

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/325170475>

# Sert Lehimli Paslanmaz Çelik Egzoz Gazı Geri Dönüş Boru Bağlantılarının Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi

Conference Paper · May 2018

CITATIONS

0

READS

3

4 authors, including:



Nigar Özey

Orhan Automotive Control Systems R&D Center

7 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE

# SERT LEHİMLİ PASLANMAZ ÇELİK EGZOZ GAZI GERİ DÖNÜŞ BORU BAĞLANTILARININ MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Nigâr ÖZEY <sup>1</sup>, Hüseyin KARABULUT <sup>2</sup>, Mehtap HİDİROĞLU <sup>3</sup>, Bünyamin ÇİÇEK <sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> ORAU Orhan Otomotiv Kontrol Sistemleri, Ar-Ge Merkezi, Bursa, TÜRKİYE.

<sup>4</sup> Hitit Üniversitesi, Alaca Avni Çelik Meslek Yüksekokulu, Kaynak Teknolojisi, Çorum, TÜRKİYE.

<sup>3</sup> Sorumlu Yazar: Mehtap HİDİROĞLU, mehtaphidiroglu@orhanautomotive.com

## ABSTRACT

In this study, material selection and mechanical behavior of the piping system which is used in the automobile and connected systems, which are increasingly used in the developing world, and which are used during the transport of the various gases given to the exhaust system and the atmospheric environment are investigated. This work was carried out in a certain part of this piping system and the working principle of exhaust gas recirculation (EGR) was used. This part is made of 321 L quality stainless steel material with austenitic phase structure, high corrosion resistance and high working ability at high temperature. The joints of the stainless steel material in the austenitic phase structure are joined and the brazing technique is used in the pipe-flange connection stages and the joint is provided. The brazing process was performed with a solder solution (paste) in a humpback brazing furnace. Tension and tightness tests and grain enlargement annealing were applied at the connection parts of the pipe system which require mechanical inspection. In order to measure the chemical effects of the gases passing through the stainless pipe and the corrosive environment reaction of the material, the specimens were subjected to the corrosion behavior test. All tests were carried out in accordance with the relevant ASTM standards and on calibrated machines. Tensile strength, sealability (condition), corrosive damage analysis and grain size were determined based on the results obtained from these tests. These data are compared with those in the literature and the possibility of producing different materials for exhaust systems manufactured from stainless steel and exposed to gases such as oxygen and nitrogen has been investigated. As a result, 321L quality stainless steel material used in EGR system in automotive exhaust system has been investigated in this system.

**Keywords:** Austenitic stainless steel, EGR system, Braizing,

## ÖZET

Bu çalışmada, gelişen dünyada kullanım alanı her geçen gün artan, otomobillerde ve bağlı sistemlerinde açığa çıkan ve egzoz tertibatı ile atmosfere verilen çeşitli gazların taşınması aşamasında kullanılan borulama sisteminin malzeme seçimi ve mekanik davranışı incelenmiştir. Bu borulama sisteminin belirli bir bölümü, bu çalışma uygulanmış ve egzoz gazı devridaim (EGR) çalışma prensibi kullanılmıştır. Bu bölgede malzeme kalitesi olarak östenitik faz yapısına sahip, korozyon direnci yüksek ve yüksek sıcaklıkta çalışma kabiliyeti bilinen 321 L kalite paslanmaz çelik malzeme kullanılmıştır. Östenitik faz yapısında bulunan paslanmaz çelik malzemenin bağlantı kısımlarının birleştirilmesi ve boru-flanş bağlantı aşamalarında sert lehimleme tekniği kullanılmış ve birleştirme sağlanmıştır. Sert lehim işlemi kambur lehim fırınında lehim solüsyonu (pastası) ile gerçekleştirilmiştir. Boru sisteminin mekanik inceleme gerektiren bağlantı kısımlarında çekme ve sızdırmazlık testleri ile tane boyutu ölçümleri yapılmıştır. Paslanmaz boru içerisinden geçen gazların kimyasal etkilerini ve malzemenin korozif ortam tepkisini ölçmek adına numuneler korozyon davranış testine tabii tutulmuştur. Bütün testler ilgili ASTM standartlarına bağlı kalarak ve kalibrasyon periyodu takip edilen mtest cihazlarında gerçekleştirilmiştir. Bu testler sonucunda ortaya çıkan verilere dayanarak çekme dayanımı, sızdırmazlık durumu, korozif hasar analizi ve tane büyüklük numarası değerleri tespit edilmiştir. Bu veriler literatürde bulunan çalışmalarla karşılaştırılmış ve paslanmaz çelik malzemenin imal edilen ve oksijen, azot gibi gazlara maruz kalan egzoz sistemlerinin farklı malzemeler üretilebilirliği incelenmiştir. Sonuç olarak otomobillerde egzoz sisteminde EGR yöntemi ile kullanılan 321L kalite paslanmaz çelik malzemenin bu sistemde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Östenitik paslanmaz çelik, EGR sistemi, Sert lehim.

## 1. GİRİŞ

Dünyadaki araç sayısının her geçen gün hızla artması, hızlı nüfus artışı ve sanayileşmeye paralel olarak her geçen gün doğa biraz daha kirletilmekte, doğanın doğal dengesi tahrip edilmektedir. Bu kirlenme insan sağlığını ve hayatını tehdit edecek ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bu konuda dünyanın birçok yerinde çalışmalar yapılmakta ve kararlar alınmaktadır. Önümüzdeki birkaç yılda tamamen kurşunsuz yakıtta geçilmesi, emisyon standartlarının denetlenmesi, dizel partikül tutucularının uygulamaya konulması CO, HC ve NOX emisyonlarının kontrolü için katalizör kullanımı, alternatif yakıtların motorlarda kullanımı gibi önlemler, çevre kirliliğinin azaltılmasıyla ilgili gündemde önemli bir yer tutmaktadır. Bu kapsamda egzoz gazının atmosfere salınımı da çevre kirliliği aktif değerini arttırmakta ve salınımı düşürücü yöntemler geliştirilmektedir. Bu yöntemlerin başında gelen egzoz gazı devridaim sistemi (EGR) gelmektedir. Ancak egzoz gazı içerisinde açığa çıkan gazları bilinen mesafede taşıyabilecek bir borulama sistemine ihtiyaç vardır. Bu sistemler geleneksel olarak çelik bazlı malzemelerden ve özellikle de paslanmaz çelik serisinden imal edilmektedir.

Paslanmaz çelikler korozyon dirençleri ve yüksek sıcaklıklarda göstermiş oldukları mekanik özellikleri nedeniyle otomotiv sanayisinde mühendislik uygulamaları için sıklıkla tercih edilmekte ve farklı uygulamalarda kullanılmaktadırlar [1]. Paslanmaz çelikler demir esaslı malzemelerdir ve içerdikleri Cr miktarının seviyesine göre korozyon dirençleri doğru orantılı olarak farklılık göstermektedir [2]. Paslanmaz çeliklerin içerdikleri Cr miktarı en az % 10,5 seviyesinde olup ve yapılarında en çok % 0,01-0,02 miktarında karbon (C) içerirler [2]. Alaşımlandırmada kullanılan diğer elementler ile birlikte (Ni, W, V, Nb, Cu, Mo, Mn vb.) demir dışı element oranı %38 seviyelerine kadar ulaşabilir. Paslanmaz çelikler uygulama alanlarına göre 5 ana grup altında toplanabilir. Bunlar östenitik, ferritik, martenzitik, östenitik-ferritik (dublex) ve çökeltme sertleşmesi gruplarıdır [1]. Bu çalışmada; korozyon direnci yüksek östenitik faz yapısına sahip paslanmaz çelik malzemeden üretilen egzoz gazı geri besleme borularında farklı ve etkili bir yöntem olarak EGR yöntemi kullanılmıştır. EGR yöntemi NOx emisyonlarını kontrol etmek için en etkili yöntemlerden biridir ve bu sebeple sıklıkla tercih edilmektedir.

## 2. YÖNTEM VE DENEYLER

### 2.1. Malzeme Seçimi ve EGR Prensibi

Korozyon dirençleri ve yüksek sıcaklıklarda göstermiş oldukları mekanik özellikleri nedeniyle çalışmada bu özellikleri incelemek üzere 321 L paslanmaz çelik malzeme tercih edilmiştir.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan 321 L Paslanmaz çeliğin kimyasal kompozisyonu (%)

Kimyasal Kompozisyon							
C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Ti
0.08	1,98	0.045	0.015	0,99	11,59	18,67	0.658

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan 321 L Paslanmaz çelik için standarda dayalı mekanik özellikler

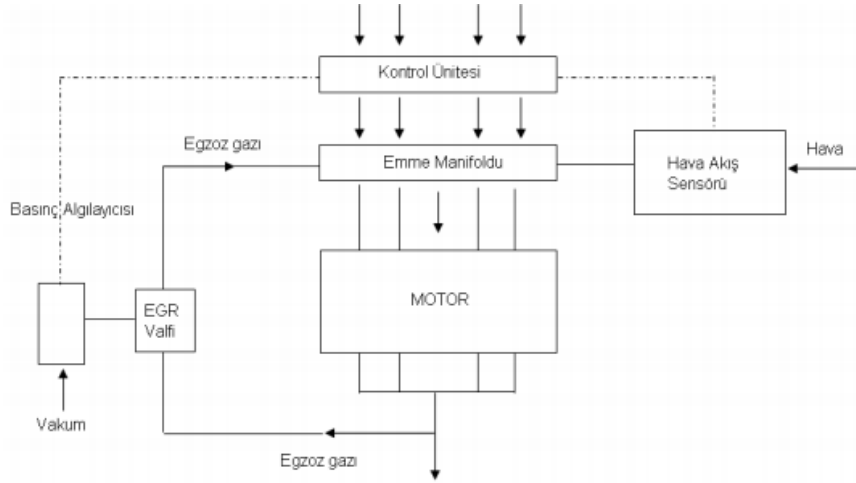
Mekanik Özellikler	
Kalite	321 (1.4541) X6CrNiTi18-10
Kopma Mukavemeti	515 MPa
Kopma Uzaması (%)	40
Akma Dayanımı	205 MPa
Sertlik (HR-B max)	95

EGR, egzoz gazının bir kısmını yeniden motor içerisine ve silindirlere göndererek yanma sonucunda oluşan ısıyı düşürmeyi, bu şekilde çevre açısından zararlı azot oksit gazlarını kontrol altında tutmayı hedefleyen bir sistemdir. Günümüz benzinli ve dizel motorlarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. İçten yanmalı motorlarda atmosferi kirleten temel üç kirlenici CO, HC ve NOx bileşenleridir. Benzin motorlu araçlarda katalitik konvertör kullanımı ile CO, NOx ve CH gibi zararlı gazlar reaksiyona girerek CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O bileşenlerini meydana getirir. Burada CO oksijen ile yanar

ve zehirsiz CO<sub>2</sub> gazına dönüşür. CH oksijen ile yanar ve CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O (Su) haline dönüşür. NO 'den oksijen ayrılarak N<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> oluşur. (Azot veya nitrojen (N), hidrokarbon (HC), karbon monoksit (CO) ve azot oksit (NO<sub>x</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>)[3].

Motorlarda NO<sub>x</sub> (azot oksit veya nitrojen oksit) emisyonlarını kontrol edebilmek için iki yol vardır. Birinci yol katalitik konvertör kullanılarak egzoz gazını kimyasal işleme tabi tutmak, diğer yol ise yanma esnasında azot oksit oluşumunu azaltmaktır. Bir kısım egzoz gazları yanma odası içerisinde tutularak NO<sub>x</sub> 'in kontrolü için kullanılır. Bu egzoz gaz resirkülasyonu (geri dönüşüm) EGR ile sağlanır.

EGR, dizel motorlardan çıkan NO<sub>x</sub> emisyonlarını kontrol etmek için en etkili yöntemlerden biridir. Bu yöntemde, egzoz gazlarının kontrol edilebilir bir kısmı geri emme havasına gönderilir ve bu yanmış gazların ikame edilmesi daha düşük ısı salınmasına, yanma sonu sıcaklığının düşmesine ve NO<sub>x</sub> emisyonlarının azalmasına sebep olur. Ancak, EGR uygulandığında, silindirlerdeki mevcut oksijen konsantrasyonundaki azalmadan dolayı partikül emisyonlarının üretimi artmaktadır. Bu, EGR sistemini kullanan dizel motorlarda en önemli sorundur ve egzoz gazlarında NO<sub>x</sub> ve partikül emisyonları arasında bir dengeleme olması gerektiği anlamına gelir. Emme yükü sıcaklığındaki artışın hacimsel verimde ve motor performansında bir düşüşe neden olduğu bilinmektedir. Motorun hacimsel verimine olumsuz etkileri azaltmak için EGR gazları taze emme havasıyla karıştırılmadan önce soğutulmalıdır. Ayrıca, EGR gazları, en iyi NO<sub>x</sub> azaltımını sağlamak için soğutulmaktadır. Bununla birlikte, EGR soğutucusunun kirlenmesi zaman içindeki ısı transfer performansını düşürür. Kirlenme, soğutucunun basınç düşüşünde bir artışa neden olur ve bu kirlenme EGR soğutucularında geri dönüş hızlarını, motor performansını ve egzoz emisyon özelliklerini etkileyen başlıca etmendir.



Şekil 1. EGR Çalışma Prensibi [6]

## 2.2. Korozyon Davranış Testi

Test numunelerinin korozyon davranışını incelemek için Tuzlu Su Sisi Püskürtme (Tuz Sis) testi kullanılmıştır. Tuzlu su sisi testleri ASTM B 117 standardına uygun olarak Orhan Otomotiv Ar-Ge Test Laboratuvarı'nda bulunan Korozyon Test kabini kullanılarak yapılmıştır. [4]. Test numuneleri kabin içerisindeki özel askıya dikeyle 15-30° açı yapacak şekilde asılmıştır. Deneyde kullanılan tuzlu su çözeltisi ağırlıkça %5'lik saf NaCl olup, çözücü saf sudur. Püskürtme, suyla doymuş hava ile yapılır. Püskürtme basıncı 0,9- 1 bar seviyelerindedir. Yoğuşan çözeltinin pH değeri 6,5- 7,2 aralığında ölçülmüş ve 35 ± 2°C sıcaklığında test gerçekleştirilmiştir [5]. Tuzlu Su Sisi Püskürtme (Tuz Sis) testi paslanmaz çelik numuneleri ve paslanmaz çelik ihtiva ederek üretilmiş olan numunelerin kullanım için uygunluğunu ortaya çıkaran bir yöntemdir. Test numunelerinde kullanılan kaplamalar parçanın amaçlanan ömrü boyunca korozyon dayanımı sağlayacak mı sorusu bu yöntem kullanılarak test edilebilir. Tuzlu Su Sisi Püskürtme (Tuz Sis) Testi, ASTM B 117 standardına göre gerçekleştirilmiştir [4]. Test süresi olarak 48 saatlik bir çalışma yapılmıştır.

## 2.3. Sızdırmazlık Testleri

Sızdırmazlık testi süresince test parçalarına uygulanan basınç kademeli olarak artırılarak test numunesinin sızdırmazlık dayanımı test edilmiştir. Sızdırmazlık testleri için ATEQ test cihazı kullanılmıştır. Sızdırmazlık test cihazında kullanılan gaz kuru havadır. Basınç değeri cihazın özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Uygulanması istenen basınç değeri test edilecek parçanın araçta kullanıldığı konumuna göre farklılık göstermektedir. EGR test numuneleri için test spektrlerinde belirtilen 350 kPa değeri altında kaçak kontrolü yapılmıştır. Sızdırmazlık testi aksi belirtilmedikçe TS EN ISO 291 standardına uygun ortam sıcaklığında yapılır.

## 2.4. Çekme Testleri

Çekme testlerinde bir malzemenin statik ve yavaş uygulanan bir yüke karşı dayanımı ölçülür. Çekme deneyi malzemelerin mekanik özelliklerini belirlemek için kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Çalışmada EGR test numunelerinin mekanik özelliklerini ve dayanımını incelemek için çekme testi yapılmıştır. Çekme testleri Orhan Otomotiv Ar-Ge Test laboratuvarında bulunan Zwick/Roell Z020 marka çekme test cihazında 25 mm/dk çekme hızı ile gerçekleştirilmiştir.

## 2.5. Sert Lehim İşlemi

Fırında sert lehimleme, benzer olmayan malzemelerin birleştirilmesi, yüksek üretim hızı, farklı kalınlıktaki malzemelerin birleştirilmesi ve çok sayıdaki diğer özelliklerinden dolayı, günümüzde çok sık kullanılan ve gittikçe yeni uygulama alanları bulan birleştirme metodlarından birisidir. Fırında sert lehimleme, karbonlu çeliklerin birleştirilmesinde geniş uygulama alanına sahiptir. Bu çalışmada, paslanmaz çelik malzemeler bakır pastası kullanarak, indirgeyici atmosferi olan fırında sert lehimlenmiştir.

Sürekli lehimleme, gelen parçaların düzenli bir akışıyla üretim için uygundur. Parçalar fırın içine hareket etmelidir. Genellikle örgülü tel, ray veya itici fırınlar kullanılır. Fırın, atmosfer kontrolünü sağlamak ve yalıtım içinde kalan kirlilik miktarını minimize etmek için tuğla veya metalik bir kaplama ile kaplanmıştır. Sürekli fırın, sabit parça kalitesi sağlar, malzeme akımını üretime kolaylıkla ekler ve otomasyon için kolaylıkla uyarlanabilir. **Şekil 2**, örgülü bir tel üzerinde sürekli bir atmosfere giren parçaları ve fırın görülmektedir.



**Şekil 2.** Örgülü bir tel üzerinde sürekli bir atmosfere giren test parçaları ve fırın.

Çalışmada kullanılan numuneler bir Kambur sert lehim fırınından proses edilmiştir. Kambur fırındaki ray bir eğime veya rampaya doğru çıkar, yüksek sıcaklık bölümünde düzleşir ve sonra soğutma bölümü boyunca aşağıya iner. Bu özgün profil, kambur fırına ismini vermektedir. Hidrojen gazının düşük yoğunluğu, bu fırının yükselen bölümünde hidrojenin birikmesine izin vererek hidrojen tüketimini azaltır.

İndirgeyici atmosferler, lehimleme sıcaklığında ana metalin üzerinde oluşan yüzey oksidasyonunu engelledikleri gibi, lehimlemeden önce hazır bulunan veya ısıtma işleminin düşük sıcaklıkta yapılan aşamalarında oluşan kalıntı yüzey oksitlerini, redükte veya tamamen yok ederler. En yüksek redükte edici gücüne sahip olan gaz, hidrojenidir. Paslanmaz çeliklerin atmosfer, krom oksit için indirgeyici olmalıdır. %100 hidrojen içeren atmosferler veya %25'e kadar azot ile (veya parçalanmış amonyakla) karıştırılmış atmosferler paslanmaz çeliklerin sert lehimlenmesi için uygundur. Eğer azot toplanmasından kaçınmak gerekiyorsa o zaman %100 hidrojen ya da bir argon/hidrojen karışımı seçilmelidir. Çalışmada Hidrojen (H<sub>2</sub>) atmosferi kullanılmıştır.

Hidrojen ile sert lehimlemenin veya başka bir deyişle %100 kuru hidrojenle sert lehimlemenin çok sayıda avantajı vardır. Bütün atmosferlerden daha fazla indirgeyici etkisine sahiptir ve buda parlak ve oksitsiz yüksek kaliteli sert lehimler ortaya çıkarır. Hidrojen oranının artmasıyla atmosfere hava girişini önleme kapasitesi (H<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O oranı) artar. Artan tamponlama kapasitesi atmosferi hava girişinden daha az etkilenir hale getirir ve atmosfer kalitesinin sürdürülmesi için daha az gazın gerekli olmasına yol açar [7].

Numuneler hidrojen atmosferindeki 1020°C fırından 400mm/dk hızda ilerletilerek yaklaşık 80 dakika bekletilmiş sonrasında ortam sıcaklığında soğutulmuştur. Lehim alaşımı, toz, folyo, pasta ve katı metal formları gibi çeşitli şekillerde bulunabilir. Pasta, bir çözücü içindeki lehim alaşımı tozunun bağlayıcı süspansiyon karışımıdır ve kolay bulunma ve

düşük maliyet gibi sebeplerden dolayı yaygın bir şekilde kullanılır. Lehim alaşımı formları, halka, levha, saç ve tel gibi katı formlardır. Pastalardan daha temiz bir uygulama sağlarlar ve daha az zahmetlidirler. Ancak lehim yerine yerleştirilmeleri zor olabilir.

Çalışmada lehim pastası (ilave metal) olarak kullanılan malzeme, 99.95% bakır içeren AWS-A5.8 standardına göre B-Cu1, EN-1044 standardına göre CU102 ve DIN-8513 standardına göre L-Cu'dur. Bağlantı tasarımında en önemli parametre başarılı bir kapiler etki için bağlantı aralığıdır. Bakır alaşımlı pastalarda bağlantı aralığı 0,00-0,05mm arasındadır [8]. Numune'ye ait parça yapısal bağlantı tasarımı yapılırken bu aralık baz alınmıştır.

Krom, paslanmaz çeliklerde çok kullanılır; miktarı arttıkça çeliğin kaynak edileme özelliği kötüleşir. Krom ilavesi ile çekme mukavemeti, akma mukavemeti yükselir, darbe özellikleri olumsuz yönde etkilenir. Krom tane büyümesini teşvik eden bir element olduğu için kromlu çeliklerin yüksek östenitleme sıcaklıklarında uzun süre tutulmasından kaçınılmalıdır. Ancak sert lehim fırınlarında lehimleme operasyonu süresince östenitleme sıcaklığında uzun süre tutulan paslanmaz çelik parçaların tane boyutu incelenmiştir.

Sert lehim işlemi sonrasında malzeme üzerinden yatay ve dikey yönlerde numuneler alınmış ve klasik metalografik yöntemlerle mikroyapı numuneleri oluşturulmuştur. ASTM E112-13 standartına uygun analiz edilmiş ve ASTM tane numaraları hesaplanmıştır.

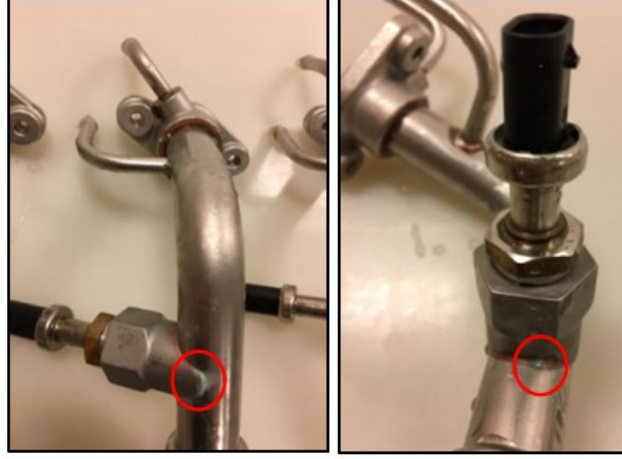
### 3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

#### 3.1. Korozyon Testi Sonuçları

Kaynak bölgelerinde kırmızı pas oluşmamıştır. Kaynakta bakır kullanımından kaynaklı olarak yeşil pas oluşumu gözlenmiştir. Kaynak bölgelerinde korozyon oluşumunu engellemek için kaynaklar daima düzgün ve iyi şekillendirilmiş olmalı, yarık ve boşluklar ihtiva etmemelidir. Kaynak etrafının cürüflardan ve sıçrayan metal artıklarından arındırılması gerekir. Kaynaklı birleştirmelerde iki metalin birbirine değen tüm noktalarının sürekli kaynakla birleştirilmesi hem mukavemeti artıracaktır hem de iki yüzey arasına korozif maddelerin kaçmasına engel olacaktır. Böylelikle numunenin korozyon dayanımı artırılmış olacaktır.



Şekil 2.48 saat korozyon testi uygulanmış EGR numuneleri



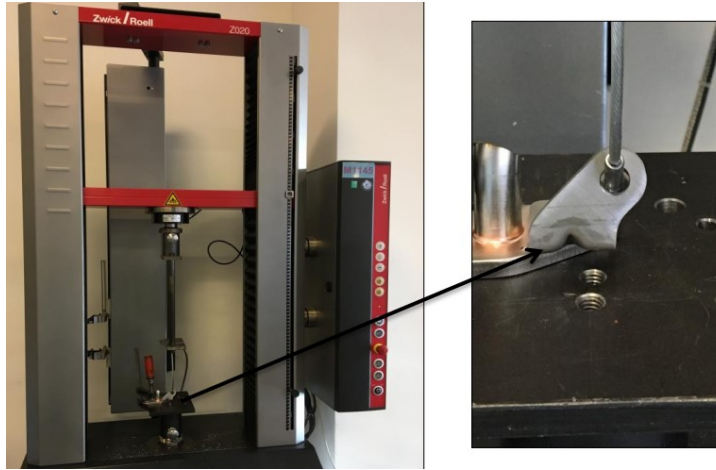
Şekil 3. Kaynak bölgesinde yeşil pas gözlenen EGR numuneleri

48 saatlik Tuz-Sis korozyon testi sonrasında kaynak bölgesinde yeşil pas oluştuğu gözlenmiştir. Korozyon etkisi ile;

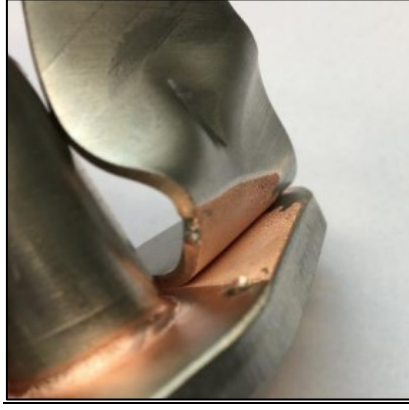
- Parlak metal yüzeyleri donuklaşır,
- Demir üzerinde kırmızı pas oluşur,
- Çinko beyaz ve donuk bir tabaka ile örtülür,
- Bakır üzerinde yeşil bir katman oluşur,
- Gümüş kararır,
- Platin ve altın parlak kalır [5]

### 3.2. Çekme Testi Sonuçları

Deneyin gerçekleştirildiği ortam ve deney sonucunda elde edilen deforme bölgenin görüntüleri Şekil 5 ve Şekil 6 içerisinde verilmiştir. Üretilen numunelerin tip ve şekil özellikleri farklı olduğu için özel bağlantı elemanları ile çekme testi yapılmış ve sert lehim uygulanan kısımların çekme yüküne maruz kalarak Şekil 6'da görüldüğü kopması sağlanmıştır. Ayrıca boru malzeme ile bağlantı flanşlarının (braket) birleşme noktalarında özel aparatlarla çekme işlemine tabi tutulmuş ve çıkan sonuçlar Tablo 3 'te verilmiştir.



Şekil 5. Çekme testinin uygulanması



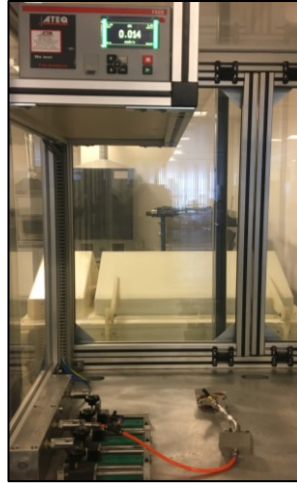
Şekil 6. Çekme testi uygulanmış EGR test numunesinin braketini

Tablo 3. Çekme dayanım sonuçları

Numune	Kopma Kuvveti (N/mm <sup>2</sup> )
Numune 1	6786 N
Numune 2	6780 N
Numune 3	6773 N

### 3.3. Sızdırmazlık Test Sonuçları

EGR test numuneleri için test spektlerinde belirtilen 350 kPa değeri altında sızdırmazlık kontrolü yapılmıştır. Sızdırmazlık testi sonucunda elde edilen değerler Tablo 4’de verilmiştir.



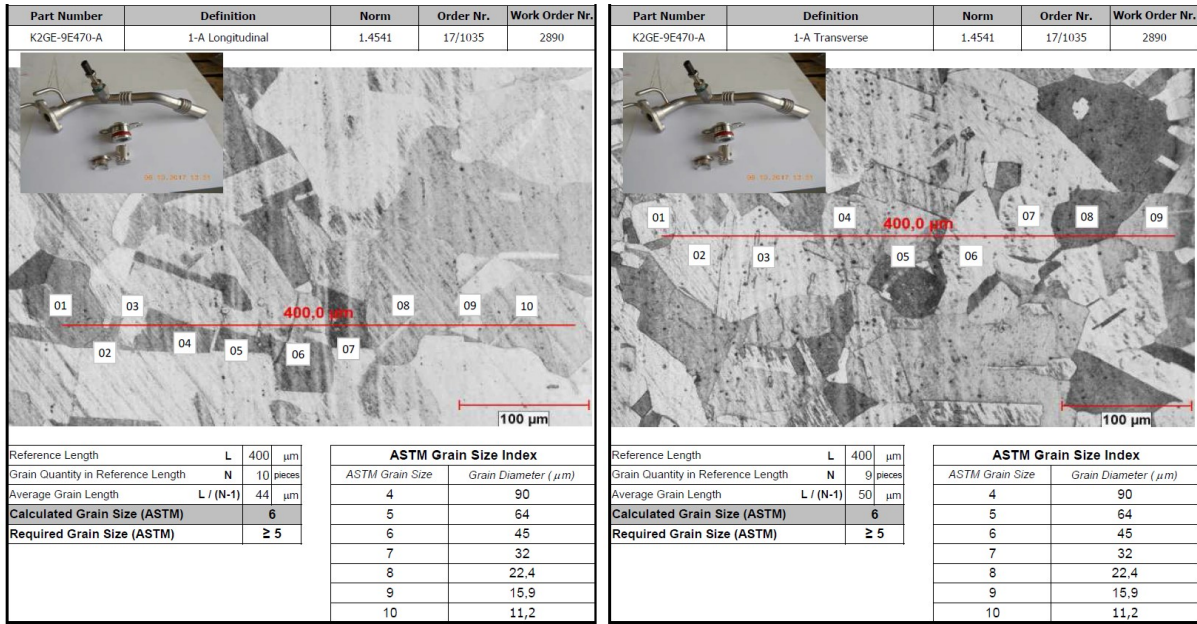
Şekil 4. 350 kPa basınç uygulanan EGR test numunesi

Tablo 4. Sızdırmazlık Testi Sonuçları

Numune	Sızdırmazlık Test Sonucu
Numune 1	0.014 cc/min
Numune 2	0.018 cc/min
Numune 3	0.013 cc/min

### 3.4. Sert Lehim Sonrası Mikroyapılar

Sert lehim işlemi sırasında lehimleme östenitleşme dönüşüm sıcaklığının üzerinde uzun süre tutulan numunelerde tane büyümesi olabileceği için tane boyutu ölçümleri yapılmış **Şekil 5'** te verilen mikroyapılar oluşmuştur. Hem yatay hemde dikey olarak bütün tane formasyonlarını görmek adına yapılan mikroyapı çalışmaları ayrı ayrı verilmiştir. Raporlarda görülen ASTM tane numarası için ASME SA 240 serisi standartta verilen veriler tutarlı bir davranış göstermiştir.



Şekil 5. Sert lehim sonrası mikroyapılar ve tane boyutu analizleri

## 4. SONUÇLAR

- ASTM B117 standardına uygun olarak yapılan 48 saatlik korozyon dayanım testi sonucunda test numunelerinde kırmızı pas oluşumu gözlenmemiştir. Test numunesi yüzeyinde, korozyon testinin sebep olabileceği herhangi bir hasar, deformasyon oluşmadığı gözlenmiştir.
- Kaynaklı bağlantı flanşlarının kopma dayanımı testi 25 mm/dk çekme hızı ile gerçekleştirilmiştir. Numuneler de 6700 N değerlerine kadar ayrılma olmadığı gözlenmiştir. Kaynaklı bağlantı flanşlarının (braket) kopma dayanımı test şartnamelerinde istenen değerlerin çok üzerinde olduğu gözlenmiştir.
- EGR test numunelerinin sızdırmazlık kontrolleri 350 kPa basınç değeri altında yapılmıştır. Test numunelerinde sızıntı gözlenmemiştir. Korozyon sonrası sızdırmazlık testi tekrar edilerek test numunelerinde korozyon testinde meydana gelebilecek olan hasarların sızıntı oluşturup oluşturmadığı kontrol edilmiştir. Korozyon test sonrasında da test numunelerinde sızıntı meydana gelmemiştir.
- Lehimlenmiş numunelerin hepsinde kırılma bağlantı bölgesinden meydana gelmiştir. Bakırın çekme mukavemeti çeliğe göre düşüktür. Bağlantının birleşme bölgesinden kırılması, bağlantı bölgesinin özelliklerinin bakıra yakın olduğunun göstergesidir.

## KAYNAKLAR

- [1] B.Fakic,D Cubela ‘Review of the development of research in the design of semi austenitic stainless steel 17-7
- [2] M.Chen,C.Chou ‘Effect of thermal cycles on ferrite content of austenitic stainless steel’ Science and technology of welding and joining 4(1)(1999)58-62
- [3] The Role of Oxygen in Intake and Exhaust on NO Emission, Smoke and BMEP of a Diesel Engine with EGR System
- [4] ASTM B 117 ‘Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus’
- [5] D. A. Jones ‘Principles and Prevention of Corrosion’ 1991
- [6] A.Tok, ‘Egzoz gazı resirkülasyonunun (EGR) Motor Performansı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi’ 2010
- [7] Andersson, R., ve Holm, T., ve Wiberg, S., ve Astrom, A. (2011). Furnace Atmospheres No. 4: Brazing of Metals. Linde Gas.
- [8] ASM International. (1993). ASM Handbook6: Welding Brazing and Soldering. Materials Park.