



**ALÜMİNOTERMİK KAYNAĞI NDA KAYNAK PARAMETRELERİ NİN
DİKİŞ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Mirat TOSUN

**Anabilim Dalı: MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
Programı: İMALAT**

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Mirat VURAL

OCAK 2004

ÖNSÖZ

Günümüzde, dünyanın gelişmiş ülkelerinin tamamında kara taşımacılığının büyük oranda demiryolları kullanılarak gerçekleştirildiğini görmekteyiz. Ülkemizde ise demiryolu taşımacılığına uzun yıllardır gereken önem verilmemiş ve bunun sonucu olarak gerek karayolu taşımacılığının ekonomik olmayışı, gerekse trafik kazaları sebebiyle maddi ve manevi zararlar meydana gelmiştir.

Bu sebeplerden dolayı son yıllarda özellikle büyük şehirlerimizde şehirci toplu taşımacılığın raylı sistem üzerine kaydırılması amacıyla hem metro hem de hafif tramvay konusunda çeşitli projeler üretilerek büyük yatırımlar yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada yukarıda öne sürülen değindiğimiz demiryollarının kaynağında başarılı sonuçlar vermesi sebebiyle ülkemizde de yoğun olarak kullanılmaya başlanan Alüminotermik Kaynak yöntemini incelemek ve deneysel çalışmalar yapmak fırsatı buldum. Bu konuda çalışma fırsatı verdiği ve teziimin her aşamasında bilgisini paylaştığı için Doç. Dr. Murat VURAL başta olmak üzere tüm hocalarıma teşekkür ederim. Bu çalışma boyunca bana her konuda yardımcı olan AR-GE Tasarım Şefi Murat KAVAK ve Yol-Bakım Şefi Şerafettin DİLİVER nezdinde tüm ULAŞIM AŞ. çalışanlarına, hemşehriliği ve çalışmalarıyla ayrıca övündüğüm Dr. Mith. Abdurrahman GÜNDOĞDU'ya ve kaynakların yapılmasına olanak sağlayan Doç. Dr. Hâlit KALEBOZAN ve KB-THERMIT AŞ. çalışanlarına teşekkürü borç bilirim. Yaşamım boyunca maddi ve manevi desteklerini her zaman yanımda hissettiğim aileme ayrıca teşekkür ederim.

Ocak, 2004

Mik. Mith. Murat TOSUN

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. RAY MALZEMELERİ VE KAYNAK KABİLİYETLERİ	2
2.1. Rayların Sınıflandırılması	2
2.1.1. Kimyasal bileşim ve mekanik özelliklerine göre sınıflandırılması	2
2.1.2. Kesit şekline göre sınıflandırılması	3
2.2. Rayların Üretim Aşamaları	4
2.3. Ray Çeliklerinin Kaynak Kabiliyetleri	10
3. TERMİT KAYNAĞINDA İŞLEMAŞAMALARI	16
3.1. Kaynak Boşluğu	16
3.2. Kaynak Noktasının Hizalanması	18
3.2.1. Yatay hizalama	18
3.2.2. Dikey hizalama	18

3.3. Kalıp ve Cüruf Tablası'nın Sabitlenmesi	19
3.3.1. Kalıbın hazırlanması	19
3.3.2. Kalıbın sabitlenmesi	20
3.3.3. Kıl ile sıvama	21
3.4. Pot a ve Pot anı n Kur ul ması	23
3.4.1. Pot anı n kur ul ması	23
3.4.2. Pot anı n yerleřtiril mesi	25
3.5. Ön Isıt ma	25
3.5.1. Ta m ön ısıt ma	26
3.5.2. Kı sa ön ısıt ma	27
3.5.3. Ha va-propan alevi yle ön ısıt ma	27
3.5.4. Oksi-propan alevi yle ön ısıt ma	28
3.6. Ter mit Karışı m ile Reaksiyonun O uştur ul ması ve Dökü m İşle ni	29
3.6.1. Kaynak karışım	29
3.6.2. Reaksiyon	30
3.6.3. Ayır ıř ma	32
3.6.4. Dökü m	32
3.7. Kalı bı n Çöz ü l mesi	34
3.8. Pürüzleri n Te mi zli ğ i ve Bitir me İşle nleri	36
3.8.1. Kes me	36
3.8.2. Bořluklar daki fazl alı kl arı n te mi zli ğ i	36
3.8.3. Son kesit tařlan ması	36

3.9. Kullanılan Ekipman, Malzeme ve Makineler	37
3.9.1. Tüketilen kaynak malzemeleri	37
3.9.2. Ön ısıtma sistemlerinde kullanılan ekipman ve montaj malzemeleri	38
3.9.3. Hava-propan aleviyle kısa ön ısıtma da kullanılan özel ekipmanlar	39
3.9.4. Oksi-propan aleviyle kısa ön ısıtma da kullanılan özel ekipmanlar	40
3.10. Kaynak ve Temizlik İşleri ne Yardımcı Makineler	41
3.10.1. Tam ön ısıtma kompresörü	41
3.10.2. Ray kesme makinesi	41
3.10.3. Fazlalık kesme makinesi	41
3.10.4. Elektrot atılama makinesi	42
4. YAPILAN ÇALIŞMALAR	43
4.1. Kaynaklı Numunelerin Elde Edilişi	43
4.2. Deneysel Çalışmalar	44
4.2.1. Sertlik deneyleri	44
4.2.2. Kimyasal analizler	48
4.2.3. Mikroyapılar	49
5. DENEYSEL SONUÇLARIN İRDELENMESİ	58
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	61
EKLER	62
ÖZGEÇMİŞ	72

KISALTMALAR

UDT : Uzun Ön Tavlama, Dar Kaynak Aralığı Parametreleriyle H de Edilen Kaynağa Ait Tam Parça

UDY : Uzun Ön Tavlama, Dar Kaynak Aralığı Parametreleriyle H de Edilen Kaynağa Ait Yarı m Parça

UGT : Uzun Ön Tavlama, Geniş Kaynak Aralığı Parametreleriyle H de Edilen Kaynağa Ait Tam Parça

UGY : Uzun Ön Tavlama, Geniş Kaynak Aralığı Parametreleriyle H de Edilen Kaynağa Ait Yarı m Parça

KDT : Kısa Ön Tavlama, Dar Kaynak Aralığı Parametreleriyle H de Edilen Kaynağa Ait Tam Parça

KDY : Kısa Ön Tavlama, Dar Kaynak Aralığı Parametreleriyle H de Edilen Kaynağa Ait Yarı m Parça

KGT : Kısa Ön Tavlama, Geniş Kaynak Aralığı Parametreleriyle H de Edilen Kaynağa Ait Tam Parça

KGY : Kısa Ön Tavlama, Geniş Kaynak Aralığı Parametreleriyle H de Edilen Kaynağa Ait Yarı m Parça

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Rayların kesit tipine göre sınıflandırılması	2
Tablo 2.2. Ray malzemesinin kimyasal bileşimleri ve mekanik özelliklerine göre sınıflandırılması	3
Tablo 2.3. Düz tabanlı ray çeşitleri	6
Tablo 3.1. Ön ısıtma türüne göre kaynak boşluğu ölçüsü	16
Tablo 3.2. Ray boyutlarına göre kaynak boşluğu ölçüsü	16
Tablo 3.3. Ray sıcaklığına göre kaynak boşluğunun ölçüsü	17
Tablo 4.1. Esas metalin kimyasal bileşimi	48
Tablo 4.2. Kaynak metalinin kimyasal bileşimi	48

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1	Ray üretti m hattı 4
Şekil 2.2	Ray i malat akış şeması..... 5
Şekil 2.3	Rayların dikey ve yatay düzeltme neden geçmesi..... 7
Şekil 2.4	Değişik ray çeliklerini nakma/gerilme dayanım oranları.... 7
Şekil 2.5	Yüzeyi sertleştirilmiş rayların mikro yapıları 8
Şekil 2.6	Düz tabanlı (vinyl) rayların kalibrasyonu 9
Şekil 2.7	Rayın üst yüzeyindeki sertlik değişimi 9
Şekil 2.8	Ray kesiti üzerinde ultrasonik kontrol uygulanan bölgeler.. 10
Şekil 2.9	DN 8528'e göre kaynak kabiliyetini etkileyen faktörler 11
Şekil 2.10	Kaynak kabiliyetine etki eden faktörler 12
Şekil 3.1	Kaynak boşluğu 17
Şekil 3.2	Kaynak boşluğunun hizalanması 18
Şekil 3.3	Kaynak boşluğunun hizalanması..... 19
Şekil 3.4	Kalıp..... 19
Şekil 3.5	Kalıp ve alt tabakası 20
Şekil 3.6	Kalıp ve maça..... 20
Şekil 3.7	Kalıbın sabitlemesi..... 20
Şekil 3.8	Kalıbın sabitlemesi..... 21
Şekil 3.9	Killi kum ile sıvanma..... 22
Şekil 3.10	Kalıbın killi kum ile sıvanması..... 22
Şekil 3.11	Kalıbın killi kum ile sıvanması..... 23
Şekil 3.12	Potamontaj şeması..... 24
Şekil 3.13	Potamın kurulumu 24
Şekil 3.14	Üflecin sabitlemesi..... 25
Şekil 3.15	Üflecin konumu 25
Şekil 3.16	Oksi-propan alevi ile ön ısıtma..... 26
Şekil 3.17	Ön tavlama sırasında kor hale gelen ray uçları..... 26
Şekil 3.18	Üfleç konumu 27
Şekil 3.19	Üfleç konumu 28
Şekil 3.20	Otomatik tıkaç..... 28
Şekil 3.21	Karışımın potaya konulması..... 29
Şekil 3.22	Otomatik tıkaç sistemi 30
Şekil 3.23	Termit karışımı..... 31
Şekil 3.24	Termit karışımın potaya dökülmesi..... 31
Şekil 3.25	Tutuşturucu mataplara ile ateşleme 32
Şekil 3.26	Reaksiyonun başlangıcı 33
Şekil 3.27	Eriş metalin kalıba akışı 33
Şekil 3.28	Reaksiyon dökümünün başlangıcı..... 34
Şekil 3.29	Eriş metalin kaynak boşluğuna dökümü 34
Şekil 3.30	Kaynağın döküm sonrası kor hali..... 35
Şekil 3.31	Kaynağın soğumaya bırakılmış hali 35

Şekil 3.32	Elektrotaşıma makinesi ile ray yüzeyinin temizlenmesi ...	37
Şekil 3.33	Ray oluklarının taşlanması.....	38
Şekil 3.34	Ön ısıtma sistemlerinde kullanılan ekipman ve montaj malzemeleri	39
Şekil 3.35	Ön ısıtma sisteminde kullanılan özel ekipmanlar	39
Şekil 3.36	Hava-propan aleviyle kısa ömürlü maddelerde kullanılan özel ekipmanlar	40
Şekil 3.37	Oksi-propan aleviyle kısa ömürlü maddelerde kullanılan özel ekipmanlar	41
Şekil 3.38	Ray kesme makinesi.....	42
Şekil 3.39	Fazlalık kesme, taşıma makinesi.....	42
Şekil 3.40	Elektrotaşıma	44
Şekil 4.1	Kısa ömürlü maddelerde, dar kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen tam parçanın (KDT) sertlik değışı	45
Şekil 4.2	Kısa ömürlü maddelerde, geniş kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen tam parçanın (KGT) sertlik değışı	46
Şekil 4.3	Uzun ömürlü maddelerde, dar kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen tam parçanın (UDT) sertlik değışı	47
Şekil 4.4	Uzun ömürlü maddelerde, geniş kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen tam parçanın (UGT) sertlik değışı	48
Şekil 4.5	Geniş kaynak boşluğu, uzun ömürlü maddelerde parametrelerinde elde edilen tam parçanın (UGT) mikroyapı fotoğrafları (X100).	50
Şekil 4.6	Geniş kaynak boşluğu, uzun ömürlü maddelerde parametrelerinde elde edilen tam parçanın (UGT) mikroyapı fotoğrafları (X100).	51
Şekil 4.7	Dar kaynak boşluğu, uzun ömürlü maddelerde parametrelerinde elde edilen tam parçanın (UDY) mikroyapı fotoğrafları (X100).	52
Şekil 4.8	Dar kaynak boşluğu, uzun ömürlü maddelerde parametrelerinde elde edilen tam parçanın (UDY) mikroyapı fotoğrafları (X500).	53
Şekil 4.9	Geniş kaynak boşluğu, kısa ömürlü maddelerde parametrelerinde elde edilen tam parçanın (KGY) mikroyapı fotoğrafları (X100).	54
Şekil 4.10	Geniş kaynak boşluğu, kısa ömürlü maddelerde parametrelerinde elde edilen tam parçanın (KGY) mikroyapı fotoğrafları (X500).	55
Şekil 4.11	Dar kaynak boşluğu, kısa ömürlü maddelerde parametrelerinde elde edilen tam parçanın (KDY) mikroyapı fotoğrafları (X100).	56
Şekil 4.12	Dar kaynak boşluğu, kısa ömürlü maddelerde parametrelerinde elde edilen tam parçanın (KDY) mikroyapı fotoğrafları (X100).	57

ÖZET

ALÜMİNOTERMİK KAYNAĞINDA KAYNAK PARAMETRELERİNİN DİĞİŞ ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Alüminotermitik kaynağı, birbirine kaynak yapılacak iki parçanın, termit adı verilen karışımıyla elde edilen metal eriyiğinin, birleştirilecek parçalar arasındaki boşluğa dökülmesi ve katılaştırılması yoluyla birleştirilmesi prensibine dayanır. Alüminotermitik kaynak, özellikle demir yollarında kullanılan rayların birleştirilmesinde başarılı sonuçlar veren yüksek verimli bir kaynak yöntemidir. Alüminotermitik kaynaktaki kaynak kalitesini etkileyen iki temel parametreden, birincisi ray uçları arasındaki kaynak boşluğu, diğeri ise ray uçlarına uygulanan ön ısıtma miktarıdır. Bu çalışmada amaçlandığı üzere alüminotermitik kaynağında kaynak parametrelerinin değıştirilmesi ile kaynak bölgesinin sertlik mikroyapı ve kimyasal bileşimi gibi özelliklerinde meydana gelen değışimlerin kaynak kalitesine etkileri irdelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla yönelik olarak alüminotermitik kaynağında iki temel parametre olan kaynak boşluğu ve ön tavlama sıcaklığı birbirleri ile kombinasyon oluşturacak şekilde değıştirilerek bu çalışmanın ilk adımı olan kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaynak işlemlerinde ray malzemesi olarak Uluslararası Demiryolları Birliği yönetmeliğine uygun olarak A900 kalitesinde ve Alman S49 profil standardında raylar kullanılmıştır. Yapılan kaynaklardan alınan numunelerin sertlik değerleri ölçülmüş, kimyasal ve metalografik analize tabi tutularak elde edilen sonuçlar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Termit, Alüminotermitik Ray Kaynağı

ABSTRACT

EFFECTS OF PARAMETERS ON WELD QUALITY IN ALUMINOTHERMIC WELDING

Aluminothermic welding process relies on the principle that melting metal in a reaction with the help of a mixture, named thermit and casting melted metal into the welding gap between pieces which would be welded each other. Aluminothermic welding is a high productive process which gives perfect results especially in railway welding. There are two main parameters, that effect weld quality in aluminothermic welding. Firstly, welding gap between rail ends and secondly, preheating amount, applied on the rail ends. In this study we observed effects of changes in hardness, microstructure and chemical composition on the weld quality due to the changing welding parameters in aluminothermic welding as required. According to this target different ratios of two main parameters in aluminothermic welding, welding gap and preheating temperature, combined with each other and have been applied on welds as the first step of this study. According to International Railways Association's draft A900 qualitative, German S49 profile type rails has been used as rail material. Species, taken from welds, conformed to hardness tests, spectrum and metallographic analysis. Reports have examined closely as well.

Keywords: Thermit, Aluminothermic, Rail Welding

1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Alüminotermitik kaynağı (diğer adıyla termit kaynağı), birbirine kaynak yapılacak iki parçanın, termit adı verilen karışım yardımıyla elde edilen metal eriyiğinin, birleştirilecek parçalar arasındaki boşluğa dökülmesi ve katılaştırılması yoluyla birleştirilmesi prensibine dayanır.

Alüminotermitik kaynak, özellikle demir yollarında kullanılan rayların birleştirilmesinde başarılı sonuçlar veren yüksek verimli bir kaynak yöntemidir.

Alüminotermitik kaynaktaki kaynak kalitesini etkileyen iki temel parametreden, birincisi ray uçları arasındaki kaynak boşluğu (ağız aralığı), diğeri ise ray uçlarına uygulanan ön ısıtma miktarıdır.

Kaynak boşluğu, uygulanacak ön ısıtma yöntemi, rayın kimyasal bileşimi ve boyutları, ortam sıcaklığı gibi fiziksel ve kimyasal özelliklere göre belirlenir.

Seçilen kaynak prosedürüne göre kalıbın ve ray uçlarının ön ısıtılması çok önemli ve gereklidir. Pratikte tam ve kısa ön ısıtma olarak iki ayrı şekilde ve miktarlarda uygulanır. Kaynak boşluğu ve uygulanacak ön ısıtma miktarı kaynaklı birleşimin kalitesine ve özelliklerine doğrudan etki eden ve birbirlerine bağlı olarak belirlenmesi gereken parametrelerdir.

Bu iki parametreye ek olarak termit karışımının miktarı da yardımcı bir parametredir. Termit karışımının miktarı, standartlar dahilinde kalnak şartıyla, artırılarak kısa ön ısıtma yapılacak parçalarda kaynak ısısına yardımcı olacak bir ısı miktarı sağlanması yoluna da gidilebilmektedir.

Bu çalışmada S49 tipinde ve A900 kalite standartlarında raylar kullanılarak yapılan termit kaynaklı birleşimlerde, anılan kaynak parametrelerinin kaynak özelliklerine ve dikiş kalitesine etkileri irdelenmiştir.

2. RAY MALZEMELERİ VE KAYNAK KABİLİYETLERİ

2.1. Rayların Sınıflandırılması

Demiryollarında kullanılan raylar, kesit şekillerine (Tablo 2.1), kimyasal bileşenleri ve mekanik özelliklerine (Tablo 2.2) ve fiziksel özelliklerine (Tablo 2.3) göre uluslararası standartlarla çeşitli sınıflandırmalara tabi tutulmuşlardır. Bunlardan başlıcaları; Uluslararası Demiryolları Birliği (International Railway Association (2)), Avrupa Standartlar Komitesi (European Standards Committee (3)), Amerikan Demiryolları Teknik Birliği (American Railway Engineering Association (4)), ve İngiliz Demiryolları (British Standards (5)) standartlarıdır.[1]

Tablo 2.1 Rayların kesit tipine göre sınıflandırılması

Ray Kesiti	Çelik Kalitesi	Alaşım Değerleri (%)					Sertleştirme Sonrası Mekanik Özellikler		
		C	Si	Mn	P max.	S max.	R _m N/mm ² MPa	A ₅ %	Yüzey Sertliği HB
Oluklu Raylar	THH* 700	0,45 – 0,60	0,15 – 0,58	0,80 – 1,20	0,025	0,025	≥ 880	≥ 14	≥ 270
	THH* 800	0,50 – 0,60	0,15 – 0,58	0,90 – 1,15	0,025	0,025	≥ 960	≥ 12	≥ 290
	THH* 900	0,72 – 0,80	0,15 – 0,58	0,70 – 1,20	0,20	0,025	≥ 1175	≥ 10	≥ 330
Düz Tabanlı Raylar								≥ 10	≥ 350

2.1.1. Kimyasal Bileşim ve Mekanik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Rayların uluslararası standartlarca kimyasal bileşim ve mekanik özelliklerine göre sınıflandırılması Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 Ray malzemesinin kimyasal bileşimleri ve mekanik özelliklerine göre sınıflandırılması

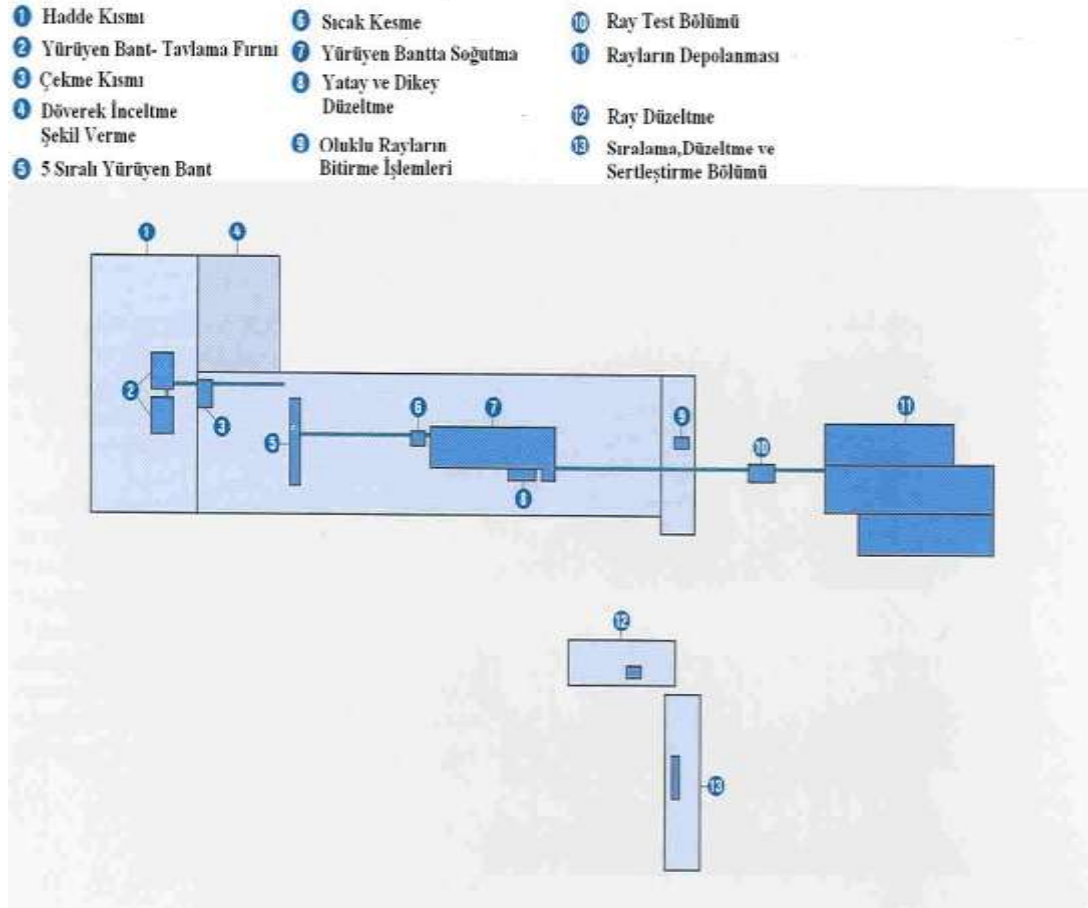
Ray Çeliği	Kimyasal Bileşimleri (%) 1							Mekanik Özellikler		
								Gerilme Dayanımı	Uzama Miktarı	Sertlik
	C	Si	Mn	P	S	Cr	V	R _m N/mm ² MPa	A ₅ %	HB
Standart Kaliteler										
UIC 860- V' ye göre (2)										
Kalite 700	0,40 – 0,60	0,05 – 0,35	0,80 – 1,25	≤ 0,050	≤ 0,050			680 – 830	≥ 14	
Kalite 900 A	0,60 – 0,80	0,10 – 0,50	0,80 – 1,30	≤ 0,040	≤ 0,040			880 – 1030	≥ 10	
Kalite 900B	0,55 – 0,75	0,10 – 0,50	1,30 – 1,70	≤ 0,040	≤ 0,040			880 – 1030	≥ 10	
prEN 13674-1'e göre(3)										
Kalite 200	0,40 – 0,60	0,15 – 0,58	0,70 – 1,20	≤ 0,035	0,008 – 0,035	≤ 0,15	≤ 0,030	≥ 680	≥ 14	200 – 240
Kalite 220	0,50 – 0,60	0,20 – 0,60	1,00 – 1,25	≤ 0,025	0,008 – 0,025	≤ 0,15	≤ 0,030	≥ 770	≥ 12	220 – 260
Kalite 260	0,62 – 0,80	0,15 – 0,58	0,70 – 1,20	≤ 0,025	0,008 – 0,025	≤ 0,15	≤ 0,030	≥ 880	≥ 10	260 – 300
Kalite 260 Mn	0,55 – 0,75	0,15 – 0,60	1,30 – 1,70	≤ 0,025	0,008 – 0,025	≤ 0,15	≤ 0,030	≥ 880	≥ 10	260 – 300
AREA'ya göre (4)										
Standart	0,72 – 0,82	0,10 – 0,60	0,80 – 1,10 ^m	≤ 0,035	≤ 0,037			≥ 965	≥ 9	≥ 300
BS 11'e göre(5)										
Normal Kalite	0,45 – 0,60	0,05 – 0,35	0,95 – 1,25	≤ 0,040	≤ 0,040			≥ 710	≥ 9	
Kalite A	0,65 – 0,80	0,10 – 0,50	0,80 – 1,30	≤ 0,040	≤ 0,040			≥ 880	≥ 8	
Kalite B	0,55 – 0,75	0,10 – 0,50	1,30 – 1,70	≤ 0,040	≤ 0,040			≥ 880	≥ 8	

2.1.2 Kesit Şekline Göre Sınıflandırılması

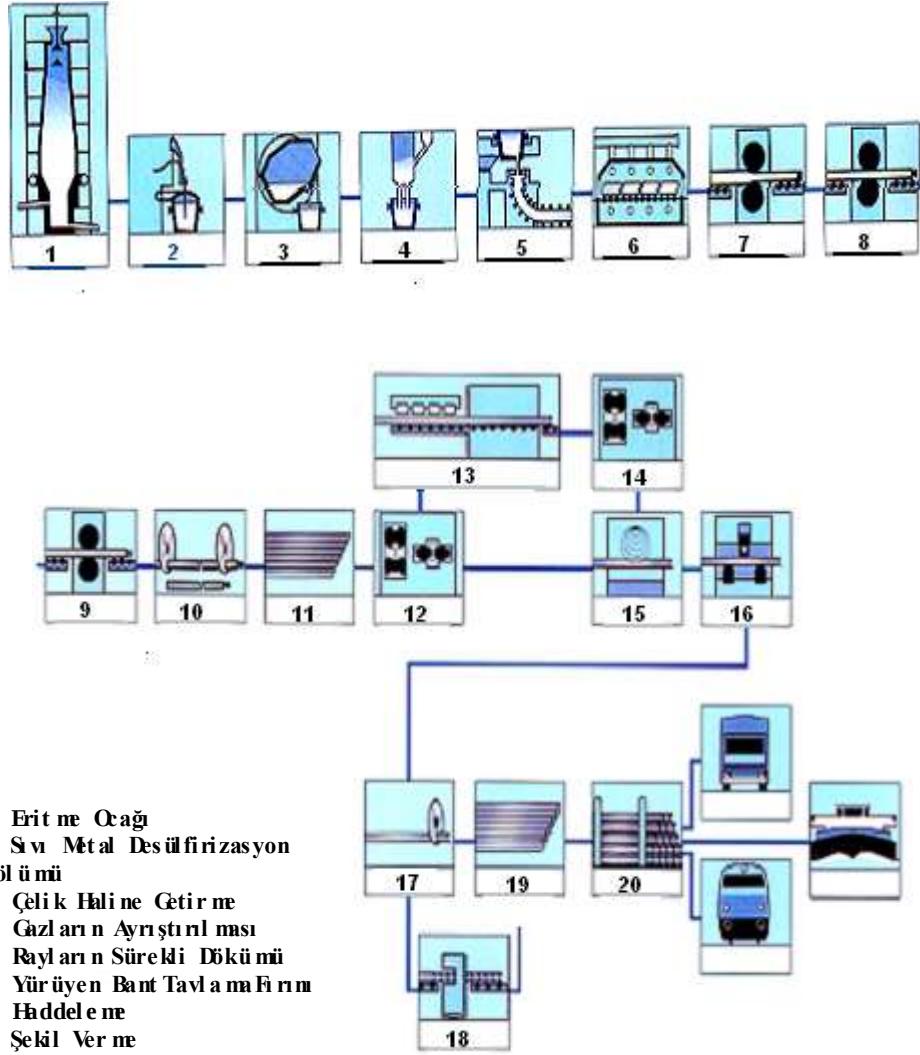
Rayların kesit şekline göre düz tabanlı, oluklu, travers ve geçiş (makas) rayları şeklinde sınıflandırılırlar. Tablo 2.3' de bu çalışmada kullanılan düz tabanlı rayların kesit şekli ve detaylı boyutları gösterilmektedir.[1]

2.2 Rayların Üretim Aşamaları

Demiryollarında kullanılan rayların üretimi; teknik altyapı, deneyim ve ileri teknoloji gerektirir. Rayların üretim aşamaları şematik olarak Şekil 2.1 ve Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Demiryolu rayları kullanımı esnasında maruz kalacakları mekanik, kimyasal ve fiziksel zorlanmalar karşısında dayanımlarını uzun süre muhafaza etme zorunluluğundan dolayı yüksek dayanım değerlerinde imal edilmeleri gerekir (Şekil 2.3, Şekil 2.4) [1, 2].



Şekil 2.1 Ray üretimi hattı



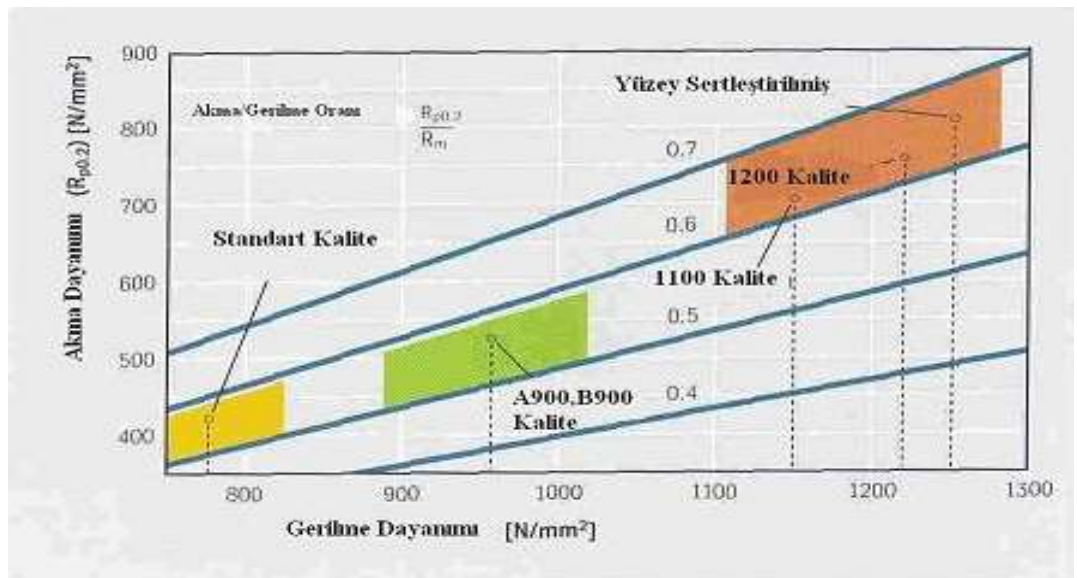
- 1) Eritme Ocağı
- 2) Sıvı Metal Desülfiyasyon Bölümü
- 3) Çelik Hali ne Getirme
- 4) Çakıların Ayrıştırılması
- 5) Rayların Sürekli Dökümü
- 6) Yürüyen Bant Tavlama Fırını
- 7) Haddelene
- 8) Şekil Verme
- 9) Son Şekil Verme
- 10) Sıcak Kesme
- 11) Yürüyen Bant İle Soğutma
- 12) Yatay Düzeltme
- 13) Yüzey Sertleştirme
- 14) Yatay Düzeltme
- 15) Test Ve Kontrol
- 16) Yanal Düzeltme
- 17) Baş Kesme
- 18) Kafa lar ın Sertleştirilmesi
- 19) Son Kontrol
- 20) Depolama Ve Sevkiyat

Şekil 2.2 Ray imalat akış şeması



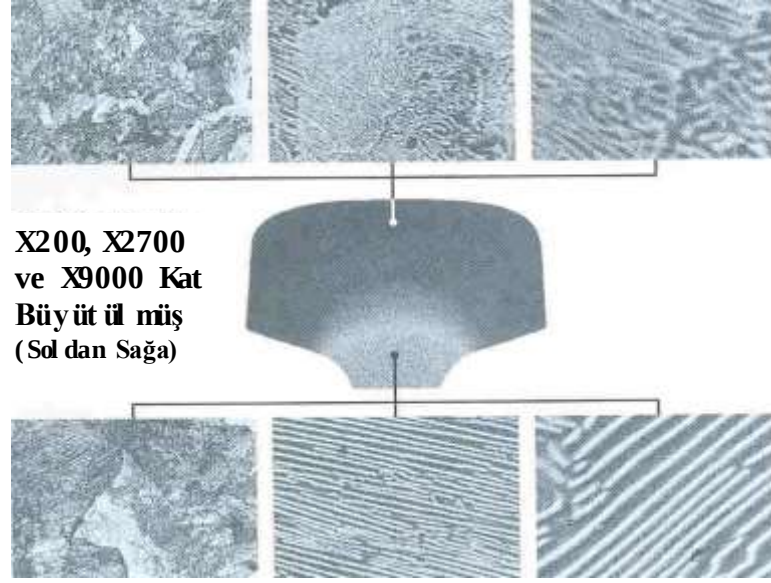
Şekil 2.3. Rayların yatay ve dikey düzeltmeden geçmesi

Ray imalatında çelik üretimi oksijen üfleme yöntemi ne göre, dökümlüleri ise çubuk dökme yöntemi ne göre yapılır. Raylarını imal edildiği malzeme haddelenmiş ve sakin havada soğutulmuş Karbon – Mangan çeliğidir. Üst yüzey hasarını ve pürüzlülüğünü mümkün en az düzeyde tutmak için pullanmalar haddelene işleminde sırasında yüksek basınçla pul giderme yöntemi ile giderilir. Hadde çevresinin sürekli yağlanması uygulanarak üst yüzey hataları oluşumu engellenir. Bu iki önlemin amacı mümkün olduğunca düz seyir yüzeyi olan raylar üretmektir.[3]



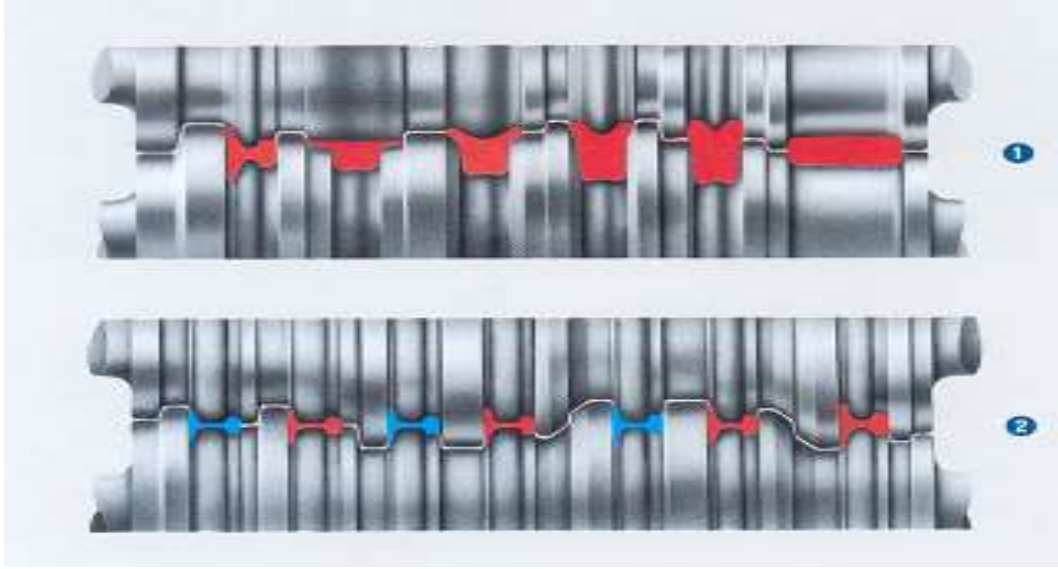
Şekil 2.4. Değişik ray çeliklerinin akma/gerilme dayanım oranları

Isıl işlemler görmüş çelik kalitelerinde ray kafasının ısıtılması bir polimer sıvısının eriyiği içinde hızlandırılmış soğutma ile yapılır. Isı işlemin amacı, yalnızca ray kafasında, rayın mantar kesitinde ince perlitik bir doku üretmektir (Şekil 2.5), böylece bu bölge mekanik özellikleri sayesinde sürtünme aşınmasına karşı daha yüksek mukavemet gösterir (Şekil 2.7).

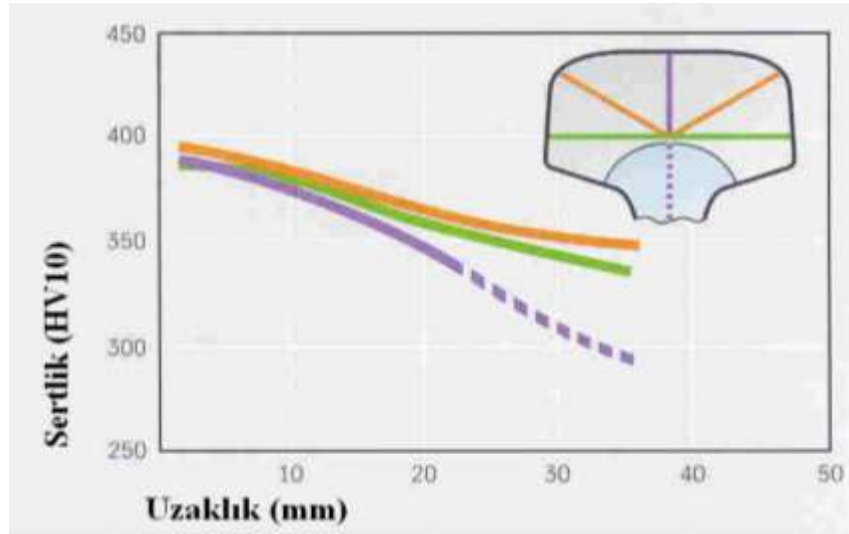


Şekil 2.5 Yüzeyi sertleştirilmiş rayların mikroyapıları

Bu yüzden sadece ray üst yüzeyi sertleştirme sıvısı içine batırılır, ray gövdesi ile ray ayağının soğutulması ise durgun havaya bırakılarak yapılır. Rayların doğrultulması, rayın tüm uzunluğu boyunca iki düzlemde makaralı doğrultma makinesi yardımı ile haddelenerek gerçekleştirilir (Şekil 2.6 1. Döverek şekil verme 2. Bitirme işlemi). Haddelenen ray uçları kesilerek atılır.

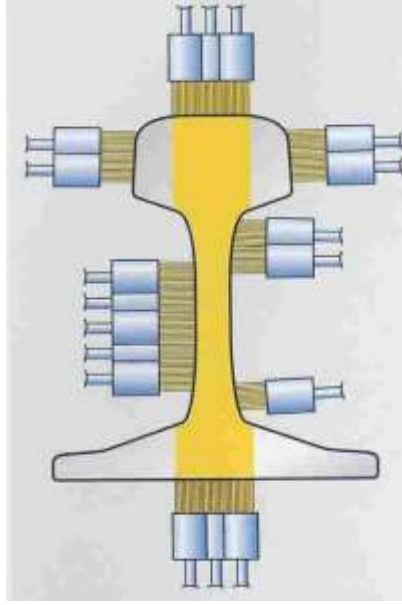


Şekil 2.6 Düz tabanlı (vinyl) rayların kalibrasyonu



Şekil 2.7 Rayın üst yüzeyindeki sertlik değişimi

Bütün bu işlemler sırasında tüm kontroller (Şekil 2.8) büyük bir dikkatle yapılarak, mükemmel ürün kalitesine ulaşılması hedeflenir.[4]



Şekil 2.8 Ray Kesiti Üzerinde Ultrasonik Kontrol Uygulanan Bölge ler

2.3. Ray Çeli kleri ni n Kaynak Kabili yetleri

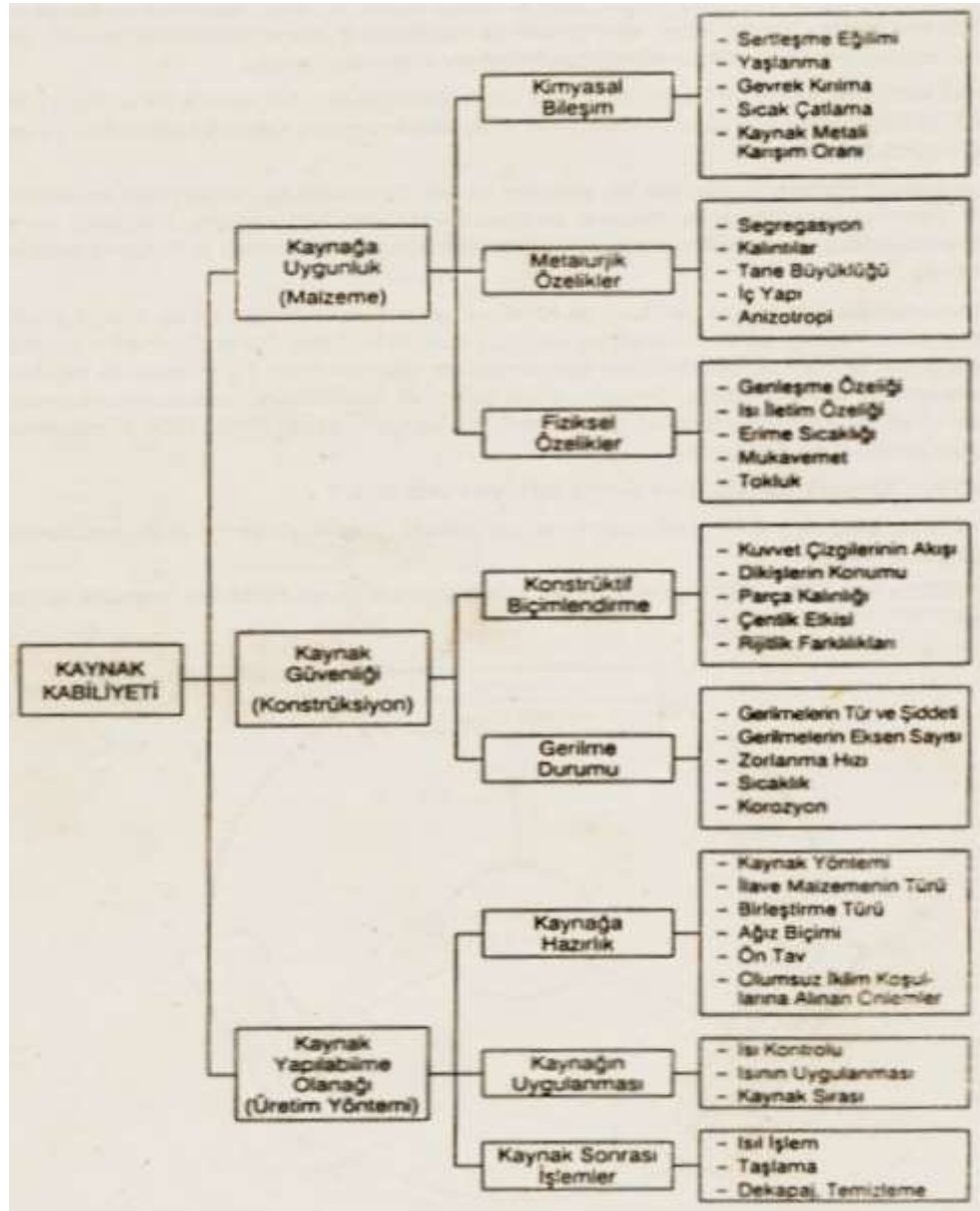
Bir met alsel mal ze ne şayet ısı nın tesiri altında kalan böl gedeki özellikleri fazla mi ktar da tahri be uğ ra nı m ş sa kaynağa uygun olarak kabul edilebilir. Bazı haller de bu böl genin özellikleri ni n korunması ba kım ından, özel önlem ve yöntemlere gerek duyulabilir; iş te bu gi bi durumlarda mal ze menin kaynak kabiliyeti özelli ği ni n incelenmesi gerekir.

Kaynak kabiliyeti kesin olarak ifade edilemeyen, kompleks bir anlam olan bir özelliktir. Uluslararası Kaynak Enstitüsü IX komisyonu kaynak kabiliyetini şu şekilde açıklamaktadır:

“Bir met alsel mal ze ne, verilen bir yöntem ile bir dereceye kadar kaynak edilebilir. Uygulanarak met alik bağlantı elde edildi ği za man, bağlantı yerel özellikleri ve bunların konstrüksiyona etkisi ba kım ından, belirlenmiş bulunan özellikleri sağ la malı dır.” [5]

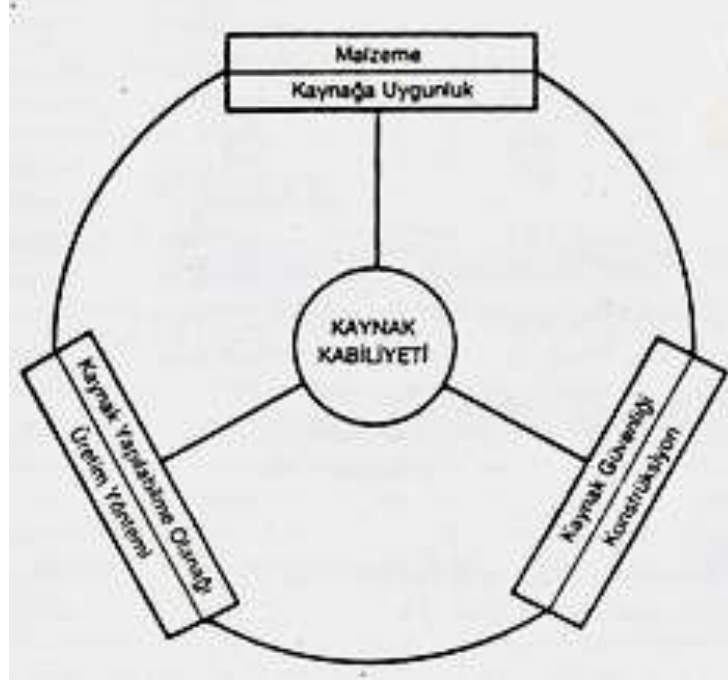
Açı klanadan da görü ldü ğü gi bi kaynak kabiliyeti yalnız mal ze meye ait bir özellik de ğ il, aynı za man da kaynak yöntemi ne ve konstrüksiyona da ba ğ lı dır.

Bir malzeme bir kaynak yönteminde gayet iyi bir kaynak kabiliyeti göstermesine rağmen diğer bir yöntemde zayıf kabiliyetine sahip olabilir. DIN normlarına göre kaynak kabiliyetine etkileyen faktörler, şematik olarak Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de gösterilmiştir. [5]



Şekil 2.9 DIN 8528'e göre kaynak kabiliyetini etkileyen faktörler

Bir metal malzeme yüksek derecede kaynak kabiliyetine sahiptir denildiğinde, özel önlemlere başvurulmadan tatminkar bir kaynak kalitesinin elde edileceği anlam ortaya çıkmaktadır. Bir kaynak bağlantısının özelliğine etki eden faktörlerin en önemlisi kaynak işlemi sırasında oluşan yüksek sıcaklığın yerel dağılımı ve değişimi karşısında metalin davranışlarıdır.



Şekil 2.10 Kaynak kabiliyetine etki eden faktörler

Her men her men bütün kaynak yöntemleri, kaynak edilen metal malzemenin kaynak bölgesinin yerel erime veya metalin solidüsüne yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılmasını gerektirmektedir. Böyle bir sıcaklığa kadar ısıtmayı izleyen soğuma, metalde iç yapı değişimleri ne neden olduğu gibi, yüksek sıcaklık, kaynak metal, cüruf, esas metal ve ortam atmosferi arasında bir takım kimyasal reaksiyonların oluşmasını da kolaylaştırır.

Bütün erime kaynak yöntemleri temel olarak bir döküm işlemi andırır. Kaynak metal, uygulanan yüksek sıcaklık karşısında erir ve daha önceden hazırlanmış olan kaynak boşluğu içine dökülür, bu arada kaynak boşluğunu kenar yüzeyleri de bir miktar erir ve erimiş kaynak metal ile esas metal karışarak kaynağı içinde katılaşır.

Bu işlemin sırasında kaynak edilen malzeme nelerin kaynak dişi ne bitişik kısımlarında, metalin erime sıcaklığından ortam sıcaklığına kadar değişik sıcaklık dereceleri de ısınmış bölgeler ortaya çıkar. Böylece malzeme ye sıcaklık derecesi kaynak işleminde belirlenmiş, bir ısı çevrim uygulanmış olur.

Bir kaynak dişinin kesiti metalografik olarak incelendiğinde erimiş olan bölgeyi sınırlayan erime çizgisi belirgin bir şekilde görülür. Metalin solidüsünden daha yüksek bir sıcaklık derecesine kadar ısınmış olan erime bölgesi kimyasal bileşimi olarak esas metal ve ek kaynak metali karışımından ibarettir. Tek pasolu kaynak dişilerinde, bu bölgede esas metal ve kaynak banyosundaki şiddetli türbülansın etkisiyle karışmıştır ve oldukça homojen bir bileşimi gösterir.

Sıvı haldeki metal içinde atomlar birbirleri arasında hareket serbestisine sahiptirler. Soğuma sırasında ; sıcaklık metal ve alaşımın katılma noktasına kadar düşünce, atomların kristal kafesleri meydana getirmek üzere birleşmeleri ile çekirdek oluşur. Bu sırada metalden ve kristal kafeslerinin ilavesi ile büyüme ye devam eder. Katılma anında ortaya çıkan erime ısısı doğal soğuma hızını etkileyerek tanelerin fazla büyümesini önler. Tanelerin büyüyebilmesi için ısı nın sürekli olarak metal den çekilmesi gereklidir. Kaynak halinde ısı nın büyük bir kısmı erime bölgesinden iletilebilir ve dolayısı ile soğuma yönünde paralel , oldukça iri silindirik taneler oluşur.

Kaynak işleminde, genellikle metal önce likidüs ün üstünde bir sıcaklığa kadar ısıtılır ve soğutulmaktadır, soğuma yavaş bir şekilde gerçekleştiğinde elde edilen yapı tane büyüklüğünün dışında, ilk yapının aynıdır; ancak soğumanın hızlı olması halinde çeliğin kaynağı etkileyen çok önemli durumlar ortaya çıkar.

Ostenitizasyon sıcaklığına kadar ısıtılmış ötektoid bileşimde (%0.8 C) bir çelikte, ostenit denge koşullarını her an koruyabilecek bir yöntemle soğutulduğunda, tanelerin perlit tanelerinden oluşan bir içyapı elde edilecektir. Dönüşüm 723° C de gerçekleşecek ve ısı tane halinde ise bu olayın tam tersi meydana gelecektir. Ötektoid altı bir çelik (< % 0.8 C) ostenizasyon sıcaklığından itibaren aynı şekilde soğutulduğunda, ostenitin tane sınırlarında ferrit çekirdekleşmeye başlayacaktır. Sıcaklık azaldıkça bu çekirdekler irileşecek ve ferrit taneleri oluşacaktır.[6]

Çeliğin birleşimine göre ferritin oluşma hızı miktarı, soğuma hızı ile ilgilidir. Sıcaklık 723 ° C ye üstüğü zaman kalan ostenit % 0.8 C içerir ve tamam perlitte dönüşür. Sonuçta ferrit ve perlit tanelerinden oluşan bir içyapı elde edilir.[7]

Kaynak açısından en önemli nokta bazı tür çeliklerde görülen yüksek sıcaklıktan itibaren hızlı soğuma sonucunda ortaya çıkan sertleşmedir. Çeliğin bileşimine ve soğuma hızına bağlı olarak 350HV' ye kadar çıkabilen bu sert yapıya martenzit adı verilir. Çok kırılğan olan martenzitik yapının sertliği ise içerdiği karbon miktarına bağlıdır. Uygulamada en yüksek sertlik % 0.7-0.8 C içeren çeliklerde görülmektedir. Martenzitik yapının gelişmesinde karbonun yanı sıra en önemli etken soğuma hızıdır. %0.3' den daha fazla karbon içeren çelikler ancak yüksek sıcaklıktan itibaren suyun içine atılarak soğutuldukları zaman sertleşme göstermelerine karşın alaşım elementi içeren çeliklerde çok daha yavaş soğuma sonucunda da sert ve kırılğan martenzitik yapı elde edilebilmektedir. Kaynak işleminde genellikle metal önce erime sıcaklığının üstünde bir sıcaklığa kadar ısıtılmakta sonrada soğumaktadır. Yapılan deneyler ve ölçümler kalın bir çelik parça üzerinde kaynak bölgesinin soğuma hızının yüksek sıcaklığa kadar ısıtılmış ve suya atılarak soğutulan bir parçanın soğuma hızına eşdeğer olduğunu göstermiştir bu bakımdan belli bir miktarın üstünde karbon ve alaşım elementi içeren içeriklerin kaynak bölgesinde böyle bir sertleşme gevrek yapının ortaya çıkacağı açıkça görülebilen bir olaydır. Uluslararası Kaynak Enstitüsü'nün Kaynak Kabiliyeti Komisyonu, çatlama karşı bir emniyet olarak ITAB' da sertliğin 350 HV' i aşmamasını önermektedir. [5]

Kaynakta çeliğin sertleşme eğilimini belirten bir değer sayısının bulunması ve bununla çeliğin bileşimine dayanarak kaynak kabiliyetini belirten bir formülün elde edilebilmesi için bir çok çalışmalar yapılmış ve alaşım elementlerinin verdiği sertleşmeye eşdeğerde sertliği sağlayan karbon miktarı saptanmıştır. Bu şekilde saptanan ve çeliğin bileşimindeki alaşım elementlerinin oluşturduğu sertliğe eş sertliği veren karbon miktarına "karbon eşdeğeri" (Ceq) adı verilir.

Karbon eşdeğeri büyüdükçe kaynaktan sonra soğumanın yavaşlatılması gerekmektedir. Bunun için de tek çözüm parçaya kaynaktan önce bir öntavlama uygulayarak soğuma hızını yavaşlatmaktır. Karbon eşdeğerine bağlı olarak öntavlama sıcaklıkları saptanmış olduğundan uygulamada olay oldukça basite indirgenmiştir; yalnız burada kesinlikle bilinmesi gereken çeliğin bileşimidir.[8]

Uslararası Kaynak Enstitüsünün, I X No'lu Ko misionu'nun (Kaynak Kabiliyeti Ko misionu) karbon eşdeğeri for mül üne

($C_{\text{eş}} = \%C + \%Mn/6 + \%Mo/5 + \%Cr/5 + \%V/5 + \%Ni/15 + \%Cu/15$) göre bu çalış mada kulland ı ğ ımız A900 kalitesindeki rayların karbon eşdeğeri; $C_{\text{eş}}=0.88$ olarak hesaplan mıştır. Bu yüksek değerdeki karbon eşdeğeri ter mit kaynağ ında uygulanan öntavlamanın gerekli ol duğunu göster mektedir. Rayların al ümi not er mi k kaynağ ında soğuma hız ını artıran unsurlardan bir tanesi de rayın büyük kütlesi dir. Ter mit kaynağ ı sırasında ıs ının kaynak merkezi nden raya doğru hız la geç iş i, yeterli derecede bir öntavlama yapılmaz ise hızlı soğumaya dolayısıyla istenmeyen sert ve kırılğan bir yapı oluş umuna sebep olabilir.[8 9]

3. TERMİT KAYNAĞINDA İŞLEMAŞAMALARI

3.1. Kaynak Boşluğu

Kaynak boşluğu, kaynak yapılacak iki ray ucu arasındaki açıklıktır (Şekil 3.1). Eğer ray uçlarının belli bir kaynak boşluğu elde etmek için ya da ray uçlarında olması muhtemel bozuklukları gidermek için kesilmesi gerekiyorsa, bir ray kesici alet ya da oksijenle kesme işlemi kullanılabilir. Aşağıdaki kaynak boşlukları kaynak prosedürüne göre belirlenir (Tablo 3.1).[10]

Tablo 3.1. Ön ısıtma türüne göre kaynak boşluğu ölçüsü

Ön ısıtma türü	Kaynak boşluğu (mm)
Tam ön ısıtma	16 –20
Kısa ön ısıtma	21 – 25
Kısa ön ısıtma (geniş aralık)	45 – 51

Dğer bir kritere göre kaynak boşluğu ray boyutlarına yani rayın birim uzunluğu başına ağırlıklı olarak belirlenir (Tablo 3.2).

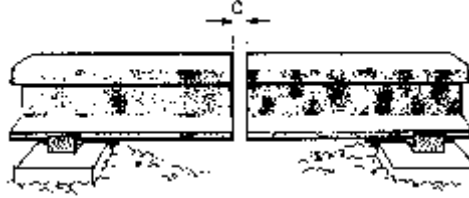
Tablo 3.2. Ray boyutlarına göre kaynak boşluğu ölçüsü

Ray boyutu (kg/ m)	Kaynak boşluğu (mm)
34-41	17 ± 2
42-60	19 ± 2

Bir başka kritere göre ise ray sıcaklığına bağlı olarak kaynak boşluğu belirlenir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3. Ray sıcaklığına göre kaynak boşluğunun ölçüsü

Ray sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	Kaynak boşluğu (mm)
$\text{Tr} < 10^{\circ}\text{C}$	20
$10 < \text{Tr} < 19$	15
$20 < \text{Tr} < 25$	10
$25 < \text{Tr}$	0



Şekil 3.1. Kaynak boşluğu

Doğru kaynak boşluğu ray uçlarından biri yada her ikisi kesilerek elde edilebilir. Fakat şu unutulmamalıdır ki ray uçları düzgün ve yere dik olmalıdır. Kesme işlemi sırasında başlangıç noktaları ray ayaklarına ve traverslere işaretlenmelidir ki rayda uzunlamasına bir oynama olursa kolayca saptanabilsin (Şekil 3.2). Eğer ön ısıtma sırasında belirlenen aralıktan bir farklılaşma saptanırsa kaynak işlemi durdurulmalı ve düzeltmeler yapılmalıdır.[11]



Şekil 3.2 Kaynak boşluğunun hizalanması

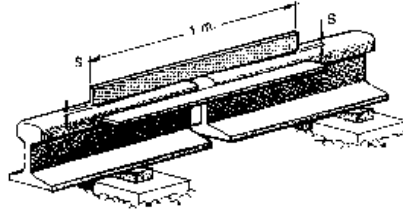
3.2 Kaynak Boşluğunun Hizalanması

3.2.1 Yatay Hizalama

Ray uçlarının iç yüzleri kaynak boşluğunu her iki tarafında eşit olacak şekilde bir metrelik çelik bir cetvelle hizalanır.

3.2.2 Dikey Hizalama

Ray uçları kaynak sonrası kendini çekme ve çarpılmaı önlemek için bir miktar yükseltilir. Çelik cetvel kaynak boşluğu merkezlenecek şekilde rayın mantar kesitinin üstüne konur ve cetvelin her iki ucuyla ray arasındaki boşluğun (s) aynı olması, gerekirse kama yardımıyla sağlanır. Bu boşluk 0.5 ile 1 mm arasında olmalıdır (Şekil 3.3). Ayrıca rayların alınların da yine 1 mlik çelik cetvel ile gerekirse travers ile kama sıkıştırılarak ayarlanmalıdır. Vraj ve dönüşlerde rayların esnekliğine bağlı olarak yine kama ve traversler yardımıyla ayarlamalar yapılır



Şekil 3.3 Kaynak boşluğunun hizalanması

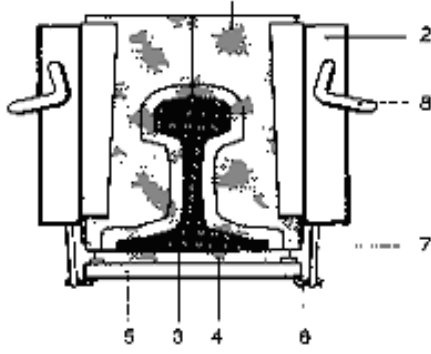
3.3. Kalıp ve Cüruf Tablası n n Sabitlenmesi

3.3.1. Kalıbın Hazırlanması

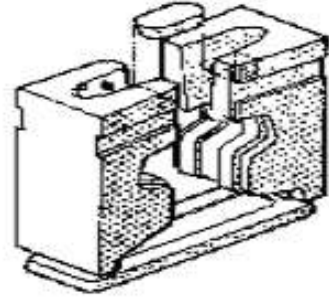
Kalıp 4 adet seramik parçadan oluşur (Şekil 3.4); Bir adet kumkalıp maçası, iki adet yarı kalıp ve kalıp alt plakası (Şekil 3.5). Eğer gerekirse iki yarı kalıp işaretli yerlerden kesilebilir (Şekil 3.6). Bu kesme işlemi sırasında kalıp içine dökülen kumlar, kalıp ray üzerine sabitlenmeden temizlenmelidir.



Şekil 3.4 Kalıp



Şekil 3.5 Kalıp ve alt plakası



Şekil 3.6 Kalıp ve maça

3.3.2 Kalıbın Sabitlenmesi

İki yarı kalıp (1), destek plakalarına sabitlenir (2). Daha sonra her biri kaynak boşluğunu merkezleyecek şekilde raya (3) sabitlenir. Alt plaka (4) destek plakasına (5) oturtulur ve yarı kalıpları merkezleyecek şekilde ray ayağının altına sabitlenir. Destek plakası üzerindeki kulplar (6) ile kalıp destek plakalarındaki hal kalara (7) sabitlenir ve kışkaçlar (8) kapatılır. Yarı kalıpların alt plakaya sıkı bir şekilde montelenmesi erimiş metalin kalıp dışına kaçmasını önlemesi bakımından çok önemlidir (Şekil 3.7, Şekil 3.8).



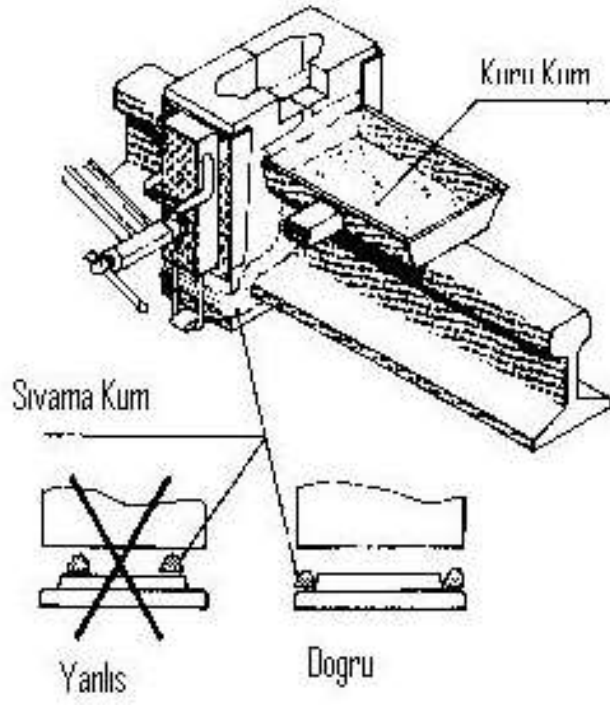
Şekil 3.7 Kalıbın sabitlenmesi



Şekil 3.8 Kalıbın sabitlenmesi

3.3.3 Killi Kumile Sıvama

Öncelikle birbirlerine sıkı bir şekilde montajlanmış yarı kalıplar ve alt plakamın güvenlik açısından ek yerleri nem oranı %5-6'yı geçmeyen killi kumla sıvanarak mühürlenir (Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11). Cüruf tablası, kalıbın üst kısmında erimiş metalin fazlalığının taşınması için kesilene tarafına ray üzerine içinde delinmesi ni önlemek için kuru kum konularak sabitlenir ve etrafı yine killi kumle sıvanır. [12]



Şekil 3.9 Kılı kum ile sıvama



Şekil 3.10 Kalıbın kılı kum ile sıvanması

3.4 Pot a ve Pot an n K ur ul m as ı

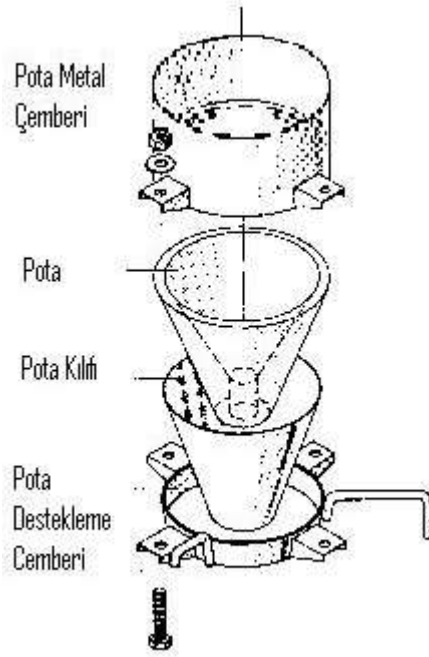
Pot a, döküm sırasında maruz kalacağı yüksek sıcaklıktan dolayı kısa sürede defor masyona uğrayabilir. Bunun önlenmesi açısından bileşiminde Molibden, Vanadyum Krom gibi yüksek sıcaklık dayanımını iyileştirecek alaşımlar içeren ostenitik çelikten imal edilirler.



Şekil 3.11 Kalıbın killi kum ile sıvanması

3.4.1. Pot an n K ur ul m as ı

Pot an n montaj elemanları şunlardır; potayı destekleyici (tutucu) çember (1), pota kılıfı (2), pota (3), pota metal çemberi (4). Pota ve metal çemberi arasındaki birleşme mutlaka killi kum ile sıvanmalıdır (Şekil 3.12). Eğer kaynak sırasında yeni bir pota kullanılıyorsa, pota ön ısıtma tertibatı ile yaklaşık 20 dakika ısıtılmalıdır.



Şekil 3.12 Pota montaj şekli

Eğer günlük kullanılan bir pota ise en az 6 dakikalık bir süre yapılarak potanın kurutulması ve içinde hiç nemyada buhar kalması sağlanmalıdır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13 Potanın kurutulması

3.4.2 Potanın Yerleştirilmesi

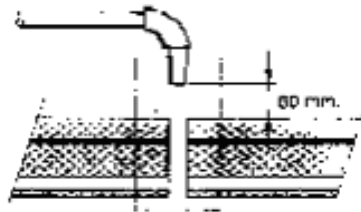
Potanın kalıbın üst yüzeyinden yüksekliği kesinlikle 40 mm'yi geçmemelidir. Potanın ve kalıbın birbirlerine göre pozisyonlarının bütünlük içinde olması, dikey açılarının aynı olması, dökümün kalıp maçası merkezine düşmesi açısından çok önemlidir.



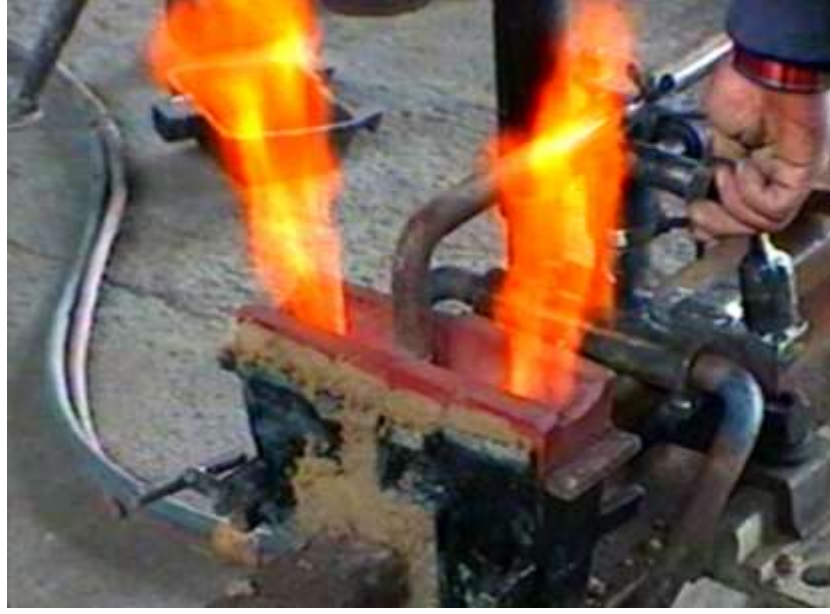
Şekil 3.14 Üfleğin sabitlenmesi

3.5 Ön Isıtma

Seçilen kaynak prosedürüne göre kalıbın ve ray uçlarının ön ısıtılması önemli ve gereklidir. Ön ısıtmayı; kısa ve tam ön ısıtma olarak iki şekilde inceleyebiliriz.



Şekil 3.15 Üfleç konumu



Şekil 3. 16 Oksi-propan alevi ile ön ısıtma

3. 5. 1. Tam Ön Isıtma

Tam ön ısıtma prosedürüne göre ray uçları mantar kesiti nden tabana kadar 850-900 °C ye kadar ısıtılır (Şekil 3. 17).



Şekil 3. 17 Öntavlama sırasında kor hale gelen ray uçları

Pratiğe bu sıcaklık kaynakçı tarafından tahmini olarak belli bir süreyle yakalanır. Bahsedilen sıcaklığa ulaşmak için gerekli süre ray boyutlarına çevre sıcaklığına ve ön ısıtma ekipmanına göre değişir. Çok hızlı sıcaklık yükselmesini önlemek için hava- benzin veya hava-propan karışımı ön ısıtma ekipmanları kullanılmalıdır. Hava-benzin karışımı ekipman kompresör destekli bir üfleç ihtiva eder. Üfleç (Şekil 3.15), kaynak boşluğunu merkezleyecek ve ray üst düzleminde yaklaşık 60 mm yükseklikte duracak şekilde bir düzeneğe sabitlenmelidir (Şekil 3.14). Hava benzin karışımının basıncı 180-220 gram/cm² aralığında olmalıdır. Bu mavi renkte 10 ile 20 cm boyunda kalıp üst yüzeyini yalayan indirgeyici bir alev elde etmek için gereklidir.

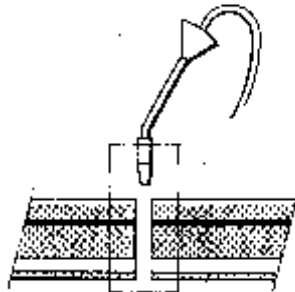
3.5.2 Ksa Ön Isıtma

Bu yöntemde daha düşük seviyede uygulanan ön ısıtma daha fazla termik karışımı kullanılarak dengelenir. Bu yöntemde ray uçlarında ulaşılan sıcaklık değeri hakkında kaynakçının bir karara varmasına gerek yoktur. Tek ihtiyaç ön ısıtmada kullanılacak üfleç tipi ve yakıtı kararlaştırma (Şekil 3.34).

3.5.3 Hava-Propan Alevi ile Ön Isıtma

Üfleç nozülü kalıbın merkez boşluğunu hizalayacak şekilde doğru biçimde sabitlenmelidir (Şekil 3.18).

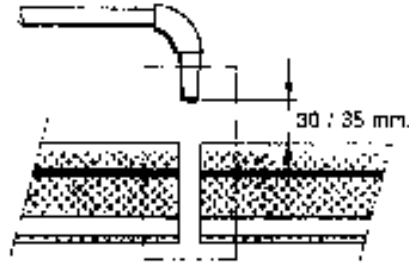
Ön ısıtma süresi yaklaşık 5 dakikadır. Propan silindiri basıncı yaklaşık 2 bar olmalıdır (Şekil 3.35).



Şekil 3.18 Üfleç konumu

3.5.4 Oksi-propan Alevi ile Ön Isıtma

Oksi-propan ön ısıtma ekipmanı, bir hortumunda oksijen diğ erinde propan gazı bulunan bir üfleç i hti va eder. Üfleç kaynak boşluğunu merkezleyecek ve ray üst düzlemin den yaklaşık 30-35 mm yüksek te duracak şekilde sabitlenmelidir (Şekil 3.16, Şekil 3.19). Ön ısıtma süresi ortam sıcaklığı na göre 1-2 dakika arasında gerçekleştirilir. Oksijen çıkış basıncı 5 bar propan çıkış basıncı ise 1.5 bar olmalıdır(Şekil 3.36).



Şekil 3.19 Üfleç konumu



Şekil 3.20 Otomatik tıkaç

3.6 Termik Karışım ile Reaksiyonun Oluşturulması ve Döküm İşlemi

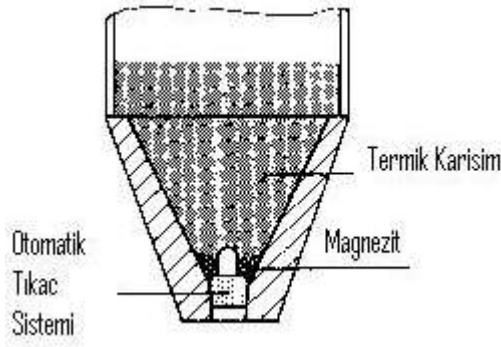
3.6.1 Kaynak Karışımı

Ön ısıtmanın tamamlanması ile kaynaktaki kullanılacak olan malzemelerle pota hazırlanır (Şekil 3.21). Pota hazırlanırken şu işlem sırası uygulanır:

Potanın temizlenmesi: Bir çubuk yardımıyla daha önceki kaynak işleminden kalan cüruflar potanın içi çeperinden ve döküm oluğundan temizlenmelidir.

Otomatik tıkaç sisteminin montajı: Tıkaç pota içinde döküm deliğine oturtulur. Etrafına magnezyumkumu dökülür, bir çubuk yardımıyla magnezyumtıkacın üstünü kapatacak şekilde yayılır (Şekil 3.20, Şekil 3.22).

Kaynak karışımının ilavesi: Kullanılacak olan termik karışım plastik ambalajından kuru ve temiz bir kaba konulur (Şekil 3.23). Karışım potaya dökülmeden önce tamamen homojen bir hale getirilmesi gereklidir (Şekil 3.24).



Şekil 3.21 Karışımın potaya konulması



Şekil 3.22 Otomatik tıkaç sistemi

3.6.2 Reaksiyon

Ön ısıtma işleminin sonunda üfleç kalıp üzerinden alınır. Kum maça, kalıp içindeki ana boşluğa oturtulur. Pota çemberi ayağı düzgün bir şekilde sabitlenir. daha sonra tutuşturucu bir maytap karışımı içerisine saplanır ve ateşlenir(Şekil 3.25). Reaksiyonun başlaması ile potanın metal çemberi üzerine kapağı kapatılır ve erimiş metalin sıçraması ile oluşabilecek olası bir tehlike önlenmiş olur. Reaksiyon bir kez başladıktan sonra her hangi bir müdahale gerektirmez kendi kendine ilerler ve 15-20 saniye kadar sürer (Şekil 3.26). Bu sürede çok yüksek bir sıcaklık erimiş metal ve cüruf oluşur.[12]



Şekil 3.23 Ter mit karışımı

Alüminotermitik reaksiyon kısaca alüminyum yardımıyla ısı elde etme reaksiyonudur. Alüminyumun oksijene karşı redükleme eğiliminin diğer birçok metalden daha fazla olmasından dolayı alüminyum diğer metallerin oksitlerini redükler ve kimyasal reaksiyon ile açığa çıkan ısı enerjisi sayesinde alüminotermitik bir patlamaya meydana gelir ve sıcaklık yaklaşık 2000° C ye ulaşır.

$Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe + 850 \text{ kJ}$ şeklinde formüle edilen reaksiyon sonucunda alüminyum oksit düşük yoğunluktan dolayı eriyiğin yüzeyinde kalır ve sıcaklığın düşmesiyle cüruf halini alır.



Şekil 3.24 Ter mit karışımının potaya dökülmesi

3.6.3. Ayrışma

Yoğunluklarındaki büyük farktan dolayı erimiş çelik potanın alt kısmına doğru çökelirken cüruf üst tarafta kalır. Bu çökelme reaksiyon ile başlar ve reaksiyon bittikten sonra birkaç saniye daha sürer. Sonuçta erimiş çelik ve cüruf birbirinden tamamen ayrılmış olur.



Şekil 3.25 Tutuşturucu maytap ile ateşleme

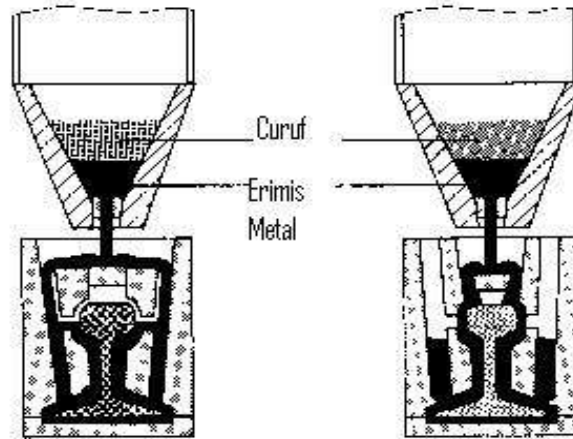
3.6.4. Döküm

Dökümüşlemi de ön ısıtma tipine göre ve kalıp şekline göre farklılık gösterir:

Tam ön ısıtma : Tam ön ısıtma uygulanan yöntemde erimiş çelik potadan kalıba aktığı anda maçanın yüzeyine akar ve oradan yan kısımlara geçerek rayı tabanı ndan mantar kesitine yani tepesine doğru eriterek kaynağı gerçekleştirir (Şekil 3.27). Cüruf potadan en son akar ve kalıp üstüne döküldükten sonra cüruf tablasına akar.



Şekil 3.26 Reaksiyonun başlangıcı



Şekil 3.27 Eri miş metalin kalıba akışı

Kısa ön ısıtma : Kısa ön ısıtma uygulanan yöntemde ise kalıp şekli nden dolayı eri miş çelik kum maça üzerine dökülür ve rayı üst tarafı ndan tabanı na doğru akarak kaynak eder (Şekil 3.28, Şekil 3.29).



Şekil 3.28 Reaksiyon ve dökümün başlangıcı

3.7. Kalıbın Çözülmesi

Cüruf katılaştıktan sonra cüruf tablası sökülür. Herhangi bir patlama yada sıçramaya meydana vermemek için cürufun su yada rutubetli bir nesneyle temas etmemesi ne aşırı önem gösterilmelidir. [13]



Şekil 3.29 Erişmiş metalin kaynak boşluğuna dökümü

Dökümün sona ermesinden 3-5 dakika sonra kalıbın üst kısmı kırılır ve biraz daha beklendikten sonra yan destekler (kalıp tutucu plakalar) sökülür. Kaynak kırmızı rengini kaybedip tamamen soğuyana kadar beklenmesi perlitik bir yapı oluşması açısından önemlidir (Şekil 3.30, Şekil 3.31).



Şekil 3.30 Kaynağın döküm sonrası kor hali



Şekil 3.31 Kaynağın soğumaya bırakılmış hali

3.8 Pürüzlerin Temizliği ve Htirme İşlemleri

3.8.1 Kesme

Üzerindeki cüruf ve kumlardan temizlenin rayın üzerindeki fazlalıklar her ray kesitine göre özel bıçağı olan elektro-hidrolik bir kesme makinesi ile kesilir(Şekil 3.32).



Şekil 3.32 Elektro taşlama makinesi ile ray yüzeyinin temizlenmesi

3.8.2 Boşluklardaki Fazlalıkların Temizliği

Kaynak sıcak iken keski yardımıyla çentiklenen bu fazlalıklar soğumadan sonra çekiç darbeleriyle kırılır.

3.8.3 Son Kesit Taşlaması

Uygulanan kaynak bölgesi soğuma sonrasında her hangi bir pürüz yada dalgalanma kalımayacak şekilde orjinal profil kesitine gelecek şekilde taşlanmalıdır. Hafif ve kullanımı kolay olan elektro taşlama makinesi ile rayın kesitine uygun kesici taş kullanılarak bu pürüzler yok edilir ve yüksek kalitede yüzey elde edilir(Şekil 3.33).



Şekil 3.33 Ray oluklarının traşlanması

3.9. Kullanılan Ekipman, Malzeme ve Makineler

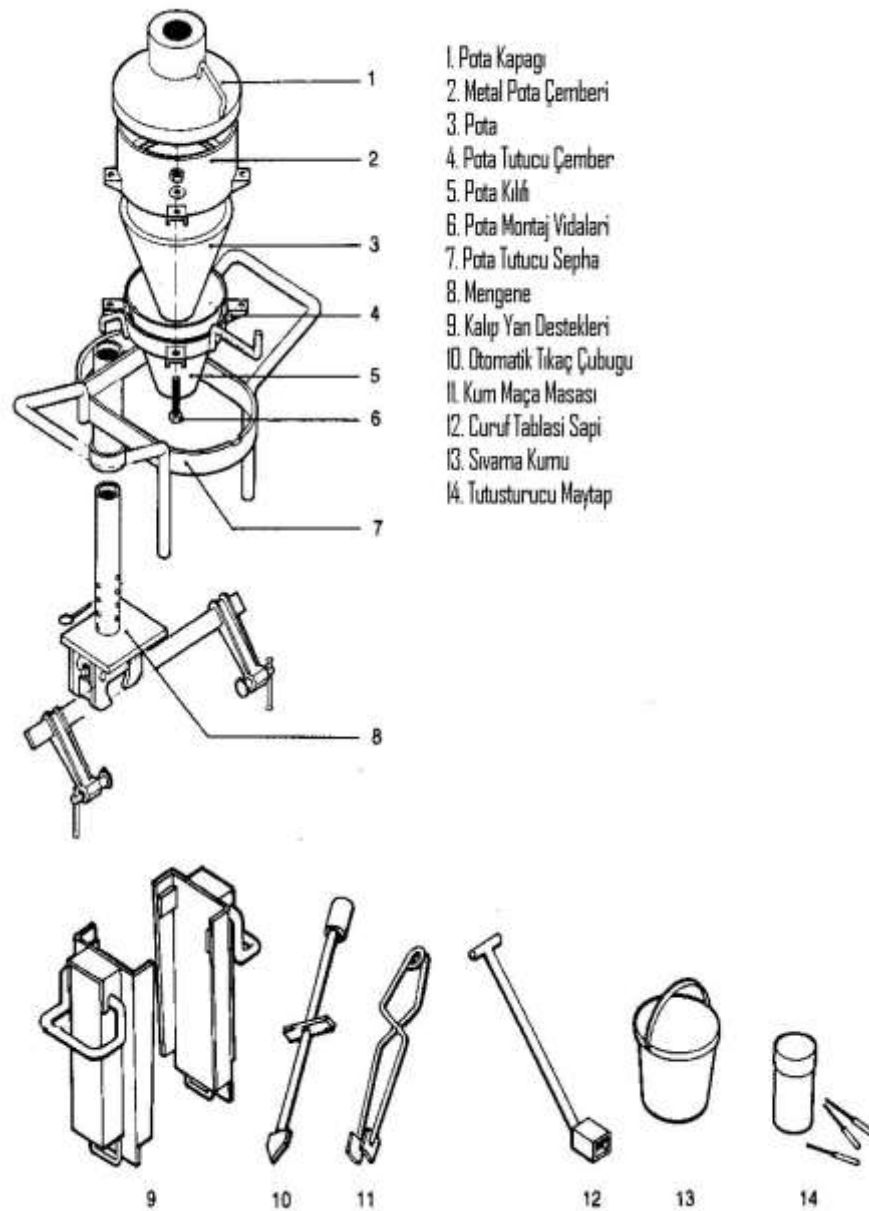
3.9.1. Tüketilen kaynak malzemeleri

Kaynak işlemi için gerekli malzemeler bir paket halinde sunulmaktadır. Bu paket içinde prefabrik kalıp parçaları, termik kalıp parçaları ve otomatik tıkaç sistemi bulunur. Bu paket, kaynak yapılacak rayın boyutlarına, tipine, kesitine, dayanım değerlerine göre değişir. Kaynak işlemi için gereken uygun paketi seçmek için ray özellikleri ve tipiyle ilgili şu noktaların bilinmesi gereklidir.

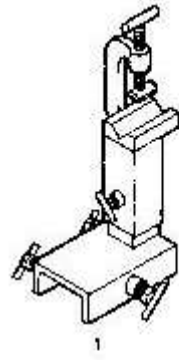
Rayın biri muzunluktağı ağırlığı (kg/m), tamkesit şekli yada standartlara uygun tipi, çeliğin tipi (normal, paslanmaz, Cr değeri yüksek paslanmaz çelik olduğu), kaynak tipi (16-20 mm aralık bırakılarak 900 C'ye kadar uzun ön ısıtma yapılması, 21-25 mm aralık ve kısa ön ısıtma).

Tüm bu kriterler kalıp tipinin ve termik karışım malzemesinin özelliklerinin belirlenmesinde göz önünde bulundurulur.

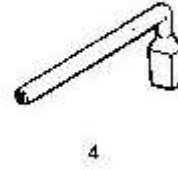
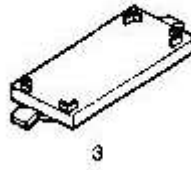
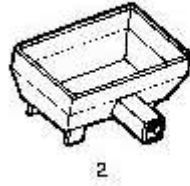
3.9.2 Ön Isıtma Sistemlerinde Kullanılan Ekipman ve Montaj Malzemeleri



Şekil 3.34 Ön ısıtma sistemlerinde kullanılan ekipman ve montaj nazmeler

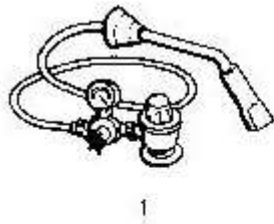


1. Üfleç Tutucu Düzenek
2. Cüruf Tablası
3. Kalıp Alt Plakası
4. Üfleç

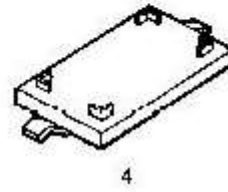
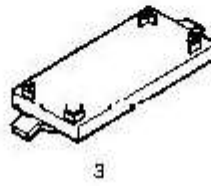
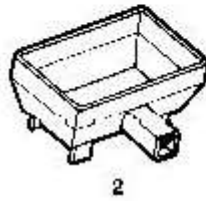


Şekil 3.35 Ön ısıtma sisteminde kullanılan özel ekipmanlar

3.9.3 Hava- Propan Aleviyle Kısa Ön Isıtımda Kullanılan Özel Ekipmanlar

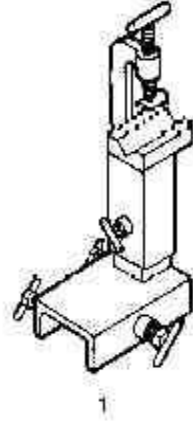


1. Ön Isıtma Ekipmanı
2. Cüruf Tablası
3. Kalıp Alt Plakası
4. Kalıp Alt Plakası

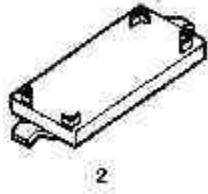


Şekil 3.36 Hava- propan aleviyle kısa ön ısıtımda kullanılan özel ekipmanlar

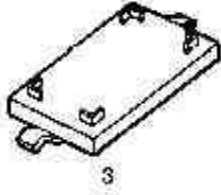
3.9.4 Oksi-Propan Aleviyle Kısa Ön Isıtımda Kullanılan Özel Ekipmanlar



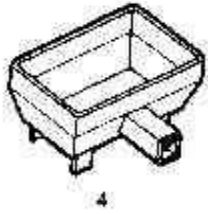
1



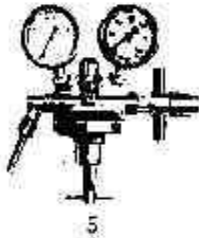
2



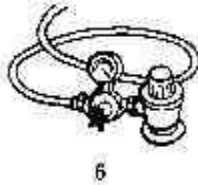
3



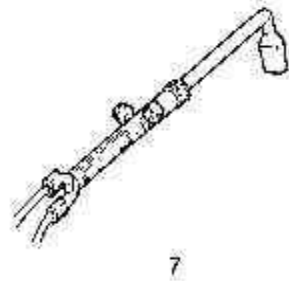
4



5



6



7

1. Üfleç Tutucu Düzenek
2. Kalıp Alt Halkası
3. Kalıp Alt Halkası
4. Cüruf Tablası
5. Oksijen Tüpü Basıncı Regülâtörü
6. Propan Tüpü Basıncı Regülâtörü
7. Oksi-Propan Üfeci

Şekil 3.37 Oksi-propan aleviyle kısa ön ısıtımada kullanılan özel ekipmanlar

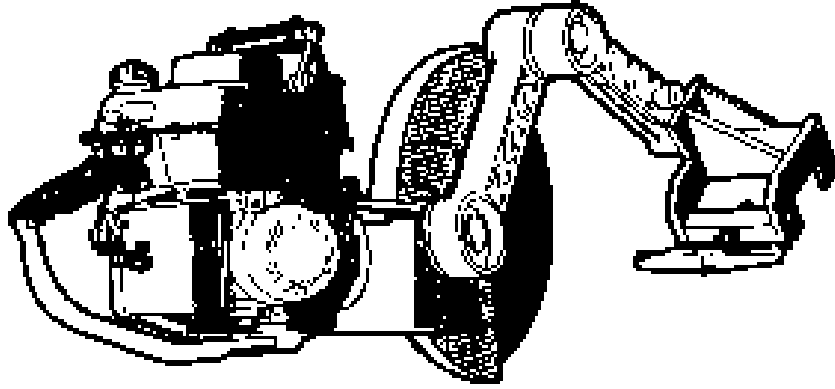
3. 10. Kaynak ve Temizlik İşlemleri ne Yardımcı Makineler

3. 10. 1. Tam Ön Isıtma Kompresörü

Üç fazlı, 220 V, 1.5 KW elektrik motoru olan ön ısıtma ekipmanını çalıştıran kompresördür.

3. 10. 2 Ray Kesme Makinesi

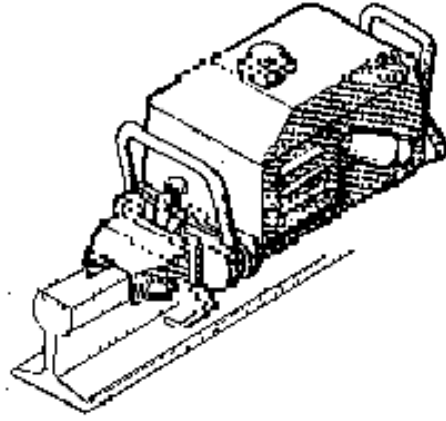
Önceden belirlenmiş kaynak boşluğuna ulaşmak için ray uçlarının kesilmesinde kullanılır. Taşınabilir küçük bir dizel motoruyla çalışan bu makine iki parça halinde dizayn edilmiştir (Şekil 3.38). Esas kısımda kesici kafa ve motor bulunurken yan tarafında makineyi bağlayarak hizanın kaçmasını engelleyen aynı zamanda destek görevi de gören bir kol vardır.



Şekil 3.38 Ray kesme makinesi

3. 10. 3. Fazlalık Kesme Traşlama Makinesi

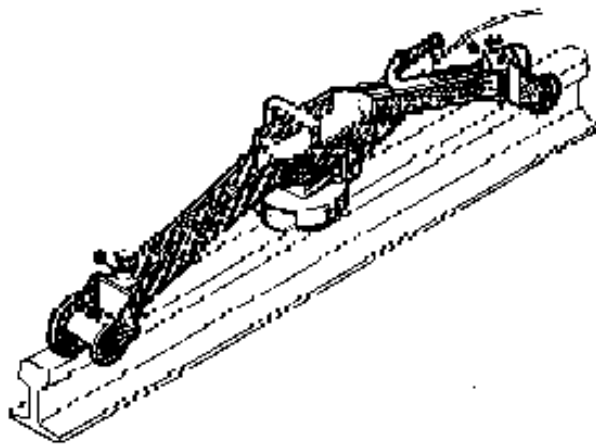
Ray üzerindeki fazlalık ve çıkıntıları kesmek için dizayn edilen bu makine elektro hidroliktir (Şekil 3.39). Hafif, taşınması kolay ve küçük boyutludur. Tek yönde ve hidrolik silindrilerin kontrolünde tek bıçakla kesim yapar ve her ray kesimine uygundur.



Şekil 3.39 Fazlalık kesme taşlama makinesi

3.10.4. Elektro Taşlama Makinesi

Taşlama işlemini basitleştiren çok hafif ve kullanımı kolay 2.2 KW 220 V'luk bir elektrik motoruyla çalışır. Rayın hem üst yüzeyini hem de yan yüzeylerinin taşlanabilmesi için her iki tarafında kılavuzları vardır (Şekil 3.40). Paso kalınlığı ayarlanabilir ve çok kısa sürede son temizleme işlemini rahatlıkla gerçekleştirecek şekilde dizayn edilmiştir.



Şekil 3.40 Elektro taşlama makinesi

4. YAPILAN ÇALIŞMALAR

4.1. Kaynaklı Numunelerin Elde Edilişi

Bu çalışmada amaçlandığı üzere alüminotermit kaynağında kaynak parametrelerinin değiştirilmesi ile kaynak bölgesinin sertlik, mikroyapı ve kimyasal bileşim gibi özelliklerinde meydana gelen değişimlerin kaynak kalitesine etkileri irdelenmeye çalışılmıştır.

Bu amaçla yönelik olarak alüminotermit kaynağında iki temel parametre olan kaynak boşluğu ve ön tavlama sıcaklığı birbirleri ile kombinasyon oluşturacak şekilde değiştirilerek bu çalışmanın ilk adımı olan kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan kaynak işlemleri sırasında değiştirilecek parametrelerin ilki olan kaynak aralığı; dar kaynak boşluğu: 10 mm ve geniş kaynak boşluğu: 20 mm olmak üzere tasarlanmıştır. Parametrelerin ikincisi olan ön tavlama sıcaklığı ise pratikte uygulandığı şekilde zaman bağlı olarak; kısa öntavlama : 6 dakika, uzun öntavlama : 10 dakika sürecek şekilde oksijen-propan alevi ile gerçekleştirilmek üzere tasarlanmış ve uygulamaya geçilmiştir.

Gerçekleştirilen alüminotermit kaynak işleminde ray malzemesi olarak Uluslararası Demiryolları Birliği yönetmeliğine uygun olarak A900 kalitesinde ve Alman S49 profil standardında raylar kullanılmıştır.

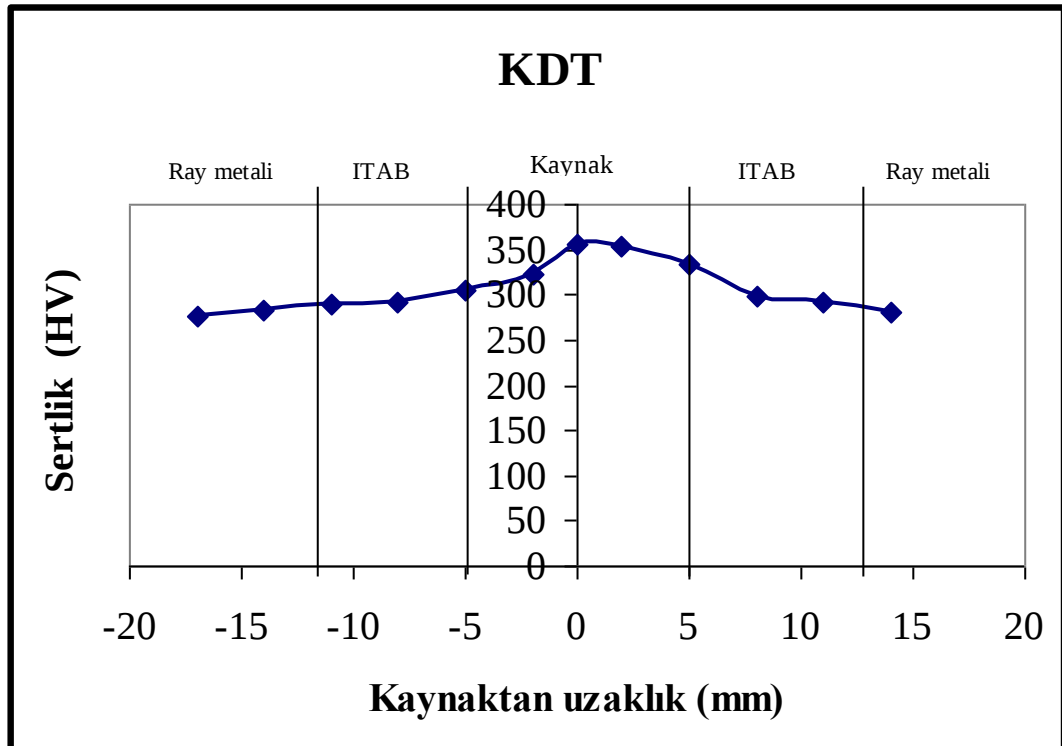
Kaynak işleminin ardından, birleştirilen raylar herhangi bir ısı işlemi uygulanmadan doğal bir şekilde soğumaya bırakılmış ve daha sonra her bir kaynak diğışinden bir adet eksenel ve iki adet simetrik kaynaklı parça alınacak şekilde kesilmiştir. Böylece, yapılan her kaynaktan üç değişik numune elde edilmiş ve kaynak diğışinin değişik bölgeleri incelemeye tabi tutulmuştur. Kaynaklı numuneler sonraki bölümlerde bahsedileceği gibi; kaynak diğışini ortasında bulunduran eksenel parçalar "tam", kaynak diğışini birer uçlarında simetrik olarak bulunduran parçalar ise "yarım" parça olarak adlandırılmıştır.

4.2 Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışma olarak, hem esas metalin hem de kaynak metalinin mikroyapı fotoğrafları 100 kat ve 500 kat büyütülerek çekilmiş, sertlik değerleri mikrovickers sertlik ölçüm yöntemiyle 1kgf kuvvet uygulanarak (HV1) ölçülmüş ve numuneler kimyasal analize tabi tutulmuşlardır.[14]

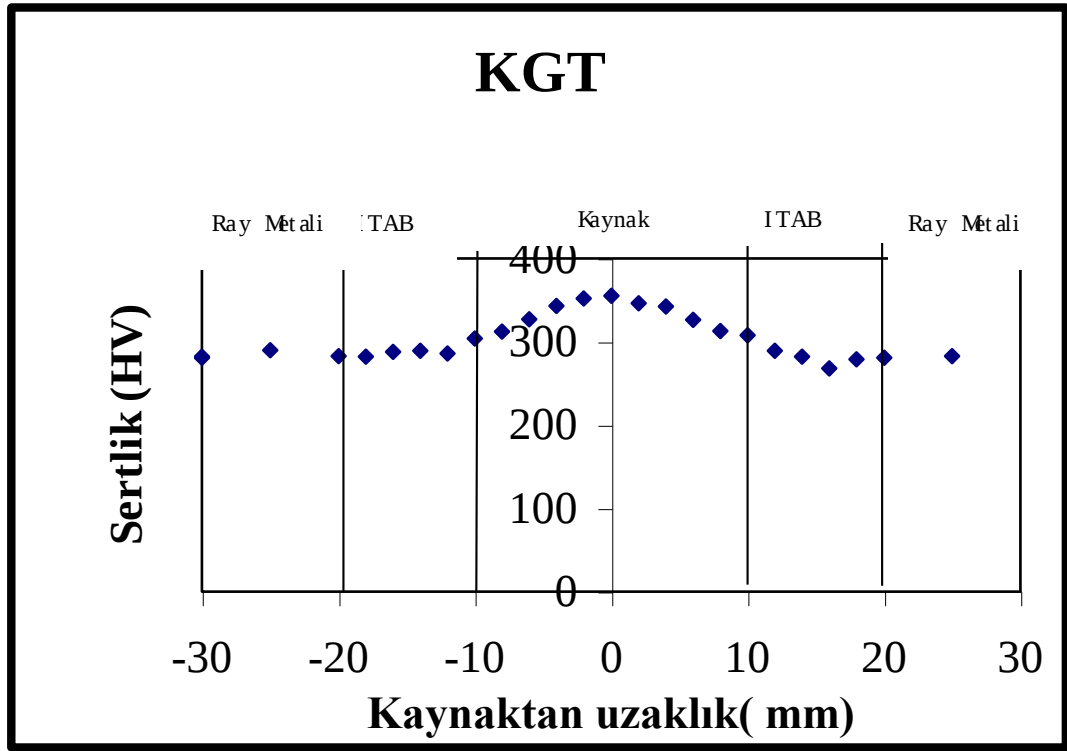
4.2.1. Sertlik Deneyleri

Kısa ön tavlama ve dar kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen kaynaklı numunelerde, ortalama sertlik değeri 325 HV olarak elde edilmiştir (Şekil 4.1). Bu numunelerde maksimum sertlik değeri 370 HV'dir. Esas metal sertliğiyle kıyaslandığında, esas metal sertliği 275 HV olduğu halde ITAB ve kaynak metal sertliklerinin hafifçe arttığı görülmektedir. ITAB sertliği ile kaynak metalinin sertliğinin kendi arasında kıyaslanmasından, kaynak metal sertliğinin ITAB sertliğine göre hafifçe daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak, kaynak metalindeki perlit miktarının ITAB'dakinden daha yüksek olması gösterilebilir. Mikroyapı fotoğrafları bu değerlendirmeyi desteklemektedir.



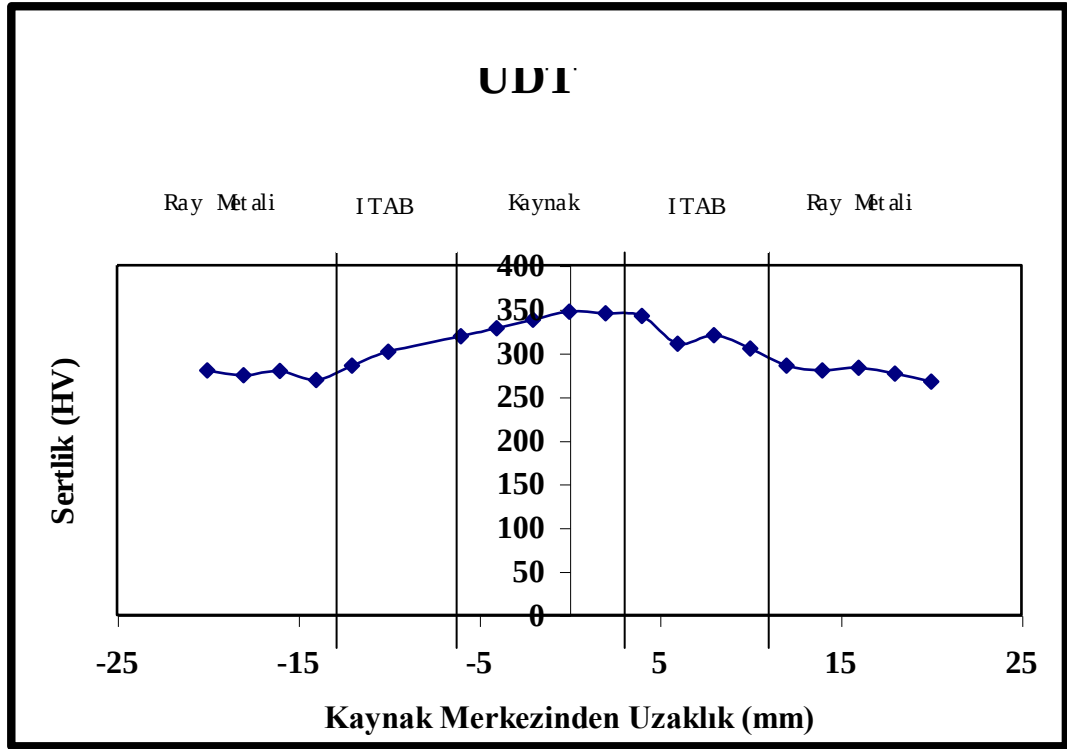
Şekil 4.1 Kısa ön tavlama, dar kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen tamparçanın (KDT) sertlik değişimi

Kısa ön tavlama ve geniş kaynak aralığı parametreleri kullanılarak yapılan kaynaklardan elde edilen numunelerde, ortalama sertlik değeri 300 HV olarak elde edilmiştir (Şekil 4.2). Bu numunelerde maksimum sertlik değeri 350 HV'dir. Esas metal sertliğiyle kıyaslandığında, esas metal sertliği 275 HV olduğu iken ITAB ve kaynak metali sertliklerinin hafifçe arttığı görülmektedir. ITAB sertliği ile kaynak metalinin sertliğinin kendi arasında kıyaslanmasından, kaynak metalinin sertliğinin ITAB sertliğine göre hafifçe daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak, kaynak metalindeki perlit miktarının ITAB'dakinden daha yüksek olması gösterilebilir. Mikroyapı fotoğrafları bu değerlendirmeyi desteklemektedir.



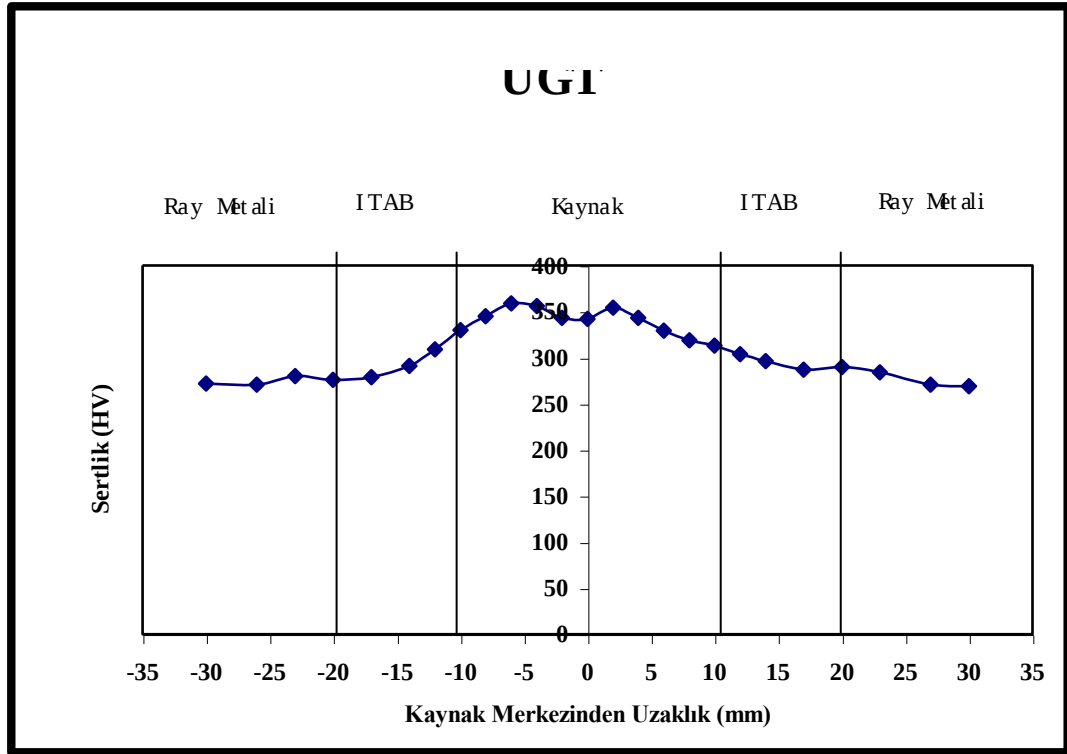
Şekil 4.2 Kısa ön tavlama, geniş kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen tam parçanın (KGT) sertlik değişimi

Uzun ön tavlama ve dar kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen kaynaklı numunelerde, ortalama sertlik değeri 300 HV olarak elde edilmiştir (Şekil 4.3). Bu numunelerde maksimum sertlik değeri 350 HV'dir. Esas metal sertliğiyle kıyaslandığında, esas metal sertliği 275 HV olduğu halde ITAB ve kaynak metal sertliklerinin hafifçe arttığı görülmektedir. ITAB sertliği ile kaynak metalinin sertliğinin kendi arasında kıyaslanmasından, kaynak metal sertliğinin ITAB sertliğine göre hafifçe daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak, kaynak metalindeki perlit miktarının ITAB'dakinden daha yüksek olması gösterilebilir. Mikroyapı fotoğrafları bu değerlendirmeyi desteklemektedir.



Şekil 4.3 Uzun ön tavlama, dar kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen tam parçanın (UDT) sertlik değişimi

Uzun ön tavlama ve geniş kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen kaynaklı numunelerde, ortalama sertlik değeri 300 HV olarak elde edilmiştir (Şekil 4.4). Bu numunelerde maksimum sertlik değeri 360 HV'dir. Esas metal sertliğiyle kıyaslandığında, esas metal sertliği 275 HV olduğu halde ITAB ve kaynak metal sertliklerinin hafifçe arttığı görülmektedir. ITAB sertliği ile kaynak metalinin sertliğinin kendi arasında kıyaslanmasından, kaynak metal sertliğinin ITAB sertliğine göre hafifçe daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak, kaynak metalindeki perlit miktarının ITAB'dakinden daha yüksek olması gösterilebilir. Mikroyapı fotoğrafları bu değerlendirmeyi desteklemektedir.



Şekil 4.4 Uzun ön tavlama, geniş kaynak aralığı parametrelerinde elde edilen tam parçanın (UGT) sertlik değişimi

Diğer kaynaklı numunelere ait sertlik değişimi grafikleri EK- A da verilmiştir.

4.2.2 Kimyasal Analizler

Kaynak işlemlerinin sonunda elde edilen numunelerin hem kaynak metalleri hem de esas metalleri kimyasal analize tabi tutulmuştur. Sonuçlar Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’te verilmiştir. Kimyasal analiz sonuçlarını içeren raporlar EK- B’de verilmiştir.

Tablo 4.1 Esas metalin kimyasal bileşimi

ELE MENT	%	ELE MENT	%	ELE MENT	%
Karbon (C)	0,66000	Silisyum (Si)	0,20500	Mangan (Mn)	1,22000
Fosfor	0,01430	Kükürt (S)	0,02900	Krom (Cr)	0,05010
Molibden (Mo)	0,00100	Nikel (Ni)	0,00847	Alüminyum (Al)	0,00386
Kobalt (Co)	0,00100	Bakır (Cu)	0,02530	Niobyum (Nb)	0,00200
Titanyum (Ti)	0,00482	Vanadyum (V)	0,00100	Tungsten (W)	0,00500
Kurşun (Pb)	0,00200	Kalay (Sn)	0,00300	Antimon (Sb)	0,0200

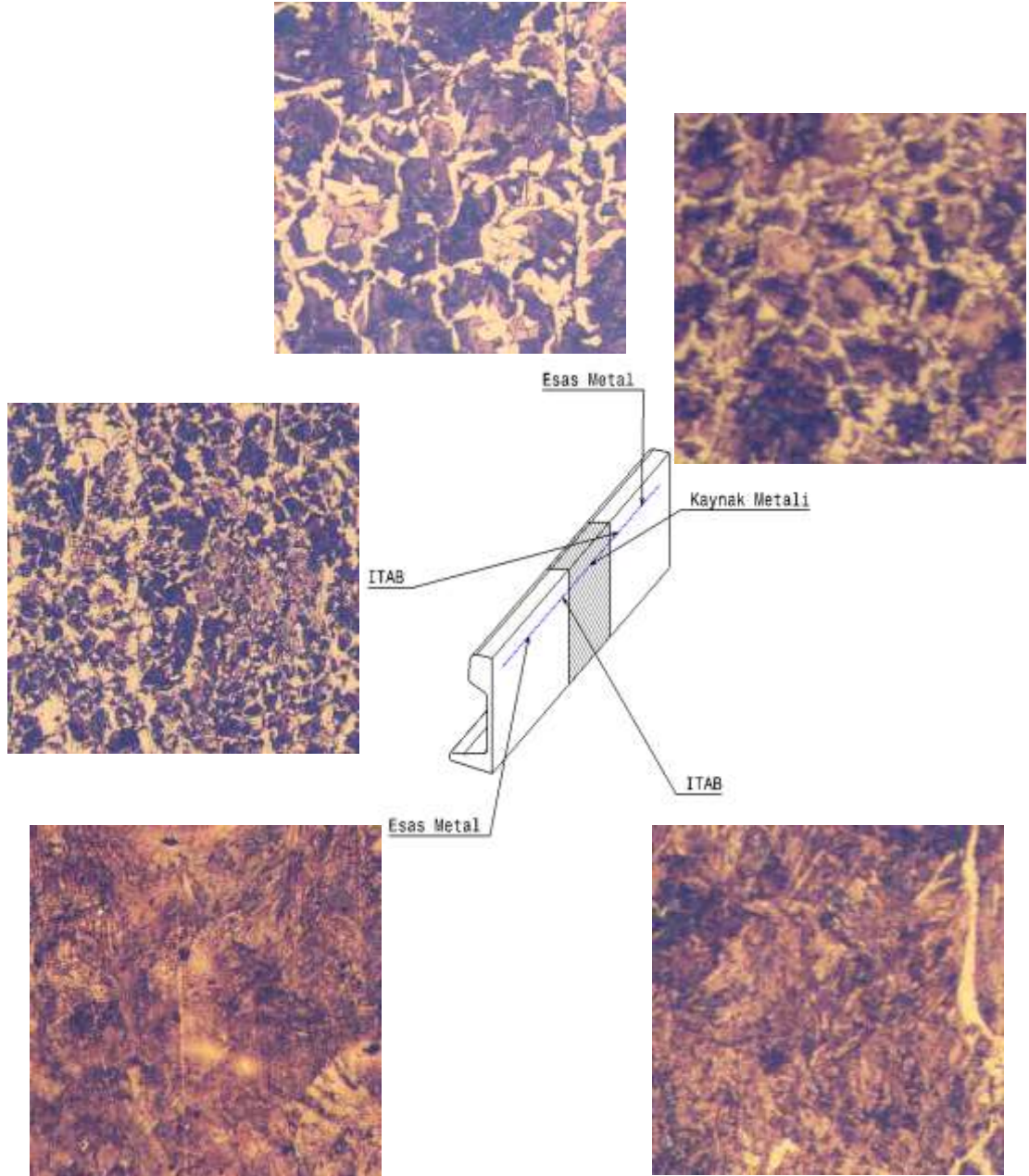
Tablo 4.2 Kaynak metalinin kimyasal bileşimi

ELE MENT	%	ELE MENT	%	ELE MENT	%
Karbon (C)	0,62000	Silisyum (Si)	0,47900	Mangan (Mn)	0,82700
Fosfor (P)	0,00920	Kükürt (S)	0,00764	Krom (Cr)	0,06550
Molibden (Mo)	0,01110	Nikel (Ni)	0,04610	Alüminyum (Al)	0,11900
Kobalt (Co)	0,00469	Bakır (Cu)	0,04800	Niobyum (Nb)	0,00362
Titanyum (Ti)	0,01530	Vanadyum (V)	0,00546	Tungsten (W)	0,00500
Kurşun (Pb)	0,00200	Kalay (Sn)	0,00300	Antimon (Sb)	0,00200

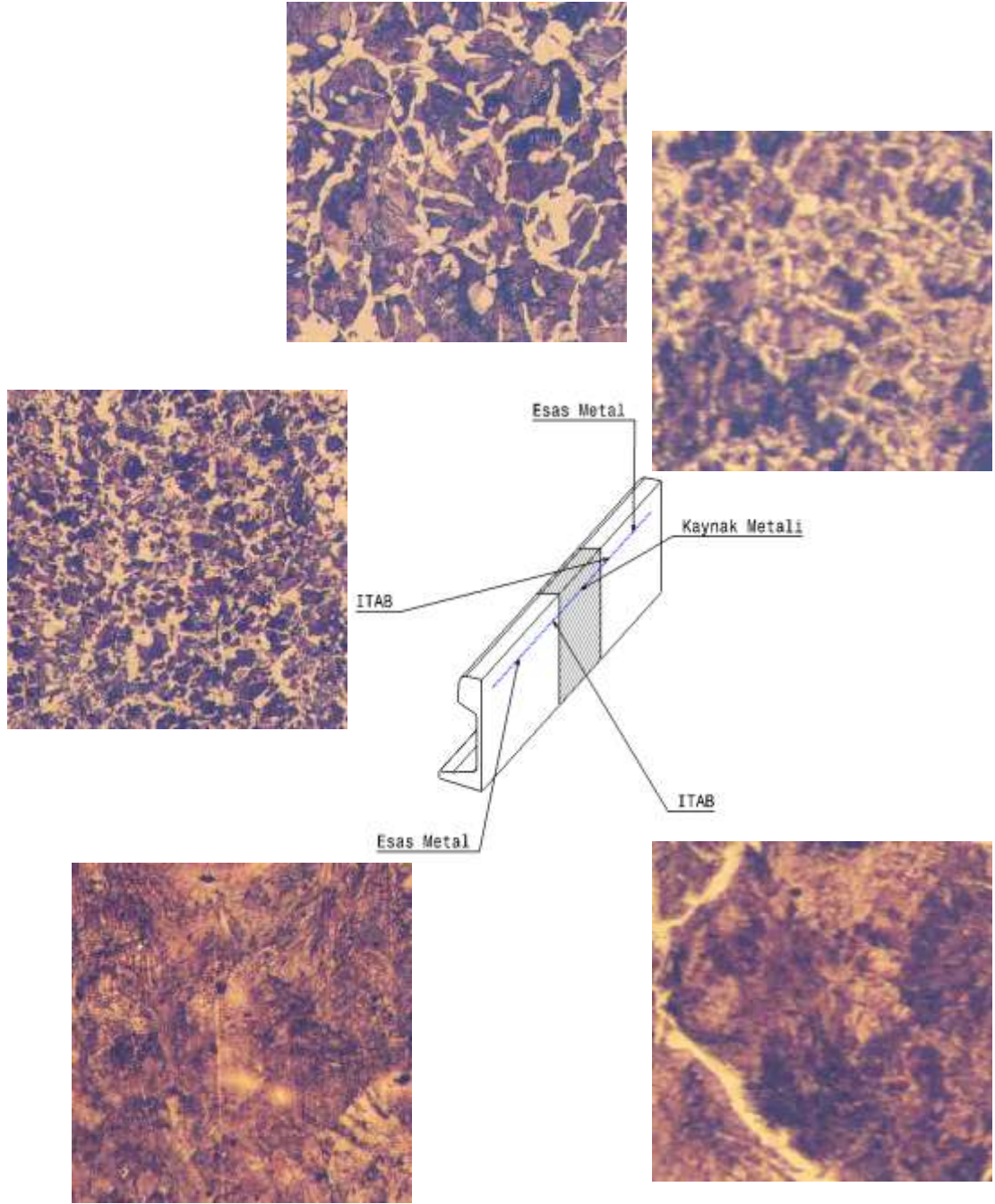
4.2.3. Mikroyapılar

Ray ve kaynak metalinde mevcut mikroyapının incelenmesi amacıyla, yapılan kaynaklardan alınan numunelerin yüzeyleri %4'lük Nital ile dâğlanarak hazırlanmış, daha sonra 100 ve 500 kat büyültme yapılarak metalografik olarak incelenmiştir.

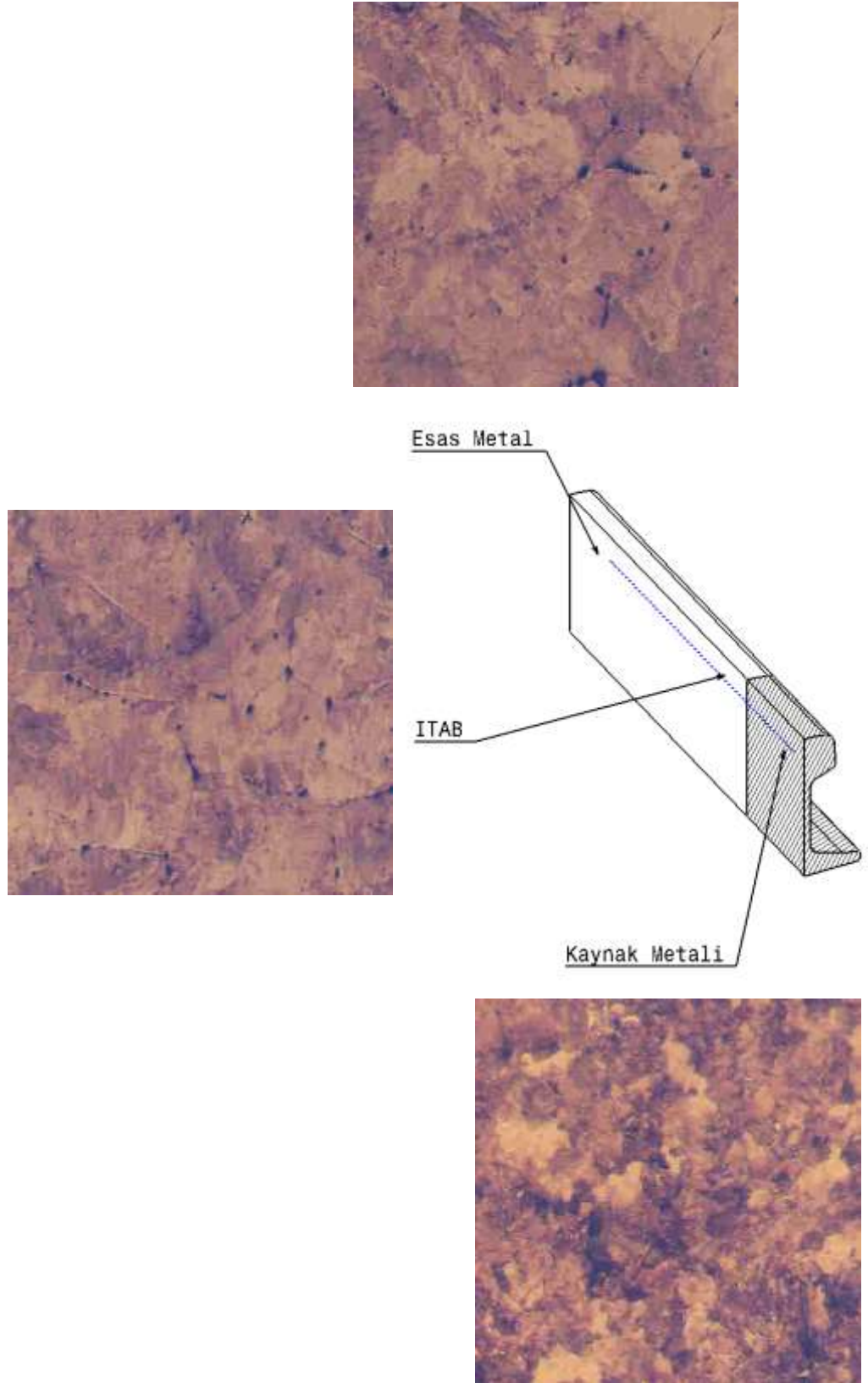
Kaynak boşluğu ve ön tavlama süresi parametreleri değiştirilerek elde edilen kaynaklı parçalara ait mikroyapı fotoğrafları, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de, her bir parametre kombinasyonunu temsil edecek şekilde verilmiştir.



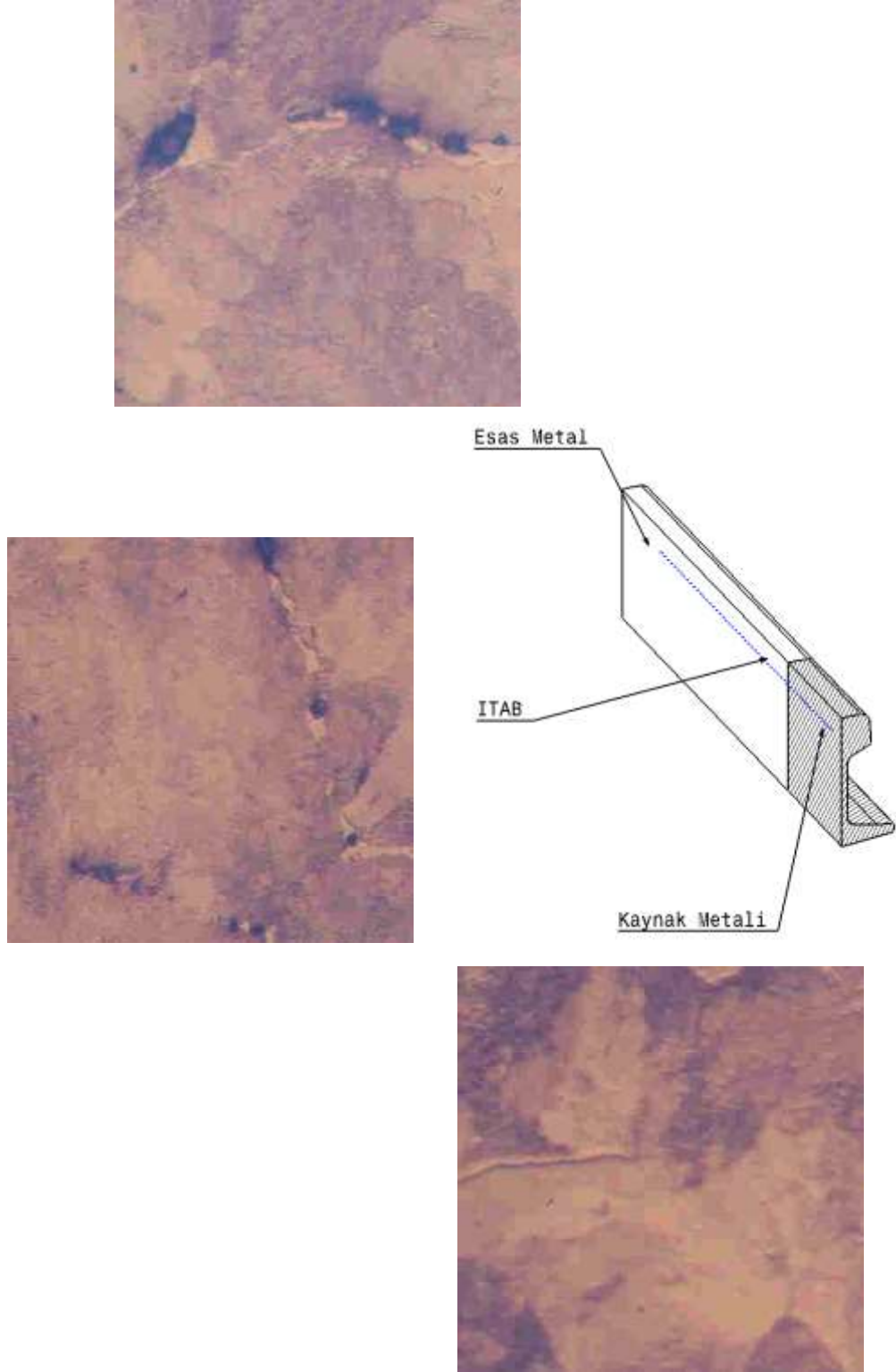
Şekil 4.5 Geniş kaynak boşluğuna uzun ön tavlama yapılarak elde edilen kaynağa ait tam parçanın (*UGT*) mikroyapı fotoğrafları (X100)



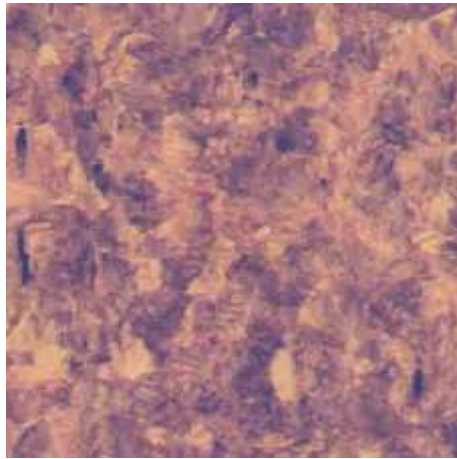
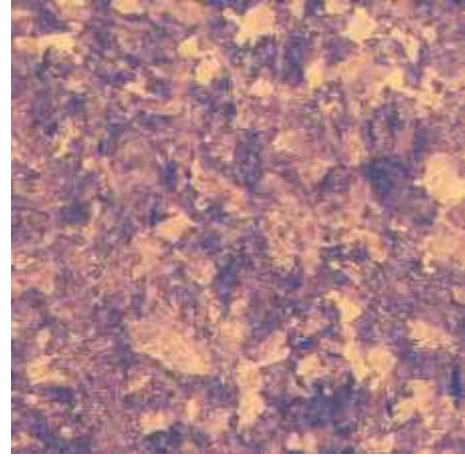
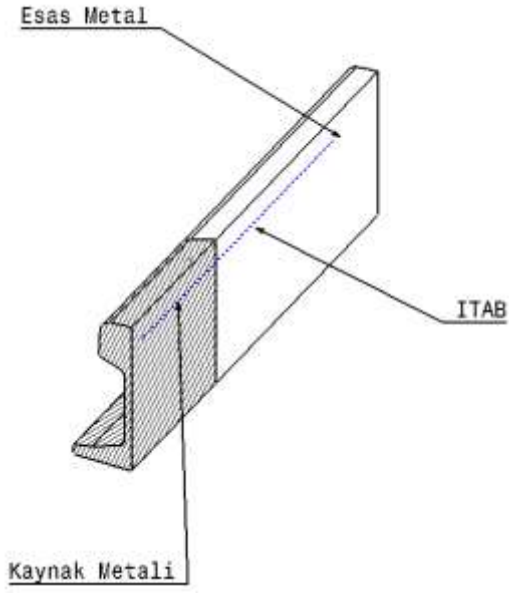
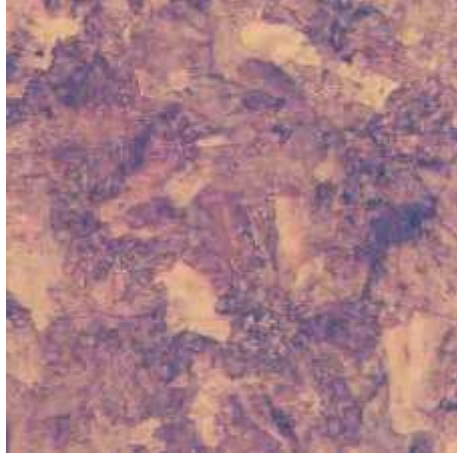
Şekil 4.6 Geniş kaynak boşluğuna uzun ön tavlama yapılarak elde edilen kaynağa ait tam parçanın (*UGT*) mikroyapı fotoğrafları (X100)



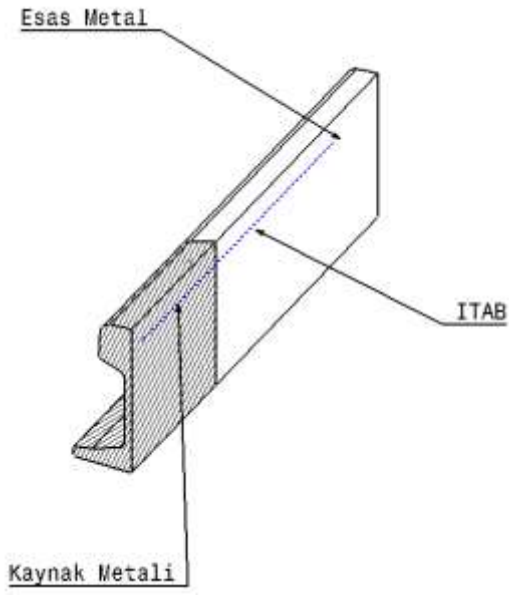
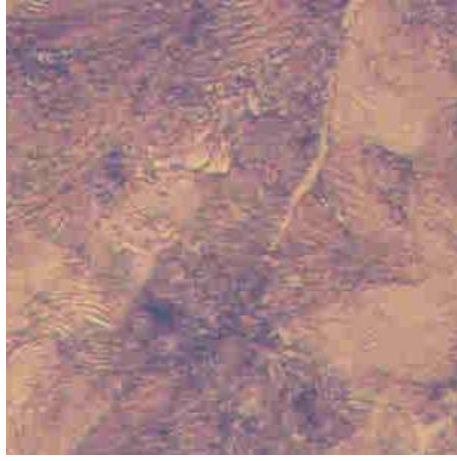
Şekil 4.7 Dar kaynak boşluğuna uzun ön tavlama uygulanarak elde edilen kaynağa ait yarım parçanın (UDY) mikroyapı fotoğrafları (X100)



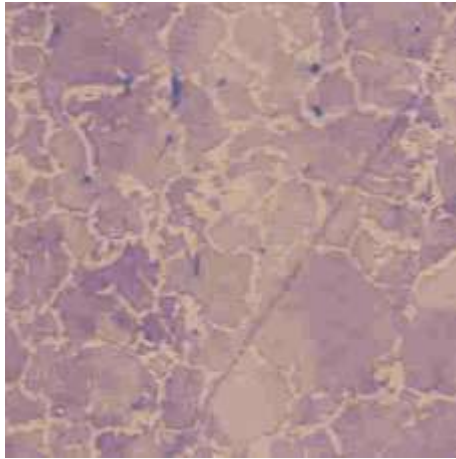
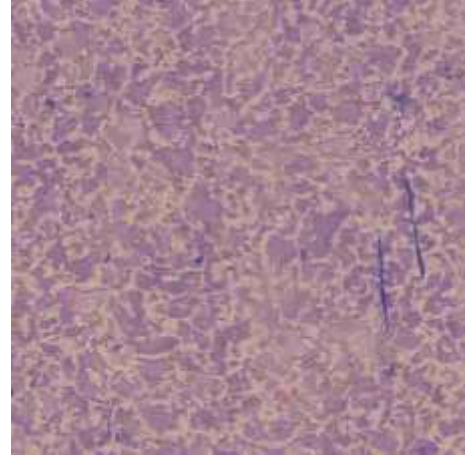
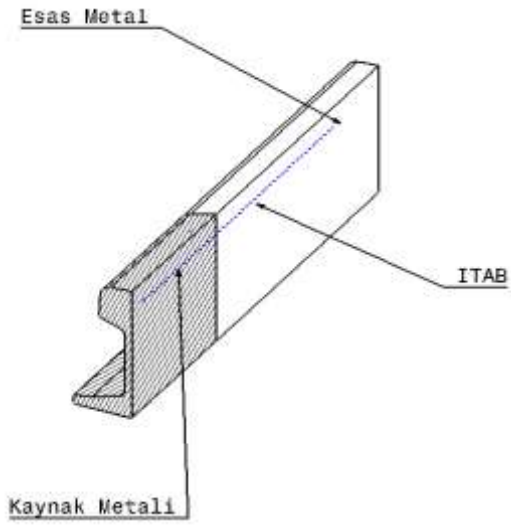
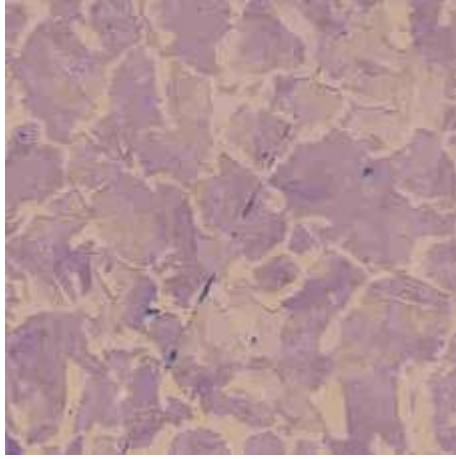
Şekil 4.8 Dar kaynak boşluğuna uzun ön tavlama uygulanarak elde edilen kaynağa ait yarım parçanın (**UDY**) mikroyapı fotoğrafları (X500)



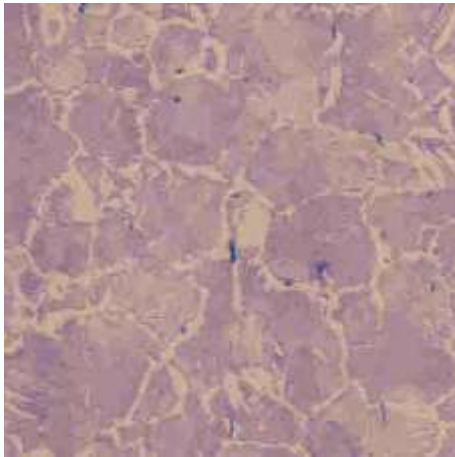
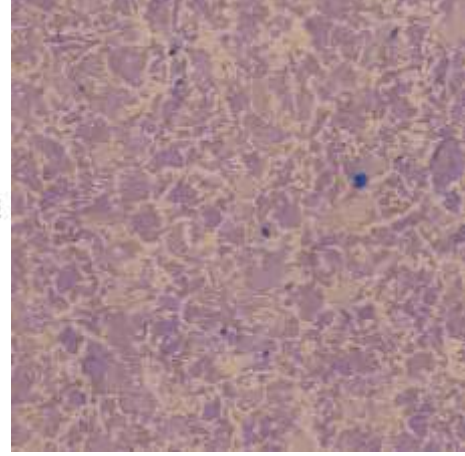
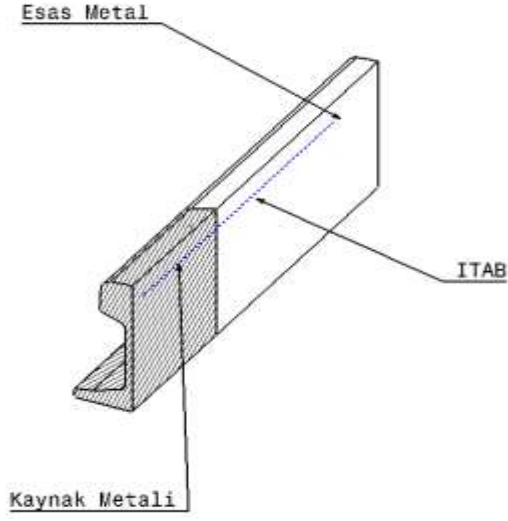
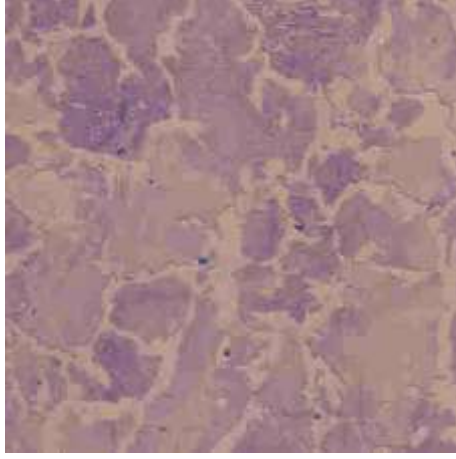
Şekil 4.9 Geniş kaynak boşluğuna kısa öntavlama uygulanarak elde edilen kaynağa ait yarımparçanın (KGY) mikroyapı fotoğrafları (X100)



Şekil 4 10 Geniş kaynak boşluğuna kısa ön tavlama uygulanarak elde edilen kaynağa ait yarı mparçanın (KGY) mikroyapı fotoğrafları (X500)



Şekil 4.11 Dar kaynak boşluğuna kısa ön tavlama uygulanarak elde edilen kaynağa ait yarımparçanın (KDY) mikroyapı fotoğrafları (X100)



Şekil 4.12 Dar kaynak boşluğuna kısa ön tavlama uygulanarak elde edilen kaynağa ait yarımparçanın (KDY) mikroyapı fotoğrafları (X100)

5. DENEYSEL SONUÇLARI NİRDELENMESİ

Yapılan kimyasal analizlerin sonuçlarından, esas metalin kimyasal bileşiminin, numune olarak seçilen A900 ray malzemesinin standart değerlerine uyumlu olduğu görülmektedir. Kaynak metalinde yapılan kimyasal analizin sonuçları ise, seçilen temel malzemesinin ray malzemesi ile uyumlu olduğunu ortaya koymuştur. Kaynak metalinde esas metalin kimyasal bileşiminin kıyaslanmasından, karbon oranları arasında fark olmadığı, silisyum miktarları arasında ise yaklaşık iki kat fark olduğu görülmektedir. Kaynak metalinde silisyum oranı, esas metalin yaklaşık iki katıdır. Bu durum kullanılan temel bileşeninden kaynaklanmaktadır. Alüminyum reaksiyon sonucu curufun oluşumunda kolaylık sağlamak ve eriyen demir içinde oksit bileşenleri kalmasını sağlamak amacıyla temel bileşeninde silisyum miktarı yüksek olmaktadır. Benzer durum manganez miktarları için de geçerlidir. Kaynak metalindeki manganez miktarı, esas metaldekiden yaklaşık % 50 oranında daha düşüktür. Bu durum kaynak metalindeki tane irileşmesinin de bir nedeni olarak gösterilebilir.

Mikroyapı fotoğraflarının incelenmesinden, esas metal mikroyapısının ferritik+perlitik bir yapıda olduğu görülmektedir. Isının Tesiri Altındaki Bölge (ITAB) mikroyapısının da aynı yapıda olduğu ancak kaynak metalinden esas metale iletilen ısı miktarına ve öntavlama işleminin süresine bağlı olarak tane boyutlarında büyüme görülmektedir. ITAB tane boyutları, esas metalle kıyaslandığında iri taneli bir yapı oluşmuştur. Bu iri taneli yapı, ITAB'ın mekanik özelliklerinin esas metalden farklılaşmasına neden olacaktır. Kaynak metalinin mikroyapısının incelenmesinden, kaynak metalindeki tane boyutlarının, kaynak aralığına ve öntavlama süresine bağlı olarak hafifçe değiştiği görülmektedir.

Uzun öntavlama ve dar kaynak aralığı parametreleri uygulanarak yapılan kaynak işleminde oluşan kaynak metalinde, eşeksenli taneler görülmektedir. Tane boyutlarının diğer parametrelerde elde edilen kaynak metalinde tane boyutlarıyla kıyaslanmasında ise, uzun öntavlama ve dar aralığı parametrelerinde yapılan kaynak işleminde, kaynak metalindeki tane boyutlarının kısa öntavlama ile yapılanlara kıyasla daha iri olduğu görülmektedir.

Bunun nedeni, ön tavlama süresinin uzun olması nedeniyle kaynak metalinin soğuma süresinin uzaması ve uzun soğuma süresi nedeniyle tanelerinin irileşmesi için gereken daha fazla sürenin oluşmasıdır.

Uzun ön tavlama ve geniş kaynak aralığı ile uzun ön tavlama ve dar kaynak aralığı parametreleri kullanılarak oluşturulan kaynak metalleriindeki tane boyutlarının kıyaslanmasıdan, kaynak aralığının tane boyutuna etkisinin çok belirgin olduğu görülmektedir. Buradan, kaynak metalinde tane boyutunun esas olarak ön tavlama süresine bağlı olduğu ve kaynak aralığı değerinin, tane boyutu üzerine etkisinin ikincil derecede kaldığı söylenebilir. Ayrıca bu değerlerde elde edilen kaynak metalinin mikroyapısının, kısa ön tavlama uygulanarak elde edilen kaynak metalleriyle kıyaslanmasıdan, yapıdaki perlit miktarının arttığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak da, yine soğuma süresinin uzun olması nedeniyle perlit alanının büyümesi ve perlit yüzdesinin artması gösterilebilir. Bu durum ray kaynağında tercih edilen bir durumdur. Zira rayların kaynak dişlerini ni deal olarak %100 perlitik yapıda olması istenmektedir. Bu şekildeki bir mikroyapı, rayların aşınma davranışında olumlu etkiye sahiptir. Perlitik yapının plastik şekil değiştirme kabiliyetinin ferritik yapıya göre daha düşük olduğu bilinmektedir. Bu ise rayların birleştirme bölgelerini, vagon tekerlek ağırlığı altında plastik şekil değiştirmesini zorlaştırmakta ve sonuçta ray ömrünü uzatmaktadır.

Kısa ön tavlama ve dar kaynak aralığı parametreleri kullanılarak elde edilen kaynak metalinde tane boyutları, uzun ön tavlama ve dar kaynak aralığı parametreleri kullanılarak elde edilen kaynak metalindeki tane boyutlarına oranla hafifçe daha küçük oldukları görülmektedir. Bu durum tavlama süresinin tane boyutuna etkisini açıkça göstermektedir. Ayrıca ITAB'daki tane boyutlarında da bu fark daha da belirgin durumdadır.

Kısa ön tavlama ve geniş kaynak aralığı parametreleri kullanılarak elde edilen kaynak metalindeki tane boyutları ile, kısa ön tavlama ve dar kaynak aralığı parametreleri kullanılarak elde edilen kaynak metalindeki tane boyutlarının kıyaslanmasıdan, tane boyutlarında belirgin bir fark olmadığı görülmektedir. Aynı durum ITAB'daki tane boyutları açısından da geçerlidir. Bu durumda, gerek kaynak metalindeki gerekse ITAB'daki tane boyutları üzerine esas etkinin ön tavlama süresinin uzunluğunun olduğunu göstermektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Demiryolu raylarının işletme koşullarında yüksek basma gerilmelerine maruz kalması nedeniyle kaynak metalinde yığılma oluşması, gerek ray ömrünü kısaltmakta gerekse, ray üzerinde hareket eden araçlarda meydana gelen titreşim nedeniyle büyük maddi hasara sebep olmaktadır.

Aşınmaya karşı genel olarak yüksek sertlikteki metallerin avantajlı olduğu düşünülebilir ancak kaynak bölgesinde mikroyapının homojen ve aynı sertlik değerlerinde olması tercih edilir. Bu durumda maksimum verim için temperlenmiş martenzitik veya beynitik bir mikroyapı hedeflense de raylarda bu iç yapıların kaynak sonrasında kontrollü olarak oluşmasının neredeyse imkansız olması sebebiyle rayların kaynaklı birleşimlerinde optimizasyonun sağlandığı ince perlitik yapıların oluşturulması hedeflenmektedir. Ray malzemelerinin de genellikle perlitik bir iç yapıya sahip olduğu düşünülürse kaynak metal, ITAB ve ray metal arasında sağlanacak homojen, ince taneli perlitik bir yapı korozyon eğilimi göstermeyerek elektrokiyasal etkilere karşı direnç sağlamaktadır.

Gerçekleştirilen alüminotermit kaynaklarının gerek mikroyapı gerekse sertlik değerlerinin karşılaştırılması sonucunda kaynak boşluğunun tane yapısına, dolayısıyla kaynak kalitesine etkisini ikinci planda kaldığı görülmüştür. Öntavlama süresinin ise tane yapısının oluşumunda belirleyici faktör olduğu görülmüştür.

Uzun öntavlama uygulanan raylarda kaynak metalinin soğuma süresinin uzaması neticesinde tane irileşmesi için gerekli sürenin olduğu ve perlit tanelerinin büyüyerek yapıdaki perlit oranının amaçlandığı üzere artış gösterdiği saptanmıştır. Gerek geniş gerekse dar kaynak boşluğuna uygulanan uzun öntavlama sonucunda her iki kaynak metalinde de hedeflenen eşeksenli tane yapısına ulaşılmış, sertlik değerleri de dikkate alındığında ise dar kaynak boşluğunda elde edilen kaynak metalinde daha rijit bir yapı gözlenmiştir.

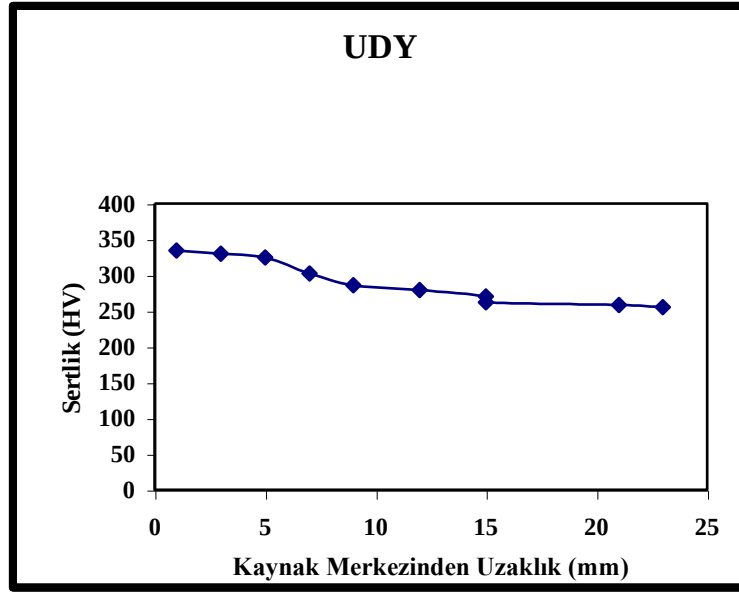
Bu sonuçlar doğrultusunda alüminotermit kaynaktaki uzun öntavlama süresinin kaynak kalitesini arttırdığı, dar kaynak aralığının ise daha homojen bir yapı oluşumunu ikincil derecede etkilediği söylenebilir.

KAYNAKLAR

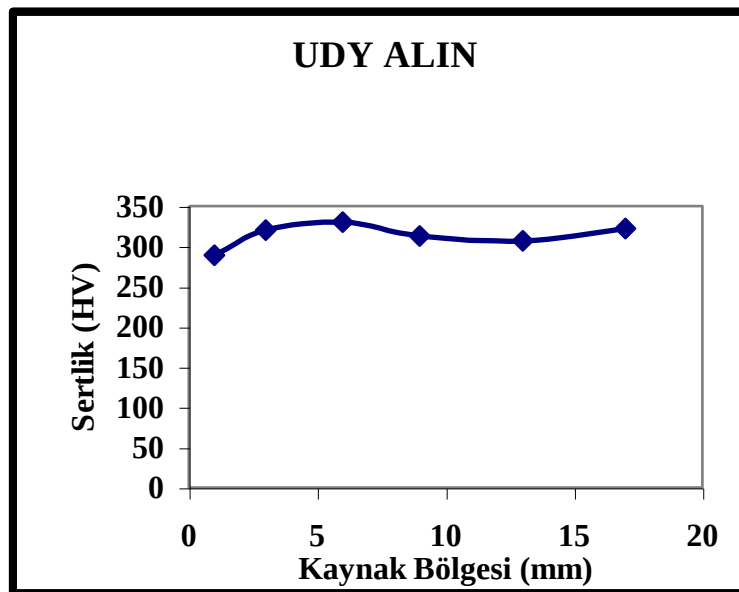
- [1] ThyssenKrupp Schienen Technik GmbH Ray Üreti m Kat al oğ u Mart 2001
- [2] KLK-SOLDAL Rail W el d i ng Procedure FE-4 1992
- [3] VOEST-ALPINE GmbH Rail Producti on Cat al o g u e 2001
- [4] VOEST-ALPINE GmbH Tekni k Ş art na mesi 2001
- [5] Anık, S., Anık, E.S., Vural, M., 2000. 1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kt abı, İstanbul
- [6] Gour d, L. M., Çeviri; D ikici oğ lu, A., Bodur, O., Eryürek, İ. B., 1996. Kaynak Teknolojisi ni n Esasları, İstanbul
- [7] ASM Handbook, Vol. 6, 1993. W el d i ng, Brazi ng and Sol deri ng, Chi o
- [8] ASM Handbook, Vol. 1, 8'th editi on, 1961. Properties and Selection of M et als, Chi o
- [9] Chakraborty, S. P., Journal of Al oys and Co mpounds, 280, 1998. s. 255-261
- [10] KB THERM T A Ş., Üst Yapı Kaynakları İş Yönergesi 1994
- [11] ADtranz Rail W el d i ng Process AP 1996
- [12] Hall, I. H., U mans Encycl ope di a of Industri al Che mi stry, Vol. A1, 5'th editi on, 1985. Al umi not her ni c Process, Wei nhei m
- [13] KB THERM T A Ş., Ter mi t Kaynak Uygul a ma Prati ğ i
- [14] ULAŞI MA Ş. Kaynak K abul Ş art na mesi

EKLER

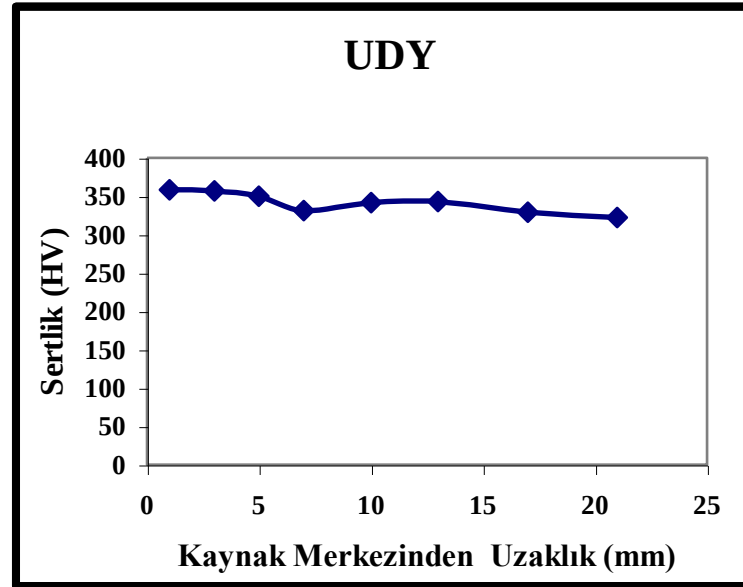
EK - A



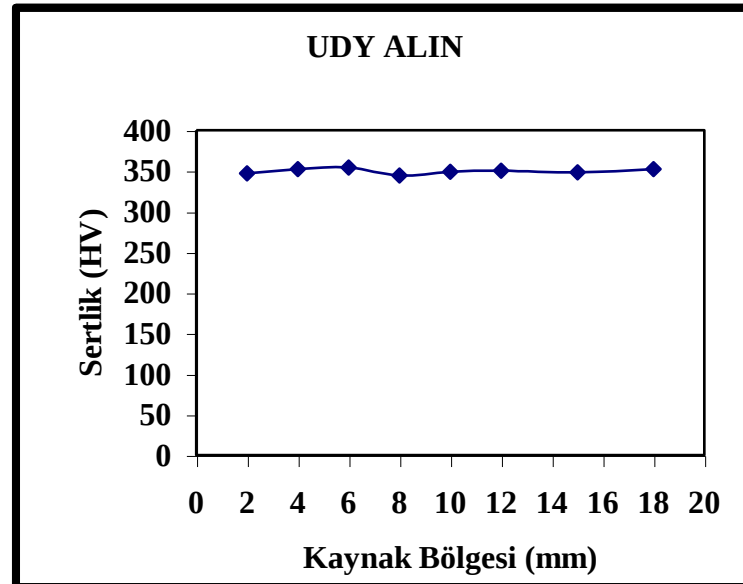
Şekil A1 UDY sertlik değışi mi



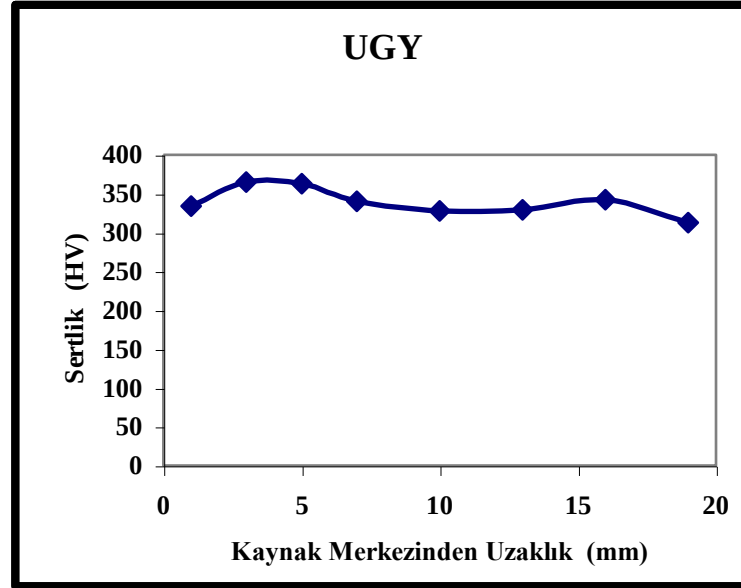
Şekil A2 UDY alının yüzeyi sertlik değışi mi



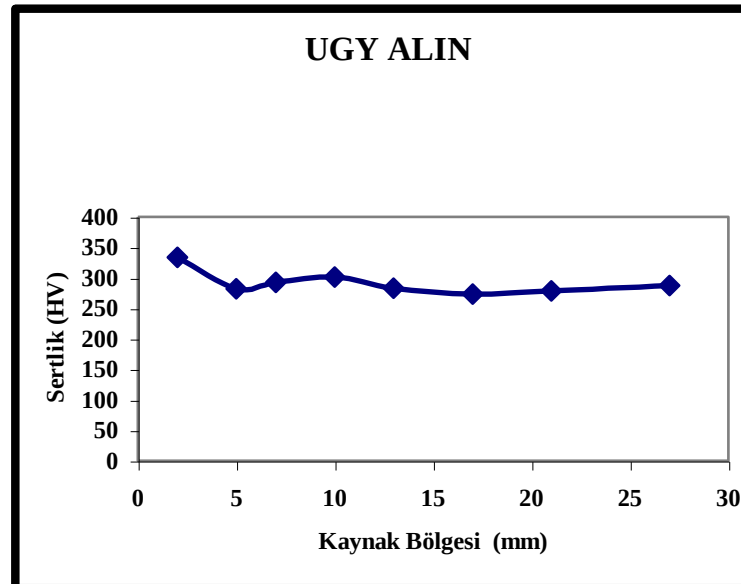
Şekil A3 UDY sertlik değışi mi



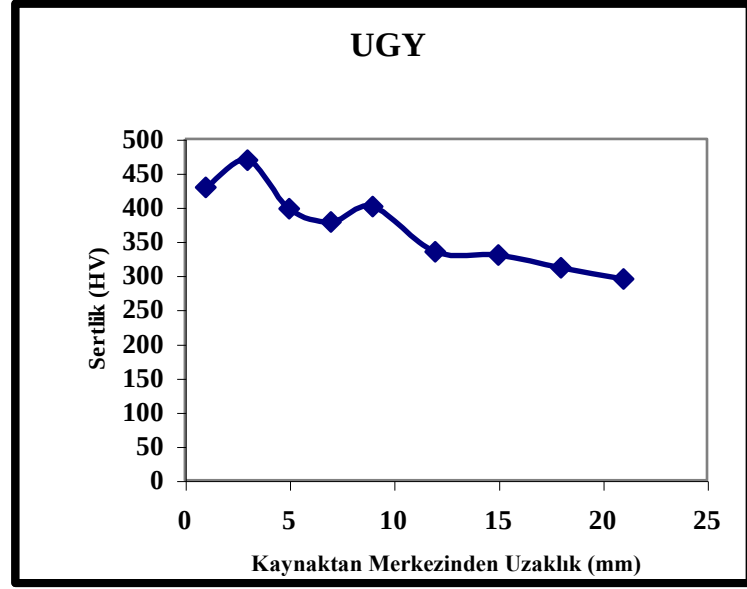
Şekil A4 UDY alın yüzeyi sertlik değışi mi



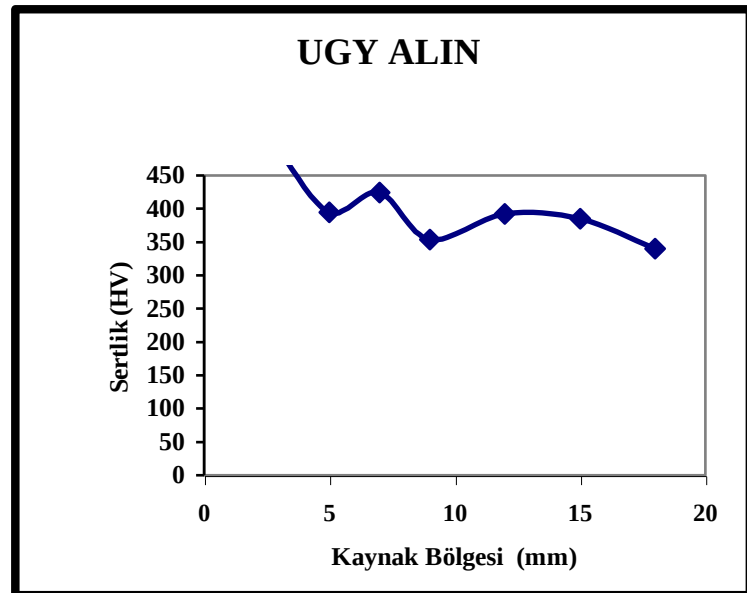
Şekil A5 UGY sertlik değışi mi



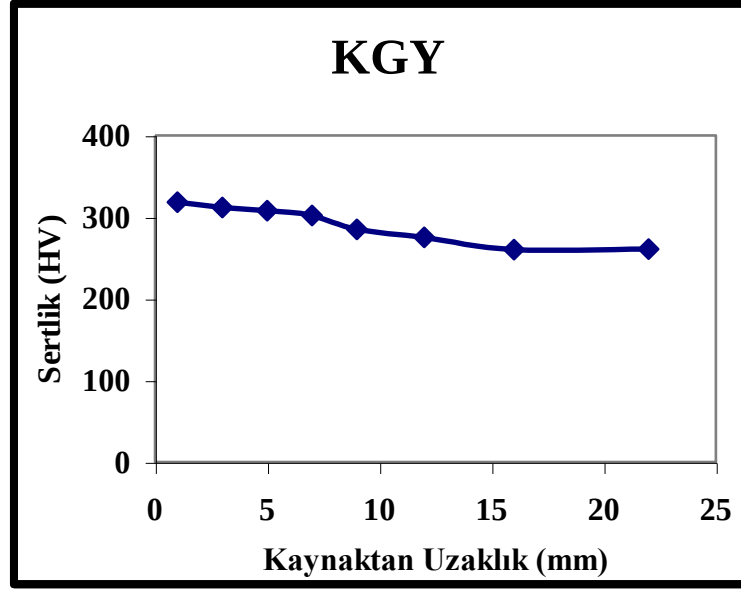
Şekil A6 UGY al ın yüzeyi sertlik değışi mi



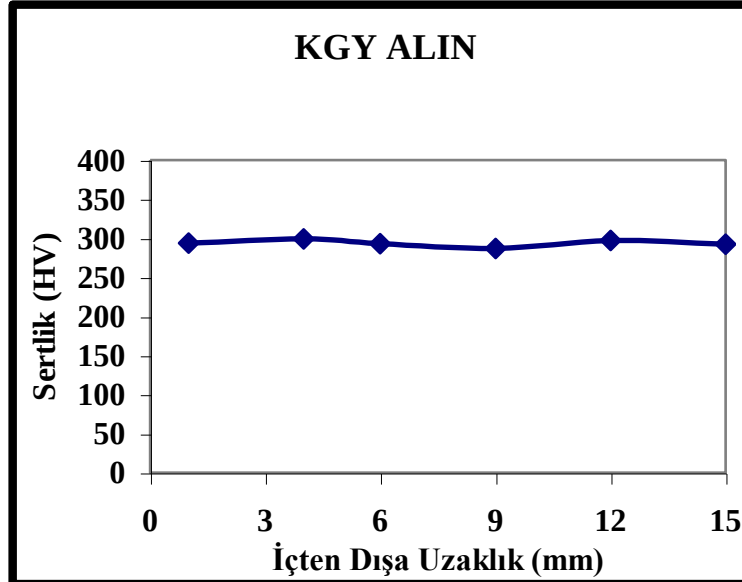
Şekil A 7 UGY sertlik değışi mi



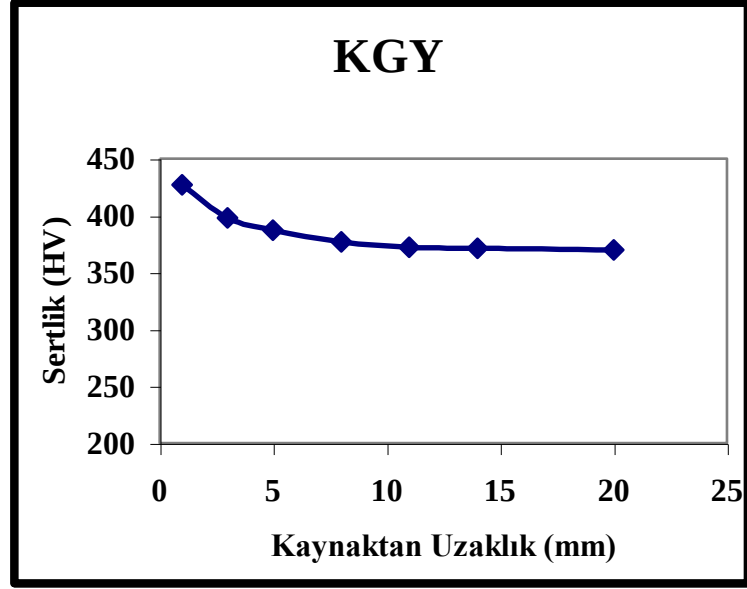
Şekil A 8 UGY alının yüzeyi sertlik değışi mi



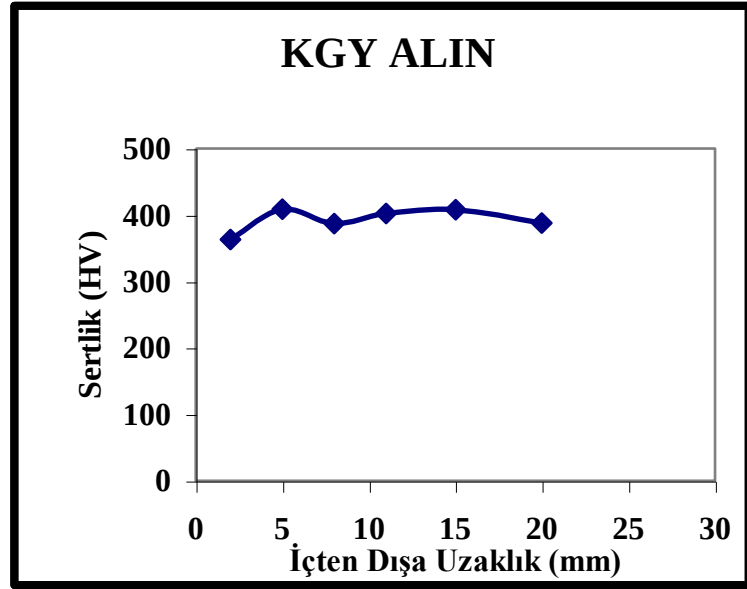
Şekil A 9 KGY sertlik değışı m



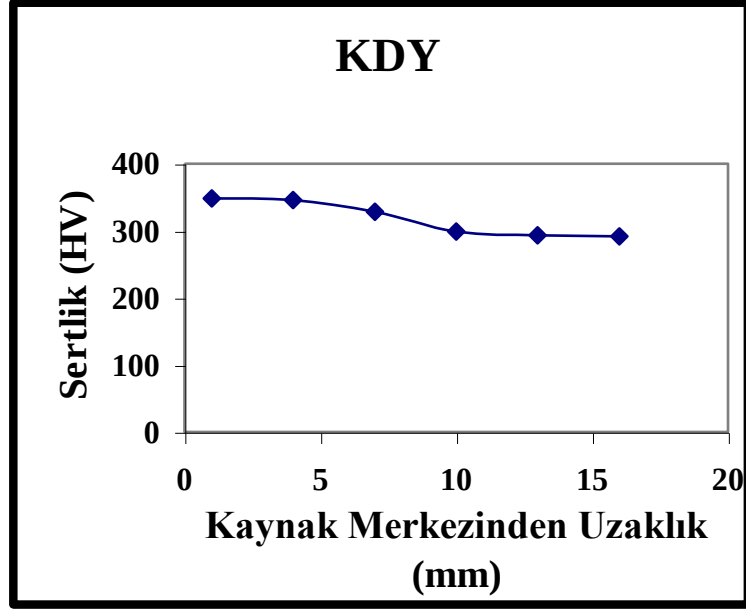
Şekil A 10 KGY alının yüzeyi sertlik değışı m



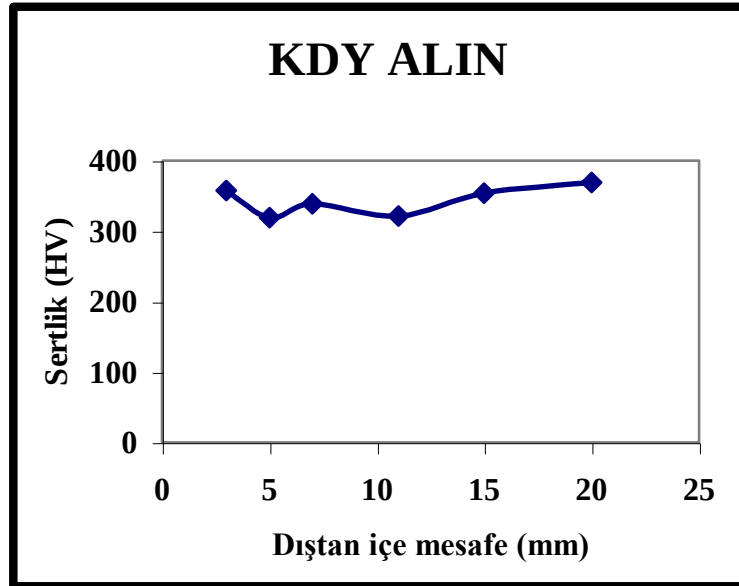
Şekil A 11 KGY sertlik değışi m



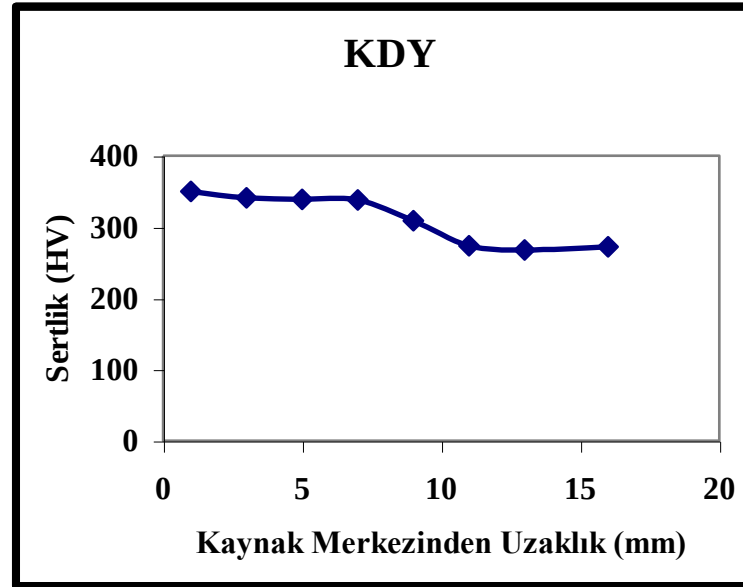
Şekil A 12 KGY alının yüzeyi sertlik değışi m



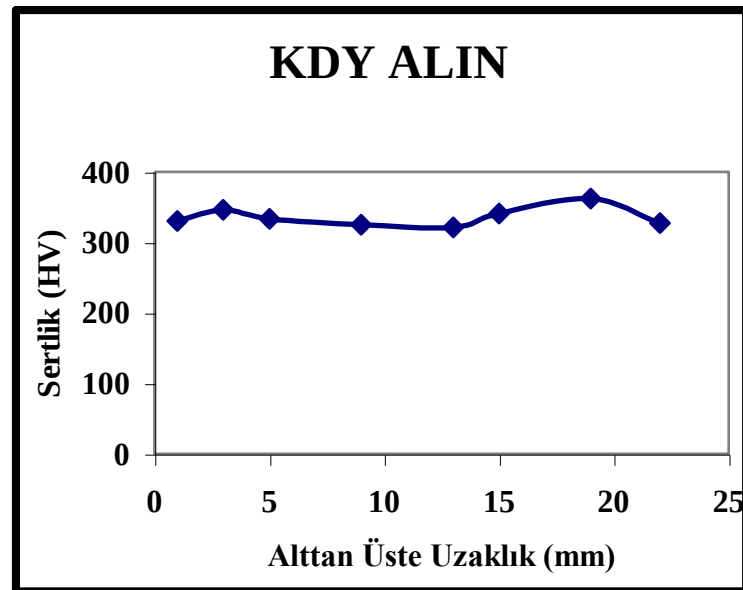
Şekil A 13 KDY sertlik değışi mi



Şekil A 14 KDY alının yüzeyi sertlik değışi mi



Şekil A 15 KDY sertlik değışi mi



Şekil A 16 KDY alının yüzeyi sertlik değışi mi

EK B

T.C. SANAYİ VE TİCARET BAKANLIĞI
KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ SANAYİ
GELİŞTİRME VE DESTEKLEME
İDARESİ BAŞKANLIĞI

KOSGEB LABORATUVARLARI
KİMYASAL ANALİZ RAPORU

İSTEM TARİHİ	İSTEM NO	RAPOR TARİHİ	RAPOR NO
05.12.2003	5390	10.12.2003	6401
FİRMA BİLGİLERİ	MURAT TOSUN İTÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ İSTANBUL		
NUMUNE (FİRMA BEYANI)	No: 2	Ad: KAYNAK METALİ	

ANALİZ SONUÇLARI

ELEMENT	%	ELEMENT	%	ELEMENT	%
Karbon (C)	0,62000	Silisyum (Si)	0,47900	Mangan (Mn)	0,82700
Fosfor (P)	0,00920	Kükürt (S)	0,00764	Krom (Cr)	0,06550
Molibden (Mo)	0,01110	Nikel (Ni)	0,04610	Alüminyum (Al)	0,11900
Kobalt (Co)	0,00469	Bakır (Cu)	0,04800	Niobyum (Nb)	0,00362
Titanyum (Ti)	0,01530	Vanadyum (V)	0,00546	Tungsten (W)	0,00500
Kurşun (Pb)	0,00200	Kalay (Sn)	0,00300	Antimon (Sb)	0,00200
		Demir (Fe)	Kalan		

ANALİZ TARİHİ	ANALİZİ YAPAN	ONAY
10.12.2003	Özgür ALPAŞLAN Uzman Metalurji	T.C. SANAYİ VE TİCARET BAKANLIĞI KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ SANAYİ GELİŞTİRME VE DESTEKLEME İDARESİ BAŞKANLIĞI İSTANBUL İMES LABORATUVAR MÜDÜRLÜĞÜ İMES Sanayi Sitesi - Dudullu - İSTANBUL
AÇIKLAMALAR:		

- 1- NUMUNE ANALİZ İÇİN UYGUNDUR.
- 2- ANALİZ, SPECTROLAB MARKA M5 MODEL ANALİZ CİHAZINDA YAPILMIŞTIR.
- 3- ANALİZ SONUÇLARI YUKARIDA TANIMLANAN NUMUNEYE AİTTİR.
- 4- BİR SAYFA OLARAK DÜZENLENEN BU RAPOR İZİNSİZ ÇOĞALTILAMAZ.

İSTANBUL İMES LABORATUVAR MÜDÜRLÜĞÜ

İMES Sanayi Sitesi C Blok 308.Sokak No:46 Y.Dudullu / İSTANBUL

Tel:0216 466 84 06, Faks:0216 466 84 07,e-mail:imes@kosgeb.gov.tr,http://www.imes.kosgeb.gov.tr

Yürürlük Tarihi	: 13 Ağustos 2001	Baskı No/Rev No	: 0/01
Sayfa No	: 1/1	Revizyon Tarihi	: 08 Ekim 2001
Form No	: KÜG/F/4.9-1-1		10.12.2003 11:12:35

Şekil B 1 Kaynak metali kimyasal analiz raporu

T.C. SANAYİ VE TİCARET BAKANLIĞI
KÜÇÜK VE ORTA ÖLÇEKLİ SANAYİ
GELİŞTİRME VE DESTEKLEME
İDARESİ BAŞKANLIĞI

KOSGEB LABORATUVARLARI KİMYASAL ANALİZ RAPORU

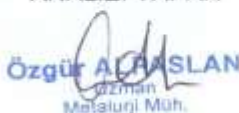
İSTEM TARİHİ	İSTEM NO	RAPOR TARİHİ	RAPOR NO
05.12.2003	5390	10.12.2003	6400

FİRMA BİLGİLERİ	MURAT TOSUN İTÜ MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ İSTANBUL
-----------------	--

NUMUNE (FİRMA BEYANI)	No: 1	Ad: ANA METAL
-----------------------	-------	---------------

ANALİZ SONUÇLARI

ELEMENT	%	ELEMENT	%	ELEMENT	%
Karbon (C)	0,66000	Silisyum (Si)	0,20500	Mangan (Mn)	1,22000
Fosfor (P)	0,01430	Kükürt (S)	0,02900	Krom (Cr)	0,05010
Molibden (Mo)	0,00100	Nikel (Ni)	0,00847	Alüminyum (Al)	0,00386
Kobalt (Co)	0,00100	Bakır (Cu)	0,02530	Niobyum (Nb)	0,00200
Titanyum (Ti)	0,00482	Vanadyum (V)	0,00100	Tungsten (W)	0,00500
Kurşun (Pb)	0,00200	Kalay (Sn)	0,00300	Antimon (Sb)	0,00200
		Demir (Fe)	Kalan		

ANALİZ TARİHİ	ANALİZ YAPAN	ONAY
10.12.2003	 Özgür ALPASLAN Metallurji Müh.	 T.C. SANAYİ VE TİCARET BAKANLIĞI KOSGEB İSTANBUL İLMES LABORATUAR MÜDÜRLÜĞÜ İMES Sanayi Sitesi C Blok 308 - İSTANBUL

AÇIKLAMALAR:

- 1- NUMUNE ANALİZ İÇİN UYGUNDUR.
- 2- ANALİZ, SPECTROLAB MARKA M5 MODEL ANALİZ CİHAZINDA YAPILMIŞTIR.
- 3- ANALİZ SONUÇLARI YUKARIDA TANIMLANAN NUMUNEYE AİTTİR.
- 4- BİR SAYFA OLARAK DÜZENLENEN BU RAPOR İZİNSİZ ÇOĞALTILAMAZ.

İSTANBUL İMES LABORATUAR MÜDÜRLÜĞÜ

İMES Sanayi Sitesi C Blok 308.Sokak No:46 Y.Dudullu / İSTANBUL

Tel:0216 466 84 06, Faks:0216 466 84 07,e-mail:imes@kosgeb.gov.tr,http://www.imes.kosgeb.gov.tr

Yürürlük Tarihi	: 13 Ağustos 2001	Baskı No/Rev No	: 0/01
Sayfa No	: 1/1	Revizyon Tarihi	: 08 Ekim 2001
Form No	: KÜG/F/4.9-1-1		10.12.2003 11:12:05

Şekil B2 Ana metal kimyasal analiz raporu

ÖZGEÇMİŞ

Murat TOSUN, 1975 yılında İstanbul’da doğdu. İlköğrenimini Nisantashi, Nilüfer Hatun İlköğretim Okulunda 1986 yılında tamamladı. Ortaöğrenimini Mislak, Özel Boğaziçi Lisesinde 1994 yılında tamamladı. Aynı yıl başladığı Yıldız Teknik Üniversitesi Mekanik Fakültesi, Mekanik Mühendisliği Bölümündeki lisans eğitiminin 1999 yılında mezun oldu. 1999 yılında başladığı, İstanbul Teknik Üniversitesi Mekanik Fakültesi Mekanik Mühendisliği Anabilim Dalı, İmalat Programındaki yüksek lisans eğitiminin tez aşamasında bulunmaktadır.