

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SÜRTÜNME KAYNAK MAKİNASINDA KAYNAK
PARAMETRELERİNİN KAPABİLİTEYE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erol KASAP

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ
Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Faruk VAROL

Mart 2017

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

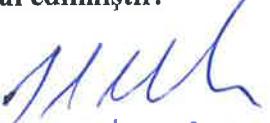
SÜRTÜNME KAYNAK MAKİNASINDA KAYNAK
PARAMETRELERİNİN KAPABİLİTEYE ETKİSİNİN
İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ


Erol KASAP

Enstitü Anabilim Dalı : İMALAT MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 22/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.


prof. Dr. Salim ASLANLAR

Jüri Başkanı


Yrd. Doç. Dr. Feride VAROL

Üye


Yrd. Doç. Dr. Ömer SAĞAR

Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Erol KASAP

....03.2017

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitiminin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Yrd.Doç.Dr. Faruk VAROL'e teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen Nobel Automotive laboratuvar teknisyeni Metin GİTTİ'ye teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Gökşen KASAP'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Plastik Malzemelerin Kaynağı	1
1.1.1. Termoplastik kaynağı	2
1.1.1.1. Sıcak gaz kaynağı	3
1.1.1.2. Sıcak eleman kaynağı	3
1.1.1.3. Lazer kaynağı	4
1.1.1.4. Yüksek frekans kaynağı	5
1.1.1.5. Elektrik direnç kaynağı	5
1.1.1.6. Ultrasonik kaynak	6
1.1.1.7. Sürtünme kaynağı	7
1.1.1.8. Orbital kaynağı	7
1.1.2. Termosetlerin birleştirilmesi	7

BÖLÜM 2.

KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
2.1. Sürtünme Kaynak Literatür	8
2.1.1. Sürtünme kaynağı işlem prensipleri	9

2.1.2. Sürtünme kaynak çeşitleri	10
2.1.2.1. Sürekli tahrikli sürtünme kaynağı	11
2.1.2.2. Volan tahrikli sürtünme kaynağı	11
2.1.2.3. Kombine kaynak yöntemi	12
2.1.3. Sürtünme kaynak parametreleri	12
2.1.4. Sürtünme kaynaklı parçanın kullanım alanları	13
2.1.5. Sürtünme kaynağın avantajları	15
2.2. İstatiksel Süreç Kontrol Literatür	16
2.2.1. İstatiksel süreç kontrolün amacı ve yöntemi	17

BÖLÜM 3.

MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1. Materyal	20
3.1.1. Yakıt boruları	20
3.1.2. Kaynaklanan plastik borular (PA12 LX9013 - MLT 4300.3).	21
3.1.2.1. Polyamid (PA12 LX9013)	21
3.1.2.2. MLT 4300.3.....	22
3.1.3. Kaynaklanan konnektörler.....	22
3.2. Yöntem	25
3.2.1. Kullanılan araç-gereçler	25
3.2.1.1. Sürtünme kaynak makinası (Spinwelding machine)..	25
3.2.1.2. Optik mikroskop	26
3.2.1.3. Sürtünme kaynak montaj seti	26
3.2.1.4. Sürtünme kaynak montaj kafası	27
3.2.1.5. Sızdırmazlık makinası	29
3.2.1.6. Çekme test makinası	30
3.2.1.7. Patlatma test cihazı	31
3.2.1.8. Şok testi aleti	31
3.2.1.9. Sürtünme kaynak bilgisayar-yazıcı adaptasyonu	32
3.2.1.10. Laser ve varlık yokluk sensörleri adaptasyonu	34
3.2.1.11. Operatör paneli ve kontrol butonları	36
3.3. Analizler	38

3.3.1. Plastikboru ile komponentin kaynak bölgesi analizleri	38
3.3.2. Spinwelding kaynak parametreleri ve analizleri	40
3.3.3. İstatiksel süreç kontrolününün sürtünme kaynak analizleri	42

BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	45
4.1. Parametre Aralığı Validasyon Çalışmaları	45
4.2. Sürtünme Kaynağı Numune Parçalarının Test Sonuçları	46
4.2.1. Belirlenen parametrelerin sızdırmazlık test sonuçları	46
4.2.2. Belirlenen parametrelerin çekme test sonuçları	47
4.2.3. Belirlenen parametrelerin patlatma test sonuçları	48
4.2.4. Belirlenen parametrelerin şok test sonuçları	49
4.2.5. Enine kesit alınmış numunelerin görsel kontrolleri	49
4.2.6. Numunelerin mikroskop ölçümleri ve resimleri	52
4.3. Üretim Kapasite ve Hurda Analizi	57

BÖLÜM 5.

SONUÇ VE ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	62

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ABS	: Akrilonitril bütadien stiren
Cp	: Proses yeterliliği
Cpk	: Proses yeterliliği
ITAB	: Kaynak etki bölgesi
PA	: Poliamidler
PC	: Polikarbonat
PE	: Polietilen
PLC	: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
PMMA	: Pleksi
POM	: Polioksimetilen
PP	: Polipropilen
PS	: Polistiren
PSU	: Polisülfon
PVC	: Polivinilklorür
PVDF	: Polivinilidenflorit
SPC	: İstatiksel süreç kontrol
UV	: Ultraviyole ışın
μ	: Ortalama sapma
σ	: Standart sapma

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Sıcak gaz kaynağı	3
Şekil 1.2. Sıcak eleman kaynağı	3
Şekil 1.3. Lazer kaynağı	4
Şekil 1.4. Yüksek frekans kaynağı	5
Şekil 1.5. Elektrik direnç kaynağının şematik gösterimi	6
Şekil 1.6. Ultrasonik kaynağın şematik gösterimi	6
Şekil 1.7. Sürtünme kaynağı	7
Şekil 2.1. Sürtünme kaynağı akma-zaman grafiği	10
Şekil 2.2. Sürekli tahrikli sürtünme kaynağı örnek resmi	11
Şekil 2.3. Volan tahrikli sürtünme kaynağı örnek resmi	11
Şekil 2.4. Sürtünme kaynak örnek parça	14
Şekil 2.5. Sürtünme kaynak örnek parça	14
Şekil 2.6. Sürtünme kaynak örnek parça	15
Şekil 2.7. Sürtünme kaynak örnek parça	15
Şekil 2.8. Süreç kontrol akış diagram	17
Şekil 2.9. Süreç kontrol akış diagramı	17
Şekil 2.10. Süreç kontrol şeması	18
Şekil 3.1. Yakıt boruları şematik gösterimi	20
Şekil 3.2. Ø8 Konnektör (180°)	23
Şekil 3.3. Ø8 Konnektör (115°)	23
Şekil 3.4. Ø8 Konnektör (90°)	24
Şekil 3.5. Ø8 Fitting (90°)	24
Şekil 3.6. Spinwelding makinası	25
Şekil 3.7 Optik mikroskop	26
Şekil 3.8. Montaj çene takımı	27
Şekil 3.9. Titantum komponent montaj kafası	28

Şekil 3.10. Titantum açılı komponent montaj kafası	28
Şekil 3.11. Sızdırmazlık test makinası	29
Şekil 3.12. Sızdırmazlık test makinası parça üzeri gösterimi	30
Şekil 3.13. Çekme test makinası	30
Şekil 3.14. Numune parça kopma örnekleri	31
Şekil 3.15. Patlatma test cihazı	31
Şekil 3.16. Şok testi yapılışı	32
Şekil 3.17. Örnek bilgisayar kurulumu	33
Şekil 3.18 Yazıcı	34
Şekil 3.19. Parça üzerine yapıştırılan etiket	34
Şekil 3.20. Spinwelding makinasının üzerindeki sensörler	35
Şekil 3.21. Poka-Yoke noktaları	36
Şekil 3.22. PLC kontrol ekranı	37
Şekil 3.23. Konum ve kontrol butonları	38
Şekil 3.24. Spinwelding sistematik proses diagramı	39
Şekil 3.25. Kopmenant ile borunun kaynak bölgesi resmi	40
Şekil 3.26. Kopmenant ile borunun kaynak bölgesi resmi	40
Şekil 3.27. Spinwelding programı arayüzü	41
Şekil 3.28. Spinwelding kaynak parametreleri arayüzü	42
Şekil 3.29. Kapabilite analizi zaman (09.05.2016)	43
Şekil 3.30. Kapabilite analizi makina ilerleme (09.05.2016)	43
Şekil 3.31. Kapabilite analizi ilerleme (09.05.2016)	44
Şekil 1.1. Çekme test sonuçları	47
Şekil 4.2. Numune parça kopma örnekleri	48
Şekil 4.3. Numune patlatma testi örnekleri	48
Şekil 4.4. Şok testi uygun olmayan parça örneği	49
Şekil 4.5. Enine kesit alınmış numuneler	50
Şekil 4.6. Enine kesit alınmış numuneler	50
Şekil 4.7. Hatalı kaynak numune örneği	51
Şekil 4.8. Parametreler düzenlendikten sonra yapılan görsel kontrol	51
Şekil 4.9. NOK ve OK Parça örneği	52
Şekil 4.10. PA12LX9013 Kaynak bölgesi	53

Şekil 4.11. MLT 4300 Kaynak bölgesi	53
Şekil 4.12. Uygun kaynak bölgesi	54
Şekil 4.13. Uygun kaynak bölgesi	54
Şekil 4.14. Uygun olmayan kaynak bölgesi	55
Şekil 4.15. Uygun olmayan kaynak bölgesi	55
Şekil 4.16. Uygun olmayan kaynak bölgesi	56
Şekil 4.17. Uygun kaynak bölgesi	56
Şekil 4.18. Uygun kaynak bölgesi	57
Şekil 4.19. Uygun kaynak bölgesi	57
Şekil 4.20. Aylık üretim kapasite yüzde oranı	58
Şekil 4.21. Haftalık üretim hurda oranı	59

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Bazı plastik türlerinin kaynak yöntemine uygunlukları	1
Tablo 4.1. Validasyon parametre çalışmaları (Zaman)	45
Tablo 4.2. Validasyon parametre çalışmaları (İlerleme)	46
Tablo 4.3. Validasyon parametre çalışmaları (Makina ilerleme)	46
Tablo 4.4. Sızdırmazlık test sonuçları	47
Tablo 4.5. Çekme test sonuçları	47
Tablo 4.6. Patlatma test sonuçları	48
Tablo 4.7. Şok test sonuçları	49

ÖZET

Anahtar kelimeler: Sürtünme kaynak, kapabilite hesaplamaları, kaynak parametreleri

Bu çalışmada; sürtünme kaynak makinasının, istatistiksel süreç kontrolü ile adaptasyonu değerlendirilmiştir. Proses kontrolünde kullanılan parametrelerin kapabiliteye olan etki analizi için çeşitli deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde; minitap parça-kapabilite analizleri, numune parçaları çekme testi, sızdırmazlık testi, şok testi, patlatma testi, enine kesit alınmış numunelerin görsel kontrolleri ve optik mikroskop görüntüleri incelenmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda; makinaya özel uygun parametre aralıkları bulunmuştur ve istatistiksel süreç kontrolü- hatasızlaştırma çalışmaları (Poka-yoke – Sensör) yöntemleri ile bu prosesin kontrolü ve devamlılığı sağlanmıştır.

Bu çalışma sonucunda sürtünme kaynak makinasının prosesinde üretilen parçaların hata oranının minimum seviyede tutulması sağlanmıştır.

ANALYSING EFFECT OF WELDING PARAMETERS TO CAPABILITY ON SPINWELDING MACHINE

SUMMARY

Keywords: Spinwelding, capability calculations, welding parameters

In this study; statistical process control is being used on spinwelding machine process. All parameters that used on process control is tested with various type of experiments and effect of these parameters to the capability is analysed. Mini-tap part-cabality analyses, pull-of tests of samples, leaking test, shock test, burst test, visual and optic microscope controls of crosscut samples are examined.

As a result of all detailed analyses; special appropriate parameters for machine are defined and with statistical process control – errorproof works (Poka-Yoke, sensor) process is kept under control and ensure its continuity.

With this conclusion scrap parts ratio is kept in minimum level in this spinwelding machine.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

1.1. Plastik Malzemelerin Kaynağı

Plastikler genel olarak termoplastikler ve termosetler olmak üzere iki kısma ayrılır. Bunlardan yalnızca termoplastikler kaynak edilebilir. Termosetlerin kaynağı mümkün değildir, bunlar ancak yapıştırma veya birbirine geçme teknikleriyle birleştirilebilir [1].

Ergitme tipi kaynak yöntemleri genellikle yapıştırma bağlantılarına uygun olmayan plastiklere uygulanır. Polivinil klorür, polietilen, polipropilen ve akronitril bütadien gibi plastikler yapıştırma bağlantıları için uygun olmadıklarından ergitme kaynak yöntemleri ile birleştirilirler. Bazı polimerlerin birleştirilmesi sırasında oluşan oksijen plastiğin ayrışmasına yol açar. Özellikle polietilen gibi plastikler koruyu soy gaz atmosferinde kaynak edilirler. Termoplastikler düşük iletkenliğe sahip olduklarından tatbik edilen ısı plastikte yanmalara yol açabilir. Bu durum plastiklerin derinlemesine kayan kabiliyetini güçleştirir. Bazı plastik türleri için kaynak yöntemi seçimi Tablo 1.1.'de verilmiştir [1].

Tablo 1.1. Bazı plastik türlerinin kaynak yöntemine uygunlukları (1)

Plastik türü	Kısaltması	Kaynak yöntemi
Polimetalmetakrilat	PMMA	Ultrasonik, sıcak hav
Akronitril bütadien sterin	ABS	Ultrasonik, sıcak hava, sıcak eleman
Poliaketal	POM	Ultrasonik, sıcak hava, sıcak eleman
Poliamid	PA	Sıcak elaman, sürtünme
Polikarbonat	PC	Tüm kaynak yöntemleri
Polietilen	PE	Sıcak elaman, sıcak hava, sürtünme

Tablo 1.1 (Devam)

Polipropilen	PP	Sıcak eleman, sıcak hava, sürtünme
Polisterin	PS	Sıcak eleman, sıcak hava, ultrasonik
Polisulfon	PSU	Sıcak eleman, sıcak hava, sürtünme, ultrasonik
Polivinilklorür	PVC	Tüm kaynak yöntemleri
Polivinildien klorür	PVDF	Sıcak eleman, sıcak hava, sürtünme, ultrasonik

1.1.1. Termoplastiklerin kaynağı

Termoplastikler sıcaklıkla yumuşayabilen ve eriyebilen malzemelerdir. Bu özelliklerinden dolayı bir ısı kaynağı kullanarak birbirleriyle birleştirilmeleri mümkündür. Termoplastikler ısı ile yumuşatılarak viskoz hale getirilir veya ergitilir. Viskoz veya ergimiş durumdaki malzemeye bir basınç uygulanarak birleştirilmeleri sağlanır. Eğer dolgu malzemesi kullanılması gerekiyorsa söz konusu bu malzeme birleştirilen polimerlerle aynı tip değildir. Termoplastiklerin genel olarak dıştan ısı kaynağı ve içten ısı kaynağı kullanan plastik kaynağı yöntemleri birleştirilir [1].

Dıştan ısı kaynağı kullanan plastik kaynağı yöntemleri;

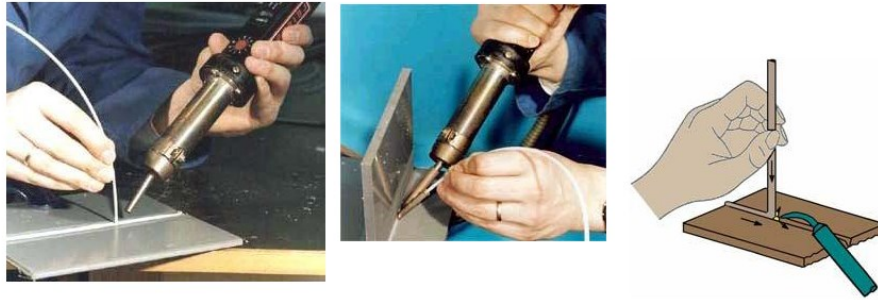
- Sıcak gaz kaynağı.
- Sıcak eleman kaynağı.
- Lazer kaynağı.
- Yüksek frekans kaynağı.
- Elektrik direnç kaynağı olmak üzere 5 farklı yöntemden oluşur. Bu yöntemlerin seçimi ise plastiğin bu yöntemlere uygunluğuna bağlıdır [1].

İçten ısı kaynağı kullanan plastik kaynağı yöntemleri;

- Ultrasonik kaynak.
- Sürtünme kaynağı.
- Orbital kaynağı olmak üzere üç kısma ayrılır [1].

1.1.1.1. Sıcak gaz kaynağı

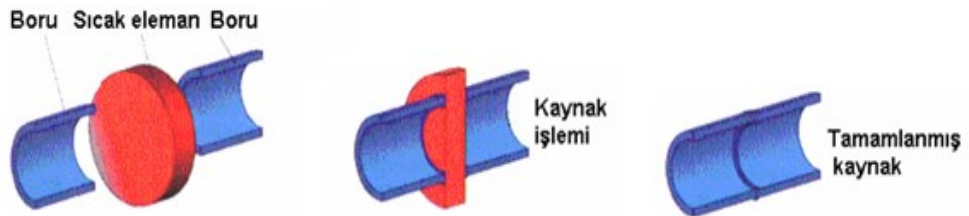
Elektriksel yöntemleri kullanarak ısıtılan gaz (sıkıştırılmış hava, hidrojen, oksijen, CO₂ vs) bir kaynak tabancasından birleştirme bölgesine uygulanır. İnce çubuk biçimindeki bir plastik, parçayla birlikte ısıtılır ve kaynak ağzına bastırılır (Şekil 1.1.). Bu yöntem genelde V-kaynak ağzı açılmış büyük parçalara uygulanır [1].



Şekil 1.1. Sıcak gaz kaynağı (1)

1.1.1.2. Sıcak eleman kaynağı

Birleştirilecek parçalar aln alına veya T biçiminde bir araya getirildikten sonra elektrikli ısıtıcı ile çalışan sıcak bir eleman söz konusu parçalar arasına yerleştirilir. Parçalar iyice yumuşadıktan sonra sıcak eleman hızlı bir biçimde geri çekilir ve parçalar birbirine bastırılır. Bu basınç altında ergitilmiş kısmın katılaşması beklenir (Şekil 1.2.) [1].

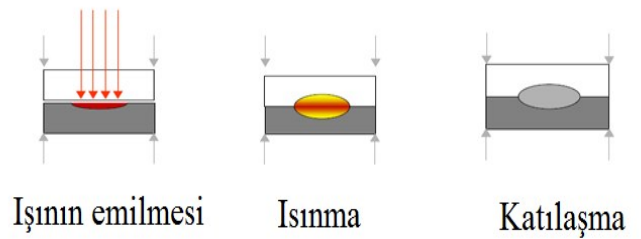
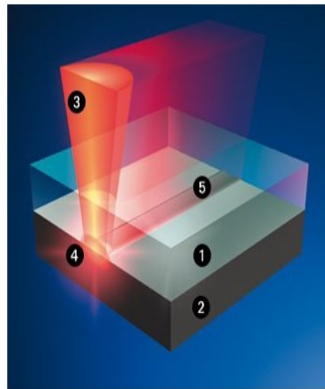


Şekil 1.2. Sıcak eleman kaynağı (1)

1.1.1.3. Lazer kaynağı

Bu kaynak yönteminde birleştirilen plastik parçalardan biri lazer ışınlarını geçirme (transparan), diğeri ise ışınları emme (absorbe etme) özelliğine sahip olmalıdır. Termoplastiklerin çoğu transparan olduğundan bu şart kendiliğinden yerine gelir. Karbon katkısı plastik malzemelerin emme özelliğini önemli ölçüde artırır. Şekil 1.3.'de lazer kaynağı gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü gibi ilk önce dalga uzunluğu 800-110 nm arasında olan lazer ışını birleştirme bölgesine gönderilir. Lazer (3), transparen (1) parçadan geçer ve ışın emici (2) parçanın yüzeyinde absorbe edilir ve böylece parçada ısınma sağlanır. Bu ısı (1) no'lu parçanın da ısınmasına yol açar ve bunun sonucunda her iki parçanın yüzeyleri ergir (Şekil 1.3.) [1].

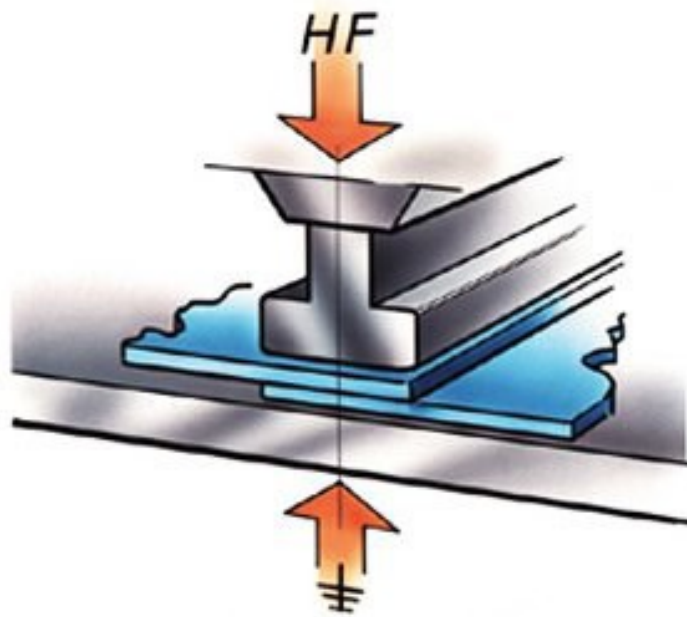
Ergiyen kısımların katılaşması sonucunda parça yüzeyleri arasında güçlü bir bağ oluşur. Lazer kaynağı daha çok bindirme tipi birleştirme için uygun bir yöntemdir. Plastiklerin ısı iletim katsayılarınının düşük olması nedeniyle yanal ısı iletimi alın tipi birleştirmeler için yeterli büyüklükte ısıtma sağlamaz. Bu nedenle söz konusu yöntem bu tip bağlantılar için uygun değildir [1].



Şekil 1.3. Lazer kaynağı (1)

1.1.1.4. Yüksek frekans kaynağı

Bu yöntemde parçaların temas yüzeylerinde yüksek frekans (20 - 60 MHz) oluşturabilen elektromanyetik enerji kullanır. Söz konusu yöntemin şematik gösterimi Şekil 1.4.'te verilmiştir. Bu şekilde görüldüğü gibi yalıtkan plastikler iki plaka elektrod arasına yerleştirilir. Uygulanan yüksek frekans nedeniyle plastik moleküllerinde titreşim meydana gelir. Titreşen moleküllerin ısınması sonucu plastik malzemeler yumuşar. Yumuşayan malzemeler elektrodlar yardımıyla birbirlerine bastırılır. Elektromanyetik alan kesilir ve kaynağın katılması sağlanır. Tıp alanında ve tüketim mallarının paketlenmesinde kullanılan filmler bu yöntemle birleştirilir (Şekil 1.4.) [1].

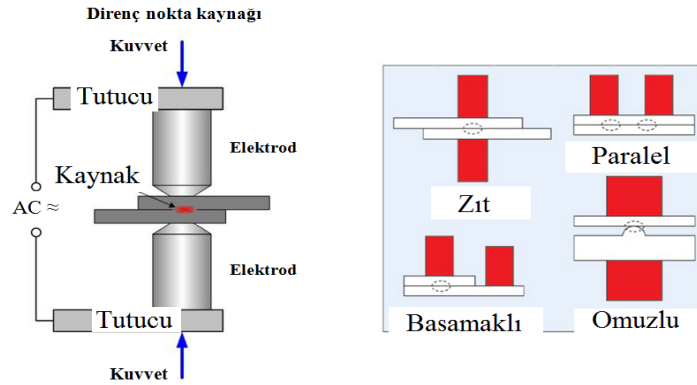


Şekil 1.4. Yüksek frekans kaynağı (1)

1.1.1.5. Elektrik direnç kaynağı

Bu yöntemde plastik parçalar iki elektrot arasına yerleştirilir ve bunlara elektrik akımı uygulanır. Elektrotlar arasında kalan plastiğin noktasal kısmı yumuşar veya ergir. Elektrik akımı kesilince ergiyik katılır ve bağlantı gerçekleştirilir (Şekil 1.5.).

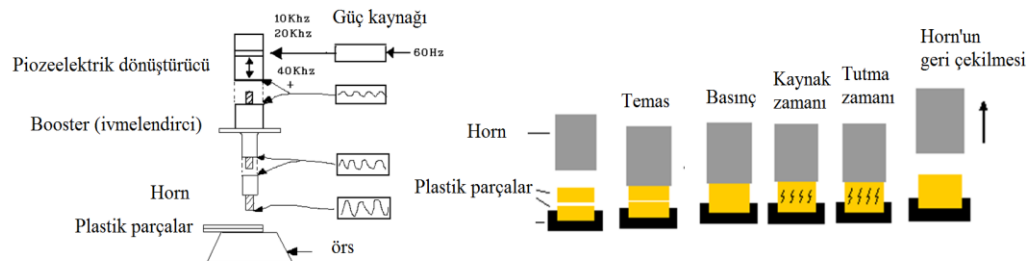
Yöntemin en önemli avantajı hızlı ve ekonomik olmasıdır. Diğer taraftan kaynak yapılan parçalarda çarpılma görülmez [1].



Şekil 1.5. Elektrik direnç kaynağının şematik gösterimi (1)

1.1.1.6. Ultrasonik kaynak

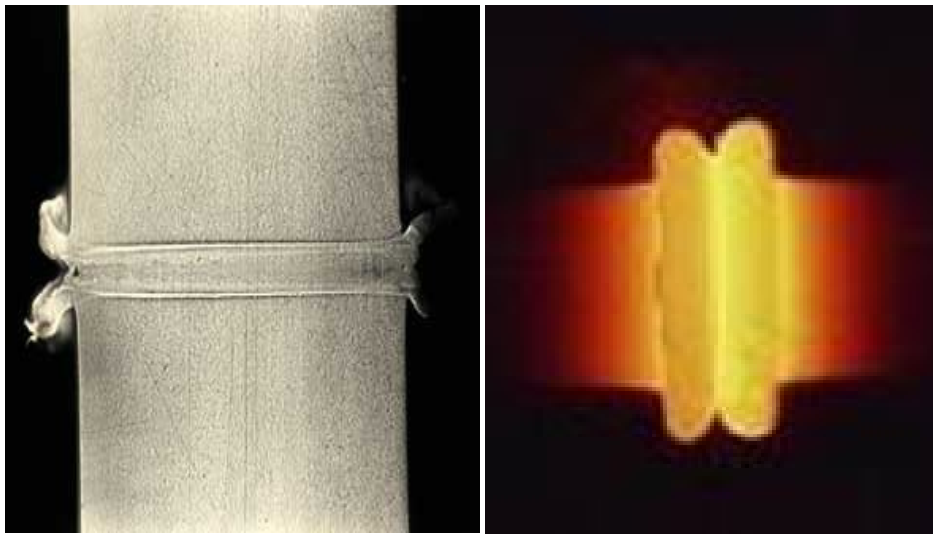
Güç kaynağından alınan ses dalgalarının siddeti booster adı verilen bir ivmelendirici ile artırılır. Söz konusu dalgalar horn adı verilen ultrasonik kaynak takımına taşınır ve buradan parçaya yansıtılır. Bu işlem sırasında parçalara aynı zamanda basınç uygulanır. Kaynak bölgesinde meydana gelen titreşimler sonucunda parçalar ısınır. Isı nedeniyle yumuşayan veya ergiyen kısmın basınç altında katılaştırılması sonucunda bağlantı sağlanır (Şekil 1.6.) [1].



Şekil 1.6. Ultrasonik kaynağın şematik gösterimi (1)

1.1.1.7. Sürtünme kaynağı

Bu kaynak yöntemi daha çok kısmi amorf yapı sergileyen sert plastiklere uygulanır. Biri sabit diğeri dönel durumdaki plastikler birbirine alın yüzeylerinde sürtünür. Sürtünme sonucunda oluşan ısı yardımıyla parçaların yüzeyleri yumuşar. Daha sonra hareket durdurulur ve parçalar birbirine bastırılır ve böylece bağlantı sağlanır (Şekil 1.7.) [1].



Şekil 1.7. Sürtünme kaynağı (1)

1.1.1.8. Orbital kaynağı

Sürtünme kaynağına benzerdir fakat bu kaynak yönteminde bir bileşenin dönme hareketi diğersinin orbiti (yörüngesi) içersindedir [1].

1.1.2. Termosetlerin birleştirilmesi

Termosetler ısıtıldıklarında yumuşamayan veya ergimeyen plastiklerdir. Bu nedenle söz konusu malzemeler, geçme, civata ve solveni bağlayıcılar yardımıyla birleştirilir [2].

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Sürtünme Kaynak Literatür

Sürtünme kaynağı bir bakım işlemi olarak Leningrad'da çeşitli işletmelerde ve bazı makina bakım tesislerinde kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin, Çekoslovakya da matkap, rayba, bıçak ve kalem gibi aletlerin onarımında sürtünme kaynağı kullanılmış ve oldukça büyük bir ekonomi sağlanmıştır [3].

Endüstriyel uygulamaları 1950'li yıllara kadar giden sürtünme kaynağı ile ilgili ilk patentler 1900'lere kadar dayanmaktadır. İkinci dünya savaşı yıllarında da Almanya ve A.B.D.'de plastik malzemelerin kaynağında kullanılmıştır. Rusya'da konuyla ilgili araştırmalar Vill ve arkadaşları tarafından yürütülmüş, A.B.D.'de ise 1962 yılında sürtünme kaynağı düzenlenerek atalet kaynağı geliştirilmiştir. Sürtünme kaynağı uygulamalarının büyük bir kısmını dairesel kesitli miller ve borular oluşturmuştur [4].

1961 yılından itibaren Amerikan menşeli sürtünme kaynağı makinaları da piyasada kendini göstermeye başladı. Bugün geliştirilmiş sürtünme kaynağı makinaları, çok geniş bir imalatçı kütlesi tarafından kullanılmaktadır. Örneğin, Ford Motor Co. bu işlemi Falcon ve Mustang modellerinde ön takımlar ve geri hareket dişlisinde, Chevrolet ise hareket milinin imalinde, Renault benzin ve fren destek hortumlarının üretiminde kullanmaktadır. Aynı zamanda bisiklet çatalı, kam, piston, çamaşır makinası orta mili ve yumuşak çelik ile paslanmaz çeliğe kadar değişen çeşitli millerin imalinde kullanılmaktadır [5].

Sürtünme kaynağı; elektrik enerjisi veya diğer kaynaklardan ısı enerjisi uygulanmadan iş parçasının yüzeyleri arasındaki mekanik dönme hareketinin ısı enerjisine dönüşmesiyle kaynak için gerekli ısının elde edilerek yapıldığı bir katı hal kaynak tekniğidir. Sürtünme kaynakları, arayüzey kaynak sıcaklığına ulaşana kadar sabit bir iş parçasıyla dönen bir iş parçasının sabit veya belirli olarak artan basınç altında yapılır ve sonunda dönme durdurularak kaynak tamamlanır. Sürtünme ısı iş parçasının arayüzey sıcaklığını hızla artırarak ergime derecesinin altında bir değere getirir ve plastik sıcaklık oranında ısınan bölgeye uygulanan basıncın etkisi altında birleştirme meydana gelir [5].

2.1.1. Sürtünme kaynağı işlem prensipleri

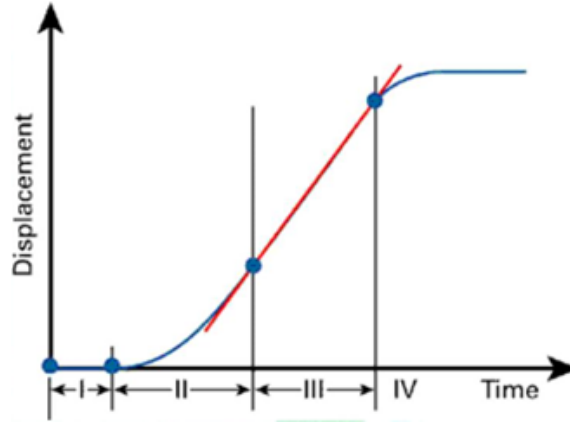
Katıhal birleştirme tekniklerinden olan sürtünme kaynağında birleştirme ergimeye bağlı olmadan birleştirilecek parçaların ara yüzeylerinde meydana gelir. Sürtünme kaynağı üç aşamada gerçekleşir. Birinci aşamada malzeme ara yüzeyleri düşük yük altında temas haline getirilir ve deformasyon işlemi sürtünme aşınması ile yönlendirilir. İkinci aşamada uygulanan yükler yavaşça artırılır, kaynaklanacak parçaların ara yüzeyleri boyunca önemli ölçüde sürtünme ısı oluşur ve gerilme sertleşmesi ve yumuşaması işlemlerinin bir değerine ulaşılır. Üçüncü aşamada ise sürtünme ısı üretimi sonaerer, kaynaklanacak parçaların ara yüzeylerinin her iki tarafında ısınan malzemeye uygulanan gerilme yavaşça artırılır ve çapaklar alınır [6].

Yöntemin başlangıcından bitimine kadar ara yüzey basınç altındadır. Kaynak esnasında uygulanan basınç sabit parça, hareketli parça veya dönen her iki parça tarafında sağlanır [6].

Sürtünme kaynağı işleminde genelde sıcaklık arttığında kesme ve akma mukavemetleri düşer. Sürtünme kaynağında yüzey tabakaları kırılıp atıldığında önemli bir plastik akma olur. Sonuçtaki sıcaklık bölgesel ergimenin başladığı sıcaklığa ulaşır. Bu olayların hepsi saniyeler içerisinde meydana gelir [6].

Bütün ergitme kaynakları kalıntı gerilmelerin üretilmesine sebep olmaktadır. Bu gerilmeler malzemenin ergime sıcaklığından daha düşük sıcaklıklardaki ısıl çevrimlerden kaynaklanmaktadır [6].

Parçalar aşağıdaki Şekil 2.1.'de görüldüğü gibi kaynak için alın alına getirilir, sürtünme başlar ama akma başlamaz. (I. bölge) Biri sabit diğeri hareketli parçalara kuvvet uygulama sürerken sıcaklık artar, akma kaynak kenarlarına doğru taşmaya başlar. (II. Bölge) Bu bölge sabit hal (lineer bölge) bölgesidir. Malzemeye sabit hızda kaynak yapmaya devam edilir. (III.Bölge) İç yüzeylerin sürtünmesi durduğu zaman, soğuma başlar. Kaynağın iyice pekişmesi için kuvvet uygulamaya devam edilir. (IV Bölge) Bu kaynak yöntemi ile plastikler beraber kaynak edilebilmektedirler [6].



Şekil 2.1. Sürtünme kaynağı akma-zaman grafiği (6)

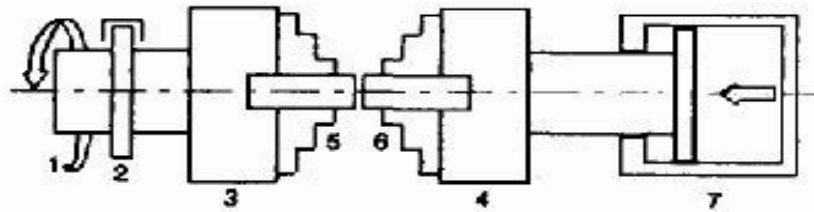
2.1.2. Sürtünme kaynak çeşitleri

Sürtünme kaynağı çeşitleri aşağıdaki gibidir;

- Sürekli tahrikli sürtünme kaynağı.
- Volan tahrikli sürtünme kaynağı.
- Kombine kaynak yöntemi.

2.1.2.1. Sürekli tahrikli sürtünme kaynağı

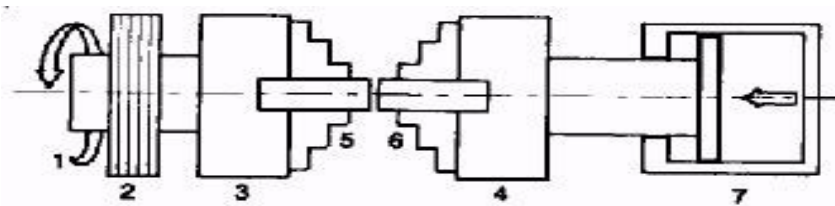
Sürekli tahrikli sürtünme kaynağı, direk sürtünme kaynağı olarak bilinmektedir. Gerekli olan enerji sürekli bir tahrik grubu tarafında sağlanır. Parçalardan biri motor ünitesine bağlanır ve sabit bir hızda döner, diğer parça aksenal bir basınçla temas ettirilir. Yeterli derecede ısı girdisi sağlandığında dönme frenleme etkisi ile mümkün oldukça kısa sürede durdurulur. Kaynak kuvveti yığılma maksadıyla artırılır ve numune soğumaya bırakılır. Genelde Avrupa'da kullanılmaktadır (Şekil 2.2.) [7].



Şekil 2.2. Sürekli tahrikli sürtünme kaynağı örnek resmi (7)

2.1.2.2. Volan tahrikli sürtünme kaynağı

Volan tahrikli sürtünme kaynağı, atalet kaynağı olarak da bilinmektedir. Parçalardan biri volana bağlanır. Volan belirlenen hızda ivmelendirilir. Böylece dönme enerjisi bu volan üzerinde toplanmış olur ve sürtünme kaynağının kendi kendine frenlemesiyle parçaya iletilir. Kaynak kuvveti aksenal olarak uygulandığında dönmesi serbest bırakılan parça diğer parça ile döner ve volan enerjisi parça ara yüzeyinde sürtünmeye harcanır. Volan hızı azalırken, kaynak bölgesi ısınır ve ısı yayılır. Volan tamamen durdurulduktan sonra basınç etki ettirilir. Bu yöntem özellikle A.B.D.'de uçak ve uzay sanayiinde kullanılmaktadır (Şekil 2.3.) [7].



Şekil 2.3. Volan tahrikli sürtünme kaynağı örnek resmi (7)

2.1.2.3. Kombine kaynak yöntemi

Kombine kaynak yöntemi atalet kaynağıyla direk sürtünme kaynağının ortaklaşa kullanıldığı bir metoddur. Büyük kapasiteli parçaların birleştirilmesinde kullanılır. Volan sürtünme kaynağında direk sürtünme kaynağına göre avantajları aşağıda verilmiştir [8].

- Daha dar bir itab oluşur.
- Daha seri üretim yapılır.
- Daha düşük güç gerekir.
- Daha basit ekipman gerekir.

2.1.3. Sürtünme kaynak parametreleri

Bütün kaynak yöntemlerinde olduğu gibi bu kaynak yönteminde de kaynak parametrelerinin kontrolünün optimum düzeyde olması kaynağın kalitesini artıracaktır. Kaynak parametreleri; dönme hızı, sürtünme basıncı, yığma basıncı, sürtünme süresi, frenleme süresi ve yığma süresidir. Kaynak parametreleri malzeme cinsine göre değişmektedir. Dönme hızı itab'ın genişliğine etki eder. Yüksek hızlarda ise kaynak bölgesi aşırı ısınır ve metalurjik dönüşümler meydana gelebilir. Sürtünme ve yığma basıncı malzemenin geometrisine ve malzemenin özelliklerine bağlıdır. Sürtünme basıncı ara yüzeydeki oksit filmlerini elimine edecek, yüzeylerin atmosfer ile ilişkilerini kesebilecek ve yüzeylerde düzenli bir ısıtmayı sağlayacak biçimde seçilmelidir. Yığma basıncı malzemelerin akma sınırına bağlıdır. Yüksek tutulduğunda aşırı sıcak şekillenmeye, düşük tutulduğunda ise yetersiz kaynaklanmaya neden olur. Farklı malzemelerde yığma basıncı daha düşük mukavemetli olana göre seçilir. Sürtünme ve yığma süresi; malzemeye göre değişir. Bu süre sürtünen yüzeylerdeki kalıntı ve pislikleri uzaklaştırabilecek aynı zamanda kaynak bölgesini gerekli kaynak sıcaklığına en kısa zamanda ulaşmasını sağlayacak biçimde ayarlanmalıdır [9].

2.1.4. Sürtünme kaynaklı parçanın kullanım alanları

Sürtünme kaynağı makinası üretiminde birincil sebep olarak otomotiv endüstrisi için hava yastığı parçaları gösterilmektedir. Bu alanda başarılı malzeme kombinasyonları alüminyum, düşük karbonlu çelik ve paslanmaz çelik alaşımlarıdır. Sürtünme kaynağında, dövülebilen ve kuru sürtünme özellikleri iyi olmayan bütün malzemeler kolaylıkla kaynaklanabilir. Kuru yağlama sağlayan alaşım elementleri bağlantı bölgesi kaynak sıcaklığına erişmesini engeller. Demir bazlı malzemeler, düşük karbonlu çelikten yüksek alaşımlı çeliklere kadar kaynaklanabilmektedir. Paslanmaz çelikler, sinterlenmiş çelikler verilen uygun kaynak parametrelerinde rahatlıkla kaynaklanabilirler. Isıl işlem görmüş paslanmaz çelikler diğer yüksek alaşımlı çelikler gibi kaynatılmaları zordur. Amorf yapı sergileyen sert plastiklere uygulanır. Biri sabit diğeri dönel durumdaki plastikler birbirine alın yüzeylerinde sürtünür ve kaynak işlemi gerçekleşir [10].

1991 yılında Manufacturing Tech. Inc. tarafından uçak motoru alaşımları ve parçaları için 200 tonluk büyük sürtünme makinası tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra uzay endüstrisi için değişik sürtünme kaynak makinaları tasarlanmıştır. Uzay sanayi kaynakları süper alaşımlar, bimetalikler, paslanmaz çelikler ve alüminyum malzemelerden yapılmıştır. Bu malzemelerin bazılarının alışılmış yöntemler ile kaynatılmaları zor veya çoğu zaman imkansız olabilmektedir. Ancak sürtünme kaynağı metodu ile kaynatılmaları mümkün olmaktadır [10].

A.B.D.'de otomotiv endüstrisi sürtünme kaynağı uygulamalarındaki artışta 1990'lı yıllarda ve endüstri tarihinde önemli rol oynar. Otomotiv sanayiinde sürtünme kaynak uygulamaları dengeleyici yaylar, motor valfleri, tork konverter kapları, fren kalibretörleri, su pompaları, yakıt ve fren destek hortumları, kumanda parçaları, dingiller, eksantrik milleri, havalandırma akümülatörleri, U- birleştirmeler ve bezeri çalışmaları içerir (Şekil 2.4.- Şekil 2.7.) [10].



Şekil 2.4. Sürtünme kaynak örnek parça



Şekil 2.5. Sürtünme kaynak örnek parça



Şekil 2.6. Sürtünme kaynak örnek parça



Şekil 2.7. Sürtünme kaynak örnek parça

2.1.5. Sürtünme kaynağın avantajları

Sürtünme kaynağı farklı ve aynı malzemelerin kaynağında tam ergime oluşmadan birleşmeyi sağlaması ile avantaj oluşturmaktadır. Bilindiği gibi ergime dereceleri farklı malzemelerde ergitmeli yöntemler bir kısım problemler oluşturmaktadır.

Bunlardan birisi metalurjik olarak bazı dönüşümlerin meydana gelmesidir. Bu gibi olumsuzluklar sürtünme kaynağında görülmemektedir [10].

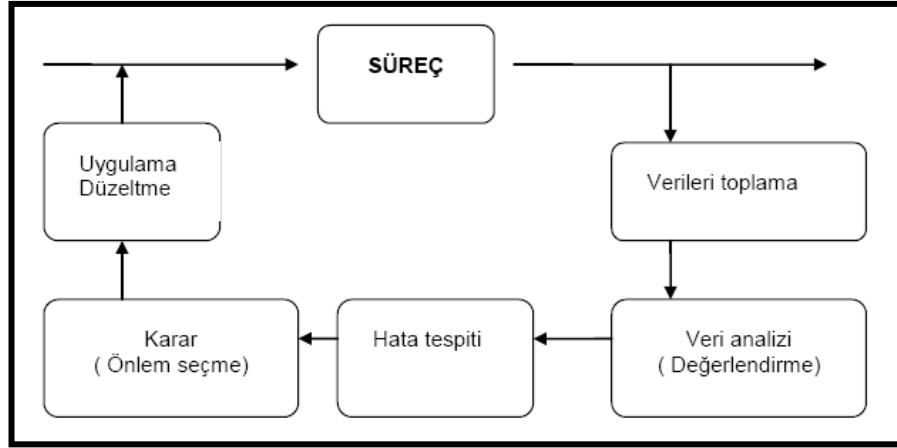
Ayrıca birleştirme mukavemetinin farklı malzemelerde mukavemeti düşük olandan fazla olması da ayrı bir üstünlüktür. Sürtünme kaynağında sarf edilen enerji, diğer yöntemlere göre daha azdır. Bu metot bir katıhal kaynağı olduğu için cüruf vs. içermemektedir. Kaynak esnasında meydana gelen ısı, bölgesel ve ergime derecesinden düşük olduğu için ısıdan etkilenen bölge çok dardır. Sürtünme kaynağı yapılmış parçalar çok dar toleransta olduklarından çoğu zaman kaynak dikişinin talaş kaldırarak işlenmesi gerekmez. Buda ekonomiklik açısından önemlidir. Kaynak süreci içerisindeki yığılma, kaynak dikişini havanın zararlı etkilerinden korur. Birleşme bölgesi, hızlı ısıtma ve soğutma sonucunda uygulanan yüksek basınç sebebiyle ince taneli bir mikroyapıya sahiptir [10].

2.2. İstatiksel Süreç Kontrol Literatür

İstatistiksel kalite kontrol, örnekleme teorisine dayanan ve periyodik ölçmelerle kalitenin devamlı olarak izlenmesine yönelik bir yöntemdir [11].

Toplam kalite yönetimi anlayışı, sürekli iyileşme ve problem çözümüne istatistiksel ve sistematik bir yaklaşım ifade eder. Toplam kalite yönetiminde, sezgilerle değil verilerle çalışma alışkanlığı vardır [11].

İstatistik, bir bütünün tamamını kontrol etmek yerine bütünden örnekler alarak sonuçlara göre bütün hakkında tahminde bulunmak için kullanılan araçları ifade eder. Proses, bir ürün veya hizmetin önceden belirlenen nitelikte elde edilebilmesi için kullanılan makine, alet, metot, malzeme ve insan gücünün bütünüdür. Kontrol, prosesdeki verilerin ölçümünde ve analizinde istatistiksel tekniklerin uygulanması anlamını taşır (Şekil 2.8.) [11].

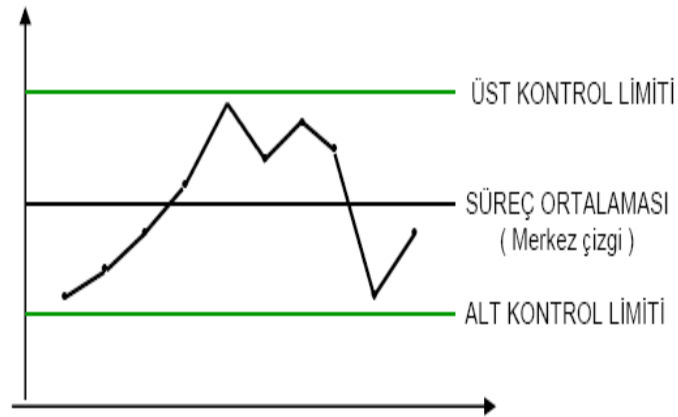


Şekil 2.8. Süreç kontrol akış diagramı (11)

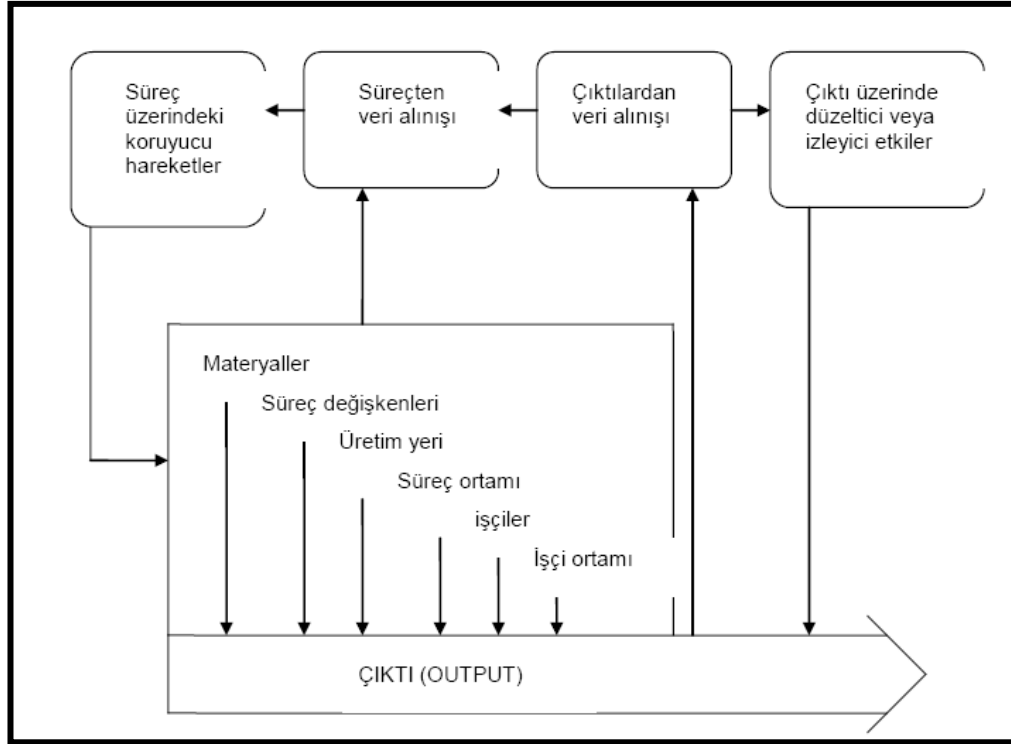
2.2.1. İstatiksel süreç kontrolün amacı ve yöntemi

- Kalite gelişimini artırmak.
- Üretim maliyetini azaltmak.
- Müşteri memnuniyetini artırmak.
- Ürün taleplerini geliştirmek ve belirlenen limitleri arttırmak.
- Verimi arttırmak.

İSK'da kullanılan temel araç süreç kontrol grafikleridir. Bu grafikler genelde bir merkez çizgiden, alt ve üst kontrol limitlerinden ve ardışık gözlem noktalarından oluşur (Şekil 2.9.) [11].



Şekil 2.9. Süreç kontrol akış diagramı (11)



Şekil 2.10. Süreç kontrol şeması (11)

Süreç yetenek analizi kalite geliştirme programının en önemli kesimidir. Süreç yeterliliği belirli bir kalite özelliği için değişkenlik ölçüsüdür. Bu değişkenlik zaman boyutunda iki farklı şekilde ele alınabilir (Şekil 2.10.) [11].

- Belirli bir anda var olan değişiklik.
- Zaman içinde oluşan değişiklik.

Süreç yeterliliği, istatistiksel bir ölçüt olup müşteri beklentilerine göre bir sürecin ne kadar değişkenlik gösterdiğini özetler [11].

Bu aşamada dikkate alınan parametreler C_p ve C_{pk} indisleridir. C_p indisi, şartname limitleri ile proses kontrol limitleri arasındaki ilişkiyi gösterir. “USL” üst spesifikasyon limitini, “ASL” alt spesifikasyon limitini ve “ σ ” standart sapmayı ifade eder [11].

Süreç yeteneğinin ölçüsü olarak genellikle 6σ açıklığı olarak tanımlanır ve bu doğal toleranslar olarak adlandırılır [11].

Ortalaması μ , standart sapması σ olan normal dağılım eğrisi aşağıdaki gibidir. Böyle bir dağılıma sahip sürecin değişkenlik sınırları $\mu-3\sigma$ ve $\mu+3\sigma$ olarak belirlenebilir [11].

Süreç değişkenlik gösterimleri aşağıdaki gibidir;

- $C_p > 1.33$, proses yeterliliği yeterli anlamındadır.
- $1 < C_p < 1.33$, proses marjinal olarak yeterli, daha yakından izlenmelidir.
- $C_p < 1$, proses yeterliliği yetersiz, proses değişkenliğinin azalması gereklidir.
- $C_{pk} > 1.33$, proses şartname limitlerini karşılıyor.
- $1 < C_{pk} < 1.33$, proses marjinal olarak şartname limitlerini karşılıyor. Proses ortalaması hedeften uzaklaştıkça prosesin hata yüzdesi artabilir.
- $C_{pk} < 1$, proses şartname limitlerini karşılamıyor. Proses ortalaması hedef değerden uzaktadır.

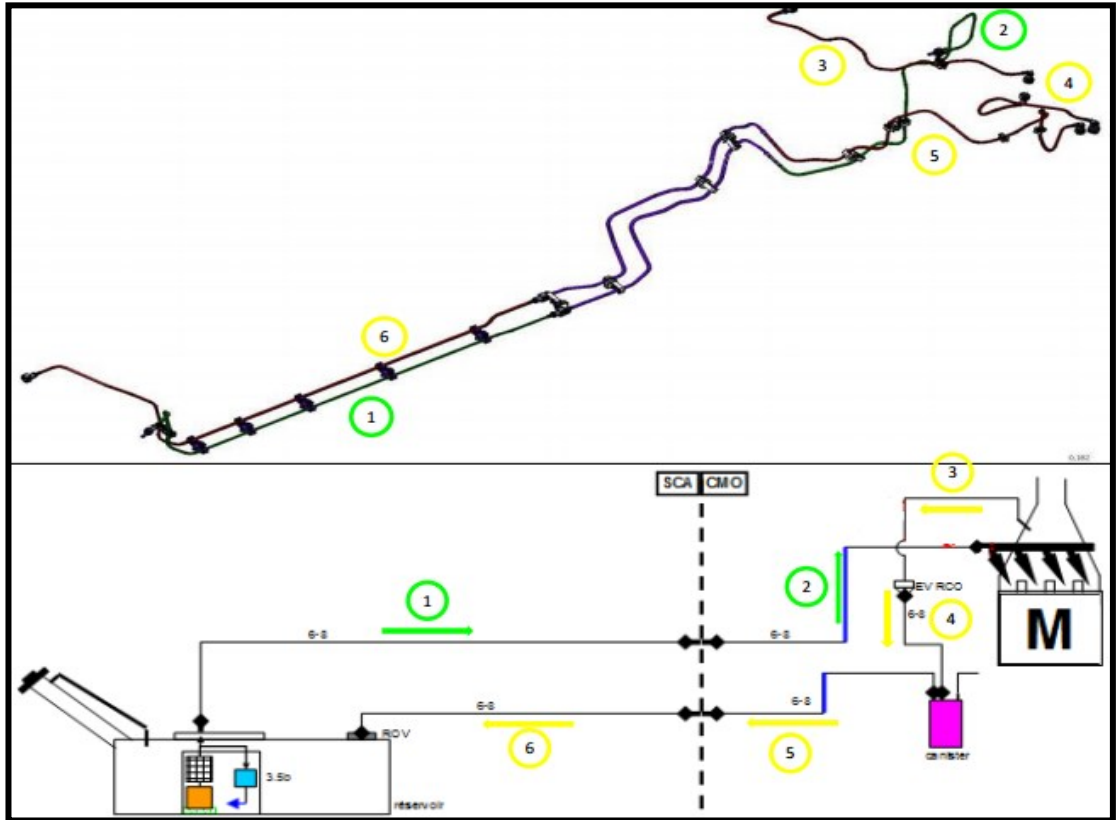
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Araştırmada, Nobel Automotive (Bursa) firmasında seri adetlerde üretimi yapılan kaynaklanmış yakıt boruları, plastik borular (PA12 LX9013 6*8 - MLT 4300.3 6*8), bu borulara kaynaklanan konnektörler kullanılmıştır.

3.1.1. Yakıt boruları

Yakıt borularının şematik gösterimi aşağıdaki Şekil 3.1.'de görülebilir.



Şekil 3.1. Yakıt boruları şematik gösterimi

- Numara 1, depodaki yakıtın motor besleme borusuna taşınmasını sağlayan kasa altı benzin besleme borusudur. Malzeme: MLT 4300.
- Numara 2, yakıtın kasa altı benzin besleme borusundan motora taşınmasını sağlayan motor benzin besleme borusudur. Malzeme: MLT 4300.
- Numara 3, motordan çıkan benzin buharını valfe taşıyan buhar dönüş borusudur. Malzeme: MLT 4300.
- Numara 4, benzin buharını valften yakıt geri kazanım ünitesine taşıyan buhar dönüş borusudur. Malzeme: PA12 LX9013.
- Numara 5, yakıt geri kazanım ünitesinden çıkan benzin buharını kasa altı dönüş borusuna taşıyan buhar dönüş borusudur. Malzeme: PA12 LX9013.
- Numara 6, yakıt geri kazanım ünitesinden çıkan benzin buharını depoya taşıyan kasa altı buhar dönüş borusudur. Malzeme: PA12 LX9013.

3.1.2. Kaynaklanan plastik borular (PA12 LX9013 - MLT 4300.3)

Yakıt borusu üretimi için, kaynak prosesinde kullanılan iki çeşit boru vardır. Bunlar;

- PA12 LX9013.
- MLT 4300.3.

3.1.2.1. Polyamid (PA12 LX9013)

Yakıt boruları için geliştirilmiştir. Termal, kimyasal ve mekanik özellikleri motor, şasi ve tank ortamlarında kullanılmak için uygundur. Soğutma hatları için körüklü şekilde üretilir.

Fiziksel özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Düşük sıcaklıkta yüksek darbe dayanımı.
- UV ve sıcaklık dayanımı.
- Düşük yoğunluk düşük ağırlık.

- Kolay işleme ve esneklik.

Kimyasal özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Yoğunluk: 1,02 g/cm³.
- Sertlik: 67 D.
- Erime sıcaklığı: 173 °C.
- Su emme: 1,4 %.
- Nem emme: 0,7 %.

Çalışma basınçları (çap ve et kalınlığına göre değişmekle beraber) 15 atm ile 50 atm arasındadır. Patlatma basınçları 45 atm ile 150 atm arasındadır (20°C).

Çalışma sınır sıcaklıkları -40 ile 90 °C arasındadır. Başta; su, madeni yağ, gres yağı, yakıt ve çeşitli solventler olmak üzere birçok kimyasal akışkana dayanıklıdır.

3.1.2.2. MLT 4300.3

€5 Normlarına göre kirletici emülsiyon geçirgenliğini azaltmak için geliştirilmiştir. Termal, kimyasal ve mekanik özellikleri motor, şasi ve tank ortamlarında kullanılmak için uygundur. 4 katlı boru aşağıdaki katmanlardan oluşmaktadır.

3.1.3. Kaynaklanan konnektörler

Spinwelding işleminin uygun sonuçlanması için komponent ve boru malzemeleri uygun olmalıdır. Komponentlerin tasarımı malzeme eridiğinde, dolgu için yeterli boşluğa sahip olmalıdır. Ayrıca komponent ve borular uygun montaj işlemi için aynı ekseninde olmalıdır (Şekil 3.2.- Şekil 3.5.).



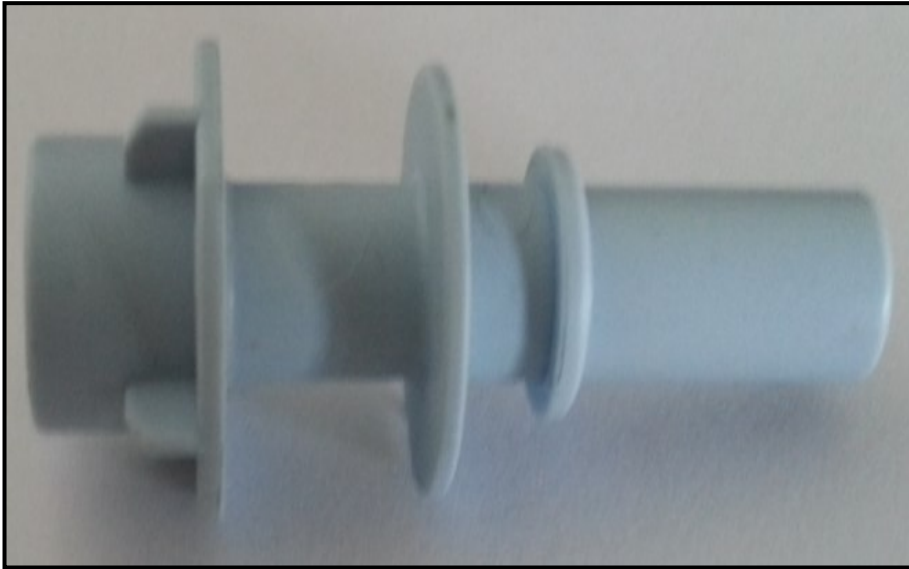
Şekil 3.2. Ø8 Konnektör (180°)



Şekil 3.3. Ø8 Konnektör (115°)



Şekil 3.4. Ø8 Konnektör (90°)



Şekil 3.5. Ø8 Fitting (90°)

3.2. Yöntem

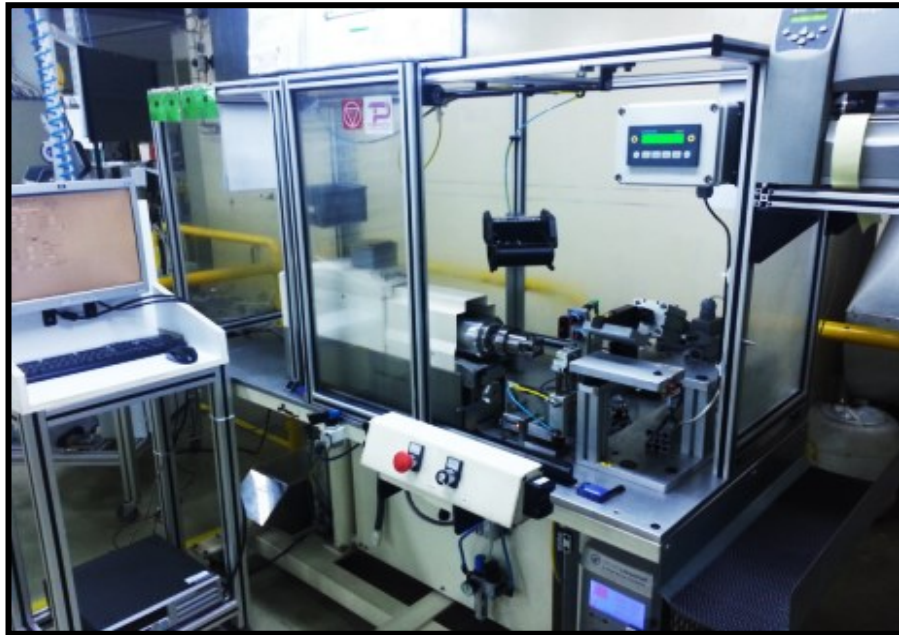
Bu tez çalışmasında yakıt borularında olası bir yakıt kaçağını önlemek amacı ile yapılan istatistiksel süreç kontrol yöntemi araştırılmıştır.

3.2.1. Kullanılan araç-gereçler

Çalışmada kullanılan başlıca ekipmanlar, sürtünme kaynak makinası, optik mikroskop, sürtünme kaynak montaj seti-kafası, sızdırmazlık makinası, çekme test makinası, patlatma test cihazı, şok testi aleti, masaüstü bilgisayar, yazıcı, laser ve varlık yokluk sensörleri, operatör panelidir.

3.2.1.1. Sürtünme kaynak makinası (Spinwelding machine)

Spinwelding, döner kaynak anlamına gelmektedir. Spinwelding prosesinde, aynı simetri eksen üzerinde döner hareket yapan termoplastik parçaların sürtünmeden kaynaklanan ısı enerjisi kullanılır. Termoplastik parça dönerken, kaynak makinası aksenal sabit basınç uygulayarak ortaya çıkan enerji ile montaj işlemini gerçekleştirir, Şekil 3.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Spinwelding makinası

3.2.1.2. Optik mikroskop

Malzemenin mikroyapısını incelemek için kullanılan en yaygın araçtır, Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.

Sürtünme kaynağı olmuş parçaların mikroyapıları bu cihaz ile kontrol edilir.



Şekil 3.7. Optik mikroskop

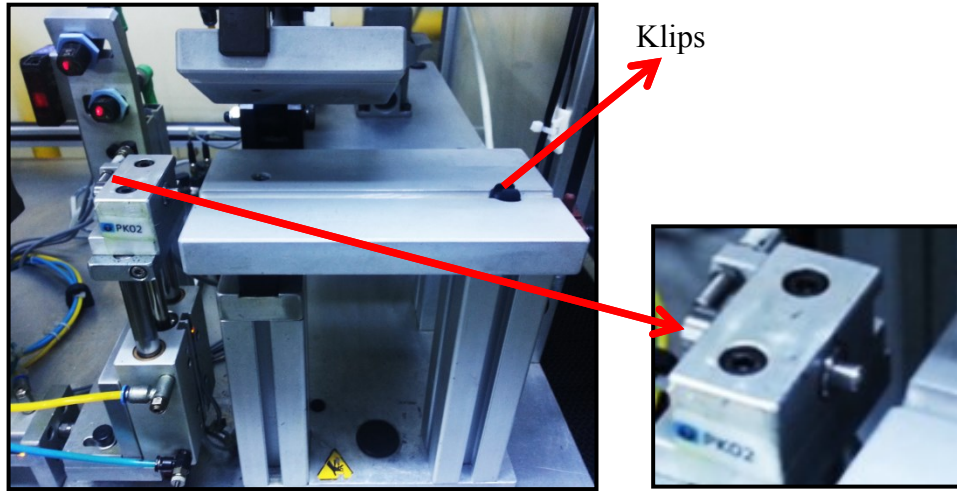
3.2.1.3. Sürtünme kaynak montaj seti

Spinwelding montaj çene takımı formajlı ve düz borular için formlu ve düz kanallı olarak işlenebilir. Ancak düşük hurda oranı için düz boruların montaj işlemini yapmak faydalı olmaktadır. Boruların kaynak işlemi sırasında gelen eksenel kuvvet sebebi ile çene kanalı içerisinde kaymaması için alt ve üst çene takımları kumlama işlemine tabi tutulmalıdır.

Üst çene kapandığında çene takımı, boru stoperi ve montaj kafası aynı ekseninde olmalıdır. Alt montaj çenesi profillerle esneme yapmaması için desteklenmelidir.

Alt çene üzerinde borunun uygun pozisyonda konumlanmasını sağlamak için klips bulunmalıdır.

Komponent ile borunun aynı ekseninde olmasının kontrolünü stoperdeki pim ile sağlanmalıdır. Şekil 3.8.'de gösterilmiştir.

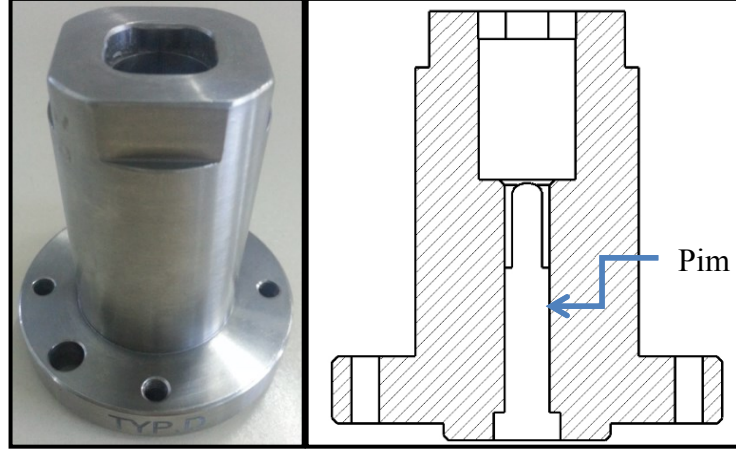


Şekil 3.8. Montaj çene takımı

3.2.1.4. Sürtünme kaynak montaj kafası

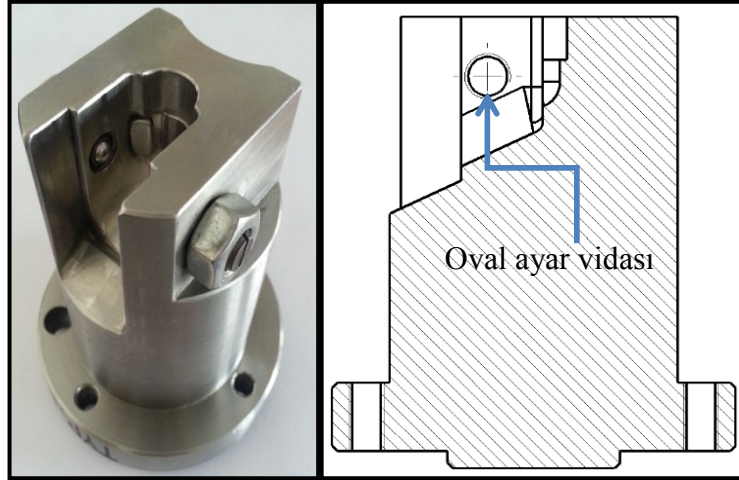
Makina kaynak işlemi sırasında yüksek devirlere çıkmaktadır (5500 dev/dk). Bu sebeple kafaların balans ayarı ve kafa üzerindeki gerekli boşaltmalar yapılmış olmalıdır ve sürtünme kaynak component kafaları titanyum malzemedan imal edilmelidir.

Yeni yapılacak olan kafa ölçüleri, diğer referansların ilerleme parametrelerine bakılarak, yeni program oluşturulmayacak şekilde imal edilmelidir.



Şekil 3.9. Titanyum komponent montaj kafası

Eksenleme problemi yaşanabilecek, 180° düz ve montaj kafası ile tam tutulamayan komponentlerde, kafa içerisine pim uygulaması yapılmalıdır, Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Titanyum açılı komponent montaj kafası

Açılı komponentlerde, komponentin montaj kafası içerisine tam olarak oturması ve makina yüksek devirlerde dönerken yerinden çıkmaması için oval ayar vidası (set screw) uygulaması yapılmalıdır. Montaj kafasındaki balansını minimuma indirmek için gerekli boşaltmalar yapılmalıdır, Şekil 3.10.'da gösterilmiştir.

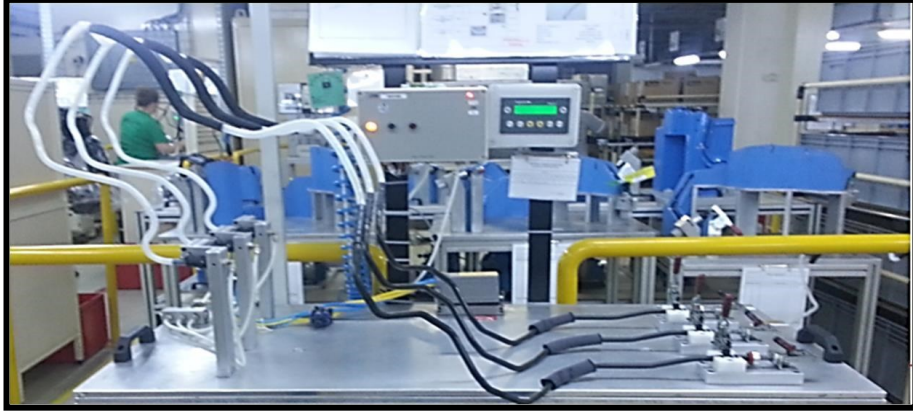
3.2.1.5. Sızdırmazlık makinası

Yakıt hortumlarının araçta sızdırma yapması durumunda karşılaşılabilecek sonuçlar oldukça tehlikelidir. Bu durum yakıt borularında emniyet ve yükümlülük karakteristiği ile vurgulanmıştır. Şekil 3.11.'de gösterilmiştir.

Olası bir sızdırma durumunda problemlili olan parçanın üretim hattından çıkmadan yakalanıp bloke edilebilmesi için müşteri spesifikasyonları gereği, içinden yakıt geçen bütün besleme boruları, dönüş boruları ve fren destek boruları seri üretim koşullarında % 100 kaçak testine tabi tutulurlar, Şekil 3.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Sızdırmazlık test makinası



Şekil 3.12. Sızdırmazlık test makinası parça üzeri gösterimi

3.2.1.6. Çekme test makinası

Kaynak işleminin uygun olup olmadığını doğrulamak için çekme testi uygulanır. Kaynak bölgesi 300 N 'luk çekme değerinin altında kopmamalıdır. Şekil 3.13.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Çekme test makinası

Çekme kuvveti uygulanarak koparılan boru, komponent içinden sıyrılıyor ise kaynak işlemi uygun değildir. Şekil 3.14.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.14. Numune parça kopma örnekleri

3.2.1.7. Patlatma test cihazı

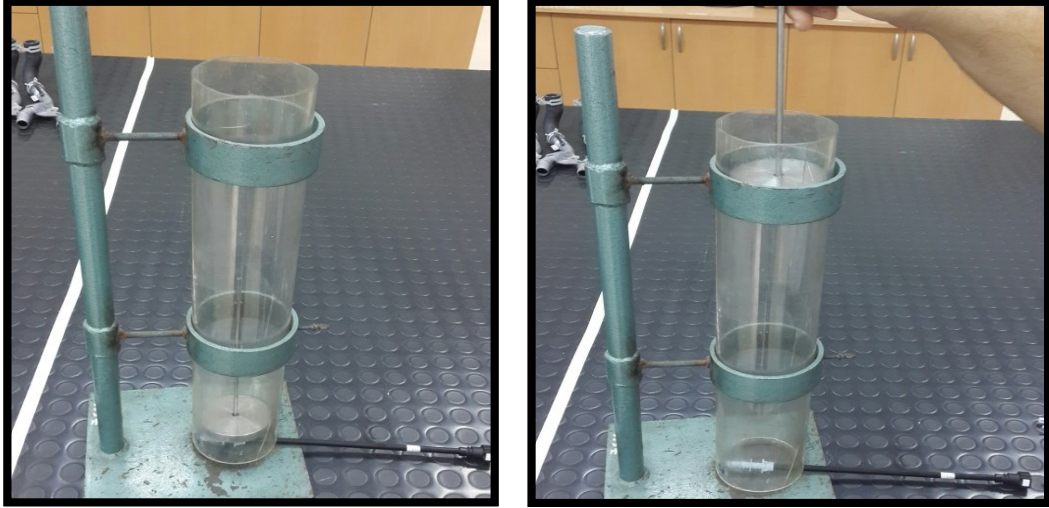
Kaynak işleminin uygun olup olmadığını doğrulamak için patlatma testi uygulanır. Patlatma testi boru patlayana kadar uygulanır ve kaynak bölgesinde herhangi bir bozulmanın olmaması beklenir (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Patlatma test cihazı

3.2.1.8. Şok testi aleti

Kaynak işleminin uygun olup olmadığını doğrulamak için şok testi uygulanır. Şok testi -30 derecede bekletilen numuneye 200 gram ağırlığındaki parça 50 cm yüksekliğinden atılır ve kırık veya çatlatılmaması beklenir (Şekil 3.16.).



Şekil 3.16. Şok testi yapılışı

3.2.1.9. Sürtünme kaynak bilgisayar-yazıcı adaptasyonu

Sürtünme kaynak makinasına gerekli olan kaynak parametre girişleri ve istatistiksel süreç kontrol takibi için "mecawınrk" programı kullanılır. Bu programın makina ve bilgisayar ile haberleşmesini sağlayan kablo için USB çevirici kullanılmadan direk bilgisayara bağlanması gerekmektedir.

Bilgisayar içerisindeki C://Mecavin klasöründe hangi kaynak programı kullanılıyor ise, aynı isimle kaynak verilerinin kayıt edildiği notpad dosyası bulunmaktadır. Bu dosya içerisindeki veriler kaynak işlemi yapılan ürünün kaynak parametreleri analizlerinde kullanılmaktadır.

Bilgisayarın makinadan gelen titreşimlerden etkilenmemesi için makina tablasından ayrı bir bölgede bulunması gerekmektedir. Şekil 3.17.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Örnek bilgisayar kurulumu

Kaynak işlemi bittikten sonra, bilgisayar içerisine kayıt edilen parametreler program tarafından kontrol edilir ve parametreler uygun ise parçanın "OK" olduğuna dair etiket "Label Printer" programı tarafından yazdırılır. Kaynak parametrelere göre uygun değil ise makina kendini kitler ve yazıcı etiket vermez. Şekil 3.18.'de gösterilmiştir.

Bu etiket boru üzerinde, form kalıbında herhangi bir radyüsle çakışmayacak noktaya yapıştırılır.

Etiket üzerinde parçanın kaynak numarası, üretildiği tarih ve saat ile "PART OK" yazısı yer almaktadır. Şekil 3.19.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.18. Yazıcı



Şekil 3.19. Parça üzerine yapıştırılan etiket

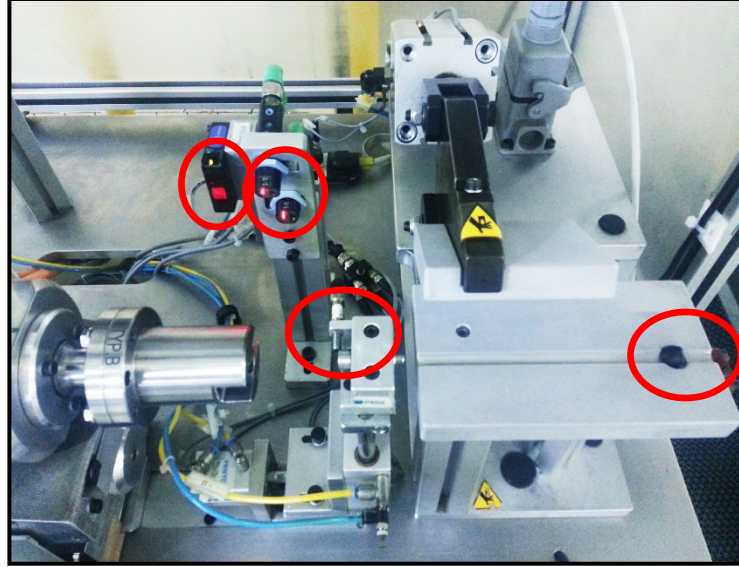
3.2.1.10. Lazer ve varlık yokluk sensörleri adaptasyonu

Makina ve montaj çenesi üzerinde prosesin doğru bir şekilde uygulanabilmesi için sensörler kullanılmıştır. Bu sensörler;

- Komponent konum sensörleri (Lazer): Bu sensörler ile komponentin montaj kafasına tam olarak takılıp, takılmadığı kontrol edilmektedir.

- Boru konum sensörü (Mesafe): Borunun kaynak işlemi için uygun pozisyonda konumlanmasını kontrol etmektedir. Bu sensör Height parametresini doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple pozisyonunun değiştirilmemesi gerekmektedir. Eğer sensör pozisyonu değiştirilirse tekrar analiz yapmak gerekmektedir.
- Boru varlık-yokluk sensörü (Mekanik): Borunun varlığının kontrol etmektedir (Şekil 3.20.).

Bu sensörler ve ek olarak çene pistonu sensörleri PLC ile kontrol edilmektedir ve herhangi bir uygunsuzlukta PLC ekranından ilgili sensör uyarısı görülmektedir.

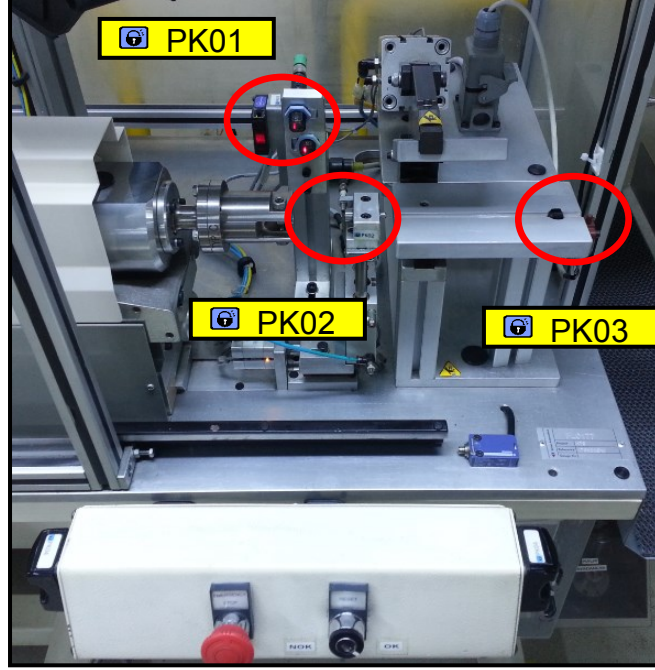


Şekil 3.20. Spinwelding makinasının üzerindeki sensörler

Spinwelding makinası üzerinde uygun üretim yapmak için Poka-Yoke hatasızlaştırma uygulamaları yapılmıştır.

Uygun komponent ve pozisyonu, uygun boru ve pozisyonu, uygun montaj kafası ve operatör güvenliği konularında aşağıdaki noktalara hatasızlaştırma noktaları yapılmıştır (Şekil 3.21.).

Ayrıca spinwelding makinası kendi sürücüsünde bulunan sensörler ile uygunsuz bir durumda kaynak işlemini durdurarak montaj sütununu geri çekmektedir.

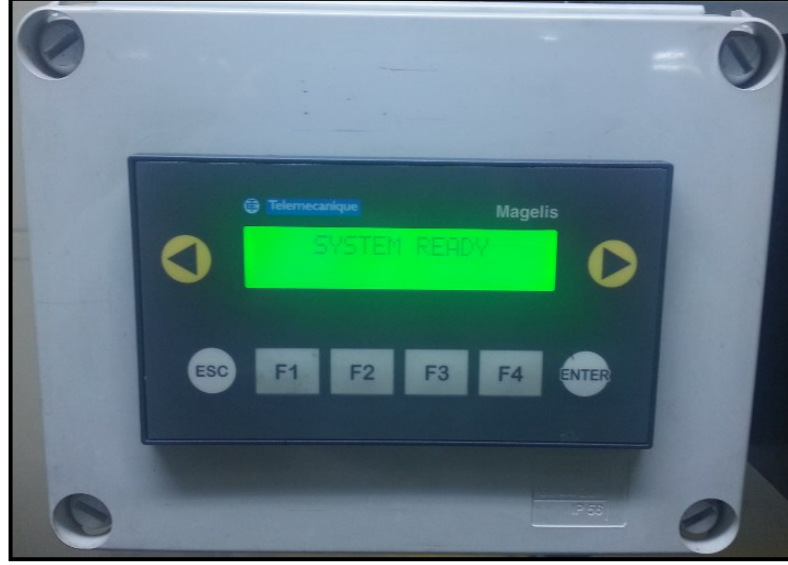


Şekil 3.21. Poka-Yoke noktaları

3.2.1.11. Operatör paneli ve kontrol butonları

PLC operatör paneli makina, komponent, boru ve sensörler ile ilgili bilgi vermektedir (Şekil 3.22.). Panel uyarıları;

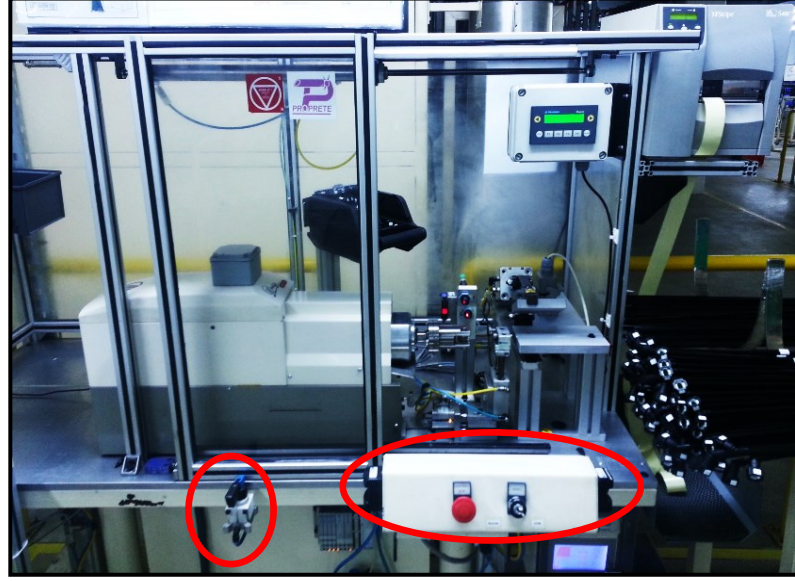
- Çift el butonları ile başlatma.
- Acil durdurma butonu basılı.
- Sistem çalışmaya hazır.
- Boru ve komponentin yerine takılması.
- Boru ve komponentin tam olarak yerine oturmaması.
- Kaynak işlemi sonunda parçanın alınması.
- Silindirlerin ileri limitinde olmadığını gösterir.
- Silindirlerin geri limitinde olmadığını gösterir.
- Kaynak işleminin uygun olmadığını gösterir.



Şekil 3.22. PLC kontrol ekranı

Makina üzerinde kaynak işlemi için ve makina konumu için butonlar bulunmaktadır. Bu butonlar ve özellikleri;

- Çift el butonu, aynı anda iki el ile dokunularak kaynak işleminin başlaması ile operatör güvenliğini sağlar.
- Acil durdurma butonu, herhangi bir istenmeyen durumda veya makina çalışmadığında basılarak prosesin durmasını sağlar.
- Anahtar, uygun olmayan parça makina tarafından kilitlenir ve kalite operatörü tarafından anahtar yardımıyla parça makina üzerinden alınır.
- Yükseklik anahtarı, makinanın operatörün rahat pozisyonda çalışabilmesi için yükseklik ayarında kullanılır (Şekil 3.23.).



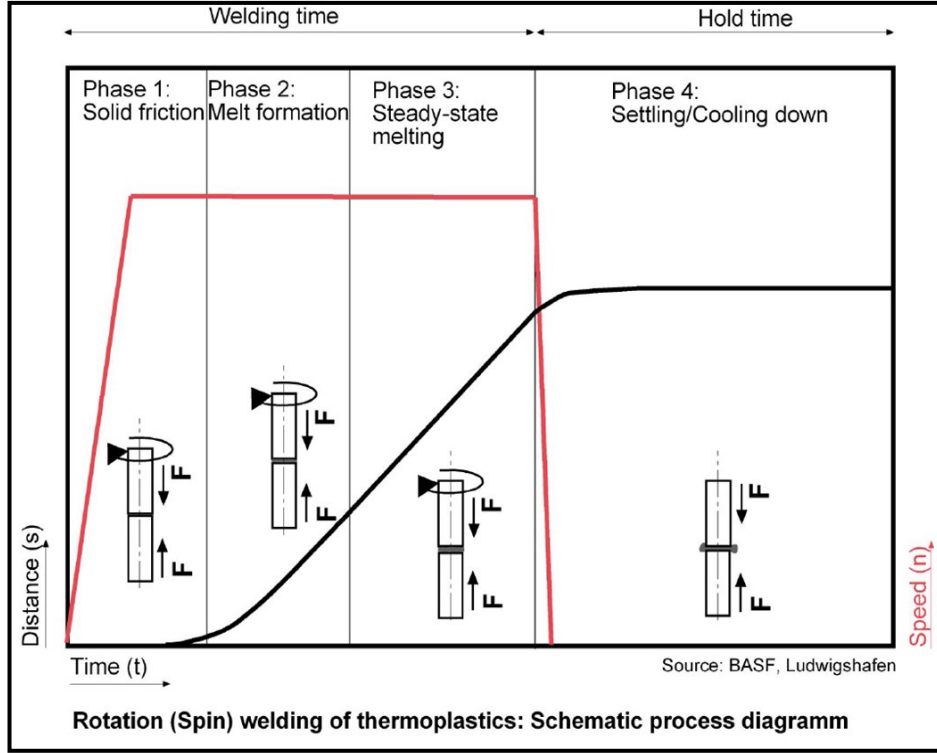
Şekil 3.23. Konum ve kontrol butonları

3.3. Analizler

3.3.1. Plastikboru ile komponentin kaynak bölgesi analizleri

Sürtünme kaynak prosesinde 4 faz bulunmaktadır. Bunlar;

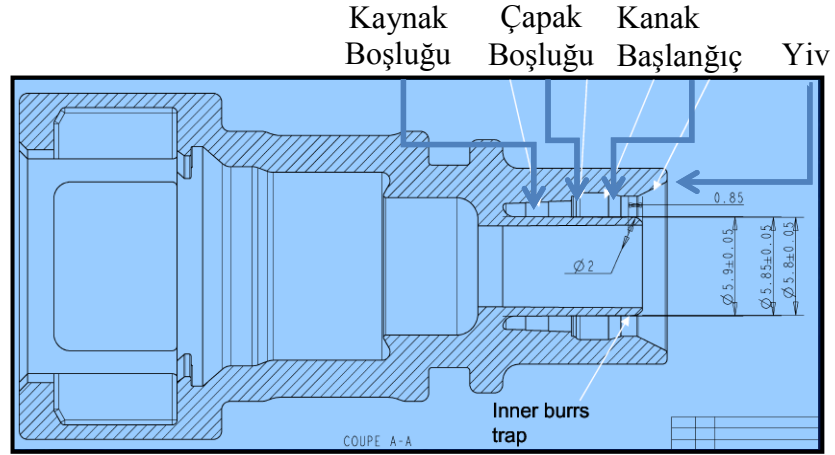
- Katı sürtünme: Yüzeyler temas eder ve kaynak ısısı oluşmaya başlar.
- Kaynak başlangıcı (Erime): Malzemenin artan erime formuna girer.
- Kararlı kaynak durumu: Hedeflenen kaynak mesafesi ve hızına ulaşılır.
- Bekleme ve soğuma: Sürücü durur fakat dikey basınç korunur ve katı birleşme oluşur (Şekil 3.24.).



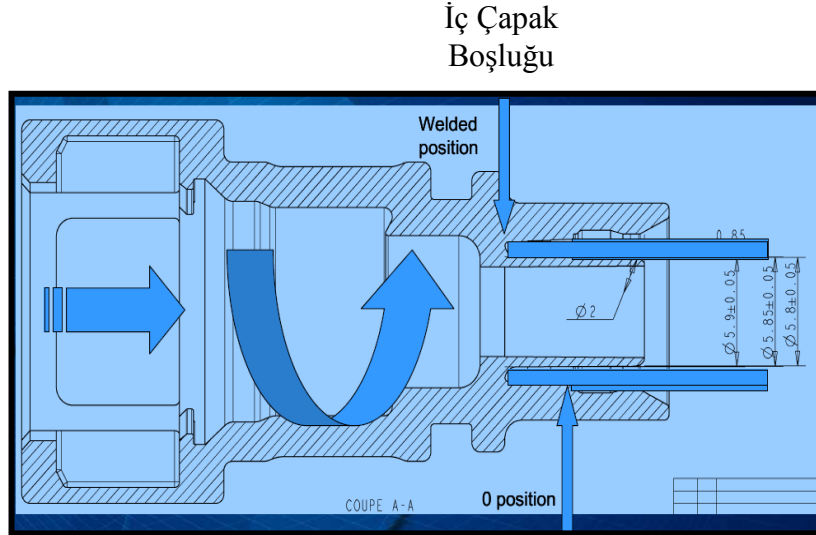
Şekil 3.24. Spinwelding sistematik proses diagramı

Komponent ile montajı yapılacak boru yiv yardımıyla component içerisine yönlendirilir. Kaynak başlangıcı noktasında aksenal kuvvet artınca component dönmeye başlar ve kaynak işlemi gerçekleşir.

Kaynak boşluğuna ergiyen malzeme dolar ve katılarak montaj işlemi gerçekleşmiş olur. İç ve dış çapak boşluklarına, eğer proses sırasında oluşmuş ise çapaklar dolar (Şekil 3.25. , Şekil 3.26.).



Şekil 3.25. Kopmenant ile borunun kaynak bölgesi resmi



Şekil 3.26. Kopmenant ile borunun kaynak bölgesi resmi

3.3.2. Spinwelding kaynak parametreleri ve analizleri

Spinwelding prosesinde, kaynak işleminin kontrol edildiği 6 temel parametre bulunmaktadır. Bu parametreler "cpk" analizi ile 60'ar adet numune üzerinden hesaplanarak belirlenir.

- Pressure: Kaynak işleminin gerçekleştiği basıncı belirtir.
- Time: Kaynak işleminin gerçekleştiği toplam süreyi belirtir.

- Travel: Kaynak işleminin gerçekleştiği kaynak mesafesini belirtir.
- Height: Montaj kafası ile beraber makinanın toplam ilerlemesini belirtir.
- Fusion: Kaynak hızını belirtir (Sabit parametre).
- Energy: Kaynak işleminde harcanan toplam enerjiyi belirtir. (Sabit parametre) (Şekil 3.27. , Şekil 3.28.).

MECAWINRKI V1.0x - [exemple.pgm]

File Windows Password About...

05.11.2012 09:35:40

Generalities MCRI program nbr : 1 Cycles nbr : 1
 MCRI mode : Standard Reject nbr : 0
 Part position : 85,55 mm
 Other parameters

Weld
 Motor start : After contact 0,2 s
 Motor stop : Constant travel 3 mm
 2nd speed 20 mm
 Encoder sensitiveness : 10 *10 ms
 Cooling time : 1,5 s

Motor
 Speed rotation : 5500 tr/min
 Top index : 0 °
 Bottom index : 0 °
 Rotating way : Opposite direction
 Loading : Top loading

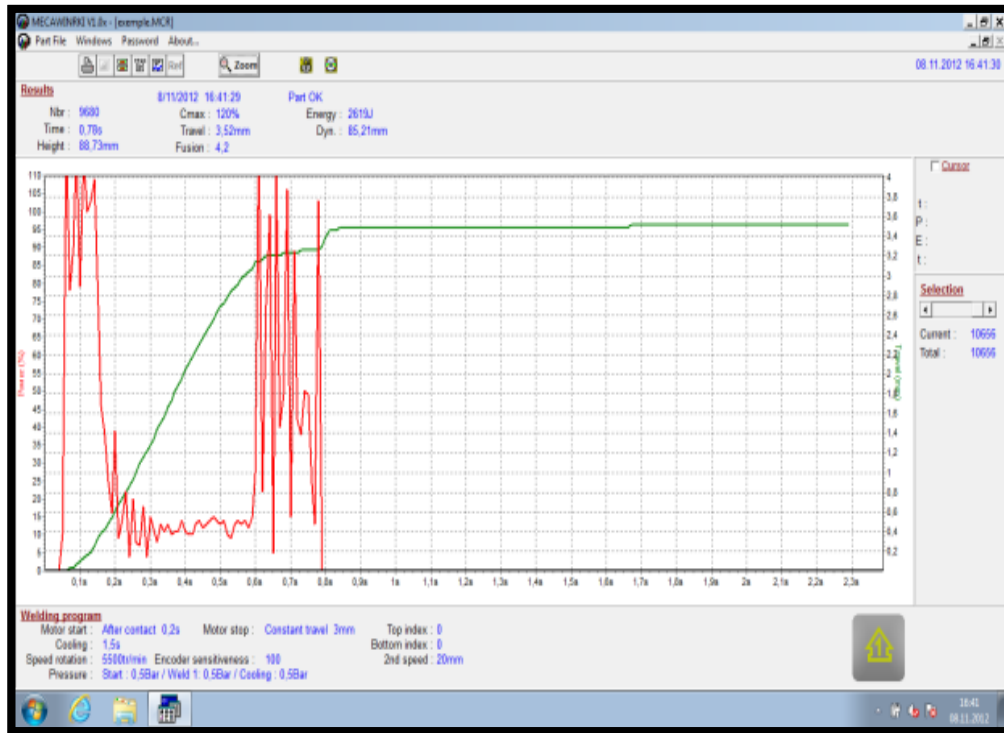
Pressures
 Start : 0,5 Bar Cooling : 0,5 Bar
 Weld 1 : 0,5 Bar Head up : Bar

Weld parameters
 0,4 s < Time < 1,5 s
 3 mm < Travel < 4,17 mm
 87 mm < Height < 108 mm
 0 % < Current < 110 %
 2000 J < Energy < 3500 J
 3 < Fusion < 9

Counters
 Rejects : 0 each 1000 parts
 Successive rejects : 0
 Production stop : 0

Note
 L-bracket : 0 Nest : 10000 Other : 0 Motor : MSK 040C
 Driver : 4 Mould : 0 Hyd. damper : 0 Cylinder diameter : 40 mm

Şekil 3.27. Spinwelding programı arayüzü

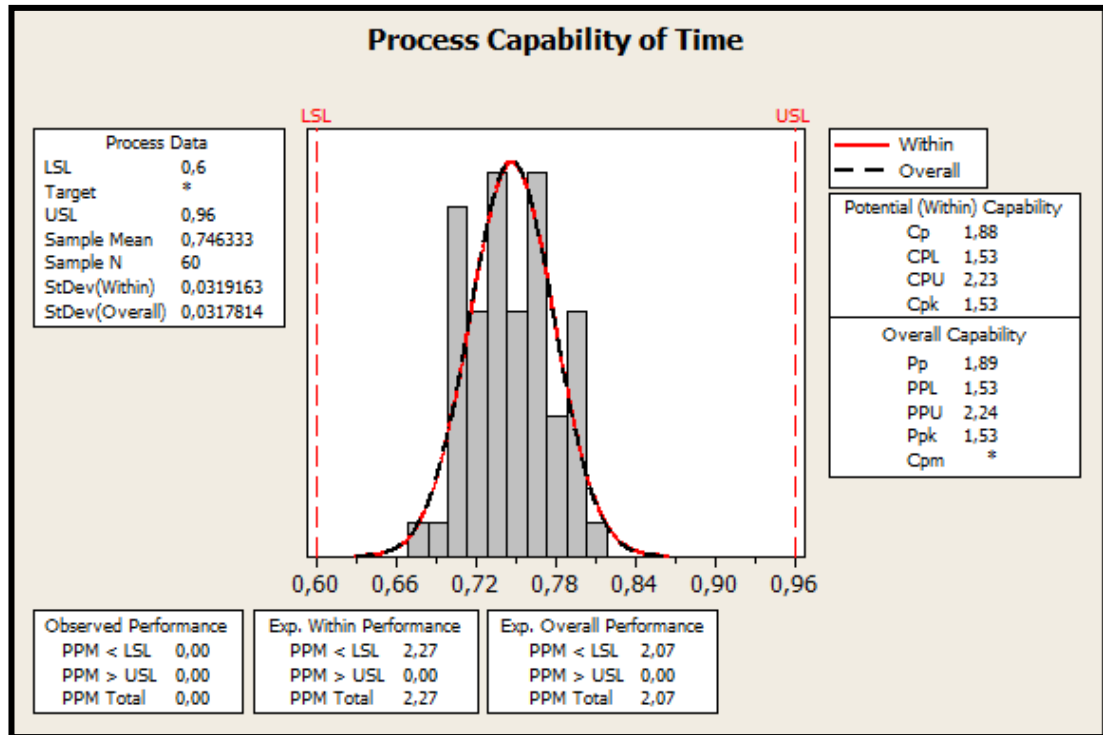


Şekil 3.28. Spinwelding kaynak parametreleri arayüzü

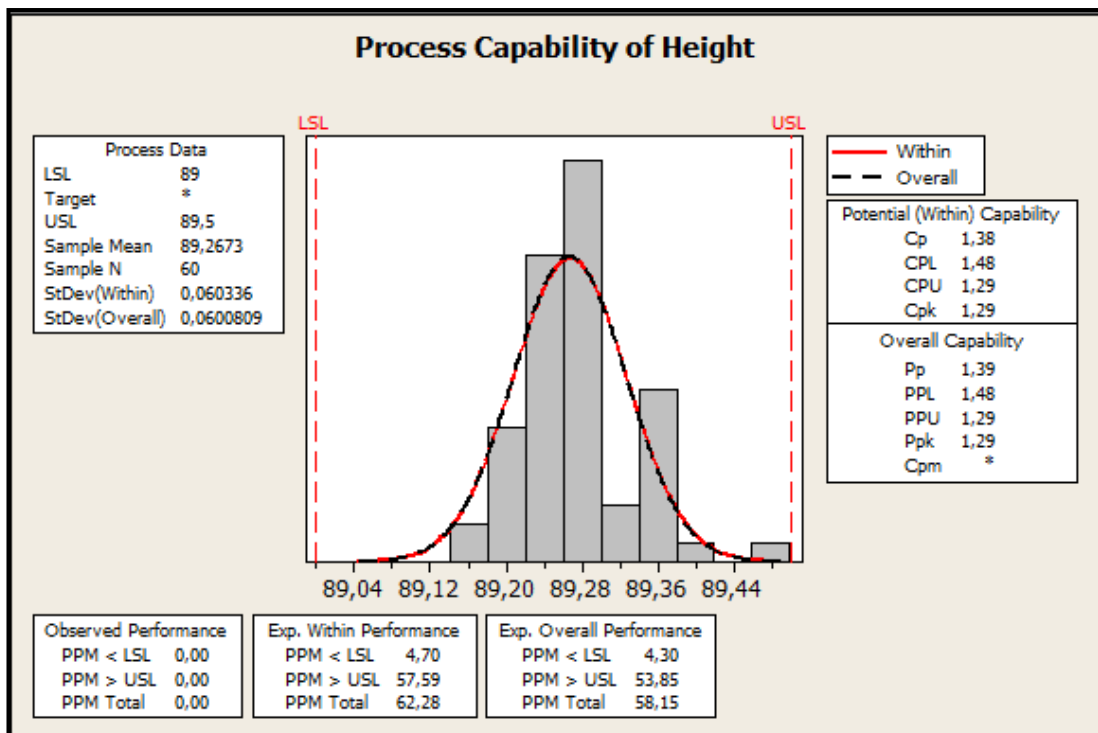
3.3.3. İstatiksel süreç kontrolününün sürtünme kaynak makinası analizleri

Sürtünme kaynak makinası (Spinwelding machine) son derece hassas bir makina olduğu için parametreleri her hafta düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Makinadan alınan 60 parçanın verisi ile kapabilite çalışması yapılmalı ve bir önceki hafta ile kıyas yapılmalıdır (Şekil 3.29. - Şekil 3.31.).

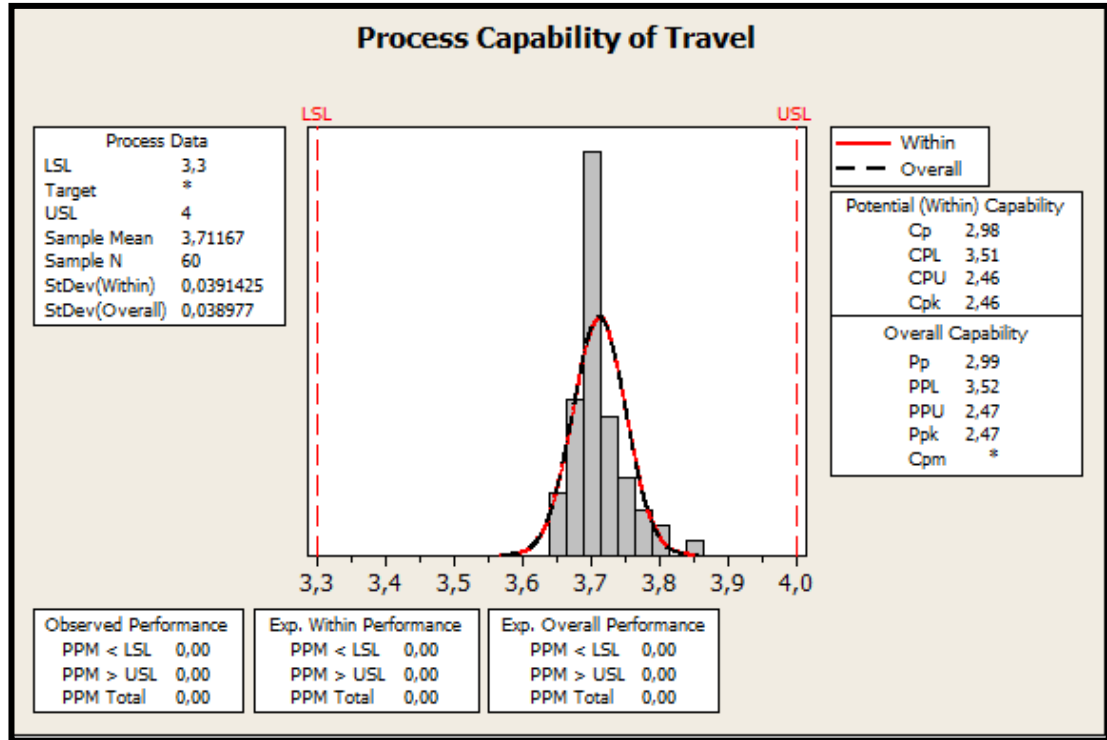
- Zaman; Kaynak yapılan süresi belirtir. Yapılan validasyon çalışmaları neticesinde bu kaynak parametreleri 0,60 sn - 0,96 sn arasında olmalıdır.
- Makina ilerleme; Servo motorlu makinanın toplam ilerlemesini belirtir. Yapılan validasyon çalışmaları neticesinde bu kaynak parametreleri 89 mm - 89,5 mm arasında olmalıdır.
- İlerleme; Boru ile komponent kaynağa başladığı andan itibaren montaj kafasının yaptığı ilerlemeyi belirtir. Yapılan validasyon çalışmaları neticesinde bu kaynak parametreleri 3,3 mm - 4 mm arasında olmalıdır.



Şekil 3.29. Kapabilite analizi zaman (09.05.2016)



Şekil 3.30. Kapabilite analizi makina ilerleme (09.05.2016)



Şekil 3.31. Kapabilite analizi ilerleme (09.05.2016)

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Parametre Aralığı Validasyon Çalışmaları

Uygun parametreler, numune parçaları çekme testi, sızdırmazlık testi, şok testi, patlatma testi, enine kesit alınmış numunelerin görsel kontrollerinden sonra belirlenmiştir.

Numune parçalar incelendiğinde (Tablo 4.1. - Tablo 4.3.)’deki 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 15, 16 ve 17. numune doğru kaynak olmuştur. Fakat parametreler dışında olan 1, 6, 7, 8, 12, 13, 14 ve 18. numune fazla veya eksik kaynak sebebiyle uygunsuz kaynak tespit edilmiştir.

Tablo 4.1. Validasyon parametre çalışmaları (Zaman)

Numune Parçalar	Zaman	İlerleme	Makina İlerleme
1.Parça	0,5sn	3,5mm	89mm
2.Parça	0,6sn	3,6mm	89,2mm
3.Parça	0,7sn	3,6mm	89,2mm
4.Parça	0,8sn	3,5mm	89,2mm
5.Parça	0,96sn	3,6mm	89mm
6.Parça	1sn	3,6mm	89mm

Tablo 4.2. Validasyon parametre çalışmaları (İlerleme)

Numune Parçalar	Zaman	İlerleme	Makina İlerleme
7.Parça	0,7sn	2,3mm	89mm
8.Parça	0,82sn	2,8mm	89,3mm
9.Parça	0,66sn	3,3mm	89,3mm
10.Parça	0,63sn	3,8mm	89,1mm
11.Parça	0,72sn	4mm	89mm
12.Parça	0,9sn	4,4mm	89,5mm

Tablo 4.3. Validasyon parametre çalışmaları (Makina ilerleme)

Numune Parçalar	Zaman	İlerleme	Makina İlerleme
13.Parça	0,63sn	3,5mm	88,5mm
14.Parça	0,7sn	3,3mm	88,7mm
15.Parça	0,87sn	3,9mm	89mm
16.Parça	0,74sn	3,5mm	89,2mm
17.Parça	0,67sn	3,4mm	89,5mm
18.Parça	0,74sn	0,74sn	89,2mm

4.2. Sürtünme Kaynağı Numune Parçalarının Test Sonuçları

Renault 34-04-892 şartnamesine göre yapılan testler (çekme testi, sızdırmazlık testi, şok testi, patlatma testi, enine kesit alınmış numunelerin görsel kontrolleri ve optik mikroskop görüntüleri) şeklinde kontrol edilir.

4.2.1. Belirlenen parametrelerin sızdırmazlık test sonuçları

Numune parçalara sızdırmazlık testi yapılmıştır ve olumlu sonuç alınmıştır (Tablo 4.4.).

Tablo 4.4. Sızdırmazlık test sonuçları

Standart	İstenilen	PA12 SONUÇ	MLT SONUÇ
7,7 bar. 23°C	Kaçak yok	Geçer	Geçer
10 bar. 23°C	Kaçak yok	Geçer	Geçer
- 950 mb. 23°C	Kaçak yok	Geçer	Geçer

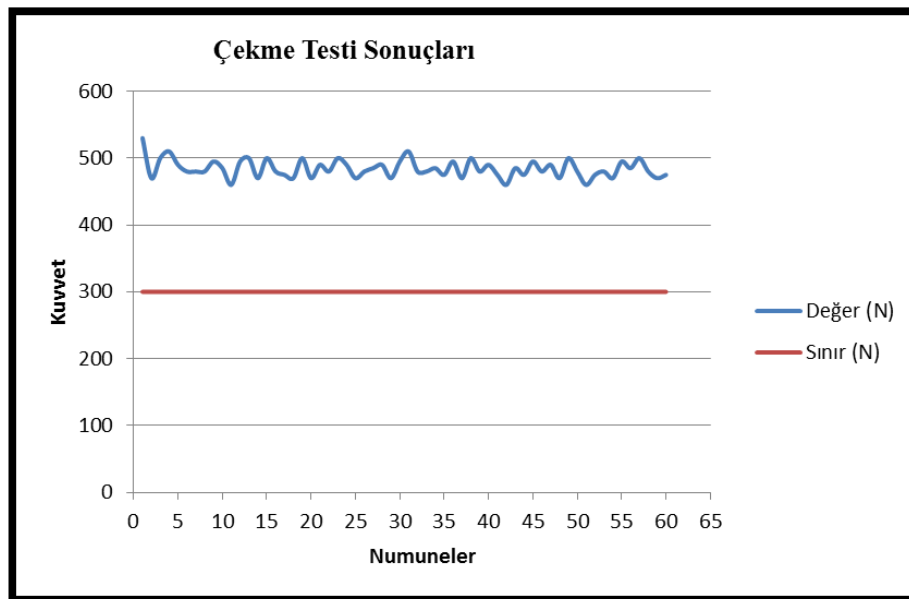
4.2.2. Belirlenen parametrelerin çekme test sonuçları

Kaynak bölgesi 300 N'luk çekme değerinin altında kopmamalıdır. Numune parçalara çekme testi yapılmıştır ve olumlu sonuç alınmıştır (Tablo 4.5.).

Tablo 4.5. Sızdırmazlık test sonuçları

Standart	İstenilen	PA12 SONUÇ	MLT SONUÇ
23°C	>25daN	50 daN ' da boru koptu	49 daN' da boru koptu
130°C	>12daN	27.3 daN' da boru koptu	33.5 daN' da boru koptu

Numune parçaların çekme test grafiği gösterilmiştir (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Çekme test sonuçları



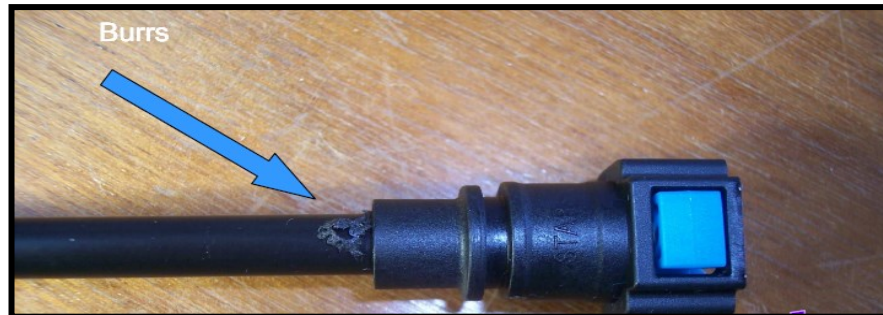
Şekil 4.2. Numune parça kopma örnekleri

4.2.3. Belirlenen parametrelerin patlatma test sonuçları

Numune parçalara patlatma testi yapılmıştır ve olumlu sonuç alınmıştır (Tablo 4.6.).

Tablo 4.6. Patlatma test sonuçları

Standart	İstenilen	PA12 SONUÇ	MLT SONUÇ
23°C	>30daN	68 daN ' da boru patladı	68 daN ' da boru patladı
125°C	>18daN	27.3 daN' da boru patladı	33.5 daN' da boru patladı



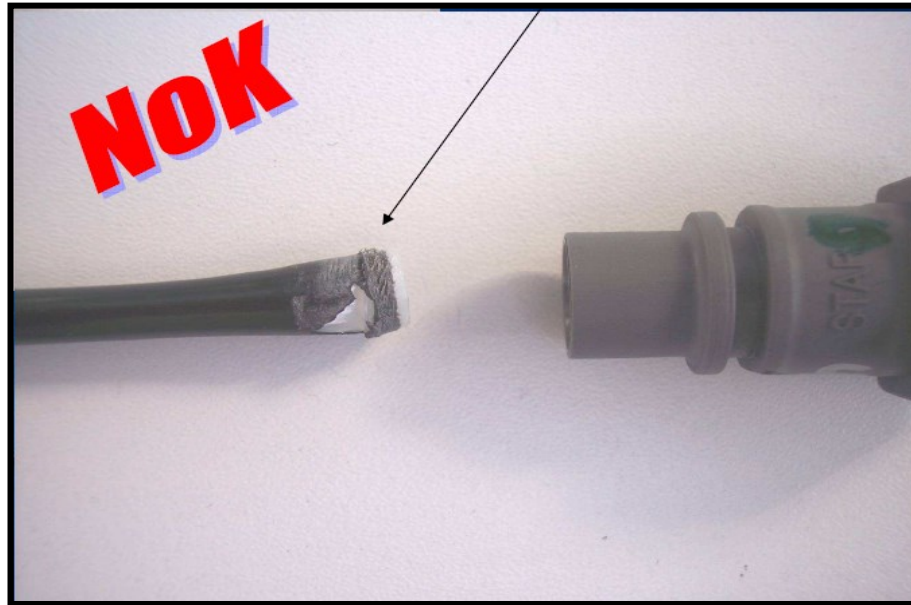
Şekil 4.3. Numune patlatma testi örnekleri

4.2.4. Belirlenen parametrelerin şok test sonuçları

Numune parçalara şok testi yapılmıştır ve olumlu sonuç alınmıştır (Tablo 4.7.).

Tablo 4.7. Şok test sonuçları

Standart	İstenilen	PA12 SONUÇ	MLT SONUÇ
7,7 bar. 23°C	Kaçak yok	Geçer	Geçer
C/200 g/50cm/-30°C	Kırılma ve çatlama yok	Geçer	Geçer



Şekil 4.4. Şok testi uygun olmayan parça örneği

4.2.5. Enine kesit alınmış numunelerin görsel kontrolleri

Validasyon çalışmaları ve görsel kontrol için numune parçaların kesit görüntüleri aşağıdadır (Şekil 4.5. -Şekil 4.8.).



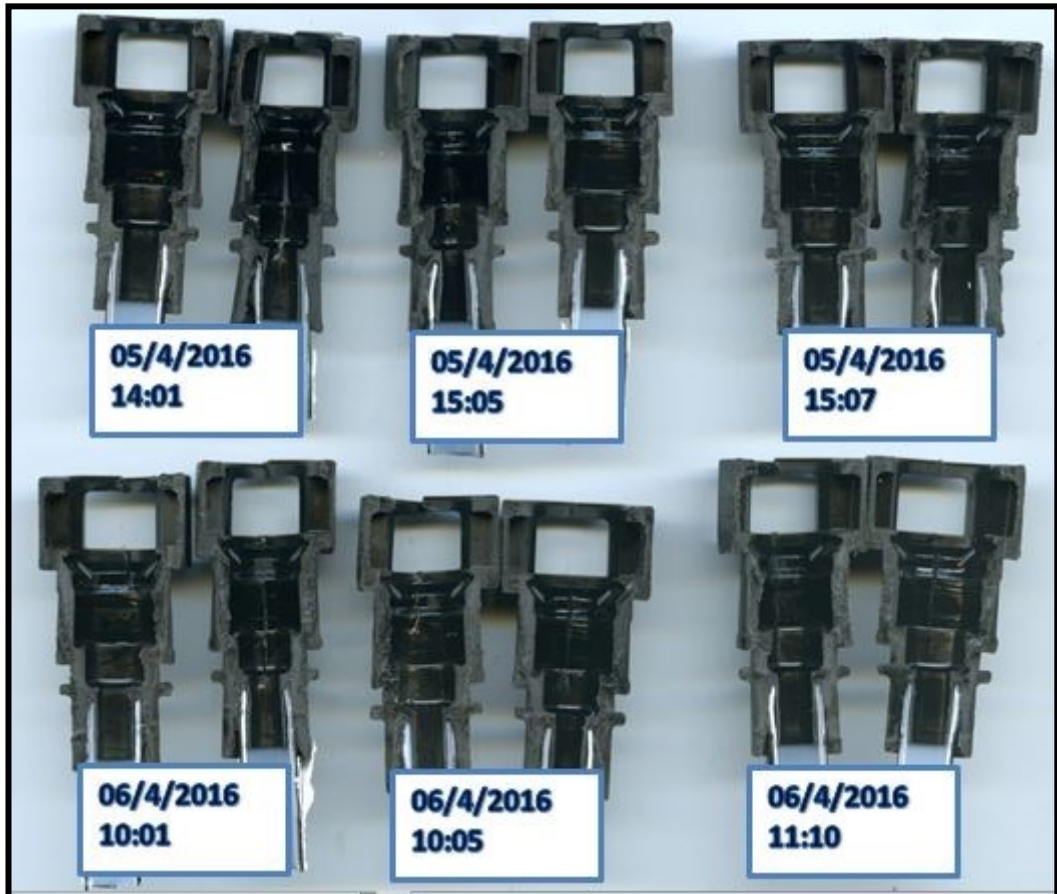
Şekil 4.5. Enine kesit alınmış numuneler



Şekil 4.6. Enine kesit alınmış numuneler



Şekil 4.7. Hatalı kaynak numune örneği



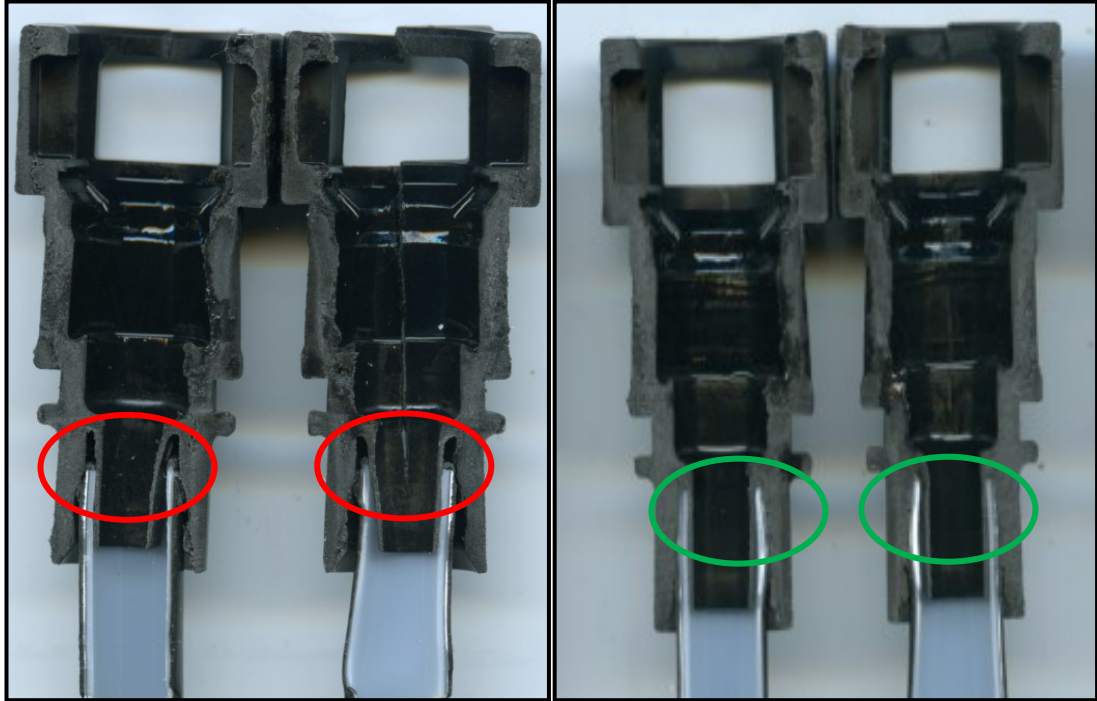
Şekil 4.8. Parametreler düzenlendikten sonra yapılan görsel kontrol

4.2.6. Numunelerin mikroskop ölçümleri ve resimleri

Sürtünme kaynak prosesinin uygun olabilmesi için ergiyen malzemenin kaynak boşluğunu tam olarak doldurması gerekmektedir.

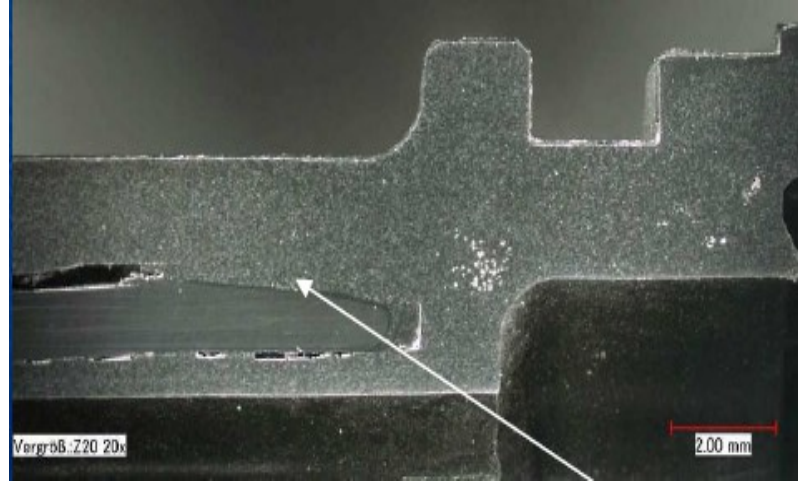
Boru kaynak başlama noktasından önce aksel başka bir kuvvet ile karşılaşırsa kaynak işlemi erken başlar ve kaynak boşluğu dolmaz. Kaynak tam olarak gerçekleşmemiş olur ve montaj sonrası kaynak bölgesinde kaçak oluşur.

Kaynak işleminin OK veya NOK koşulları, kaynak programındaki parametreler ile kontrol altına alınabilmektedir (Şekil 4.9.).



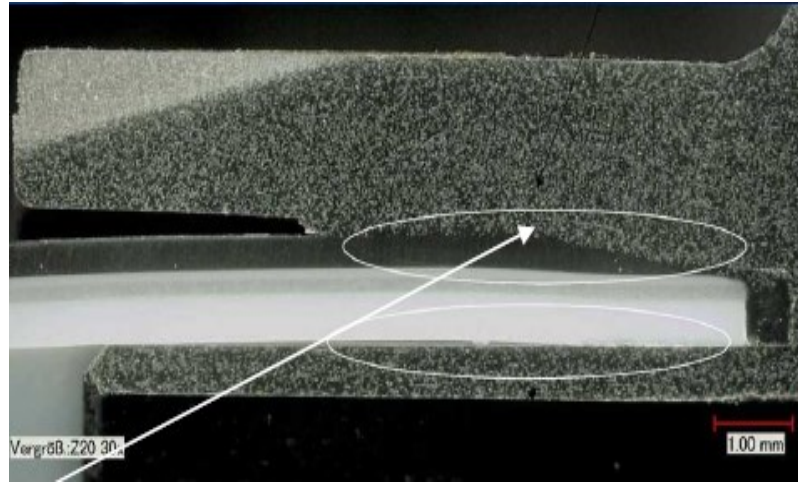
Şekil 4.9. NOK ve OK Parça örneği

Uygun numunenin mikroskop görüntüsü Şekil 4.10.'de gösterilmiştir.



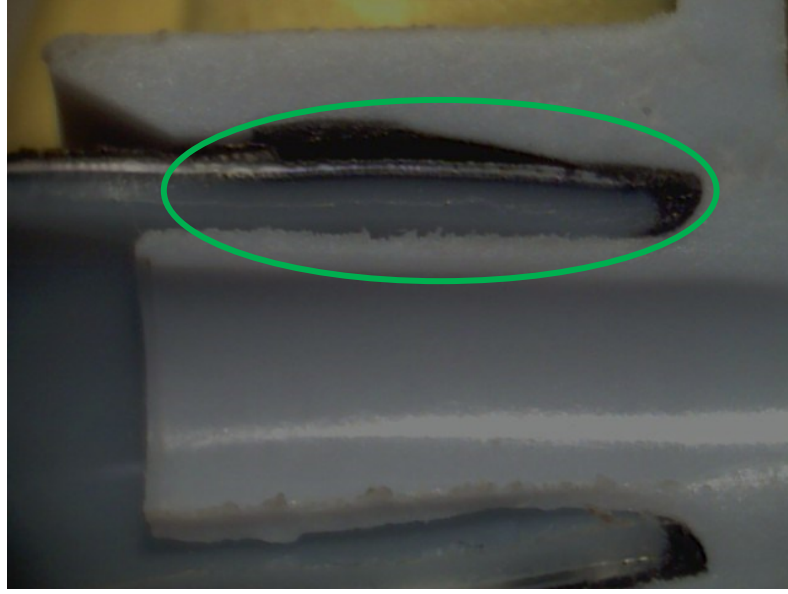
Şekil 4.10. PA12LX9013 Kaynak bölgesi

Uygun numunenin mikroskop görüntüsü Şekil 4.11.'de gösterilmiştir.



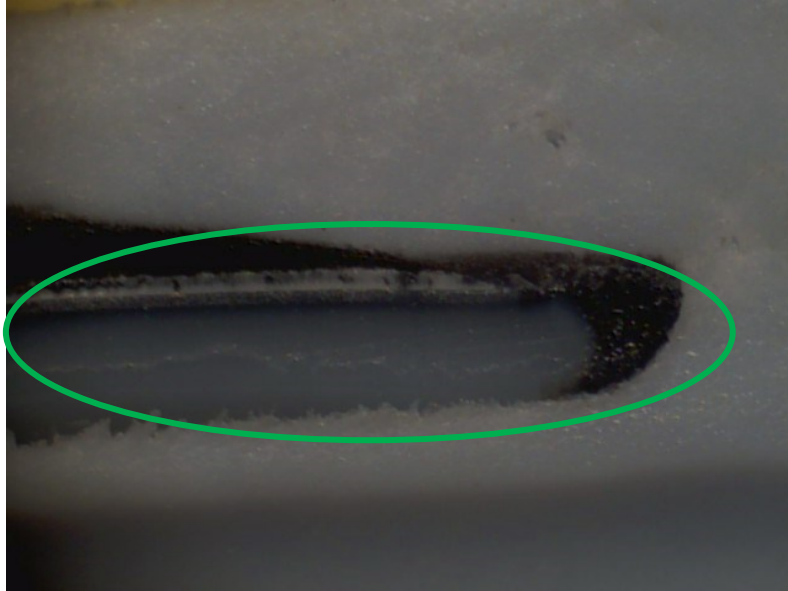
Şekil 4.11. MLT 4300 Kaynak bölgesi

Uygun numunenin mikroskop görüntüsü Şekil 4.12.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Uygun kaynak bölgesi

Uygun numunenin mikroskop görüntüsü Şekil 4.13.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Uygun kaynak bölgesi

Uygun olmayan numunenin mikroskop görüntüsü Şekil 4.14.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Uygun olmayan kaynak bölgesi

Uygun olmayan numunenin mikroskop görüntüsü Şekil 4.15.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Uygun olmayan kaynak bölgesi

Uygun olmayan numunenin mikroskop görüntüsü Şekil 4.16.'de gösterilmiştir.



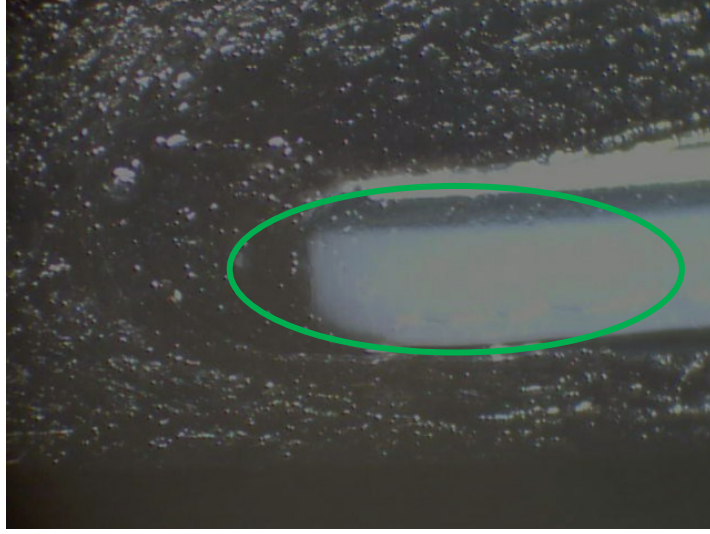
Şekil 4.16. Uygun olmayan kaynak bölgesi

Uygun numunenin mikroskop görüntüsü Şekil 4.17.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.17. Uygun kaynak bölgesi

Uygun numunenin mikroskop görüntüsü Şekil 4.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.18. Uygun kaynak bölgesi

Uygun numunenin mikroskop görüntüsü Şekil 4.19.'de gösterilmiştir.

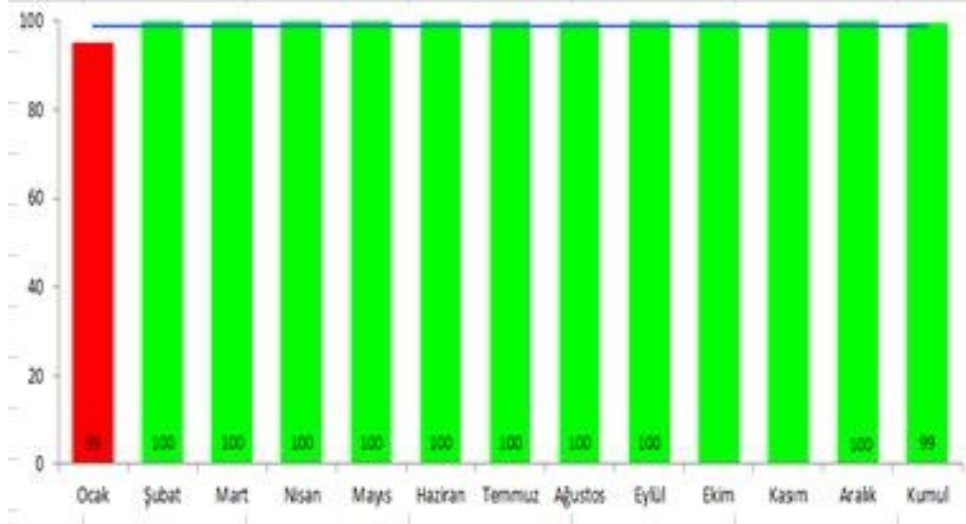


Şekil 4.19. Uygun kaynak bölgesi

4.3. Üretim Kapasite Ve Hurda Analizi

Firmalar ancak kapasiteleri ölçüsünde üretim yapabilirler. Dolayısıyla ancak kapasiteleri doğrultusunda satış yapıp karlar elde edebilirler.

Yapılan yalın üretim sonucunda üretimin 2016 yılındaki üretim kapasite oranlarını alttaki şekilde görebilirsiniz (Şekil 4.20.).

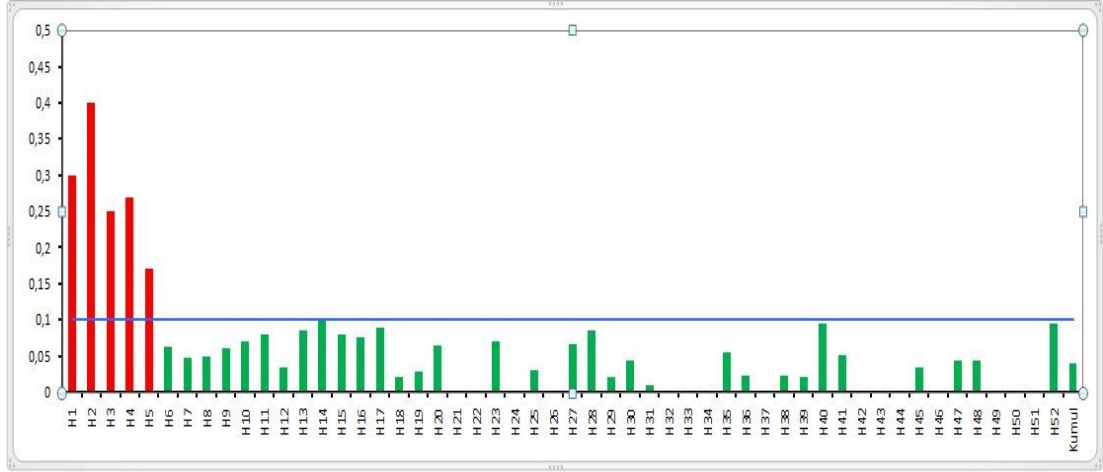


Şekil 4.20. Aylık üretim kapasite yüzde oranı

Şubat ayında başlanılan iyileştirme çalışmaları neticesinde üretimdeki kapasite artışı istenilen seviyelere ulaşmıştır.

Firmaların en çok üzerinde durduğu konulardan biride hurda oranlarında yapılan iyileştirmelerdir. Oluşan hurda da sadece malzeme kaybı değil aynı zamanda işçilik kaybıda mevcuttur. Bu nedenle hurda oranlarında yapılan iyileştirmeler firma için büyük kazanç sağlar.

Yapılan yalın üretim sonucunda 2016 yılındaki üretim hurda oranlarını haftalık dağılımlarını alttaki şekilde görebilirsiniz (Şekil 4.21.).



Şekil 4.21. Haftalık üretim hurda oranı

BÖLÜM 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında yakıt borularında olası bir yakıt kaçağını önlemek amacı ile yapılan iyileştirme çalışmaları araştırılmıştır.

Belirlenen parametredeki parçalar deneysel testler ile (çekme testi, sızdırmazlık testi, şok testi, patlatma testi, enine kesit alınmış numunelerin görsel kontrolleri ve optik mikroskop görüntüleri) uygunluğu gözlemlenmiştir.

Hatasızlaştırma çalışmaları yapıldığında ve makina kaynak parametreleri belirli aralıklara sabitlendiğinde kaynak prosesinin maksimum verimde çalıştığı gözlemlenmiştir.

Yapılan istatistiksel süreç kontrol çalışmaları ile kaynak prosesinin doğruluğunun devamlılığı sağlanmıştır.

Sürtünme kaynak makinasındaki iyileştirme çalışmaları sonrasında haftalık hurda ve üretim kapasite oranlarında iyileşmeler görülmüştür.

Sonuç olarak çalışmamızdan elde edilen bilgiler şu şekilde özetlenebilir:

- Yapılan hatasızlaştırma çalışmaları (yalın üretim) ile üretim kapasite verimi artmış ve hurda oranı istenilen seviyelere çekilmiştir.
- Kaynak prosesinin belirli parametre aralığında çalışması ile olası kalite hatalarının önüne geçilmiştir.
- İstatistiksel proses kontrol çalışmaları ile hassas olan sürtünme kaynak prosesi kontrol altına alınmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] İrfan A. "Plastik Malzemelerin İşlenme Teknikleri" Ders Notları Balıkesir Üniversitesi, 1-19.
- [2] Selahattin A. "Termoplastik Malzemelerin Kaynağı", İstanbul 1991, 134-137.
- [3] Murat V. "Plastik Malzemeler ve Teknolojileri Konferansı" İstanbul 1999, 23-45.
- [4] RICHE, W. High Frequency Welding in Plastic Joining Technology. UWE, USA (1986), 50-75.
- [5] Sulazec A., "Thermal Effects In Friction Welding" Int. J. Mech. Sei. V32, N6, 1990,467-478.
- [6] Kang C. Y, North T.H., Perovic D.D. "Microstructural Features Of Friction Welded MA956 Superalloy Material" Metall. And Mater. Trans. A, V26A, 1996,4019-4029.
- [7] Gürleyik M., "Sürtünme Kaynağı yapılan Döküm Alaşımları" II. Kaynak Sempozyumu, İ.T.Ü. Kasım 1989, 231-241.
- [8] Moeim M.E.A., Nasser A.A., Serag S.M., Massey E.A.A., Suttan R.F., "Assesment Of Residual Stresses Of Nonferrous Tubes Joined By Friction Welding" Experi. Mech. 1986,62-65.
- [9] Kearas W. H. "Friction Welding" Welding Handbook, Miami 1982, 24-261.
- [10] Grewe K.J., "Friction Welding Takes On New Applications" Welding J., 1997, 39-40.
- [11] Montgomery, Douglas C. 1997. Introduction To Statistical Quality Control. Wiley, New York. 30-50.

ÖZGEÇMİŞ

Erol KASAP, 15.09.1991 de Kocaeli'nde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli'nde tamamladı. 2009 yılında 24 Kasım Anadolu Lisesinden mezun oldu, 2009 yılında başladığı SAÜ Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği Bölümünü 2013 yılında bitirdi. 2014 yılında Sakarya Üniversitesi İmalat Mühendisliği Yüksek Lisans Bölümüne girdi. 2014 – 2016 yılları arasında Nobel Automotive şirketinde Proje mühendis olarak çalıştı. Bu süre içerisinde şirketin yeni ürün projeleri yanısıra verimlilik projeleri ve toplam kalite yönetimi projelerinde aktif rol aldı. Şuan Nobel Automotive şirketinde Proje mühendisi olarak görevine devam etmektedir.