Ergime

3. Yanma Olukları veya Çentikler (Undercut)

Bu hata, kaynaktan sonra esas malzemede ve dikişin kenarındaki oyuk veya çentik biçiminde görünür; oluklar dikiş boyunca sürekli veya kesintili olarak devam eder. Bütün ark kaynak yöntemlerinde karşılaşılan yanma oluklarının esas nedenleri kaynak parametrelerinin uygun seçilmemesi ve hatalı hesaplamalardır. Yanma olukları kaynak dikişi kesitini zayıflattıklarından ve çentik etkisi

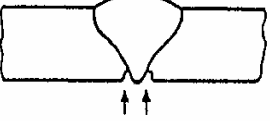
yaptıklarından özellikle dinamik zorlanmalara maruz bağlantılarda varlıkları arzu edilmez.

Yanma oluklarının oluşmasının nedenleri şunlardır:

- Akım şiddetinin yüksek seçilmesi,
- Kaynakçının aşırı hızla çalışması,
- Elektrotun fazla zig-zag hareketler yapması,
- Kaynak sırasında elektrodun yanlış bir açıyla tutulması,
- Esas metalin aşırı derecede paslı olmasa.

Çentikli kaynak dikişlerinin dinamik zorlanmalara karşı dayanımı çok zayıftır, bu neden ile standartlar dışında bir çentik ve oluğun bulunmasına izin verilmemelidir.

Yanma nedeniyle oluşabilecek çentik veya oluklar (iyice temizlendikten sonra) yeni bir paso kaynak ile doldurularak, tamir edilebilirler.

Hatanın Görünüşü	Olası Nedenleri	Önlenmesi
	Yüksel kaynak hızı	Kaynak hızını azaltarak, sıvı metalin kaynak ağzını doldurulmasını sağlayınız.
	Fazla yüksek akım şiddeti	Tel sürme hızını azaltınız.
	Yüksek ark gerilimi	Ark gerilimini azaltınız.
	Hızlı zig-zag gerilimi	Kaynak sırasında ağız kenarlarında uygun bir bekleme yapınız.
	Yanlış torç açısı ile kaynak	Torç açısını değiştirerek ark basıncının sıvı metali istenen bölgede yığılmasını sağlayınız.
	Değişken tel besleme hızı	Tel sürme mekanizmasını kontrol ediniz ve düzgün bir tel akışı sağlayınız.

Tablo-12. Yanma Olukları

4. Bindirme Dikişlerde Levha Kenarlarının Ergimesi

Bu hata, üste bindirilen sacın serbest kenarlarının kaynak sırasında ergimesi sonucu ortaya çıkmaktadır. MIG-MAG kaynağında levha kenarlarının ergimesine, yanlış el hareketi, yetersiz bindirme, uygun olmayan elektrod çapı veya sac kalınlığının seçilmesi neden olmaktadır.

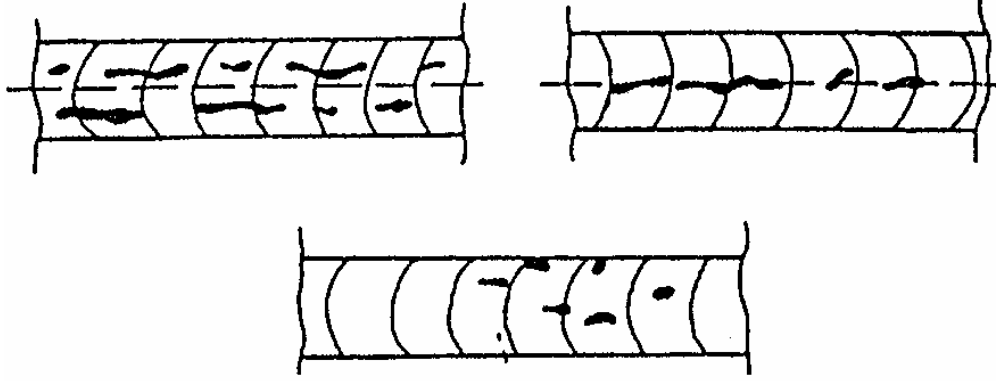
Bindirilen kenarın kaynak anında ergimesi, dikiş yüksekliğini ve dolayısı ile dikişin statik ve dinamik mukavemetlerini azaltır; bu hata tekrar kaynakla doldurularak ortadan kaldırılabilir.

5. Kalıntılar (Slag)

Ergiyen elektrod ile gazaltı kaynağında iki tür kalıntı ile karşılaşılır; bunlar cüruf ve oksit kalıntılarıdır. Kalıntılar gerek kaynak kesitini zayıflatmaları ve gerekse de çatlak başlangıcına neden olduklarından arzu edilmezler.

MIG-MAG kaynak yönteminde cüruf kalıntısı problemi örtülü elektrod halinde olduğu gibi büyük bir sorun değildir, zira kaynak banyosu cüruf örtüsü yerine bir koruyucu gaz atmosferi tarafından korunmaktadır. Yalnız özellikle çeliklerin kaynağında kullanılan bazı tür elektrodlar dikiş üzerinde çok az miktarda camsı bir cüruf oluştururlar; çok pasolu kaynakta bir sonraki pasoya başlamadan önce bunların temizlenmesi özellikle önerilen bir konudur.

Alüminyum, magnezyum ve alaşımları ile paslanmaz çeliklerin kaynağında, özellikle kaynak hızının yüksek seçilmesi durumunda, esas metalin yüzeyini kapsayan oksit tabakası içindeki kalıntılar da bağlantının zayıflamasına neden olur. Bu olaya kaynak hızını azaltıp ark gerilimini yükselterek engel olunabilir.



Şekil -20 Dikiş içinde kalıntılar

6. Çatlaklar (Craks)

Kaynak hataları arasında en tehlikelileri çatlaklardır; çatlak içeren bir kaynaklı bağlantının gerek dinamik ve gerekse statik zorlanmasına izin verilmez.

Genellikle, çatlaklara dikişteki bölgesel gerilmeler neden olmaktadır. Kaynak sırasındaki çarpılma ve çekmelere karşı koyan kuvvetler, iç gerilmelerin dağılmasında önemli rol oynar. Bu bakımdan parçaların olabildiğince serbest hareket edebilecek konumda olmaları istenir. Kaynak yerinin bir hava akımı ile çabuk soğutulması veya düşük ortam sıcaklıkları çatlama eğilimini artırır. Birbirine tam uymayan parçalarda ve düzgün olmayan kaynak ağızlarında görülen nüfuziyet azlığı, kötü birleşme veya cüruf katlıları gibi hatalar zamanla kılcal çatlakların oluşmasına neden olur. Bu nedenle yapılan kaynakların NDT ve göz kontrolleri 24-48 saat sonra yapılmalıdır.

Yumuşak çeliklerin kükürt içeriği malzemenin kaynak edilebilirliğini etkilediği gibi, esas veya ek kaynak metalinde fazla miktarda kükürt bulunması kaynak yerinin çatlamasına neden olur. Böyle bir durum ortaya çıktığında, hemen basit bir kükürt analizinin yaptırılması gereklidir. Kükürt gibi diğer bazı alaşım

elementlerinin fazlalığının da çatlamaya neden olabileceğini hatırdan çıkarmamak gerekir.

a. Kaynak Metalinde Oluşan Çatlaklar

Kaynaklı bağlantılarda karşılaşılan çatlaklar bulundukları yer bakımından kaynak metalinde ve esas metalde oluşanlar olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Kaynak metalinde görülen çatlaklar, biçim bakımından enlemesine, boylamasına ve krater çatlakları (yıldız çatlaklar) diye sınıflandırılabilir.

Boylamasına çatlaklar genellikle kök pasolarda oluşurlar. Eğer bu kök pasolar tamamen sökülüp yeniden kaynak yapılmaz ise, çatlak sonraki pasolarda da kendini gösterir. Boylamasına çatlaklar bazen dikişlerde krater çatlaklarının devamı olarak da oluşabilirler.

Enine çatlaklar, kaynak sırasında hareket olanağı en az olan dikişlerde ortaya çıkar. Oluşum zamanına göre de çatlaklar sıcak ve soğuk çatlaklar olmak üzere iki ana gruba ayrılabilirler. Sıcak çatlaklar, kaynak banyosu katılaşmaya başladığı anda oluşan, soğuk çatlaklar ise kaynak metali katılaştıktan sonra (hatta haftalar sonra da ortaya çıkabilir) ortaya çıkan çatlaklardır.(Gecikme çatlakları) Sıcak çatlaklara çelikler de esas metalin fazla miktarda kükürt, fosfor ve kurşun; demir dışı metalin ise kükürt ve çinko içermesi sonucu karşılaşılr. Ayrıca kaynak dikiş kesitinin esas metalin kalınlığı yanında çok küçük olması da bu çatlaklara neden olur.

Sıcak çatlakların oluşmasına aşağıda belirtilmiş olan önlemler alınarak engel olunabilirler:

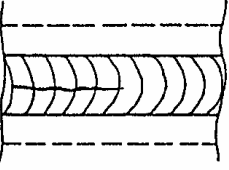
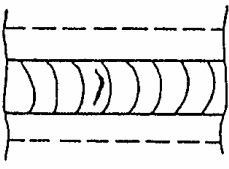
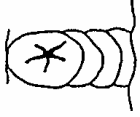
- Sıcak çatlak oluşumunu teşvik eden elementler içermeyen esas metal kullanmak,
- Çelikler halinde yüksek manganlı kaynak elektrodu kullanmak,

- Kaynak dikişinde oluşan gerilmeleri azaltmak amacı ile ön tav uygulamak,
- Temiz koruyucu gaz kullanmak,
- Kaynak dikişinin (kök pasonun) boyutlarını arttırmak,
- Kaynak ağzı geometrisini, dikiş biçimini değiştirmek.
- Kaynak bitiminde gerekli hallerde gerilim giderme tavı uygulanmalıdır.

Krater çatlakları da bu gruba giren çatlaklardandır ve krater oluşumuna engel olunarak bu çatlakların ortaya çıkması önlenebilir.

Kaynak dikişi tamamen katılaştıktan sonra ortaya çıkan soğuk çatlakların oluşumuna hidrojen gevrekliği, aşırı zorlanma ve çabuk soğuma neden olur. Kaynak dikişinin ortasında boylamasına olarak ortaya çıkan ve bu bakımdan bazı yazarlarca kaynak orta eksen çatlakları diye de adlandırılan bu tür çatlaklara engel olabilmek için şu önlemler alınmalıdır:

- Kaynak dikişi boyutları büyültülmeli,
- Kök açıklığı azaltılmalı,
- Ön tav uygulanmalı,
- Krater oluşumuna engel olunmalıdır.

Hatanın Görünüşü	Olası Nedenleri	Önlenmesi
    	Kaynak ağzı uygun tasarlanmamış; Fazla miktarda çarpılma ve kendini çekmeye neden olabilecek derecede ısı girdisi Esas metalde yüksek S ve P içeriği Kaynak bitiş noktasında hızlı soğuma Yapının tasarımı, kendini çekmeye uygun değil; çok şiddetli iç gerilme oluşuyor.	Kendini çekme koşullarına uygun bir kaynak ağzı tasarımı yapın. Uygun kaynak parametreleri ile çalışınız. Daha yüksek miktarda dezoksidan içeren kaynak teli kullanınız. Mümkün olan hallerde segregasyon bölgesi dışındaki bölgelere kaynak uygulayınız; Uygun temiz bir koruyucu gaz kullanınız. Öntav uygulayarak soğuma hızını yavaşlatınız. Kendini çekmeyi azaltmak için geri adım tekniği gibi uygun bir yöntem uygulayınız.

Tablo 13- Kaynak Metalinde Görülen Çeşitli Tip Çatlaklar

b. Esas Metalde Oluşan Çatlaklar

Esas metalde oluşan çatlaklara yalın karbonlu ve az alaşımlı yumuşak çeliklerde nadiren, yüksek karbonlu ve alaşımlı, yüksek mukavemetli çeliklerde daha sık olarak rastlanır; bu olaya kaynaktan sonra ısıdan etkilenen bölgenin sertleşmesi neden olmaktadır. Esas metalin bileşimi, soğuma hızı ve çekme gerilmeleri bu tür çatlakların başlıca nedenleridir; bu etmenlerden en

şiddetlilerinden birisi olan soğuma hızı, parça kalınlığına, kaynak sırasında parçaya uygulanan ısı girdisine ve parçanın sıcaklığına bağlı olarak değişir.

Çeliklerin sertleşme eğilimlerini bileşimleri tayin eder; sertleşme eğilimine sahip bir çelikte ısıdan etkilenen bölgenin hızlı soğuması, sertleşmeye neden olur. Özellikle kalın parçalarda ısı çabuk dağıldığından, parça kalınlığı arttıkça çatlak oluşma olasılığı da artar. Isıdan etkilenen bölgenin sertleşmesini önlemek için soğuma hızını olabildiğince yavaşlatmak gereklidir; soğuma hızı ancak aşağıda sıralanmış kurallara uyularak yavaşlatılabilir:

- Kaynak edilecek parçalara kaynaktan önce ve sonra tav uygulanmalıdır,
- Parçaya verilen ısı miktarı artırılmalıdır. Örneğin: yüksek akım şiddeti ile geniş pasolar çekilmelidir,
- Çok pasolu kaynaklarda, parçaya veriden ısının çabuk dağılması önlenmelidir. Yani sıcaklık olanaklar ölçüsünde sabit tutulmalıdır. Bu da pasoların birbirinin arkasından soğumaya meydan vermeden çekilmesiyle sağlanır,
- Sertleşme eğilimi fazla çeliklerin kaynağında, önceden tavlama işlemi uygulanmadığı durumlarda, puntolama işleminden ve arkı kaynak ağzının dışında tutuşturmadan kaçınılmalıdır. Zira, böyle bir işlem sert bölgelerin ve dolayısıyla yüzeysel çatlakların oluşmalarına neden olur,
- Ortam sıcaklığının sıfır veya sıfırın altında bulunduğu durumlarda yapı çeliklerinin kaynağında dahi hafif bir ön tava gerek vardır. Bazı durumlarda da, ostenitik kaynak metali kullanılması yarar sağlamaktadır.
- Özellikler yüksek mukavemetli saçların kaynağında ark için kaynakçının yanına ayrı bir parça verilmelidir. Yüksek mukavemetli saçların üzerinde ark tutuşturulması yapılması hainde malzeme yüzeyinde kılcal çatlak oluşumu kaçınılmazdır.

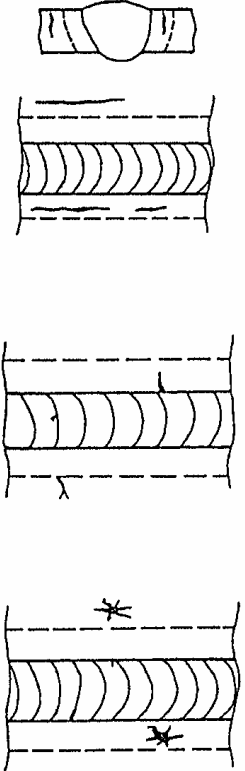
Gerek kaynak metalinde gerekse esas metalde oluşan çatlakların tek onarım şekli hatalı yeri söküp çıkartarak yeniden kaynak yapmaktır. Bu işlemi

yaparken bütün çatlakların tümüyle çıkarılmış olmasına özellikle dikkat edilmeli ve yeniden kaynak yapılacak yer çok iyi temizlenmelidir. Bazen aynı hatanın tekrarını önlemek amacı ile yeniden kaynak yapıldığında değişik bir yöntemin uygulanması da gerekebilir.

Dış zorlanmanın şekli ne olursa olsun, çatlaklar daima bağlantının mukavemet değerini düşürür. Bu bakımdan, hiçbir kaynak yönteminde çatlak oluşumuna izin verilmez.

7. Kaynak Dikişinin Taşması

Kaynak metalinin, esas metal üzerine birleşme olmadan taşması halidir. Bu taşma ya tek tek noktalar halinde ya da bütün dikiş boyunca ortaya çıkmaktadır. Genellikle, köşe kaynaklarında oluşan bu taşma olayı, dikişin gereğinden fazla kabarması şeklinde kendine gösterir. MIG-MAG kaynağında yanlış manipülasyon da taşmaya neden olur.

Hatanın Görünüşü	Olası Nedenleri	Önlenmesi
	Isıdan etkilenen bölgede sertleşme Çok fazla kalıcı iç gerilme. Hidrojen gevrekleşmesi	Kaynak işleminde öntav uygulayınız. Soğumayı yavaşlatmak için kaynak sırasında yüksek ısı girdisi uygulayınız. Kaynak sonrası gerileme giderme tavı uygulayınız. Uygun ve koruyucu bir gaz kullanınız Kaynaklanan parçada kaynak bölgesindeki pas, yağ, gres ve diğer kirleri kaynak öncesi etkin bir biçimde temizleyiniz. Kaynak yapılmış parçaları kaynak sonrası soğumadan saatlerce yüksek sıcaklıkta tutunuz.

Tablo-14 Yanlış Kaynak Parametrelerinin Seçilmesi veya Hatalı Torç Hareketinin Neden Olduğu Gözenekler.

Özellikle, yatay ve düşey düzlemdeki, yatay dikişlerin (korniş) kaynağında, torçun tutuş açısına ve el hareketine dikkat etmek gereklidir. Gereğinden fazla kalın elektrod kullanmaktan kaçınılmalıdır. Taşmanın önlenmesinde, akım şiddetinin uygun seçilmesi ve kısa ark boyu ile çalışılmasının da önemli etkisi vardır; akım şiddeti yükselince veya ark boyu artınca taşma olayı kendini gösterir.



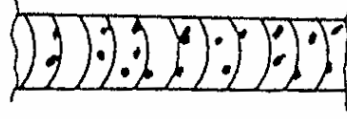
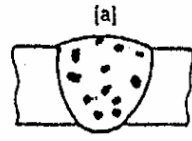
Şekil -21 Kaynak Dikişinde Taşma

Taşmalar özellikle dinamik zorlamalarda tehlikelidir, çünkü bu noktalarda bir gerilme yığılması oluşturmaktadır. Kaynak kesitinde bir daralma yoksa, taşmalar statik yüklemde önemli bir hata olarak görülmez. Taşmaların neden olduğu hatalar, bir keski veya taşla giderilebilir; ancak, bunu yaparken, dikiş veya esas metalin üzerinde derin iz bırakmamaya dikkat edilmelidir.

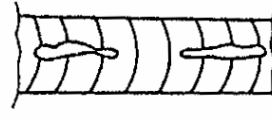
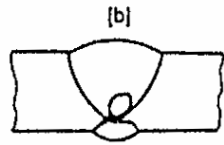
8. Gözenekler (Porosity)

Ergiyen elektrod ile gazaltı kaynak yönteminde en sık karşılaşılan kaynak hatası gözeneklerdir. Çok çeşitli oluşum nedeni olan gözenekler kaynak banyosunda sıkışıp kalan gazların oluşturduğu boşluklardır. Bunlar gaz kabarcığı denilen tek tek yuvarlak veya gaz kanalı diye adlandırılan uzunlamasına boşluklar halinde dikiş içinde yer alırlar. Gözeneklerin oluşum nedenleri çok çeşitlidir ve Tablo-15’de bunlar etraflıca açıklanmıştır.

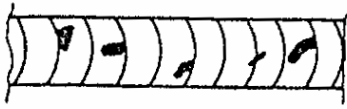
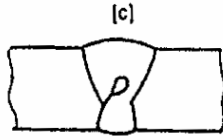
Bir kaynak dikişinin içerisinde bulunan gözenekler, dikişin taşıyıcı kesitini azalttığından dayanım değerlerini düşürür ve aynı zamanda yerel gerilme birikmelerine neden olur. Bu durum bağlantının mekanik özelliklerini kötüleştirir. Gözenekler özellikle yorulma dayanımını azaltan bir etki yaparlar. Ancak, dağılmış oldukça küçük gözenekler, birleştirmenin statik mukavemet değerlerini fazla etkilemezler. Yüksek dinamik mukavemet istenen yapılarda fazla gözenek içeren dikişler sökülerek yeniden kaynak yapılır.



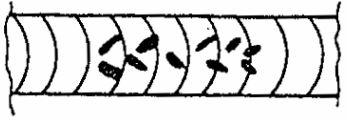
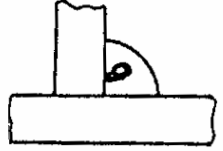
a- Yuvarlak gözenekler



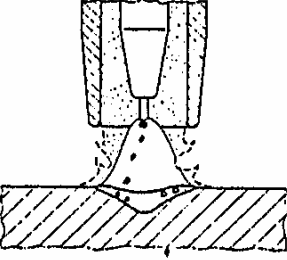
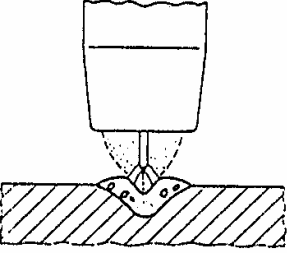
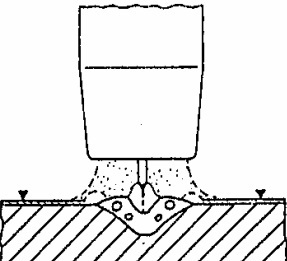
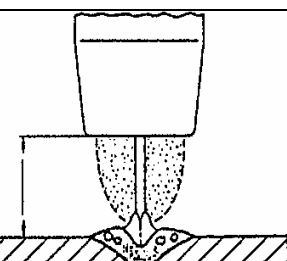
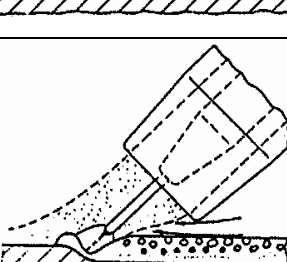
b- Boylamasına gözenekler

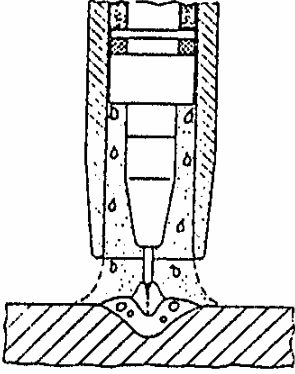
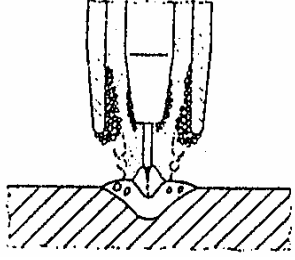
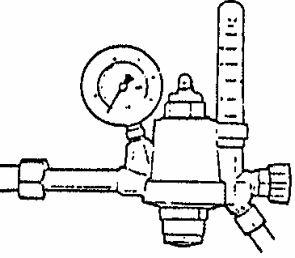
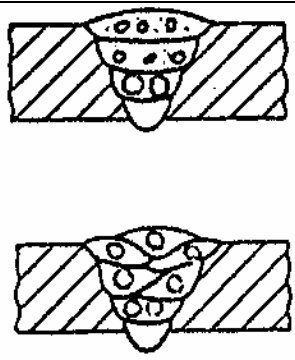


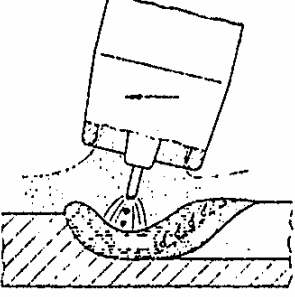
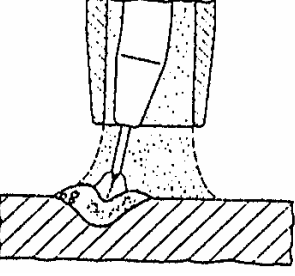
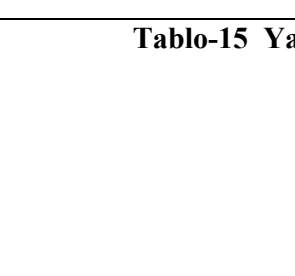
c- Gözenek kanalları



Şekil –22 Kaynak Dikişlerinde Karşılaşılan Çeşitli Gözenek Türlerinden Örnekler.

Hatanın Görünüşü	Olası Nedenleri	Önlenmesi
	Kaynağa yatkın olmayan esas metal, uyumsuz tel ve esas metal.	Kaynağa yatkın esas metal seçiniz; Uygun esas metal, tel kombinasyonu kullanınız.
	Uygun olmayan koruyucu gaz türü. Gaz korunması zayıf	Uygun bir koruyucu gaz seçiniz. Telin serbest uç mesafesini kontrol ediniz. Gaz debisi yetersiz olabilir, kontrol ediniz.
	Tel veya iş parçası yüzeyinin kirli olması	Yüzeyi temiz ve kuru tel elektrod kullanınız. İş parçası yüzeyindeki boya, kir, pas, yağ ve rutubeti temizleyiniz Yüksek miktarda dezoksident içeren kaynak teli kullanınız.
	Serbest tel ucu fazla uzun	Serbest tel ucu mesafesini ayarlayınız.
	Yanlış torç açısı	Uygun torç açısı ile uygun torç hareketleri ile kaynak yapınız.

	Kaynak bölgesine rutubet taşınmıyor.	Gazın kuru olup olmadığını kontrol ediniz. Su soğutmalı torç halinde su sızdırmazlık contalarını kontrol ediniz.
	Sıçrantılar ile tıkanmış gaz nozulu	Gaz nozulunu özel takımı ile temizleyiniz veya yenisi ile değiştiriniz.
	Karbondioksidin koruyucu gaz olarak kullanılması halinde gaz akışının durması	Regülatörde donmuş karbondioksit nedeni ile tıkanma var; ısıtıcı kullanınız. Isıtıcının elektrik bağlantılarını kontrol ediniz.
	Örtülü elektrod ile yapılmış punta üzerine MIG-MAG ile paso çekilmesi	Puntalama da MIG-MAG yöntemini uygulayınız.
	Çok yüksek ve çok düşük ark gerilimi gözenek ile birlikte uygun olmayan biçimde kaynak dikişi oluşumuna neden olur.	Uygun ark gerilimi ile çalışınız

	Aşırı yüksek kaynak hızı; Yüksek kaynak izi uygulanması halinde kaynak banyosundan gazlar dışarı çıkamadan kaynak metali katılaşıp ve gaz katılaştıkça kaynak metalinde gözenekler içinde hapsolür.	Kaynak hızını azaltınız.
	Hatalı paso şekli	Daha dar pasolar ile kaynak yapınız.
	Gaz nozulu ve kontak memesi eksantrik takılmış	Gaz nozulu ve kontak memesinin konsantrikliğini kontrol ediniz.
	İç kısımda hapsolmüş gazın neden olduğu gözenek	Kaynak öncesi parçaların birbirleri ile uyumunu kontrol ediniz.

Tablo-15 Yanlış Kaynak Parametrelerinin Seçilmesi veya Hatalı Torç Hareketinin Neden Olduğu Gözenekler.

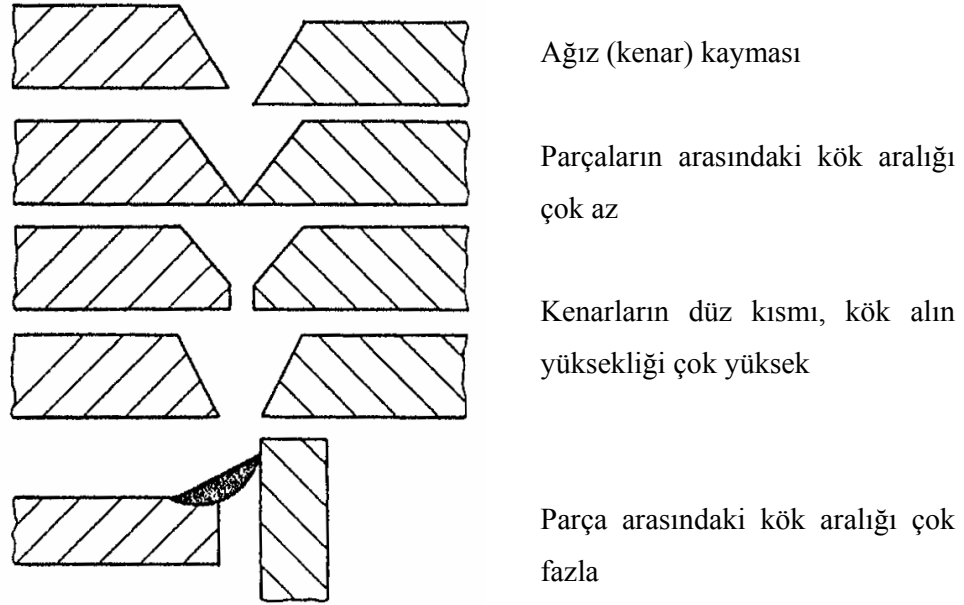
9. Hatalı Kaynak Biçimi ve Boyutu

Genellikle, diğer bakımlardan hatasız, fakat dikişin biçim ve boyutu bakımından farklı kaynaklar bu gruba girer. Bu kaynaklarda, dikiş istenen biçim ve ölçülere uymaz. Bu hatalar, fazla içbükey veya dışbükey, yüzey bozukluğu, kalınlık azlığı ve eşit olmayan dikiş uzunluğu şekillerinde olabilmektedir. Hatalı kaynak boyut ve şekillerinin oluşumlarının başlıca nedenleri yanlış kaynak tekniklerinin uygulanmasıdır. Örneğin, köşe birleştirmelerindeki düşük akım şiddeti dışbükeylik ve yüksek akım şiddeti de içbükeylik oluşturmaktadır. Bunlara, kaynak sırasında torçun tutuluş şekli de önemli derecede etkimektedir.

Yukarıdan aşağıya veya yatay pozisyonlarda yapılan iç köşe kaynaklarında düzgün olmayan boyutların oluşması el hareketlerine bağlıdır. Korniş pozisyonundaki kaynaklarda geniş pasoların çekilmesi zordur. 6 ila 8 mm'den yüksek iç köşe dikişlerinde, oluk durumunda kaynak yapma olanağı yoksa, çok pasolu kaynak yöntemi uygulanmalıdır.

MIG-MAG kaynağında, alın birleştirmelerinde dikiş kalınlığının az veya fazla olmasına aşağıdaki etkenler etki ederler:

- Yanlış bir çalışma tekniği,
- Kaynak ağızlarının iyi hazırlanmaması,
- Elektrot çapının uygun seçilmemesi,
- Uygulanan akım şiddeti,
- Çekilen pasoların sayısı,
- Kaynak hızı.



Şekil –23 Kaynak Ağızlarını İyi Hazırlanmaması Sonucu Ortaya Çıkan Hatalar.

Fazla içbükey ve düzgün olmayan iç köşe dikişleri, kaynak yerinin kalınlığı azalttığından, bağlantının mukavemetini düşürür. Aşırı dışbükey ve düzgün olmayan iç köşe dikişleri de kaynak yüksekliğine ve dolayısıyla bağlantının mukavemetine etki eder. çok fazla dışbükey dikişlerde de, genel olarak yetersiz nüfuziyet ve birleşme azlığı gibi hatalar da bulunmaktadır. Ayrıca, fazla dışbükeylik dikişler de taşımalar da neden olur. Bu taşımalar da, bölgesel çentik etkisi oluşturduğundan, buralarda gerilme birikmesi görülür. Dolayısı ile, bağlantının yorulma mukavemeti azalır. Alın birleştirmelerindeki fazla yükseklik de birleştirmenin, yorulma mukavemeti azaltmaktadır. Kalınlık azlığı ise kesiti küçülteceğinden, bağlantının statik mukavemetini düşürür.

Aşırı içbükeylik veya kalınlık azlığı, yeniden bir paso kaynak yapmakla ortadan kaldırılır. Aşırı dışbükey dikişlerindeki fazlalıklar ise keski veya taşlama ile kaldırılır. Yeniden kaynak yaparken özellikle temizliğe ve arada herhangi bir

kalıntı kalmamasına çok dikkat edilmelidir.

10. Sıçrantılar

Kaynak sırasında çeşitli nedenlerle oluşan patlamaların etkisiyle, oluşan küçük metal parçacıkların çevreye sıçrantısıdır. Bunlar gerek kaynak dikişinin gerekse esas metalin yüzeyinde istenmeyen ve kesinlikle temizlenmesi gereken küresel kabarcıklar oluştururlar. Aşırı, sıçrantı kaynak dikişinin görünüşünü bozduğu gibi gereksiz elektrod tüketimine de neden olur. Sıçrantılar üzerine kaynak metali yığıldığında, arada kalarak yapışmamaya da neden olduğundan, özellikle çok pasolu kaynak halinde bu konuya dikkat etmek gereklidir. MIG-MAG kaynağında ayrıca sıçrayan metal damlacıkları torcun gaz lülesine yapışarak tıkanmasına veya koruyucu gaz akımının türbülansına neden olur. Ark geriliminin yükselmesi, akım şiddetinin artması ve tel serbest ucunun büyük olması sıçrantıları artırır. Genel olarak karbondioksitin koruyucu gaz olarak kullanılması halinde diğer gazlara göre daha fazla sıçrantı görülür. Sıçrantının en önemli sakıncaları, metal kaybı ve temizlenmek için harcanan zamandır. Bu hatanın, bağlantının dayanımı yönünden görünür bir etkisi yoktur. Sıçrantıyı yok etmek için, kaynak yerini veya esas metali, bir keski veya fırça ile temizlemek gerekir.

11. Dikiş Yüzeyinin Fena Görünüşü

Bu hata, dikişin yüzeyinde gözenek, cüruf kalıntısı, düzgün olmayan tırtıl oluşumu, dikişin tekrar başladığı noktalarda fena birleşme ve kraterler içermesidir. Düzgün olmayan dikiş yüzeyinin ve yüzey çıkıntılarının oluşması, MIG-MAG kaynak yönteminde yanlış kaynak tekniklerinin uygulanmasına bağlıdır. Kaynağın, dış görünüşü hakkında bir karara varmadan önce, kaynak pozisyonu değerlendirilerek, birleştirilecek yerlerin daima kaynakçının elektrodu kolayca hareket ettirebileceği bir duruma getirilmesi sağlanmalıdır.

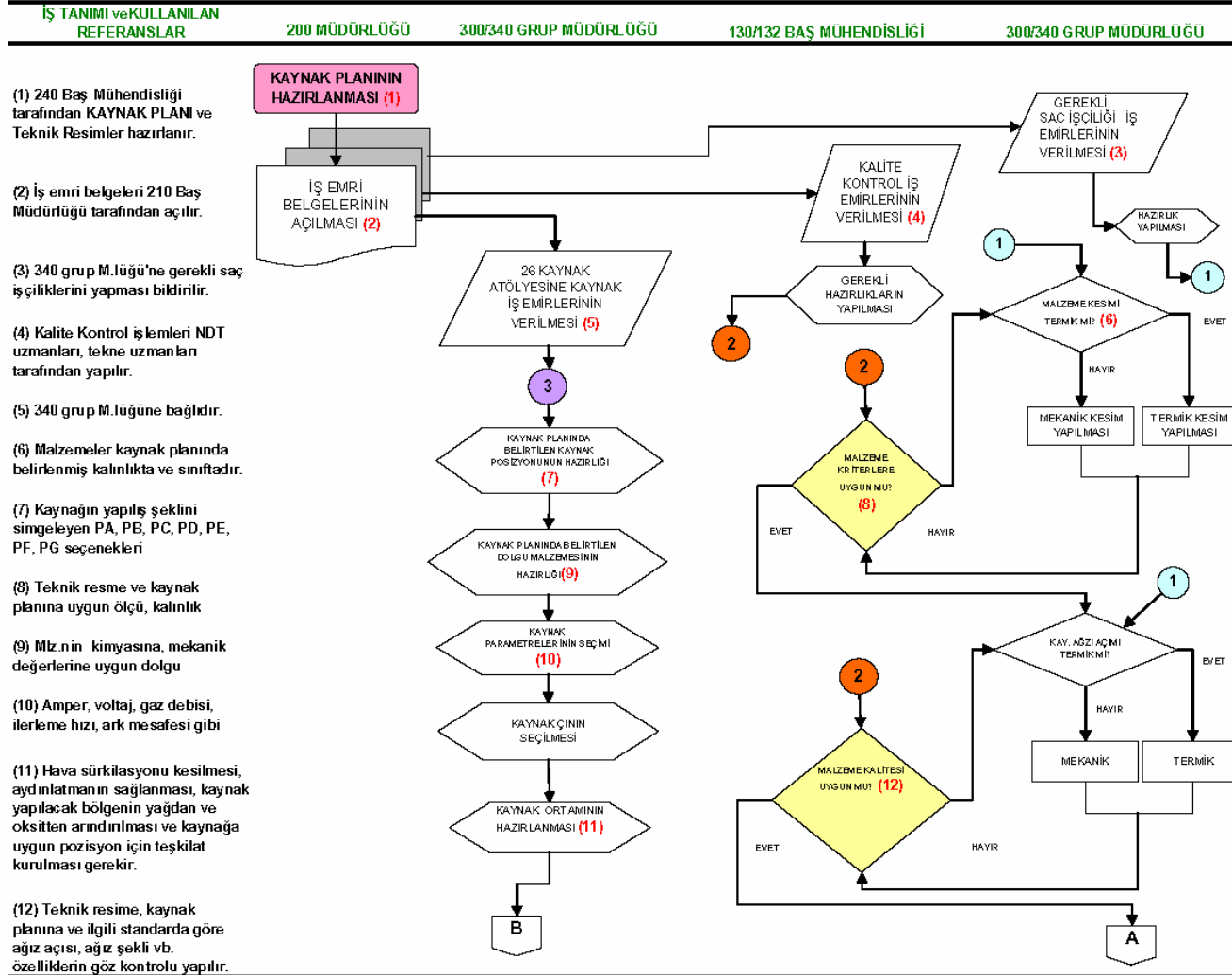
Kaynak dikişinin fena bir görünüşe sahip olması, bağlantının yorulma mukavemetine etki eder. Yüzeydeki hatalar bölgesel gerilme alanlarına, bunlar da yorulma çatlaklarının oluşmasına yol açarlar. Statik yüklemde dikişin dış yüzeyindeki hatalar, bağlantının mukavemetini pek etkilemezler. Yüzeydeki bu kusurlu oluşumlar türlü şekillerde ortadan kaldırılıp, yeniden kaynak yapılarak onarılır.

VI. KAYNAK PROSESİNDE İPK UYGULAMALARI VE DEĞERLENDİRMELER

A. KAYNAK PROSESİ AKIŞ DİYAGRAMI

Problemleri tespit etme ve değerlendirme ile ilgili çalışmalarda işyeri açısından en önemli başvuru kaynağı olacak çalışmalardan birisi net ve anlaşılır bir şekilde ortaya konmuş olan akış diyagramıdır.

İlgi alanımız olan İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda Kaynak Prosesi ile ilgili akış diyagramı yapılan çalışmalar sonunda oluşturulmuştur. Kaynak prosesi akış diyagramı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. (Şekil 24(a),(b),(c))



Şekil –24-(a) Kaynak Prosesi Akış Diyagramı

(13) Sıvı penetrant ile yüzey kontrol edilir.

(14) Montaj, alıştırma, kaynak ağız aralığı, doğru eleman, eleman eksikliği vb. kontrol edilir.

CELİK MALZEME SINIFI

1. GRUP: 20-100 C
a. Kaynağı uygun çelikler
%C≤0,2 - 0,25 ile
b. Yüksek sıcaklıkta kaynak yapıyorsa (0 derece ve altı)
d. Elvanlığı: 20-25 mm
2. GRUP: 100-300 C
a. Alıştırma çelikler
%C≤0,2-0,5
b. Yüksek alıştırma çelikler
%C≤0,2 - 0,25
3. GRUP: 300 C'nin üstünde
a. Alıştırma çelikler %C≤0,2-0,5
b. Alıştırma çelikler %C≤0,2-0,25

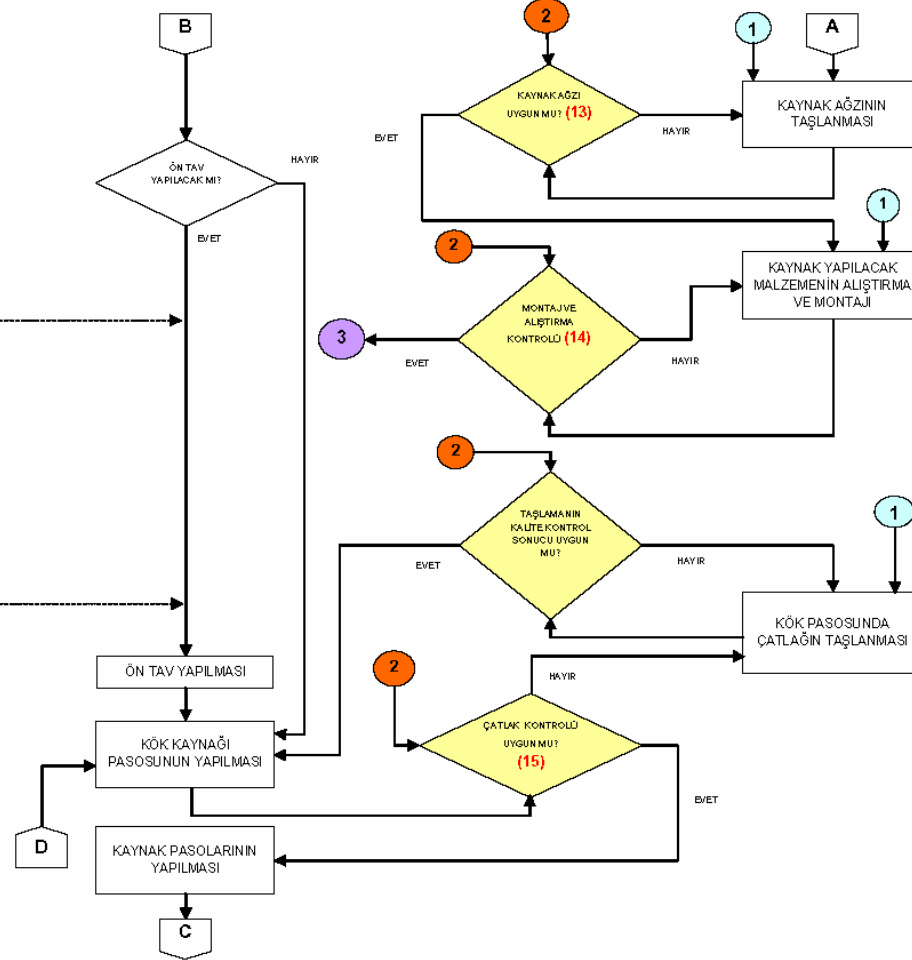
ALÜMİNYUM MALZEME SINIFI

- AlMgSi 0,5 180-250 C
AlMgSi 1 180-250 C
AlZn4,5Mg1 140-150 C
AlMg 4,5 Mn 150-200 C
AlMgSi 150-200 C

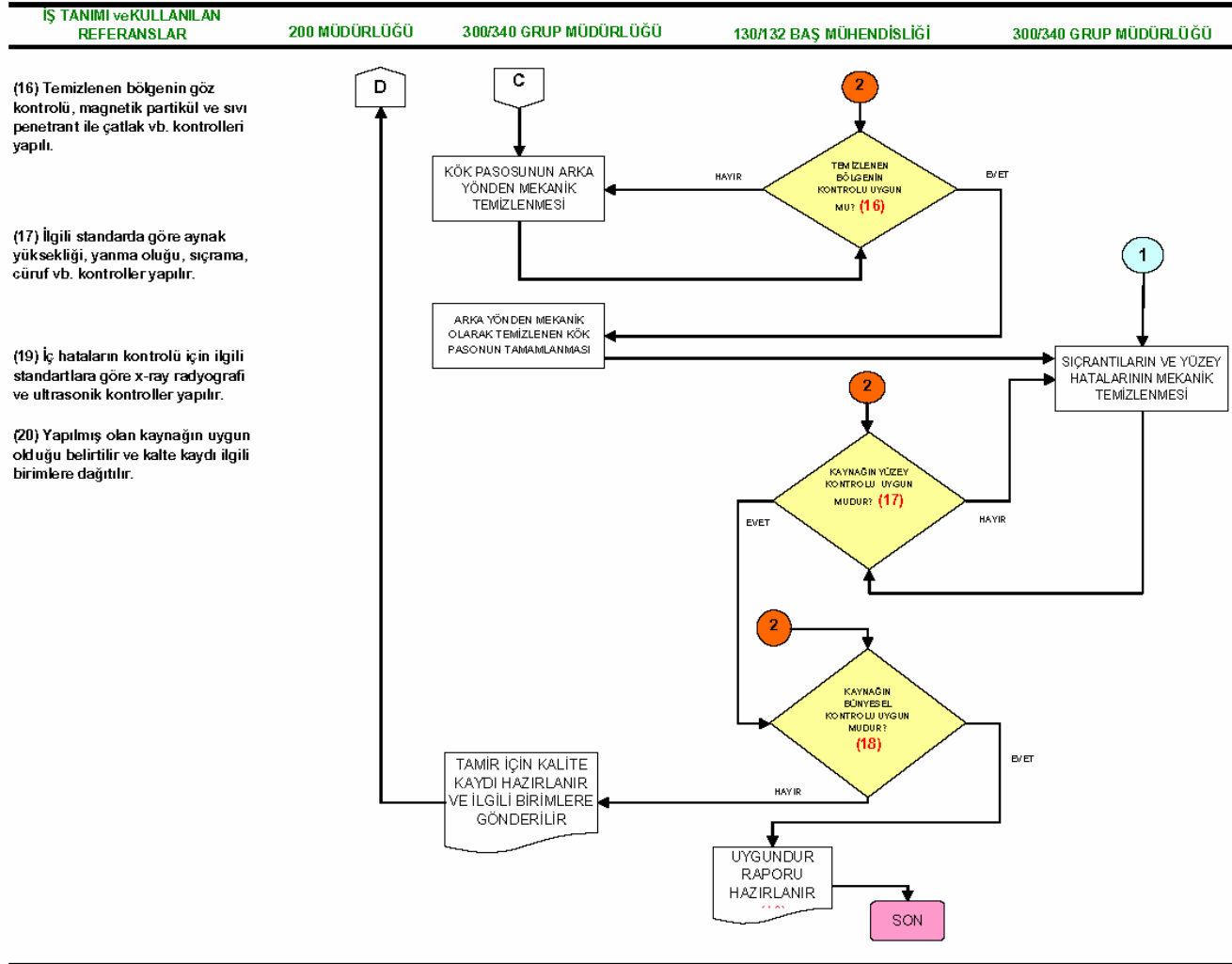
- AlMgSi 250 C
AlMgMn ve diğerleri 250 C
AlSi9,5 400 C

Yukarıdaki değerler 5-10 mm'lik et kalınlığında TIG kaynağı veya 15-20 mm'lik et kalınlığında MIG kaynağında kullanılır.

(15) Göz kontrol ve manyetik sıvı ile kök pasoda çatlak kontrolü yapılır.



Şekil –24-(b) Kaynak Prosesi Akış Diyagramı.

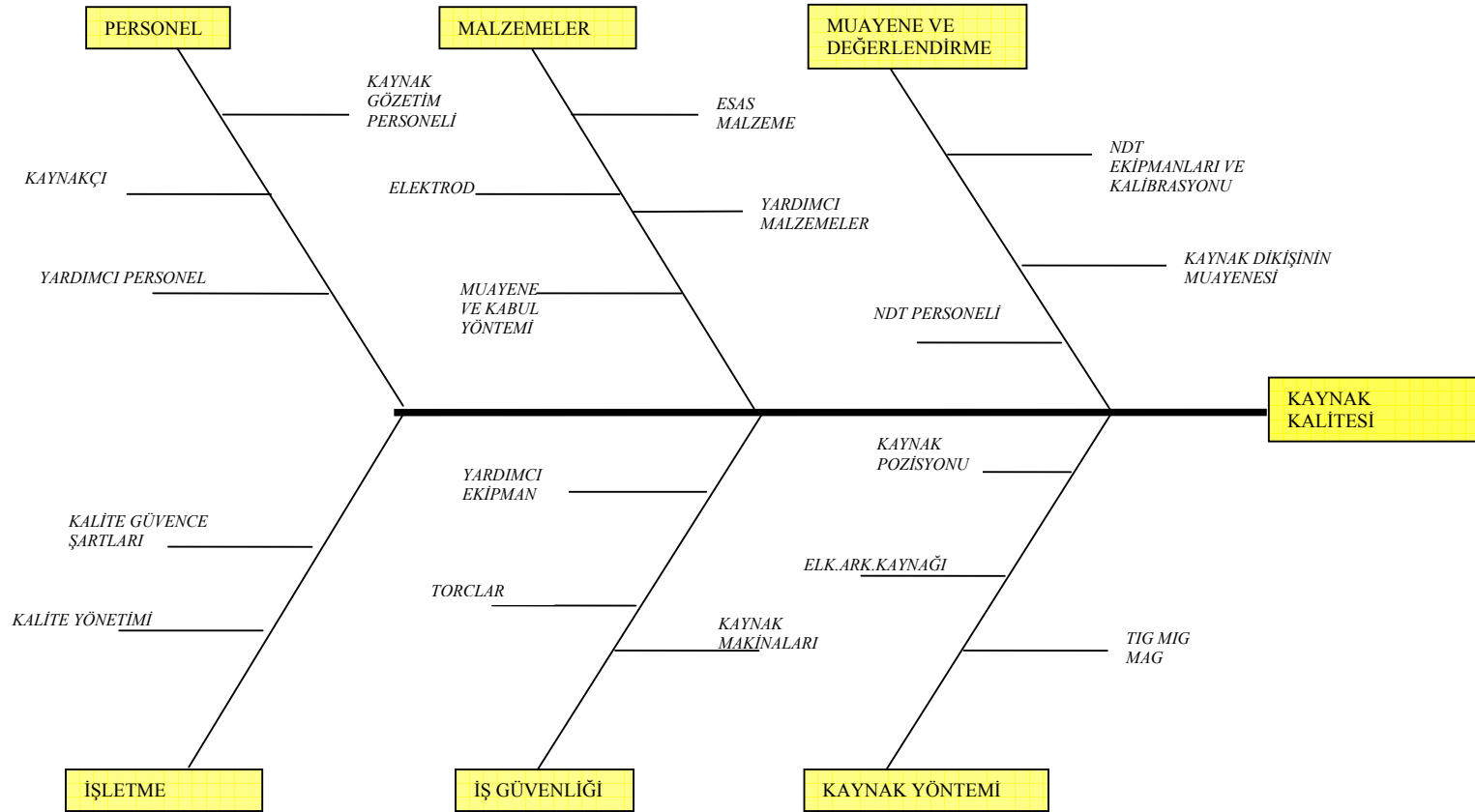


Şekil –24-(c) Kaynak Prosesi Akış Diyagramı

B. KAYNAK PROSESİ İÇİN SEBEP-SONUÇ DİYAGRAMLARI

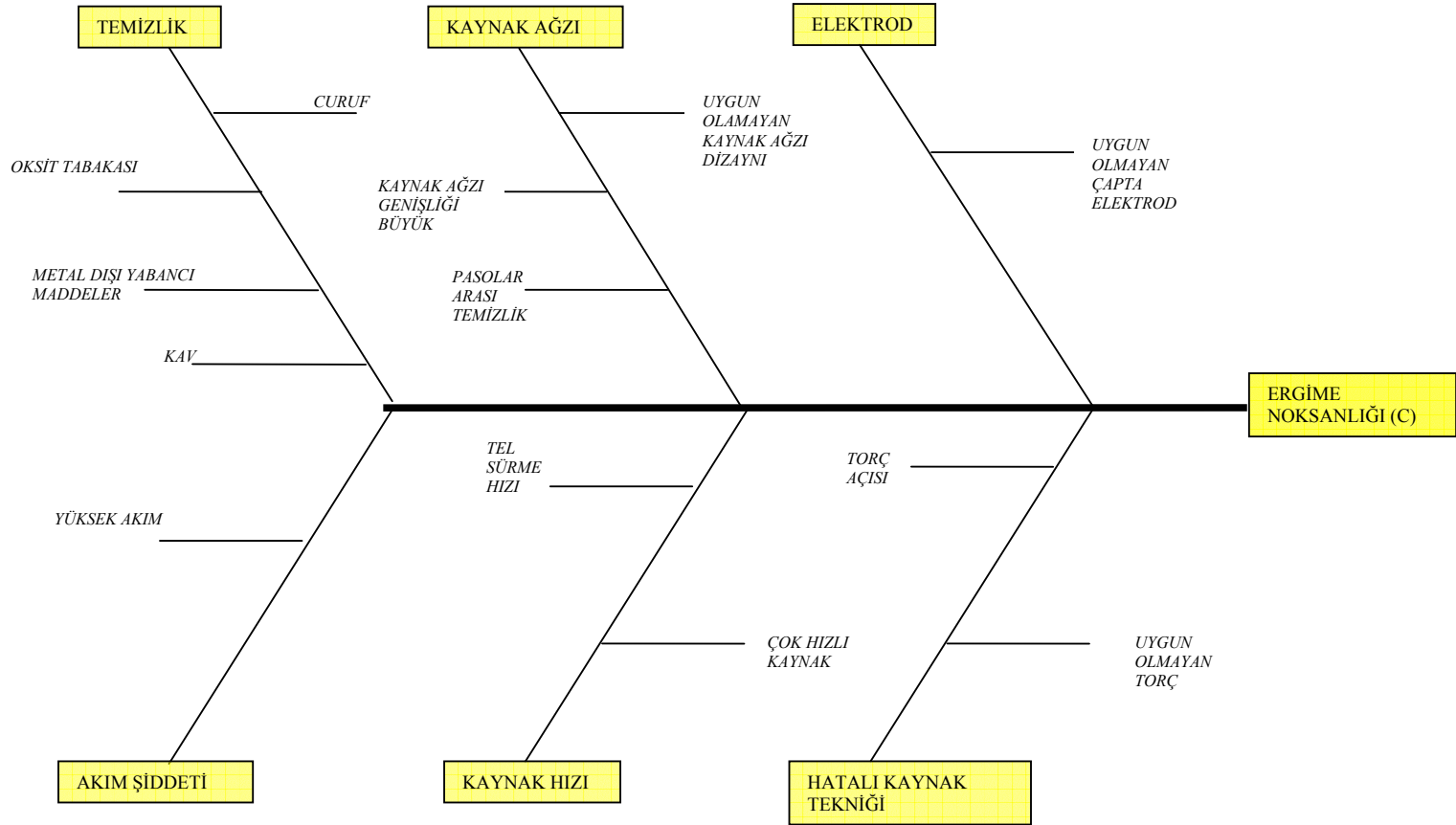
Bu analiz, doğru düşünme ve verilen sonuç ile muhtemel sebepleri arasındaki ilişkilerin görülmesi için kullanılan bir araçtır. Görüntü, bir balık kılıcına benzeyecek şekilde, potansiyel sebepler ana gruplara ve alt gruplara ayrılmaktadır. Kaynak prosesine ait sebep sonuç diyagramları her hata türü için ayrı ayrı olacak şekilde oluşturulmuştur. Ayrıca kaynak kalitesini analiz eden bir sebep sonuç diyagramı da oluşturulmuştur. Bu diyagramlar kullanılarak hatalara sebep olan faktörlerin belirlenmesi kolaylaşacaktır.

KAYNAK KALİTESİ



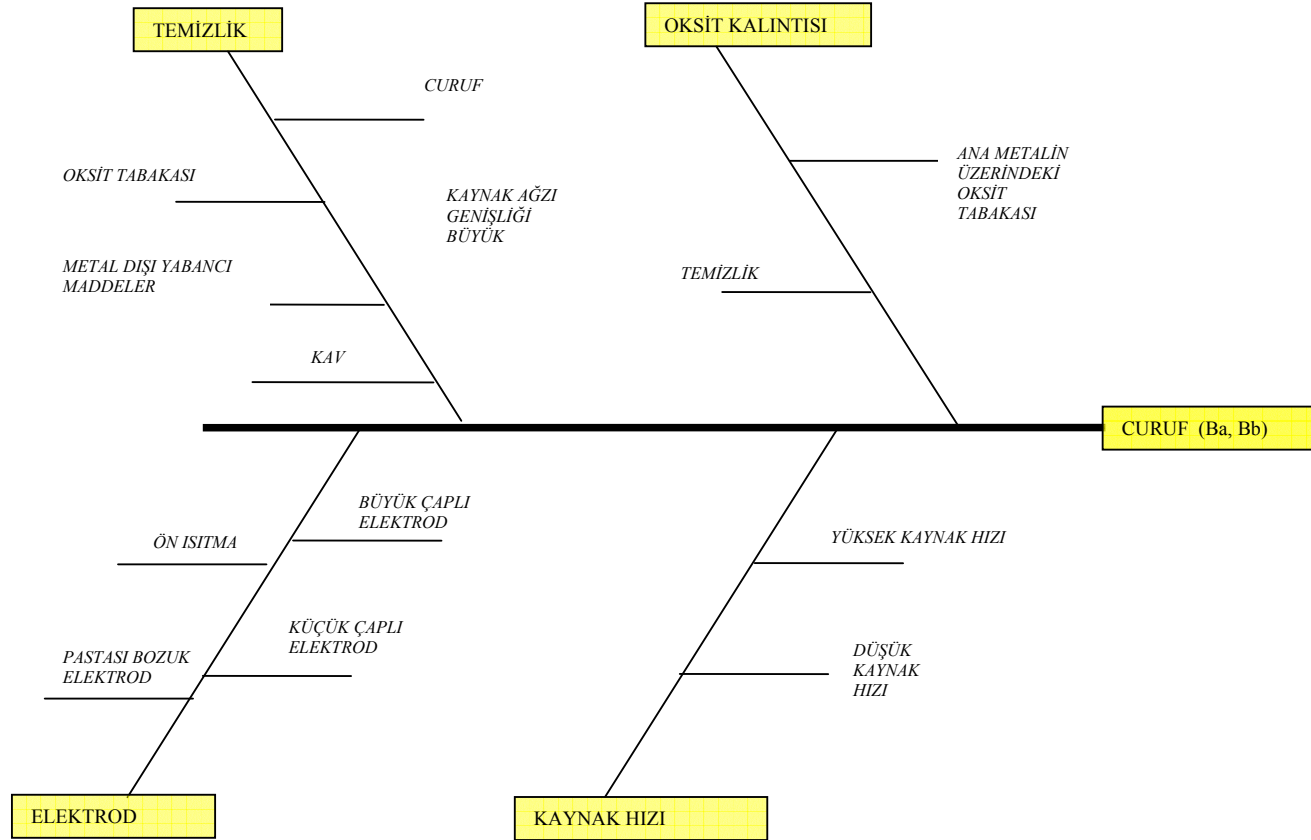
Şekil –25 Kaynak Kalitesi Sebep Sonuç Diyagramı

ERGİME NOKSANLIĞI



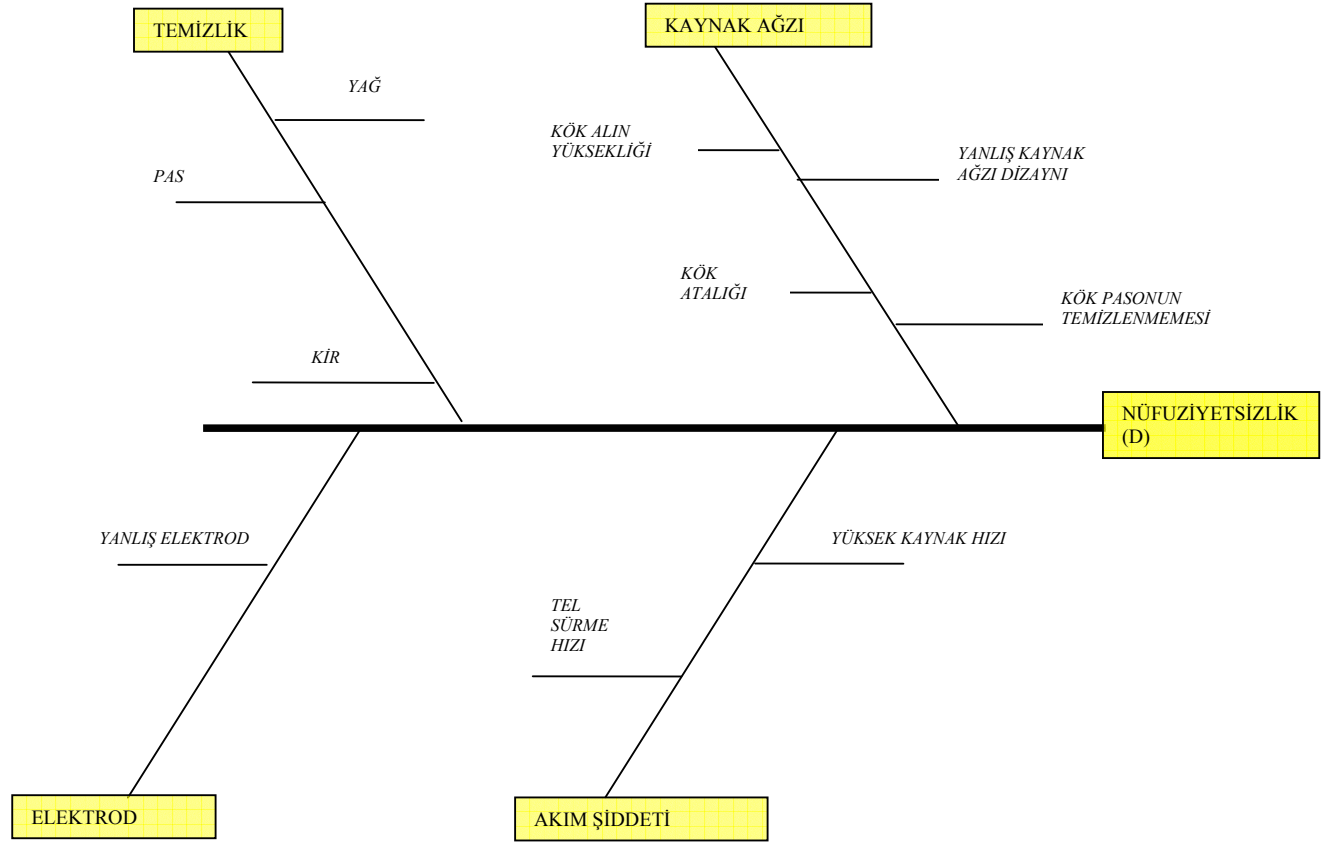
Şekil –26 Ergime Noksanlığı Hatası Sebeplerinin Sonuç Diyagramı

CÜRUF



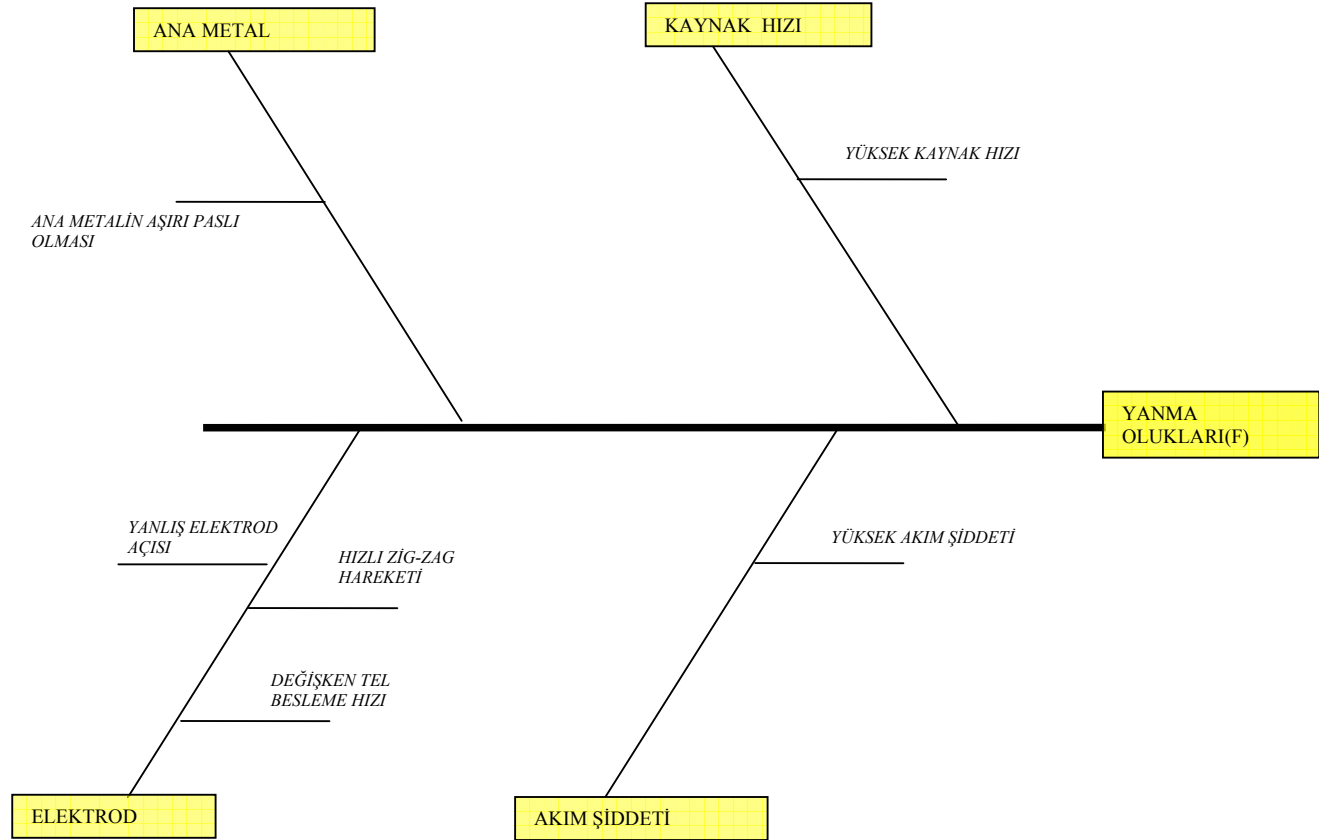
Şekil –27 Cüruf Hatası Sebep Sonuç Diyagramı

NÜFUZİYETSİZLİK



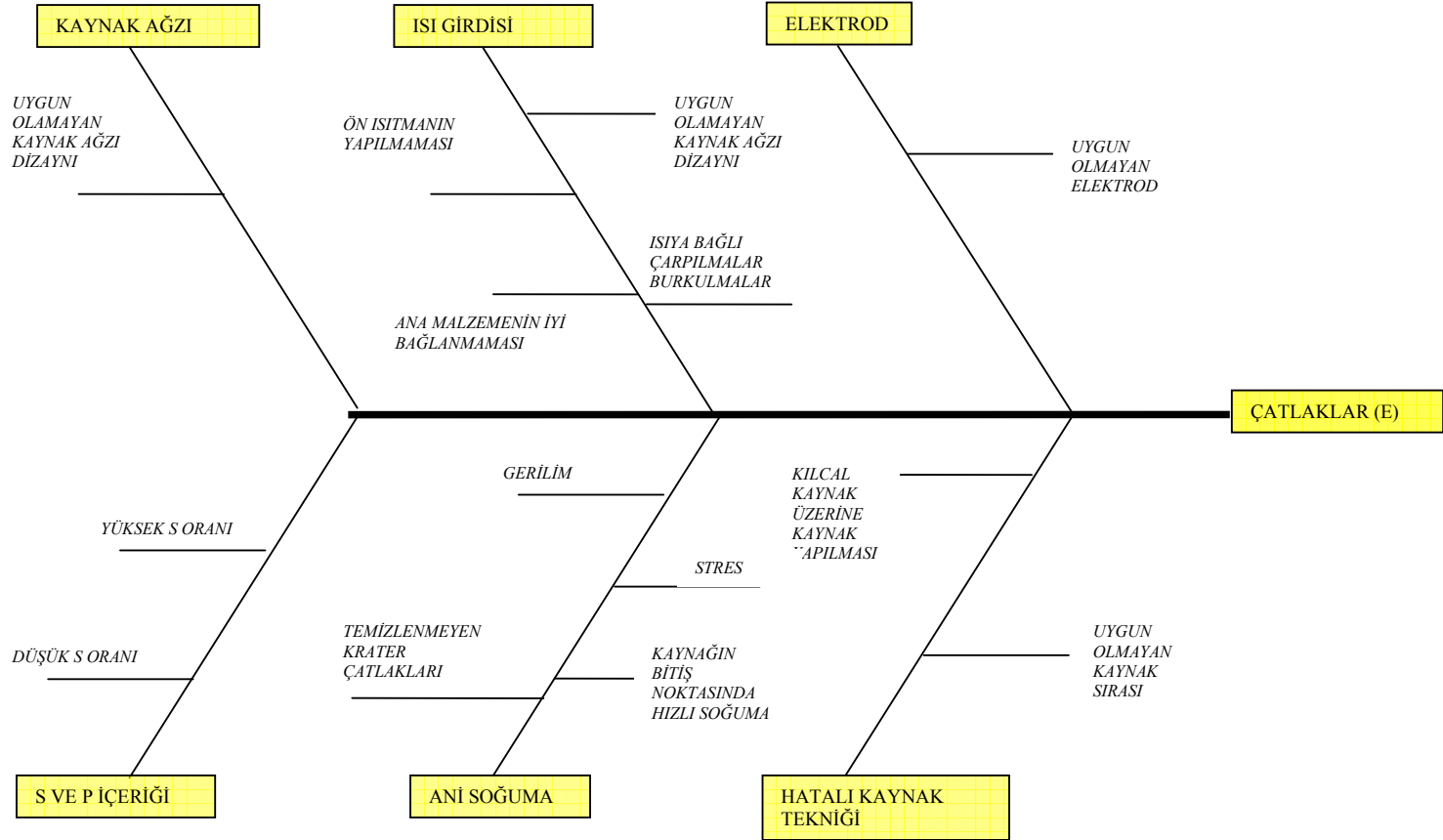
Şekil –28 Nüfuziyetsizlik Hatası Sebep Sonuç Diyagramı

YANMA OLUKLARI



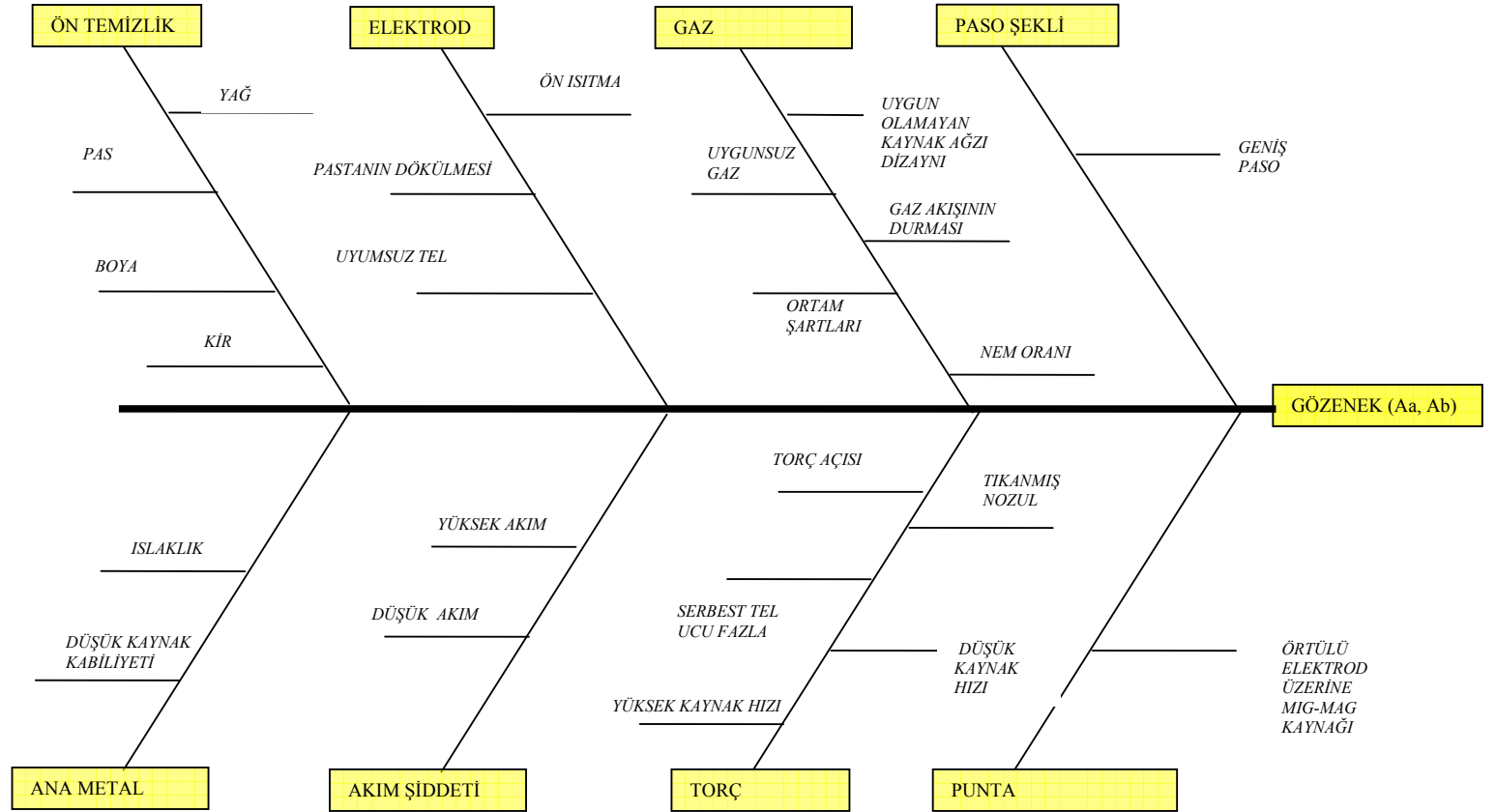
Şekil –29 Yanma Olukları Hatası Sebep Sonuç Diyagramı

ÇATLAKLAR



Şekil –30 Çatlak Hataları Sebep Sonuç Diyagramı

GÖZENEK



Şekil –31 Gözenek Hataları Sebep Sonuç Diyagramı

C. ELEKTRİK ARK KAYNAĞI KONTROL SONUÇLARI

Elektrik Ark Kaynağı kullanılarak yapılan kaynak dikişlerine ait radyografik film değerlendirme sonuçları hata türlerine göre aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

NO	KAYNAK TÜRÜ	HATA TÜRLERİ										TOPLAM HATA PUANI
		Aa	Ab	Ba	Bb	C	D	Ea	Eb	F	Di	
1	ELK.ARK.KAY.	7	7	6	7	4	5	1	1	1	0	39
2	ELK.ARK.KAY.	5	5	5	6	6	5	0	0	1	1	34
3	ELK.ARK.KAY.	5	0	0	1	0	1	0	0	1	0	8
4	ELK.ARK.KAY.	4	0	5	0	0	0	1	1	1	0	12
5	ELK.ARK.KAY.	7	7	1	3	0	0	1	1	0	0	20
6	ELK.ARK.KAY.	0	8	1	8	1	1	1	1	0	0	21
7	ELK.ARK.KAY.	0	8	0	8	0	0	1	1	1	0	19
8	ELK.ARK.KAY.	3	0	0	1	0	1	1	0	0	1	7
9	ELK.ARK.KAY.	2	0	0	0	1	0	1	1	0	1	6
10	ELK.ARK.KAY.	5	0	3	0	1	1	0	1	0	0	11
11	ELK.ARK.KAY.	3	0	1	0	1	0	0	1	1	0	7
12	ELK.ARK.KAY.	4	0	4	0	1	0	0	1	0	0	10
13	ELK.ARK.KAY.	5	4	5	4	0	0	0	1	1	1	21
14	ELK.ARK.KAY.	4	1	1	8	0	0	0	1	1	1	17
15	ELK.ARK.KAY.	0	6	0	0	1	0	0	0	1	1	9
16	ELK.ARK.KAY.	4	4	1	1	0	1	0	1	0	0	12
17	ELK.ARK.KAY.	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
18	ELK.ARK.KAY.	1	6	0	7	1	5	0	1	0	0	21
19	ELK.ARK.KAY.	4	1	5	1	0	1	0	0	0	0	12
20	ELK.ARK.KAY.	4	0	4	0	1	0	0	1	0	0	10
21	ELK.ARK.KAY.	4	1	0	1	1	1	0	1	1	0	10
22	ELK.ARK.KAY.	4	1	0	0	0	0	1	1	1	0	8
23	ELK.ARK.KAY.	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
24	ELK.ARK.KAY.	1	0	1	1	1	1	0	0	4	1	10
25	ELK.ARK.KAY.	5	0	5	1	1	0	1	1	0	1	15

Tablo-16 Elektrik Ark Kaynağı Hata Miktarları

Yukarıdaki tabloya ait kaynak takip grafik formu Şekil-33(a)'da sunulmuştur. Bu form 25 adet filme ait c-kontrol grafiğini, histogram analizini ve pareto çizelgesini bir arada göstermektedir. Sistemin bilinen veya belirlenmiş bir ortalaması yoktur. " μ_c " yerine ortalama hata puanı alınmıştır. Bu parti için ortalama 14, ÜKL 25.8, ve AKL 2.8 olarak hesaplanmıştır. c-kontrol grafiğinde iki nokta kontrol dışı olarak ortaya çıkmaktadır.

Film NO	UYARI TİPİ
1	ÜKL üzerinde
2	ÜKL üzerinde

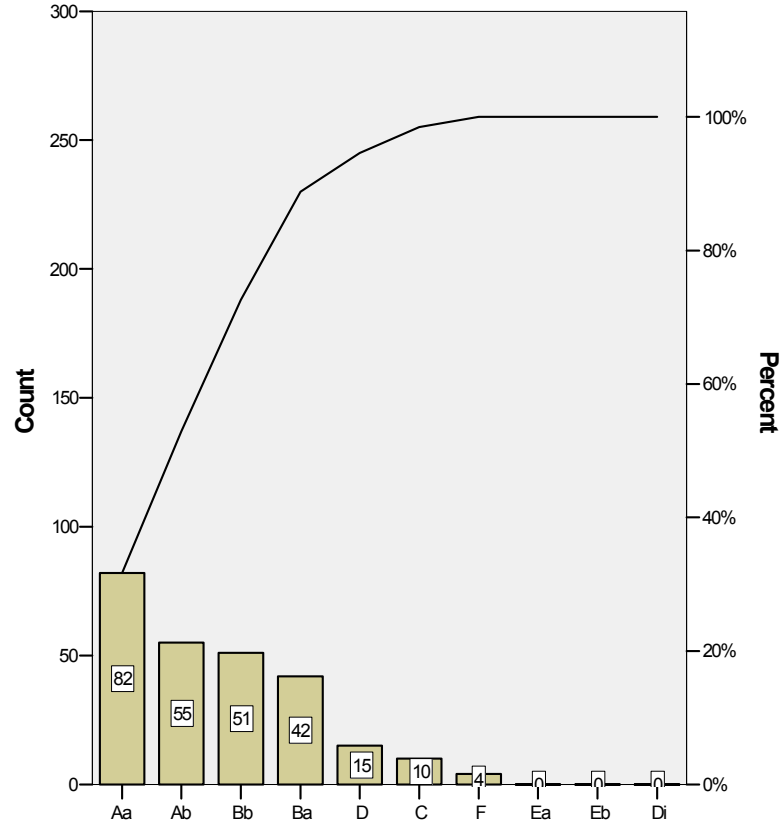
Uyarı veren noktalar (1 ve 2 no'lu noktalar) incelenmiş olup bu noktaların Tablo -16 'dan izlenmesi neticesinde Aa, Ab, Ba, Bb hata türlerine denk geldikleri tespit edilmiştir.

Söz konusu hataların literatürdeki karşılıklarını Tablo-6'dan gözenek, gaz boşluğu, cüruf olarak görmek mümkündür. Bu hataların meydana geliş sebepleri; şekil-31 ile şekil-27'deki sebep sonuç diyagramları ve şekil-24'deki iş akış diyagramından da faydalanılarak araştırılmış, ilgili kaynaklara ait film sonuç raporlarının da incelenmesi neticesinde, hataların kaynağa başlamadan önce yapılması gereken ön temizliğin yeteri kadar uygulanmamış olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Ayrıca bu araştırma sonucunda uygun olmayan çapta elektrod kullanılması sonucu C ve D hata türlerinin (ergime noksanlığı ve nüfuziyetsizlik hataları) olduğu kanısına da varılmıştır.

Tüm bu değerlendirmeler neticesinde kaynak işlemi öncesinde gerekli ön temizliğin dikkatlice yapılması ve elektrod çapı seçiminde dikkatli olunması

sonucuna varılmış, iş akış diyagramının incelenmesiyle, hatalara neden olan süreçlerin geliştiği basamaklar tespit edilmiş ve sorumluları ikaz edilmiştir.



Şekil –32 Elektrik Ark Kaynağı Pareto Diyagramı

Pareto grafikleri incelendiğinde hataların en büyük yüzdesinin % 32 ile Gaz kalıntılarına (Aa) ait olduğu görünmektedir. İkinci sırada %21 ile gaz kanalcıkları (Ab) gelmektedir. %20 ve %16'lık yüzdeleriyle curuf kalıntıları (Ba ve Bb) ise üçüncü ve dördüncü sıradadırlar. Nüfuziyetsizlik(D) hatasının toplamdaki payı %4, yetersiz ergime (C) hatasının toplamdaki payı ise %2'dir. Tespit edilmiş en düşük hata ise %1 ile yanma oluşu (F) hatasıdır. Toplam hatanın %50'inden fazlasını oluşturan gözenek hatalarının(Aa, Ab) engellenmesi birinci öncelikli iyileştirme hedefi olmalıdır.

KAYNAK TAKİP GRAFİK FORMU

KAYNAK TİPİ:ELK.ARK.	KONTROLÖR : CEMAL KAYA	PARTİ NO : 1	PARTİ TARİHİ : 01 -18 EKİM 2004
----------------------	---------------------------	--------------	------------------------------------

Kusur Sayıları	39	34	8	12	20	21	19	7	6	11	7	10	21	17	9	12	9	21	12	10	10	8	4	10	15
ÜKL	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3	25,3
AKL	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82	2,82
Ortalama	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1	14,1

AÇIKLAMALAR

KAYNAKÇILAR
K045
K091

Şekil –33(a) Elektrik Ark Kaynağı c-Kontrol Grafiği

Şekil 33(a)'da 1 ve 2 numaralı filmlere ait yüksek hata puanları, partinin varyansının yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Bu durum, belki de uyarı veren başka noktaların limitler içerisindeymiş gibi görünmesine neden olabilir. İddiamızı incelemek maksadıyla 1 ve 2 numaralı filmler partiden çıkartılmış ve ilave iki film alınarak yeni bir “Kaynak Takip Grafik Formu” oluşturulmuştur. Tablomuza iki film ilave edilmiş durumdadır.

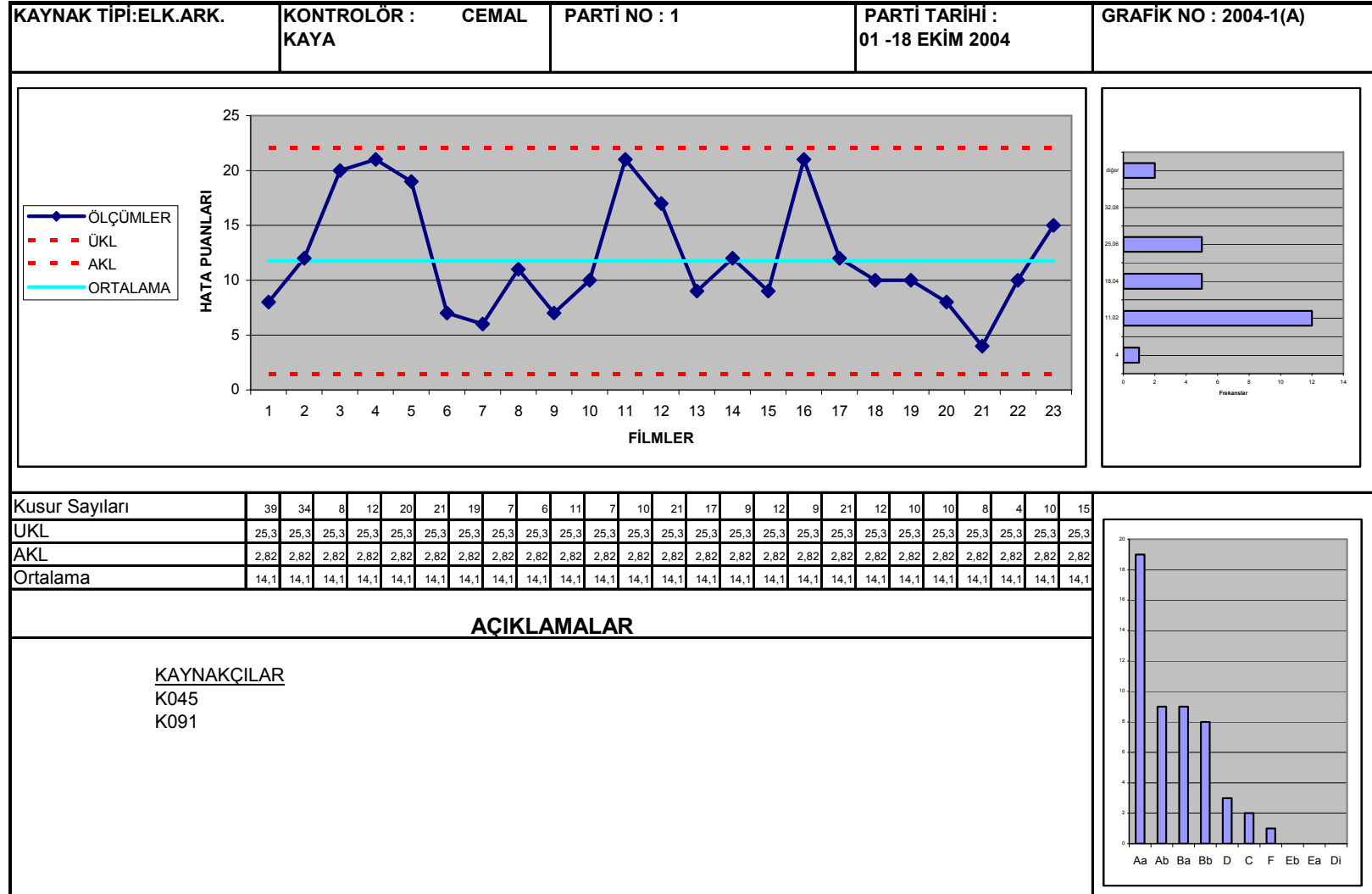
NO	KAYNAK TÜRÜ	HATA TÜRLERİ										TOPLAM HATA PUANI
		Aa	Ab	Ba	Bb	C	D	Ea	Eb	F	Di	
1	ELK.ARK.KAY.	7	7	6	7	4	5	4	4	4	0	39
2	ELK.ARK.KAY.	5	5	5	6	6	5	0	0	4	4	34
3	ELK.ARK.KAY.	5	0	0	1	0	1	0	0	1	0	8
4	ELK.ARK.KAY.	4	0	5	0	0	0	1	1	1	0	12
5	ELK.ARK.KAY.	7	7	1	3	0	0	1	1	0	0	20
6	ELK.ARK.KAY.	0	8	1	8	1	1	1	1	0	0	21
7	ELK.ARK.KAY.	0	8	0	8	0	0	1	1	1	0	19
8	ELK.ARK.KAY.	3	0	0	1	0	1	1	0	0	1	7
9	ELK.ARK.KAY.	2	0	0	0	1	0	1	1	0	1	6
10	ELK.ARK.KAY.	5	0	3	0	1	1	0	1	0	0	11
11	ELK.ARK.KAY.	3	0	1	0	1	0	0	1	1	0	7
12	ELK.ARK.KAY.	4	0	4	0	1	0	0	1	0	0	10
13	ELK.ARK.KAY.	5	4	5	4	0	0	0	1	1	1	21
14	ELK.ARK.KAY.	4	1	1	8	0	0	0	1	1	1	17
15	ELK.ARK.KAY.	0	6	0	0	1	0	0	0	1	1	9
16	ELK.ARK.KAY.	4	4	1	1	0	1	0	1	0	0	12
17	ELK.ARK.KAY.	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	9
18	ELK.ARK.KAY.	1	6	0	7	1	5	0	1	0	0	21
19	ELK.ARK.KAY.	4	1	5	1	0	1	0	0	0	0	12
20	ELK.ARK.KAY.	4	0	4	0	1	0	0	1	0	0	10
21	ELK.ARK.KAY.	4	1	0	1	1	1	0	1	1	0	10
22	ELK.ARK.KAY.	4	1	0	0	0	0	1	1	1	0	8
23	ELK.ARK.KAY.	3	0	1	0	1	0	0	1	0	0	6
24	ELK.ARK.KAY.	1	0	1	1	1	1	0	0	4	1	10
25	ELK.ARK.KAY.	5	0	5	1	1	0	1	1	0	1	15
26	ELK.ARK.KAY.	1	0	0	0	0	1	1	1	4	0	8
27	ELK.ARK.KAY.	1	0	0	0	4	1	0	1	0	0	7

Tablo-16(a) Elektrik Ark Kaynağı Hata Miktarları

1 ve 2 numaralı filmler değerlendirme dışı bırakılınca partinin ortalaması 11,8 ye gerilemiş, UKL 22 ve AKL 1,47 olarak bulunmuştur. Yeni c-grafiğinde (şekil 33(b)) üç nokta uyarı limitlerine yaklaşmış olmakla beraber kontrol limitleri içerisinde kalmıştır.

Negatif eğimli bir histogram grntş elde edilmiştir. Sola eğimli histogram grntş verilerin çoğunun orta çizginin altında olduğunu göstermektedir.

KAYNAK TAKİP GRAFİK FORMU



Şekil –33(b) Elektrik Ark Kaynağı c-Kontrol Grafiği

D. MIG KAYNAĞI KONTROL SONUÇLARI

MIG Kaynağı kullanılarak yapılan kaynak dikişlerine ait radyografik film değerlendirme sonuçları hata türlerine göre aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

NO	KAYNAK TÜRÜ	HATA TÜRLERİ										TOPLAM HATA PUANI
		Aa	Ab	Ba	Bb	C	D	Ea	Eb	F	Di	
1	MIG	4	5	0	1	1	0	1	1	0	0	13
2	MIG	4	0	1	0	1	1	1	1	1	1	11
3	MIG	3	1	1	1	0	0	1	1	0	0	8
4	MIG	3	0	0	1	0	0	0	1	0	0	5
5	MIG	4	1	0	0	0	1	0	1	1	1	9
6	MIG	8	7	0	0	0	7	0	1	0	0	23
7	MIG	8	7	1	1	0	1	0	0	1	0	19
8	MIG	8	9	1	0	1	0	1	0	0	1	21
9	MIG	6	5	1	1	0	1	1	1	0	0	16
10	MIG	6	1	0	1	1	0	0	1	0	1	11
11	MIG	0	5	0	0	0	1	0	1	0	1	8
12	MIG	4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	8
13	MIG	0	1	1	0	1	8	1	1	0	1	14
14	MIG	0	0	1	0	0	8	1	0	1	0	11
15	MIG	1	0	0	1	0	7	0	1	0	1	11
16	MIG	1	1	0	1	0	9	1	1	1	0	15
17	MIG	4	1	1	1	0	1	0	0	0	1	9
18	MIG	5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6
19	MIG	0	0	1	0	0	1	5	1	1	0	9
20	MIG	1	0	0	1	1	5	1	1	0	0	10
21	MIG	5	1	1	1	1	0	0	1	0	1	11
22	MIG	8	1	1	1	1	0	1	1	0	1	15
23	MIG	5	1	1	0	0	0	1	1	0	1	10
24	MIG	3	1	0	1	1	0	0	1	0	0	7
25	MIG	4	0	0	1	1	1	0	1	6	0	14

Tablo-17 MIG Kaynağı Hata Miktarları

Yukarıdaki tabloya ait kaynak takip grafik formu şekil-35’de sunulmuştur. Bu form 25 adet filme ait c-kontrol grafiğini, histogram analizini ve pareto çizelgesini bir arada göstermektedir.

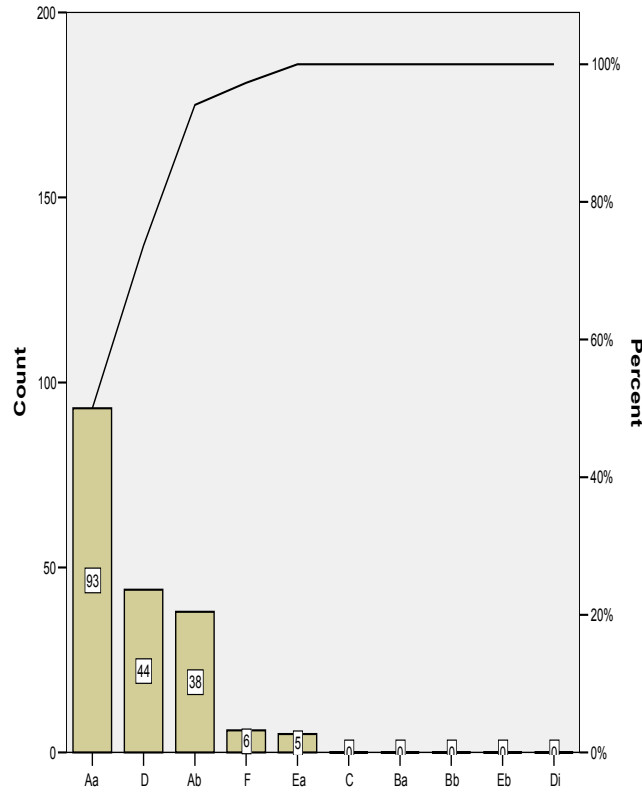
Sistemin bilinen veya belirlenmiş bir ortalaması yoktur. “ μ_c ” yerine ortalama hata puanı alınmıştır. Bu parti için ortalama 11,8, ÜKL 22, ve AKL 1.47 olarak hesaplanmıştır. c-kontrol grafiğinde bir nokta kontrol dışı olarak ortaya çıkmaktadır.

Film NO	UYARI TİPİ
6	ÜKL üzerinde

Uyarı veren nokta (6 no’lu nokta) incelenmiş olup bu noktaların Tablo – 17 ‘den izlenmesi neticesinde Aa, Ab ve D hata türlerine denk geldikleri tespit edilmiştir.

Söz konusu hataların literatürdeki karşılıklarını Tablo-6’dan gözenek ve nüfuziyetsizlik olarak görmek mümkündür. Bu hataların meydana geliş sebepleri; şekil-31 ile şekil-28’deki sebep sonuç diyagramları ve şekil-24’deki iş akış diyagramından da faydalanılarak araştırılmış, ilgili kaynaklara ait film sonuç raporlarının da incelenmesi neticesinde, gözenek ortam şartından(hava sirkülasyonu çok olduğu için inert gazın kaynak banyosunu atmosfer şartından yeteri kadar koruyamayıp uçması) meydana geldiği, nüfuziyetsizliğin ise yüksek kaynak ilerleme hızından meydana geldiği ve kaynakçı hatası olduğu tespit edilmiştir.

Tüm bu değerlendirmeler neticesinde, kaynak işlemi öncesinde ortam şartlarının uygun hale getirilmesi, kaynak esnasında kaynakçının uygun torç açısı ve uygun hız ile kaynak yapmaya dikkat etmesi ve bu hususların ustabaşları tarafından kontrol edilmesi gerektiği sonuçlarına varılmıştır.



Şekil-34 MIG Kaynağı Pareto Diyagramı

Pareto grafikleri incelendiğinde hataların en büyük yüzdesinin % 50 ile Gaz kalıntılarına (Aa) ait olduğu görünmektedir. İkinci sırada %24 ile nüfuziyetsizlik(D) gelmektedir. %20 ve %3'lük yüzdeleriyle gaz birikintileri (Ab) ve yanma olukları(F) ise üçüncü ve dördüncü sıradadırlar. Enine çatlakların hatalardaki payı ise %3'tür. Toplam hatanın %50 sini oluşturan gözenek hatalarının(Aa,Ab) engellenmesi birinci öncelikli iyileştirme hedefi olmalıdır.

Genel tipe yakın bir histogram görüntüsü elde edilmiştir. Veriler orta çizginin etrafında yaklaşık aynı sayıda dağılmıştır.

KAYNAK TAKİP GRAFİK FORMU

KAYNAK TİPİ: MIG	KONTROLÖR : CEMAL KAYA	PARTİ NO : 1	PARTİ TARİHİ : 01 EKİM 2004	GRAFİK NO : 2004-2
-------------------------	----------------------------------	---------------------	---------------------------------------	---------------------------

Kusur Sayıları	13	11	8	5	9	23	19	21	16	11	8	8	14	11	11	15	9	6	9	10	11	15	10	7	14
UKL	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
AKL	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47	1,47
Ortalama	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8	11,8

AÇIKLAMALAR

KAYNAKÇILAR
K039
K091

Şekil-35 MIG Kaynağı c-Kontrol Grafiği

E. MAG KAYNAĞI KONTROL SONUÇLARI

MAG Kaynağı kullanılarak yapılan kaynak dikişlerine ait radyografik film değerlendirme sonuçları hata türlerine göre aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

NO	KAYNAK TÜRÜ	HATA TÜRLERİ										TOPLAM HATA PUANI
		Aa	Ab	Ba	Bb	C	D	Ea	Eb	F	Di	
1	MAG	4	0	1	0	1	0	0	1	5	0	12
2	MAG	6	1	0	0	1	1	1	5	1	0	16
3	MAG	6	1	0	1	0	0	1	5	1	0	15
4	MAG	8	1	0	1	1	1	9	0	0	0	21
5	MAG	8	8	0	0	0	1	0	0	1	1	19
6	MAG	4	0	1	0	0	0	0	1	1	1	8
7	MAG	3	1	1	1	0	1	1	0	0	0	8
8	MAG	4	1	1	0	1	1	0	0	1	1	10
9	MAG	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	4
10	MAG	4	0	1	0	1	1	1	0	5	0	13
11	MAG	0	1	1	0	1	6	1	1	1	0	12
12	MAG	0	0	0	0	0	8	1	0	0	0	9
13	MAG	3	1	1	1	0	1	0	1	1	1	10
14	MAG	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	5
15	MAG	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	5
16	MAG	1	1	0	0	1	5	1	0	1	0	10
17	MAG	4	1	1	1	0	1	1	0	0	0	9
18	MAG	4	1	1	0	0	0	0	1	1	1	9
19	MAG	7	0	0	0	0	1	1	0	0	1	10
20	MAG	9	0	0	0	1	0	1	1	1	0	13
21	MAG	7	0	1	1	1	0	1	1	1	1	14
22	MAG	4	0	1	0	0	0	1	1	0	1	8
23	MAG	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4
24	MAG	6	1	0	0	0	1	0	1	0	1	10
25	MAG	8	0	1	0	1	1	1	1	1	1	15

Tablo-18 MAG Kaynağı Hata Miktarları

Yukarıdaki tabloya ait kaynak takip grafik formu aşağıda sunulmuştur. Bu form 25 adet filme ait c-kontrol grafiğini, histogram analizini ve pareto çizelgesini bir arada göstermektedir.

Sistemin bilinen veya belirlenmiş bir ortalaması yoktur. “ μ_c ” yerine ortalama hata puanı alınmıştır. Bu parti için ortalama 10,8, ÜKL 20,1, ve AKL 0.9 olarak hesaplanmıştır. c-kontrol grafiğinde bir nokta kontrol dışı olarak ortaya çıkmaktadır.

Film NO	UYARI TİPİ
4	ÜKL üzerinde

Uyarı veren nokta (4 no’lu nokta) incelenmiş olup bu noktaların Tablo – 18 ‘den izlenmesi neticesinde Aa, Ea hata türlerine denk geldikleri tespit edilmiştir.

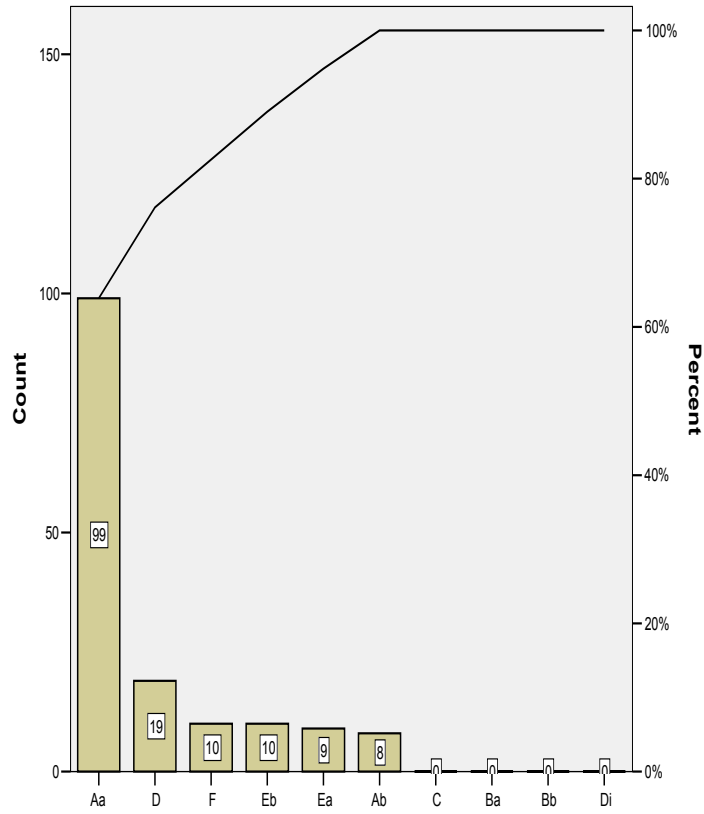
Söz konusu hataların literatürdeki karşılıklarını Tablo-6’dan gözenek, boylamasına çatlak olarak görmek mümkündür.

Bu hataların meydana geliş sebepleri; şekil-31 ile şekil-30’daki sebep sonuç diyagramları ve şekil-24’deki iş akış diyagramından da faydalanılarak araştırılmış, ilgili kaynaklara ait film sonuç ve göz kontrol raporlarının da incelenmesi neticesinde, gözenekğin kullanılan telin daha önceden nemlenmiş olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.⁷ Boylamasına çatlak ise ana metale yeterli ön ısıtma yapılmamış olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Ayrıca kaynak telinin nemliliğinden kaynaklanan hidrojen oluşumunun, metali meydana

⁷ Kaynak telinin nemli olması sonucu oksitlenmesi veya ana metalin yeterince kurutulmamış olup nemli olması sonucu, oksit tabakası kaynak işlemi esnasında yanar ve nemden geriye kalan hidrojen kaynak dikişinin soğuması ve katılaşması sırasında kaynak dikişinde hapsolarak gözenek oluşmasına neden olur.

getiren taneler arasında metal emprüteleri oluşturarak taneler arası bağları zayıflatması sonucunda çatlağın meydana gelmiş olabileceği değerlendirilmiştir.

Tüm bu değerlendirmeler neticesinde, kaynak işlemi öncesinde kullanılacak telin oksitli olmamasına, ana ametalin nemli olmamasına ve yine kaynak işlemi öncesinde yeterli ön ısıtma yapılmasına dikkat edilmesi gerektiği sonuçlarına varılmıştır. Problemin tekrarlamaması için ön ısıtmanın yapılması dahil, kaynak öncesi hazırlıkların kontrolüne önem verilmeli ve organizasyondaki aksaklıklar gözden geçirilmelidir.



Şekil -36 MAG Kaynağı Pareto Diyagramı

Pareto grafikleri incelendiğinde hataların en büyük yüzdesinin % 64 ile Gaz kalıntılarına (Aa) ait olduğu görünmektedir. İkinci sırada %12 ile

nüfuziyetsizlik(D) gelmektedir. %6 ve %6 lik yüzdeleriyle boyuna çatlak(Eb) ve yanma olukları(F) ise üçüncü ve dördüncü sıradadırlar. Gaz kanalcıklarından kaynaklanan hatalar, toplamın %6 sini oluşturmaktadır. Enine çatlaklar hatasının toplam hatalardaki payı ise %5'dir. Toplam hatanın %50 sinden fazlasını oluşturan gaz kalıntıları hatalarının (Aa) engellenmesi birinci öncelikli iyileştirme hedefi olmalıdır.

Genel tipe yakın bir histogram görüntüsü elde edilmiştir. Veriler orta çizginin etrafında yaklaşık aynı sayıda dağılmıştır.

KAYNAK TAKİP GRAFİK FORMU

KAYNAK TİPİ: MAG	KONTROLÖR : CEMAL KAYA	PARTİ NO : 1	PARTİ TARİHİ : 01 -18 EKİM 2004
-------------------------	---	---------------------	---

Kusur Sayıları	12	16	15	21	19	8	8	10	4	13	12	9	10	5	5	10	9	9	10	13	14	8	4	10	15
ÜKL	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6	20,6
AKL	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Ortalama	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8	10,8

AÇIKLAMALAR

KAYNAKÇILAR

K039

K091

Şekil-37 MAG Kaynağı c-Kontrol Grafiği

F. TIG KAYNAĞI KONTROL SONUÇLARI

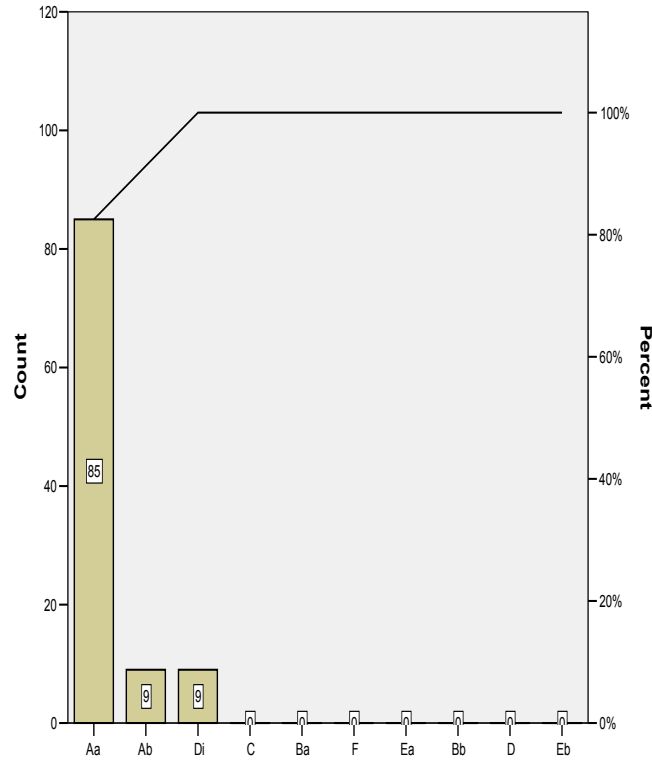
TIG Kaynağı kullanılarak yapılan kaynak dikişlerine ait radyografik film değerlendirme sonuçları hata türlerine göre aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

NO	KAYNAK TÜRÜ	HATA TÜRLERİ										TOPLAM HATA PUANI
		Aa	Ab	Ba	Bb	C	D	Ea	Eb	F	Di	
1	TIG	3	1	1	0	0	0	1	1	1	1	9
2	TIG	6	1	0	1	0	1	0	1	1	1	12
3	TIG	1	0	1	0	1	4	0	1	0	0	8
4	TIG	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	3
5	TIG	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	4
6	TIG	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	6
7	TIG	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	7
8	TIG	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3
9	TIG	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	5
10	TIG	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	4
11	TIG	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	6
12	TIG	4	1	0	0	1	0	1	0	0	1	8
13	TIG	6	0	1	0	1	0	1	0	1	0	10
14	TIG	5	0	0	0	1	1	1	1	1	0	10
15	TIG	4	1	0	0	0	1	1	1	1	0	9
16	TIG	3	0	0	1	1	0	1	1	0	1	8
17	TIG	5	1	0	0	1	1	0	1	1	1	11
18	TIG	0	0	1	0	1	0	1	9	1	1	14
19	TIG	5	1	1	0	0	1	1	1	0	1	11
20	TIG	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	4
21	TIG	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
22	TIG	4	0	0	1	0	1	1	0	0	1	8
23	TIG	0	0	1	1	0	0	0	0	1	4	7
24	TIG	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	6
25	TIG	4	0	1	0	1	1	1	1	0	0	9

Tablo-19 TIG Kaynağı Hata Miktarları

Yukarıdaki tabloya ait kaynak takip grafik formu aşağıda sunulmuştur. Bu form 25 adet filme ait c-kontrol grafiğini, histogram analizini ve pareto çizelgesini bir arada göstermektedir.

Sistemin bilinen veya belirlenmiş bir ortalaması yoktur. “ μ_c ” yerine ortalama hata puanı alınmıştır. Bu parti için ortalama 9.08, ÜKL 18.1, ve AKL 0.04 olarak hesaplanmıştır. c-kontrol grafiğinde 12 numaralı nokta $+2\sigma$ limiti dışında kalmakta fakat kontrol limitleri içerisinde bulunmaktadır. Proses kontrol altındadır.

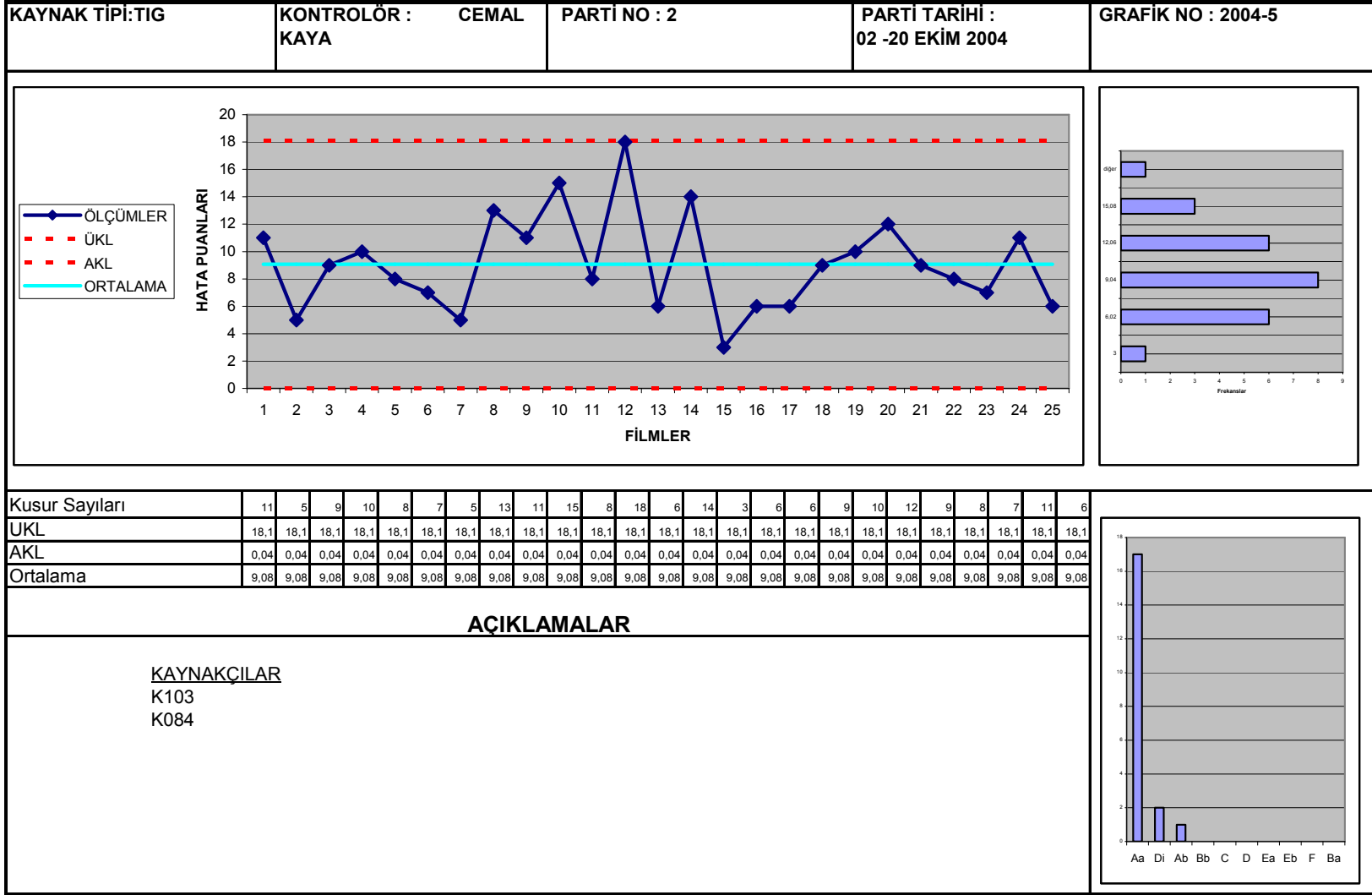


Şekil –38 TIG Kaynağı Pareto Diyagramı

Pareto grafikleri incelendiğinde hataların en büyük yüzdesinin % 83 ile gaz kalıntılarına (Aa) ait olduğu görülmektedir. Gaz kalıntılarını takiben %9 ile gaz kanalcıkları (Ab) ve %9’luk yüzdeyle tungsten kalıntıları (Di) gelmektedir.

Genel tipe yakın bir histogram görüntüsü elde edilmiştir. Veriler orta çizginin etrafında yaklaşık aynı sayıda dağılmıştır.

KAYNAK TAKİP GRAFİK FORMU



Şekil-39 TIG Kaynağı c-Kontrol Grafiği

VII. SONUÇ VE ÖNERİLER

a. Bu çalışmada ISO-9001:2000 kalite yönetim sistemi ve AQAP 2110 sistemi belgesi için çalışan İstanbul Tersanesi Komutanlığı'nda, İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinin gemi inşa ve onarım projelerinde kaynak prosesine uygulanabilirliği incelenmiştir. Öncelikle prosesin akış diyagramı çizilerek süreç net şekilde ortaya konmuştur. İlgili alanımız kaynak kalitesi ve kaynak hataları olduğu için kaynak kalitesine ait bir balık kılçığı diyagramı çizilmiş müteakiben her hata türü için sebep-sonuç diyagramları oluşturulmuştur. Bu diyagramlar problem çözme aşamalarında oldukça faydalı olacaklardır. Literatür çalışmaları, mahallinde yapılan gözlemler ve tecrübeler sonucu prosesin her kaynak türü için ayrı ayrı değerlendirilmesinin istatistiki açıdan en geçerli sonuçları ortaya koyacağı sonucuna varılmıştır.

b. Kaynak hatalarının değerlendirilmesi için 0-9 arasında puanlama sisteminin kullanılması kararlaştırılmış ve EN 25817/ISO 5817 ve EN 30042/ISO 10042 standartları kullanılarak puanlara karşılık gelecek hata seviyelerini gösteren açıklamalı tablolar hazırlanmıştır. Değerlendirme ölçeği hazırlanırken uygulanabilirliği sağlamak üzere, hali hazırda sistemle paralel gidilmesine dikkat edilmiştir.

c. Sistemde yapılacak değişikliklere çalışanların göstereceği doğal direnç ve tepkiler göz önünde bulundurularak, veri toplama, ve tasnifleme sistemi mevcut işleyişe en az etki edecek bununla beraber gereksinimleri de kapsayacak şekilde geliştirilmiştir. Hali hazırda kullanılan rapor formu üzerinde, toplanması lüzumlu görülen veriler için haneler açılmış, ve rapor formu MS Excel'e aktarılmıştır. Böylelikle MS Excel'e entegre edilmiş Visual Basic Kodlarından faydalanma yolu da açılmıştır. Hazırlanan yazılım sayesinde;

- Muayene personelinin hazırlamak ve raporlamak zorunda kaldığı forma kaydettiği verilerin, tasniflenerek ve hesaplanarak başka sayfalara aktarılması sağlanmıştır. Böylelikle tüm verilerin bir arada bulunmaları da temin edilmiştir.
- Muayene personelinin kaynak türüne göre her 25'lik parti için c-kontrol grafiği, histogram ve pareto uygulamalarını rapor şeklinde elde edebileceği arayüzler yazılıma eklenmiştir. Böylelikle sistemin işletilme metodu da belirlenmiştir.
- Kaynakçıların performansını, kaynak tiplerine göre hata yüzdelerini izleyebilmeleri için bir diğer arayüz yazılıma eklenmiştir.

d. Her kaynak türüne ait 25'er adetlik birer parti incelenmiş ve örnek proses kontrol sistemi oluşturulmuştur. Yapılan analizlerin toplu sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	ELK.ARK.	MIG	MAG	TIG
Ortalama	11.7	11.8	10.8	9.08
UKL	22	22	20	18
AKL	1.47	1.47	1	0,04
Gaz Kalıntısı (Aa)	%32	%50	%64	%83
Gaz Kanalcığı (Ab)	%21	%20	%8	%9
Rasgele Curuf(Ba)	%16	-	-	-
Sıralı Curuf(Bb)	%20	-	-	-
Yetersiz Ergime(C)	%4	-	-	-
Nüfuziyetsizlik (D)	%6	%24	%12	-
Enine Çatlak(Ea)	-	%3	%4	-
Boyuna Çatlak (Eb)	-	-	%7	-
Yanma Oluğu (F)	%2	%3	%7	-
Tungsten Kalıntısı(Di)	-	-	-	%9

Tablo-20 İPK Sonuçlarının Analizi

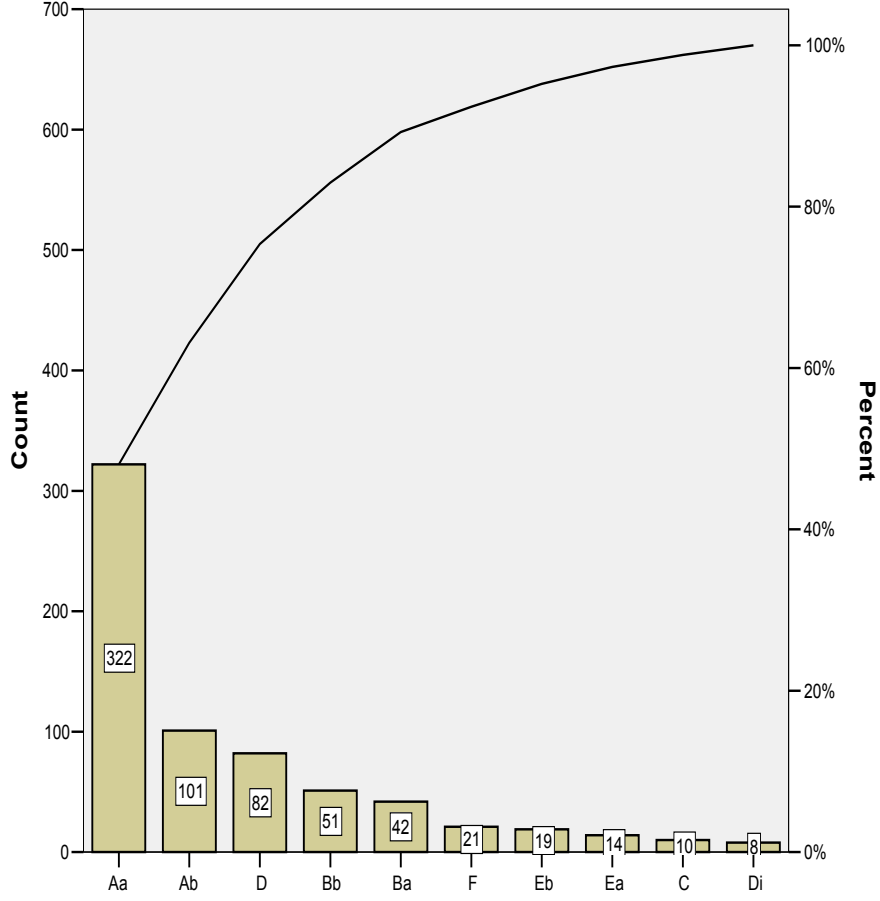
Her dört kaynak tipi için de ortalamalar, UKL ve AKL değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Bununla beraber hata tiplerinin oranları incelendiğinde sonuçların her kaynak türü için farklılaştığı gözlenebilir. Her dört kaynak türü içinde en büyük hata yüzdesi gözenek hatalarına (Aa, Ab) aittir. Bu hata türünün tamamen ortadan kaldırılması mümkün değildir. Fakat minimum seviyeye çekilebilir. Bu maksatla lüzumlu olan hususlar için ayrıca bir çalışmanın yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

e. En az hata türünü üreten kaynak yöntemi 3 tip hata ile TIG kaynak yöntemidir. Ancak bu kaynak yönteminde de %85 gözenek hataları (Aa, Ab) görülebilmek mümkündür. Önceki paragrafta da ifade edildiği gibi bu hata türlerini

tamamen ortadan kaldırmak mümkün değildir ancak yapılabilecek bir çok iyileştirme faaliyetleri ile minimuma indirilebilecektir. Bu irdelemede en az kaynak hatasına sahip kaynak türü olan TIG kaynağının yaygınlaştırılması çözüm olarak düşünülebilse de bu çözümün pratik olarak; işlem açısından yavaş olması, en çok ısı girdisi olan kaynak yöntemi olması, özel kaynak prosesi olması, çok pahalı olması v.b. sebeplerle uygun olmayacağı değerlendirilmiştir. Bu noktadan hareketle yapılabilecek en iyi çalışmanın, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'nda uygulamaya başlanmış olan Toplam Kalite Yönetimi araçlarının kullanılması ve bu tez çalışmasının da örnek alınarak iyileştirme faaliyetlerine devam edilmesi olduğu değerlendirilmektedir

f. Elektrik ark kaynağında ise 7 tip hataya rastlanmıştır. En fazla hata çeşidine rastlanan kaynak yöntemidir.

Her bir hata tipinin toplamdaki durumlarını gösterir pareto diyagramı aşağıdadır.



Şekil-40 Genel Pareto Diyagramı

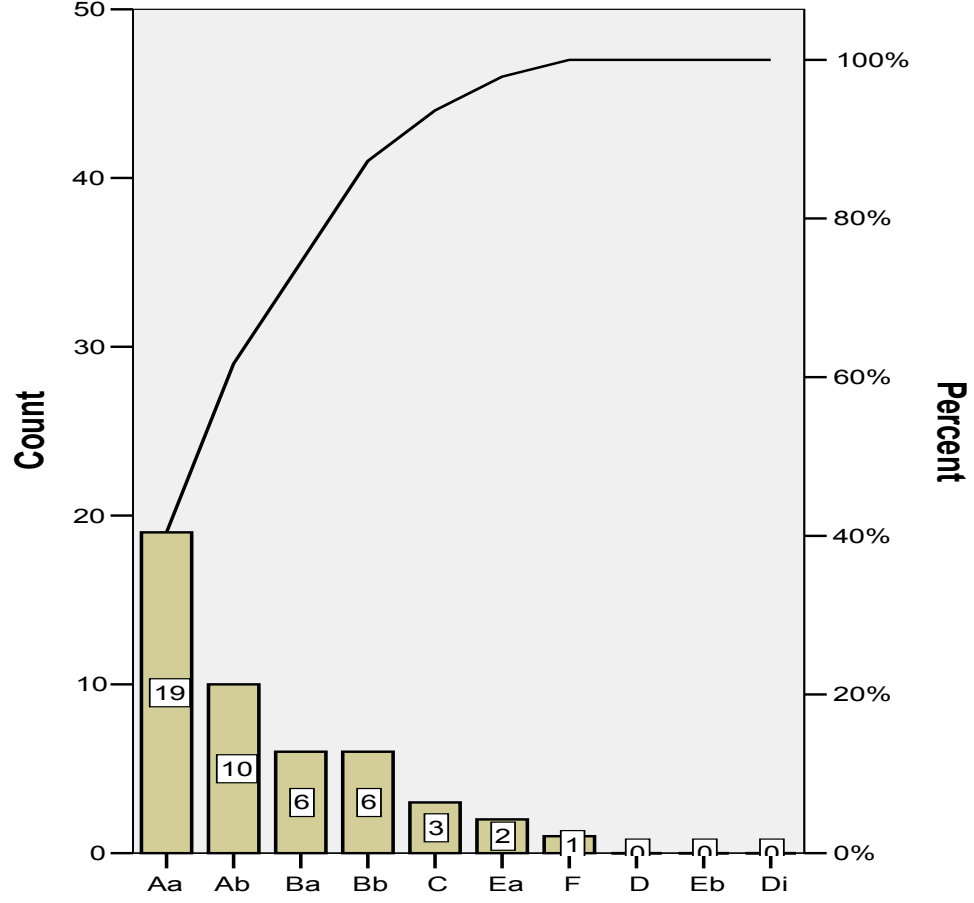
Gaz boşlukları toplam hataların %49' unu oluşturmaktadır. Gaz birikintileri %15, Nüfuziyetsizlik %12, Sıralı Curuf %8, Rasgele Dağılmış Curuf %6, Yanma olukları %3, Enine Çatlaklar %3, Boyuna Çatlaklar %2, Yetersiz Ergime %1 ve Tungsten Kalıntıları hatası da toplam hatanın %1'ini oluşturmaktadır. Hata oranının %80'ini gaz boşlukları ve birikintileri ile nüfuziyetsizlik hataları oluşturmaktadır.

g. Hata türlerinin sayısına göre yukarıda yaptığımız incelemeyi, hataların maliyetine göre yapmak daha anlamlı sonuçlar ortaya koyacaktır. Onarım

gerektiren her hata ilave maliyet anlamına gelmektedir. Her dört kaynak tipi için onarım gerektiren hataların miktarları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

	ELK.ARK.	MIG	MAG	TIG	TOPLAM
Gaz Kalıntısı (Aa)	2	6	9	2	19
Gaz Kanalcığı (Ab)	6	3	1	-	10
Rasgele Curuf(Ba)	1	5	-	-	6
Sıralı Curuf(Bb)	6	-	-	-	6
Yetersiz Ergime(C)	1	-	2	-	3
Nüfuziyetsizlik (D)	-	-	-	-	-
Enine Çatlak(Ea)	-	-	1	1	2
Boyuna Catlak (Eb)	-	-	-	-	-
Yanma Oluğu (F)	-	1	-	-	1
Tungsten Kalıntısı	-	-	-	-	-
TOPLAM	16	15	13	3	47

Tablo-21 Onarıma Neden Olan Hataların Miktarları



Şekil-41 Onarıma Neden Olan Hatalar İçin Pareto Diyagramı

Onarım gerektiren hataların en büyük yüzdesi %61 ile Gaz boşlukları/birikintilerinden kaynaklanmaktadır. Curuf hatalarının oranı %26'dır. Yetersiz Ergime %6, Enine Çatlaklar %4, ve Yanma olukları hatası da toplam hatanın %2'sini oluşturmaktadır. Maliyetler açısından hataları incelediğimizde Şekil-40'tan farklı olarak nüfuziyetsizlik (D) hatasının -elimizdeki örneklem grubu için- bir maliyetinin olmadığı görülmektedir. Bu durumda iyileştirme çabalarının başlangıç noktasını gözenek hatalarının (Aa, Ab) giderilmesi ve bunu takiben cüruf hatalarının giderilmesi çalışmaları oluşturmalıdır.

h. Sistemin kararlı olduğunu varsayarsak hataların düşürülmesi sorumluluğunun büyük oranda yönetici kademesine ait olduğunu söyleyebiliriz. Bu maksatla her hata tipinden yola çıkılarak sebep sonuç diyagramlarında belirtilen olası nedenlerden hangilerinin çalışanlar tarafından giderilemeyecek sorunlar olduğu tespit edilmelidir. Bu aşamadan sonra maliyet analizleri yapılarak sistemdeki değişikliklerin yapılması kararı verilmelidir.

i. Prosese ait spesifikasyon limitleri belirlenmiş değildir. Sürecin takibine devam edilerek uzun vadede spesifikasyon limitlerinin belirlenmesiyle proses yeterlilik analizlerinin de yapılabileceği, ayrıca kontrol limitleri ($\pm 3\sigma$) ile beraber uyarı limitlerinin ($\pm 2\sigma$) de kullanılmasıyla sistemin daha hassas gözlenebileceği değerlendirilmektedir.

j. Bir kaynak bağlantısının güvenilir olabilmesi için dikişteki kaynak hatalarının kabul edilebilir seviyenin altında olması gerekir. Gemi sanayinde hatalı kaynağa kesinlikle müsaade edilmez, bununla beraber hatalılar yüzünden oluşacak geri dönmelerin meydana getirdiği maliyetler azımsanmayacak miktarlarda olabilir. Bu maliyetin önüne geçmek için, etkili kontrol, önleme ve izleme yöntemleri uygulanmalıdır. İPK uygulamalarının bu noktada işletme açısından oldukça faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

1. USTAOĞLU, Çetin, İstatistiksel Proses Kontrolü, I.D.E.A. A.Ş. KOÇ
2. KINALI, İsmail, Gemi İnşaatında Toplam Kalite Yönetimi, s, Yıldız Teknik Üni. Y.L.T., İstanbul, 1998
3. TSE-EN-ISO 9000 İstatistiksel Proses Kontrol Eğitim Notları
4. ÇETİN, Canan, AKIN Besim, EROL, Vedat, Toplam Kalite Yönetimi ve Kalite Güvence Sistemi, BETAŞ, İstanbul, 2001
5. AKIN, Besim, İşletmelerde İPK Teknikleri, s, Bilim Teknik Yayınları, İstanbul,1996
6. AKIN, Besim, Örneklem ve Numune Alma Teknikleri, s, Bilim Teknik Yayınları, İstanbul,1997
7. LEVINE, David, RAMSEY, Patricia, SMIDT, Robert, Applied Statistics, Prentice Hall, New Jersey, 2001
8. NEWBOL, Paul, İşletme ve İktisad İçin İstatistik,Çeviri İTÜ, 2000
9. DEVOR, Richard, TSONG-how, Chang, SUTHERLAND, John, Statistical Quality Design and Control,s, Prentice Hall Inc., USA, 1992
10. GÜMÜŞOĞLU, Şevkinaz, İstatiksel Kalite Kontrolü ve TKY Araçları, s, Betaş, İstanbul, 2000

11. KÖKSAL, Bilge, İstatistik Analiz Metotları, Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 1995
12. KISAOĞLU, ÖZLEM, Orta Büyüklükte Bir Dokuma İşletmesinde İstatistiksel Kalite Kontrol Sisteminin Kurulması, 2002
13. HAMETT, Patt, University of Michigan, www.engin.umich.edu/class/eng401/003/LCNotes/attribute.pdf
14. DOĞAN, Ö.İ., “Kalite Uygulamalarının İşletmelerin Rekabet Gücü Üzerine Etkisi”, DEÜ SBE Dergisi,2,Sayı 1 , 2000
15. ANIK, Selahattin, Kaynak Tekniği El Kitabı, İstanbul, 1991
16. ANIK, Selahattin, TÜLBENTÇİ, Kutsal, KALUÇ, Erdinç Örtülü elektrod İle Ark Kaynağı, Gedik Holding, İstanbul,1991
17. TÜRK LOYDU, Çelik Gemileri Klaslama Kuralları Cilt A, İstanbul, 2004
18. DUNCAN, Acheson, Quality Control And Industrial Statistics, USA, 1986
19. TÜLBENTÇİ, Kutsal, MIG/MAG Gazaltı Kaynak Yöntemi, Arctech, İstanbul, 1988
20. DEMİNG, Edward, Krizden Çıkış, s., Beta Basım, İstanbul, 2000.
21. ERYÜREK, Barlas, Gazaltı Kaynağı, Kaynak Tekniği Sanayi ve Tic. A.Ş., İstanbul, 2003

22. YILDIRIM, Osman Ertuğrul, “Kaynaklı Birleştirmelerde Kaynak Dikişlerinin Kalite Seviyesinin Belirlenmesi”, s, Pamukkale Üni. Y.L.T, Denizli, 2000
23. YEDEKKESİCİ, Berna, TKY, İstatistiksel Süreç Kontrolü ve Türk Metal Sanayiinde Kullanımları, s, İTÜ Y.L.T, İstanbul, 1996
24. DUMAN, Mine, Radyografi İle Kaynak Dikişi Kontrolü, s, İTÜ Y.L.T., İstanbul, 2000
25. EUGENE, L.Grant, RICHARD, S.Levavenworth, Statistical Quality Control, s, The McGraw-Hill Companies, Inc., USA, 1996
26. ÖZCAN, Selami, “İstatistiksel Proses Kontrol Tekniklerinden Pareto Analizi ve Çimento Sanayiinde Bir Uygulama”, C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt 2, Sayı 2, sh-151-14