

**OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN
GALVANİZLİ SAÇ –ALÜMİNYUM PERÇİNSİZ
BAĞLANTILARININ MEKANİK
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEKLİSANS TEZİ

Altınay HACIOĞLU

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇETKİN

**MAKİNA EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
TEMMUZ, 2010**

**T.C.
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN
GALVANİZLİ SAÇ –ALÜMİNYUM PERÇİNSİZ BAĞLANTILARININ
MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

ALTINAY HACIOĞLU

DANIŞMAN

Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇETKİN

MAKİNE EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

TEMMUZ, 2010

ONAY SAYFASI

Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇETKİN danışmanlığında,

Altınay HACIOĞLU tarafından hazırlanan

“Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Galvanizli sac –Alüminyum Perçinsiz Bağlantılarının Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışma, lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca

09 / 07/ 2010

tarihinde aşağıdaki jüri tarafından

Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalında

Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı, SOYADI

İmza

Başkan : Doç. Dr. Kubilay ASLANTAŞ

.....

Üye : Yrd. Doç. Dr.Ahmet ÇETKİN
(Danışman)

.....

Üye : Doç. Dr. Şükrü TAKTAK

.....

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Doç. Dr. Rıdvan ÜNAL

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	V
TEŞEKKÜR.....	vii
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Literatür özetleri	2
2.2. Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Birleştirme Yöntemleri	3
2.2.1. Kaynaklı Birleştirme Yöntemleri.....	3
2.2.1.1. Sürtünme Kaynağı.....	4
2.2.1.2. Oksi-Asetilen Kaynağı	6
2.2.1.3 Gazaltı (MIG ve MAG) Kaynağı	7
2.2.1.4 Direnç Nokta Kaynağı.....	8
2.2.1.5 Lazer Kaynağı.....	9
2.2.2. Mekanik Birleştirme Yöntemleri	10
2.2.2.1. Self-Clinching Yöntemi.....	10
2.2.2.2. Clinching Yöntemi	12
2.2.2.2.1 Clinching yönteminin uygulanması	14

2.2.2.2.2 Clinching Yönteminin Avantajları.....	16
2.3. Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Alüminyum Alaşımları	17
2.3.1. Kullanım Alanları ve Avantajları.....	18
2.4. Otomotiv Endüstrisinde kullanılan Galvanize Çelik Alaşımları	20
3. MATERYAL VE METOD	22
3.1 Deneyde Kullanılacak Malzemelerin Hazırlanması	22
3.2.Malzemelerin Clinching Yöntemiyle Birleştirilmesi	26
3.3.Clinching Yöntemiyle Birleştirilen Parçaların Kesitlerinin İncelenmesi	30
3.4. Deneylerin Yapılması	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	35
4.1. TS EN ISO 6892-1 Standardına göre Malzeme Çekme Deneyi	35
4.2. TS EN ISO 14270 Standardına göre Mekanize Soyma Deneyi	36
4.3. TS EN ISO 14273 Standardına göre Malzeme Kesme Deneyi.....	44
4.4. Birleştirilen Malzemelerin Kesit Görünüşleri.....	50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
5.1. Öneriler	57
6. KAYNAKLAR	59
6.1. İnternet Kaynakları.....	61
7. ÖZGEÇMİŞ	62

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE KULLANILAN GALVANİZLİ SAÇ – ALÜMİNYUM PERÇİNSİZ BAĞLANTILARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Altınay HACIOĞLU

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇETKİN

Otomotiv sektöründeki yenilikçi arayışlar ve teknolojinin hızla gelişmesi yeni üretim tekniklerinin de ortaya çıkmasını sağlamıştır. Üretimde ve malzemelerde çeşitliliğin artması, farklı özelliklerde malzemelerin kullanılması, mekanik bağlantıların yapılmasında çeşitli sorunlara neden olmaktadır. Bu sorunları çözmek ve üretimi kolaylaştırmak için yeni birleştirme teknolojileri üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu birleştirme teknolojilerinden biri de clinching yöntemidir.

Bu çalışma otomotiv endüstrisinde gövde ve diğer aksesuarlarında beraber kullanılan galvanizli(St1314) saç ve alüminyum(Al5754) saçların, clinching yöntemiyle birleştirilmesinden oluşan yapıların mekanik özelliklerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. TS EN ISO 6892-1 standardına uygun olarak galvanizli saç ve alüminyum saç malzemelerden numuneler hazırlanmış ve bu numunelerin çekme deneyleri yapılmış ve malzemelerin mekanik özellikleri elde edilmiştir. Standartlara uygun olarak kesilip hazırlanan numuneler clinching yöntemiyle birleştirilmiştir. Birleştirilen numunelere TS EN ISO 14273 standardına göre kesme deneyi ve TS EN ISO 14270 standardına göre mekanize soyma deneyi uygulanmıştır. Birleştirilen malzemeler birleşim yerlerine dik kesilerek kesitleri alınmış daha sonra mikro fotoğrafları çekilmiştir. Çekilen fotoğraflar incelenmiş uygun olan birleştirmeler ve birleştirmelerde oluşan hatalı durumlar tespit edilmiştir.

Clinching yöntemiyle birleştirilen malzemeler incelendiğinde birbirine yakın kalınlıktaki malzemelerin kullanıldığı ve sünek malzemenin altta olduğu

birleştirmelerde daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Birleştirilen malzemeler arasındaki kalınlık oranı arttığında birleştirmelerde sorunlarla karşılaşıldığı belirlenmiştir. Farklı kalınlıklardaki malzemelerin birleştirilmesi incelendiğinde, kalın malzemenin üstte ince malzemenin altta kullanılması durumunda ince malzemedede plastik deformasyonun artmasından dolayı çatlaklar ve kopmalar meydana gelmektedir. Kalınlıkları birbirine yakın olan malzemelerin birleştirilmesinde malzemelerin yer değiştirmesi, birleştirmeyi etkileyecek olumsuzluklara neden olmamaktadır.

2010, 62 Sayfa

Anahtar kelimeler: Perçinsiz Bağlantı, Clinching, Sheet metal, joining, otomotiv

ABSTRACT

M.Sc.Thesis

DETERMINATION OF MECHANICAL PROPERTIES OF CLINCHED GALVANIZED STEEL-ALUMINUM SHEETS USED IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Altınay HACIOĞLU

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Machine Education

Supervisor: Assoc. Dr. Ahmet ÇETKİN

Inventive pursuits in automotive industry and fast advancing technology have led to the occurrence of new production techniques. Enhancement in production and material variety, using materials in different characteristics lead to some problems in making mechanic attachments. In order to solve these problems and ease production, new studies are being carried on new attachment technologies. One of these attachment technologies is clinching method.

This study was carried out to examine the mechanic characteristics of the structures formed by the connection of galvanized (St1314) plate and aluminum (A15754) plate using clinching method. Galvanized and aluminum sample plates were prepared in accordance with TS EN ISO 6892-1 standard and their pulling (allurement) experiments were done and mechanical characteristics of the materials were obtained samples, cut and prepared in accordance with standards, were attached using clinching method. The attached samples were carried out cutting experiment in accordance with TS EN ISO 14270. Sectioning was done on the attached materials by cutting vertically and then their micro photos were examined, appropriate attachments and inappropriate ones were determined.

When the materials attached with clinching method were achieved, when materials with similar thickness were used and when ductile material were used at the below during the attachment. When the attached thickness rate between the materials increased, some

problems were seen to occur during the attachment when the attachment of materials with different thicknesses were examined , some cracks and breakaways occur due to the increase of plastics deformation if the thick material is used on the upper side and thin material on the bottom side. In the attachment of materials with similar thicknesses, translocation of materials, doesn't lead to negations affecting attachment.

2010 , 62 Pages

Keywords: Joining, clinching, sheet metal, otomotiv

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde yapmış olduğu çok değerli katkı ve yönlendirmeler ile bana büyük destek veren ve elinden gelen yardımı esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇETKİN' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Deney ekipmanlarının kullanılmasında desteklerini esirgemeyen Arş. Gör. Şükrü KARAKAYA' ya, tezin hazırlanması aşamasında, manevi desteğini esirgemeyen değerli eşime içten teşekkürlerimi sunarım.

Altınay HACIOĞLU
Afyonkarahisar, 2010

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

1.Simgeler

Sembol	Element
C	Karbon
Mn	Mangan
Cu	Bakır
O	Oksijen
H	Hidrojen
P	Fosfor
Ti	Titanyum
V	Vanadyum
Cr	Krom
Ni	Nikel
Mo	Molibden
Fe	Demir
Zn	Çinko
W	Volfram (Tungsten)
Al	Alüminyum
St	Çelik(steel)
Wcu	Tungsten-Bakır

2. Kısaltmalar

AKÜ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
BAPK	Bilimsel Araştırma Projesi Komisyonu
SEM	Scanning Electron Microscopy (Elektron Taramalı Mikroskop)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzemeler Derneği)
TUAM	Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 Sürtünme Kaynağı Makinesi.....	5
Şekil 2.2 Sürtünme Kaynağı	5
Şekil 2.3 Oksi- asetilen Kaynağının Şematik Gösterimi.....	6
Şekil 2.4 MIG-MAG Kaynak Yönteminde Ark Bölgesi.....	7
Şekil 2.5 MIG –MAG Kaynağı Donanım Şeması.	8
Şekil 2.6 Nokta Kaynak Makinesi Temel Bileşenleri ve Kaynak Bölgesi.....	8
Şekil 2.7 Lazer Kaynağının Şematik Gösterimi	9
Şekil 2.8 Self-Clinching Birleştirme Elemanları	11
Şekil 2.9 Birleştirme Somununun Presle Saç Parçaya Sabitlenmesi	11
Şekil 2.10 1981 Yılında Üretilmiş İlk Clinching Pensesi	12
Şekil 2.11 Dairesel Formlu Birleştirmeler	13
Şekil 2.12 Dikdörtgen Formlu Birleştirmeler.....	13
Şekil 2.13 Clinching Sistemlerinde İşlem Akış Şeması.....	14
Şekil 2.14 Tox Twinpoint Clinching Sistemi	15
Şekil 2.15 Clinching Sistemlerinde Kullanılan Takım Örnekleri.....	15
Şekil 3.1 TS EN ISO 6892-1 Standartına Göre Numune Ölçüleri	22
Şekil 3.2 Deney İçin Hazırlanmış Numuneler	23
Şekil 3.3 TS EN ISO 14273 Standardına Göre Belirlenmiş Numune Ölçüleri.....	25
Şekil 3.4 TS EN ISO 14270 Standardına Göre Belirlenmiş Numune Ölçüleri.....	26
Şekil 3.5 Tox Marka Clinching Makinesi	27
Şekil 3.6 Clinching Sisteminin Masaya Sabitlenmesi	27
Şekil 3.7 Saç Malzemelerin Clinching Sistemi ile Birleştirilmesi.....	28
Şekil 3.8 Deneyler için Hazırlanmış Numuneler	29
Şekil 3.9 Tronic Marka Numune Parlatma Cihazı.....	30
Şekil 3.10 Clinching Yöntemi ile Birleştirilmiş Malzemelerin Kesitleri.....	31
Şekil 3.11 Instron 8801 Model Test Makinesi	32
Şekil 3.12 Numunenin Makine Tarafından Çekilmesi.....	32
Şekil 3.13 Birleştirilen Malzemelerin Şematik Gösterimi.	33
Şekil 3.14 Birleştirilen Malzemelere Uygulanan Çekme Testi	33

Şekil 3.15	Test İçin Hazırlanmış Numuneler	34
Şekil 3.16	TS EN ISO 14270 Standartlarına Göre Mekanize Soyma Testinin Uygulanması.....	34
Şekil 4.1	TS EN ISO 6892-1 Standardına Göre Yapılan Deney Sonuç Grafiği	35
Şekil 4.2	Çekme Deneyi Sonucunda Kopan Malzemeler.	36
Şekil 4.3	Malzemelerin Birleştirilme Şekilleri	36
Şekil 4.4	St1314 (1 mm.) ile Al5754 Saç Plakaların Birleştirilmesinden Oluşturulmuş Numunelerin Yük Dayanımları	37
Şekil 4.5	1 mm St1314 Malzemenin Bazı Al5754 Malzemelerle Birleştirme Kesitleri	37
Şekil 4.6	2,5 mm Alüminyum ile 1 mm Galvanizli Çelik Malzemelerin Kesiti	39
Şekil 4.7	St1314 (1,5 mm.) ile Al5754 Saç Plakaların Birleştirilmesinden Oluşturulmuş Numunelerin Yük Dayanımları	39
Şekil 4.8	Birleştirilmiş Saç Malzeme ile Alüminyum Malzeme Kesitleri	40
Şekil 4.9	Birleştirilmiş Alüminyum Malzeme ile Saç Malzeme Kesitleri	41
Şekil 4.10	St1314 (2 mm.) ile Al5754 Saç Plakaların Birleştirilmesinden Oluşturulmuş Numunelerin Yük Dayanımları	42
Şekil 4.11	St1314 (2 mm.) ile Bazı Al5754 Saç Malzemelerin Birleştirilmesinden Oluşan Numunelerin Kesitleri.....	43
Şekil 4.12	Bazı Al5754 ile St1314 (2 mm.) Saç Plakaların Birleştirilmesinden Oluşan Numunelerin Kesitleri.....	43
Şekil 4.13	1 mm ST1314 ile 0,5~2,5 mm Al5754 Birleştirilmesinden Oluşan Numunelerin Kalınlıklarına göre Kesme Dayanımı	44
Şekil 4.14	Clinching Yöntemi ile Birleştirilmiş Numune Kesitleri.....	45
Şekil 4.15	Birleştirilen Alüminyum malzeme ile Saç Malzeme Kesitleri	45
Şekil 4.16	1,5 mm St1314 ile 0,5~2,5 mm Al5754 Birleştirilmesinden Oluşan Numunelerin Kalınlıklarına Göre Kesme Dayanımı	46
Şekil 4.17	Birleştirilmiş Saç Malzemeler ile Alüminyum Malzemelerin Kesitleri.....	46
Şekil 4.18	Birleştirilmiş Alüminyum Malzeme ile Saç Malzemelerin Kesitleri.....	47
Şekil 4.19	2 mm St1314 ile 0,5~2 mm Al5754 Birleştirilmesinden Oluşan Numunelerin Kalınlıklarına göre Kesme Dayanımı	48
Şekil 4.20	Birleştirilmiş Saç Malzeme ile Alüminyum Malzeme Kesitleri	49

Şekil 4.21 Birleştirilmiş Alüminyum Malzeme ile Saç Malzeme Kesitleri	49
Şekil 4.22 Al5754 Alüminyum ile St1314 Saç Malzemelerin Birleştirilme Kesiti	50
Şekil 4.23 Bazı Al5754 ile St1314 Saç Malzemelerin Birleştirilme Kesiti	51
Şekil 4.24 St1314 Saç Malzeme ile Al5754 Alüminyum Malzemelerin Birleştirilme Kesiti.....	52
Şekil 4.25 St1314 ile Al5754 Saç Malzemelerin Kesitleri.....	53
Şekil 5.1 Birleştirilmiş Saç Malzeme ile Alüminyum Malzeme Kesitleri	56
Şekil 5.2 Clinching Yöntemiyle Birleştirilmiş Bazı Malzemelerin Kesitleri	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1 Alüminyumun Genel Özellikleri.....	18
Çizelge 2.2 Bazı Soğuk Şekillendirmeye Uygun Galvanizli Saçların Kimyasal Bileşimi	20
Çizelge 2.3 Bazı Soğuk Şekillendirilmeye Uygun Galvanizli Saçların Mekanik Özellikleri.....	21
Çizelge 3.1 TS EN ISO 6892-1 Standartına göre Numune Boyutları	23
Çizelge 3.2 TS EN ISO 14273 Standartına göre Numune Boyutları.....	24
Çizelge 3.3 TS EN ISO 14270 Standartına göre Numune Boyutları.....	25
Çizelge 3.4 Numunelerin Birleştirilme Şekilleri ve Sayıları.....	29
Çizelge 4.1 Malzemelerin Bazı Mekanik Özellikleri.	35
Çizelge 5.1 TS EN ISO 14273 deney değerleri.....	54
Çizelge 5.2 TS EN ISO 14270 deney değerleri.....	55

1. GİRİŞ

Üretim teknolojisinde görülen hızlı gelişmeler ve rekabetin artması yeni üretim teknolojilerinin ortaya çıkmasını sağlamış, kaliteli ürünün yanı sıra üreticiler üretim hızı, üretim kolaylığı, üreten ve kullananın sağlığı, üretimin çevreye etkisi gibi etkenleri de ön planda tutmaya başlamış ve uygulamalarını bu yöne doğru taşımışlardır.

Üretimde teknoloji sistemlerinin kullanılmasının yanı sıra kullanılacak malzemenin de önemi çok büyüktür. Otomotiv sektöründe kullanılacak malzemelerin dayanıklılığı ve çalışma şartlarına uygunluğunun yanı sıra estetik olması da önem taşımaktadır. Üretimde önemi olan bu özelliklerin sağlanabilmesi ancak farklı malzemelerin bir arada kullanımı ile mümkün olmaktadır. Özellikleri ve yapıları farklı olan bu malzemelerin mekanik birleştirilmeleri sırasında zorluklarla karşılaşılması birleştirme teknolojileri üzerindeki çalışmaları yoğunlaştırmıştır.

Otomotiv endüstrisinde kaporta, gövde ve diğer aksesuarların birleştirilmesinde kullanılan kaynak ve birleştirme teknolojilerine alternatif olarak clinching teknolojisi ilk olarak eckold firması tarafından 1981 yılında tanıtılmış, havalandırma kanallarının üretimi için tasarlanan bu teknoloji birkaç yıl sonra geliştirilerek 1985 yılında inşaat ve otomotiv teknolojilerinde olumlu sonuçlar vermeye başlamıştır (Dingfeld 2008).

Günümüzde birden fazla firma clinching sistemi üzerinde çalışmalar yapmakta ve birbirinden farklı alanlarda kullanılabilen birleştirme makineleri geliştirmektedir. Üretim hızı, güvenilirlik, düşük maliyet gibi olumlu özelliklere sahip olan clinching sisteminin diğer teknolojilerden farkı, uygulama alanları hızla artan çevre dostu bir teknoloji olmasıdır.

Bu çalışmada öncelikli olarak otomotiv sektöründe kullanılan sac malzemeler ve özellikleri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Daha sonra bu malzemeler clinching yöntemiyle birleştirilerek, malzemelerin birleştirilmeleriyle oluşan yapıların mekanik özellikleri incelenmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Literatür özetleri

Varis (2003), yaptığı çalışmada yüksek mukavemetli yapısal çeliklerde kullanılan perçinsiz birleştirme yöntem ve uygunluğunu test etmiş ev yapımı için kullanılan en uygun malzemeler üzerinde clinching yöntemlerini denemiş toplam 11 farklı clinching yöntemini yüksek mukavemetli malzemelerde deneyerek yapısal çeliklerde clinching yönteminin kullanılmasının uygun olduğu ve en iyi sonucu yuvarlak profilli birleştirme takımının verdiği sonucuna varmıştır.

M.Carboni et al. (2006), yapmış oldukları çalışmada clinching yöntemi ile birleştirilen malzemelerde çekme ve makaslama kuvvetleri sonucu malzemelerde oluşan statik ve yorulma davranışları üzerinde yoğunlaşmıştır. Deney sonucunda birleştirilen malzemelerde yorgunluk, çatlaklar ve makaslama kırıkları olmak üzere 3 farklı olumsuzluk olduğunu belirlemişlerdir.

Paula et al. (2007) yaptıkları çalışmalarda zımba ve birleştirme alt kalıbı için sonlu elemanlar yöntemi analizi kullanarak değişik geometriler modellemiş ve bu modeller üzerinde çalışmışlardır. Yapılan simülasyonlarda zımba çapının etkisi, boyun kalınlığı, kesme vuruşu ve geometrilerin etkisi incelenmiştir. Zımba ve alt kalıp geometrileri üzerinde denemeler yaparak uygun ve kullanışlı takım setlerini belirlemiştir.

Varis (2006), araştırmasında birleştirme yönteminde en çok kullanılan geometrilerin kare ve yuvarlak formlarda olduğunu yuvarlak geometrili birleştirmede yatay yönde dayanım kaymaya dirençli düzgün bir yapıda olduğunu vurgulamış. Bu yöntem kullanıldıkça çeşitli sorunlarla karşılaşıldığı ve bu sorunların beklentiler, sistematik bakım, sürekli deneme ve takip ile orantılı olduğunu belirtmiştir. Bir başka çalışmasında ise bu birleştirme yöntemini ekonomi yönünden araştırmış, maliyetsiz, katılımsız en ucuz birleştirme olması ve teknolojiyi kolaylaştırması açısından incelemiştir.

Oudjene and Ben-Ayed (2008), yapmış oldukları araştırmada standartlara tabi olmayan çalışmalarında yapılmasının gerekliliği ve geometrinin direnç ve dayanım ile yakın ilişkisi olduğu ile ilgili araştırmalar yapmış, değişik geometrileri Abaqus sonlu elemanlar yöntemiyle araştırmıştır. Bu araştırmanın sonucunda direnç yükleme ve çekme dayanımları için clinching yönteminde kullanılan optimum geometriler ile ilgili parametreleri belirlemiştir.

Varis (2003), clinching birleştirme yönteminde kullanılan ve kullanılabilecek en uygun zımba ve geometriler üzerinde araştırma yapmış ve bu zımba ve matris geometriler için sonlu elemanlar yöntemi kullanmış ve 2d Deform programı ile modelleme ve simülasyon yaparak sonuçlar elde etmiştir. Zımba ve alt kalıp geometrileri üzerinde denemeler yaparak uygun ve kullanışlı takım setlerinin belirlenmesi üzerinde çalışmıştır. Aynı zamanda bu çalışmada proses kontrolü, clinching yönteminin kullanıldığı çalışma şartları, sürekli kullanım ve kullanıcıdan kaynaklanabilecek kullanım hatalarına da değinilmiştir.

2.2. Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Birleştirme Yöntemleri

2.2.1. Kaynaklı Birleştirme Yöntemleri

Günümüzde otomotiv sektöründe kullanılan kaynaklı birleştirme teknolojisi oldukça gelişmiş olup çeşitli yöntemler kullanılmakta ve yenileri araştırılmaktadır. Her yöntemin kendine has özellikleri vardır. En uygun yöntemi seçmek için birçok hususun değerlendirilmesi gerekmektedir. Mukavemet, üretim kolaylığı, maliyet, ömür, korozyon dayanımı ve görünüş gibi faktörlerin göreceli önemi büyük ölçüde uygulama alanına bağlıdır. Birleştirme işlemlerini mümkün olduğu kadar çabuk yapmak her ne kadar istense de bu her uygulama için birinci derece öneme sahip bir husus değildir. Gerçekte bazı bağlantıların yerinde yapılması zorunlu olarak karşımıza çıkabilir. Güvenlik gerektiren yerlerde çabuk imalattan daha önemli olan emniyetli sistemler kullanılmalıdır.

Otomotiv sektörü için kaynak teknolojisi vazgeçilmez bir unsurdur. Kaynak teknolojisi sayesinde otomotiv sektörü bugün üretimde hız ve kalite kazanmış ayrıca maliyet açısından olumlu bir noktaya gelmiştir. Ayrıca otomotiv sektöründe seri üretim için kullanılan üretim bant teknolojisi de kaynak teknolojisiyle birleşince; kaynak otomotiv sektörü için değişmez bir unsur olmuştur. Otomotiv sektöründe en çok kullanılan kaynak çeşitlerini sıralayacak olursak;

- Sürtünme Kaynağı
- Oksi – Asetilen Kaynağı
- Gazaltı (MIG – MAG) Kaynağı
- Direnç Nokta Kaynağı
- Lazer Kaynağı

2.2.1.1. Sürtünme Kaynağı

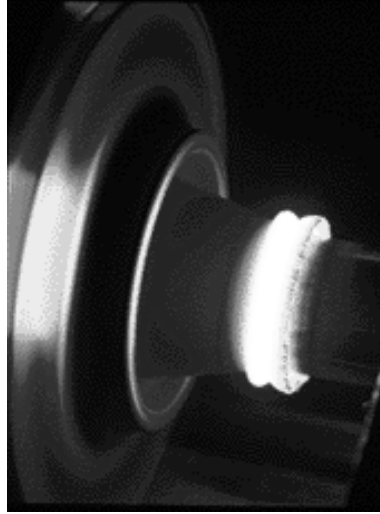
Basınç kaynağı alanındaki en büyük gelişme sürtünme kaynağında meydana gelmiştir. Kaynak işleminde torna makinesine benzer özellikleri olan kaynak makinesi kullanılır (Şekil 2.1). Birleştirilecek olan iki parça makineye bağlanır ve parçalardan biri sabit diğeri ise döndürülür (Şekil 2.2). Buradaki amaç sürtünme yoluyla iki malzemenin birleştirilmesini sağlamaktır. Burada dikkat edilecek nokta birleştirme sırasında dönen malzemenin yuvarlak formda olmasıdır.

Dönen ayna kaynak hızına ulaştığında parçalar birbirine yaklaştırılarak kuvvet uygulanır. Birbirlerine sürtünen parçalar sürtünme nedeniyle ısınır ve parçalar arasında sıcak plastik bölge oluşturur. Bu sıcaklık yeterli seviyeye ulaştıktan sonra hareketli parça aniden durdurulur ve eksenel kuvvet uygulanmaya devam edilir. Böylece birleştirme işlemi tamamlanmış olmaktadır.



Şekil 2.1 Sürtünme Kaynağı Makinesi.

Birleştirilen malzemeler arasında deformasyondan kaynaklanan metal taşkınlığı oluşmaktadır. Bu bölge tornalanarak birleştirme tamamlanmış olmaktadır.

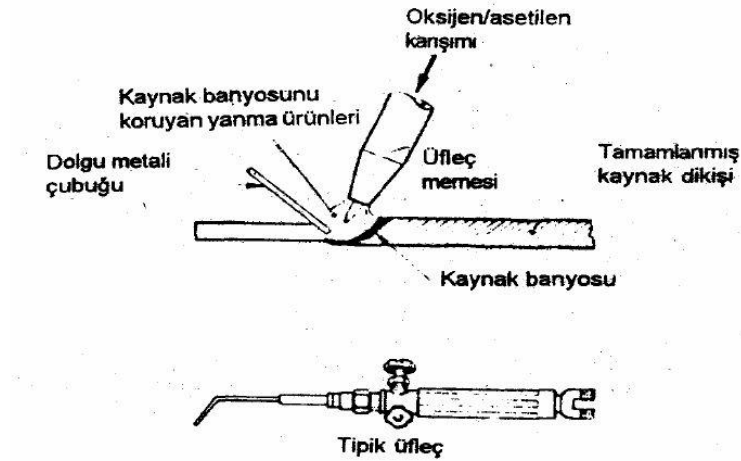


Şekil 2.2 Sürtünme Kaynağı (İnt.Kyn.1)

Sürtünme kaynağında çalışma parametrelerinin değerleri deneyle saptanmalı ve kaynak üretimi başlamadan önce sonuçların kesinleştirilmiş olması gerekmektedir. Bu nedenle yöntem, tek bir üretim için uygun değildir. Sadece çok sayıda benzer imalatın yapılması sırasında avantaj sağlamaktadır. Sürtünme kaynağının torna, freze ve benzer tezgâhlarla kolayca otomasyon sağlayabilmesi bu yöntemi imalatçılar için cazip hale getirmektedir.

2.2.1.2. Oksi – Asetilen Kaynağı

Oksi-asetilen kaynağı aynı zamanda gaz kaynağı olarak da bilinir. Genellikle uygulamalarda el ile tatbik edilir. Isı kaynağı yanıcı gaz alevidir. Oksi-asetilen kaynağında koruma yanma ürünleri ile yapılır. Bunlar, çelik dışındaki metaller için dekapanlar vb. gibi ürünlerdir. Oksi-asetilen kaynağı uygulanırken esas amaç, ana malzeme metalini eritmek üzere kurulmuştur. Bir üflece yerleştirilmiş ve özel olarak tasarlanmış bir memenin ucunda oksijen-asetilen karışımı yakılır ve böylece kuvvetli bir ısı çıkışı elde edilir. Kaynakçı, alevi kaynak banyosu oluşturmak amacıyla esas metali eritmek üzere kullanılır. Eğer gerekli ise dolgu metali kaynak banyosunun ön cephesinden el ile beslenen bir tel vasıtasıyla ayrıca ilave edilir. Kaynakçı üniform gelişen bir erime sağlamak için üfleci hareket ettirir. Böylece, kaynak alevi kaynak bölgesinin tamamına tam etkili ve homojen bir şekilde ulaşır (İnt.Kyn.2).

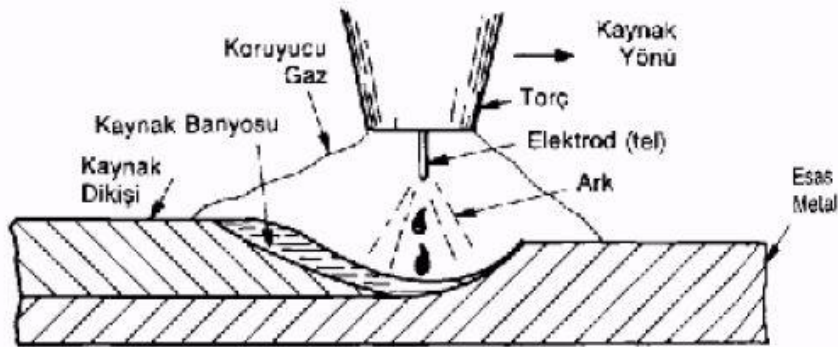


Şekil 2.3 Oksi-asetilen Kaynağının Şematik Gösterimi (İnt.Kyn.2)

Oksi-asetilen kaynağının uygulama alanları geniştir. Oksi-asetilen kaynağı, havalandırma deliklerinin tamiri ve üretilip şekillendirilmesinde, ısıtma ve kimyasal sistemler için küçük çaplı boru tesisatlarını tamirinde kullanıldığı gibi; özellikle otomotiv sektöründe motorlu araç tamirati gibi hafif tamiratlarda kullanılır.

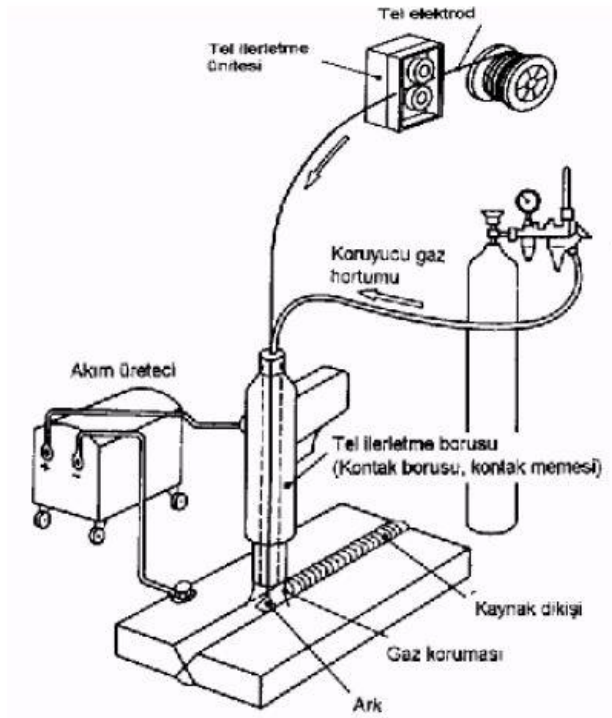
2.2.1.3. Gazaltı (MIG – MAG) Kaynağı

Bütün kaynak yöntemlerinde ana tema, çıplak elektrot telini el ile ya da mekanik bir tertibat yardımı ile otomatik olarak sürekli ilerletip, akımı ark bölgesine çok yakın bir yerden vermek ve telin yüklenebileceği akım şiddetini artırarak, erime gücünü yükseltmektir. Yalnız burada en önemli husus elektrot örtüsünün görevini yüklenecek bir faktörün devreye sokulmasıdır. Bu görevi Gazaltı Kaynak Yönteminde koruyucu gaz olarak kullanılan soy gazlar, aktif gazlar ya da bunların karışımı olan gazlar yapmaktadır. Örtülü elektrotun geliştirilmesi elektrik ark kaynağının önemini artırmıştır ve bu durum bütün metallerin kaynağı için yeni yöntemlerin gelişmesine yol açmıştır (İnt.Kyn.2).



Şekil 2.4 MIG-MAG kaynak yönteminde ark bölgesi (İnt.Kyn.3)

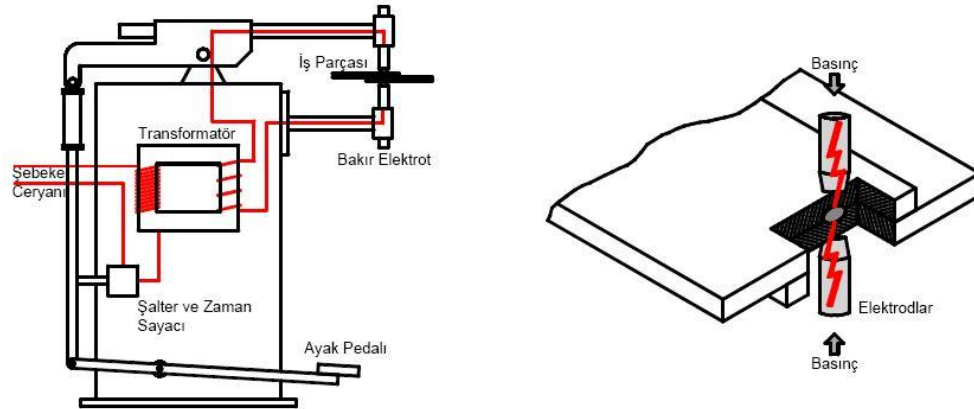
Uygulama kolaylığı nedeni ile tüm demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında kullanılan MIG yönteminin yalın karbonlu ve az alaşımlı çeliklerde uygulama alanı bulmamasının nedeni soy gazların pahalılığı olmuştur. MAG diğer bir deyimle, aktif gaz koruması altında eriyen elektrot ile yapılan kaynak, son yıllarda büyük bir gelişme göstermiş yalın karbonlu ve düşük alaşımlı çeliklerin kaynağında önemli ölçüde kullanılır hale gelmiştir. Önceleri yalnız CO₂ koruması altında yapılan bu yöntemde, gereken durumlarda arkı yumuşatmak, sıçramayı azaltmak için CO₂' ye Ar karıştırılıp kullanılmaktadır (İnt.Kyn.2).



Şekil 2.5 MIG-MAG kaynağı donanım şeması (Anık S.)

2.2.1.4. Direnç Nokta Kaynağı

Nokta kaynağı, direnç kaynağı türleri içerisinde en çok kullanılan türdür. Kaynatılacak parçalar iki bakır elektrot arasına alınır ve belirli bir baskı uygulanmasıyla elektrik akımının geçişi sağlanır. Şekil 2.6'da nokta kaynak makinesi temel bileşenlerini ve kaynak bölgesi kesiti verilmiştir.

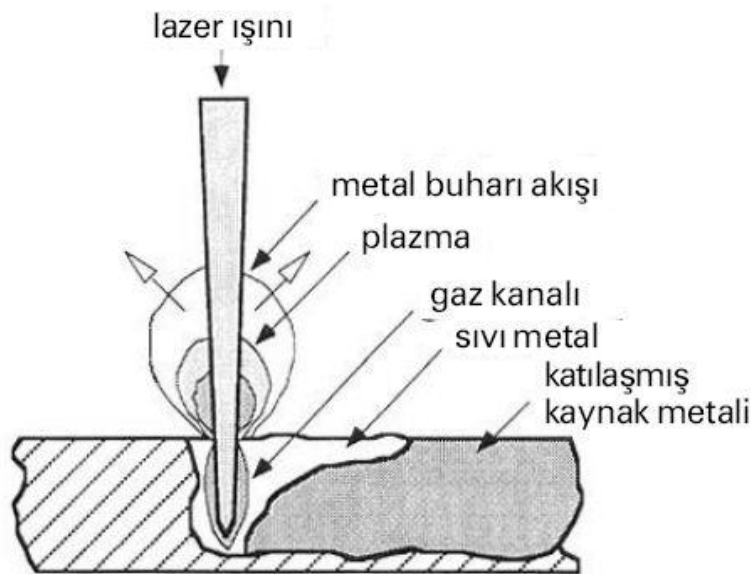


Şekil 2.6 Nokta kaynak makinesi temel bileşenleri ve kaynak bölgesi (İnt.Kyn.4)

Makine üzerindeki şalter ve zaman sayacı ile belirlenen süre boyunca, akım bir elektrottan diğerine akarken (1mm sac için bu süre yaklaşık 0,2 saniyedir) bu akıma karşı direnç, iki sac arasındaki temas noktasında en yükseğe ulaşır ve malzeme bu noktada ergimeye başlar. Elektrik akımının otomatik olarak kesilmesinden sonra kaynak banyosu, uygulanan basınç altında soğuyarak katılaşır ve iki sac malzeme sökülemez bir şekilde birleştirilmiş olur. Standart bir nokta kaynak makinesinin temel bileşenleri, bakır elektrotlara yük uygulamak için kullanılan mekanik bir sistem, şebekeden gelen gerilimi düşüren transformatör, bazı makinelerde akım kontrol cihazları ve bir zaman sayacından oluşur (İnt.Kyn.4).

2.2.1.5. Lazer Kaynağı

Lazer kaynağı ve ark kaynağı, kaynak yapılan malzemeye enerji aktarım şekli ve bu enerji aktarımının hızına bağlı kendilerine özel uygulama alanlarına sahiptir. Lazer kaynağında malzemeye enerji aktarımı, yüksek enerji yoğunluklu (10 kW/cm^2) lazer ışınının fiber optik kablolar ve aynalar kullanılarak iş parçasına odaklanması sureti ile gerçekleştirilir. İş parçasına odaklanan yüksek enerji yoğunluklu ışın demeti sıvı metal havuzu ile çevrelenmiş çok ince bir buhar kolonu üretir, lazer ilerledikçe sıvı metal kanal içine akarak kaynak işlemi gerçekleşir (Yavuz 2005).



Şekil 2.7 Lazer Kaynağının şematik gösterimi (Yavuz 2005)

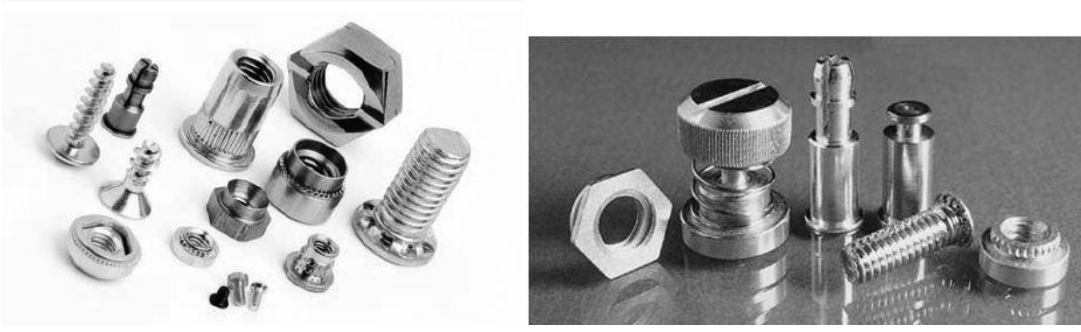
Lazer ışını, oldukça dar kaynak genişliğine karşılık oldukça yüksek kaynak derinliği elde edilmesini sağlar. Ayrıca, lazer ışınının odak çapı küçüktür. Bu nedenle, lazer kaynağının kaynak açıklığı kapama özelliği kötüdür, ancak oldukça yüksek kaynak hızlarına ulaşılabilir.

2.2.2. Mekanik Birleştirme Yöntemleri

Otomotiv sanayisinin hızlı gelişimi teknolojik ihtiyaçları da beraberinde getirmektedir. Hayatımızı kolaylaştırmak için üretilen her farklı malzeme ve aksesuar üretime uygun, güvenli ve maliyeti düşük yöntemler seçilerek birleştirilmektedir. Birbirinden metalürjik olarak farklı olan malzemelerin kaynakla birleştirilmesi mümkün olmamakla birlikte estetik ve mukavemet istenen yerlerde farklı birleştirme tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde hızlı, düşük maliyetli, ergonomik ve estetik birleştirme tekniklerinin kullanımı oldukça yaygınlaşmış olup bu konuda yeni araştırmalar yapılmaktadır.

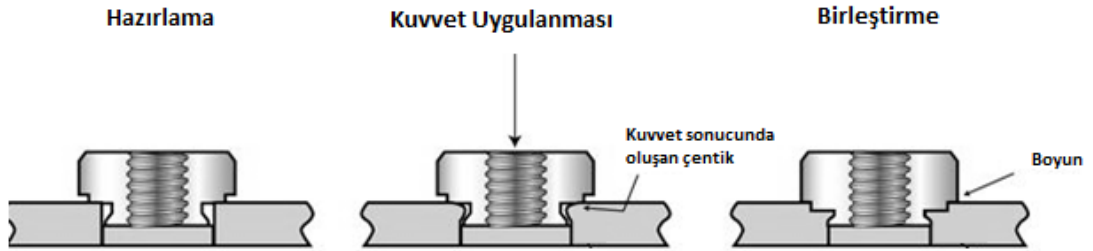
2.2.2.1. Self-Clinching Yöntemi

Bir ürünün parçalarının ihtiyaç halinde, sökülebilecek ve tekrar aynı konumda birleşecek şekilde montajının yapılmasını sağlayan birleştirme elemanlarıdır. Üretimde oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip olan bu birleştirme elemanları üzerinde yenilikçi çalışmalar devam etmektedir. Kullanım alanlarına göre alüminyum, çelik ve plastik olanları mevcuttur. Otomotiv sektöründe kullanılan saç malzemeler ve yardımcı aksesuarların montajında büyük rol üstlenmektedir.



Şekil 2.8 Self-clinching birleştirme elemanları (İnt.Kyn.5)

Bu tip birleştirmelerde montajdan önce bir ön hazırlığa ihtiyaç duyulmaktadır. Vida tarzı birleştirmeler için saç malzemeye delik delinmesi, önceden konumlandırılarak delinmiş bir saç malzemeye pres yardımıyla somunların sabitlenmesi gibi işlemler bunlardan bazılarıdır.



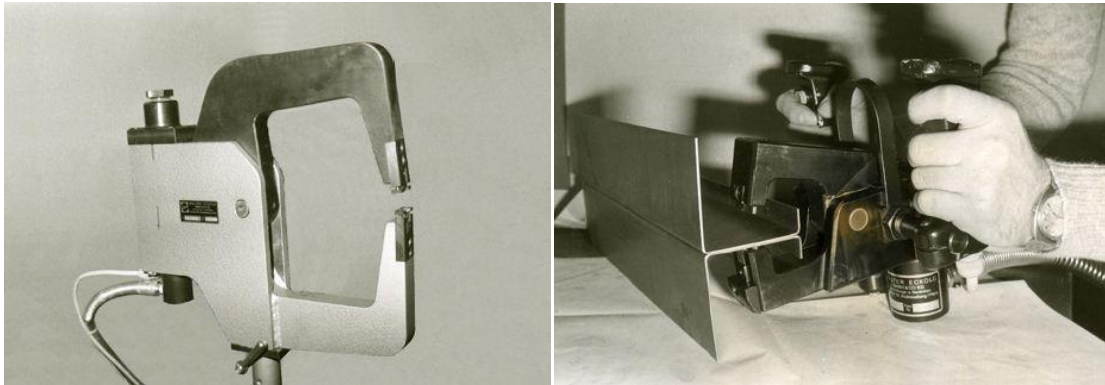
Şekil 2.9 Birleştirme somununun presle saç parçaya sabitlenmesi (İnt.Kyn.6)

Bazı üreticiler ürünlerini korumak için sadece özel sistemlerle açılabilen birleştirme elemanları kullanmayı tercih etmektedirler. Bazı üretimlerin gerçekleşmesi için ürünün ana hatlarını oluşturan gövde ve yardımcı parçalarının sökülemez bir biçimde birleştirilmesi gerekmektedir. Aslında bu tam bir sökülemezliği ifade etmemektedir. Bu ürünün bakımına ve yedek parça değişimine karşı ürünün değişilmez sınırlarını belirleyici bir etkidir. Bu şekilde olan birleştirmeler perçine benzeyen tarzda olup pres kullanılarak birleştirme sağlamaktadır. Self-clinching sistemlerin elektronik sanayi, modüler yapı malzemeleri, denizcilik ve yat malzemeleri, havacılık ve savunma

sistemleri gibi önem, dayanım ve estetik isteyen sektörlerde kullanımı oldukça yaygındır.

2.2.2.2. Clinching Yöntemi

Clinching perçin, vida ve diğer bağlantı elemanları olmadan saç levhaları birleştirme yöntemidir. Bu yöntemde yabancı parça ve herhangi bir ek malzemeye ihtiyaç duymadan, birleştirilecek malzemelerin kendisini bir kalıp vasıtası ile şekillendirerek birleştirme sağlanmaktadır. Clinching birleştirme sistemi uygulanan levhalar plastik soğuk akma sayesinde birbiri içerisinde kenetlenebilecek bir form oluşturur. Kaplanmış saç malzeme veya galvanizli malzemelerin yanı sıra çelik ve alüminyum birleştirilmelerinde mükemmel sonuç vermektedir. İlk olarak 1981 yılında Almanya’da Eckold firması soğuk birleştirme üzerine çalışmalar yapmış ve bunun sonucunda ilk clinching birleştirme pensesini geniş bir kitleye tanıtmıştır. Bu birleştirme metodu kolay şekil alabilirliği göz önünde bulundurularak öncelikle galvanizli saç ürünlerinde denenmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Öncelikle klima ve havalandırma sistemlerinde kullanılması düşünülen bu sistem günümüzde çelik konstrüksiyon ve otomotiv seri üretiminde kullanılmaktadır (Dingfeld 2008).

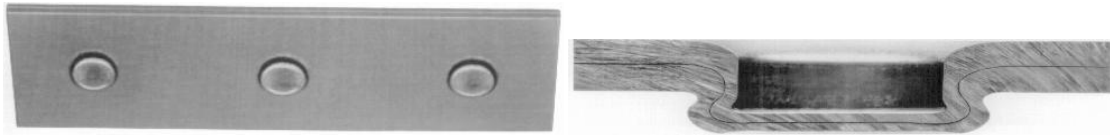


Şekil 2.10 1981 yılında üretilmiş ilk clinching pensesi
(Dingfeld 2008)

Genellikle birleştirmelerde dikdörtgen ve dairesel olmak üzere iki tip birleştirme formu kullanılmaktadır.

a) Dairesel formlu birleştirme

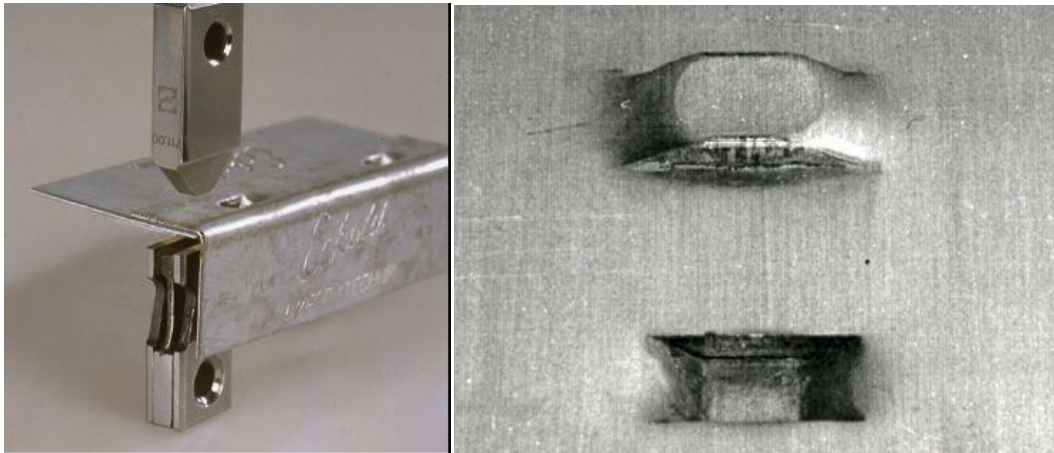
Bu birleştirme biçiminde parçalar lokal bir deformasyonla karşı karşıya kalarak kalıplar yardımıyla kenetlenmektedirler. Soğuk şekillendirme sayesinde birbirine kenetlenen malzemeler oldukça iyi sonuç vermektedir.



Şekil 2.11 Dairesel formlu birleştirmeler (İnt.Kyn.9)

b) Dikdörtgen formlu birleştirme

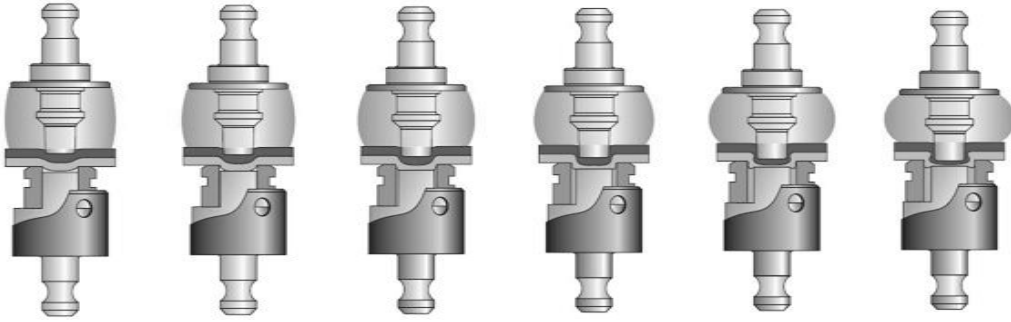
Bu birleştirme biçimi sert çelik ve paslanmaz malzemelerde kullanılmaktadır. Kesme birleştirme olarak ta adlandırılan bu sistem 1980’li yıllarda ilk olarak klima ve havalandırma kanallarında kullanılmak üzere tasarlanmış, galvanizli çelik saç malzemelerin hızlı ve kolay birleşimi sağlanmıştır.



Şekil 2.12 Dikdörtgen formlu birleştirmeler (Dingfeld 2008)

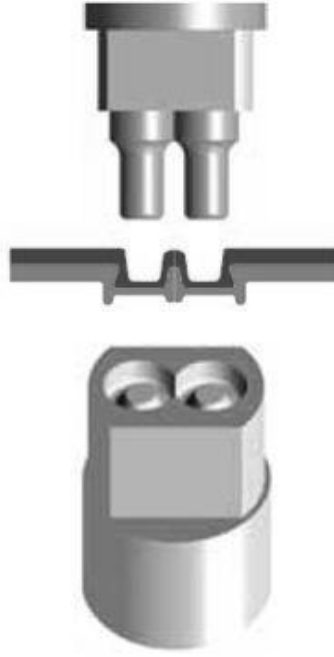
2.2.2.2.1. Clinching Yönteminin Uygulanması

Clinching birleştirme işleminde üst üste yerleştirilmiş malzemeler, pnömatik sistemle hareket eden zımba tarafından tam karşılığında bulunan dairesel formlu kalıba itilerek malzemelerin basınç altında bu düğme şeklindeki dairesel forma akmalarını sağlamakta böylece soğuk şekillendirmeyle kenetlenme gerçekleşmektedir. Zımba daha sonra pnömatik zamanlayıcının yardımıyla geri çekilerek işlem tamamlanmaktadır. Bu sistem mevcut makine ve preslerle uyum içerisinde çalışabilir, tekli veya çoğul birleştirme sistemleri oluşturulabilir, manuel makinalar ve robot sistemleri ile entegre çalışabilir.



Şekil 2.13 Clinching sisteminde işlem akış şeması (İnt.Kyn.8)

Clinching sistemlerde dayanımı arttırmak ve parçaların dönmesini engellemek için Tox firması tarafından Twinpoint sistemi geliştirilmiştir. Daha fazla güç ile çalışan bu sistem tekli birleştirmelere göre malzeme dönüşünü engellemesinin yanı sıra daha dar yerlerde kullanım kolaylığı ve dayanıklılık sağlamaktadır. İnce sac malzemeler de (0,1- 0,5 mm) kullanımı idealdir (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Tox-Twinpoint clinching sistem (İnt.Kyn.10)

Birleştirme sistemlerinde kullanılan takımların kullanım ömürleri oldukça önemlidir. Kullanılan takım uçlarının ömürleri birleştirilen malzemelerin cinsi ve kalınlıklarına göre değişmektedir. Kullanılan takımlar ortalama 30,000 ila 140,000 parça birleştirebilmektedir (İntKyn.10).



Şekil 2.15 Clinching sisteminde kullanılan takım örnekleri (İnt.Kyn.10)

2.2.2.2.2. Clinching Yönteminin Avantajları

Clinching birleştirme yöntemi üretimde kullanılan birçok birleştirme teknolojisinden daha fazla üstün özelliklere sahiptir. Üretimin çeşitli kısımlarında otomatik yada manuel kullanılmasının yanı sıra bu sistem endüstri robotları ile yapılan uygulamalar için ideal çözümler sunmaktadır. Birleştirme teknolojileri arasında oldukça hızlı olan bu teknolojinin kullanım maliyeti düşüktür. Diğer kaynaklı birleştirmelerde kullanılan yüksek enerjilere ihtiyaç duyulmamaktadır. Aynı zamanda çalışanın sağlığı etkileyecek ve dikkatini dağıtacak koku, duman, gaz, ışık ve gürültü gibi olumsuz faktörler içermemektedir.

Farklı özelliklerde ve yapılardaki malzemelerin birleştirilmesinde farklı kaynak teknolojileri kullanılmakta, bu durum üretimdeki maliyeti oldukça yükseltmektedir. Aynı zamanda bazı malzemelerin kaynak teknolojileri ile birleştirilmesi mümkün olmamaktadır. Bu özelliklere sahip malzemelerin birleştirilmesinde clinching yöntemi diğer yöntemlere göre daha avantajlıdır. Kaplama ve boya yapılmış yüzeylere uygulandığında malzemelere zarar vermeden birleştirme işlemi tamamlanmakta ve uygulanan malzeme üzerinde tekrar temizleme, kaplama, boya gibi işlemlere gerek duyulmamaktadır. Birleştirme sırasında malzeme üzerinde herhangi bir ısı meydana gelmediğinden, malzemede şekil değişikliği, gerginlikler ve boyalı malzemelerde yanma gibi olumsuzluklar oluşmamaktadır.

Kullanımı kolay bir teknoloji olduğundan çalışanın ekstra bir eğitim almasına gerek yoktur. Makineler hakkında temel bilgisi olan herkes bu teknolojiyi rahatlıkla kullanabilmektedir. Birleştirme işlemini gerçekleştirirken vida, pim ve perçin gibi maliyeti arttıran ek malzemelere ihtiyaç yoktur. Aynı zamanda birleştirme sırasında delik delme ve birleştirmede kullanılacak malzemeleri yerleştirme gibi benzer zaman alıcı ön hazırlama işlemlerine gerek duyulmamaktadır. Bu yüzden diğer vidalama ve perçinleme yöntemlerinden oldukça hızlıdır. Kullanımı sırasında malzeme yüzeyinde çapak oluşturmaz. Birleştirilen malzemeler üzerinde oldukça estetik bir görünüm sağladığından işlem tamamlandıktan sonra uygulanan yüzeyin temizlenmesi

gerekmemektedir. Çevre dostu olan bu teknoloji, çalışanın ve çevrenin sağlığını koruyan kullanışlı bir sistemdir.

2.3. Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Alüminyum Alaşımları

Alüminyum ve alüminyum alaşımları, günümüzde çelikten sonra en çok tercih edilen endüstriyel malzemeler konumuna gelmişlerdir. Alüminyum, yer kürede, oksijen ve silisyumdan sonra en çok bulunan üçüncü element olmakla birlikte kullanım alanlarının yaygınlaşmasında savunma, otomotiv ve havacılık endüstrilerinin büyük bir katkısı olmuştur (Kaluç ve Taban 2007).

Otomotiv üreticilerinin üretimde daha dayanıklı ve hafif malzemeler kullanılması üzerinde çalışmalar yapması Alüminyum ve alaşımlarının önemini arttırmıştır. Otomotiv sektöründe Alüminyum alaşımları kaporta başta olmak üzere aksesuar ve döküm parçalarda kullanılmaya başlanmıştır.

Otomotiv sektöründe en çok kullanılan 5XXX serisi Al-Mg alaşımları sahip oldukları yüksek mukavemet, uzama, şekil verilebilirlik, kaynaklanabilirlik ve yüksek korozyon dayancı özellikleriyle farklı alanlarda yaygın kullanım bulurlar. AA5754(AlMg3), AA5052(AlMg2,5) ve AA5182(AlMg5Mn) bu grubun tipik ve en yaygın kullanılan alaşımlarıdır. Bu alaşımların yüksek şekillendirilebilirlik yetenekleri sahip oldukları Mg içeriğinden kaynaklanmaktadır. Mg atomlarının katı çözeltide Al atomları ile yer değiştirmesi ile mekanik deformasyon esnasındaki dislokasyon hareketi engellenerek yüksek uzama değerlerine kadar çalışma sertleşmesi geciktirilir, deformasyon yaygın boyun verme mekanizması şeklinde gelişir ve erken yırtılmalar engellenir (Johnson and Lloyd 2000).

Çizelge 2.1 Alüminyumun genel özellikleri (Taban 2004).

Atom ağırlığı	26.97
Kristal kafes yapısı	KYM
Yoğunluğu (20°)	2.70
Ergime sıcaklığı	659.8 °C
Özgül ısı	0.2259 cal/g °C
Ergime ısı	93 cal/g
Isıl genleşme katsayısı	23.8. 10 ⁻⁶ /°C
Elektrik direnci (20°C)	2.699 aQ.cm
Isıl iletkenliği (20°C)	0.52 cal.cm/cm ² .s.°C
Çekme mukavemeti	400- 900 N/mm ²
Akma mukavemeti	100-300 N/mm ²
Sertlik (HB ₂₅)	120-200
Elastiklik modülü	72 000 N/mm ²
Kopma uzaması	% 35- 45
Katılaşmada kendini çekme	% 1.7...1.8
Sıvılaşmada hacimsel büyüme	% 6.5

2.3.1. Kullanım Alanları ve Avantajları

Kullanım alanlarından bazıları:

- Ulaşım, (otomobil, uçak, kamyon, tren vagonları, deniz araçları, vs.)
- Ambalaj, (alüminyum kutular, folyolar, vs.)
- Su arıtma,
- İnşaat, (cam, kapı, duvar, bina, vs.)
- Dayanıklı tüketim aletleri, (cihazlar, mutfak araç gereçleri, vs.)
- Elektrik iletim hatları, (alüminyum, bakırla eşit elektrik iletkenliğine sahip olup onun yarı ağırlığındadır ve fiyatı da daha ucuzdur)
- Makine imalatı,
- Alnico manyetlerinin yapımı,
- Yüksek safiyette alüminyum (%99.98 - %99.99 Al) elektronik ve CD'lerde,
- Toz haline getirilmiş alüminyum boyalara gümüşümsü renk vermede,

- Anodize edilmiş alüminyumun oksidasyon direnci daha da yüksektir ve inşaat sanayinin pek çok alanında kullanılır.
- Kolay şekillendirilebilir olusu ve yüksek ısı iletkenliğinden ötürü, yeni bilgisayarların CPU'larının ısı uzaklaştırıcılarında alüminyum kullanılmaktadır.
- Alüminyum oksit (alümina), doğada corundum (rubi ve safir) halinde bulunabilmesi nedeniyle cam yapımında kullanılabilir. Sentetik rubi ve safir, lazerlerde koherent ışık yapımında kullanılmaktadır.
- Alüminyumun çok hızlı oksitlenme özelliği, katı roket yakıtı olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Özcömert 2006).

Kullanım alanları her geçen gün artmakta olan alüminyum diğer malzemelerden üstün bazı özelliklere sahiptir.

- Alüminyum emniyet, konfor ve güvenilirlikten ödün vermeden ağırlık azalımı için anahtar bir malzemedir.
- Düşük özgül ağırlığı ve yüksek mukavemeti sayesinde alüminyumun yaygın olarak kullanımı orta sınıf bir otomobilde yaklaşık 300 kg ağırlık azaltımı sağlayabilir. Bu oran, aracın toplam ağırlığının %30'una denk gelmektedir.
- Geri dönüşüm dikkate alındığında alüminyum diğer tüm malzemelerden daha verimlidir. Alüminyum kalitesinden bir şey kaybetmeden tekrar geri dönüştürülebilir. Yüksek hurda değeri, geri dönüşümü ve tekrar kullanımını garanti etmektedir. Otomotiv sektöründe kullanılan alüminyumun %95'i toplanarak geri dönüştürülmektedir. Bu malzemelerin hurda değeri normal değerlerinin %50 sinin üzerindedir.
- Hafiflik özelliğinin yanında alüminyum malzeme, boyasız veya kaplamasız olsa bile sudan ve yol tuzlarından kaynaklanan korozyona karşı dayanıklıdır.
- Görsel olmayan parçalarda çelik için gerekli olan ve ilave maliyet getiren galvanizleme, kaplama veya boyama alüminyum için gerekli olmayabilir.
- Alüminyum, boyanın çizilmesi veya kalkması durumunda çelik gibi paslanmaz, korozyona dirençlidir.

- Bazı plastik malzemeler gibi çöl sıcaklığı, kuzey soğukluğu veya UV ışınlarının etkisi sonucunda özellikleri zayıflayarak kırılabilir (Eker 2008).

2.4. Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan Galvanize Çelik Alaşımları

Galvanize yassı çelikler, soğuk haddelenmiş metalin sıcak daldırma prosesi ile, her iki yüzeyinin de çinko tabakası ile kaplanması sonucu üretilirler. Çelik yüzeyinde çinko kaplamanın oluşturulmasından sonra, indüksiyon ile ısıtma sonucunda ara yüzeydeki kaplamanın çinko demir alaşım tabakasına dönüştürülmesi ile galvanize yassı çelikler üretilir.

Atmosfere açık alanlarda malzemede oluşacak korozyonu engellemeye ve malzeme ömrünü artırmaya yönelik yapılan bu kaplama işlemi ile üretilen galvanizlenmiş malzemeler, özellikle otomotiv sektörü ve dış yüzey kaplama yapan sektörlerin en önemli girdisini oluşturmaktadır.

Çizelge 2.2 Bazı soğuk şekillendirmeye uygun galvanizli sacların kimyasal bileşimi (İnt.Kyn.11).

Kimyasal Bileşim (%)										
Erdemir Kalite No.	Standart Karşılığı			Kimyasal Sınırlar	C max.	Si max.	Mn max.	P max.	S max.	Ti max.
	Yeni Standart	Kalite	Önceki DIN EN 10142-91							
1311	DIN EN 10327	DX51D + Z	Fe P02 G Z	Standart Erdemir	0.12 0.08	0.50 0.04	0.60 0.50	0.10 0.03	0.045 0.030	0.30 0.10
1312	DIN EN 10327	DX52D + Z	Fe P03 G Z	Standart Erdemir	0.12 0.06	0.50 0.04	0.60 0.40	0.10 0.02	0.045 0.025	0.30 0.10
1313	DIN EN 10327	DX53D + Z	Fe P05 G Z	Standart Erdemir	0.12 0.06	0.50 0.04	0.60 0.35	0.10 0.02	0.045 0.020	0.30 0.10
1314	DIN EN 10327	DX54D + Z	Fe P06 G Z	Standart Erdemir	0.12 0.01	0.50 0.04	0.60 0.30	0.10 0.02	0.045 0.015	0.30 0.20
1315	DIN EN 10327	DX56D + Z	-	Standart Erdemir	0.12 0.01	0.50 0.04	0.60 0.25	0.10 0.02	0.045 0.015	0.30 0.20

Çizelge 2.3 Bazı soğuk şekillendirmeye uygun galvanizli sacların mekanik özellikleri (İnt.Kyn.11).

Mekanik Özellikler										
Erdemir Kalite No.	Standart Karşılığı			Mekanik Akma İzi ⁽⁴⁾		R _e / R _{p0.2} Garanti Süreleri	R _m ⁽¹⁾ N/mm ² (kg/mm ²)	A ₉₀ ⁽²⁾ N/mm ²	r ₉₀ (%)	n ₉₀
	Yeni Standart	Kalite	Önceki DIN EN 10142-91	Değerler	Oluşumu	(kg/mm ²)	(kg/mm ²)	min.	min.	min.
1311	DIN EN 10327	DX51D + Z	Fe P02 G Z	1 ay	1 ay	-	270 - 500 (27.6 - 51.0)	22	-	-
1312 ⁽³⁾	DIN EN 10327	DX52D + Z	Fe P03 G Z	1 ay	1 ay	140 - 300 (14.3 - 30.6)	270 - 420 (27.6 - 42.8)	26	-	-
1313	DIN EN 10327	DX53D + Z	Fe P05 G Z	6 ay	6 ay	140 - 260 (14.3 - 26.5)	270 - 380 (27.6 - 38.7)	30	-	-
1314	DIN EN 10327	DX54D + Z	Fe P06 G Z	6 ay	6 ay	120 - 220 (12.2 - 22.4)	260 - 350 (26.5 - 35.7)	36	1.6	0.18
1315	DIN EN 10327	DX56D + Z	-	6 ay	6 ay	120 - 180 (12.2 - 18.4)	260 - 350 (26.5 - 35.7)	39	1.9 ⁽³⁾	0.21

Otomotiv sektörünün geliştirilmiş korozyon direnci ve boya adhezyonu gereksinimlerini en üst düzeyde karşılayan galvanize ürünlerin, otomotiv endüstrisindeki kullanımı özellikle son yıllarda çok artmıştır. Günümüzde çoğu otomobil üreticileri hem iç yüzey hem de dış yüzey parça üretimlerinde galvanize saclar kullanarak, ürettikleri araçlara korozyona karşı omur boyu garanti verebilmektedir.

Sıcak daldırma galvanize çelikler araç gövdesinin çeşitli parçalarında kullanılmaktadır. Yapı sektöründe sıcak daldırma galvanize/ galvanile çelikler geniş bir kullanım alanına sahiptir. Uygulanacak alanın atmosferik şartlarına ve istenilen korozyon direncine bağlı olarak değişik kaplama kalınlıklarında çatı, kapı, profil gibi çeşitli uygulamalarda kullanılır. Beyaz eşya sektöründe görünmeyen iç yüzeylerde kullanılan galvanizli sacların, dış yüzeylerde de kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, beyaz eşya ürünleri parçalarının büyük bir bölümü galvanizli saclardan üretilmeye başlanmıştır (İnt.Kyn.11).

Başlıca avantajları;

- Korozyon direnci.
- Mükemmel yüzey görünümü.

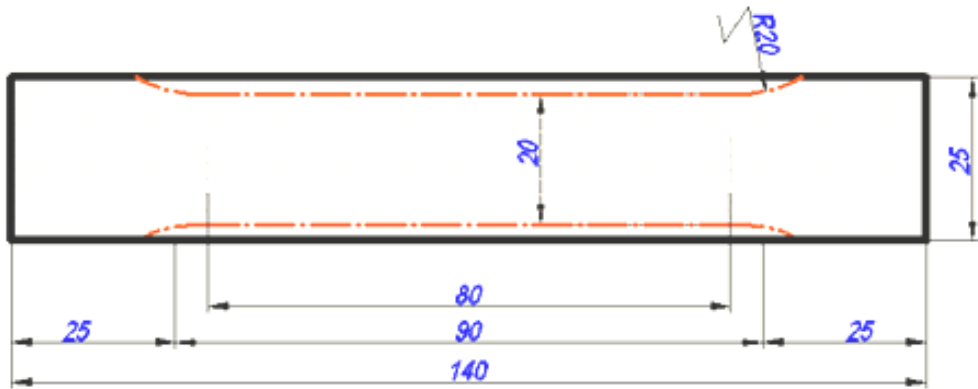
- Şekillendirilebilirlik.
- Boyanabilirlik.
- Kaynaklanabilirlik.

olarak sıralanabilir(İnt.Kyn.11).

3. MATERYAL VE METOD

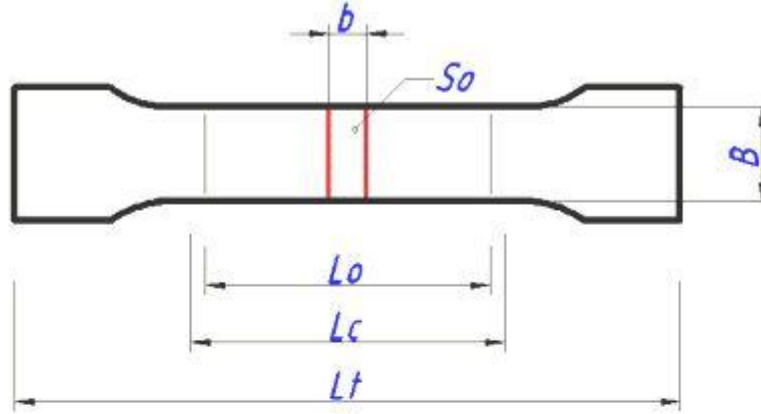
3.1 Deneyde Kullanılacak Malzemelerin Hazırlanması

Yapılacak olan deneylerde otomotiv gövde ve diğer aksesuarlarında yaygın olarak kullanılan 1 mm, 1,5 mm, 2 mm kalınlıklarında Galvanizli(1314) sac malzemeler ile 0,5 mm, 1 mm, 1,5 mm, 2 mm, 2,5 mm kalınlıklarında Alüminyum(5754) sac malzemeler kullanılmıştır. Bu malzemelerden TSE EN ISO 6892-1 standardına uygun olarak ve her kalınlıktan beşer adet olacak şekilde numuneler kesilmiş, bu numuneler belirlenen ölçülerde freze tezgahında işlenerek deneye hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan bu numunelere çekme deneyi uygulanarak malzemelerin mekanik özellikleri belirlenecektir.



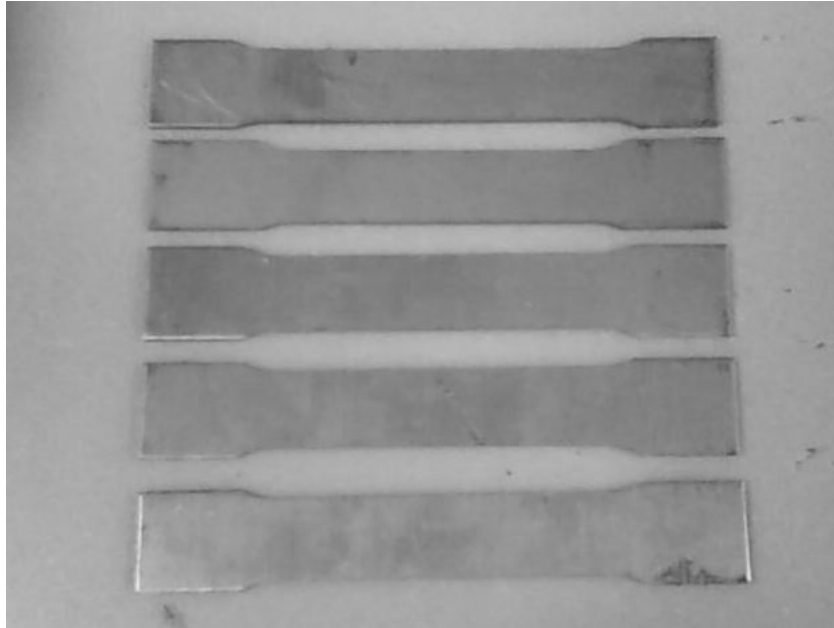
Şekil 3.1 TSE EN ISO 6892-1 standardına göre numune ölçüleri

Çizelge 3.1 TS EN ISO 6892-1 standardına göre numune boyutları



TS EN ISO 6892-1'e Göre Numune Boyutları

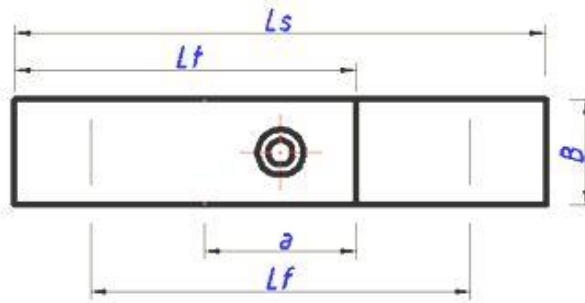
Sembol	Anlamı	Kullanılan Boyut
<i>b</i>	Kalınlık (mm)	1-1.5-2-2.5
<i>B</i>	Numune Genişliği (mm)	20
<i>Lc</i>	Paralel Uzunluk (mm)	120
<i>Lt</i>	Toplam Uzunluk (mm)	140
<i>Lo</i>	İlk Ölçü Uzunluğu (mm)	80
<i>So</i>	İlk Kesit (mm ²)	20-30-40-50



Şekil 3.2 Deney için hazırlanmış numuneler

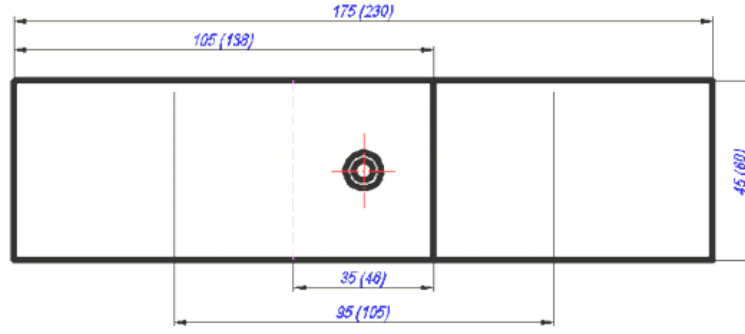
Çekme deneyinde kullanılacak numuneler hazırlandıktan sonra clinching yöntemiyle birleştirilecek numuneler TSE EN ISO 14273 standardına uygun olarak kesilerek hazırlanmıştır. Numuneler farklı kalınlıklardaki galvanizli çelik ve alüminyum malzemeler birbirleriyle birleştirilecek şekilde gruplandırılmış, oluşturulan her gruptan beşer takım olacak şekilde birleştirme işlemi için hazır hale getirilmiştir. Malzemelerin kesilmesi ve hazırlanması safhasında standartlarda belirtilen ölçülere hassasiyetle dikkat edilmiştir.

Çizelge 3.2 TS EN ISO 14273 standardına göre numune boyutları



TS EN ISO 14273'e Göre Numune Boyutları

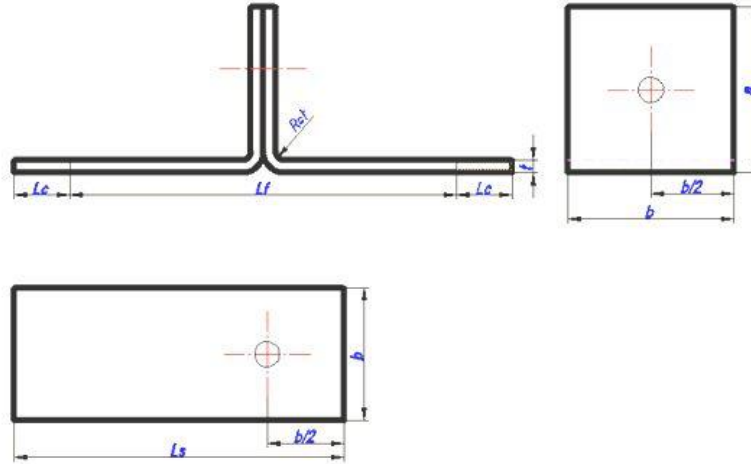
Sembol	Anlamı	Kullanılan Boyut	
		$0,5 < t < 1,5$	$1,5 < t < 3$
a	Bindirme uzunluğu (mm)	35	46
B	Numune Genişliği (mm)	45	60
L_s	Toplam Uzunluk (mm)	175	230
L_t	Bir Numunenin Uzunluğu (mm)	105	138
L_f	Kıskaçlar arasındaki serbest uzunluk (mm)	95	105



Şekil 3.3 TSE EN ISO 14273 standardına göre belirlenmiş numune ölçüleri

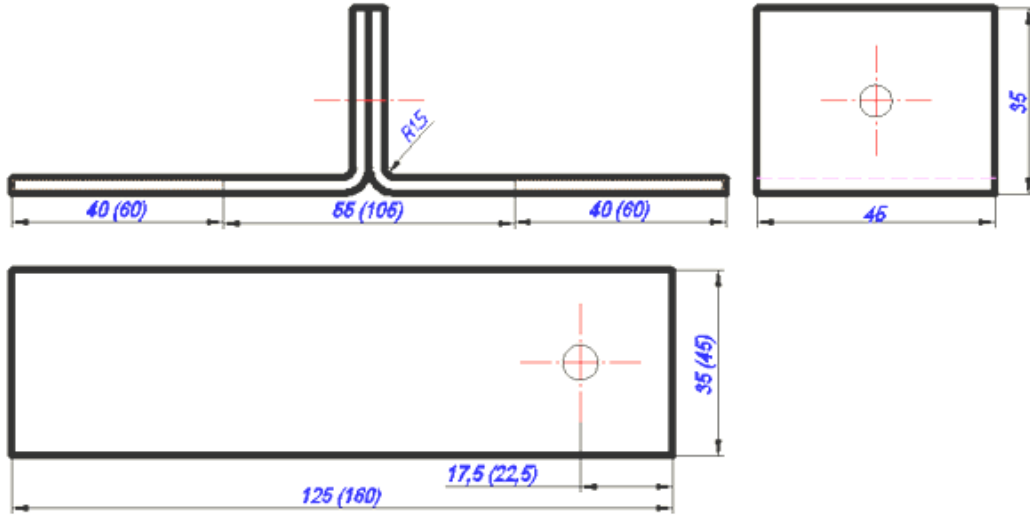
Son olarak kabuk soyma deneyi için kullanacağımız malzemeler TSE EN ISO 14270 standartlarına uygun ölçülerde kesilmiş ve belirlenen ölçülerden 90° açıyla bükülmüştür. Hazırlanan malzemeler kendi aralarında gruplandırılarak clinching yöntemiyle birleştirilmiş ve numuneler deneye hazır hale getirilmiştir.

Çizelge 3.3 TS EN ISO 14270 standardına göre numune boyutları



TS EN ISO 14270'e Göre Numune Boyutları

Sembol	Anlamı	Kullanılan Boyut	
		0,5 < t < 1,5	1,5 < t < 3
<i>a</i>	Bükülen kenar uzunluğu (mm)	35	45
<i>b</i>	Numune genişliği (mm)	45	60
<i>Ls</i>	Bir numunenin tam uzunluğu (mm)	125	160
<i>Lf</i>	Kıskaçlar arasındaki serbest uzunluk (mm)	55	105



Şekil 3.4 TSE EN ISO 14270 standartlarına göre hazırlanacak numune ölçüleri

Numuneler belirtilen standart ve sayılarda kesilip hazırlandıktan sonra clinching yöntemi ile birleştirme işlemine geçilmiştir.

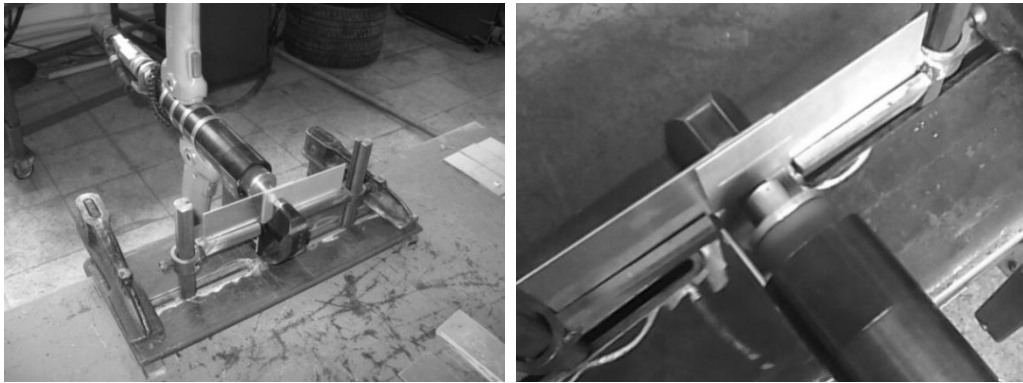
3.2. Malzemelerin Clinching Yöntemi ile Birleştirilmesi

Hazırlanmış olan parçaların birleştirme işlemi için Tox firmasına ait el tipi birleştirme makinesi kullanılmıştır. Ortalama 45 KN güç kapasitesi olan bu makine yarı pnömatik ve yarı hidrolik olarak çalışmaktadır. Makinenin birleştirme işlemi yapabilmesi için yaklaşık 6 Bar basıncında havaya ihtiyacı olmaktadır. Birleştirebileceği toplam malzeme kalınlığı 4 mm ile sınırlıdır. Malzeme kalınlığını algılayan pnömatik tetikleyici sensör sayesinde parçaların birleşme esnasında kopmaları engellenmektedir. Takım ömrü kullanılan malzemenin özelliği ve kalınlığı ile orantılı olarak 30,000 – 120,000 parça olarak belirtilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Tox Marka Clinching Makinesi

Birleştirme işlemine başlamadan önce numunelerin standart olarak ölçüsünde birleştirilmesi açısından el tipi olan cihazımızı Şekil 3.6’da görüldüğü gibi yardımcı aparatlarla sabitlememiz gerekmektedir. Bu amaçla clinching makinesini masaya sabitleyecek bir aparat oluşturularak hem numunelerin daha sağlıklı birleştirilmesi sağlanmış hem de olası tehlikelerden uzak durulmuştur.



Şekil 3.6 Clinching sisteminin masaya sabitlenmesi

Hazırlanmış olan alüminyum ve galvanizli sac malzemeler birbirleriyle birleştirilmeden önce standartlarda belirlenmiş ölçülere göre markalanarak birleştirme noktaları belirlenmiştir. Daha sonra numuneler sabitleme aparatının yardımıyla clinching makinesinin birleştirme çenelerine ölçülere uygun olarak merkezlenmiştir. Yardımcı aparata, işleme başlamadan önce bir defaya mahsus numuneleri makine çenelerine odaklayacak şekilde ayar yapılması gerekmektedir. Bu ayarlar yapıldıktan sonra numuneler aparata ait kanallara yerleştirilerek ölçülere uygun birleştirme işlemi yapılmıştır.

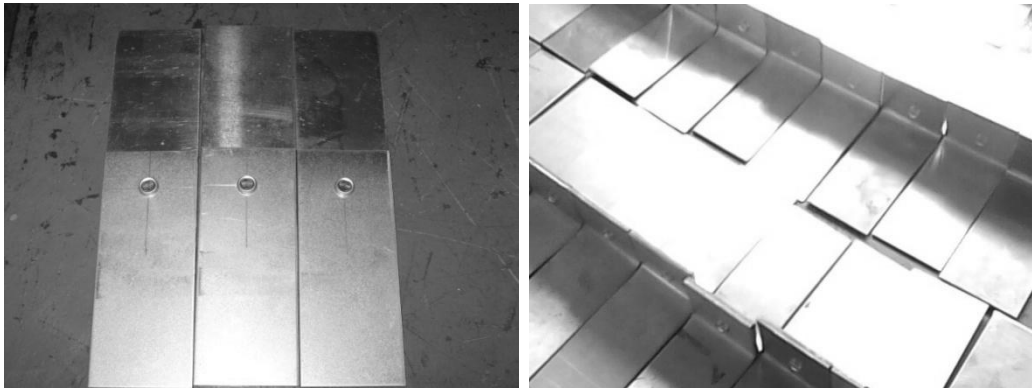


Şekil 3.7 Sac malzemelerin clinching sistemi ile birleştirilmesi

Çizelge 3.4 Numunelerin birleştirilme şekilleri ve sayıları

Mekanize Soyma Deneyi				Kesme Deneyi			
		(TSE EN ISO 14270)			(TSE EN ISO 14273)		TOPLAM
1.	1St+0,5Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
2.	1,5St+0,5Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
3.	2St+0,5Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
4.	1St+1Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
5.	1,5St+1Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
6.	2St+1Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
7.	1St+1,5Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
8.	1,5St+1,5Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
9.	2St+1,5Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
10.	1St+2Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
11.	1,5St+2Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
12.	2St+2Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
13.	1St+2,5Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
14.	1,5St+2,5Al	5 X 2=10	125X45	10 Al + 10 St	5 X 2 = 10	105X45	10 Al + 10 St
15.	2St+2,5Al(4mm'yi aşıyor)						
							TOPLAM
							280

Numuneler Çizelge 3.4’de belirtildiği gibi gruplandırılarak, çelik malzemeler üstte alüminyum malzemeler altta olacak şekilde birleştirilmiştir. Bu birleştirme işleminden sonra Çizelge 3.4’de belirtilen gruplar bu defa alüminyum üstte çelik malzemeler alta gelecek şekilde hazırlanarak birleştirilmiş ve deneye hazır hale getirilmiştir. Kullandığımız clinching makinesinin toplam birleştirebileceği saç malzeme kalınlığı 4 mm ile sınırlı olduğundan bu kalınlık sınırını aşan malzeme grupları deneylere katılmamıştır.



Şekil 3.8 Çekme testleri için hazırlanmış numune parçalar

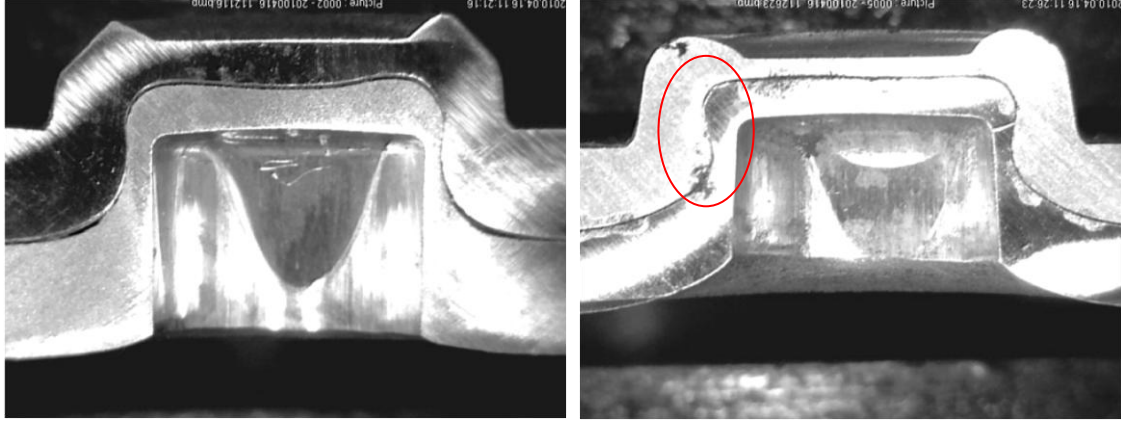
3.3. Clinching yöntemi ile birleştirilen parçaların kesitlerinin incelenmesi

Çekme testi, mekanize soyma ve kesme deneyi için numuneler elde edildikten sonra parçaların birleşme kesitini incelemek amacıyla testlerde kullanılacak malzemeler ile aynı kombinasyon da tekrar clinch sistemiyle malzemeler birleştirilmiş ve kesilmeye hazır hale getirilmiştir. Birleşme profiline dik olarak kesit alınacak şekilde kesilen numuneler daha sonra Tronic marka numune parlatma makinesinde zımparalanarak yüzeyleri temizlenmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Tronic marka numune parlatma cihazı

Bileştirilmiş parçaların kesilmesiyle oluşan kesitlerin Dino - Lite AM-211 maksimum 200x büyütme yeteneğine sahip USB mikroskop kullanılarak fotoğrafları çekilmiştir. Malzemelerin birleşmelerinden oluşan bu kesit formlar incelendiğinde; bizlere birleştirme sonucunda malzemelerde oluşan deformasyon, şekil değiştirmeler, çatlaklar ve kopmaların yanı sıra birleştirmenin sağlıklı bir yapıda olup olmadığı gibi gözlemlenebilir veriler sunmaktadır.



Şekil 3.10 Clinching yöntemi ile birleştirilmiş saç malzemelerin kesitleri

Clinching birleştirmeler de sağlıklı bir kenetlenmenin olabilmesi için parçaların birbiri içerisinde oluşturdukları kenetlenmeyi sağlayan S şeklindeki form oldukça önemlidir. Tabi ki saç kalınlıkları ve malzemelerin sünme özelliği de birleştirmenin kalitesini belirleyen etkenlerdir (Varis 2006).

3.4. Deneylerin Yapılması

Çekme deneyleri için Şekil 3.11’de gösterilen, AKÜ içerisindeki Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi deney laboratuvarında bulunan Instron 8801 Model çekme makinesi kullanılmıştır. 100 KN kapasitesi olan bu servo hidrolik test sistemi, dinamik ve statik testlerin yanı sıra yardımcı bileşenleri takılarak yüksek ve düşük frekanslı yorulma testleri yapabilmektedir. Deney makinesi bilgisayardan kontrol edilen bir yazılım ile 8800 model kontrolör cihazında veri işlenerek çalışmaktadır.

İlk önce malzemenin özelliklerini belirlemek için TSE EN ISO 6892-1 standartlarına göre hazırlamış olduğumuz numune parçalar çekme testine tabi tutulmuştur. Her bir malzemeden beşer adet numune çekildikten sonra çıkan sonuçlar incelenmiş ve malzemelerin mekanik özellikleri elde edilmiştir.



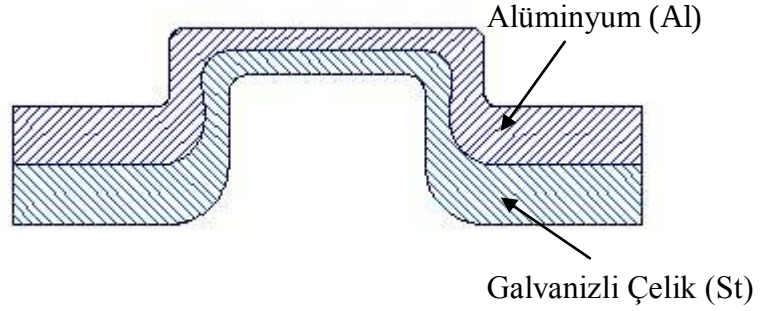
Şekil 3.11 Instron 8801 model test makinesi



Şekil 3.12 Numunenin makine tarafından çekilmesi

Daha sonra TSE EN ISO 14273 standardına göre birleştirilen perçinsiz bağlantıların dayanımını ölçmek için hazırladığımız numuneler kesme deneyine tabi tutulmuştur. Numuneler hazırlanırken alüminyum malzemeler ile galvaniz saç malzemeler kalınlıklarına göre gruplandırılmıştır. Şekil 3.13’de görüldüğü gibi galvanizli çelik saç

iç profili(alt) oluşturacak şekilde, alüminyum malzeme ise dış profili(üst) oluşturacak şekilde birleştirilmiştir. Numunelerin bir kısmı birleştirildikten sonra malzemelerin yerleri değiştirilmiş ve diğer numuneler bu şekilde birleştirilmiştir.



Şekil 3.13 Birleştirilen malzemelerin şematik gösterimi

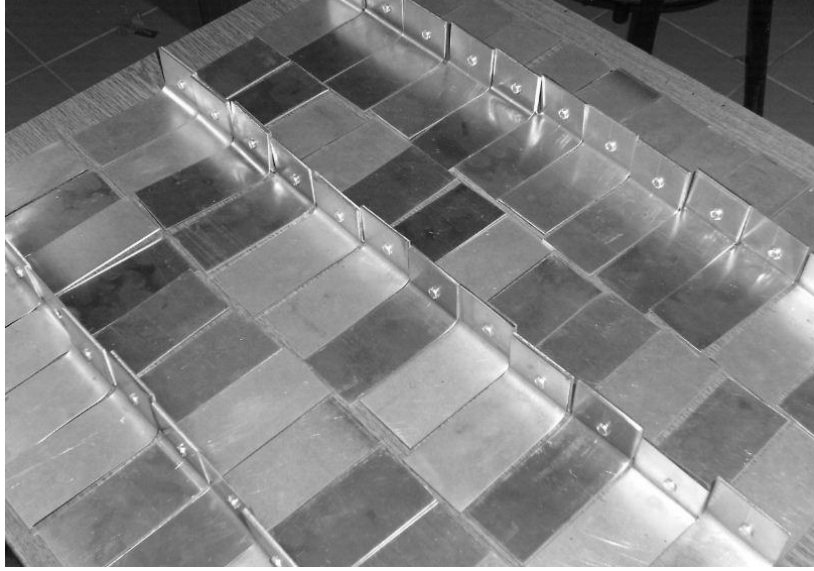
Birleştirilmiş malzemeler üzerinde kesme deneyini uygularken malzemeler birbirileri üstüne bindirme yöntemi ile birleştirildiklerinden dolayı çekme sırasındaki moment etkisini azaltmak için makine bağlantı çenelerine aynı kalınlıkta saç malzemeler konularak çekme testi uygulanmıştır (Şekil 3.14).



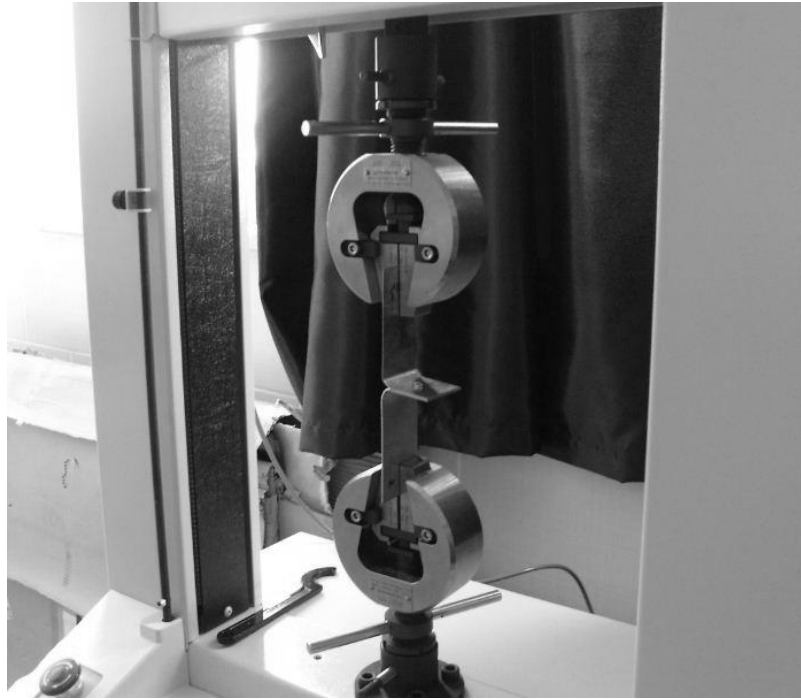
Şekil 3.14 Birleştirilen malzemelere uygulanan çekme testi

Son olarak TSE EN ISO 14270 standartlarına göre belirlenmiş ölçülerde 90° bükülerek clinching yöntemiyle birleştirilmiş numune serilerinin mekanize soyma deneyi

yapılmıştır. Hatalı olan deneyler sonuçlara dahil edilmemiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.



Şekil 3.15 Test için hazırlanmış numuneler

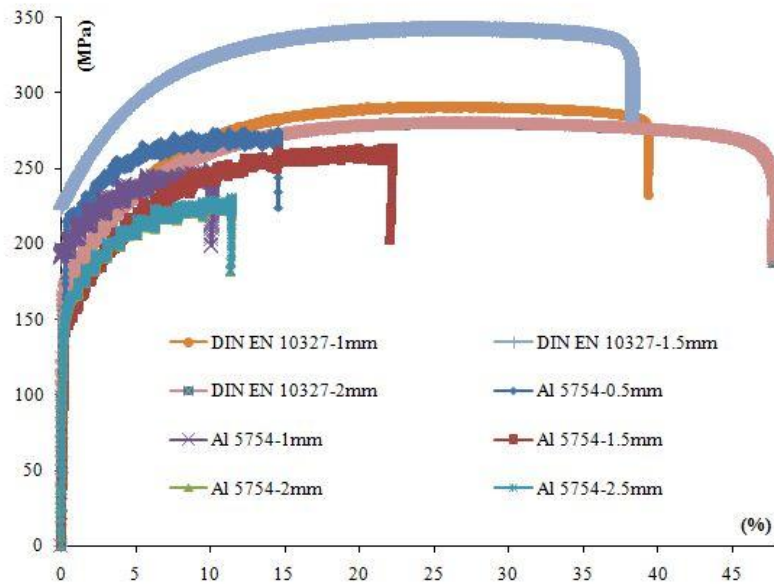


Şekil 3.16 TSE EN ISO 14270 standartlarına göre mekanize soyma deneyinin uygulanması

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. TS EN ISO 6892-1 standardına göre malzeme çekme deneyi

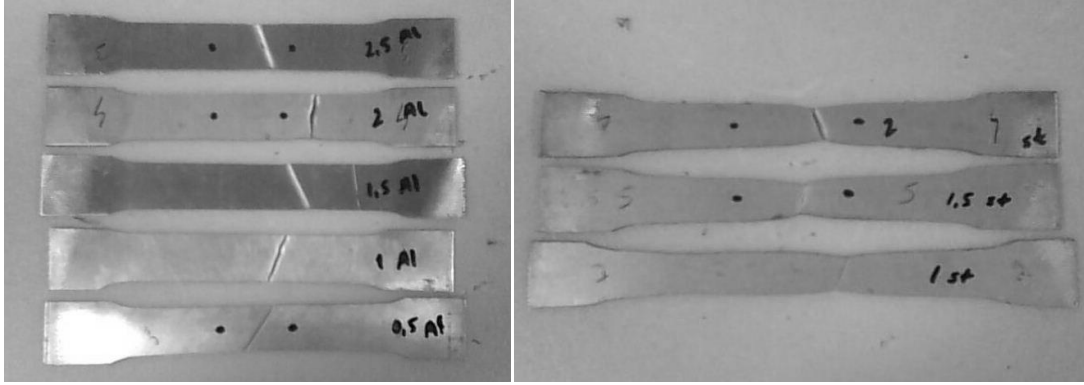
Yapılan çekme deneyinin sonucunda Al5754 alüminyum malzemeler ile Erdemir 1314 galvanize sac malzemelere kuvvet uygulandığında meydana gelen çekme dayanımları ve uzama yüzdeleri grafikte görülmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 TS EN ISO 6892-1 standardına göre yapılan deney sonuç grafiği

Çizelge 4.1 Malzemelerin bazı mekanik özellikleri

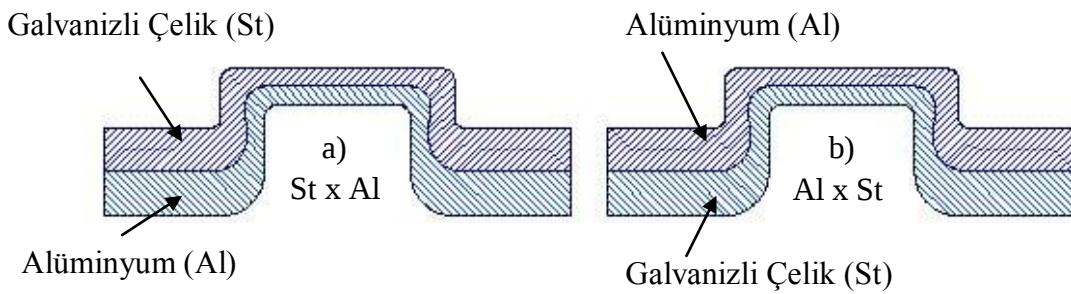
	Erdemir 1314 (DIN EN 10327)			Al 5754 (EN AW 5754)(AlMg3)				
	1	1.5	2	0.5	1	1.5	2	2.5
Kalınlık(mm)	1	1.5	2	0.5	1	1.5	2	2.5
Elastite Modülü(E)(Gpa)	210	210	210	68	68	68	68	68
Poison oranı(ν)	0.3	0.3	0.3	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Akma Gerilimi(σ_m)(Mpa)	155	150	152	195	140	142	140	140
Max. Gerilme (σ_e)(Mpa)	306	285	280	250	222	260	228	244



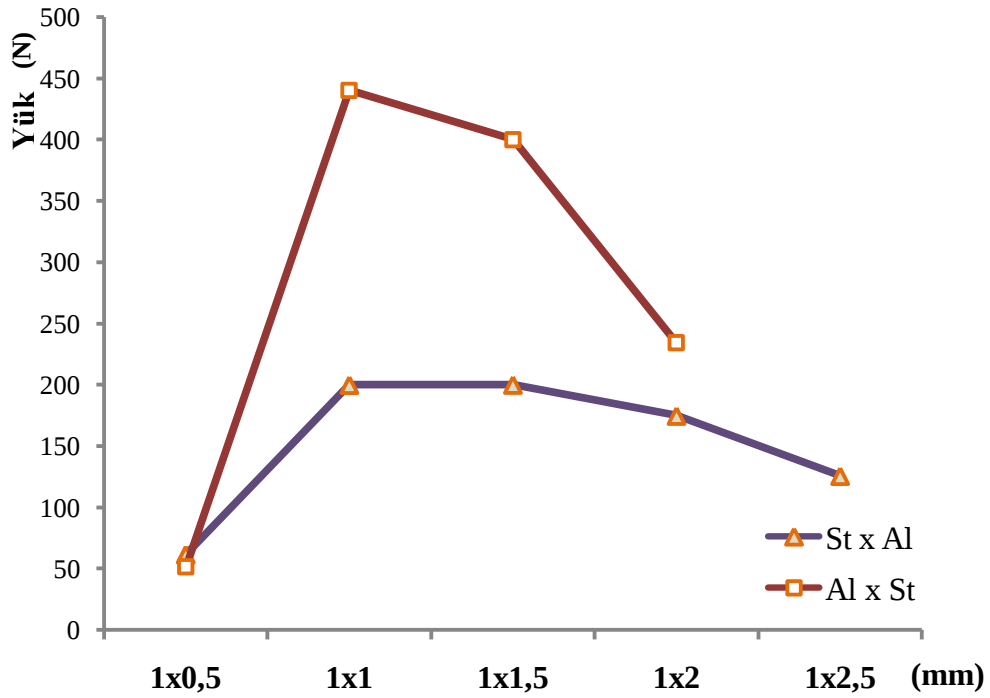
Şekil 4.2 Çekme deneyi sonucunda kopan malzemeler

4.2. TS EN ISO 14270 standardına göre mekanize soyma deneyi

Deneyde kullanılacak her malzeme önce iç formu sonra dış formu oluşturacak şekilde gruplandırılarak birleştirilmiştir. Numuneler birleştirilmeden önce 90° bükülmüştür. İlk olarak St1314 galvanizli sac malzemenin dış formu oluşturduğu Al5754 alüminyum malzemenin iç formu oluşturduğu durum incelenmiştir. Grafik üzerinde belirtilen St x Al sembolü birleştirme sırasında galvanizli çelik malzemenin üste, alüminyum malzemenin ise alta olduğu durumu belirtmektedir (Şekil 4.3a). Al x St sembolü ise alüminyumun üstte galvanizli çeliğin altta olduğu durumu ifade etmektedir (Şekil 4.3b).

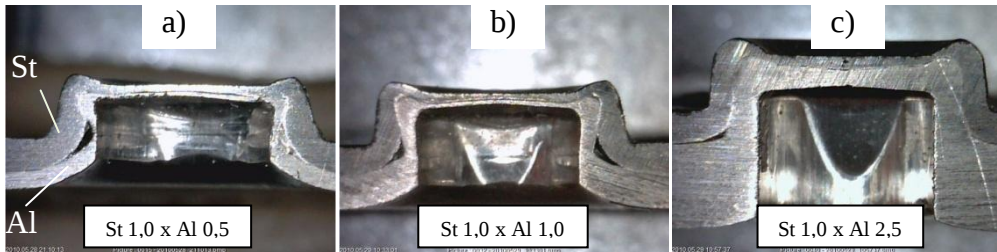


Şekil 4.3 Malzemelerin birleştirilme şekilleri



Şekil 4.4 St1314 (1 mm.) ile Al5754 saç plakaların birleştirilmesinden oluşturulmuş numunelerin yük dayanımları

Şekil 4.4'teki (StxAl) diyagramı incelendiğinde saç malzemelerin üstte olduğu birleştirmelerde en iyi dayanım, 1 mm kalınlığındaki galvanizli çelik saç malzeme ile 1 mm ve 1,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemelerin birleştirilmesinde görülmektedir. En zayıf birleştirmeyi ise 1 mm kalınlığındaki galvanizli çelik saç malzeme ile 0,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme oluşturmaktadır.



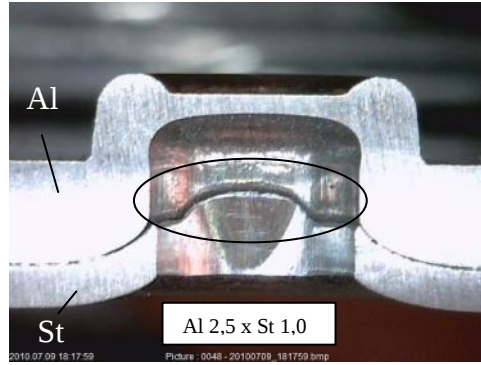
Şekil 4.5 1 mm St1314 malzemenin bazı Al5754 malzemelerle birleştirilme kesitleri

Bunun nedeni Şekil 4.5-a'daki kesite bakıldığında 1 mm galvanizli saç malzemenin üstte 0,5 mm alüminyum malzemenin altta olduğu bir birleştirme görülmektedir. Alüminyum malzemenin ince olması kolay deforme olmasını sağlamaktadır. Kendinden daha kalın

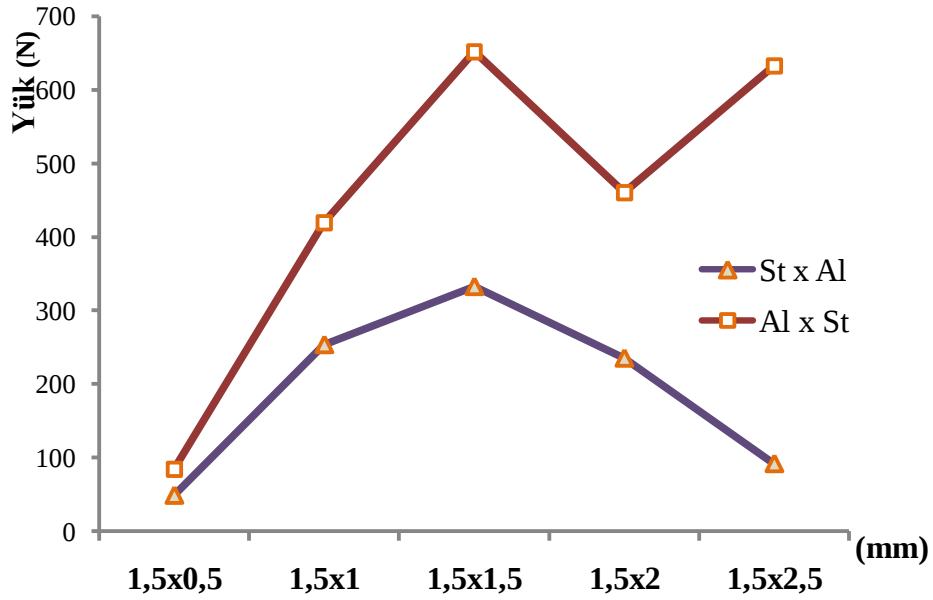
bir malzeme ile kalıplanacak olması ve alt konumda olması birleştirilmesi için gerekli kalıplanma mesafesini arttırmaktadır. Böylece kalıplanma sırasında sünekliği yeterli gelmeyen alüminyum malzemenin kenetlenmeyi sağlayan boyunlarında yırtılmalar meydana gelmektedir. Bu malzeme yırtılmaları dayanımı düşürerek malzemelerin iyi özelliklerde birleşmelerini engellemektedir. Şekil 4.5-b'deki kesiti incelediğimizde 1mm kalınlığındaki çelik malzeme ile 1 mm kalınlığındaki alüminyum birleştirmenin uygun profile birleştirildiği ve alüminyum ile birleştirilecek 1 mm saç malzeme için en uygun birleştirme olduğu görülmektedir. Şekil 4.5-c'deki kesiti incelediğimizde ise 2,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemenin üstünde bulunan çelik malzeme içerisinde birleştirmeyi sağlayacak profili tam olarak oluşturamadığı görülmektedir. Birleştirme sırasında altta bulunan malzemenin plastik deformasyon mesafesi üsteki malzemeye göre fazla olduğundan kalıplanma anında aşırı deformasyon nedeniyle malzemede dislokasyon yoğunluğu artar bu sebeple malzemede sertleşme meydana gelmektedir. Kalıplanma sırasında birleştirmenin oluşması için gerekli formu oluşturmada sertleşen malzeme birleştirmelerde dayanımın düşmesine neden olmaktadır. Kalıplanma anında plastik şekil değiştirmeye maruz kalan malzemelerde meydana gelen bu durum süneklik özelliği az olan malzemelerde daha etkin görülmekte ve kalın malzemelerde uygun formun oluşumuna, ince malzemelerde ise deformasyon sertleşmesi kaynaklanan yırtılma ve kopmalara neden olmaktadır.

Al5754 alüminyum malzemenin üste olup dış formu oluşturduğu St1314 galvanizli çelik saç malzemenin iç formu oluşturduğu durumu incelemek üzere yukarıdaki grafikte Al x St diyagramını incelediğimizde(Şekil 4.4); alüminyumun üste olduğu durumlarda birleştirmelerin, çelik malzemelerin üste dış formu oluşturduğu durumdaki birleştirmelerden daha verimli ve dayanıklı olduğu gözlemlenmektedir. En iyi birleştirmeye ait sonuç 1mm alüminyum ile 1 mm çelik malzemenin birleştirilmesinde ve alüminyum malzemenin üstte olup dış formu oluşturduğu durumda elde edilmiştir. 1,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile 1 mm kalınlığındaki çelik malzeme birleştirildiğinde elde edilen sonuçta oldukça iyi görünmektedir. En zayıf birleştirme ise 0,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile 1 mm kalınlığındaki çelik malzemeden oluşmaktadır. 2,5 mm alüminyum malzeme ile 1 mm kalınlığındaki galvanizli çelik malzeme birleştirilme sırasında galvanizli çelik malzemede kopma meydana

geldiğinden denemeler sonuç vermemiş birleştirme gerçekleşmemiştir. Bu yüzden yapılan deneylerde bu birleştirme grubuna yer verilmemiştir. Bu durumu açıklayacak olursak malzemeler arasında kalınlık farklarının artması ve birleştirmelerde aralarında kalınlık farkı olan bu malzemelerden kalın olanın üstte dış formu oluşturacak şekilde kullanılması, altta iç formu oluşturacak ince malzemenin plastik şekil değiştirme mesafesinin iyice artmasına sebep olmaktadır. Bu da malzemenin birleştirilme sırasında kopmasına neden gösterilebilir (Şekil 4.6).

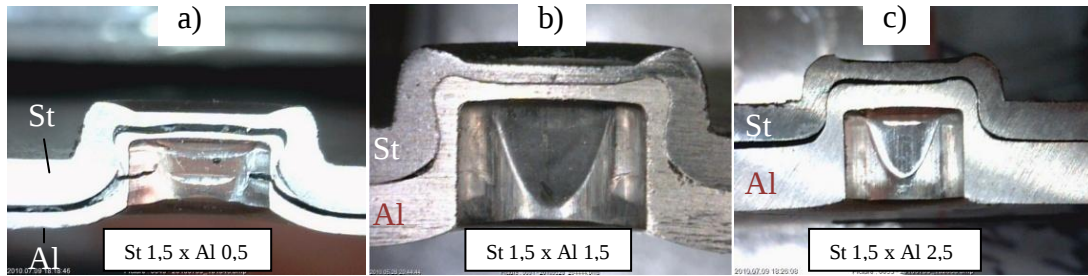


Şekil 4.6 2,5 mm Alüminyum ile 1mm Galvanizli çelik malzemenin kesiti



Şekil 4.7 St1314 (1,5 mm.) ile Al5754 saç plakaların birleştirilmesinden oluşturulmuş numunelerin yük dayanımları

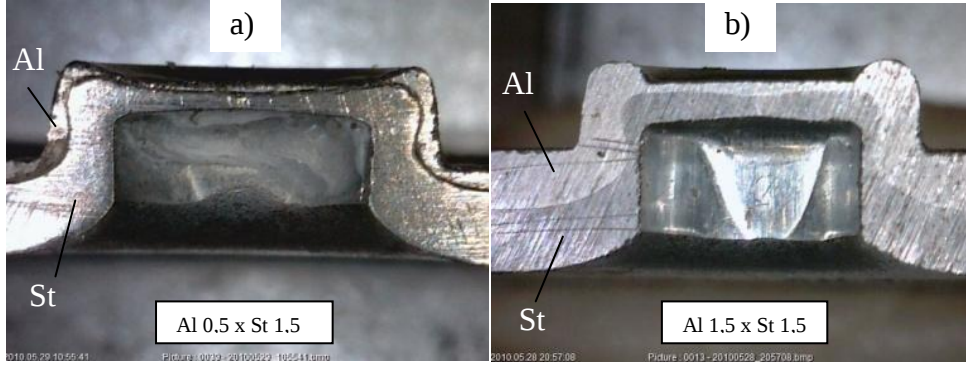
Şekil 4.7'deki grafiği incelediğimizde galvanizli çelik saç malzemenin üstte olduğu birleştirmelerde en iyi dayanım 1,5 mm çelik saç malzeme ile 1,5 mm alüminyum malzemenin birleştirilmesinde görülmektedir. 1,5 mm saç malzeme ile birleştirilen 0,5 mm ve 2,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemeler ise dayanımı en düşük birleştirmeleri oluşturmaktadır. Bu durum Şekil 4.8'deki kesitleri incelediğimizde daha iyi anlaşılmaktadır. Üstte bulunan 1,5 mm saç malzemenin oldukça sağlam olmasına rağmen birleştirildiği 0,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemede yırtılma görüldüğü ve zayıf yapıda olduğu Şekil 4.8-a'daki kesit görünüşte görülmektedir. Şekil 4.8-b'deki kesiti incelediğimizde 1,5 mm kalınlığındaki galvanizli saç malzemenin 1,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile birleştirildiğinde oluşan formun dayanımı arttırdığı ve kenetlenmeye yarayan boyun bölgelerinde çatlakların bulunmadığı gözlenmektedir. Şekil 4.8-c'deki 1,5 mm kalınlığındaki galvanizli saç malzeme ile 2,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemenin birleştirilmesinden oluşan kesit formu incelediğimizde alüminyum malzemenin saç malzeme içerisinde tutunabileceği bir form oluşmadığı malzemeler ufak bir kuvvet uygulandığında ayrılacakmış görünümünde olduğu gözlenmektedir (Varis 2006).



Şekil 4.8 Birleştirilmiş saç malzeme ile alüminyum malzeme kesitleri

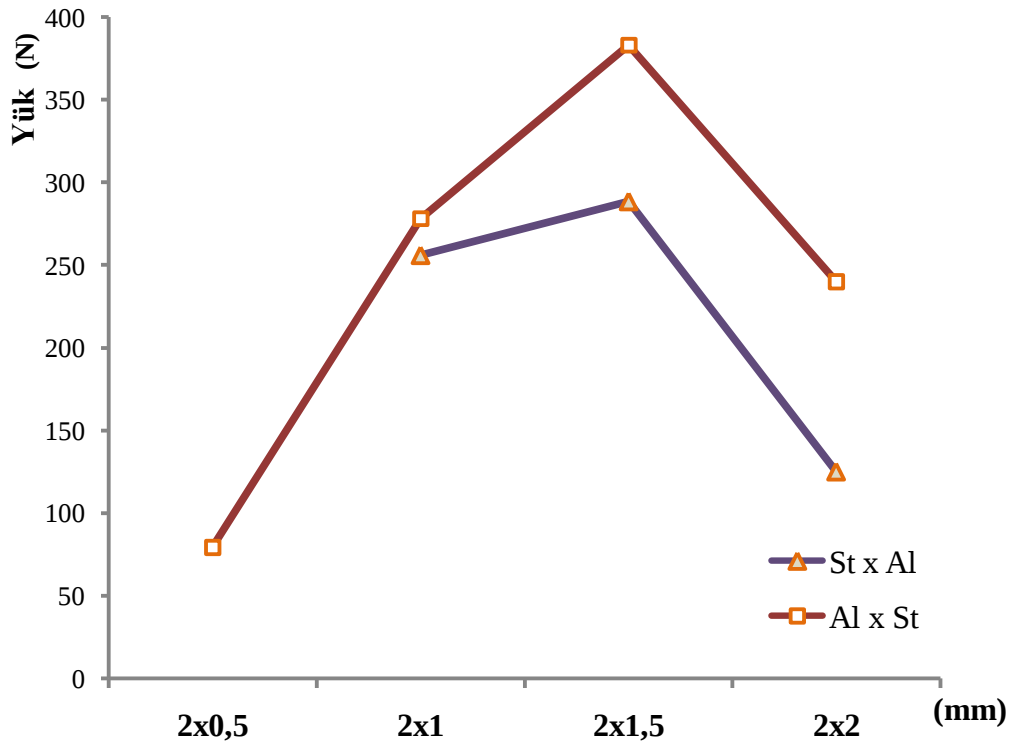
Alüminyum malzemelerin üstte galvanizli saç malzemelerin altta olduğu Şekil 4.7'deki Al x St diyagramı incelendiğinde ise en zayıf dayanımlı birleştirmenin 0,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile 1,5 mm kalınlığındaki galvanizli çelik malzemenin oluşturduğu birleştirme olduğu görülmektedir. En iyi dayanıma sahip birleştirme ise 1,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile 1,5 mm kalınlığındaki galvanizli çelik malzemenin oluşturduğu birleştirmedir. Bu birleştirme grafiği genel olarak düşündüğümüzde en iyi sonucu vermektedir. Bu sonuca yakın değer olarak 2,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile 1,5 mm kalınlığındaki galvanizli çelik

malzemenin oluşturduğu birleştirme gösterilebilir. Şekil 4.9'daki kesitleri incelediğimizde Şekil 4.9-a'daki kesitte 0,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemenin dış formu oluşturduğu görülmektedir. Birleştirilen parçaların kenetlenme yapısı düzgün görülüyor olsa da dış formu oluşturan alüminyum malzemenin çok ince olması, ufak bir kuvvet karşısında esnemeye sebep olacağından parçalar birbirinden kolay ayrılacaktır.



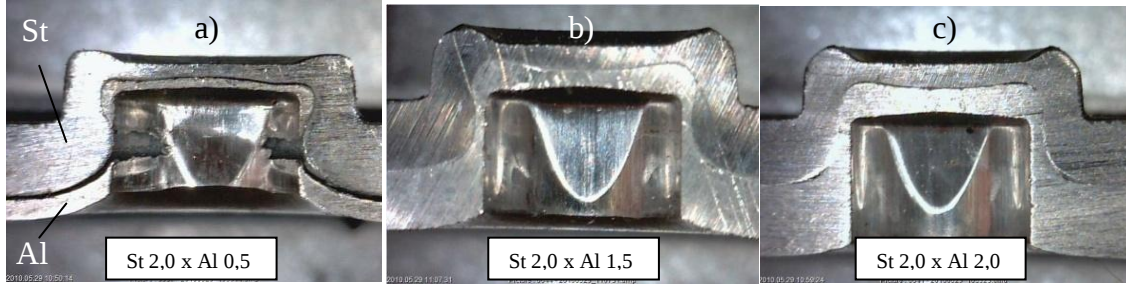
Şekil 4.9 Birleştirilmiş alüminyum malzeme ile sac malzeme kesitleri

Alüminyum malzemenin dış formu oluşturduğu Şekil 4.9-b'deki kesit incelendiğinde 1,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme, kuvvet uygulandığı zaman şeklini koruyacak kadar sağlam görülmektedir. 1,5 mm kalınlığındaki iç formu oluşturan galvanizli sac malzemenin de S şeklinde boyun oluşturarak dayanımı arttıracak şekilde alüminyum malzemeye kenetlendiği görülmektedir. İç profili oluşturan galvanizli çelik malzemede dayanımı düşürücü yırtılmalar gözlenmemekte, kenetlenmeyi sağlayan boyun bölgesinin ince olması malzemenin çelik olması nedeniyle dayanıma fazla etki etmemektedir.



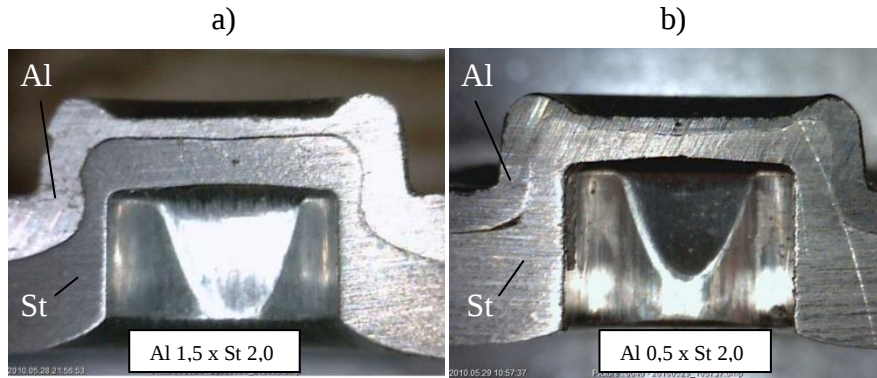
Şekil 4.10 St1314 (2 mm.) ile Al5754 saç plakaların birleştirilmesinden oluşturulmuş numunelerin yük dayanımları

Şekil 4.10'daki grafiği incelediğimizde St x Al diyagramında gösterilen çelik malzemenin üste olduğu birleştirmelerde en iyi dayanım, 2 mm kalınlığındaki çelik malzeme ile 1,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme birleştirilmesinde görülmüştür(Şekil 4.11-b). 2 mm kalınlığındaki çelik malzeme ile aynı kalınlıktaki alüminyum malzemenin birleştirilmesinden ise en düşük değer elde edilmiştir. Bunun nedeni alüminyum malzemenin çelik malzeme içerisinde oluşturduğu şeklin konik formda olmasıdır(Şekil 4.11-c). Bu durum malzemelerin birbirine sağlam tutunmasını engellemektedir. Birleştirme sırasında kopma durumuna gelen 2 mm kalınlığındaki çelik malzeme ile 0,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme deneye dahil edilmediğinden diyagramda bu malzemelerle ilgili değer bulunmamaktadır (Şekil 4.11-a).



Şekil 4.11 St1314 (2 mm.) ile bazı Al5754 saç plakaların birleştirilmesinden oluşan numunelerin kesitleri

Alüminyum malzemelerin üste çelik malzemelerin altta olduğu birleştirmeleri ifade eden Şekil 4.10'da ki AlxSt diyagramını incelediğimizde en iyi dayanım değeri 1,5 mm kalınlığındaki alüminyum ile 2 mm kalınlığındaki çelik malzemenin birleştirilmesiyle oluşmaktadır (Şekil 4.12-a). 0.5 mm kalınlığındaki alüminyum ile 2 mm kalınlığındaki çelik malzemenin birleştirilmesi dayanım olarak en düşük sonuçları vermektedir (Şekil 4.12-b).

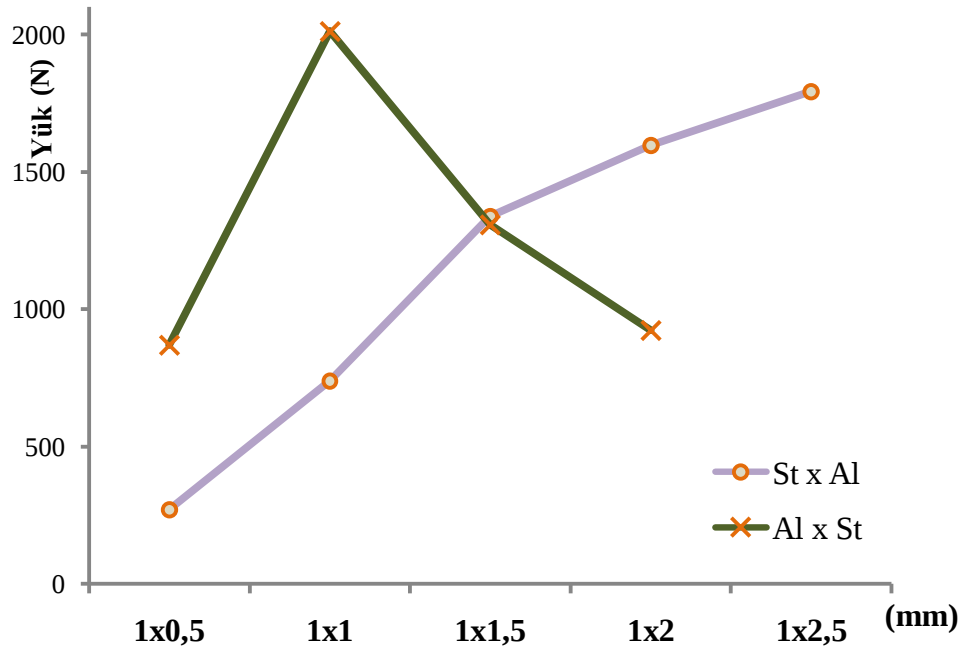


Şekil 4.12 Bazı Al5754 ile St1314 (2 mm.) saç plakaların birleştirilmelerinden oluşan numunelerin kesitleri

Sonuç olarak bu üç grafiği incelediğimizde galvanizli çelik saç malzemenin dış yönde olduğu durumda alüminyum malzemelerle yaptığı birleştirmelerde en ideal birleştirme sonucunu 1,5 mm St1314 malzeme ile 1,5 mm Al5754 malzemenin verdiği görülmüştür. Alüminyum malzemenin dışta olduğu durumlar incelendiğinde ise en iyi dayanım sağlayacak birleştirmenin 1,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile 1,5 mm kalınlığında galvanizli çelik malzeme olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu birleştirmenin deney yapılan malzemeler arasında en iyi birleştirme sonucunu verdiği söylenebilir.

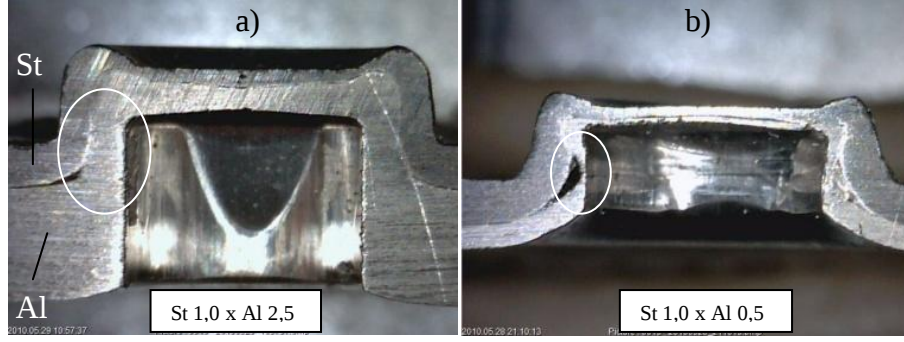
4.3. TS EN ISO 14273 standardına göre malzeme kesme deneyi

Deneyde kullanılmak üzere sac ve alüminyum malzemeler aralarında gruplandırılarak clinching yöntemi ile birleştirilmiştir. İlk olarak St1314 galvanizli sac malzemenin dış formu oluşturduğu Al5754 alüminyum malzemenin iç profili oluşturduğu durum incelenmiştir (Şekil 4.3-a).



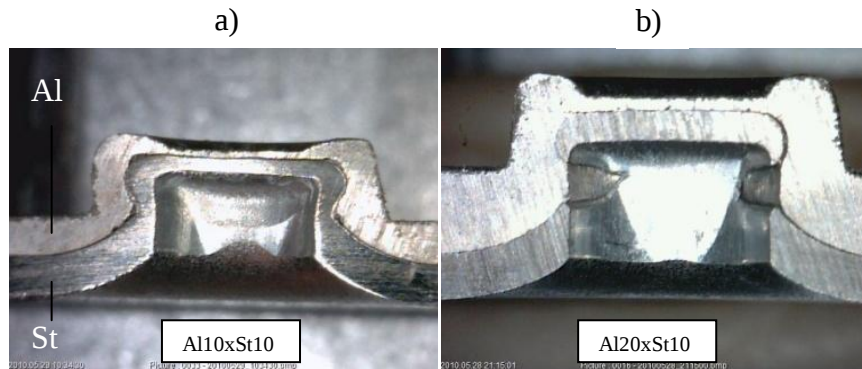
Şekil 4.13 1 mm St1314 ile 0,5~2,5 mm Al5754 birleştirilmesinden oluşan numunelerin kalınlıklarına göre kesme dayanımı

Grafikte görülen St x Al diyagramını incelediğimizde Sac malzemenin üstte olduğu birleştirmelerde en iyi dayanımın 1mm sac malzeme ile 2,5 mm alüminyum malzemenin birleştirilmesinde olduğu görülmektedir. Bunun nedeni clinching yöntemiyle birleştirilmiş malzemelerde, kesme dayanımına etki eden en önemli faktör altta olan malzemenin iç formu oluştururken meydana getirdiği boyun yapısıdır. Şekil 4.14-a'da görülen 1. kesiti incelediğimizde içyapıyı oluşturan malzemenin oldukça sağlam yapıda bir boyun oluşturduğu görülmektedir. 1 mm sac malzemenin 0,5 mm Alüminyum ile birleştirilmesi ise dayanım olarak en düşük birleştirme sonucunu vermektedir. Şekil 4.14-b'de görülen kesiti incelediğimizde birleştirme sırasında oluşan ve alt malzemeye ait boyun yapısının kopmaya elverişli incelikte olduğu görülmektedir.

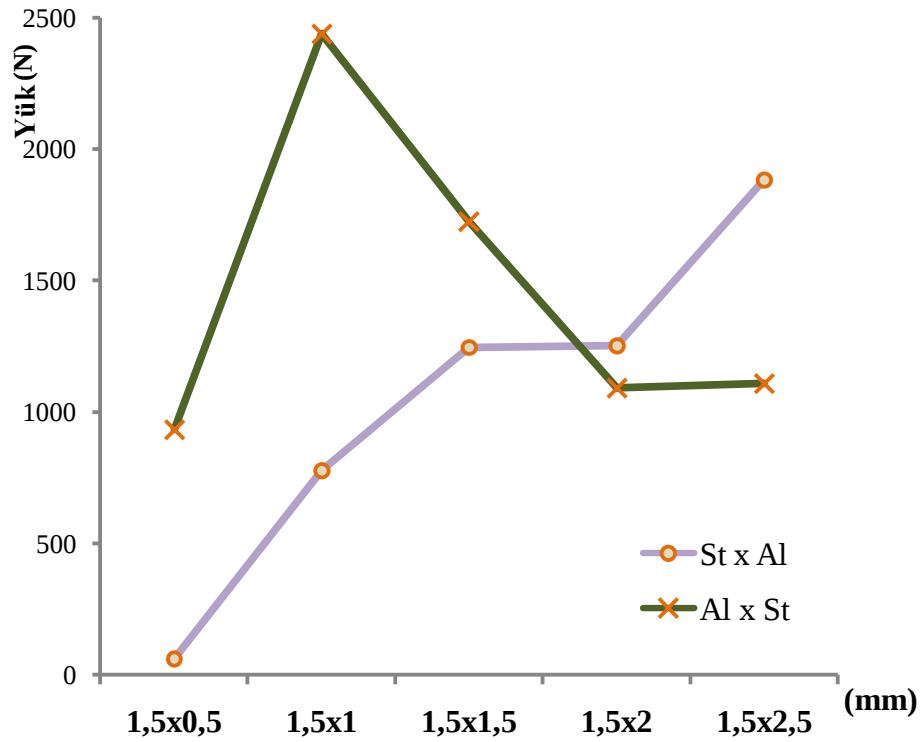


Şekil 4.14 Clinching yöntemiyle birleştirilmiş numune kesitleri

Grafikte görülen alüminyum malzemenin üste dış formu oluşturduğu birleştirmeleri ifade eden Al x St diyagramını incelediğimizde, en iyi dayanım gösteren birleştirmenin 1 mm kalınlığındaki alüminyum ile 1 mm kalınlığındaki çelik malzemeye ait olduğu görülmektedir. Bunun nedeni Şekil 4.15-a'daki kesitte görülen malzemelerin birleştirilirken oluşan yapının sağlam olmasıdır. 2 mm kalınlığındaki alüminyum ile 1 mm kalınlığındaki çelik saç malzeme birleştirildiğinde dayanım olarak en düşük sonucu vermektedir. Bunun nedeni iç formu oluşturan 1 mm kalınlığındaki çelik malzemede birleştirilme anında yırtılmanın oluşmasıdır (Şekil 4.15-b). 2,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile 1mm kalınlığında galvanizli çelik saç malzemenin birleştirilmesi ile ilgili grafikte değer belirtilmemiştir. Bunun nedeni birleştirme sırasında çelik malzemede boyun oluşmadan kopma meydana gelmiştir. Bu sebepten bu iki malzeme birleştirilememiştir.

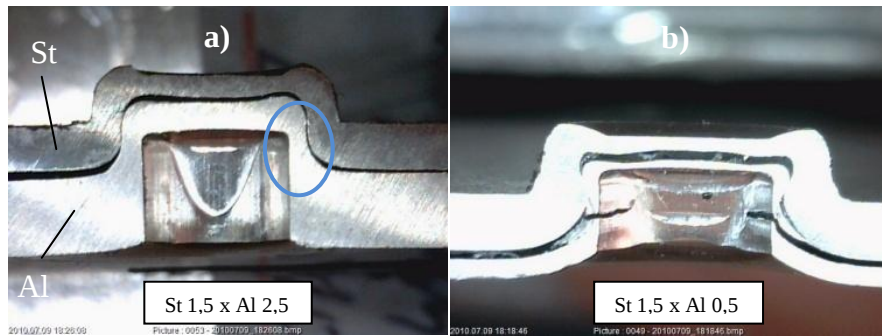


Şekil 4.15 Birleştirilmiş alüminyum malzeme ile saç malzeme kesitleri



Şekil 4.16 1,5 mm St1314 ile 0,5~2,5 mm Al5754 birleştirilmesinden oluşan numunelerin kalınlıklarına göre kesme dayanımı

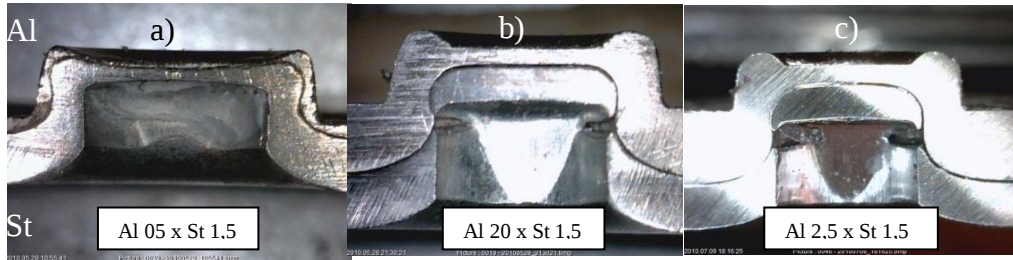
Şekil 4.16’da görülen grafikteki St x Al diyagramını incelediğimizde Saç malzemenin üstte olduğu birleştirmelerde en iyi dayanımın 1,5 mm saç malzeme ile 2,5 mm alüminyum malzemenin birleştirilmesinde olduğu görülmektedir. Bunun nedeni iç formu oluşturan 2,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemenin, birleştirilirken meydana gelen plastik şekil değiştirme sırasında oluşturduğu boyun kesme kuvvetine karşı oldukça dayanıklıdır (Şekil 4.17-a).



Şekil 4.17 Birleştirilmiş saç malzeme ile alüminyum malzeme kesitleri

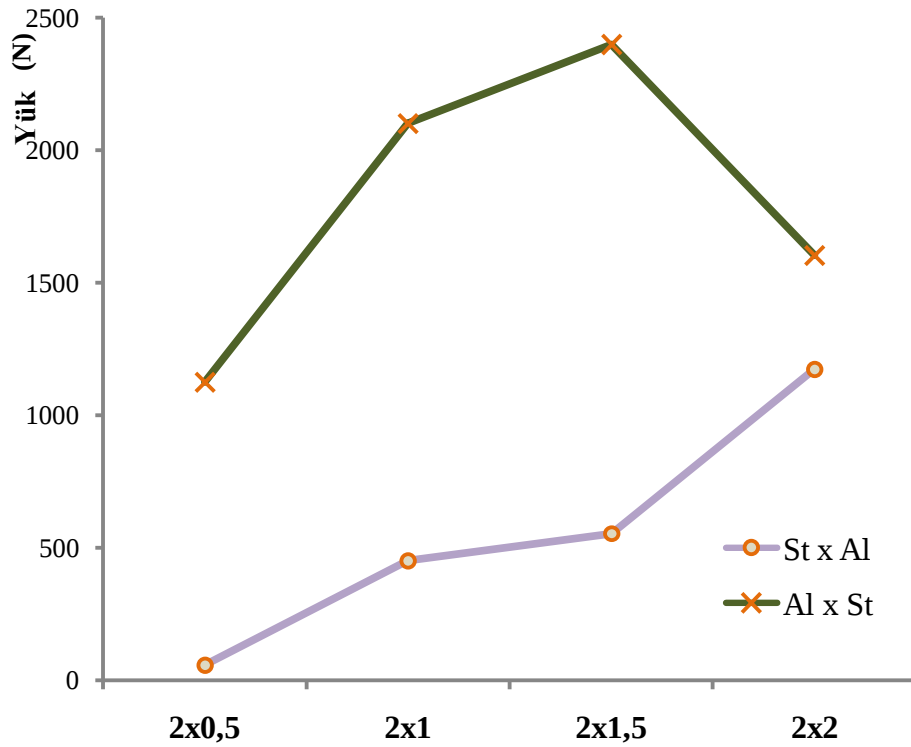
1,5 mm saç malzeme ile 0,5 mm alüminyum malzemenin birleştirmesinde en düşük değer elde edilmiştir. Bunun nedeni ise birleştirme sırasında alüminyum malzemede aşırı plastik deformasyon nedeni ile oluşan yırtılmanın, birleştirme yapısını zayıflatmasıdır (Şekil 4.17-b).

Şekil 4.16’da alüminyum malzemenin üste olduğu birleştirmeleri gösteren AlxSt diyagramını incelediğimizde 1mm alüminyum ile 1,5 mm saç malzemenin birleştirilmesinin en iyi sonucu verdiği görülmektedir. 0,5mm, 2 mm ve 2,5 mm alüminyum malzemeler 1,5 mm saç malzeme ile birleştirildiklerinde ise dayanım olarak en düşük sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.18). Grafiğe genel olarak baktığımızda en iyi sonucu alüminyumun üste olduğu 1mm alüminyum ile 1,5 mm saç malzemelerin birleştirilmesi vermektedir.



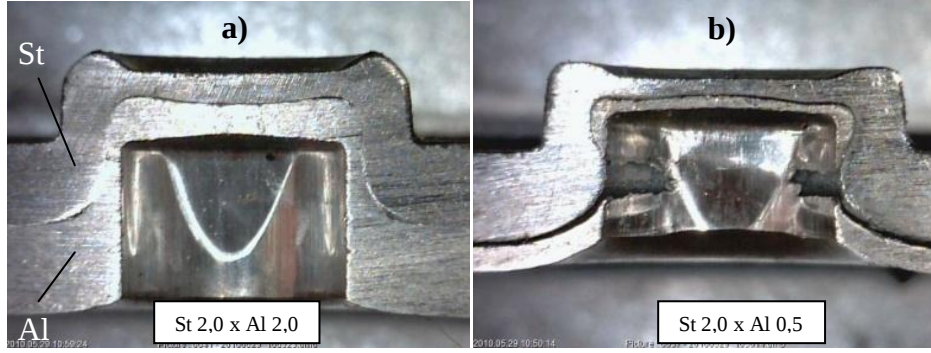
Şekil 4.18 Birleştirilmiş alüminyum malzeme ile saç malzeme kesitleri

Şekil 4.18 incelendiğinde 0,5mm, 2 mm ve 2,5 mm alüminyum malzemelerin 1,5 mm saç malzeme ile birleştirilmesine ait kesitler görülmektedir. Bu kesitler incelendiğinde birleştirme yapılarının oldukça zayıf olduğu görülmektedir. Şekil 4.18-a’daki kesiti inceleyecek olursak iç formu oluşturan 1,5 mm kalınlığındaki çelik saç malzemenin yapısının sağlam olduğu görülmektedir. Ancak dış formu oluşturan 0.5 mm alüminyum malzemenin şekli birleştirmeye uygun olduğu görülse de ince olmasından kaynaklanan ve deney sırasında saç malzemenin zorlamasıyla esneyebilecek bir yapısı olduğu, bu yapının da bu bileştirmeyi zayıf hale getirdiği görülmektedir. Diğer kesitler incelendiğinde iç formu oluşturan çelik saç malzemelerin yapılarında yırtılmaların olduğu ve bu yırtılmaların birleştirme yapılarını zayıf hale getirdiği görülmektedir(Şekil 4.18-b,c).



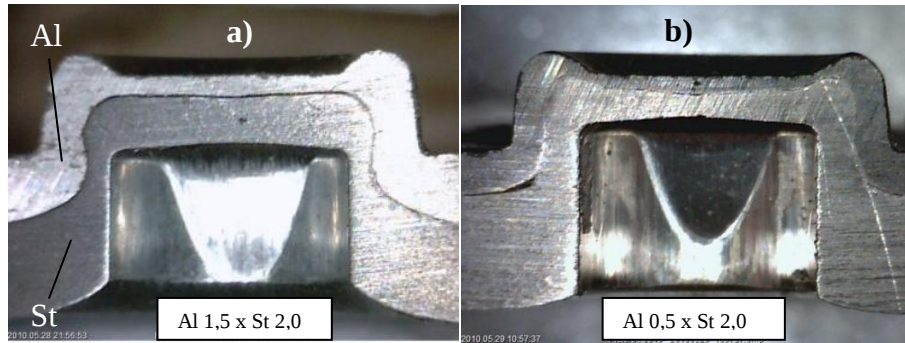
Şekil 4.19 2 mm St1314 ile 0,5~2,5 mm Al5754 birleştirilmesinden oluşan numunelerin kalınlıklarına göre kesme dayanımı

Şekil 4.18'deki grafikte galvanizli çelik saç malzemelerin üstte olduğu birleştirmeleri ifade eden StxAl diyagramını incelediğimizde saç malzemenin üstte olduğu birleştirmelerde en iyi dayanım 2 mm saç malzeme ile 2 mm Alüminyum malzemenin birleştirilmesinde görülmektedir. 2 mm saç malzeme ile 0,5 mm alüminyum malzemenin birleştirme esnasında saç malzemede kopma gerçekleşmiş, bu birleştirmeden uygun değer alınamamıştır. Şekil 4.20-a incelendiğinde birleştirilmiş 2 mm saç malzeme ile 2 mm kalınlığındaki alüminyum malzemenin yapısının sağlam olduğu görülmektedir. 2. kesiti incelediğimizde 2 mm kalınlığındaki saç malzeme 0,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile birleştirilmiş fakat iç formu oluşturan alüminyum malzemede yırtılma ve kopmalar oluştuğundan birleştirme sonuç vermemiştir (Şekil 4.20-b).



Şekil 4.20 Birleştirilmiş sac malzeme ile alüminyum malzeme kesitleri

Alüminyumun üste olduğu AlxSt diyagramı incelendiğinde en iyi sonuç 1,5 mm alüminyum ile 2 mm sac malzemelerin birleştirmesinde görülmektedir. En zayıf birleştirme ise 0,5 mm alüminyum ile 2 mm sac malzemelerin birleştirilmesinde görülmektedir. Şekil 4.21-a'daki kesit incelendiğinde iç formu oluşturan sac malzemenin oluşturduğu boyun oldukça dayanıklı görünmektedir buda birleştirmenin sağlam olmasını sağlayan nedenlerdendir. Diğer kesite baktığımızda birleştirilmiş malzemelerin yapılarının sağlam olduğu görülmekte fakat dış formu oluşturan alüminyum malzemenin birleştirme yapısını koruyamayacak incelikte olmasından dolayı dayanım oldukça zayıflamaktadır (Şekil 4.21-b).

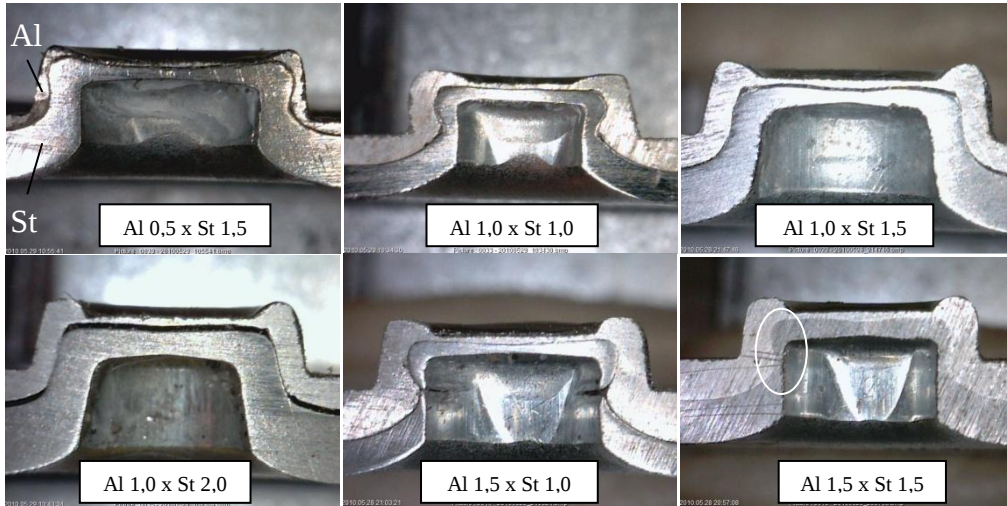


Şekil 4.21 Birleştirilmiş alüminyum malzeme ile sac malzeme kesitleri

Genel olarak bu üç grafiği değerlendirecek olursak en verimli sonuç alüminyumun üste olduğu 1,5 mm alüminyum ile 2 mm sac parçanın birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Şekil 4.21-a).

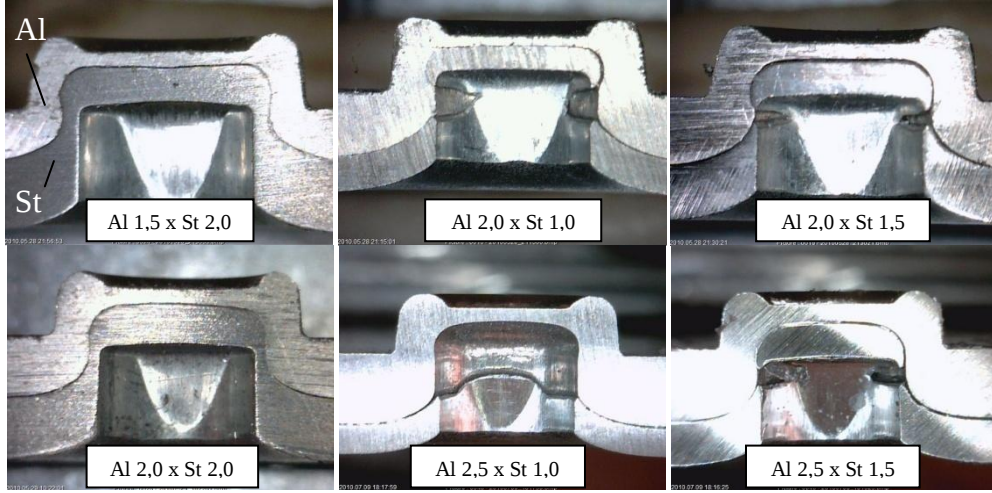
4.4. Birleştirilen malzemelerin kesit görünümleri

Birleştirilen numuneler uygun kesitlerin görüntülenebilmesi için önce Metalografi laboratuvarında kesilmiş ve temizlendikten sonra usb mikroskobuyla fotoğrafları çekilmiştir. İlk olarak Al5754 alüminyum malzemenin dış formu oluşturduğu St1314 galvanizli sac malzemenin içe kenetlendiği durum incelenmiştir (Şekil 4.3-b).



Şekil 4.22 AL5754 alüminyum ile ST1314 sac malzemelerin birleştirilme kesiti

Alüminyum malzemelerin dış formu oluşturduğu durumlar incelenecek olursa; 1 mm kalınlığındaki alüminyum ile 1mm kalınlığındaki sac malzeme ve 1,5 mm kalınlığındaki alüminyum ile 1,5 mm kalınlığındaki sac malzemenin birleştirilme kesitlerini incelediğimizde iyi bir birleştirme olduğu görülmektedir. Bunun nedeni iç formu oluşturan alttaki malzeme birleştirilme sırasında üst malzemeye sıkıca kenetlenmesi için S şekline benzeyen bir girinti oluşturmaktadır. Bu S şekline benzer boyun yapılarının sağlam ve üstteki malzeme içerisinde girinti oluşturacak şekilde olması birleştirmenin dayanımını arttırmaktadır (Varis 2006). 0,5 mm kalınlığındaki alüminyum ile 1,5 mm sac malzemenin birleştirilmesinden oluşan form dayanıklı bir yapıda görünse de alüminyumun ince ve esnek olmasından dolayı sac malzeme bu birleştirme de sağlıklı tutunamayacaktır. 1mm alüminyum ile 1,5 mm sac malzeme ve 1mm alüminyum ile 2 mm sac malzemelerin birleşmelerindeki kesit formu konik yataklara benzediğinden sac malzeme bu birleştirmelerde alüminyum malzemesine sağlıklı tutunamadığından birleştirme çok dayanıksızdır (Şekil 4.22).



Şekil 4.23 Bazı AL5754 ile ST1314 sac malzemelerin birleştirilme kesiti

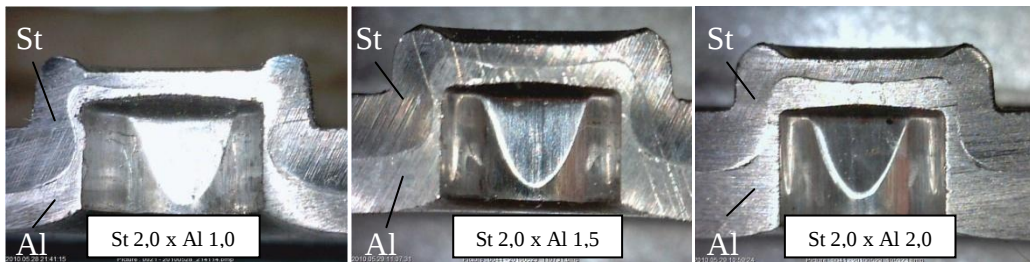
1.5 mm Alüminyum ile 2 mm sac malzemelerin birleştirme kesit formu incelendiğinde birleştirmenin dayanımının yüksek olduğu görülmektedir. 2 mm alüminyum ile 2 mm sac malzeme için aynısı söylemek mümkün değildir. Çünkü S şeklindeki profil neredeyse belirginliğini kaybetmektedir. 2 mm alüminyum ile 1 mm sac malzemenin birleştirme kesit profilini incelediğimizde malzeme kalınlıklarının birbirine uygun ve dayanıklı görünmesi bizi yanıltmaktadır. İç formu oluşturan 1 mm kalınlığındaki sac malzemedeki birleştirme sırasında yırtılma gerçekleşmiş olduğundan bu durum dayanımı olumsuz yönde etkilemektedir. Aynı sorun 2 mm alüminyum ile 1,5 mm sac parçada da görülmektedir (Şekil 4.23).

St1314 galvanizli sac malzemenin üstte dış formu oluşturduğu AL5754 alüminyum malzemenin altta iç formu oluşturduğu durum incelendiğinde; Malzemeler arasındaki kalınlık farkları arttıkça birleştirmelerde dayanım azalmaktadır. Birbirinden farklı kalınlıklardaki malzemelerin birleştirilmesinde ince malzeme altta kullanılırsa malzeme formunda yırtılmalar oluşmaktadır. Kalın malzemeler altta kullanıldığında uygun birleştirme profilini oluşturamamakta ve bu durum dayanıklılığı etkilemektedir.



Şekil 4.24 ST1314 saç malzeme ile AL5754 alüminyum malzemelerin birleşme kesiti

1.5 mm saç malzeme ile 1,5 mm alüminyum malzeme birleşimi oldukça iyi görünürken, 2 mm saç malzemeyle 0,5 mm alüminyum malzeme birleşiminde alüminyumda yırtılma gözlenmektedir. 1,5 mm saç malzemeyle 1 mm alüminyum malzeme birleşiminde oluşan S şeklindeki profil uygun görünse de alüminyum malzemenin kenet boynu oldukça incelmış ve bu da olumsuz sonuçlara yol açmaktadır (Şekil 4.24).



Şekil 4.25 ST1314 ile AL5754 saç malzemelerin birleşme kesitleri

2 mm sa malzeme ile 1,5 mm alüminyum malzemenin birleşiminin kesitine baktığımızda birleşme formu oldukça güzel fakat esneme kabiliyeti yeterli olmadığından sa malzeme içinde kenetlenirken boynunun incelmeye uğraması dayanımı az da olsa etkilemiştir. Diğer birleştirmeyi incelediğimizde 2 mm sa ile 2 mm alüminyum plakalar birleştirilme formu çıkmaya yakın düz bir formdadır ve bu birleştirme için dayanıklıdır demek mümkün değildir (Şekil 4.25).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada birçok birleştirme teknolojisine alternatif olarak gösterilen ve giderek yaygınlaşmaya başlayan clinching birleştirme teknolojisi tanıtılmış ve otomotiv üretiminde en çok kullanılan galvanizli çelik(Erdemir1314) sac ile alüminyum(Al5754) sac malzemeler clinching sistemiyle birleştirilmiş, yapılan deneyler sonucunda malzemelere uygulanan bu perçinsiz bağlantıların mekanik özellikleri araştırılmıştır.

Deney standartlarına göre hazırlanmış malzemeler kalınlıkları ve özellikleri göz önünde bulundurularak birbirleriyle birleştirilecek şekilde gruplandırılmıştır. Bu malzemeler daha sonra deney yapılmak üzere clinching yöntemiyle birleştirilmiştir. Birbirinden farklı veya aynı kalınlıktaki malzemelerin birleştirilmesinden ortaya çıkan sonuçların yanı sıra malzemelerin birleştirilme sırasında üstte veya altta olmasının sonuçları nasıl etkileyebileceği gibi malzemelerin birleştirilmesini olumlu ya da olumsuz etkileyebilecek malzeme faktörleri araştırılmıştır.

Çizelge 5.1 TSE EN ISO 14273 deney değerleri

	St x Al		Al x St	
1	1,5x0,5	59,98	0,5x1,5	933,64
2	1,5x1	777,33	1x1,5	2439,75
3	1,5x1,5	1245,9	1,5x1,5	1726,21
4	1,5x2	1252,88	2x1,5	1090,92
5	1,5x2,5	1883,75	2,5x1,5	1108,92
6	1x0,5	270,36	0,5x1	870,03
7	1x1	739,08	1x1	2012,64
8	1x1,5	1338,75	1,5x1	1307,15
9	1x2	1596,04	2x1	922,72
10	1x2,5	1793,02	2,5x1	-
11	2x0,5	56,8	0,5x2	1124,84
12	2x1	451,51	1x2	2100,51
13	2x1,5	553,27	1,5x2	2396,39
14	2x2	1172,41	2x2	1602,25

Yapılan deneylerin sonucu Çizelge 5.1’de görülmektedir. Çizelgeyi inceleyecek olursak galvanizli sac malzemenin üstte dış formu oluşturduğu duruma ait sonuçlar tablonun sol kısmında verilmiştir. Burada en dayanımlı birleştirme 1,5 mm kalınlığında galvanizli sac malzemenin dış formu oluşturduğu, 2,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemenin

iç formu oluşturduğu birleştirmedir. Tablonun sağ tarafında alüminyum malzemenin üstte dış formu oluşturduğu duruma ait sonuçları incelediğimizde burada en dayanımlı birleştirme 1 mm kalınlığında alüminyum malzemenin dış formu oluşturduğu, 1,5 mm kalınlığındaki galvanizli sac malzemenin iç formu oluşturduğu birleştirme olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu birleştirme bu deneyde bize en iyi sonucu vermektedir. Çizelgede değeri belirtilmemiş 2,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile 1 mm kalınlığındaki galvanizli sac malzeme birleştirilme sırasında koptuğu için bu malzemeler deneyde değerlendirilememiştir.

Diğer deneyimiz için birleştirilmiş malzemelerden oluşturulan numuneler TSE EN ISO 14270 standartlarına uygun olarak hazırlanmış ve mekanize soyma deneyinde kullanılmıştır.

Çizelge 5.2 TSE EN ISO 14270 deney değerleri

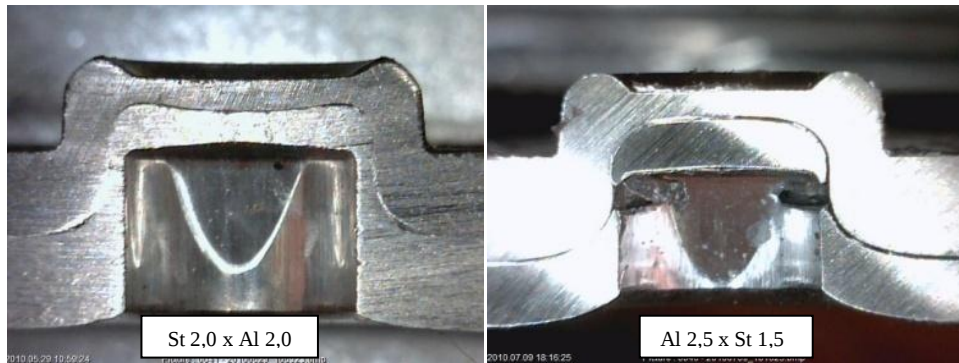
	St x Al		Al x St	
1	1,5x0,5	48,98	0,5x1,5	84,09
2	1,5x1	253,70	1x1,5	419,43
3	1,5x1,5	332,76	1,5x1,5	651,76
4	1,5x2	235,42	2x1,5	460,34
5	1,5x2,5	92,01	2,5x1,5	632,22
6	1x0,5	61,53	0,5x1	51,48
7	1x1	199,81	1x1	440,12
8	1x1,5	199,92	1,5x1	399,75
9	1x2	174,62	2x1	234,16
10	1x2,5	125,55	2,5x1	-
11	2x0,5	-	0,5x2	79,41
12	2x1	255,93	1x2	278,30
13	2x1,5	288,62	1,5x2	383,30
14	2x2	124,96	2x2	240,22

Yapılan deneye ait sonuç Çizelge 5.2’de görülmektedir. Çizelgeyi inceleyecek olursak galvanizli sac malzemenin üstte dış formu oluşturduğu duruma ait sonuçlar tablonun sol kısmında verilmiştir. Burada en dayanımlı birleştirme 1,5 mm kalınlığında galvanizli sac malzemenin dış formu oluşturduğu, 1,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemenin iç formu oluşturduğu birleştirmedir. Tablonun sağ tarafında alüminyum malzemenin üstte dış formu oluşturduğu duruma ait sonuçları incelediğimizde burada en dayanımlı birleştirme 1,5 mm kalınlığında alüminyum malzemenin dış formu oluşturduğu, 1,5 mm

kalınlığındaki galvanizli sac malzemenin iç formu oluşturduğu birleştirme olduğu görülmektedir. Aynı zamanda bu birleştirme bu deneyde bize en iyi sonucu vermektedir. Çizelgede değeri belirtilmemiş 2,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzeme ile 1 mm kalınlığındaki galvanizli sac malzeme, 2 mm kalınlığındaki galvanizli sac malzeme ile 0,5 mm kalınlığındaki alüminyum malzemeler birleştirilme sırasında koptuğu için bu malzemeler deneye dâhil edilmemiştir.

Daha sonra kesit görüntülerin alınabilmesi için malzemeler clinching yöntemi ile birleştirilerek numuneler oluşturulmuş, bu oluşturulan numuneler metografi laboratuvarında kesilerek yüzeyleri temizlenmiş ve mikroskopla büyütülerek fotoğrafları çekilmiştir.

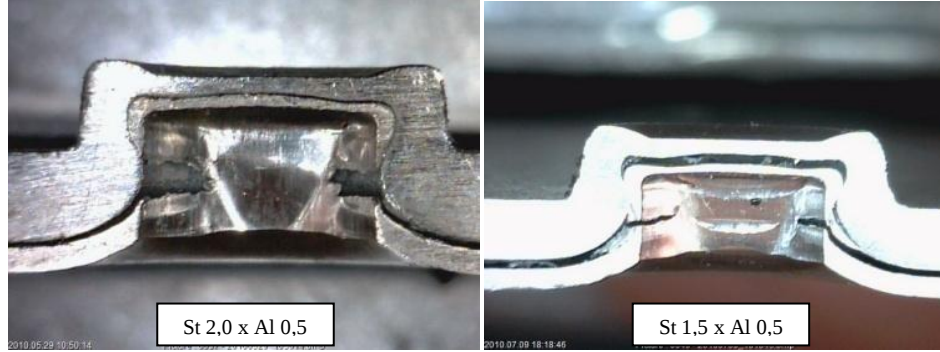
Elde edilen sonuçlar incelendiğinde birleştirilen malzemelerin kalınlığı ile dayanım her zaman doğru orantıda olmamaktadır. Bunun nedeni kullanılan birleştirme kalıplarının ve kalıplar arasında bulunan kalıplama boşluğunun, malzeme kalınlıklarına uygun olmamasıdır. Bu durum kalın ve aynı ölçülerdeki malzemelerde üst formu oluşturan malzemenin sıkışmanın etkisiyle sertleşip kalıbı doldurmasına neden olup altta bulunan malzemenin birleştirmeyi sağlayacak boyun bölgesini oluşturmasını engellemekte ya da boyunun incelmesi hatta yırtılması gibi durumlar ortaya çıkarmaktadır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 Birleştirilmiş sac malzeme ile alüminyum malzeme kesitleri

Birleştirilen parçalar arasındaki kalınlık oranı arttıkça iç formu oluşturmak için kullanılan ince parçanın daha birleştirme esnasında kopması muhtemeldir. Kopma

gözlenmese bile sadece kesitlerde gözlenebilecek boyunlarda yırtılmalar oluşabilmektedir (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 Clinching yöntemiyle birleştirilmiş bazı malzemelerin kesitleri

Bunun sebebine gelince kalınlık oranları birbirinden farklı olan birleştirmelerde ince olan malzeme iç formu oluşturmak için altta kullanıldığında malzemenin birleştirilme boyunlarında çatlama ve yırtılmaların meydana gelmesi, bu malzemenin süneklik özelliğinin olmamasından kaynaklanabilir. Eğer kullanılan ince malzeme sünekliği olan bir malzeme olsa bile, birleştirmenin gerçekleşmesi için gerekli olan mesafe üstte kullanılan malzemenin kalın olması nedeniyle artacaktır. Artan mesafe birleştirilme sırasında malzemenin süneklik özelliğini kaybetmesine ve gevrekleşerek yırtılmalara ve hatta kopmalara neden olabilir.

Araştırmanın sonucunda birbirine yakın kalınlıklardaki malzemelerin birleştirilmeleri daha iyi sonuçlar verdiği ve sünek malzemenin altta olduğu durumlarda dayanımın arttığı gözlemlenmiştir. Birleştirilmelerde dayanım malzemenin cinsine, soğuk şekillendirilme kabiliyetine, yumuşak ve sertliğine göre değişebilmektedir. Kesitleri incelediğimizde bir birleştirmenin kenetlenme formu S şekline yakın olduğunda ve buna rağmen boyunda incelmenin olmadığı durumda oldukça iyi bir sonuç vereceği açıkça görülmektedir.

5.1 Öneriler

Bu çalışmalarda yapılan deneyler belirli standartlara bağlı kalınarak ve bir tek yuvarlak formlu birleştirme kalıbı kullanılarak belirli kalınlıklardaki malzemeler üzerinde uygulanmıştır. Sonuçların daha iyi hale gelebilmesi için farklı geometride kalıp uçları denenebilir. Birleştirilebilir saçların kalınlıkları şimdilik sınırlı olmakla beraber clinching sistemi çalışan ve çevre yönünden sağlıklı az enerjiyle hızlı ve seri iş yapabilme yeteneğine sahip bir sistemdir. Malzemelerin kenetlenmelerini sağlayan boyunların incelmesini önlemek ve dayanımın artmasını sağlamak için malzeme kalınlıkları arttıkça clinching sisteminde kullanılan zımba ve kalıbın çapı da arttırılmalıdır. Bu konuyla ilgili çalışmalar yapılarak malzeme kalınlığı ve özelliklerine göre kullanılabilecek en uygun birleştirme takım ölçüleri belirlenebilir.

Seri bir şekilde üretim yapabilme yeteneği, kolay kullanımı, parçaları birleştirmek için dışarıdan bir malzemeye ihtiyacının olmaması, çalışma alanında ısı duman ve gaz olmaması, enerji verimliliği, sessiz çalışma gibi özelliklerini göz önüne alırsak clinching sistemi geliştirilmeye açık, çevre dostu bir teknolojiyi bize sunmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Anık, S., Vural, M. “Gazaltı Ark Kaynağı (TIG-MİG-MAG)”, GEV Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü Yayın No:3 Sayfa: 99
- Carboni, M., Beratta, S., Monno, M., 2006, “Fatigue behaviour of tensile-shear loaded clinched”, Joints Engineering Fracture Mechanics Vol. 73, pp. 178–190
- Dingfeld, G., 2008, “Eckold Brought Mechanical Joining Technology”, Marketing Documentation, p.1-6
- Eker, A.A., 2008, “Alüminyum ve Alaşımları” , 10
- Johson, C., Lloyd, D.J., 2000, Materials Science Forum, pp. 715-726.
- Kaluç, E., Taban, E., 2007, “Alüminyum ve Alüminyum Alaşımlarının Ark Kaynak Yöntemleriyle Birleştirilmesi”, Metal Dünyası, 174, 130-140
- Oudjene, M., Ben-Ayed, L., 2008, “On the parametrical study of clinch joining of metallic sheets using the Taguchi method”, Engineering Structures Vol. 30, pp.1782–1788
- Özcömert, M., 2006, “Otomotiv Endüstrisinde Alüminyum” İstanbul Ticaret Odası, 4-5
- Paula, A.A., Agullar, M.T.P., Pertence, A.E.M., Cetlin P.R., 2007, “Finite element simulations of the clinch joining of metallic sheets”, Journal of Materials Processing Technology Vol. 182, pp. 352–357
- Taban, E., 2004, “5xxx Serisi Alüminyum Alaşımlarının TIG, MIG, ve Sürtünen Eleman ile Birleştirme Kaynaklı Bağlantılarının Mekanik ve Mikroyapısal Özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 8-27

- Varis J.P., 2003, “The suitability of clinching as a joining method for high-strength structural steel”, *Journal of Materials Processing Technology* Vol.132, pp. 242–249
- Varis, J., 2006, “Ensuring the integrity in clinching process”, *Journal of Materials Processing Technology* Vol.174, pp. 277–285
- Varis, J., 2006, “Economics of clinched joint compared to riveted joint and example of applying calculations to a volume product”, *Journal of Materials Processing Technology* Vol.172, pp.130–138
- Varis, J.P., Lepisto, J., 2003, “A simple testing-based procedure and simulation of the clinching process using finite element analysis for establishing clinching parameters”, *Thin-Walled Structures* Vol.41, pp. 691–709
- Yavuz, H., Çam, G., 2005, “Lazer-Ark Hibrit Kaynak Yöntemi”, *Mühendis ve Makine Cilt. 46 Sayı. 543*

6.1. İnternet Kaynakları

Erişim Tarihi

1-	www.aws.org/wj/may01/feature.html	12.03.2010
2-	www.kaynakteknolojisi.com/	12.03.2010
3-	http://cygm.meb.gov.tr/ /metal/moduller /migmag_ile_yatayda_kut_ek_kaynagi	14.03.2010
4-	http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/metal/moduller/elektrik_direnc_kaynagi.pdf	14.03.2010
5-	www.tr_fastenings.com	17.04.2010
6-	www.captive-fastener.com/installation.html	17.04.2010
7-	www.eckold.com	09.04.2010
8-	www.boellhoff.com	06.02.2010
9-	www.attexorinc.com	06.02.2010
10-	www.tox-en.com	06.02.2010
11-	www.erdemir.com.tr	17.04.2010

7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Altınay HACIOĞLU
Doğum Yeri :Lofça / BULGARİSTAN
Doğum Tarihi :15.03.1976
Medeni Hali :Evli
Yabancı Dili :İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise :Çınarlı Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi, 1993
Lisans :Dumlupınar Üniversitesi Simav Teknik Eğitim Fakültesi, 1999
Yüksek Lisans :Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2010

Çalıştığı Kurum/Yıl aralığı

Alaşehir Org. Kenan Evren Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi 1999 /