



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KARA NAKLİYE ARAÇLARINDA KULLANILAN MALZEMELER VE
KAYNAK YÖNTEMLERİ**

MEHMET KİRMİT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANTAKYA

AĞUSTOS-2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	III
ABSTRACT.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
KISALTMALAR DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
2.1. Kara Nakliyesi.....	2
2.1.1. Kara Nakliyesinin Türkiye’deki Yeri ve Önemi.....	2
2.1.2. Kara Nakliyesi Yapan Araçlar.....	4
2.1.2.1. Tır ve Treylerler.....	4
2.1.2.2. Damperler.....	4
2.1.2.3. Silobaslar.....	5
2.1.2.4. Transmikserler.....	5
2.1.2.5. Araba Taşıma Araçları.....	6
2.1.2.6. Akaryakıt Tankerleri.....	7
2.1.2.7. Kimyevi-Gıda Maddesi Taşıyan Araçlar.....	7
2.1.3. Faydalı Yük Hesabı.....	8
2.2. İmalat Malzemeleri.....	9
2.2.1. Kara Nakliyesi İmalatında Kullanılan Malzemeler.....	9
2.2.1.1. Akaryakıt Tankerlerinde Malzeme Seçimi.....	9
2.2.1.2. Yarı Römork Damperlerde Malzeme Seçimi.....	9
2.2.1.3. Kimyevi Madde Taşıyan Araçlarda Malzeme Seçimi.....	11
2.2.1.4. Silobaslarda Malzeme Seçimi.....	12
2.2.2. Basıncılı Kaplarda Malzeme Kalınlığı Hesabı.....	14
2.3. Kaynak İşlemi.....	15
2.3.1. Günümüz Endüstrisinde Kaynağın Yeri.....	15
2.3.2. Kaynaklı İmalat Sürecinde Kalite ve Standartlar.....	20
2.3.3. Yapı Çeliklerinin Kaynağı.....	22
2.3.4. Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı.....	23

2.3.5. Alüminyum ve Alüminyum Alaşımlarının Kaynağı	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	29
3.1. Materyal.....	29
3.2. Yöntem.....	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	32
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	38
KAYNAKLAR.....	39
TEŞEKKÜR.....	40
ÖZGEÇMİŞ.....	41

ÖZET

KARA NAKLİYE ARAÇLARINDA KULLANILAN MALZEMELER VE KAYNAK YÖNTEMLERİ

Kara nakliyesi ülkemiz ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Geçmişte bu araç ve sistemler ithal edilmekte iken, son yıllarda ülkemizde üretimleri gerçekleştirilmektedir. Ülkemizde kara nakliyesi yapan araç imali bir sektör haline gelmiştir. Kara nakliye araçlarının üretiminde kaynak konstrüksiyon yaygın olarak yararlanılan bir imal usulüdür.

Bu çalışmada, kara nakliyesi yapan araçların imalinde kullanılan malzemeler ile faydalı yükü arttırmak için kara nakliyesi araçlarını üreten imalatçı firmaların dikkat etmesi gerekenler ele alınarak incelenmiştir. Ayrıca, bu araçların üretiminde yaygın olarak uygulanmakta olan kaynak yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir.

Bu çalışmada, sebep – sonuç ilişkisine bağlı olarak verimli bir proses için yapılması gereken işlemler sıralamasını açıklamalarıyla ortaya konmuştur. Hangi malzemenin hangi amaç doğrultusunda kullanılması gerektiği de açıklanmıştır.

ABSTRACT**MATERIALS IN LAND TRANSPORT VEHICLES WERE USED AND
WELDING PROCESSES**

Land Transportation plays a crucial factor in our national economy. Land transport vehicles were used to be imported from European manufacturers in the previous years, however, they are now being manufactured locally since 10 to 15 years. Trailers and superstructures building industry has become a mature sector in the last few years. Welded construction is an extensive method in manufacturing of these vehicles.

In this study, materials to increase the payload and critical issues during manufacturing process of land transport vehicles were studied in details. Frequently employed welding processes in this manufacturing will also be discussed.

Within this study, sequential steps of an effective process considering cause-effect relationships have been described. Applications and definitions of each material have been clarified depending upon its purpose.

2008, 41 pages

Keywords: Land transport vehicles, metallic materials, welding

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1. Karayolu yük taşımacılığının ulaştırma faaliyetleri içerisindeki payı	3
Çizelge 2. Karayolu taşımacılık sektörünün sağladığı döviz girdisi.....	3
Çizelge 3. Türkiye'deki karayolu ağı uzunluğu (Km).....	4
Çizelge 4. Hardox 400 malzemesinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri.....	11
Çizelge 5. St 37 malzemesinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri	13
Çizelge 6. St 44 malzemesinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri	13
Çizelge 7. St 52 malzemesinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri	14
Çizelge 8. Domex 700 MC malzemesinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri.....	36

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1. Kara nakliyesinde kullanılan tır	4
Şekil 2. Kara nakliyesinde kullanılan damper	5
Şekil 3. Kara nakliyesinde kullanılan silobas	5
Şekil 4. Kara nakliyesinde kullanılan transmikser.....	6
Şekil 5. Kara nakliyesinde kullanılan araba taşıma aracı	6
Şekil 6. Kara nakliyesinde kullanılan akaryakıt tankeri	7
Şekil 7. Kara nakliyesinde kullanılan kimyevi-gıda maddesi taşıyan araç	7
Şekil 8. St 52 malzeme kalitesi ile yapılan damper imalatı.....	30
Şekil 9. Hardox (kova) ve Domex 700 (şasi) malzeme kalitesi ile yapılan damper imalatı.....	31
Şekil 10. Hardox malzemenin kaynak işleminde levha kalınlığına bağlı tavsiye edilen maksimum ısı girdisi.....	34
Şekil 11. St 52 ve Hardox-Domex 700 ile üretilen damperlerin ağırlıklarının mukayesesi.....	36

KISALTMALAR DİZİNİ

RODER	RO-RO Gemi İşletmecileri ve Kombine Taşımacılar Derneği
TIG	Tungsten Inert Gas
MAG	Metal Aktif Gas
MIG	Metal Inert Gas
WPS	Welding Procedure Specification
PQR	Procedure Qualification Record
ASME	The American Society of Mechanical Engineers

1. GİRİŞ

Her gün on binlerce karayolu araçlarını etrafımızda görmemiz mümkündür. Bunlardan bir kısmı yolcu taşımacılığı yapmakta, bir kısmı da çeşitli ürünlerin transferini gerçekleştirmektedir. Bunun sonucunda taşıma ve ulaştırma faaliyetleri ülke ekonomisine önemli bir katma değer sağlamaktadır.

Ülkemizde bugün yurtiçi yolcu ve yük taşımalarının yaklaşık yüzde 90'ı karayolu, geriye kalan yüzde 10'u ise diğer taşıma yöntemi olan demiryolu, denizyolu ve havayolu ile yapılmaktadır. Kara taşımacılığı hizmetlerinin ülkemizin toplam ihracatındaki parasal değer bakımından payı yüzde 53, toplam ithalatındaki payı ise yüzde 24'tür. Bu nedendir ki ülkemiz için karayolu taşımacılık sektörü bir hizmet sektörü olmakla beraber, diğer üretim ve ticaret faaliyetlerinin olmazsa olmazıdır.

Bu malların veya yolcuların bir yerden bir yere taşınmasında kullanılan kara nakliyesi yapan araçlar hangi standartlarda üretiliyor ve imalat aşamasında hangi malzeme kullanılıyor? Malzemelerin birbirine montajı hangi kaynak yöntemleri ile sağlanıyor? Faydalı yük de göz önüne alındığında, ekonomik açıdan daha az taşıma ağırlığı ile maksimum faydalı yükü daha güvenli ve daha ucuz bir şekilde nasıl taşınabilir soruları ve çözümleri, imalatçı firmaları daha rekabetçi hale getirecektir.

Kara nakliyesi yapan araçların faydalı yük oranını artırmak suretiyle taşıma ve ulaştırma maliyetlerini minimuma indirmek mümkündür. Faydalı yük oranını artırmak yeni geliştirilen yüksek mekanik özelliklere sahip hafif malzemelerin kullanımı ile mümkündür. Yeni geliştirilen malzemelerin kullanımını belirleyen en önemli faktörlerden biri de kaynak edilebilirliktir. Bu çalışma, nakliye aracı imalinde kullanılmak üzere yeni geliştirilen malzemeler ve buna bağlı kaynak yöntemleri ile daha güvenli ve daha hafif kara nakliyesi yapan araçların üretilmesinde Türk imalatçısına ışık tutmak ve üretim faaliyetlerinin Dünya standartlarında gerçekleştirilebilmesine katkı sağlamak amacıyla hazırlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Kara Nakliyesi

2.1.1. Kara Nakliyesinin Türkiye'deki Yeri ve Önemi

Dünya kültürünün ve ticaret mallarının kuzeyden güneye doğudan batıya taşınmasında Anadolu önemli bir geçiş merkezi olma özelliğini çağlar boyunca korumuştur. Kayseri yakınlarındaki Kaneş dünyanın ilk sınır ticaretinin Hititliler ve Asurlular tarafından yapıldığı merkezdir. Dolayısı ile Anadolu tarihten gelen süreç içerisinde gerek malların taşınmasında ve ticaretin gelişmesinde gerekse de kültürlerin birleştirilmesinde etkin rol oynamıştır (ALMANAK, 2007).

Günümüzde taşıma ve ulaştırma faaliyetleri ülke ekonomileri içinde önemli bir yer tutmaktadır. Daha açık bir ifadeyle, hangi alanda yatırım yaparsanız yapın, bütün sektörlerde toplam yatırımın yaklaşık yüzde 25'lik bir bölümü ulaştırma hizmetlerine ayrılmaktadır. Malların transferi, yolcuların taşınmasını kapsayan ulaştırma sektörünün diğer sektörler üzerinde son derece önemli bir etkisi vardır. Türkiye'de bugün yurtiçi yolcu ve yük taşımalarının yaklaşık yüzde 90'ı karayolu, geriye kalan yüzde 10'u ise diğer taşıma yöntemleri olan demiryolu, denizyolu ve havayolu ile yapılmaktadır (Çizelge 1). Kara taşımacılığının ülkemizin toplam ihracatındaki parasal değer bakımından payı yüzde 53, toplam ithalatındaki payı ise yüzde 24'tür. Bu nedendir ki ülkemiz için karayolu taşımacılık sektörü bir hizmet sektörü olmakla beraber, diğer üretim ve ticaret faaliyetlerinin olmazıdır (ALMANAK, 2007).

2006 yılı rakamlarına göre karayolu taşımacılığı yüzde 30,4'lük pay ile uluslararası taşımacılıkta ikinci sıradadır. 25 Mart 2007 tarihi itibarıyla de C2 Yetki Belgesi olan bin 384 firma yer almaktadır. Bu firmaların filolarında ise toplam 40 bin 959 çekici, 19 bin 287 kamyon, 46 bin 258 yarı römork, 214 kamyonet ve 2 bin 299 adet römork bulunmaktadır (ALMANAK, 2007).

2006 yılında yapılan toplam 203 milyon 386 bin tonluk dış ticaret taşımasının 21 milyon 165 bin tonunu gerçekleştiren karayolu taşımacılık sektörünün geçen yıl sağladığı bu hizmetin değeri 67 milyar 415 milyon 308 dolardır (ALMANAK, 2007).

Taşıma türlerine göre Türkiye'nin dış ticaretine bakıldığında; 2006 yılında toplam dış ticaretin miktar bazında ise yüzde 10,4'ü, değer bazında ise yüzde 30,4'ü karayolunda gerçekleştirilmiştir. Verilere göre, miktar bazında geçen yıl gerçekleştirilen

toplam 68 milyon 782 bin tonluk ihracat taşımalarının 14 milyon 693 bin tonu karayolu ile yapılmıştır. Bunun değeri ise 35 milyar 80 milyon 395 bin dolar olarak kayıtlarda yerini almıştır. RODER İkinci Başkanı Erol Soylu'ya göre, karayolunun miktar olarak sadece yüzde 10,4'lük bir paya sahip olmasına rağmen değer olarak yüzde 30,3'lük bir payı karayolundan taşınan eşyalar daha değerlidir.

Aşağıda RODER'den alınan bilgiler doğrultusunda karayolu taşımacılığı hakkında bazı çizelgeler verilmektedir. Çizelge 1'de Türkiye ve AB ülkelerinde karayolu yük taşımacılığının ulaştırma faaliyetleri içerisindeki payı, Çizelge 2'de karayolu taşımacılık sektörünün sağladığı döviz girdisinin yıllara göre dağılımı verilirken, Çizelge 3'te Türkiye'deki karayolu ağı uzunluğunun 2000-2006 yılları arasındaki değişimi verilmektedir (ALMANAK, 2007).

Çizelge 1. Karayolu yük taşımacılığının ulaştırma faaliyetleri içerisindeki (%) payı (ALMANAK, 2007)

TAŞIMA TÜRÜ	AB ÜLKELERİ	TÜRKİYE
KARAYOLU	44	93
DENİZYOLU	42	1.2
DEMİRYOLU	8	4
HAVAYOLU	4	0.1

Çizelge 2. Karayolu taşımacılık sektörünün sağladığı döviz girdisi (ALMANAK, 2007).

YILLAR	DÖVİZ GİRDİSİ (DOLAR)
1997	1.699.909.464
1998	1.417.014.304
1999	1.362.426.565
2000	1.468.156.015
2001	1.369.582.453
2002	1.470.951.085
2003	2.361.165.020
2004	3.204.497.299
2005	3.225.642.109
2006	3.563.369.005

Çizelge 3. Türkiye’deki karayolu ağı uzunluğu (Km) (ALMANAK, 2007).

YILLAR	OTOYOLLAR	DEVLET YOLLARI	İL YOLLARI	TOPLAM
2000	1.774	31.397	29.693	62.864
2001	1.851	31.376	29.929	63.156
2002	1.851	31.318	30.050	63.219
2003	1.892	31.358	30.133	63.383
2004	1.892	31.446	30.368	63.706
2005	1.775	31.371	30.568	63.714
2006	2.041	31.335	30.429	63.805

2.1.2. Kara Nakliyesi Yapan Araçlar

2.1.2.1. Tır ve Treylerler

Genel olarak 5 akslı ve azami yük ağırlığı 40 ton olan nakliye araçlarına tır ve treyler denir. Uluslararası ve şehirlerarası kara nakliyesinin vazgeçilmezi olan bu araçlarla her türlü kargo malzemesini taşınması mümkündür.



Şekil 1. Kara nakliyesinde kullanılan tır.

2.1.2.2. Damperler

Daha çok inşaat sektöründe ve yığma kuru yük taşımacılığında kullanılan damperler her türlü aşındırıcı malzeme olan kum, kireç, mıcır, taş ve kaya benzeri malzemeleri taşımaktadır.



Şekil 2. Kara nakliyesinde kullanılan damper.

2.1.2.3. Silobaslar

Basınçlı kap sınıfından olan silobaslar daha çok dökme çimento, kum, kireç, tahıl benzeri granüllü maddeler taşımaktadır. Genel olarak 2 bar çalışma basıncında faaliyet gösterirler.



Şekil 3. Kara nakliyesinde kullanılan silobas.

2.1.2.4. Transmikserler

İnşaat şantiyelerinin vazgeçilmez araçlarından olan transmikserler binaların yapı harçları olan yaş beton taşıyıcılarıdır. Genel olarak kamyon üstü imal edilirler ve 8, 9, 10 ve 12 m³ kapasiteli olarak imal edilirler.



Şekil 4. Kara nakliyesinde kullanılan transmikser.

2.1.2.5. Araba Taşıma Araçları

Daha çok 2 katlı imal edilen bu araçlar genel olarak 5 ya da 6 dingilli olabilirler. Araç içerisinde arabaların kayıp düşmemesi için özel önlemler alınmıştır.



Şekil 5. Kara nakliyesinde kullanılan araba taşıma aracı.

2.1.2.5. Akaryakıt Tankerleri

İmalat malzemesi olarak farklı tür malzemelerden imal edilirler. Sac malzeme olarak yapı çeliği olan St 37, Alüminyum veya Al-Alaşımlı malzeme kullanılır. Akaryakıt tehlikeli bir madde olduğu için tüm akaryakıt tankerlerinin AB standartlarında olması gerekmektedir. ADR kapsamında olan bu tankerleri kullanan kişilerin de belirli kursları başarı ile tamamlamaları gerekmektedir.



Şekil 6. Kara nakliyesinde kullanılan akaryakıt tankeri.

2.1.2.7. Kimyevi-Gıda Maddesi Taşıyan Araçlar

Bu araçlar krom-nikel paslanmaz çelik malzemeden üretilirler. Dolayısı ile üretim şekilleri zor ve hassas bir imalat sürecinden geçer.



Şekil 7. Kara nakliyesinde kullanılan kimyevi-gıda maddesi taşıma aracı.

2.1.3. Faydalı Yük Hesabı

L, M, N ve O sınıfı araçlarda hesapla bulunan aracın taşıyabileceği yük ve insan kg'a çevrilmiş değere faydalı yük denir. Faydalı yük değeri, araç projelerinde kullanılan bir değerdir.

Kara nakliyesi yapan bir aracın taşıyacağı faydalı yük hesabı aşağıdaki formül ile yapılır (Araç Proje Mühendisi El Kitabı, 2005) :

$$G_f = G - G_n \quad (2.1)$$

G_f : Faydalı Yük

G : Aracın azami yüklü ağırlığı

G_n : Aracın yüksüz ağırlığıdır (dara)

Bu formülde de belirtildiği gibi bir aracın taşıyabileceği maksimum yük ancak aracın yüksüz ağırlığının minimum olması ile mümkündür. Araçların azami yüklü ağırlıkları da AİTMY kurallarına göre belirlenmiştir. Buna göre:

Araç katarı oluşturan iki akslı römorklarda izin verilen azami kütle 18 tondur. Üç akslı römorklarda ise bu ağırlık 24 tondur. Beş veya altı akslı römorklarda ise bu rakam 40 tona kadar çıkmaktadır. Görüyoruz ki yönetmeliklerin belirtmiş olduğu ve bunun dışına çıkılmayacak taşıma kapasitelerinde faydalı yükü daha emniyetli taşımak gerekmektedir.

Faydalı yükü daha emniyetli taşımak için aracın yüksüz ağırlığını en az seviyeye indirmek gerekmektedir. Bu da, imalatını yapacağımız nakliye aracının daha güvenli, emniyet katsayısı yüksek hafif malzeme kullanılarak imalatı ile mümkündür. Şimdi de bu malzemeleri inceleyelim.

2.2. İmalat Malzemeleri

2.2.1. Kara Nakliyesi İmalatında Kullanılan Malzemeler

Kara nakliyesi yapan araçların imalatında kullanılan malzemelerin başlıca özellikleri; hafif ama mukavemetli, korozyona dayanıklı, işlenebilir olması, aşınma direncinin yüksek ve kaynak edilebilirliğinin iyi olmasını sıralayabiliriz.

2.2.1.1. Akaryakıt Tankerlerinde Malzeme Seçimi

Türk Standartları Enstitüsünün TS -3362 sayılı maddesine göre hacmi 6000 litreye kadar olan basınçsız tanklar 3 mm daha büyük hacimli tanklar 4 mm kalınlığında DKP diye piyasada tabir edilen St 37 (DIN EN 10025-P2-2004 standardındaki S235JR sac kalitesi), St 44-2 (DIN EN 10025-P2-2004 standardındaki S275JR sac kalitesi) niteliğindeki çelik saclardan yapılmalıdır. TS- 416 römork ve tam römork üzerine yapılan tanklar için de aynı sac kalınlığı ve malzemesi geçerlidir. Tankı, aynı zamanda şasi olarak kullanılan yarı römork ve tam römork tank saclarının kalınlığı da en az 6 mm olmalıdır. Basınçlı sıvı veya gazları taşıyacak tankların sac kalınlıkları da TS -3362 'ye göre hesaplanmalıdır. Tank kaynak işlerinin de TS-3362 ve TS-3473'e göre uygun olmalıdır.

Basınçlı kaplarda kullanılacak malzemenin sac kalitesine göre kalınlığı nasıl hesaplanması oldukça önemlidir.

2.2.1.2. Yarı Römork Damperlerde Malzeme Seçimi

Genel olarak kum, çakıl, kaya, toprak gibi küçük ve orta granüllü malzeme taşımacılığı yaparken ya da taş, kaya gibi daha büyük malzemeleri taşırken kullanılan damperlerin seçiminde önemli olan unsur, taşınan malzemenin yüzey üzerinde bırakacağı etkidir. Taşınan malzemelerin hepsi taşıma sırasında yüzey üzerinde mekanik bir etki bırakır. Bu, temas ettiği yüzeyle taşınan malzeme (kum, çakıl, toprak, taş kaya

v.s) arasında yüksek bir sürtünme kuvveti oluşur. Bu sürtünme kuvvetine dayanım önemli olduğu için de damper imalatında özel malzemeler kullanılmaktadır.

Damper imalatında alışlagelmiş malzemelerin başında piyasadaki adı ile DIN normundaki St 52 olan günümüzde DIN EN 10025-P2 - 04 standardındaki S355 J2+N sıcak haddelenmiş sac kalitesi gelmektedir.

Bu malzemenin mekanik özellikleri incelendiği zaman yüksek mukavemetli olduğu görülür. Dolayısı ile damper imalatı için uygun bir sac olarak kullanılabilir. Fakat aşınma direnci göz önüne alındığında St 52 sacının uygun bir sacının uygun olmadığı görülmektedir. Çünkü artık amaca hizmet eden ve bu amacı karşılayan daha hafif malzemenin üretilen saclar piyasaya sürülmüştür. Dünya damper üretiminde kullanılan aşınma direnci yüksek malzemelere örnek olarak Hardox çeliği verilebilir.

Bu malzemelerden en bilineni HARDOX' tur. Hardox çeliği 400, 500, 550 Brinell sertlik değerinde üretilir.

Hardox kötü zemin şartlarına aşınmaya dayanıklı malzeme taleplerini karşılamak üzere geliştirilmiş bir çeliktir. Sağlamlığı ve iyi yapısıyla Hardox orman endüstrisinden yol yapımına kadar birçok uygulama alanları ve endüstride kullanılır. Hardox demir cevherinden imal edilmiştir. Bu ham maddenin saf olarak kullanılması sebebiyle, çok iyi esneklik ve kolaylığı sağlamaktadır. Hardox, düşük C içeriği dolayısı ile su verme öncesi, yüksek sünekliğe, dolayısı ile yüksek şekil verme özelliğine sahiptir. Hardox malzemenin bu kadar yüksek aşınma mukavemeti kazanmasının asıl sebebi su verme ve temperleme gibi ısı işlemlerin uygulanmasıdır. Su verme işlemi plakanın 900 C' ye kadar ısıtılıp su ile soğutularak oda sıcaklığına düşürülmesi ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlem sonucunda plaka sertlik ve mukavemet kazanmaktadır. Su verme işleminden sonra, sertlik derecesi ve kalınlığına göre, bazı plakalar yeniden ısıtılmaktadır ki bu işleme temperleme adı verilir. Temperleme sonucunda çelik yüksek mukavemet ve tokluk kazanmaktadır (www.hardox.com.tr).

Hardox 400 aynı cins malzeme ile bozulabilir (kırılabilir) ve aynı malzeme ile kaynaklanabilir. Su verme sonucu Hardox çok sert ve ağır kayaların sebep olacağı aşınmalara dayanıklı hale gelir. Hardox iki dayanım (mukavemet) derecesi ile piyasaya sürülmüştür; 400 ve 500 Brinell. Hardox 400 normal katı metal levhalardan 3 kat daha dayanımlı iken Hardox 500 hemen hemen 4 kat dayanımlıdır. 7 mm kalınlığındaki

Hardox 400 malzemesi S-355'ten St 52 çeliğin 17 mm kalınlığındaki mukavemet değerine eşdeğer dayanıma sahiptir. Bu yüzden kepçe, damper, kamyon kasalarının zemini, kepçe dişleri kullanışlı ve dayanımı yüksek Hardox malzemedan imal edilir. Daha sert ve aşınmaya karşı daha dirençli olduğundan ürünün faydalı ömrünü uzatır. Çok düşük sıcaklıklarda bile toktur. İyi kaynak edilebilme ve atölyede kolay işlenebilme özelliği bakımından imalatı kolaylaştırır ve basitleştirir. Hardox çekme kapasiteyi artırır ve bakım masraflarını azaltır. Kepçe ve damper daha hafif olur. Dekapaj harfiyatlarında çalışan makinalarda çok ekonomiktir. Uzun süreli yüksek verim alınır. Sonuç olarak Hardox levha, yüksek mukavemeti sebebiyle daha iyi boyutsal stabiliteye sahip olduğundan, daha az kalıcı deformasyon gösterir ve yüksek dayanımından dolayı levha kalınlığını azaltmak mümkün olduğundan bunun sonucunda da faydalı yük taşıma kapasitesi arttırılmış olunur (www.hardox.com.tr).

Çizelge 4. Hardox 400 malzemesinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri (www.hardox.com.tr).

HARDOX400 KİMYASAL KOMPOZİSYON								
C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo	Ni	B
max	max	max	max	max	max	max	max	max
%	%	%	%	%	%	%	%	%
0,20	1,70	0,025	0,010	0,10-0,70	0,80	0,80	1,0	0,005

HARDOX400 MEKANİK ÖZELLİKLER					
SERTLİK	AKMA MUKAVEMETİ	ÇEKME MUKAVEMETİ	SÜNEKLİK	DARBE	
	Re (kg / mm ²)	Rm (kg / mm ²)		Sıc.(°C)	KVc(J)
	min.	min.- max.	A5		
360-440HB	1000	1250	%10	-40	30

2.2.1.3. Kimyevi Madde Taşıyan Araçlarda Malzeme Seçimi

Özel olarak üretilen bu araçların tasarımı ve kullanılan parçaların hepsi standartlara uygun olmalıdır. Kimyasal taşıma için yapılan üst yapı kendisini taşıyan,

patlamaya karşı dirençli silindir şeklindeki bir kaptan oluşur. Kimyevi madde taşıyan bu tankerler krom-nikel içerikli paslanmaz çelikten imal edilmektedir. Kullanılan hammaddenin endüstri kodu V2A ve V4A olan yüksek değerli çeliktir. Çelik tenekeler soğuk kaynak ile birleştirilir ve birleşme yerleri silindirin iç tarafından düz hale getirilir. Genelde kimyasal tankerlerin kapasitesi 30 ile 36 m³ arasında, 1 ile 5 hücrelidir. İçerisindeki hücreler isteğe göre ayarlanabilir. Ayırma panelleri karşılıklı gelen panellerden oluşur ve böylelikle kir birikiminin önüne geçilmiş olur. Zemin sonu et kalınlığı 4 mm ayırma panelleri et kalınlığı 6.5 mm kaplamaların et kalınlığı ise 3mm kalınlıktan imal edilir. En fazla verilen işletme basıncı 3 bardır. Bütün tanker 100 mm kalınlığında bir cam elyaf ile izole edilmektedir.

2.2.1.4. Silobaslarda Malzeme Seçimi

Silobaslar genel olarak 2 bar çalışma basıncı ve 3 bar test basıncı ile çalışan, dökme çimento, kül, kireç, toz kömür taşıyan araçlardır. Basıncılı kaplar sınıfına girerler. Dolayısı ile malzeme seçiminde basıncılı kaplar sınıfına uygun malzeme seçimi yapılmalıdır. İmalatçı firmalar, basıncılı kabı oluşturan sac materyallerini genel olarak Ereğli standartlarındaki St 44 ve St 52 malzeme cinsinden seçerler. Bu malzemelerin akma ve çekme mukavemetleri basıncılı kap standartlarına uygundur. Şase imalatlarında ise St 37 ve St 52 malzeme kullanılır.

Çizelge 5, 6 ve 7’de konu edilen ve imalatlarda kullanılan St 52, St 37 ve St 44 malzemelerin kimyasal ve mekanik özellikleri verilmiştir.

Çizelge 5. St 37 malzemesinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri
(Ereğli Katalogu, 2007)

3237 / S235JR / S235JRG2 KİMYASAL KOMPOZİSYON										
Kimyasal sınırlar	C max %			Mn max %	P max %	S max %	Si max %	Cu max %	Al max %	N max %
	≤16	>16 ≤40	>40 ≤100							
Standart	0,17	0,17	0,20	1,40	0,035	0,035	-	0,55	-	0,012
Erdemir	0,17	0,17	0,18	1,00	0,025	0,025	0,40	-	0,015	0,009

3237 / S235JR / S235JRG2 MEKANİK ÖZELLİKLER																
SERTLİK	AKMA MUKAVEMETİ Re (kg / mm ²) min.					ÇEKME MUKAVEMETİ Rm (kg / mm ²) min.- max.		SÜNEKLİK							DARBE	
	A80		A5					Sıc.	KVc							
HBr	≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	<3	≥3 ≤100	>1 ≤1,5	>1,5 ≤2	>2 ≤2,5	>2,5 ≤3	>3 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤100	°C	J
40-56HRc	235	225	215	215	215	360 - 510	360-510	16	17	18	19	24	23	22	+20	27
	24,0	23,0	21,9	21,9	21,9	36,7 - 52,0	36,7 - 52,0									

Çizelge 6. St 44 malzemesinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri
(Ereğli Katalogu, 2007)

4244 / S275JR KİMYASAL KOMPOZİSYON										
Kimyasal sınırlar	C max %			Mn max %	P max %	S max %	Si max %	Cu max %	Al max %	N max %
	≤16	>16 ≤40	>40 ≤100							
Standart	0,21	0,21	0,22	1,50	0,035	0,035	-	0,55	-	0,012
Erdemir	0,20	0,20	-	1,30	0,020	0,020	0,04	-	0,020	0,009

4244 / S275JR MEKANİK ÖZELLİKLER																
SERTLİK	AKMA MUKAVEMETİ Re (kg / mm ²) min.					ÇEKME MUKAVEMETİ Rm (kg / mm ²) min.- max.		SÜNEKLİK							DARBE	
	A80		A5					Sıc.	KVc							
HBr	≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	<3	≥3 ≤100	>1 ≤1,5	>1,5 ≤2	>2 ≤2,5	>2,5 ≤3	>3 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤100	°C	J
40-56HRc	275	265	-	-	-	430 - 580	410-560	14	15	16	17	21	20	19	+20	27
	28,1	27,0				43,9 - 59,2	41,8 - 57,1									

Çizelge 7. St 52 malzemesinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri
(Ereğli Katalogu,2007)

6252 / S355J2+N / S355J2G3 KİMYASAL KOMPOZİSYON										
Kimyasal sınırlar	C max %			Mn max %	P max %	S max %	Si max %	Cu max %	Al max %	N max %
	≤16	>16 ≤40	>40 ≤100							
Standart	0,20	0,20	0,22	1,60	0,025	0,025	0,55	0,55	0,020	-
Erdemir	0,20	0,20	0,21	1,60	0,020	0,020	0,55	-	0,020	0,012

6252 / S355J2+N MEKANİK ÖZELLİKLER																
SERTLİK	AKMA MUKAVEMETİ Re (kg / mm ²) min.					ÇEKME MUKAVEMETİ Rm (kg / mm ²) min.- max.		SÜNEKLİK						DARBE		
	≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	<3	≥3 ≤100	A80			A5			Sıc.	KVc	
HBr	≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	<3	≥3 ≤100	>1 ≤1,5	>1,5 ≤2	>2 ≤2,5	>2,5 ≤3	>3 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤100	°C	J
40-56HRc	355	345	335	325	315	510 - 680	470-630	13	14	15	16	20	19	18	-20	27
	36,2	35,2	34,2	33,2	32,1	52,0 - 69,4	47,9 - 64,3									

Çizelge 5, 6 ve 7'den anlaşılacağı gibi geleneksel imalat malzemesi ile yeni nesil imalat malzemesi olan Hardox malzemenin kimyasal ve fiziksel özellikleri farklılık göstermektedir. İçeriğindeki Karbon (C) oranlarına baktığımızda Hardox malzemenin içerdiği karbonun geleneksel sac malzemelerine benzer oranda olduğu görülür, ancak Hardox çeliği Cr, Mo, Ni ve B gibi alaşım elementleri içerir. Bu da malzemenin daha mukavemetli olmasını sağlamaktadır.

2.2.1.2. Basınçlı Kaplarda Malzeme Kalınlığı Hesabı

Basınçlı kapların imalinde kullanılacak levha kalınlığı aşağıdaki formül ile hesaplanır;

$$t = P \times R / 100 \times S \times E - 0.6 P \dots\dots\dots 2.2$$

t: Kullanılacak sac malzeme kalınlığı (mm)

P: Uygulanan test basıncı (kg/ cm³= bar)

R: Basıncı kabın yarıçapı (mm)

S: Kullanılacak malzemenin gerilim değeri (kg/mm²)

E: Kaynak emniyet katsayısı

Yukarıdaki formüle göre basınçlı kabı imali için kullanılması gereken sac kalınlığını hesaplanabilir fakat çıkan bu değeri kullanmak yanlış olur. Yenim payı diye tabir edilen değer de çıkan sonucun üstüne eklenerek gerçek sonuca ulaşılır (UZTUĞ, 1999).

$$t = s + (\text{Eşitlik 2.2}) \dots\dots\dots 2.3$$

2.3. Kaynak İşlemi

Günümüzde binlerce çeşit metalik malzeme bulunmakta olup, bu malzemelerin birleştirme işlemlerinde kullanılan kaynak yöntemleri çok geniş kapsamlıdır. Dolayısıyla, bu çalışmada sadece kara nakliye araçları imalinde kullanılan yapı çelikleri (St 52, Hardox ve Domex), paslanmaz çelikler ve alüminyum alaşımları ele alınacak ve sadece bu malzeme türlerinin kaynağı hakkında bilgi verilecektir.

2.3.1 Günümüz Endüstrisinde Kaynağın Yeri

Kaynak tekniği, pek çok bilimsel ve teknik disiplinleri içerisine alan orijinal bir düşünce üzerine kurulmuştur. Gelişmesi, uygulayıcıların edindikleri yeni bilgileri, karşılaştıkları pratik problemlere uygulamaları sonucu olmuştur. Geçen yıllar süresinde kaynak tekniğinin nasıl değiştiğini gösteren en iyi belirtilerden biri, metal endüstrisinin kaynak yöntemlerine karşı tutumu olmuştur. Önceleri metaller kaynak edilir veya edilmez diye sınıflandırılırken, bugün metallerin kaynak kabiliyeti üzerinde durulmaktadır. Günümüzde, metal ve alaşımlar piyasaya çıkarılmadan önce, kaynak edilebilme kabiliyetleri geliştirilmektedir (KALUÇ, 2004).

Yeni birleştirme yöntemlerinin bulunması, sürekli bir otomasyona geçiş ve yeni malzemelerin kaynağı, son 30–35 yıl içerisinde hayret verecek derecede gelişmeler

kaydetmiştir. Bu gelişmelerin kaynağı genellikle, uzay programları ve savunma planları sonucu ortaya çıkan istekler olmuştur. Özel endüstride üzerinde durulan konu, daha ziyade eldeki işlemlerin geliştirilmesi ve bunlara yeni uygulama alanlarının bulunması olmaktadır. Çok kere bu iki işlem birleştirilmiş veya bir programda kaydedilen gelişmeden başka alanlarda faydalanma yollarına gidilmiştir. Bunun en iyi örneği TIG kaynağıdır.

İkinci dünya savaşının isteklerinden biri olan magnezyumdan yapılan uçakların kaynağı için geliştirilen TIG kaynak usulü, endüstride hemen hemen yarı otomatik kaynak işlemlerinde kullanılır hale gelmiştir. Daha sonraları hem endüstride hem de askeri alanlarda uygulanan otomatik sistemler geliştirilmiştir. En son gelişmelerden biri ise Douglas Füze ve Uzay Sistemleri Dairesi tarafından nümerik kontrollü donanımların kaynağa uygulanmasıdır.

Kaynak endüstrisinin, sürekli bir otomasyona geçişinden daha ilginç olanı, uzay yarışının doğurduğu ihtiyaçları karşılayan yeni egzotik kaynak işlemlerinin bugün artan sayıda ortaya çıkmasıdır. Uzay konusundaki çalışmalar, daha ileri ve daha hızlı yol aldıkça, daha kullanışlı ve dolayısıyla yeni birleştirme usullerinin bulunmasını gerektirmiştir. Bunun sonucu olarak son yıllarda plazma, elektron bombardımanı, lazer ve difüzyon kaynağı gibi yöntemler geliştirilmiştir.

Hafif alaşımlı çelikler, paslanmaz çelikler reaktif ve ısıya dayanıklı metaller, çeşitli alaşımlar gibi, diğer birçok yeni geliştirilen malzemelerin sayısı her geçen gün artmaktadır. Sürekli olarak yeni alaşımlar üretilmekte ve hemen hemen hepsi, fabrikasyon sırasında mamul hale gelmeden önce kaynak işlemine maruz kalmaktadır. Mevcut kaynak usulleri ile birleştirilmeleri mümkün olmadığından, emin ve etkili bir şekilde birleştirilmeleri için her geçen gün yeni kaynak usullerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Uzun yıllar, ağır ve büyük parçaların otomatik olarak kaynağı alanında hüküm süren toz altı ark kaynağı, geliştirilen bazı usuller dolayısıyla bu alandaki liderliğini yavaş yavaş kaybetmektedir (KALUÇ, 2004).

Bu alandaki bazı işleri, elektron bombardımanı ile kaynak usulü almakta olup, eğer vakum dışı ve yarı vakum kaynak imkanları geliştirilirse, bu konu daha da cazip hale gelecektir. Cüruf altında yapılan kaynak ile elektro-gaz kaynak usulleri, gemi inşaatı, basınçlı kaplar ve çelik konstrüksiyon alanlarına da girmektedir.

Karbondiyoksit atmosferi altında yapılan MAG kaynak usulü de, toz altı kaynağına gittikçe büyüyen bir rakip haline gelmektedir.

Lazer, elektrik ve elektronik endüstrisindeki ince tel veya levha kaynağında, ultrasonik kaynak usulü ile iyice çekişmektedir. Bu tip işlerde lehimleme hemen hemen ortadan kalkacak ise de, ağırlık mukavemet oranları ile birleştirme kalitesinin önemli olmadığı ve lehimlemenin ekonomik olarak uygulandığı hallerde uzun yıllar uygulanmaya devam edecektir. Bugün için lehimleme alanında ihtiyaç duyulan en önemli nokta, güvenilir tahribatsız bir muayene usulünün geliştirilmesidir (KALUÇ, 2004).

Diğer taraftan elektron isini ile kaynak, daha çok ağır ve kalın parçaların birleştirilmesinde büyümeye devam edecektir. Vakumsuz elektron bombardımanı ile kaynak, boru ve benzeri tesis masraflarının sürekli imalatta, erişilecek yüksek hız dolayısıyla bir dezavantaj teşkil etmeyeceği kaynak işlemlerinde kullanılabilir. Düşük vakumlu elektron bombardımanı ile yapılan kaynak ise, kısa zamanda daha fazla otomotiv endüstrisi ile diğer imalat alanlarında kullanılma potansiyeline sahiptir (KALUÇ, 2004).

Endüstride son zamanlarda uygulanmaya başlayan bir diğer kaynak usulü de sürtünme kaynağıdır. Bugün için yakma alın kaynağının kullanıldığı alanlarda bunun yerini almaktadır.

Bugün endüstride uygulama alanına giren bir kaynak usulü de, patlamalı (infilak) kaynağıdır. Uzun menzilli roket ağızlarına ve uçak gövdelerinin petek yapılarına uygulanan patlamalı şekil verme yöntemi çok iyi sonuç vermiştir. Patlamalı kaynak usulü, özellikle farklı metallerin birleştirilmesine uygulanmaktadır.

Güç kaynakları ile kontrollerindeki gelişmeler, otomasyon, kaynak parametrelerinin programlanması, elektrik direnç kaynağının kullanma imkanlarını büyük ölçüde arttırmıştır. Yüksek frekans ve endüksiyonlu direnç kaynağı, boruların birleştirilme ve imali ile özel yapı çeliklerinin kaynağında geniş çapta kullanılmaktadır (ANIK, 2000).

Kaynak tekniği; değişik kullanım alanları dolayısıyla, amaca uygun birbirinden farklı kaynak usullerine ve bunun sonucu olarak da farklı otomasyon tiplerine ihtiyaç göstermektedir. Kaynakta ekonomikliğin sağlanmasının yanı sıra, bir kalite yükselmesini de gerçekleştiren bu otomatlar, gelişmelerini henüz tamamlayamamıştır.

Elektronikğin hızlı gelişmesi ile desteklenerek, gerçek tam otomatik kaynak prosesini sağlamak, gelecek için hedeflenmiş olan amaçtır.

Burada otomobil yapımını örnek olarak alırsak; otomobil üretiminde binek arabalarının imali için yaklaşık 700 adet preslenmiş ve kesilmiş parça ile takriben 400 adet talaş kaldırılarak işlenmiş parça cıvata, perçin, kıvrırma, lehimleme, yapıştırma ve en çok kaynak yoluyla birbirlerine birleştirilmektedir. Toplam kaynaklar; tek tek yaklaşık 5000 nokta kaynağından, 30 metre kadar ark kaynağından, 1 metre elektron bombardıman kaynağından ve 15 adet de sürtünme kaynağından oluşmaktadır.

Nokta ve ark kaynağının otomasyonu, öncelikle proses parametrelerinin ve proses akışının otomatik olarak kumanda ve ayarına dayanır. Diğer taraftan kaynak tesisi içerisinde iş parçasının ve takımının otomatik olarak kullanılmasının yanı sıra, kaynak tesisleri arasında iş parçasının otomatik olarak sevk edilmesi de gereklidir. Kaynak uygulama ve nakliye olmak üzere üç fonksiyonunu entegre edilmiş bir imalat sistemi içerisinde birleştirilmesi esastır.

Otomobil imalatında, alışıla gelmiş malzeme ve konstrüksiyonlarda, kaynak prosesi nokta kaynağı ve elektrik arkı kaynağında geniş ölçüde muhafaza edilmektedir.

Gelişmenin ağırlık noktası, uygulama ve nakliye fonksiyonlarının otomasyonunda ve entegre imalat sistemlerinin nümerik kontrolünde yatmaktadır. Böyle bir entegre imalat sisteminde kaynak tesisleri rijit veya esnek olarak otomasyona adapte edilebilir ve bunlar çeşitli taşıma düzenleri ile rijit, esnek veya serbest olarak bağlanabilir.

Kaynak tekniğinde diğer imalat tekniklerinde olduğu gibi, esnek otomatize edilmiş sistemler önem kazanmaktadır. Bugün, kaynak fonksiyonu için esnek otomatize edilmiş tertibatlar, endüstri robotları şeklinde hizmet görmektedir. Ancak uygulama ve nakliye fonksiyonları için esnek otomatize edilmiş, ekonomik çözümler henüz eksiktir.

Günümüz kaynak en önemli bir birleştirme usulüdür. Herhangi bir yapının mukavemeti ve çalışma verimi bu usulün uygulanmasından büyük ölçüde etkilenir. Bu gerçeğe rağmen Üniversitelerimizdeki Mühendislik Lisans eğitimi sırasında kaynak işleminin, konstrüktörlere, imalat ve bakım mühendislerine sağladığı faydalarına çok az önem verilmektedir. Her kaynağın uygulanması ile ilgili özel problemler, hem de bunların uygun çözüm yolları dikkate alınmalıdır. Kaynak tekniği konusunda bilgi noksanlığına şöyle birkaç örnek verebiliriz;

- Kaynak hatalarına, imalat güçlüklerine ve gevrek kırılmaya sebebiyet veren uygun olmayan kalitede çelik seçme.
- Kötü tasarım neticesinde yorulma yükünün şiddetli olduğu yerlere rastlayan kaynak dikişleri. Örneğin, dinamik olarak yüklü elemanlara mukavemeti arttırmak için kaynak edinilen takviye levhaları ve diğer takviye elemanları gerçekte yorulma ömrünü azaltmaktadır.
- Alıcı ve imalatçı arasında anlaşmazlıklara yol açan yetersizlikler veya kalite ile ilgili standart noksanlıkları dolayısıyla kifayetsiz kalite kontrolü (KALUÇ, 2004).

Sonuçta, ekonomik olmayan üretim, gereksiz tamirat, pahalı takviye işlemleri, teslimde gecikme ve kontrüksiyonların çalışma sırasında sık sık hasar uğraması gibi hususlar ortaya çıkar. Eğer bilgi yetersizliğinin ekonomik neticeleri; parasal kıymetlerle ifade edilirse, bunun bir yıl içerisinde yüksek miktarlara ulaşan kayıplar husule getirdiği anlaşılır.

Önemli olan bir noktada ekonomidir. Mühendis sorumlu olduğu imalatın üretim maliyeti üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kaynak tekniği konusunda yeterli bilgiye sahip olmayan mühendis veya eleman, bilgisizlikten ötürü, birçok ekonomik kaynak usullerini kullanma alanına sokamaz; uygun olmayan malzeme seçimi ile gerek görülmeyen pahalı işlemleri (ön ve nihai tavlama gibi)dahi imalata sokabilir. Kaynaklı parçalardan distorsiyonun düzeltilmesi için harcanan emek ve masrafın ne miktarlara ulaştığını görmek şaşırtıcıdır. Bu ise kaynakta sıcaklık periyotlarının etkisinden haberdar olmayan mühendisin çıkardığı bir problemdir (ANIK, 2000).

Günümüzde hızlı nüfus artışının doğal bir sonucu olarak, çeşitli mamullere olan istekte artmaktadır. Bir yandan piyasaya rekabet şartlarına ayak uydurabilmek için kaliteyi düşürmeksizin imalatta ekonomikliği sağlamak, diğer yandan hızlı artan ihtiyaçlara cevap verebilmek için üretimin miktarını arttırmak, ancak imal usullerinde bir otomasyona gitmekle mümkündür. Kaynak tekniği ise, otomasyonu konusunda en çok çaba sarf edilen imal usullerinin başında gelir.

2.3.2. Kaynaklı İmalat Sürecinde Kalite ve Standartlar

Tarihteki en eski kaynak uygulaması iki demirin dövülmesi yoluyla birleştirilmesidir (demirci kaynağı). Gelişen teknoloji ile birlikte kaynaklı imalat yöntemleri de gelişmiştir. Yöntemlerin daha kapsamlı ve karmaşık bir hal alması kaynaklı imalatta denetimi kaçınılmaz bir hale getirmiştir. Günümüzde kaynaklı imalat denetimi deyince uluslar arası standartlar yoluyla belirlenmiş ve sürekli gelişen bir süreçten bahsedilmektedir.

Kaynaklı imalatta kaliteden bahsederken öncelikle kaliteyi etkileyen koşullar ele alınmalıdır. Bu koşulları sıralamak gerekirse;

- Malzemeler ve kaynağa uygunluğu
- Kaynak yönteminin doğruluğu
- Kaynak dolgu ve yardımcı ekipmanların doğruluğu
- Kaynaklı birleştirmenin tasarımı
- Kaynaklı personelinin yeterliliği
- Kaynaklı imalat sırasında uygulamanın doğruluğu ve
- Kaynaklı imalatın muayenesidir.

Herhangi bir kaynaklı imalat sürecinde kaliteden bahsedilecekse bütün bu faktörler tek tek göz önünde bulundurularak sürekli denetim altında tutulmalıdır. Bu maddelerden herhangi birisinde meydana gelecek aksama, bütün kaynaklı imalatın hatalı olmasına yol açacak ve firmanın maddi ve işgücü kaybına sebep olacaktır.

Kaynaklı imalata başlanılmadan önce kullanılacak malzemelerin kaynaklanabilirliği kontrol edilmelidir. Kaynaklanabilir olduğuna karar verildiğinde malzemelerin ilgili standartlara uygun olarak imal edildiği ve kaynak sırasında hatalara yol açabilecek (laminasyon vb.) süreksizliklere sahip olmadığı malzeme testleri yoluyla kontrol edilerek belgelendirilmelidir (Bearu Veritas, 2007).

Malzemenin doğruluğu ve uygunluğu kontrol edildikten sonra, imalat sırasında kullanılacak yöntemin doğruluğu kontrol edilmelidir. Yöntemin imalatın kalitesi ve verimliliğine etkisi tartışılmaz düzeydedir. İmalatın ve imalatçının koşullarına uygun olarak birçok kaynak yönteminden en uygun ve verimli olan seçilmelidir.

Yöntem ve malzeme seçiminden sonraki aşama uygun yardımcı ekipman ve dolgu malzemesinin seçimidir. Dolgu malzemesinin ana malzemeyle uygunluğu kaynaklı imalatın doğruluğunu belirleyen en önemli parametrelerden birisidir.

Ele alınması gereken bir diğer önemli konu ise kaynak tasarımının yapılmasıdır. Uygun olmayan tasarım imalat sırasında değişiklikler yapılmasına veya en kötüsü imalatın tamamlanamamasına yol açacaktır.

Yukarıda belirtilen gereklilikler tamamlandıktan sonra imalat aşamasına geçilmeden önce kontrol edilmesi gereken en önemli faktör ise yetkin bir kaynak personesidir. İmalat sırasında kaynak personesinden doğan hataları en aza indirmenin yöntemi kaynak personesinin EN287 (ASME BÖLÜM IX)'ye uygun olarak test edilerek belgelendirilmesidir.

İmalata başlanılmadan önce yukarıda belirtilen bütün maddeler EN 15614'e uygun olarak kaynak yöntem testi vasıtasıyla yetkili bir kaynak denetim personeli tarafından denetlenerek kullanılacak kaynaklı imalat yönteminin doğruluğunun belirlenmesinin ardından imalatta kullanılacak parametreleri içeren bir kaynak yöntem prosedürü (WPS) hazırlanmalı ve imalatı gerçekleştirecek olan personele verilmelidir.

Yukarıda tanımlanan bütün işlemler kaynaklı imalat öncesi kalite koşullarının sağlanması amacıyla yapılan hazırlıklardır. Ancak yöntem prosedüründe belirtilen bütün parametrelere uygulama sırasında riayet edildiği sürekli olarak kontrol altında tutulmalıdır.

Kaynaklı imalatın kalite koşullarına uygunluğunun kontrolündeki son aşama ise, tamamlanan imalatın tahribatlı veya tahribatsız muayeneye tabi tutulmasıdır. Muayene sonucunda hata tespit edilen bölgeler tamir edilmeli ve bu durum belgelenmelidir (Bearu Veritas, 2007).

Bütün bu bahsedilen süreçlerin kontrolü yetkili kaynak denetim personeli tarafından yürütülmeli ve üçüncü taraf bağımsız bir denetim kurumu tarafından onaylanmalıdır.

Kaynak yöntem testi (PQR/WPS); bu test kaynaklı imalata başlanmadan önce, kullanılacak yöntemin doğruluğunun, ilgili kaynak yönteminde kullanılan bütün parametrelerin ve imalat koşullarının uygunluğunun onaylanmasını amaçlar. İmalata başlanılmadan önce yapılacak imalat koşulları değerlendirilerek gerekli yöntem testi sayısı ve türünün belirlenmesi gerekmektedir (Bearu Veritas, 2007).

2.3.3. Yapı Çeliklerinin Kaynağı

Çelikler çok geniş bir malzeme grubu olup, binlerce türü bulunmaktadır. Bu çalışmada sadece kara nakliye aracı imalinde yaygın olarak kullanılan St52, Hardox ve Domex çeliklerinin kaynağı ele alınacaktır. Bu malzemelerin hepsi gaz altı kaynağı diye tabir ettiğimiz kaynak yöntemleri ile kaynak edilebilmektedir. Örtülü elektrod ile elektrik ark kaynağında, elektrod örtüsünün görevlerinden en önemlisi ve vazgeçilmez olanı, bir koruyucu gaz atmosferi oluşturarak, kaynak banyosunu havanın oksijen ve azotunun olumsuz etkilerinden korumasıdır. Kaynak bölgesinin bir gaz atmosferi tarafından korunduğu ergitme kaynağı yöntemleri, genel olarak gazaltı kaynak yöntemleri olarak adlandırılır (KALUÇ, 2004).

Kaynak bölgesinin bir gaz atmosferi ile korunması konusunda geliştirilmiş ilk yöntem, 1926 yılında uygulamaya konmuş olan ve koruyucu gaz olarak metanolün kullanıldığı Alexander yöntemidir. Bu yöntemi takiben hidrojenin kullanıldığı Ark Atom ya da Atomik Hidrojen kaynak yöntemi, kaynak enerjisinin elektrik arkı, korumanın ise oksijen-asetilen alevi ile sağlandığı Arcogen yöntemleri uygulama alanına girmiştir. Tüm bu yöntemlerin dar bir uygulama alanına sahip olmaları ve özellikle demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında doyurucu sonuçlar vermemeleri araştırmacıları yeni yöntemler geliştirmeye zorlamıştır.

Gazaltı kaynak yöntemlerinde, arkın oluşturulması için kullanılan elektrodun türü ve koruyucu gazın türüne göre bir sınıflandırma yapılır;

- Ergimeyen elektrod ile yapılan gazaltı kaynak yöntemleri
 - Ergimeyen iki elektrod ile yapılan gazaltı kaynağı
(ark atom kaynağı)
 - Ergimeyen bir elektrod ile yapılan gazaltı kaynağı
(TIG ya da PA-plazma ark)
- Ergiyen elektrod ile yapılan gazaltı kaynağı
 - Ergiyen elektrod ile soygaz altında yapılan gazaltı kaynağı (MIG)
 - Ergiyen elektrod ile aktif gaz altında yapılan gazaltı kaynağı (MAG)

2.3.4. Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı

Kara nakliyesi araçlarından kimyevi madde taşıyan araçların imalatında daha önce bahsedildiği üzere paslanmaz çelik kullanılmaktadır. Bu tür imalatta paslanmaz çeliklerin birleştirme işlemlerinde bir ark kaynağı uygulaması olan MIG kaynak yöntemi kullanılmaktadır.

Paslanmaz çelikler ark kaynağı hem sprej iletim, hem kısa devre iletim hem de darbeli iletim tekniğiyle gerçekleştirilebilmektedir. 1.6 mm kalınlığa kadar paslanmaz çeliklerin kaynağında bakır altlık kullanmak gereklidir. Altlık 6.4 mm ve daha kalın levhaların tek taraftan kaynağı için de gereklidir. Kaynak banyosunun katılması sırasında kaynağın diğer tarafına havanın diğer tarafına havanın girmesine izin verilmemelidir. Oksijen ve azot katılan ve soğuyan paslanmaz çeliğe zarar verir. Takım ve tertibat elemanları kaynağın arka yüzeyinden çok miktarda hava girişine izin veriyorsa arka tarafta argon altlık kullanılmalıdır (ERYÜREK, 2007).

Sprej iletim oluşturmak için göreceli olarak yüksek akımlarla 2.4 mm kadar büyük çaplı elektrod, çapı için 300–350 amperlik kaynak akımı gerekir. Sıçrama miktarı, koruyucu gazın bileşimine ve debisine, elektrod beslenme hızına ve kaynak güç ünitesinin karakteristiğine bağlıdır.

Birçok paslanmaz çelik kaynağında doğru akım elektrod pozitif kutuplama kullanılır. Birçok paslanmaz çelik için % 1–2 oranında oksijenle karıştırılmış Argon oksijen karışımı tavsiye edilir.

Düz alın kaynaklarında kaynak metalinin alttan sarkmasını önlemek için bir altlık lama gereklidir. Levhanın hizalanması başarılı değilse veya bakır altlık kullanılmıyorsa sarkma ilk pasoyu kısa devre iletimle çekerek en az düzeye indirilebilir.

Kaynağı sola kaynak tekniğiyle yapmak yararlıdır. Kaynakçının eli daha fazla ısıya maruz kalmakla birlikte (kaynakçının eli çekilmiş dikişin üzerinden geçer) bu yöntem arkın daha iyi görülmesini sağlar.

2.3.5. Alüminyum ve Alüminyum Alaşımlarının Kaynağı

Kara nakliyesi araçlarından akaryakıt tankeri ve silobasların imalatında daha önce bahsedildiği üzere alüminyum alaşımları kullanılmaktadır. Alüminyum metalinin

ergime noktası 658 °C' dir. Özgül ağırlığı 2.7 gr/ cm³' tür. Elektrik iletkenlik katsayısı 29 mΩ / mm² 'dir. Bu tür imalat işlemlerinde bu alaşımların birleştirme işlemlerinde bir ark kaynağı uygulaması olan MIG kaynak yöntemi kullanılmaktadır.

Alüminyum kaynağında göz önüne alınması gerekli olan faktörler levha kalınlığı, alaşımın cinsi ve elde mevcut kaynak donanımıdır. Bu tablolardaki veriler esas alınarak önce deneme kaynakları gerçekleştirmek ve başarılı olunması halinde bu değerlerle kaynakçıya benzer koşullarda pratik yaptırarak kaynakçının yetersizliği nedeniyle oluşabilecek hataları ortadan kaldırmak gerekir (ANIK, 2000).

Alüminyum alaşımlarının ısıl iletkenliklerinin çok yüksek olması nedeniyle birim zamanda kaynak için gerekli ısı girdisi aynı kalınlıktaki çeliğe nazaran daha yüksek olmalıdır. Düşük kaynak hızlarından kaçınmak gerekir, aksi takdirde dikiş sarkması oluşabilir. Diğer bir hususta alüminyumun yüzeyinde oluşan oksit tabakasıdır. Kaynak öncesi bu tabakanın fırçalanarak temizlenmesi gerekir, aksi takdirde gözenekli bir kaynak dikişi oluşur. Alüminyum ve alaşımlarının karışımında doğru akım elektrod pozitif kutuplamada sprej tipi iletim genellikle tercih edilir. Oluşan oksit tabakasının temizlenmesi için genelde sola kaynak yönetimi tercih edilmelidir.

Alüminyum sağladığı birçok avantajdan dolayı günümüzde çok çeşitli uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Alüminyum yoğunluğu çeliğin yaklaşık olarak 1/3'ü kadardır, elektrik iletkenliği mükemmeldir ve çelikten daha yüksek korozyon dayanımına sahiptir. Gelişimi ve kullanımını her geçen gün hızlanarak arttığı ve yaygınlaştığı için özellikle çelik kaynağı yapan kullanıcılar, alüminyumun kaynağında yapılması ve yapılmaması gereken konular hakkında daha detaylı bilgi edinme gereksinimini duymaya başlamıştır (GERİL, 2002).

Çeliklerin kaynağında, kaynak dikişi ana malzeme ile eşit derecede dayanıma sahiptir, ancak bu durum alüminyumun kaynağı için geçerli değildir. Hemen hemen bütün örneklerde, kaynak dikişinin dayanımı ana malzemeninkinden daha düşüktür.

Bu durumun neden oluştuğunu daha iyi anlamak için iki temel sınıf alüminyum alaşımına kısa bir göz atmakta yarar vardır. Bunlar ısıl işlem uygulanan ve uygulanamayan alüminyum alaşımlarıdır. Bunlardan ikincisinin dayanımı sadece soğuk deformasyon ile artar.

Ancak, daha önce soğuk deformasyon uygulanmış bir alüminyum alaşımını kaynak ederken kaynak dikişinin etrafındaki bölgeye lokal olarak ısıl işlem uygulanmış

olunur ve bunun sonucunda malzeme O-temperleme (yaşlandırma) şartına geri döner ve yumuşak bir hal alır. Bu nedenle ısıtma işlemi uygulanamayan alüminyum alaşımlarında ana malzeme ile aynı dayanıma sahip kaynak dikişlerinin elde edilebileceği tek zaman malzeme O-temperlenmiş durumda iken kaynak işlemine başlandığı andır.

Isıtma işlemi uygulanabilen alüminyum alaşımlarında, son ısıtma işlemi aşamasında ana metal yaklaşık olarak 200 santigrat derece'ye kadar ısıtılır. Ancak kaynak yaparken, kaynak dikişine komşu olan bölgenin sıcaklığı 200 santigrat derece'nin üstüne çıkar ve buna bağlı olarak malzemenin mekanik özelliklerinde aşırı yaslama sonucu bir miktar azalma eğilimi görülür. Bu nedenle, eğer operatör kaynak işleminden sonra parçaya ısıtma işlemi uygulanmazsa kaynak dikişinin yanındaki dayanımı alüminyumun genelindeki dayanımdan belirgin bir derecede (%30–40 kadar) daha düşük olur. Eğer operatör kaynak sonrasında ısıtma işlemi uygulanırsa, ısıtma işlemi uygulanabilen alüminyum alaşımlarının özellikleri geliştirilebilir.

12 mm kalınlığa kadarki alüminyum malzemelerin TIG ve MIG kaynağı yöntemlerinde koruyucu gaz olarak saf argon gazı kullanılır.

12 mm'nin üstündeki kalınlıklarda ise kullanıcılar daha yüksek ısıya sahip bir ark elde etmek ve kaynak nüfuziyetini arttırmak için argonun yanına %25'den %75'e kadar değişebilen oranlarda helyum gazı ilave edebilir. Argon gazı helyum gazına oranla daha yüksek temizleme etkisi sağladığı için en uygun gaz olma niteliğine sahiptir ve ayrıca helyum gazından daha ucuzdur.

Alüminyum ve alaşımların kaynağında koruyucu gaz içerisinde oksijen ve karbondioksit bulunması alüminyumun hızlı bir şekilde okside etmektedir.

Alüminyum alaşımları diğer ürünlere göre hafif olmasının yanı sıra temel avantajı olan sağlamlık sayesinde iyi bir masraf/fayda dengesiyle verimlilikleri yüksektir. Alüminyum alaşımları, ister tenteli ve frigorifik üstyapılarda; isterse damper, silobas ya da tanker yarı römorklarda kullanılsın, kısa ve uzun vadeli olarak kullanıcıya kazanç sağlamaktadır.

Alüminyum alaşımları ile sağlamlıktan, güvenilirlikten ve dayanıklılıktan ödün vermeden faydalı yük potansiyeli en üst düzeye çıkartılabilmektedir..

Damper üretimi ağır ve rekabetin yoğun olduğu bir alan olduğundan, alüminyum alaşımlı damperler, en iyi ağırlık tasarrufçusu olmanın yanı sıra, uzun ömürlü bir yenilik olarak görülmektedir.

Damperlerin iç alanındaki aşınmalar için taban plaka değerleri; hafif taşımlar için 6 mm (kum, tahıl ve kömür), ortalama ağırlıktaki taşımlar için 8 mm (geri dönüşüm ürünleri), ağır taşımlar için 10 mm (kaba beton), özel durumlarda ise bu kalınlık 12 mm'ye kadar çıkmaktadır.

Birçok filo işletmecisi, alüminyum şasilerle ağır çalışma şartlarında sorunlarla karşılaşabileceği düşüncesindedir. Ancak, sağlamlık sadece malzemeye bağlı değildir. Tecrübeli üreticiler, mevcut modellerin olduğu özelliklerde, alüminyum şasi üretme yeteneğine de sahiptirler. Her üreticinin malzemenin çeşidine bağlı olarak kendine has tasarımı bulunmaktadır.

Alüminyum alaşımlarından yapılan araçlar hafif olduklarından azami yükleme ile karşı karşıya kalmakta, bu nedenle aracı üretirken bu durum göz önünde bulundurulmaktadır.

Alüminyum alaşımları, dayanıklılığı ve hafifliğinin yanı sıra fiyatı günden güne artan ham petrol rezervleri de göz önüne alındığında sağladığı yakıt tasarrufu açısından da önemli bir malzemedir. Alüminyum alaşımı kullanımı sayesinde araç ağırlığı düştüğünden % 6 daha az yakıt tüketimi söz konusudur.

Kısaca alüminyum alaşımları, yüksek geri kazanım değeri, araç üretiminde ağırlıktan tasarruf ve iyi bir izolasyon değeri gibi önemli avantajlar sunmaktadır. Tüm bu avantajlara rağmen alüminyum alaşımı kullanımı Türkiye'de gelişmiş ülkelerin çok altındadır.

Çok yönlü olarak kullanılabilen bir malzeme olan alüminyum alaşımlarından, bilgi eksikliği, işletmelerdeki organizasyon eksikliği gibi nedenlerle yeterince yararlanılamamaktadır.

Ülkemizde alüminyum alaşımı üstyapı üretimi / tasarımı üstüne çalışmalar son üç dört yıldır artmıştır. Ortaya çıkan ürünlerin yollarda kullanımı ise çok yakın dönemlere rastlamaktadır. Öncelikle tenteli yarı römorkların yan ve arka kapaklarında alüminyum alaşımı kullanılmaya başlanmış; daha sonra büyük akaryakıt firmalarının dağıtım faaliyetlerini yönetmeleri sonucu daha fazla faydalı taşıma imkanı sunan alüminyum akaryakıt tankerleri yollarda görülmeye başlandı.

Türkiye'de çok kullanılan açık kasa ve damper kasalarda ise alüminyumun dayanıklılığının zayıf; kullanım alanlarının zorlu olduğu endişesi ile kullanım tercihi zamana bırakılmıştır. Ağırlık sınırlarına uygun yükleme yapan firmalardan açık kasa ve

damper kasalı araçlar ile taşıma yapan işletmeler, yasal sınırlar içinde faydalı yük taşıma oranını en yüksek düzeylere çıkarmak için, alüminyum alaşımlarının üst yapıya uygunluğu konusundaki endişe ve tereddütler azaldıkça bu hafif malzemelerin bu alandaki kullanımı artacaktır.

Alüminyum alaşımları günümüzde metal işleme endüstrisinin önemli bir yer tutmaktadır. Otomotiv endüstrisinde ya da uçak yapımında darbelere dayanıklılık, yüksek ısı iletkenliği ve hafif ağırlığın (demir ağırlığının 1/3'ü) gerektiği her yerde kullanılmaktadır.

Alüminyumun cevherinden ilk kazanımında yüksek miktarda enerji gerekirken; hurda geri kazanımında düşük miktarda enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Başka bir ifadeyle, ilk alüminyum üretimi için gerekli olan enerji miktarının sadece %5'i ile alüminyum hurdası tekrar kullanılabilir hale gelmektedir. Böylece kaza ve aşırı yüklenme gibi nedenlerden dolayı kullanılamaz hale gelen alüminyum damper veya damper yarı römork hurdası çeliğe göre daha ucuz bir şekilde işlenebilmektedir.

Alüminyum endüstriyel işleme alanına girdiğinde kaynak tekniği, elektrot kaynak tekniği, elektrod ark kaynak yönetimi üzerine kuruluydu. Bu yöntemin alüminyuma da uygulanması kısmen başarılı olmuştur. Ancak, muhafazalı ark kaynağı alüminyum işleme endüstrisine hareket getirdi.

Alüminyum kaynağının çeliğe göre farklı olmasının nedeni iki metalin tamamen farklı fiziki ve kimyasal özelliklere sahip olmalarından kaynaklanır. Alüminyum atmosfere maruz kaldığında yüzeyinde sıkı bağlı yaklaşık 0.01 mm kalınlığında ince bir oksit tabakası oluşmaktadır. Kimyasal dayanıklılığın avantajı olan bu durum, kaynak işleminde dezavantaj teşkil etmektedir. Alüminyum erime noktası 520 ila 650 derece iken, oksit tabakası ancak 2000 derece sıvılaşmaktadır. Bu şartlar altında kusursuz bir kaynak bağlantısı gerçekleştirebilmek için izolasyon etkisine sahip bu tabakanın tahrip edilmesi gerekmektedir.

Muhafazalı elektrodla sahip elektrikli ark kaynak işleminde ise oksitle tepki veren klor ve flüorür gibi ek maddelere ihtiyaç duyulur. Özellikle argon ile yapılan muhafazalı ark kaynaklamasında elektrik arkı oksit tabakayı atarak parlak metalik bir üst yüzey oluşturmaktadır. Alüminyum kaynağı yaparken TIG yöntemi ile mi yoksa MIG yöntemiyle mi yapılmalıdır sorusuna cevap verilmelidir.

Her ikisi de farklı sistemlere sahip koruma gazlı kaynak yöntemleridir. Ek malzemenin ayrıca ilave edildiği erimeyen bir tungsten elektrotu ve işleme parçası arasında elektrik arkın oluştuğu, TIG (Tungsten Inert Gas) yöntemi kalınlığın 1 ile 8 mm arasında olduğu; yön değiştirmelerin fazla olduğu köşe ve uçlarda elle yapılan kaynak işlemlerinde tercih edilmektedir. Burada TIG kaynak aletinin akım regülasyonunun yakıcıdan ya da ayak pedalından otomatik olarak gerçekleşmesine olanak tanıyacak şekilde donatılması gerekmektedir.

MIG yönteminde ise (Metal Inert Gas) argon ya da helyum koruyucu gazı altında (ikisinin karışımı da mümkün) işleme parçası ile ergiyen ilave tel arasında ark oluşturmaktadır. Bu yöntem daha hızlı kaynak yapma olanağı sunmaktadır. 3 mm'den kalın işleme parçalarının söz konusu olduğu durumlarda verimli bir yöntem olarak devreye girmektedir.

Geleceğin kaynak yöntemi olarak ise vakum altında plazma, lazer ya da elektron ışını ile kaynak öngörülmektedir. Ayrıca, son yıllarda geliştirilen bir kati hal kaynağı olan sürtünme karıştırma kaynağı (SKK) alüminyum alaşımlarının kaynağında başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (ÇAM ve KOÇAK, 1999; VON STROMBECK ve ark., 200). Bu yöntemin ilerleyen günlerde alüminyum alaşımlarında birçok kaynak yönteminin yerine geçeceği düşünülmektedir (ÇAM, 2005; ÇAM, 2007).

Alüminyum kaynaklama öncesi ve sonrası dikkat edilmesi gereken hususlar:

- Kaynaklanmış alüminyum yarı mamulü paslanma etkisi olan çelik ve demir ile birlikte depolanmamalıdır.
- Kaynak yerlerinde gözenek oluşumunu engellemek için malzeme nemden korunmalıdır.
- Kaynak yapmadan önce alüminyum parçaların kurulanması gerekmektedir, yoksa terleme sırasında oluşan büyük miktardaki oksijen tehlikeli gözeneklere yol açabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Türkiye'deki ve dünyadaki üst yapı ve treyler imalatı yapan firmalar, kara nakliyesi faaliyetlerini sürdürülmesinde çok büyük görevler üstlenmişlerdir. Kendi bölgemizde de bu sektörün çok önemli oyuncularından olan bir firma bulunmaktadır. Bu firma da, gelişen malzeme teknolojisini ve buna bağlı olarak uygulanan kaynak yöntemlerini yakından takip etmektedir

Firma özellikle, dara ağırlığını azaltan ve faydalı yük miktarı fazla olan nakliye araçları imal etme çabasıdadır. Firma sırası ile basınçlı kap grubuna dahil olan silobas imalatı konusunda Türkiye'nin en büyük firmasıdır. Ayrıca inşaat sektöründe çok fazla kullanılan damper imalatı konusunda da söz sahibidir.

Bu çalışmada, firmanın hangi tür farklı malzemelerle imalat yaptığı ve istenilen taşıma mukavemeti ve basınç dayanımları sağlanarak daha hafif malzeme ile nasıl imalat gerçekleştirdiği incelenmiştir.

Ayrıca, deneysel çalışma kapsamında farklı iki malzeme ile (St52 ve Hardox 400 çelikten) kum damperi imalatı gerçekleştirilerek faydalı yük ve aşınma direnci açılarından karşılaştırılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu deneysel çalışmalarda imalatçı firmanın İskenderun / Hatay'daki üretim tesisi kullanılmış olup, bazı doğrulamalar için firmanın farklı müşterilerine ziyaretler yapılmıştır.

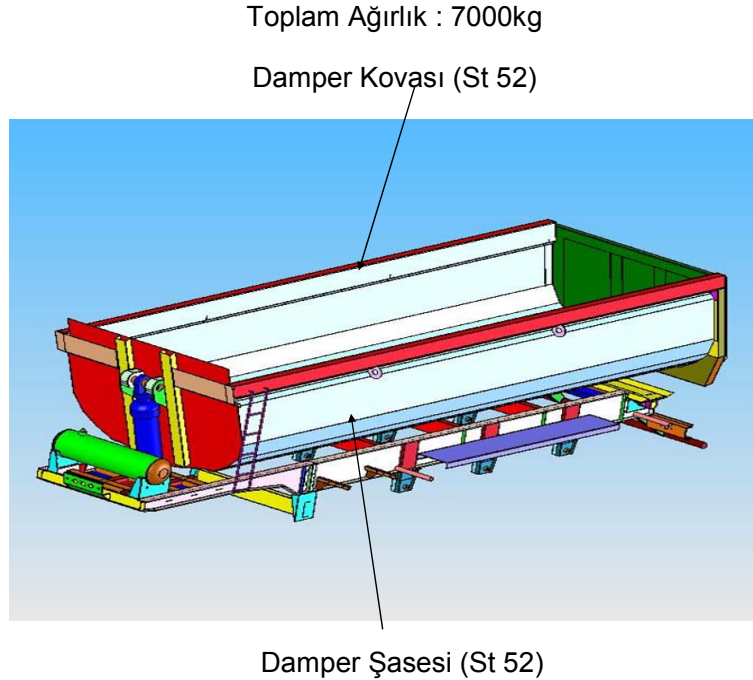
Çalışmada özellikle inşaat sektöründe çok fazla kullanılan kum damperleri deneysel olarak ele alınmıştır. Bir inşaat firmasından talep edilen 2 adet kum damperi için çalışmalar yapılmıştır. Müşteri, kum damperinin bir tanesini St 52 kalitesindeki sac malzemedden (Şekil 8) diğerini de Hardox malzemedden (Şekil 9) talep etmiştir. Dolayısı ile bu talep, tez çalışmasının ağırlıklı olarak konusunu oluşturmuştur.

Çalışmalarda şu yöntem izlenmiştir:

- Müşteri talebine göre 2 adet aynı m³ kapasitede, kum taşıma damperi sipariş formu hazırlanmıştır. Bunlardan 1.'si taban, yan sacları ve damper şasesi St 52

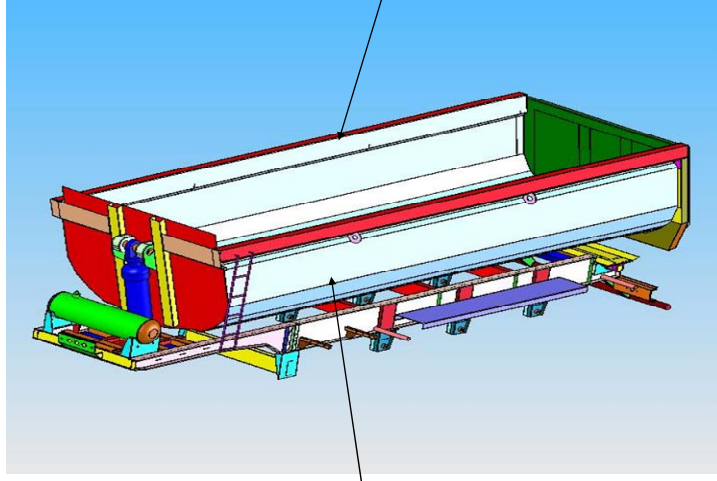
kalitesindeki sac malzemeden, 2.'si için de taban, yan saclar Hardox kalitesindeki sac malzemeden, damper şasesi de Domex 700 MC sac malzemeden yapılmıştır.

- Taşıma kapasitesi (m³) hesabı yapılmıştır.
- İki ayrı imalat için farklı imalat çalışmaları hazırlanmıştır.
- Gerekli olan teknik resimler bilgisayar ortamında çizilmiştir.
- Saha içi organizasyon sağlandıktan sonra iki ayrı imalat aynı anda başlatılmıştır. St 52 ve Hardox ürün imalatı için sac malzemeler hazırlanmıştır.
- Montaj aşamasında iki ürün için de “damper imalatı kontrol formu” takibi yapılmış ve imalatın istenilen bir şekilde ilerlemesi sağlanmıştır.
- Montaj aşaması sonrasında iki ürün için de “damper imalatı kaynak kontrol formu” takibi yapılmış ve ürünlerin kaynak kontrolleri yapılmıştır.
- İmalat sonrası iki ürün de müşteriye sunulmuştur.
- 6 aylık bir süre sonunda müşteriyle temasa geçilmiş ve yapılan 2 damper hakkında sorun ve şikayetler dinlenmiştir.



Şekil 8. St-52 malzeme kalitesi ile yapılan damper imalatı.

Toplam Ağırlık : 6000kg
Damper Kovası (HARDOX)



Damper Şasesi (DOMEX)

Şekil 9. Hardox kova ve Domex 700 MC malzeme kalitesi ile yapılan damper imalatı.

Bu işlemler sonunda tüm lojistik işlemler ve deneysel çalışmalara ait giderlerin tamamı firma tarafından sağlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Malzemelerin seçiminde, hangi amaç ile kullanılacakları büyük önem taşımaktadır. Dolayısı ile bir imalatın tasarımından önce, ürünü yapmak için kullanmayı düşündüğümüz malzemenin önce kimyasal bileşimleri sonra da mekanik özellikleri önem arz etmektedir. Kimyasal bileşim açısından içerdiği Karbon (C), Mangan (Mn), Silisyum (S) oranları malzemenin mekanik özelliklerini belirler. Mekanik özelliklerden malzemenin şekil verilebilirliği, mukavemet ve sünekliği önemlidir. Ayrıca, malzemenin kaynak işlemlerine uygunluğu mekanik özellikleri kadar önem arz etmektedir.

Yapılan deneysel çalışmada iki farklı damper imalatında farklı malzeme kullanımının aşınma dayanımı ve faydalı yük miktarına etkisi incelenmeye çalışılmıştır.

İki farklı ürünün mekanik özellikler açısından farklılık gösterdikleri bilinmektedir. Zira, Hardox malzemenin kimyasal yapısı kullanım amacı doğrultusunda alaşım elementi miktarı (Cr, Ni, Mo ve B) artırılmış ve dolayısıyla aşınma direnci yükseltilmiştir.

Ayrıca, Hardox malzemenin haddehane üretimi de St 52 kalitesindeki sac malzemeden farklı olarak yapılmaktadır. Hardox malzeme, slab halden yassı mamül sac haline geçerken etrafından su jetleri ile soğutulmaktadır ve bu işlem sonunda da Hardox malzemenin içyapısı değişmektedir. Bu da malzemenin ince taneli, dolayısıyla yüksek mukavemetli bir hale getirmektedir. Bu yüksek mukavemet aynı kara nakliyesi araç tasarımında daha ince kesitli tasarım ve imalatı mümkün kılmakta, dolayısıyla faydalı yük miktarının artmasını sağlamaktadır. İmalatçı firmalar da bu üstünlüklerinden dolayı Hardox malzemeyi tercih etmektedirler. Başta da söylediğimiz gibi amaca hizmet eden malzemeleri imalatta kullanmak hem imalatçıya hem de nakliyeciyi yapan ve faydalı yük miktarını arttıran nakliyeciyeye yarar getirecektir.

İmalat sırasında iki farklı ürün için hangi zorluklarla karşılaşılacağı önemlidir. Malzemelerin kimyasal bileşimleri birbirine yakınlık göstermektedir. Fakat, Hardox çeliği St 52'den daha alaşım elementi içermekte (yüksek aşınma direnci) ve üretim esnasında hızlı soğuma gerçekleştirilerek ince taneli bir yapı, dolayısıyla daha yüksek mukavemet elde edilmektedir. Ayrıca, şekil verilebilirlik, montaj ve kaynak edilebilirlik gibi özellikler iki malzemede farklılık göstermektedir. Özellikle Hardox malzemenin

şekil verilebilirliği daha düşüktür. Malzemeyi abkant pres ile bükerken 2–3 sefer daha fazla basma ile metale form vermek ancak mümkün olabilmektedir. Bu olay da imalat montaj işlemlerini zorlaştırmakta ve imalat süresini uzatmaktadır. Dolayısıyla, gerek malzeme fiyatının Hardox malzemedeki yüksek olması gerekse de imalat maliyetinin yüksek olmasına rağmen üretilen aracın toplam kütlelerinin düşük olması sonucu faydalı yükün yüksek olması ve aşınma direncinin yüksek olması nedeniyle kullanım ömrünün uzun olması St 52 çelikten imal edilen araca avantaj sağlamaktadır.

Hardox malzemenin kaynak edilmesinde tavsiye edilen ısı girdileri söz konusudur (Çizelge 8). Bu ısı girdilerinde kaynak işlemi başarıyla gerçekleşmektedir. Aksi halde, hidrojen çatlama riski bulunmaktadır (www.hardox.com.tr).

Ayrıca, Hardox malzeme kaynak sonrası soğuk çatlama eğilimi göstermektedir. Piyasada soğuk çatlama da denilen bu çatlamlar, kaynak noktasının soğutulmasında veya çevre sıcaklığına düşerken olmaktadır. Bu çatlamlar kaynakta hidrojenin miktarına bağlıdır. Oluşumları kaynak sonrasındaki 48 saat içinde olduğundan, kontrolde bu zamandan sonra yapılmalıdır. Bu çatlaklar, çekme gerilmelerine dikey olarak oluşurlar, ya yüzeyde veya yüzeyin hemen altında görülürler. Hidrojen çatlamlarının oluşumlarının detayları henüz bilinmemektedir. Bu oluşumda çoğu zaman şu üç sebep bir arada olmaktadır.

- Hidrojen varlığı
- Yüksek kalıntı gerilmeler
- Çelikte veya kaynak malzemesindeki karbon içerikleri (www.hardox.com.tr).

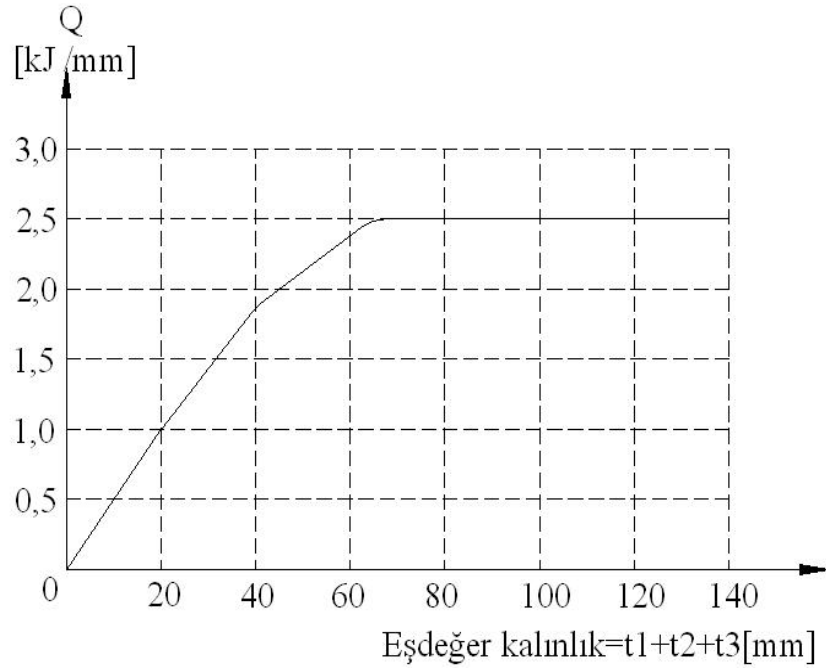
Kaynak yapım sıralaması nasıl olmalıdır:

Bu bölümde kaynak noktalarında, kaynak atıklarından ve bükülmelerinden doğan streslerin nasıl aza indirileceği hakkında talimat verilmektedir. Bu bazen çok önemli olup, bir kaynak planlamasında şu hususlar göz önüne alınmalıdır:

- Kaynak işlemi en esnek noktadan başlamalı ve serbest uca doğru yapılmalıdır.
- Yüksek stres olan noktalar kaynak başlama ve bitme noktaları olarak seçilmelidir.
- Kaynak beklentileri müsaade ettiği nispette, yumuşak ve düşük mukavemetli kaynak çubuğu seçilmelidir.

- Dengeli bir kaynak işlemi gerçekleştirilmelidir.
- Kesit kaynakları en aza indirilmelidir.
- Geometrik kesitler yapılmalıdır (NANINI, 1993).

Maksimum ısı Hardox çeliği için çalışma anında 250 °C 'yi geçmemelidir. Hardox çeliklerine, eğer kaynak sonrası ısıl işlem uygulanırsa sertlik ve mukavemet değerleri önemli ölçüde düşürülebilmektedir.



Şekil 10. Hardox malzemenin kaynak işleminde levha kalınlığına bağlı tavsiye edilen maksimum ısı girdisi (NANINI, 1993).

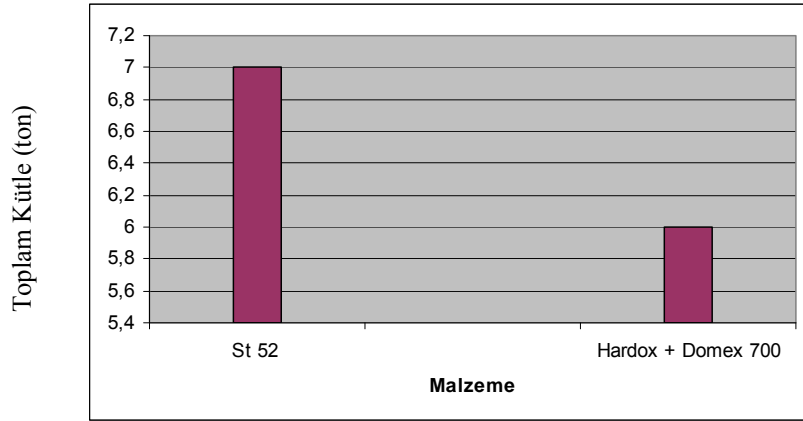
Nakliyeciler için en büyük kazanç, taşıdıkları malların ve ürünlerin maksimum faydalı yük ile taşınmasıdır. Bu durumda kara nakliyesi araçlarını üreten firmaların bu hususu dikkate almaları büyük önem arz etmektedir. İmalatçı firma yaptığı ürünün darasını ne kadar alt seviyede tutarsa taşınabilecek maksimum faydalı yük de o kadar artar. Fakat, burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus imal edilen nakliye aracının taşıma mukavemetinden hiçbir şey kaybetmemesidir. Yani, araç hem hafif bir şekilde tasarlanmış ve imal edilmiş olmalı, hem de taşıma mukavemetinden hiçbir şey kaybetmemelidir.

Hardox malzeme bir aşınma plakası olduğu için St 52 malzemesine göre aşınma direnci daha yüksektir. Dolayısı ile Hardox malzeme ile tasarlanmış ve imal edilmiş taşıma araçlarının sac kesitleri daha düşüktür. Bu da imalatın darasında ciddi ağırlık kazançları sağlamaktadır.

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi yeni geliştirilen malzemeler üstün özellikleri nedeniyle geleneksel malzemelerin yerini almaktadırlar. Bu malzemeler hem daha düşük yoğunluğa sahiptirler hem de aşınma dirençleri ve mukavemetleri daha yüksektir. Aşağıda verilen örnekte Çizelge 9' da kompozisyonu ve mekanik özellikleri verilen Domex 700 MC malzemesi ile imal edilen bir treyler şasesinin St 52 malzeme kalitesindeki sac malzemedan imal edilmiş başka bir treyler şasesine göre avantajları vurgulanmıştır.

Şaseyi oluşturan lonjeronlara baktığımızda, St 52 malzemedan yapılan lonjeron şasesinin üst ve alt lamalarının 12 mm. kalınlığında ve dikmenin de 5 mm kalınlıkta yapıldığı görülmektedir (şasenin toplam ağırlığı: 2.5 ton). Fakat, Domex 700 MC malzeme kalitesi ile yapılan başka bir şase lonjeronunun alt ve üst lamalarının 8 mm. kalınlıkta ve dikmenin de 4 mm kalınlıkta seçildiği görülmektedir (şasenin toplam ağırlığı: 2 ton). Aynı işi yapan bu iki imalat malzemesinde Domex 700 MC ile yapılan şasede daha ince kesit kullanılabildiğinden toplam şase ağırlığından % 20 kazanç elde edilebilmekte ve şase hala daha yüksek mukavemet değerine sahiptir.

Başka bir sonuç olarak da özellikle kum, çakıl, kaya gibi aşındırıcı malzemeler taşıyan damperlerin kovanının St 52 yerine Hardox gibi sac kalitelerinde malzemelerle daha hafif ve aşındırma mukavemetleri daha yüksek imal edilebilmesidir. Bu çalışmada 5 mm kalınlığında St 52 çeliğinden yapılan damper kovanının ağırlığı 4.5 ton iken 4 mm kalınlığında Hardox çeliğinden imal edilen damper kovanının ağırlığı 4 ton'dur. Dolayısıyla, kova ve şasesi St 52 çeliğinden üretilen damperin toplam ağırlığı 7 ton iken kovası Hardox ve şasesi Domex çeliğinden yapılan damperin toplam ağırlığı 6 ton gelmektedir. Bu sonuçlar göstermektedir ki yüksek mukavemetli çelikler kullanılarak daha ince kesitli konstrüksiyon yapılarak neredeyse 1000 kg'a varan taşıma avantajı sağlanabilmektedir (Şekil 10).



Şekil 11. St 52 ve Hardox-Domex 700 ile üretilen damperlerin ağırlıklarının mukayesesi.

Çizelge 8. Domex 700 MC malzemesinin kimyasal kompozisyonu ve mekanik özellikleri (www.domex.com).

DOMEX 700MC KİMYASAL KOMPOZİSYON								
C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ti
max	max	max	max	max	max	max	max	max
%	%	%	%	%	%	%	%	%
0,12	0,10	2,10	0,025	0,010	0,015	0,09	0,20	0,015

DOMEX 700MC MEKANİK ÖZELLİKLER			
AKMA MUKAVEMETİ R (N / mm ²) min.	ÇEKME MUKAVEMETİ Rm (N / mm ²) min.- max.	SÜNEKLİK	
		A80 / t<3	A5 / t≥3
700	750-950	10	12

Avrupa'da çok yaygın olan ve Türkiye'de de yeni kullanılmaya başlayan Alüminyum alaşımlarının toplam ağırlıkta önemli düşüş sağladığı bilinmektedir. Özellikle granüllü malzeme taşıyan silobaslarda ve damperlerde tercih edilme sebebi günden güne artmaktadır.

Bugünün şartlarında, metal malzemeler üzerinde yapılan araştırma ve geliştirme çalışmaları daha ileriki yıllarda kompozit malzemeler üzerinde yapılacaktır. Dolayısı ile

bu malzemeler ve bu malzemeleri birleřtirmek için gerekli birleştirme (kaynak) yöntemleri daha fazla önem kazanacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gelişen dünya teknolojisiyle beraber ortaya çıkan yeni malzemeler sayesinde kara nakliyesi imalinde kullanılan malzemeler değişmektedir. Örneğin, St 52 sac kalitesindeki malzemelerin yerini alüminyum alaşımları, Hardox400, Domex 700 MC gibi malzemeler almaktadır. Amaca yönelik kullanım gerekliliği yaratan yeni nesil malzemeler, nakliye araçlarından beklenen en önemli özellikler olan faydalı yükün artırılması, aşınma dayanımının yüksek tutulması ve kullanım ömrünün uzatılması hususlarında artı değer yaratmaktadır.

Bunlardan Hardox 400 malzemesi aşınma direnci yüksek olduğundan, Domex 700 MC malzemesi de yüksek mukavemetli olduğundan kara nakliyesi yapan araçlarda ince kesitli tasarımlara olanak sağlarlar. Dolayısıyla da aracın toplam kütleğinde gözle görülebilir bir azalma sağlayarak faydalı yükün artırılmasında önemli rol oynarlar. Faydalı yükün artmasının yanında aracın aşınma direncinin yüksek olması, aracın kullanım ömrünü artırmaktadır.

Bu tez kapsamında yapılan deneysel çalışmalarda yeni malzemeler kullanımının araç üretim maliyetlerini arttırdığı ve araç imalat süresini uzattığı görülmüştür. Ancak gerek toplam kütleinin hafifletilmesindeki kazanımlar gerekse de uzun vadede aracın kullanımının arttırılması kullanıcıya avantaj sağlamıştır.

Yeni geliştirilen malzemeler basınçlı kap imalatında da kullanılabilir. Özellikle akma mukavemeti yüksek olan Domex 700 MC malzemesi bu imalat için uygundur.

Ülkemizdeki imalatçıların, kesiti dar ve ileri teknoloji ile üretilmiş yeni nesil imalat malzemelerine yönelmeleri gerekmektedir. Böylece karayollarımızda meydana gelen asfalt bozulmalarının önüne geçilebilir ve nakliye araçlarının faydalı yükü artırılarak ekonomik açıdan kazanç elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- AİTMY, 2005, **Araçların İmal Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik**, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No: MMM/2005/379
- ALMANAK, 2007, **Dünya Gazetesi Yayınları Taşımacılık ve Lojistik Kataloğu**
- ANIK, S., 2000, **Gazaltı Ark Kaynağı**, Gedik Vakfı Yayın No:5, 171 s, İstanbul Araç Proje Mühendisi El Kitabı, **Makine Mühendisleri El Kitabı**, Yayın No: MMO72005/400
- Bearu Veritas Yayınları, 2007, **Kaynak Kalite Standartları**
- ÇAM, G., 2005, **Sürtünme Karıştırma Kaynağı (SKK) – Al-Alaşımaları İçin Geliştirilmiş Yeni Bir Kaynak Teknolojisi**, Mühendis ve Makina, Cilt 46, Sayı 541, S. 30-39
- ÇAM, G., 2007, **Sürtünme Karıştırma Kaynağı Uygulamalarındaki Son Gelişmeler**, Makina Tek., Sayı 120, S. 48-58
- ÇAM, G. ve KOÇAK, M., 1999, **Joining of Advanced Materials**, Area 6: Materials Science and Engineering, Topic 6.36.4: Materials Processing and Manufacturing Technologies, edited by Rees D. Rawlings, in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford, UK, (on line). Available: <http://www.eolss.net/>
- ERDEMİR Ürün Kataloğu, 2007
- ERYÜREK, İ., 2007, **Kaynak Teknolojisi**, Askaynak Yayınları, 132 s, İstanbul
- ERYÜREK, İ., 2007, **Gazaltı Kaynağı**, Askaynak Yayınları, 250 s, İstanbul
- GERİL, M., 2002, **Makine Mühendisliği El Kitabı**, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No: 170, 116 s, İstanbul
- KALUÇ, E. 2004, **Kaynak Teknolojisi El Kitabı**, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No MMO 12–0041–356, s 121, Kocaeli
- NANINI, G., 1993, **Stud Welding of Hardox**, s 65, Italy
- UZTUĞ, E. 1999, **Basınçlı Kaplar El Kitabı**, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları, Yayın No:126, 25 s, İstanbul
- <http://www.hardox.com./material>
- [http://www.domex.com / domex material](http://www.domex.com/domexmaterial)

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamamın her aşamasında büyük bir titizlik, sabır ve özveri ile bana destek olan, yol gösteren ve iyi bir bilimsel çalışma ortamı sağlayan danıőman hocam Sn. Prof. Dr. Grel AM'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

25 yıl kadar önce bu sektöre yönelik faaliyet gösteren, bir firma kuran ve beni de bu konuda eğiterek yaőamımı bundan kazanmamı sağlayan, hayatımın her aşamasında her konuda destek olan sevgili babam Cemil KİRMIT başta olmak üzere tüm aileme ve çalıőmalarım sırasında yardımlarına esirgemeyen mesai arkadaőım sevgili Ebru ALPMAN 'a ve Güven Makine çalıőanlarına teőekkürlerimi borç bilirim.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında İskenderun / HATAY’da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi aynı ilde tamamladım. 1999 yılında girdiğim Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi’nden, 2004 yılında Makine Mühendisi ünvanıyla mezun oldum. Aynı yıl Mustafa Kemal Üniversitesi’nde yüksek lisans eğitimine başladım. Halen, aileme ait İskenderun – HATAY’da faaliyetlerini sürdüren ve sektörünün öncü ve gurur duyulan firmalarından olan GÜVEN MAKİNE SANAYİ TİC. LTD. ŞTİ.’de imalat müdürü olarak görev yapmaktayım.

