



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR OTOMOBİL FABRİKASI KAPORTA DEPARTMANI'NDA
KAYNAK PARAMETRE ÇALIŞMASI**

Umut İŞ

Doç. Dr. Rukiye ERTAN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA - 2017

TEZ ONAYI

Umut İŞ tarafından hazırlanan “BİR OTOMOBİL FABRİKASI KAPORTA DEPARTMANI’NDA KAYNAK PARAMETRE ÇALIŞMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü OTOMOTIV MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Rukiye ERTAN

Başkan : Doç. Dr. Rukiye ERTAN
Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Prof. Dr. Ali Rıza YILDIZ
Bursa Teknik Üniversitesi
Değa Bilimleri, Mimarlık ve Mühendislik Fakültesi
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Üye : Doç. Dr. Hande GÜLER ÖZGÜL
Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı



Yukarıdaki sonucu onaylarım


Prof. Dr. Ali BAYRAM
Enstitü Müdürü
14/09/2017

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

12.09.2017

Umut İŞ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR OTOMOBİL FABRİKASI KAPORTA DEPARTMANI'NDA KAYNAK PARAMETRE ÇALIŞMASI

Umut İŞ

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Rukiye ERTAN

Kaporta Departmanı bünyesinde manuel ve robot kalıplarında punta kaynak işleminin gerçekleştirilebilmesi için askılı kaynak makineleri ve/veya kaynak pensleri kullanılmaktadır. Farklı kalınlık ve özelliklerdeki bu sacların merkezin kaynak kalite normlarına göre punta operasyonunun sorunsuz sağlanması için mevcut kaynak makinelerinin parametre değerleri merkez tarafından belirlenmektedir ve kontrol edilmektedir. Bu parametrelerin yanlış uyarlanması sebebiyle imalat sürecinde yüksek enerji harcanması, aşırı çapak, yüksek çevrim süresi ve kalitesizlik gibi problemler ile karşılaşmaktadır. Tezin başlangıcında mevcut kaynak sürecini etkileyen parametrelerin kaynak kalitesine olan etkilerinin şiddeti bilinmemektedir. Ayrıca bu parametrelerdeki değişikliklerin kaynak kalitesine ve enerji tüketimine ne gibi farklılıklar yarattığı ile ilgili bir bilimsel çalışma bulunmamaktadır. Bu tez kapsamında punta kaynak süreci derinlemesine irdelenerek deney tasarımı ileri istatistiksel yöntemi kullanılarak kaynak süreci çıktıları (kalite, süre ve enerji maliyeti) etkileyen parametrelerin belirlenmesi ve bu parametrelerin oluşturduğu kaynak sürecinin matematiksel formülünün ortaya koyulması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Punta Kaynağı, deney tasarımı, kaynak parametresi
2017, vii + 45 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

WELDING PARAMETERS WORK IN THE BODY SHOP DEPARTMENT IN AN AUTOMOBILE FACTORY

Umut İŞ

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Otomotive

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Rukiye ERTAN

For welding application on manual and robotic fixtures in body shop department it uses welding machines and welding guns. To achieve a good quality results, welding parameters are defined by techno center according to norms. In case of using wrong parameters, it is possible to waste energy, to have too much projection and increase the operation time. The impact of welding parameters to the result does not know at the beginning of this study. Also there is no any study that shows the difference of energy and projection by changing these parameters. The target of this study is to define the welding parameters according to the quality level, operation time and energy cost by using desing of experiment.

Key words: Spot welding, desing of experiment, welding parameters
2017, vii + 45 pages.

ii
TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezimi hazırlamamda bana her türlü desteği sağlayan danışmanım Sn. Doç.Dr. Rukiye ERTAN'a şükranlarımı sunarım.

Deneysel çalışmalarım esnasında bana bilgisi ve desteğini esirgemedi yardımcı olan çalışma arkadaşım Sn. Serhat BAHÇETEPE'ye ve Sn. İsmail ÇAVUŞ'a çok teşekkür ederim.

Deney sonuçlarının Minitab programı ile analizi konusunda yardımcı olan çalışma arkadaşım Sn. Volkan ÇINAR'a ve yüksek lisans tez çalışmalarım süresince hep yanımda olan sevgili eşime ve çocuklarıma çok teşekkür ederim.

Umut İŞ
12.09.2017

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TEKNIĞI	3
2.1. Kaynak Tekniğinin Gelişimi	3
2.2. Kaynak Metalürjisi	4
2.2.1. Kaynak Kabiliyeti	4
3. NOKTA DİRENÇ KAYNAĞI	8
3.1. Nokta Direnç Kaynağının Önemi	8
3.2. Kaynak Prensipleri	9
3.3. Kaynak Aşamaları	10
3.4. Kaynak Ekipmanının Yapısı ve Özellikleri	13
4. DENEY TASARIM YÖNTEMİ	17
4.1. Deney Tasarımı	18
5. PUNTA KAYNAK MAKİNELERİNDE KAYNAK PARAMETRE OPTİMİZASYON ÇALIŞMASI	20
5.1. Projenin Amacı	20
5.2. Kaporta Departmanı Mevcut Durumun Analiz Edilmesi	21
5.3. Kaynak Kalitesini Etkileyen Parametreler	22
5.4. Deney Planı	24
5.5. Deneylerin Analiz Edilmesi	30
5.6. Konfirmasyon Deneylerinin Yapılması	37
5.7. Örnek Uygulama: Sol Ön Kiriş Birleştirme Postası	38
6. TARTIŞMA ve SONUÇ	39
KAYNAKLAR	41
EKLER	42
EK 1	42
ÖZGEÇMİŞ	45

iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
Ø	Çap

Kısaltmalar	Açıklama
ITAB	Isının Tesiri Altındaki Bölge
SOW	Stud on work
F	Mekanik enerji
I x t	Kalorifik enerji
I	Akım (Amper) (A)
d	Darbe (adet)
v	Trafo Voltajı
t	Kaynak süresi (cycle)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Kaynak kabiliyetinin temel faktörler ve özelliklerle ilişkisi	5
Şekil 3.1. Nokta direnç kaynağı	9
Şekil 3.2. Nokta direnç kaynağı oluşumu	9
Şekil 3.3. Yanaşma, Sıkma	11
Şekil 3.4. Kaynak	11
Şekil 3.5. Tutma	12
Şekil 3.6. Ayrılma	12
Şekil 3.7. Kaynak Ekipmanının Yapısı ve Özellikleri	13
Şekil 3.8. Askılı Kaynak Makinası	14
Şekil 3.9. Kaynak Pensi	15
Şekil 3.10. Kaynak Pens Tipleri (1)	16
Şekil 3.11. Kaynak Pens Tipleri (2)	16
Şekil 5.1. Tahribatlı kontrol öncesi 32 deneyin uygulandığı deney numuneleri	26
Şekil 5.2. Tahribatlı kontrol sonrası 32 deneyin uygulandığı deney numuneleri	27
Şekil 5.3. Tahribatlı kontrol sonrası 32 deneyin uygulandığı deney numuneleri	28
Şekil 5.4. Sol ön giriş birleştirme postası punta pozisyonları	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Kaynak Kabiliyetini Etkileyen Faktörler	6
Çizelge 5.1. Değişik kalınlıktaki sacların birleşimi için atılan punta sayıları	21
Çizelge 5.2. Punta kaynak makine parametreleri	25
Çizelge 5.3. 32 adet deney seti	25
Çizelge 5.4. 32 adet deney seti ve tahribatlı sonuçları	29
Çizelge 5.5. Faktöriyel regresyon analizi	30
Çizelge 5.6. Pareto diyagramı	31
Çizelge 5.7. Faktöriyel regresyon analizi	32
Çizelge 5.8. Deney tasarım analizi sonucunda elde edilen ÇAP formülü	32
Çizelge 5.9. Parametrelerin ikili etkileşimleri	33
Çizelge 5.10. Basınç ve akım parametrelerinin ikili etkileşimleri	34
Çizelge 5.11. Darbe ve akım parametrelerinin ikili etkileşimleri	35
Çizelge 5.12. Kaynama ve dövme parametrelerinin ikili etkileşimleri	36
Çizelge 5.13. 2 adet Konfirmasyon parametre seti	37
Çizelge 5.14. 2 Konfirmasyon - 1 parametre seti	38
Çizelge 6.1. Punta kaynak makinesi yeni parametre değerleri	39
Çizelge 6.2. Punta kaynak makinesi yeni parametre kazanç verileri	40

1. GİRİŞ

İnsanoğlu, metallerden pek çok senedir yararlanmaktadır. Metalin insan yararına kullanılması anlamında imal edildiği zaman hala belli değildir. Yapılmış olan bakır bileşimli araç gereçlerin keşfi sayesinde, metallerden ilkçağlardan itibaren yararlanıldığı görülmektedir. Metal ve metal birleşimi sonraki dönemlerde görülmektedir. Suriyeliler, günümüzden 3 500 sene önce demirci kaynağını bulmuşlardır. Mühendislik alanında gelişme ancak 19. yüzyılın başlarında gerçekleşmiştir. Makinaya dayanan endüstriyel anlamda hızlı değişim ile perçin ile birleştirme, vida ile birleştirme, lehim ile birleştirme ve kaynak ile birleştirme gibi yöntemlerin bulunması sağlanmıştır (Çil 2009).

Artık kullanılabilir anlamda birleştirme yöntemlerinin sayısı fazladır. Birleştirme yöntemlerinin en iyisini seçmek, birleştirilmenin nasıl yapılacağından daha önemli hale gelmiştir. Yaşadığımız devirde, dizayn alanında yetkili teknik personeller, birçok farklı uygun yöntem ile birleştirme yapılan pozisyon ile yüz yüze gelmektedir. Doğal olarak uygulanan bütün teknikler farklı özelliklere sahiptir. Optimum seçimin yapılması için eldeki birçok verinin değerlendirilmesi gerekir. İmal edilebilirliği, kullanım süresi, aşındırma dayanımı, ekonomiklik, dayanım gibi etkenlerin ehemmiyeti, dikkate alınan uygulamaya bağlıdır (Çil 2009).

Köprü dizaynı yapan bir mühendis, köprünün taşıyacağı tüm araçların farklı ağırlıklarını taşıyacak olan levha platformlarını birbirine bağlayacak teknikleri araştırır. Köprü platformunda hareket edecek araçların imalatçısı da imalatla tekrarlanabilirlik, uygun güvenilirlik ve artan imalat hızına ayak uyduracak uygun birleştirme yöntemlerini tasarlar. İş gücü anlamında önemli bir sorumluluk gerektiren bu metotlar, usta operatörler tarafından hayata geçirilmez. Uygun imalat düzeninin oluşturulması, takip edilmesi ve denetlenmesi için yetkin çalışan ihtiyacı ortaya çıkar. İstenilen durum tüm birleştirme tekniklerinin en hızlı şekilde yapılmasıdır. Ancak bu uygulamalar için de en büyük faktör değildir. Hakikatte ise mecburi olan bu angajmanların yerinde yapılmasıdır (Çil 2009).

Teknik resimlerde tasarlanan işlerin en az masraf ile üretilmesi, üretim teknolojisinin gayesidir. Konstrüksiyonun her anında kullanılan parçaların üretimine imkân sağlayan yöntemler ve doğal olarak da özellikler tespit edilir. Örnek olarak, parçanın malzemesi, üretim esnasındaki veya üretim sonrasındaki yüzeyin kalitesi, istenilen ölçü toleransları, parçanın ölçüleri ve üretim için gerekli ölçü aletleri verilebilir. Öncesinde, fabrikanın imkânları ölçüsünde parçanın üretimindeki ihtiyaç duyulan üretim yöntemlerinin tespiti yapılmalıdır (Çil 2009).

Genel anlamda, sıcaklık ve/veya basınç etkisiyle kalıcı bir şekilde metal olan iki malzemenin birleştirilmesine “kaynak” denir. Birleştirilen parçaların metal niteliklerinin tesiri önemlidir. Parametrik değişkenler birbirine bağımlı olmadan değişiklik gösterebilirler. Bunun sonucu olarak birkaç kaynak metodu ile karşılaşılır. Kaynak metotlarının birincil özelliği, yükleri taşıyacak bir yapıya ihtiyaçları olmasıdır. Doğal olarak böylece, birleşimi yapılan iki malzeme arasında tatbik edilecek gerilmelere dayanım sağlayacak metalsel bir bağın oluşması gerçekleşir.

Birleştirilen malzemelerin metal özellikleri, sıcaklık ve basınç değişimini etkilediği için bu değişkenlerin tek başına ve/veya birbiri ile etkileşimleri kaynak yöntemlerinde farklılaşma sağlamıştır. Tek başına bu üç faktör, farklı kaynak yöntemlerinin oluşmasında etken değildir. Kaynak birleşimi yapılacak metal parçaların yüzey temizliği, kaynak işlemi esnasında oluşabilecek oksitlenme ve kirlenmelere nasıl önem verildiğine bakılarak çeşitli kaynak metotları oluşturulabilir. Kaynak işlemi esnasında yüksek sıcaklıkta birleştirilen malzemeler, atmosfer ile daha hızlı tepkime verir. Kaynak işlemi esnasında erime oluşuyor ise malzemelerin metal yapısında da farklılaşma meydana gelebilir. Oluşan ısıtma ve soğutma döngüsünden, kaynak yapılan bölgenin metalürjik nitelikleri etkiye uğrar. Böyle bir durumun oluşmaması için bu şartların meydana çıkaracağı negatif etkileri çözmek lazımdır. Kalitesi yüksek kaynak bağlantısı elde etmek için üzerinde durulması gereken şartlar şöyle sıralanabilir.

1. Metalürjik özelliklerin zararlı olanlarından uzak durulmalıdır.
2. İstenilen düzeyde ısı ve basınç temin edilmelidir.
3. Birleşimi yapılacak parçaları temiz olmalı ve korunmalıdır (Çil 2009).

2. KAYNAK TEKNİĞİ

Kullanılan malzemenin yapısına göre kaynak, plastik malzeme kaynağı ve metal kaynağı adı altında iki şekilde incelenir (Anık 1993).

Metal kaynağı: Basınç ve/veya ısı kullanarak metal parçaları birleştiren ve birleşimi yapılan parçalarda aynı erime aralığı ya da benzer bir malzeme ekleyerek veya eklemeyerek oluşturulan birleşime “Metal Kaynağı” denir. Ek malzeme kullanılarak yapılan iki parçanın birleştirilmesinde bu malzemeye “Ek Metal” denilir.

Plastik malzeme kaynağı: Basınç ve ısı kullanarak aynı veya farklı türden sertleşmeyen plastik malzemeyi, yine benzer türden plastik bir ek malzeme ilave ederek veya ilave etmeden oluşturulan birleşime “Plastik Malzeme Kaynağı” denilir.

2.1. Kaynak Tekniğinin Gelişimi

Günümüzden 3 500 yıl önce, iki metal malzemenin soğuk veya sıcak halde dövülmesi ile birleştirmeyi başarılı bir şekilde insanoğlu gerçekleştirmiştir. Birçok müzede bronz dönemine ait demirci kaynağı benzeri parçalar bulunmaktadır. M.Ö. 1 400 senelerinde Asya’da demirin, demirci kaynağı yöntemi ile oluşturulduğu tarihçiler tarafından belirtilmektedir.

Bunun yanında metal parçaların üzerinde demirci kaynağı yöntemi ile yapılan kaynaklar ve lehimleme izleri, Mısır döneminde yapılmış parçalar üzerinde de görülmektedir. Tarihçiler, demirci kaynağından daha önce lehim ile birleştirme yönteminin yapıldığı konusunda hemfikirdirler.

Metal işçiliği Roma döneminde gelişme sağlamıştır. Bu döneme ait eserlerde benzer birleştirme örnekleri görülmektedir. Roma döneminde ateş tanrısı Vulkan, demircilik ve metal işçiliğinin tanrısı olarak benimsenmiştir. Günümüzde sanayileşmesini tamamlamış memleketlerde artık demirci aleti ile yapılanlar tarihe karışmış ve antika eşyalardan sayılır hale gelmiştir. Belki de artık örs, sadece hipodromların nalbant

atölyelerinde bulunmaktadır. 19. yüzyılın ortasından sonra kaynak metotlarının endüstriyel örnekleri görülmektedir. Oksijenin endüstriyel ortamda elde edilebilir olması ile tamirat yöntemlerinde, oksî-asetilen kaynağının ilerlemesi sağlanmıştır. Volta'nın elektrik arkını 18. yüzyılın sonlarında bulmasına rağmen elektrik arkının kaynak birleştirme yöntemlerinde tatbik edilebilmesi için bir yüzyıl geçmesi beklenmiştir (Anık 1993).

2.2. Kaynak Metalürjisi

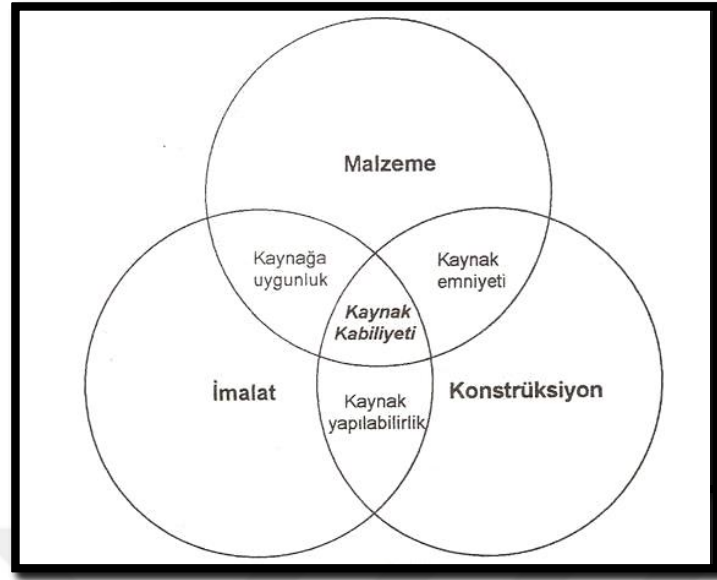
Kaynak yapılan bölgenin atmosferden etkilenmemesi yani oluşan metalürjik ve kimyasal reaksiyonların denetim altında tutulması, yüksek kalitede bir kaynak işlemi meydana getirmek için şarttır. Sıfır hata ile kaynak işleminin yapılabilirliğinin kolay olmadığını kaynak konusundaki tecrübeli tüm kaynakçılar çok iyi bilir. Bazı kaynakçılar da herhangi bir zorluk olmamasına rağmen sıfır hata ve istenilen kalitede kaynak oluşturulması adına özel tedbirlere gereksinim duyarlar. Böylelikle kaynak kabiliyeti, karbon eşdeğeri, segregasyon ve ITAB (Isının Tesiri Altındaki Bölge) terimleri ortaya çıkmıştır.

2.2.1. Kaynak Kabiliyeti

Yapı elemanlarının kaynaklı olarak imal edilmesinin gayesi, minimum maliyette üretilmesi, işlevini sorunsuz yerine getirmesi ve uzun zaman yararlanılmasıdır. Kaynak kabiliyeti üç ana etkene, malzeme, konstrüksiyon ve üretime eşit şiddette ihtiyaç duyar.

Kaynak kabiliyeti ile bu ana etkenler içinde, şu üç faktör önemlidir.

- Konstrüksiyonun kaynak emniyeti
- Üretimin kaynak yapılabilirliği
- Malzemenin kaynağa uygunluğu



Şekil 2.1. Kaynak kabiliyetinin temel faktörler ve özelliklerle ilişkisi (Çil, 2009).

Tüm bu özellikler, kendi içerisinde konstrüksiyona, malzemeye ve üretime bağlı olmalarına karşın ağırlıkları aynı değildir.

Kaynağa uygun malzemede, belirli bir konstrüksiyon ve üretim özellikleri kendisinden beklenen kaynak kalitesine ulaşmasını sağlamalıdır.

Bir konstrüksiyon, belirlenmiş malzeme ve üretim metotları ile meydana getirildikten sonra, önceden tespit edilmiş işletme şartları altında kendisinden beklenen işlevleri yapıyor ise kaynak emniyetine sahip demektir.

Herhangi bir kaynaklı üretim, konstrüksiyon durumunda, önceden belirlenmiş üretim koşulları içinde sorunsuz üretilebiliyor ise kaynak yapılabirliğe sahip demektir. Çizelge 2.1.' de bu etkenler bir arada gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Kaynak Kabiliyetini Etkileyen Faktörler (Çil 2009).

Malzeme (Kaynağa uygunluk)	Kimyasal Bileşim	Gevrek kırılma
		Sıcak çatlama
		Sertleşme eğilimi
		Yaşlanma
		Kaynak metali karışım oranı
	Metalurjik Özellikler	Tane büyüklüğü
		İçyapı
		Segregasyon
		Kalışkılar
		Anizotropi
	Fiziksel Özellikler	Erime sıcaklığı
		Mukavemet
		Genleşme özelliği
		Isıl iletkenlik
		Tokluk
Konstrüksiyon (Kaynak emniyeti)	Konstrüktif Şekillendirme	Parça kalınlığı
		Çentik etkisi
		Kuvvet hatlarının akışı
		Dikişlerin konumu
		Rijitlik farklılıkları
	Gerilme Durumu	Sıcaklık
		Korozyon
		Zorlanma hızı
		Gerilmelerin tür ve şiddeti
		Gerilmelerin eksen sayısı
İmalat (Kaynak yapabilirlik)	Kaynağa Hazırlık	Kaynak yöntemi
		İklim koşulları
		İlave malzemenin türü
		Ön tavlama
		Ağız biçimi
		Birleştirme türü
	Kaynağın Uygulanması	Kaynak sırası
		Isının uygulanışı
		Isı girdisi
	Kaynaktan Sonraki İşlemler	Taşıma
		Isıl işlem
		Dekapaj temizleme

İstenilen kaynak kalitesinin sağlanamamasının nedenleri şöyle sıralanabilir. Kaynak işlemi, imalatta malzeme yapısına devamlı müdahale edilmesini gerektirir. Zira sınırlı içyapı dönüşümü, birleştirilen yüzeydeki farklılıklar ve atmosferden gaz alma nedenleri ile malzemenin mekanik özellikleri değişir. Kaynak işlemleri, az miktarda mekanize olarak uygulansa da çoğunluk ile manuel olarak uygulanmaktadır. Doğal olarak da üretimin kalitesi başka bir üretim metotlarında görülmediği kadar ve devamlı tekrarlanabilir performans açısından operatörün yetkinliğine bağlıdır. Kaynak metotlarını beş ana başlık altında toplayabiliriz. Bu metotlar kaynaklı bir birleştirme için çeşitli seçenekler ve her türlü metal-metal birleşimi için tatminkâr ve ekonomik çözümler sunmaktadır.

Beş ana başlık ve bu başlıklar altındaki kaynak şekilleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Oksi – Yanıcı Gaz Kaynağı

a. Oksi – Asetilen Kaynağı

b. Gaz Basınc Kaynağı

Ark Kaynağı

a. Elektrik Ark Kaynağı

e. Özlü Tel ile Ark Kaynağı

b. TIG Kaynağı

f. Saplama Kaynağı

c. MIG / MAG Kaynağı

g. Plazma Kaynağı

d. Tozaltı Kaynağı

Direnç Kaynağı

a. Direnç Nokta Kaynağı

c. Direnç Dikiş Kaynağı

b. Kabartılı Kaynak

Katı Hal Kaynağı

a. Soğuk Basınc Kaynağı

d. Ultrasonik Kaynak

b. Sürtünme Kaynağı

e. Demirci Kaynağı

c. Patlamalı Kaynak

f. Haddeme Kaynağı

Birleşik Yöntemler

a. Elektron Işın Kaynağı

d. Yakma Alın Kaynağı

b. Elektrocüruf Kaynağı

e. Endüksiyon Kaynağı

c. Laser Işın Kaynağı

f. Termit Kaynağı (Anık 1993).

3. NOKTA DİRENÇ KAYNAĞI

3.1. Nokta Direnç Kaynağının Önemi

Otomotiv sektörü, çelik yapılar, hassas cihazların imalatı, çelik eşya imalatı, çelik yapılar, boru üretimi, uzay ve uçak teknolojileri, elektroteknik, makine sektörü gibi birçok sektörde kullanılan ince kesitli metallerin kaynak birleşiminde karşılaşılan sıkıntılar, başka kaynak metotlarının bulunmasına sebep olmuştur. Artan ısıda kesiti ince olan malzemeler kalıcı şekil değişimine sebep olurlar. Bu yüzden ki kaynak işleminin en kısa zamanda ve optimum ısıda gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Elektrik direnç kaynağının ilk tercih olarak karşımıza çıkmasının nedeni, hızlı bir biçimde kaynak bağlantılarının oluşması, kaynak dayanımının yüksek ve ekonomik olmasındandır. Elektrik direnç kaynağı, metal malzemeden akan elektrik akımına karşı, malzemenin gösterdiği dirençten meydana gelen ısı etkisiyle oluşan bir birleşim yöntemidir. Kaynak işlemi için ihtiyaç duyulan kaynak banyosu, malzemelerin bir kısmının ısıtılması ile oluşturulur. Kaynak banyosunun meydana gelmesi ile elektrik akımı kesilir. İlgili iş malzemelerine basınç tatbik edilir ve basıncın etkisi ile soğuma oluşturularak ayrıştırmasına imkân tanınmayan bir özellikten birleşim meydana gelmiş olur. Bu metot ile oluşturulan kaynak yöntemine elektrik direnç kaynağı denilir (Anonim 2017).

Otomotiv imalat sektöründe kaporta ve diğer aksesuarların birleştirilmesinde kullanılan kaynak, hem robotlar tarafından hem de manüel olarak da yetkin operatörler tarafından yapılır.

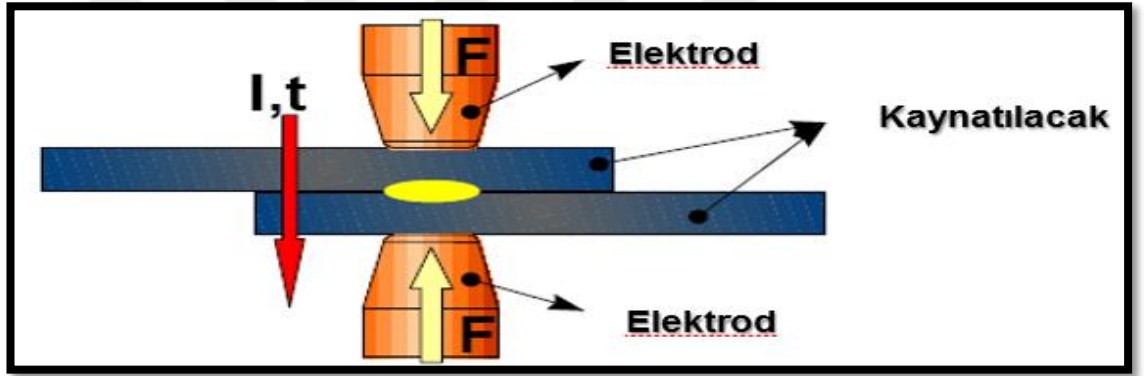
Robot çeşitleri ve robotunun detaylı tanımı ve ISO 8373 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre bir robot şöyle tanımlanır: "Endüstriyel uygulamalarda kullanılan, sabit veya hareketli olabilen, üç veya daha fazla programlanabilir eksene sahip, otomatik kontrollü, yeniden programlanabilir çok amaçlı manipülatördür." Nokta direnç kaynağı (punta kaynağı) ön planda olsa da, MIG/MAG, TIG ve plazma kaynak yöntemlerinde de robotlardan yararlanılmaktadır.

Endüstriyel ortamda robotların seri anlamda ilk kullanımı, nokta direnç kaynağında olmuştur. Araç imalatında yaklaşık 800 adet presten geçmiş ve kesilmiş sac parça ile 450 adet talaşlı imalat ile üretilmiş parçadan yararlanılır. Adı geçen tüm parçalar perçin,

kıvrırma (sertisaj), cıvata, lehim ve yapıştırma ile birleştirilmeleri ile birlikte en çok kaynak bağlantısı ile birbirlerine monte edilmektedirler. Yaklaşık olarak toplam kaynaklar, 4 500 nokta direnç kaynağından, 25 metre kadar ark kaynağından, 0,8 metre elektron ışın kaynağından ve 12 adet de sürtünme kaynağından meydana gelmektedir (Anonim 2017).

3.2. Kaynak Prensipleri

Nokta direnç kaynağı, yüksek ısı sayesinde birleşimi yapılacak malzemelerin ergitilmesi ile oluşturulur. Birleşimi yapılacak malzemelerin içinden geçen yüksek akıma aksi yönde tatbik edilen toplam direnç sonucu adı geçen yüksek ısı oluşur. Tam bu esnada tatbik edilen basınç ile de ilgili bölgede birleşme meydana gelerek kaynak oluşur. Bu tip kaynak yönteminde ek metal uygulanmaz.



Şekil 3.1. Nokta direnç kaynağı



Şekil 3.2. Nokta direnç kaynağı oluşumu

Yanaşma, Sıkma ve dövme Kuvveti doğurur → Mekanik enerji açığa çıkar (F)

Metalin ısınması sıcaklığın artmasını sağlar → Kalorifik enerji açığa çıkar ($I \times t$)

Mekanik Enerji: Elektrotların parça yüzeyine uyguladıkları kuvvet (F) neticesinde ortaya çıkar.

Kalorifik Enerji: Tanımlanmış bir zaman aralığında kaynatılacak sac parçaları ve elektrodlar üzerinden geçen akım tarafından oluşturulur.

İki elektrod arasındaki basıncın etkisi:

1. Temas noktalarında oluşan direncin azaltılması.
2. “Dövme” işlemini yapmak (molekülleri birbirine bağımlı)

Kaynak için gerekli enerjinin açığa çıkabilmesi için aşağıdakilere ihtiyaç vardır:

- Bir Elektrik direnç,
- Bir kaynak akımı,
- Akımın geçebilmesi için bir Zaman,
- Geçen akımın bir noktaya odaklanması

Üç parametre dikkate alınmalıdır.

- 1) Kaynak Akımı, 2) Kaynak Zamanı, 3) Kuvvet

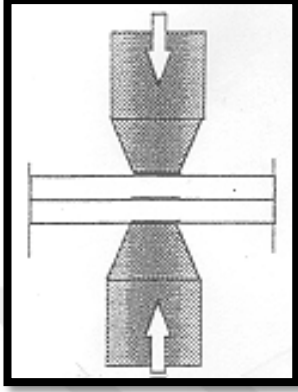
3.3. Kaynak Aşamaları

Nokta kaynağı işlemi, 4 temel aşama şeklinde basite indirgenebilir.

1. Yanaşma, Sıkma
2. Kaynak
3. Tutma
4. Ayrılma

Yanaşma, Sıkma

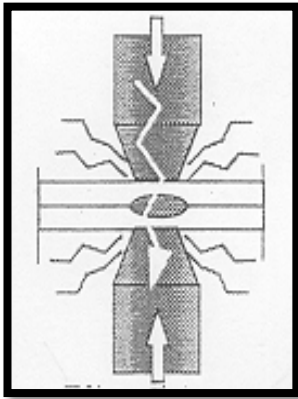
Bu aşama, elektrotlar birbirlerine yaklaştıkları anda başlar. Elektrotlar sonrasında sac parçaları sıkıştırılır. Bu aşamanın zamanı, dokunma dirençlerinin en iyi noktada olması için nokta kaynağı elektronik ünite (sekans) içinde programlanır (Anonim 2017).



şekil 3.3. Yanaşma, Sıkma

Kaynak İşlemi

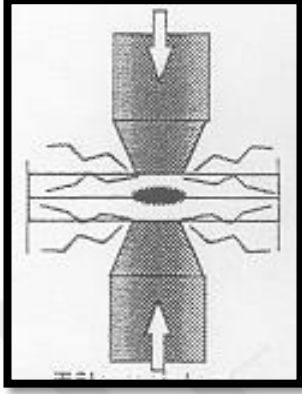
Gönderilen akımın iki sac parça arasından elektrotlar yardımıyla geçerek eriyik oluşturduğu aşamadır.



şekil 3.4. Kaynak işleminin şematik görüntüsü

Tutma

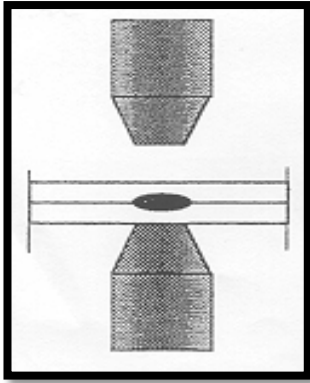
Kaynaklanmış noktanın soğumasına olanak sağlamak için, elektrotların baskılı durumu muhafaza edilir. Bunun amacı, punta kaynağının mekanik kalitesinin artırılmasıdır (Anonim 2017).



Şekil 3.5. Tutma

Ayrılma

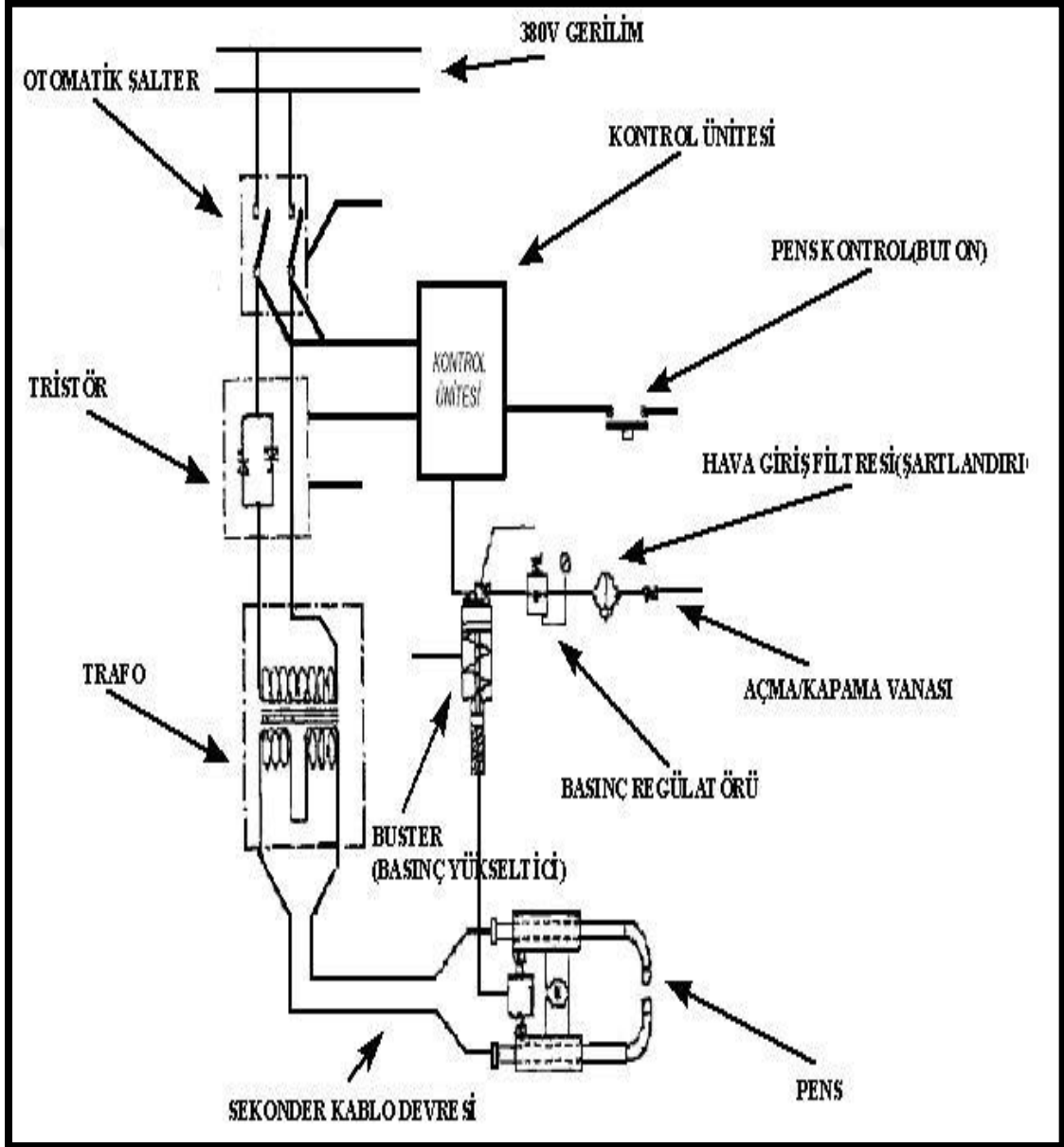
Bu aşama, iki nokta kaynağı arasındaki geçiş süresidir (Anonim 2017).



Şekil 3.6. Ayrılma

3.4. Kaynak Ekipmanının Yapısı ve Özellikleri

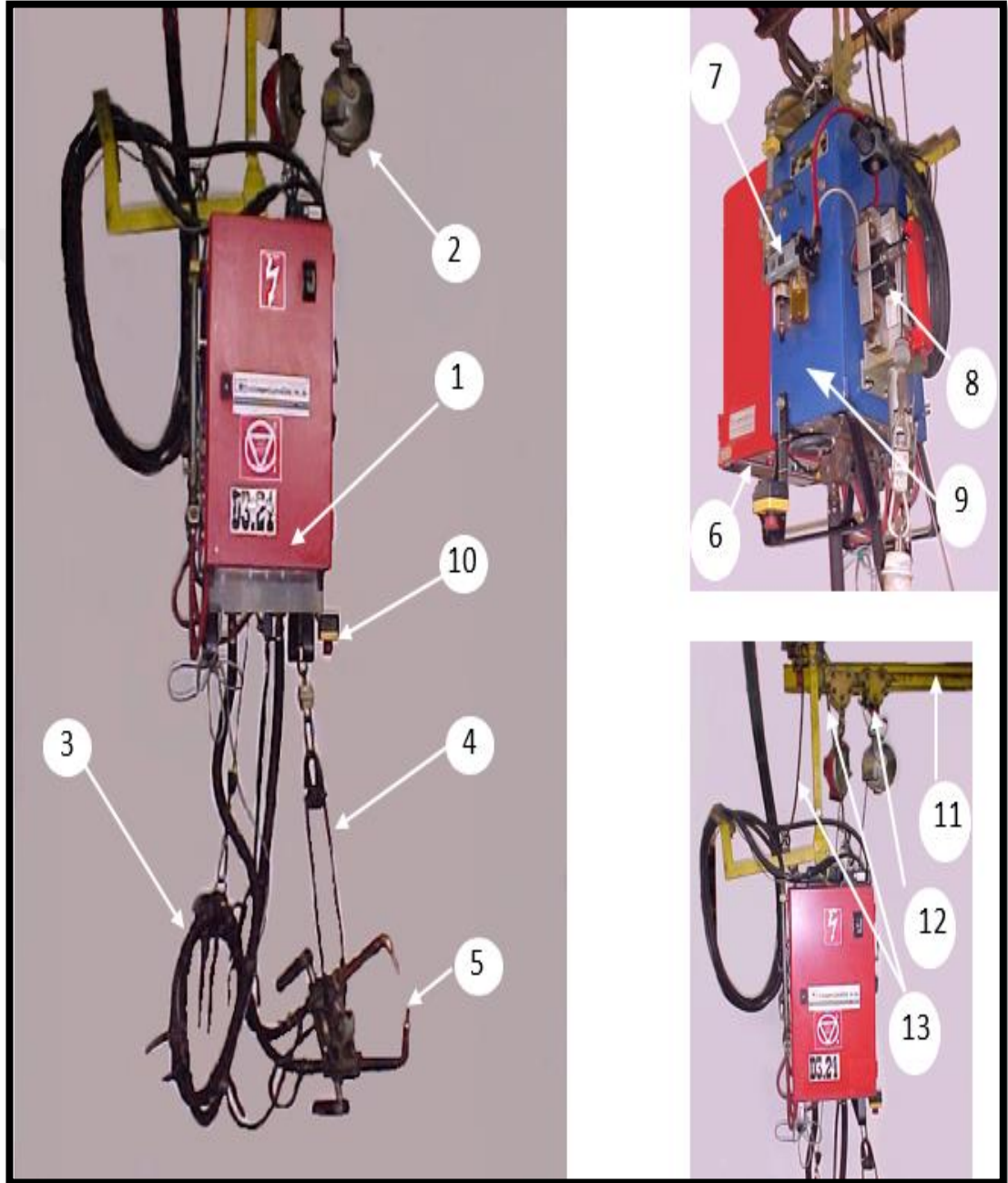
Temel olarak bir kaynak makinesinde şu ekipmanlar bulunur: Şebeke, Kontrol ünitesi (Dengensha), Tristör, Trafo, Sekonder kablosu, Soğutma suyu tesisatı, Hava ve yağ tesisatı, Emniyet sistemleri.



Şekil 3.7. Kaynak Ekipmanının Yapısı ve Özellikleri (Anonim 2017).

Askılı Kaynak Makinası

1. Kontrol Ünitesi, 2. Caraskal, 3. Sekonder Hortumlar, 4. Jireskop
5. Pens, 6. Kontrol Ünitesi, 7. Şartlandırıcı, 8. Buster, 9. Trafo
10. Acil Durdurma Butonu, 11. Ray, 12. Ray Arabası, 13. Emniyet Halatları



Şekil 3.8. Askılı Kaynak Makinası (Anonim 2017).

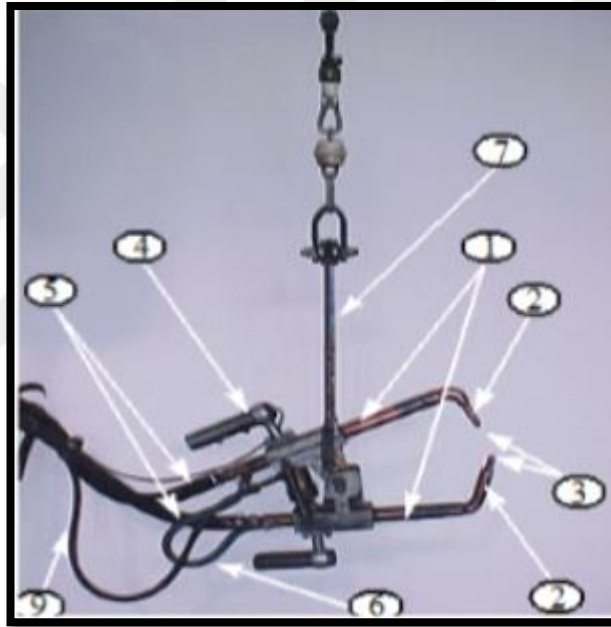
Kaynak Pensesi

Kaynak pensesi, iletkenliği yüksek malzemeden yapılmıştır ve kaynak noktasının meydana gelmesini sağlar. Çeşit olarak, manuel penseler ve robot penseleri (Robot üzerinde veya sabit) olmak üzere iki tanedir. Uygulama noktalarına göre çeşitli yapılarda bulunur.

Bir pensin yapısında:

1 + 1 Kol, 1 + 1 Elektrot taşıyıcı, 1 + 1 Elektrot, Soğutma suyu sistemi,

Pnömatik veya hidrolik silindir (yeterli basıncı (sıkma kuvveti) elde etmek için.)



1. Alt ve üst kollar 2. Alt ve üst elektrot taşıyıcıları 3. Alt ve üst elektrotlar
4. Tutma kolu 5. Sekonder hortumlar 6. Devir – daim hortumları 7. Jireskop
8. Yağ hortumu

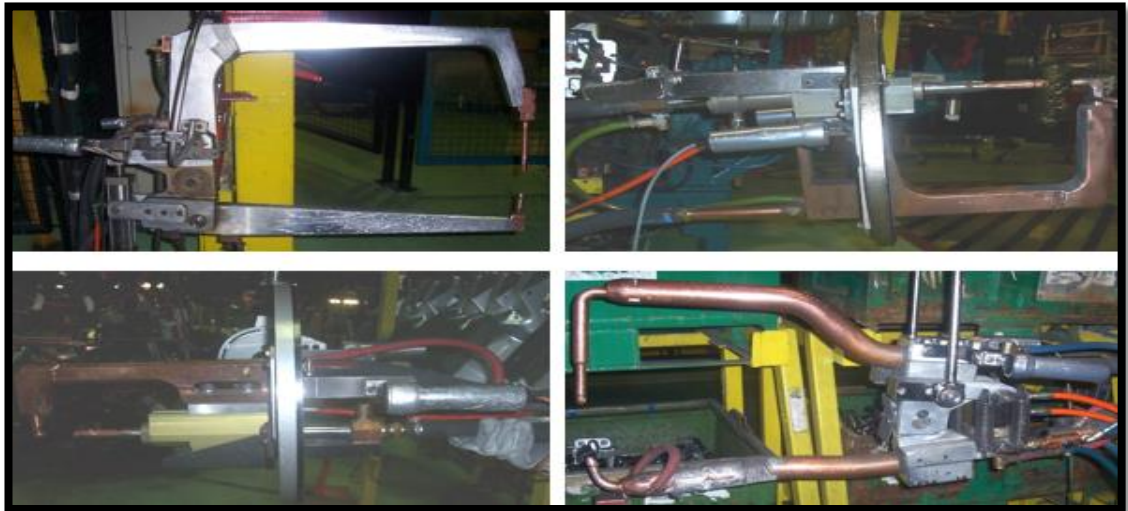
şekil 3.9. Kaynak Pensesi (Anonim 2017).

Kaynak Pense Tipleri

En fazla kullanılan iki ana grup vardır, X ve J tipleri. Bu iki tipte genellikle kolun birisi sabitken diğeri ise hareketlidir. Hareketli olan kol piston yardımı ile sabit kola kadar yaklaşarak istenilen basıncı uygulayarak kaynak işlemini gerçekleştirir. Pensin bütün ekipmanları kaynak işlemi için önem arz etmektedir fakat en önemli noktaları ise elektrot, elektrot taşıyıcı ve soğutma sistemi olarak altını çizebiliriz (Anonim 2017).



Şekil 3.10. Kaynak Pense Tipleri (1)



Şekil 3.11. Kaynak Pense Tipleri (2)

4. DENEYSEL TASARIM YÖNTEMLERİ

İstatistiksel yöntemler, her zaman yarış içerisinde yer alan ve ilerlemesini sürdüren sanayi, tarım, kimya ve bunun gibi birçok sektörde her geçen gün daha da dinamik bir şekilde uygulanmaktadır. Üretilen ürünün daha kaliteli ve daha az maliyetle yapılması için deney tasarımı ve optimizasyon tekniklerini kullanmak artık neredeyse mecburi bir hal almıştır. Optimizasyon yöntemlerinde en kısa sürede ve en az maliyet ile hedefe varmak gerekmektedir. Belirlenmiş hedefe ulaşmak için deney tasarım teknikleri uygulamaya alınmaktadır (Çaş 2010).

Optimizasyon alanında sürdürülen çalışmalar temelde iki ana yönde incelenmektedir. Birincisi, tasarım optimizasyon alanında yapılan araştırmaları kapsamaktadır. Bu yöndeki ilk ciddi araştırmalar Kiefer tarafından 1959 yılında başlatılmıştır. Sonraki dönemlerde bu yönde daima gelişim olmuştur. Yapılan araştırmalar ile alakalı etkin kaynakça Atkinson'nın 1996 yılında yapmış olduğu çalışmasında görülebilir. Tasarım optimizasyonu ile ilgili araştırmalar ilk zamanlarda sadece tarım alanında sınırlı iken sonraki yıllarda özellikle sanayi sektöründe artan bir yoğunluk yaşanmıştır (Çaş 2010).

Optimizasyon alanında sürdürülen çalışmaların diğeri ise cevabın optimizasyonudur. Bu araştırmalar önce tek cevap alanında gerçekleştirilmiştir. İlk araştırmalar cevap eğrileri üzerine tarım ve hayvancılık alanında yapılmıştır. Sonraki dönemlerde yapılan araştırmalar göstermiştir ki karşılaşılan problemlerde tek cevap optimizasyonunun değil aynı anda birden fazla cevabın optimizasyonunun gerçekleştirilmesi ihtiyacı hasıl olmuştur. Bilim insanları çoklu cevap içeren problem deneylerinin icrasında herkesin bildiği deney tasarımlarını kullanmışlardır. Fakat optimum cevaba ulaşmada değişik araştırmalar uygulamışlardır. Tüm bu araştırmalar kısıtlanmış çözümlemeler, kontur çizimleri, çoklu varyans analizi, bağımlı uygun modellemeler meydana getirerek tek bir değişkene indirgeme bölümleri olarak sıralanabilir (Çaş 2010).

4.1. Deney Tasarımı

1920’lerde, tarımda verimlilik incelemelerinde, deney tasarımı ilk olarak R. A. Fisher ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. Hâlihazırda ise deney tasarımı, kalite arttırmada, parametre optimizasyonu ve süreç gelişimini sağlamak için uygulanmaktadır (Şirvancı 1997). Ürünlerin kalitesini ya da işlevsel süreci etkileyen bağımsız değişkenler, tasarım değişkenleri ve gürültü değişkenleridir. Yöntemin mantığı, gürültü değişkenlerinden etkilenmeyen tasarım değişkenlerinin, cevap değişkenleri üzerine etkilerini belirleyerek çıktıların gözlenmesi ve analiz edilmesidir (Montgomery 2005).

Doğada gerçekleşen her olay bir ya da birden çok etkenin etkisi ile oluşmaktadır. Böylelikle deney daha da karışık hal almaktadır. Uygulamada bağımlı değişken üzerinde istenmeyen faktörlerin etkisini yok etmek veya bunları kontrol altına alabilmek zorlaşmaktadır. İşte deney tasarımı bu tarz sorunlara cevap arayan bir yöntemler topluluğudur (Mutluk ve ark., 2009).

Deneyssel hataların en aza indirilmesi, deney tasarımının en temel amaçlarındanıdır. Bu amaç rastgeleleştirme ile elde edilmeye çalışılır. Rastgeleleştirme, bir deneyde dikkate alınmayan ancak deney sonuçlarına tesir edecek olan gürültü değişkenlerinin şiddetini tüm çıktılara eşit yönlendirebilmek için uygulanır. (Mutluk ve ark., 2009).

Yates, Fisher ve arkadaşları günümüzde halen kullanılan dik tasarımlar ve Latin kare tasarımları gibi birçok kavram ve tekniğin araştırmasını 1920’lerde yapmışlardır. Bu dönemde varyans analizi (ANOVA) ve çok etkenli tasarımlarla ilgili araştırmalar artmıştır.

İkinci dünya savaşının etkili olduğu 1941 ve 1950 yılları, bilimin silah sanayisine sevkini hızlandırmıştır. Aynı dönemde istatistik biliminde de silah sanayisine yönelik ardışık (sequential) analizler ve dağılımlar üzerine araştırmalar yapılmıştır (Anonim 2017).

1951-1970 yılları arasında Japonya’da imalatla kaliteyi üst düzeye çıkarma fikri ilk başta ABD, daha sonraları diğer ülkeler tarafından dikkate alınmış ve sektörde kaliteyi arttırmak için istatistiksel teknikler, özellikle deney tasarımı üzerine araştırmalar artmıştır. Doğal olarak bu ilerlemeler istatistik alanına da sirayet etmiştir. 1951 yılında Box ve Wilson optimum durumların belirlenmesi için Cevap Yüzeyi tekniğini ilerletmişler ve konu ile ilgili bir makale yayınlamışlardır. Aynı dönemde en başta kimya ve ilaç sektörlerinde tasarımlar, kavram ve teknikler ilerletilmiştir. Cevap eğrileri ve cevap yüzeyleri ile alakalı araştırmalar yapılmıştır (Anonim 2017).

1971-1990 yılları arasında en başta kalite kontrol alanında önemli gelişmeler yaşanmıştır. Japon bilim insanlarının kalite kontrol ve deney tasarımı alanlarına önemli katkı yaptıkları bu yıllarda Toplam Kalite Yönetimi (Total Quality Management) ve Sürekli Kalite Gelişimi (Continuous Quality Improvement) gibi yöntemler incelenmiş, Taguchi sağlam (robust) parametre tasarımlarını ve süreç sağlamlığı (process robustness) kavramları literatüre girmiştir (Köksoy 2001).

1990 senesinden sonra deney tasarımı yöntemlerinde önemli yol alınmıştır. Ekonomik ilerlemenin artması, rekabet yarışını hızlandırmış ve buna bağlı olarak da istatistiksel tekniklerin hızlı bir şekilde ilerlemesine yol açmıştır. Başta sanayi olmak üzere tarım ve diğer sektörlerde gaye, verimliliği ve etkinliği arttırmak olunca deneysel çalışmanın yapılması zaruriyeti egemen olmuştur (Anonim 2017).

Herhangi bir deney düzeneği tespit edilmiş noktalar dikkate alınarak oluşturulduğu ve izlendiği zaman istenilen amaca varır. İzlenecek yöntem üç aşamada takip edilir.

Bunlar,

I. Deney

II. Düzen

III. Çözümleme’dir (Mutluk ve ark., 2009).

5. PUNTA KAYNAK MAKİNELERİNDE KAYNAK PARAMETRE OPTİMİZASYON ÇALIŞMASI

5.1. Çalışmanın Amacı

Kaporta Departmanı bünyesinde kullanılan robot ve manuel askılı kaynak makinaları parametrelerini ileri istatistiksel yöntemlerle mevcut kaynak kalitesini koruyarak enerji ve çevrim süresi kazancı elde edilmesi amaçlanmıştır.

Kaporta Departmanı bünyesinde manuel ve robot kalıplarında punta kaynak işleminin gerçekleştirilebilmesi için askılı kaynak makineleri ve/veya kaynak pensleri kullanılmaktadır. Farklı kalınlık ve özelliklerdeki bu sacların merkezin kaynak kalite normlarına göre punta operasyonunun sorunsuz sağlanması için mevcut kaynak makinelerinin parametre değerleri merkez tarafından belirlenmektedir ve kontrol edilmektedir. Bu parametrelerin yanlış uyarlanması sebebiyle imalat sürecinde yüksek enerji harcanması, aşırı çapak, yüksek çevrim süresi ve kalitesizlik gibi problemler ile karşılaşmaktadır. Tezin başlangıcında mevcut kaynak sürecini etkileyen parametrelerin kaynak kalitesine olan etkilerinin şiddeti bilinmemektedir. Ayrıca bu parametrelerdeki değişikliklerin kaynak kalitesine ve enerji tüketimine ne gibi farklılıklar yarattığı ile ilgili bir bilimsel çalışma bulunmamaktadır. Bu tez kapsamında punta kaynak süreci derinlemesine irdelenerek deney tasarımı ileri istatistiksel yöntemi kullanılarak kaynak süreci çıktıları (kalite, süre ve enerji maliyeti) etkileyen parametrelerin belirlenmesi ve bu parametrelerin oluşturduğu kaynak sürecinin matematiksel formülünün ortaya koyulması hedeflenmektedir.

Hedeflenen Kazançlar;

- Kaynak Enerjisi
- Elektrot Sarfıyatı
- Robot ve manuel posta çevrim süresi

5.2. Kaporta Departmanı Mevcut Durumun Analiz Edilmesi

Kaynak prosesinde etkili olan faktörlerin ortaya çıkarılması amacıyla bu etapta prosese hâkim personel ile birlikte durum analizi çalışması yapılmıştır. Tedarikçi sürecinden müşteri teslim sürecine kadar olan bütün süreç analiz edilerek etkili olan bütün parametreler listelenmiştir. Kaynak süreci çıktıları şu şekildedir;

- Kalite: Punta çapı
- Maliyet: Elektrot maliyeti
- Enerji: Harcanan Kaynak Enerjisi
- Zaman: Robot ve manuel posta çevrim süresi

Çizelge 5.1. Değişik kalınlıktaki sacların birleşimi için atılan punta sayıları

2. Sac kalınlık (mm)																								
	0,6	0,65	0,7	0,73	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,1	1,17	1,2	1,3	1,4	1,48	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,2	
0,6			18	10	8	12		5				1												
0,65		14			10	16			8			64			64									
0,7			66				23			10		3			6				8					
0,73															15				24					
0,75					8										15									
0,8		8													6				3					
0,85	15		24	3	3	4	82		18	30		6			30	26	65		27		4			
0,9	5		44									10						18						
0,95			46		21	8	10		6		6		5				26		6					
1		12			2	2	8		4				12		13									
1,1		18							4				8		20		8		8					
1,17																			2					
1,2	22		44			13	14	4		9		26			14		4			18	32	8		
1,3									16				6											
1,4			13						6	8		20					8							
1,48															16									
1,5		21	2			1	22	4	32		14	10	10	1	80				56	10	15	6		
1,6																4								
1,7			14										4											
1,8																	24							
1,9			6														28							
2	2					4		10	8	24	30				4				22		14		3	
2,2						16								7	22			28						
2,5										6	20								28					
2,6																			12					
2,8															28									
3																1			3					

Sac grupları analiz edildiğinde çalışılacak kalıpların 2 farklı grupta analiz edilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır;

- İnce sac grubu: Toplam kalınlığı 2,3 mm'yi geçmeyen sacların kombinasyonu
- Kalın sac grubu: Toplam kalınlığı 2,3 mm'yi geçen sacların kombinasyonu

Kalın sac grubu için tam faktöriyel deney planlanmıştır.

5.3. Kaynak Kalitesini Etkileyen Parametreler

Kaynak kalitesini ve enerji sarfiyatını etkileyen parametreler aşağıda belirtilmiştir.

- Akım (I) (Amper) (A)
- Darbe (D) (adet)
- Kaynak süresi (t) (cycle)
- Basınç (daN)
- Trafo Voltajı (V)
- Sıkma süresi (cycle)
- Dövme süresi (cycle)
- Soğuma süresi (cycle)
- Akostaj
- Sac kalınlığı (mm)
- Elektrot tipi
- Elektrot Bileme (Punta Sayısı)
- Ortam sıcaklığı
- Sacın yağlılığı
- Ortamdaki toz oranı

Bunlara bağlı olarak geliştirilen ampirik enerji denklemi (1) no'lu deklemler ile ifade edilmiştir.

$$Enerji (kwh) = \frac{0,02.D.t.I.V}{3600.1000} \quad (1)$$

Belirlenen parametreler içerisinde kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen parametreler olarak iki ayrılmıştır. Proses gereği elektrot tipi ve sac kalınlığını değiştirme imkânı bulunmamaktadır.

Kontrol edilen parametreler;

Akım (I), Darbe (D), Kaynak süresi (t), Basınç, Trafo Voltajı, Sıkma süresi, Dövme süresi, Soğuma süresi, Rodaj Sayısı. (Elektrot aşınması)

Kontrol edilemeyen parametreler;

Akostaj, Sac kalınlığı, Elektrot tipi, Ortam sıcaklığı, Sacın yağlılığı, Ortamdaki toz oranı.

Kalın sac grubu için kaynak makinesine girişi yapılan parametreler:

İki kat sac (2,7 mm + 2,7 mm)

- Akım (Amper) (A)
- Basınç (daN)
- Sıkma Süresi (cycle)
- Kaynama Süresi (cycle)
- Dövme Süresi (cycle)
- Soğuma Süresi (cycle)
- Darbe Sayısı (adet)
- Elektrot Bileme (Punta Sayısı)

Yapılan ön etütler çerçevesinde hızlı kazanlar elde edilebilmesi için şu sınır şartları getirilmiştir.

1. Çalışmanın Kaporta Departmanı'nda robot ve askılı kaynak makinalarında yapılması.
2. Çalışmanın iki sacın birleştirildiği kalıplarda yapılması.
3. Deneylerin tahribatlı atölyesinde parçalanarak kalite kontrollerinin yapılması.

Deneylerin girdileri şunlardır:

- İnsan Kaynağı
- Basınç (daN)
- Sac Malzeme
- Askılı Kaynak Makinaları
- Punta robotları
- Kalite Deneyleri
- Kaynak parametleri
- Minitab



Gerçekleşen Çıktılar:

- Yönetilebilen parametreler
- Yönetilemeyen parametreler
- Punta bilgileri
- Sac kalınlıkları

5.4. Deney Planı

Kaynak sisteminin limitlerinin görülebilmesi için iki kat sac kalınlığı (2,7 mm + 2,7 mm) için 8 parametrelili tam faktöriyel 256 adet deney yerine, 1/8 kesirli faktöriyel deney kullanılarak 32 adet deney MİNİTAB yazılımında tasarlanmıştır.

256 adet deneyin yapılması maliyet, zaman, çevre, insan kaynakları temini gibi zorluklar getirmesi nedeniyle kesirli faktöriyel deney yöntemi tercih edilmiştir.

İlk etapta 2,7 mm + 2,7 mm sac birleşimi için aşağıda tanımlanan sekiz değiştirilebilir parametrenin maksimum ve minimum değerleri belirlendi.

Kaynak parametrelerinin minumum ve maksimum değerleri belirlenirken 32 adet deneyin yapılması esnasında tahribatlı sonuçlarında çap kalınlığının ölçülebilmesi hedef alınmıştır. Belirlenen minumum ve maksimum parametrelerde punta delik, sıfır çekirdek çapının oluşmaması, kaynak yüzeyinde aşırı çapak gibi kalitesizlikler gözlemlenmemiştir. 32 adet deneyin tahribatlı sonuçları sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 5.2. Punta kaynak makine parametreleri

Kaynak Parametreleri	Minimum	Maksimum
Akım (Amper) (A)	9.500	11.500
Basınç (daN)	350	500

Sıkma (cycle)	10	40
Kaynama Süresi (cycle)	10	15
Dövme (cycle)	10	70
Soğuma (cycle)	1	3
Darbe (adet)	2	4
Elektrot Bileme (Punta Sayısı)	5	250

MİNİTAB programına, sekiz adet faktöre ait minimum ve maksimum değerler girildiğinde aşağıdaki 32 adet deney seti oluşmuştur.

Çizelge 5.3. 32 adet deney seti

Std Order	Run Order	Akım (A)	Basınç (daN)	Sıkma (cycle)	Kaynama Süresi (cycle)	Elektrot Bileme (Punta Sayısı)	Dövme (cycle)	Soğuma (cycle)	Darbe (adet)
1	1	9.500	350	10	10	5	10	1	4
2	2	11.500	350	10	10	5	70	3	4
3	3	9.500	500	10	10	5	70	3	2
4	4	11.500	500	10	10	5	10	1	2
5	5	9.500	350	40	10	5	70	1	2
6	6	11.500	350	40	10	5	10	3	2
7	7	9.500	500	40	10	5	10	3	4
8	8	11.500	500	40	10	5	70	1	4
9	9	9.500	350	10	15	5	10	3	2
10	10	11.500	350	10	15	5	70	1	2
11	11	9.500	500	10	15	5	70	1	4
12	12	11.500	500	10	15	5	10	3	4
13	13	9.500	350	40	15	5	70	3	4
14	14	11.500	350	40	15	5	10	1	4
15	15	9.500	500	40	15	5	10	1	2
16	16	11.500	500	40	15	5	70	3	2
17	17	9.500	350	10	10	250	10	1	2
18	18	11.500	350	10	10	250	70	3	2
19	19	9.500	500	10	10	250	70	3	4
20	20	11.500	500	10	10	250	10	1	4
21	21	9.500	350	40	10	250	70	1	4
22	22	11.500	350	40	10	250	10	3	4
23	23	9.500	500	40	10	250	10	3	2
24	24	11.500	500	40	10	250	70	1	2
25	25	9.500	350	10	15	250	10	3	4
26	26	11.500	350	10	15	250	70	1	4
27	27	9.500	500	10	15	250	70	1	2
28	28	11.500	500	10	15	250	10	3	2
29	29	9.500	350	40	15	250	70	3	2
30	30	11.500	350	40	15	250	10	1	2
31	31	9.500	500	40	15	250	10	1	4
32	32	11.500	500	40	15	250	70	3	4

Deney planı elde edildikten sonra sahada uygulama aşamasına geçilmiştir. Her bir deney planında belirtilen parametreler üçer adet puntada uygulanmıştır. Bu uygulamalar sonrası parçalar tahribatlı atölyesine gönderilerek her bir punta için koparma testi yapılmıştır. Kopartılan tüm puntaların çekirdek çapları ölçülerek deney planı tablosuna girilmiştir. (Çizelge 5.5.)

32 farklı deney kombinasyonundan oluşan kaynak parametre değerleri, her değerden üçer punta atılarak birleşik deney parçaları oluşturuldu. Atılan her puntanın üzerine kullanılan sekans numaraları işaretlendi. (Şekil 5.1.)



Şekil 5.1. Tahribatlı kontrol öncesi 32 deneyin uygulandığı deney numuneleri

Birleşik deney parçaları üzerindeki her punta tek tek tahribatlı atölyesinde hidrolik koparma pensesi yardımı ile kopartıldı.



Şekil 5.2. Tahribatlı kontrol sonrası 32 deneyin uygulandığı deney numuneleri

Deney parçalarının üzerindeki sekans numaralarının karşısına koparma sonrası elde edilen punta kaynak çekirdek çaplarının ölçüleri dijital kumpas yardımı ile hassas bir şekilde alınarak tabloya işlendi. (Çizelge 5.4.)



Şekil 5.3. Tahribatlı kontrol sonrası 32 deneyin uygulandığı deney numuneleri

Çizelge 5.4. 32 adet deney seti ve tahribatlı sonuçları

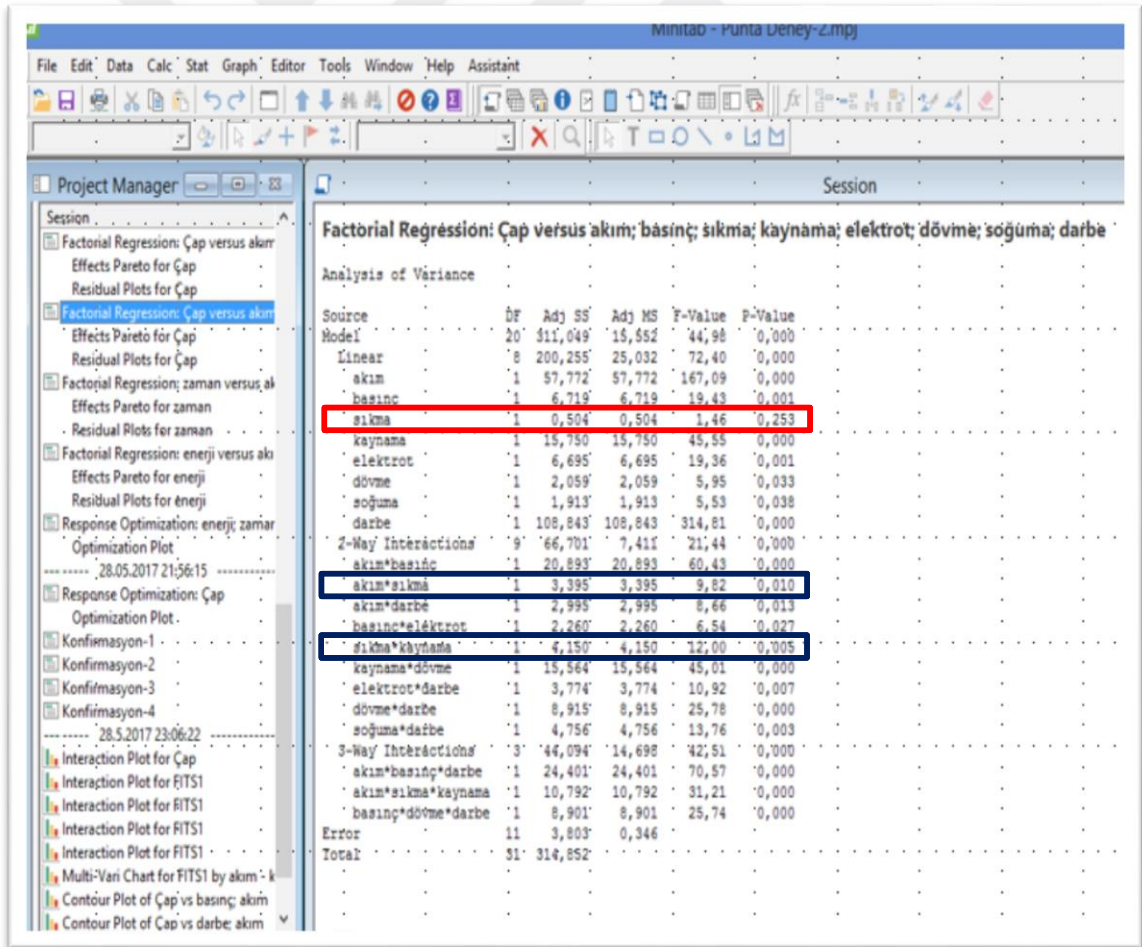
Std Order	Run Order	Akım (A)	Basınç (daN)	Sıkma (cycle)	Kaynama Süresi (cycle)	Elektrot Bileme (Punta Sayısı)	Dövme (cycle)	Soğuma (cycle)	Darbe (adet)	Enerji (Wh)	Çekirdek Çapı-1 (mm)	Çekirdek Çapı-2 (mm)	Çekirdek Çapı-3 (mm)
1	1	9.500	350	10	10	5	10	1	4	25,3	7,2	6,9	7,4
2	2	11.500	350	10	10	5	70	3	4	30,7	3,1	3,3	3
3	3	9.500	500	10	10	5	70	3	2	12,7	0,1	0,1	0,1
4	4	11.500	500	10	10	5	10	1	2	15,3	5,5	5,9	5,23
5	5	9.500	350	40	10	5	70	1	2	12,7	1,8	2,3	1,5
6	6	11.500	350	40	10	5	10	3	2	15,3	4,2	3,9	4,6
7	7	9.500	500	40	10	5	10	3	4	25,3	5,9	5,4	6,2
8	8	11.500	500	40	10	5	70	1	4	30,7	8,12	8,36	8,2
9	9	9.500	350	10	15	5	10	3	2	19,0	4,2	3,94	4,36
10	10	11.500	350	10	15	5	70	1	2	23,0	6,3	5,87	6,56
11	11	9.500	500	10	15	5	70	1	4	38,0	7,4	7,1	7,6
12	12	11.500	500	10	15	5	10	3	4	46,0	8,7	8,3	8,89
13	13	9.500	350	40	15	5	70	3	4	38,0	5,9	6,2	5,6
14	14	11.500	350	40	15	5	10	1	4	46,0	8,69	8,96	8,42
15	15	9.500	500	40	15	5	10	1	2	19,0	0,1	0,1	0,1
16	16	11.500	500	40	15	5	70	3	2	23,0	8,85	8,54	8,65
17	17	9.500	350	10	10	250	10	1	2	12,7	0,1	0,1	1
18	18	11.500	350	10	10	250	70	3	2	15,3	0,1	0,1	0,1
19	19	9.500	500	10	10	250	70	3	4	25,3	5,5	5,2	5,8
20	20	11.500	500	10	10	250	10	1	4	30,7	7,8	8,1	7,62
21	21	9.500	350	40	10	250	70	1	4	25,3	2,1	1,6	2,3
22	22	11.500	350	40	10	250	10	3	4	30,7	10,67	9,86	9,95
23	23	9.500	500	40	10	250	10	3	2	12,7	0,1	0,1	0,1
24	24	11.500	500	40	10	250	70	1	2	15,3	5,1	5,5	4,8
25	25	9.500	350	10	15	250	10	3	4	38,0	5,5	5,1	5,4
26	26	11.500	350	10	15	250	70	1	4	46,0	7,2	7,6	6,92
27	27	9.500	500	10	15	250	70	1	2	19,0	0,1	0,1	0,1
28	28	11.500	500	10	15	250	10	3	2	23,0	7,95	7,54	7,58
29	29	9.500	350	40	15	250	70	3	2	19,0	4,6	4,35	4,54
30	30	11.500	350	40	15	250	10	1	2	23,0	0,1	0,1	0,1
31	31	9.500	500	40	15	250	10	1	4	38,0	6,9	6,4	6,6
32	32	11.500	500	40	15	250	70	3	4	46,0	8,42	8,25	8,58

Minumum kaynak parametre değerleri belirlenirken puntanın kopmayacağı kadar düşük, maksimum kaynak parametre değerleri belirlenirken de puntayı delmeyecek kadar yüksek kaynak parametre değerleri kullanıldı. 32 adet deney seti belirlenmeden önce yapılan denemeler ile minumum ve maksimum kaynak parametre değerleri belirlendi.

5.5. Deneylerin Analiz Edilmesi

Her bir deney seti için elde edilen üç adet çekirdek çapı ölçümünün ortalaması alınarak MINİTAB programında faktöriyel regresyon analizi yapılmıştır. Analizin her aşamasında faktörlerin ikili ve üçlü etkileşimlerinin p değerleri gözden geçirilerek 0,05’den büyük p değerine sahip olan etkileşim analizden çıkarılmıştır. Modelde ilk etkileşimdeki sekiz parametre arasında ikili veya üçlü etkileşimlerinde 0,05’den küçük p değeri varsa temel parametre modelden çıkarılmamıştır. Örneğin aşağıdaki tabloda da görüleceği gibi sıkma’nın çap üzerinde anlamlı bir etkisi olmamasına rağmen ($p=0,253$) ikili ve üçlü etkileşimlerde (örneğin; akım*sıkma, sıkma*kaynama) çap ile anlamlı bir etkisi olduğundan sıkma parametresi modelden çıkarılmamıştır.

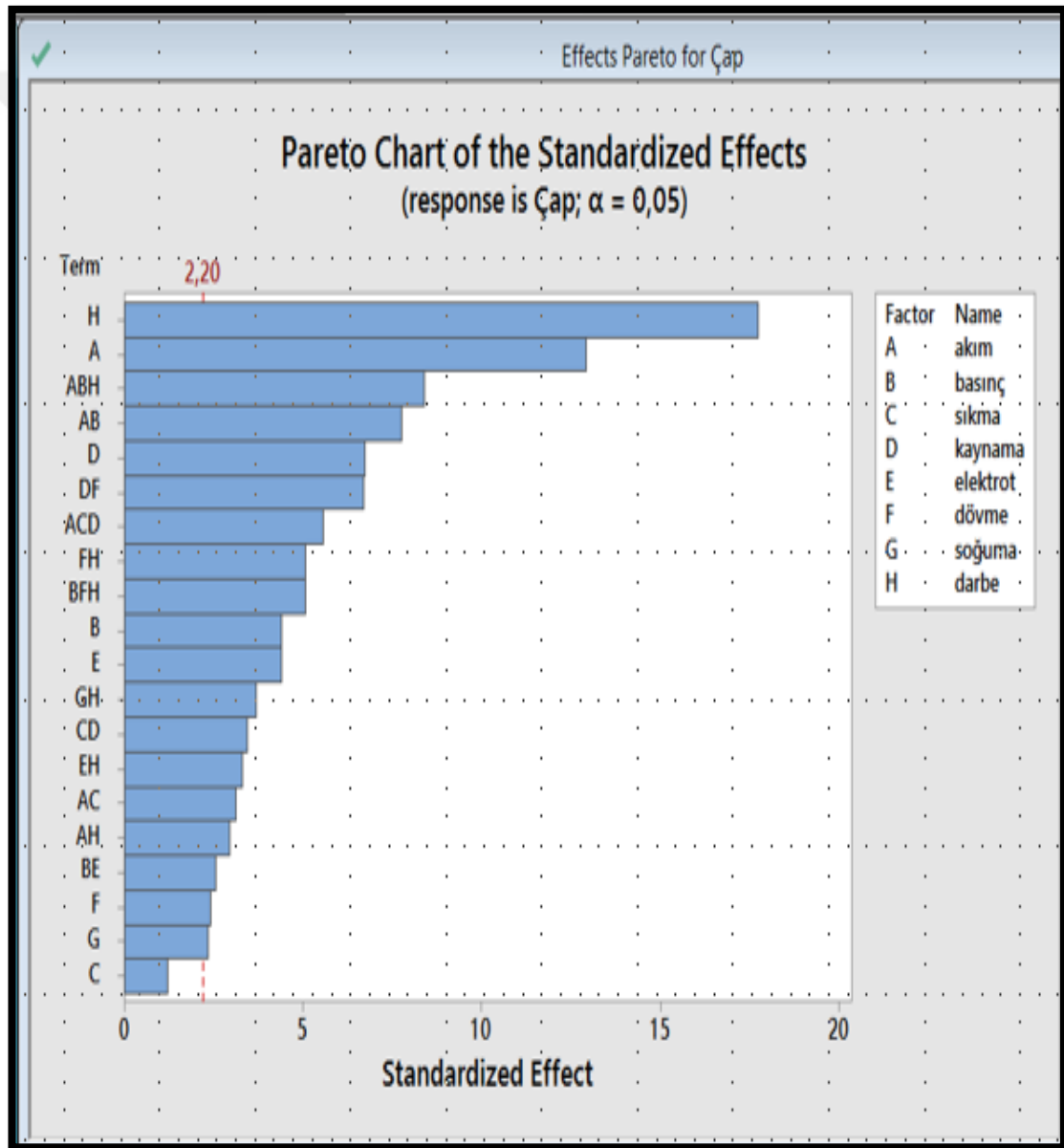
Çizelge 5.5. Faktöriyel regresyon analizi



Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	20	311,049	15,552	44,98	0,000
Linear	8	200,255	25,032	72,40	0,000
akım	1	57,772	57,772	167,09	0,000
basınc	1	6,719	6,719	19,43	0,001
sıkma	1	0,504	0,504	1,46	0,253
kaynama	1	15,750	15,750	45,55	0,000
elektrot	1	6,695	6,695	19,36	0,001
dövme	1	2,059	2,059	5,95	0,033
soğuma	1	1,913	1,913	5,53	0,038
darbe	1	108,843	108,843	314,81	0,000
2-Way Interactions	9	66,701	7,411	21,44	0,000
akım*basınc	1	20,893	20,893	60,43	0,000
akım*sıkma	1	3,395	3,395	9,82	0,010
akım*darbe	1	2,995	2,995	8,66	0,013
basınc*elektrot	1	2,260	2,260	6,54	0,027
sıkma*kaynama	1	4,150	4,150	12,00	0,005
kaynama*dövme	1	15,564	15,564	45,01	0,000
elektrot*darbe	1	3,774	3,774	10,92	0,007
dövme*darbe	1	8,915	8,915	25,78	0,000
soğuma*darbe	1	4,756	4,756	13,76	0,003
3-Way Interactions	3	44,094	14,698	42,51	0,000
akım*basınc*darbe	1	24,401	24,401	70,57	0,000
akım*sıkma*kaynama	1	10,792	10,792	31,21	0,000
basınc*dövme*darbe	1	8,901	8,901	25,74	0,000
Error	11	3,803	0,346		
Total	31	314,852			

Parametrelerin ϕ üzerindeki etkisini (kuvvetliden aza doğru) gösteren pareto diyagramı Çizelge 5.6.'da görölmektedir. Bu diyagramdan göröleceğı üzere çekirdek ϕ üzerinde en büyük üç etkinin sırasıyla darbe, akım ve akım, basınç ve darbenin üçlü etkileşimi olduğı görölmektedir. Basıncın tek başına çekirdek ϕ üzerindeki etkisi çok olmasa dahi girdiğı ikili ve üçlü etkileşimlerde çekirdek ϕ ını önemli oranda etkilediğı görölmüşür. (Örneğın; AB ve ABH)

Çizelge 5.6. Pareto diyagramı



Çizelge 5.7.'de tamamlanan faktöriyel regresyon analizinin sonuçları görülmektedir. Bu analize göre kalın sac grubunda çekirdek çapı veren formül elde edilmiştir. (Çizelge 5.8.)

Çizelge 5.7. Faktöriyel regresyon analizi

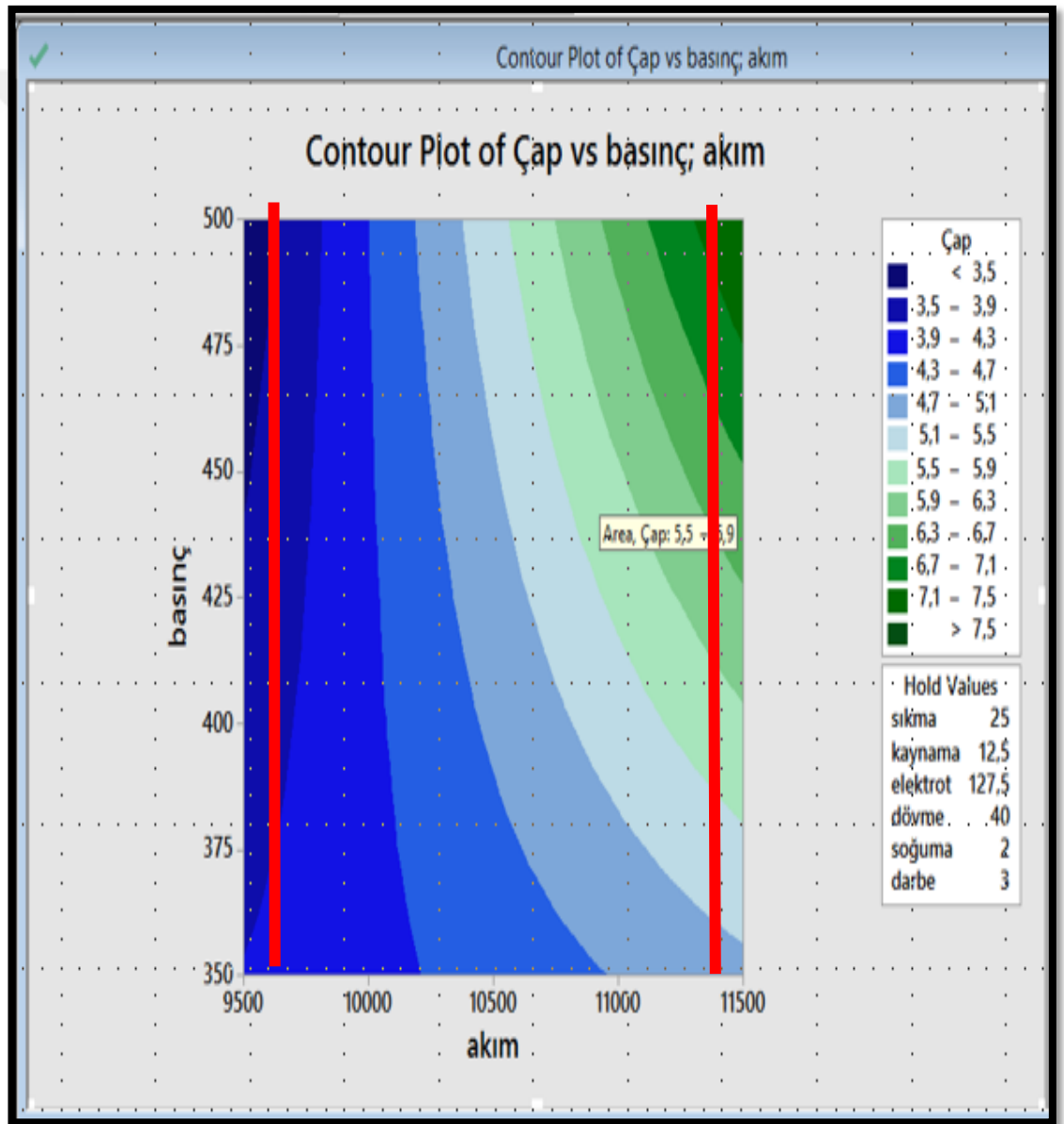
Session						
Coded Coefficients						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		4,910	0,104	47,24	0,000	
akım	2,687	1,344	0,104	12,93	0,000	1,00
basınç	0,916	0,458	0,104	4,41	0,001	1,00
sıkma	0,261	0,126	0,104	1,21	0,253	1,00
kaynama	1,403	0,702	0,104	6,75	0,000	1,00
elektrot	-0,915	-0,457	0,104	-4,40	0,001	1,00
dövme	-0,507	-0,254	0,104	-2,44	0,033	1,00
soğuma	0,489	0,244	0,104	2,35	0,038	1,00
darbe	3,689	1,844	0,104	17,74	0,000	1,00
akım*basınç	1,616	0,808	0,104	7,77	0,000	1,00
akım*sıkma	0,651	0,326	0,104	3,13	0,010	1,00
akım*darbe	-0,612	-0,306	0,104	-2,94	0,013	1,00
basınç*elektrot	0,521	0,266	0,104	2,86	0,027	1,00
sıkma*kaynama	-0,720	-0,360	0,104	-3,46	0,005	1,00
kaynama*dövme	1,395	0,697	0,104	6,71	0,000	1,00
elektrot*darbe	0,687	0,343	0,104	3,30	0,007	1,00
dövme*darbe	-1,056	-0,528	0,104	-5,08	0,000	1,00
soğuma*darbe	-0,771	-0,386	0,104	-3,71	0,003	1,00
akım*basınç*darbe	-1,746	-0,873	0,104	-8,40	0,000	1,00
akım*sıkma*kaynama	-1,161	-0,581	0,104	-5,59	0,000	1,00
basınç*dövme*darbe	1,055	0,527	0,104	5,07	0,000	1,00
Regression Equation in Coded Units						
$\begin{aligned} \text{Çap} = & 4,910 + 1,344 \text{ akım} + 0,458 \text{ basınç} + 0,126 \text{ sıkma} + 0,702 \text{ kaynama} - 0,457 \text{ elektrot} \\ & - 0,254 \text{ dövme} + 0,244 \text{ soğuma} + 1,844 \text{ darbe} + 0,808 \text{ akım} * \text{basınç} + 0,326 \text{ akım} * \text{sıkma} \\ & - 0,306 \text{ akım} * \text{darbe} + 0,266 \text{ basınç} * \text{elektrot} - 0,360 \text{ sıkma} * \text{kaynama} + 0,697 \text{ kaynama} * \text{dövme} \\ & + 0,343 \text{ elektrot} * \text{darbe} - 0,528 \text{ dövme} * \text{darbe} - 0,386 \text{ soğuma} * \text{darbe} \\ & - 0,873 \text{ akım} * \text{basınç} * \text{darbe} - 0,581 \text{ akım} * \text{sıkma} * \text{kaynama} + 0,527 \text{ basınç} * \text{dövme} * \text{darbe} \end{aligned}$						

Çizelge 5.8. Deney tasarım analizi sonucunda elde edilen ÇAP formülü

$$\begin{aligned} \text{ÇAP} = & 4,910 + 1,344 \text{ Akım} + 0,458 \text{ Basınç} + 0,126 \text{ Sıkma} + 0,702 \text{ Kaynama} - 0,457 \\ & \text{Elektrod} - 0,254 \text{ Dövme} + 0,244 \text{ Soğuma} + 1,844 \text{ Darbe} + 0,808 \text{ Akım} * \text{Basınç} + \\ & 0,326 \text{ Akım} * \text{Sıkma} - 0,306 \text{ Akım} * \text{Darbe} + 0,266 \text{ Basınç} * \text{Elektrod} - 0,360 \text{ Sıkma} \\ & * \text{Kaynama} + 0,697 \text{ Kaynama} * \text{Dövme} + 0,343 \text{ Elektrod} * \text{Darbe} - 0,528 \text{ Dövme} * \\ & \text{Darbe} - 0,386 \text{ Soğuma} * \text{Darbe} - 0,873 \text{ Akım} * \text{Basınç} * \text{Darbe} - 0,581 \text{ Akım} * \\ & \text{Sıkma} * \text{Kaynama} + 0,527 \text{ Basınç} * \text{Dövme} * \text{Darbe} \end{aligned}$$

Akım ile basınç arasında farklı akım değerlerinde çap üzerinde farklı sonuçlar alındığı görülmüştür. Örneğin akımın düşük olduğu bölgede (örneğin 9 500 A) basıncın düşük veya yüksek olması kaynak çekirdek çapına çok büyük bir etkisi yoktur. Ancak akımın yüksek olduğu bölgede (örneğin, 11 500 A) basıncın düşük veya yüksek olmasının kaynak çekirdek çapına önemli bir etkisi vardır. Bu sebeple sahadaki pratik bilginin aksine yüksek akımlarda yüksek basınç ile çalışılması daha uygun olacaktır.

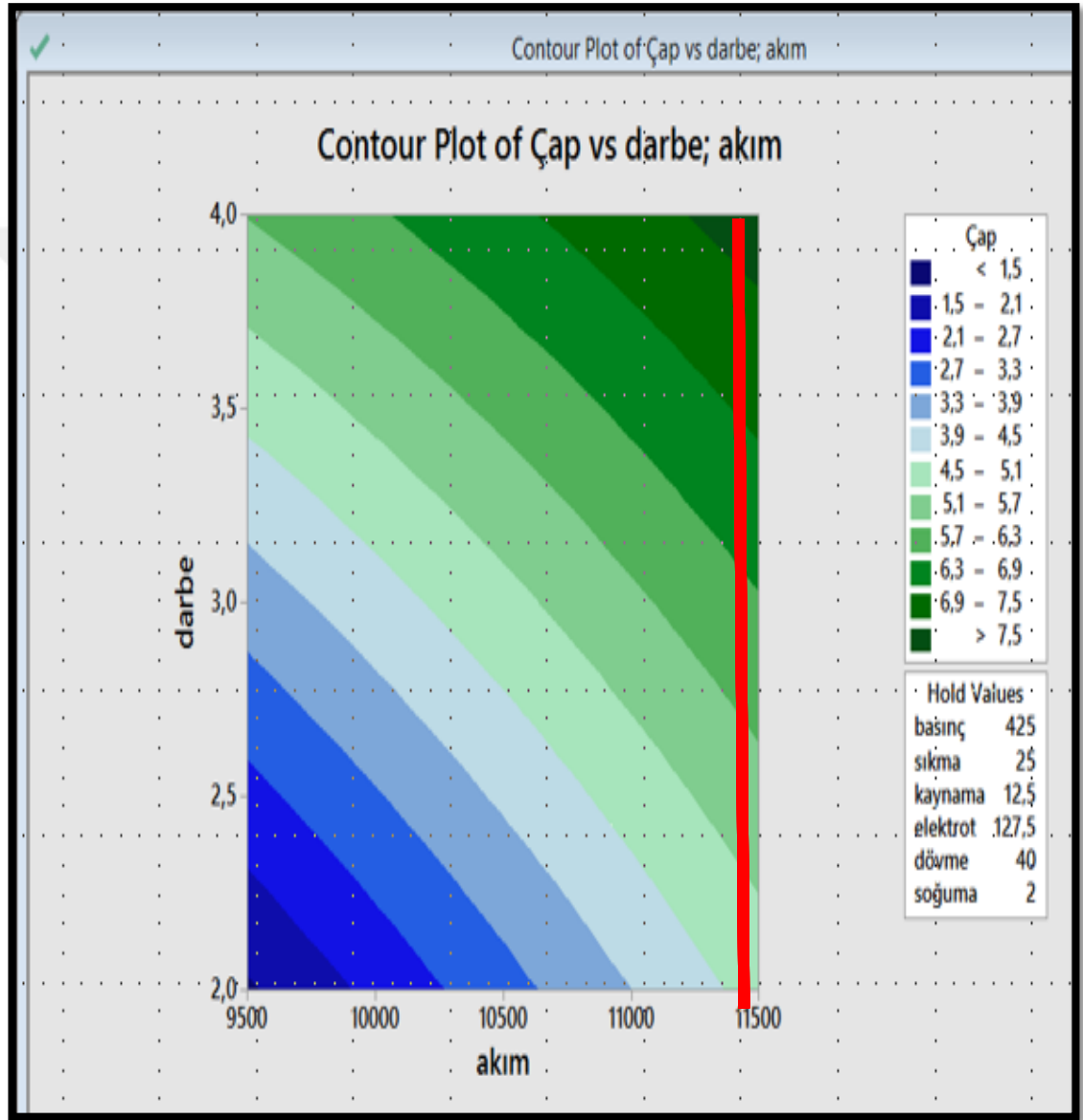
Çizelge 5.10. Basınç ve akım parametrelerinin ikili etkileşimleri



Bir diğerk ikili etkileşim de akım ve darbenin yüksek tutulmasının çekirdek çapı üzerinde önemli bir etkisi olduğu görölmektedir. (Akım= 11 500 A, Darbe= 4)

Akım ve darbedeki artış paralel olarak punta çekirdek çapının artmasını sağlamaktadır.

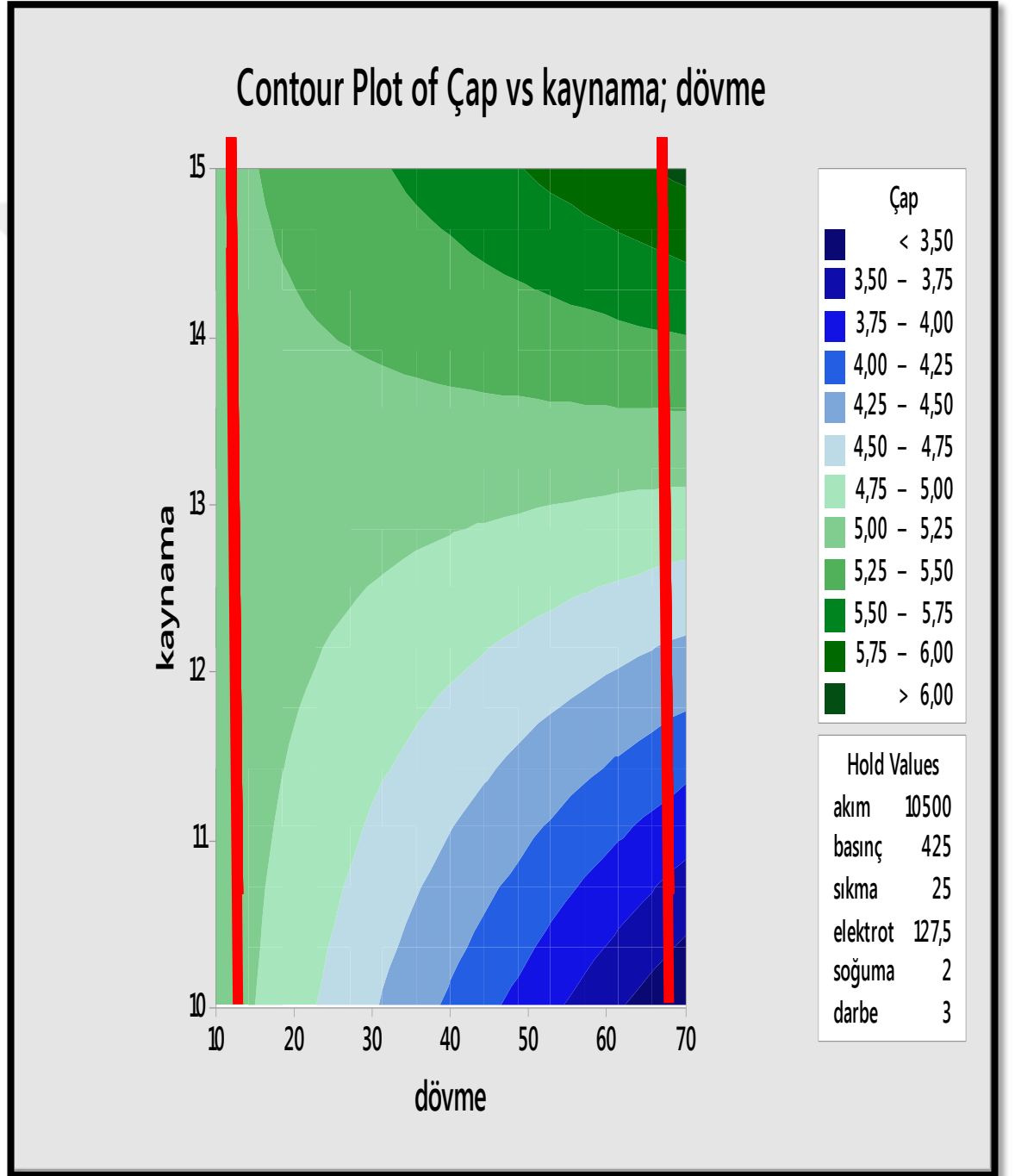
Çizelge 5.11. Darbe ve akım parametrelerinin ikili etkileşimleri



Diğerk taraftan kaynama ve dövme arasındaki ikili etkileşim grafiğı aşağıda gösterilmiştir. Bu analizde de dövmenin düşük olduğu bölgede kaynama süresindeki değişimin çap üzerinde büyük bir etkisi olmadığı görölmektedir. Ancak dövmenin

yüksek olduğu bölgede kaynama süresinin arttırılmasının çekirdek çapının büyümesinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. Yüksek çap elde etmek için yüksek dövme süresi kullanılacaktır.

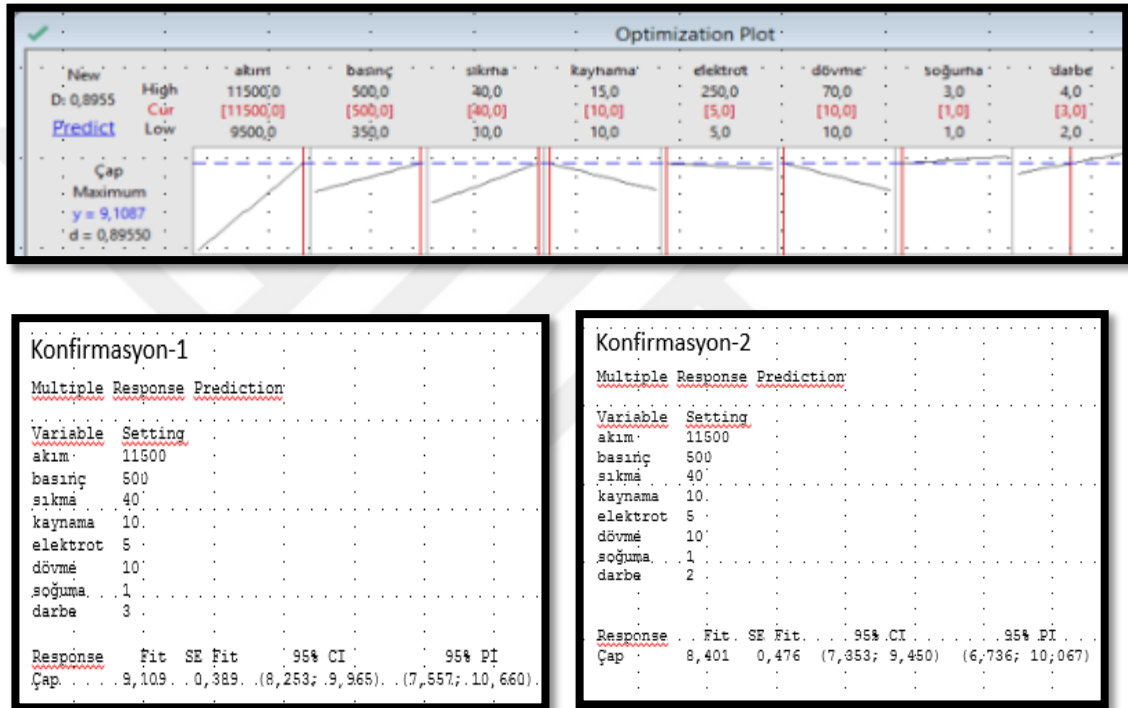
Çizelge 5.12. Kaynama ve dövme parametrelerinin ikili etkileşimleri



5.6. Konfirmasyon Deneylerinin Yapılması

MİNİTAB yazılımının optimizasyon pilotu ara yüzü kullanılarak elde edilen çap formülü sayesinde enerji tüketimini en aza indiren, kaynak kalitesini koruyan iki adet konfirmasyon parametre seti elde edilmiştir.

Çizelge 5.13. 2 adet Konfirmasyon parametre seti



Bu parametre setleri sahada test edilerek yine tahribatlı deneyleri yapılmıştır. Tahribatlı sonucunda elde edilen çekirdek çapı, formülden beklenen çekirdek çapına yakın çıkmıştır. Bu konfirmasyon testleri sonucunda 2,7 mm sac kalınlıklarında yukarıda belirtilen formülün neticesinde bulunan parametre setinin sahada devreye alınmasına karar verilmiştir. (Çizelge 5.14.)

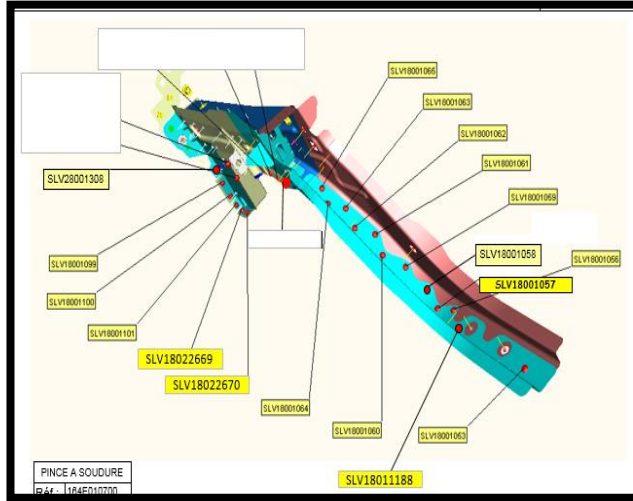
Konfirmasyon deneyinin gözleminde kaynak kalitesi açısından bakıldığında (tahribatlı bölgedeki küçük çapaklar, kaynak makinesinin zorlanması, parça üzerindeki yağ ve tozlar vb.) konfirmasyon 1'in devreye alınmasına imalat, kalite ve metod birimlerinin onayı ile karar verilmiştir.

Çizelge 5.14. 2 Konfirmasyon - 1 parametre seti

Konfirmasyon - 1	Parametreler
Akım (Amper) (A)	11.500
Basınç (daN)	500
Sıkma (cycle)	40
Kaynama Süresi (cycle)	10
Dövme (cycle)	10
Soğuma (cycle)	1
Darbe (adet)	3
Elektrot Bileme (Punta Sayısı)	5

5.7. Örnek Uygulama: Sol Ön Kiriş Birleştirme Postası

Sol ön kiriş birleştirme postasında kiriş parçası üzerine robot tarafından atılan 18 adet puntanın kaynak parametreleri yukarıda belirtilen konfirmasyon 1'e göre değiştirilmiştir. Belirlenen kaynak parametre değerleri sahada seri uygulamada devreye alınmıştır.



Şekil 5.4. Sol ön kiriş birleştirme postası punta pozisyonları

6. TARTIŞMA ve SONUÇ

Deney sonuçlarının Minitab uygulamasından analiz edilmesiyle sekiz faktör arasında tek başına kaynak çekirdek çapına etkisinin düşük olduğu görülen bazı parametrelerin, diğer parametreler ile etkileşim içerisinde olduğunda kaynak çekirdek çapını etkilediği görülmüştür. Bunun yanında akım, basınç, kaynak zamanı ve dövme parametrelerinin kaynak çekirdek çapına doğrudan etkisi olduğu görülmüştür.

Sol ön kiriş birleştirme postası punta kaynak makinesi yeni parametre değerleri Çizelge 6.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Punta kaynak makinesi yeni parametre değerleri

Posta Kaynak Parametreleri	Mevcut Durum	Önerilen Durum
Akım (Amper) (A)	12.500	11.500
Basınç (daN)	550	500
Sıkma (cycle)	10	40
Kaynama Süresi (cycle)	10	10
Elektrot Bileme	5	250
Dövme (cycle)	10	10
Soğuma (cycle)	2	1
Darbe (adet)	4	3
Elektrot Bileme (Punta Sayısı)	5	5
Punta Başına Enerji (Wh)	33,33	23,00

Çizelge 6.2. Punta kaynak makinesi yeni parametre kazanç verileri

Punta Başına Enerji Farkı (Wh)	10,33
Postada Bir ÇevrimdeAtılan Punta Sayısı (adet)	18
1 Araçtaki Toplam Punta Enerji Kazancı (Wh)	186
1 Yılda Üretine Araç Sayısı (adet)	260.000
1 Yılda Toplam Punta Enerji Kazancı (Wh)	48.360.000
1 Yılda Toplam Punta Enerji Kazancı (KWh)	48.360
1 KWh İçin Enerji Kazancı (€)	0,05
1 Yılda Toplam Punta Enerji Kazancı (€)	2.418

Punta kaynak makinesi mevcut durumdaki parametre değerleri ile deney tasarımı sonrasında elde edilen yeni kaynak parametre değerleri karşılaştırıldığında, kaynak kalitesi değiştirilmeden Punta Başına Enerji 33,33 Wh'den 23,00 Wh'e indirilmiş ve punta başına 31% enerji kazancı sağlanmıştır. Postada bir çevrimde atılan 18 punta göz önüne alındığında, bir yılda 260 000 adet araç üretiminde toplam 2 413 €'luk kazanç elde edilmiştir. Ayrıca postada çevrim süresi kazancı da sağlanmıştır.

EK 1'de farklı postalarda yapılan uygulamaların yaygınlaştırılması adına deney tasarımı punta kaynak parametre optimizasyonu çalışmasında uygulanacak işlem adımları için sinoptik hazırlanmıştır.

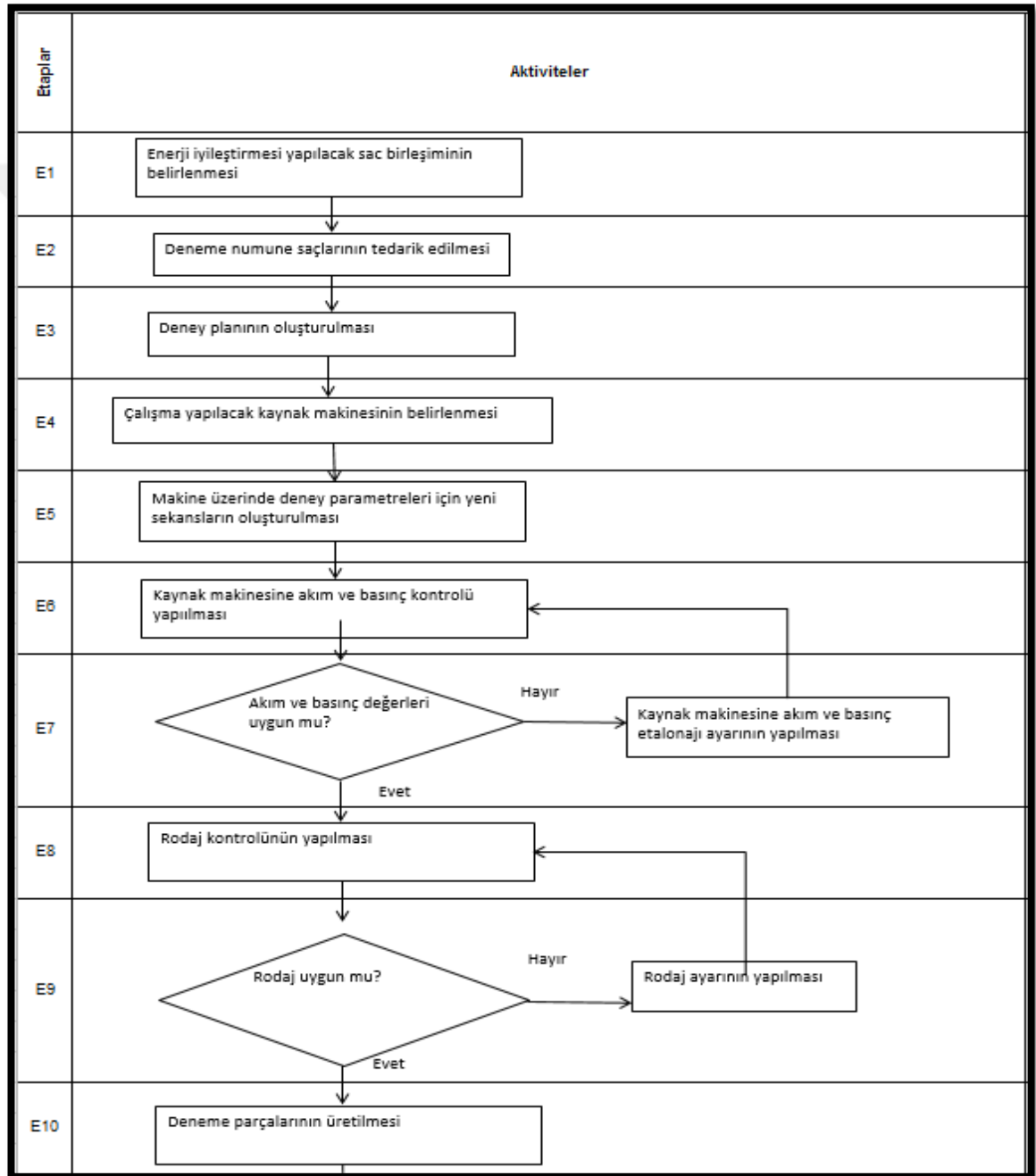
KAYNAKLAR

- Anonim, 2017.** Elektrik Direnç Kaynağı. <http://www.pukamakina.com/teknik-bilgi/1/elektrik-direnc-kaynagi.html> (Erişim tarihi: 14.04.2017).
- Anonim, 2017.** <http://www.stat.psu.edu/> (Erişim tarihi: 14.04.2017).
- Anonim, 2017.** Nokta Direnç Kaynağı Şirket Eğitim Notları, Bursa.
- ANIK, S., 1993.** Kaynak Teknolojisi El Kitabı, İstanbul.
- ÇAŞ, C., 2010.** Cevap yüzeyi Tasarımları ve Sinir Ağları Yaklaşımı, *Doktora Tezi*, A.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü.
- ÇİL, E., 2009.** Sürtünme Kaynağı ile Birleştirilmiş Paslanmaz Çelik ve Bakır Parçaların Kaynak Bölgesi Özelliklerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hinkelmann, K. and Kempthorne, O. 2005.** Design and Analysis of Experiments, Vol. Advanced Experimental Design, Wiley-Interscience, New York, 780 page.
- Köksoy, O., 2001.** Taguchi ve Cevap Yüzeyi Felsefelerinin Birleştirilmesi: Problem ve Çözüm Teknikleri, Hacettepe Üniversitesi.
- Montgomery, D.C. 2005.** Design and Analysis of Experiments, 6thed., John Wiley&Sons
- Muluk, F.Z., Toktamış, Ö., Kurt, S. ve Karaağaoğlu, E., 2009.** Çeviri: Hicks, C.R., Deney Düzenlemede İstatistiksel Yöntemler, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornava, İzmir, 267 sayfa (II. Baskı).
- Şirvancı, M., 1997.** Kalite İçin Deney Tasarımı. Literatür Yayınları. 110 sayfa.

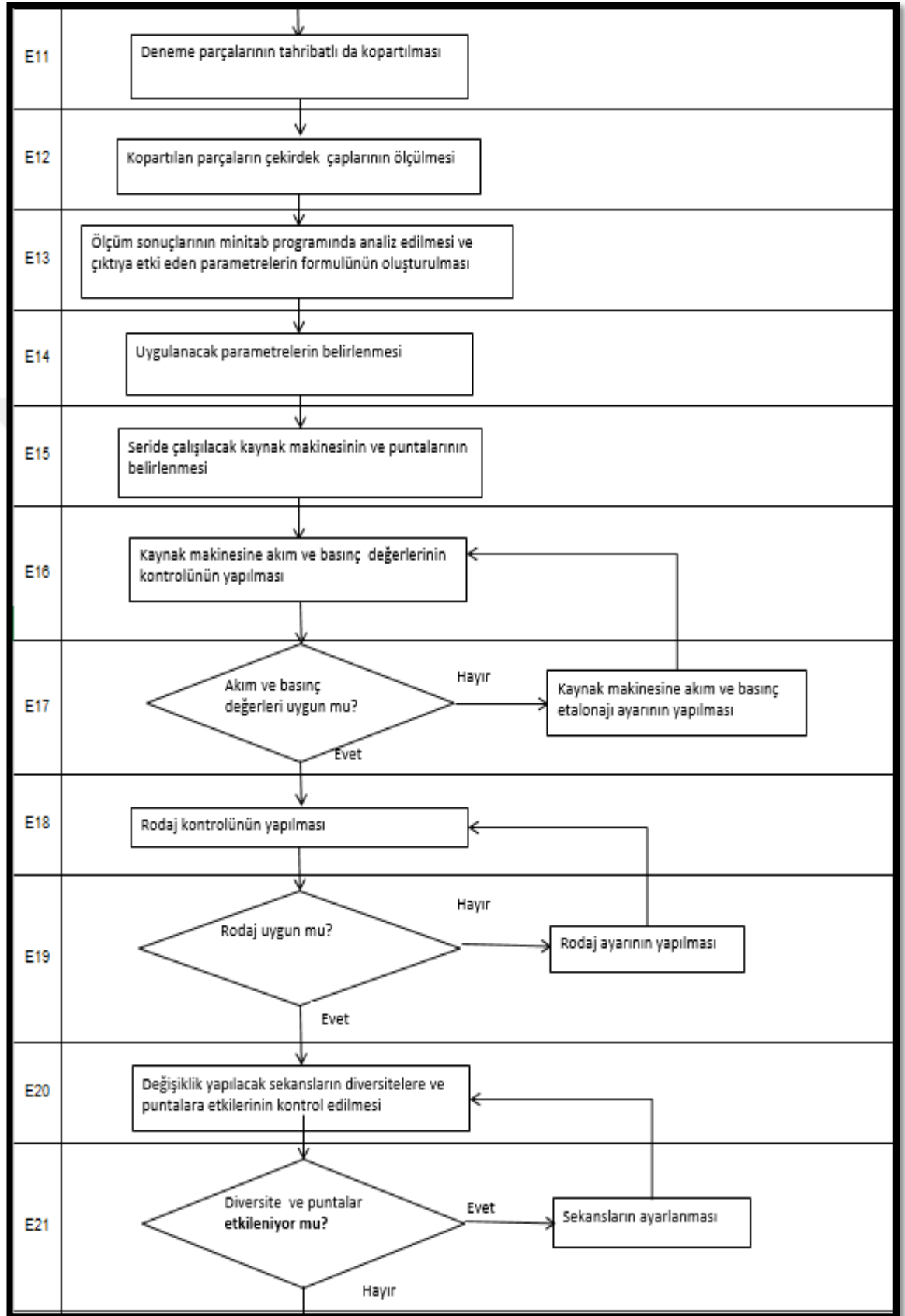
EKLER

EK 1 SİNOPTİK

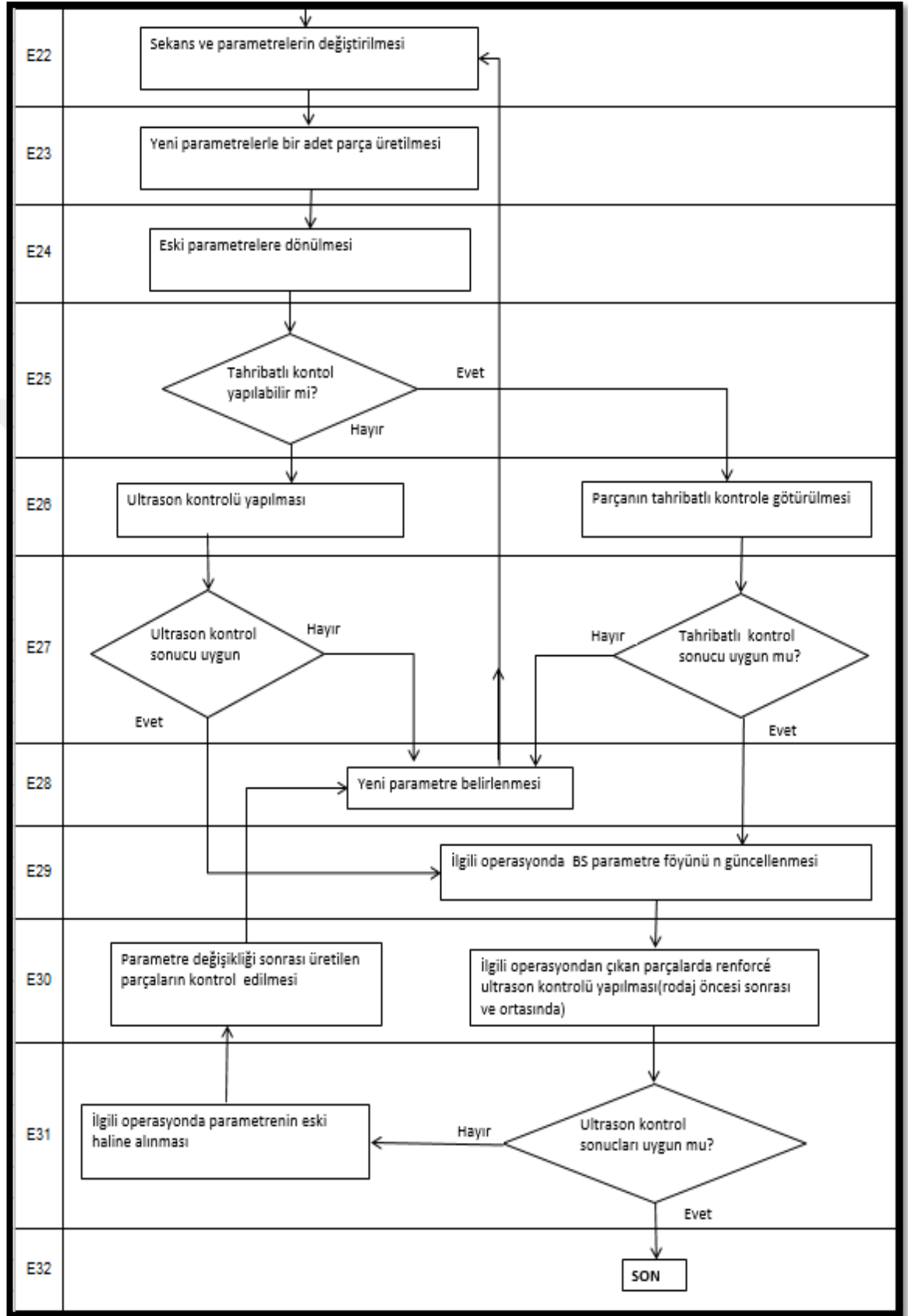
Deney tasarımı punta kaynak parametre optimizasyonu çalışmasında uygulanacak işlem adımları için aşağıdaki sinoptik hazırlanmıştır.



EK 1 SİNOPTİK (devam)



EK 1 SİNOPTİK (devam)



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Umut İŞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Mudanya, 29/05/1977
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bursa Cumhuriyet Anadolu Lisesi (1994)
Lisans : Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık
Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü (2000)
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Mühendislik
ve Teknoloji Yönetimi Tezsiz Yüksek Lisansı
(2015)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Oyak Renault Otomobil Fabrikaları AŞ - 2004
İletişim (e-posta) : umut.ish@hotmail.com
Yayınları : -