

AA2024 Alaşımlarının Farklı Ortamlardaki Gerilmeli Korozyon Davranışlarının İncelenmesi

Batuhan ÖZAKIN*¹, Hikmet ALTUN²

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Kavak Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, İş Makineleri Operatörlüğü Programı, Samsun, Türkiye

² Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

* (batuhan.ozakin@omu.edu.tr) İletişim yazarının E-maili

Özet (Abstract) – Gerilmeli korozyon, duyarlı bir malzemenin gerilme ve korozif ortam ile etkisi sonucunda meydana gelen tehlikeli bir korozyon türüdür. Birçok metalik malzeme çalışma şartlarına bağlı olarak gerilmeli korozyon hasarına maruz kalabilmektedir. Gerilmeli korozyon davranışını tayin etmek amacıyla SSRT (slow strain rate test-düşük deformasyon hızı testi) metodu kullanılır. Bu çalışmada, AA2024 alaşımlarının gerilmeli korozyon davranışları %3,5'lik NaCl çözeltisinin pH=2, 7 ve 11 olan üç farklı ortamdan elde edilen SSRT sonuçları ve aynı test numunesinin hava ortamındaki SSRT sonuçlarından elde edilen kopma mukavemetleri ve gerilmeli korozyon indekslerinin (I_{SCC}) karşılaştırılmasıyla birlikte farklı ortamların gerilmeli korozyon davranışları belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler (Keywords) – Alüminyum alaşımları, Gerilmeli korozyon, SSRT.

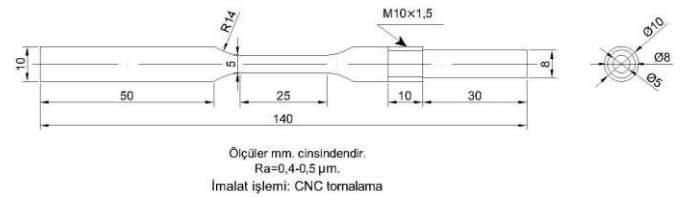
I. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Alüminyum ve alüminyum alaşımları, düşük yoğunluk, yüksek iletkenlik ve kolay şekillendirebilme gibi önemli özellikleri ve malzeme yüzeyinde ince bir koruyucu oksit filmi (sulu ve nemli ortamlar dahil) oluşturarak korozyon hasarını azaltmasından dolayı birçok alanda çok geniş bir şekilde kullanılmaktadır [1,2,3]. AA2024 alaşımları yüksek mukavemet/ağırlık oranlarından dolayı, havacılık, perçinler, araç jantları, dişli ürünleri v.b yapısal uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu alaşımlarda alaşım elementleri Cr, Mn, ve Cu yapıya eklenmesiyle, malzemenin kaynak yapılabilirliği, korozyon direnci ve özellikle de mukavemetinin artışı bu ekleme sayesinde gerçekleştirilebilir [4]. AA2024 alaşımları genelde korozyona duyarlı alaşımlar olup, bu alaşımlarda gerilmeli korozyon, çukurcuk korozyonu, taneler arası korozyon gibi yerel korozyon meydana gelebilir [5]. AA2024 alaşımları havacılıkta yapısal birleşimlerde kullanılması amacıyla, farklı sıcaklıklarda ve farklı ısı işlemleriyle elde edilen alaşımlar için korozyon davranışlarını değerlendirmek mümkündür. Günümüz araştırmalarında % 3,5'lik NaCl çözeltisi ortamında, farklı pH değerlerinde veya farklı sıcaklıklarda korozyon davranışlarını inceleme çabaları sürmektedir [6]. Gerilmeli korozyon çatlağı (SCC) çatlağın başlaması ve yayılmasından meydana gelen yerel korozyon sürecidir. Bu olay sürekli ve eş zamanlı olarak belirli gerilme ve korozif bir ortamda gerçekleşir [7]. Çekme gerilmesi gerilmeli korozyon çatlağının (SCC) oluşması için en önemli unsur olmasının yanı sıra gerilmeli korozyon çatlağından oluşan gerilmeler alaşımın yüzeyinde genelde gerilme artışı meydana getirirler [8,9]. SSRT (slow strain rate test-düşük deformasyon hızı testi) metodu, gerilmeli korozyon çatlağı (SCC) ortamlarında malzemelerin gerilmeli korozyon çatlağı (SCC) davranışlarının incelenmesi için son zamanlarda geliştirilen ve sıklıkla kullanılan bir metottur [10,11]. Bu metot

genellikle hidrojen gevrekliği ve gerilmeli korozyon davranışlarını belirlemede tercih edilir ve şekil değiştirme oranı yaklaşık olarak $10^{-5} \sim 10^{-7} s^{-1}$ aralığındadır [12]. Bu çalışmada AA2024 alüminyum alaşımlarının gerilmeli korozyon davranışlarını belirlemek için ASTM G 129-00 standardındaki standart çekme numunesine, yine standardın göstermiş olduğu aralıktaki çekme hızı uygulanarak, üç farklı ortam ve hava ortamındaki gerilme-kırılma süreleri grafikleri elde edilmiştir. Buradan I_{SCC} (gerilmeli korozyon indeksleri) belirlenerek, AA2024 alaşımının farklı ortamlardaki gerilmeli korozyon davranışları belirlenmeye çalışılmıştır.

II. DENEYSEL ÇALIŞMALAR (EXPERIMENTAL WORK)

Bu çalışmada kullanılan AA2024'e ait malzeme ASTM G 129-00 standardında tanımlanmış olan standart çekme numunesi, deney için gereken yine aynı standarttaki hacme uygun kullanılan korozyon hücresine uygun ölçülerde belirlenerek imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu çekme numunesi Şekil 1'de gösterildiği gibidir.



Şekil 1. Standart deney numunesi

Deneylerde kullanılan malzemeye ait kimyasal bileşim oranları ise Tablo 1'de belirtildiği gibidir.

Tablo 1. Malzemenin kimyasal bileşim oranları

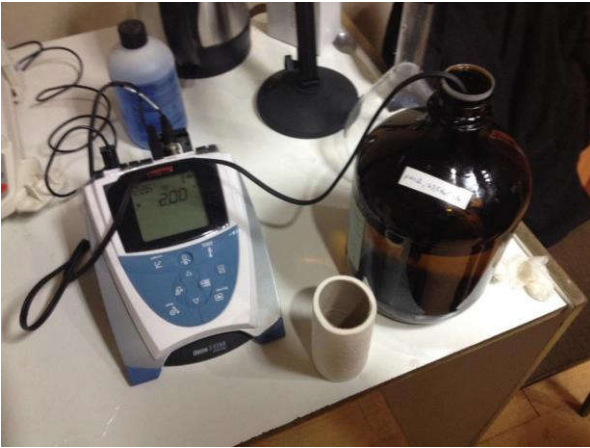
Kimyasal bileşim (%)					
Cu	Mg	Mn	Fe	Si	Cr
4,40	1,50	0,60	0,50	0,50	0,10

Deneylerde kullanılan gerekli şartlardan bir diğeri korozif ortamın sağlanmasıdır. Bu korozif ortam Şekil 2’de gösterilen korozyon hücresinde oluşturulmuştur. Korozyon hücresi malzemesinin, korozyona uğramaması gerekir. Bu sebeple korozyon hücresi, korozyona karşı direnci yüksek olan fleksi glass malzemeden yapılmıştır. Korozyon hücresi 1 lt’lik bir iç hacme sahip olup, numunelerin bağlanması için alt kısmında vida kanalı ve üst kısmında ise 10 mm. çapında bir delik açılmıştır.



Şekil 2. Korozyon hücresi

Hazırlanan çözeltilerin pH değerleri Thermo firmasına ait bir pH metre ile ayarlanmıştır. Deneyler, asidik (pH=2), bazik (pH=11) ve nötr (pH=7) durumdaki %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde yapılmıştır.



Şekil 3. Çözeltiler ve pH metre

A. Düşük Deformasyon Hızı Testi (Slow Strain Rate Test)

Bu çalışma kapsamında SSRT yöntemi kullanılmıştır. Deney numunesine uygulanan SSRT testi, ASTM G 129-00 numaralı uluslararası standartlara uygun olarak yapılmıştır. Bu kapsamda standardın göstermiş olduğu aralıktaki çekme hızı (10^{-4} ile 10^{-7} 1/s), asgari çözelti miktarı (minimum 30 ml/cm²) ve asgari numune ölçüleri (minimum uzunluk 100

mm.) standardın belirlemiş olduğu değerler bütünlüğüyle takip edilerek deneyler gerçekleştirilmiştir [13]. SSRT metodunu çalışmamıza uyarlayacak olursak; standart numuneyi, belli bir aralıktaki çekme hızı (çekme hızı çok küçük değerlerdir ve bu çalışma kapsamında numune 0,002 mm/dak. ve numunenin gösterge uzunluğu (gauge length) dikkate alındığında $1,33 \times 10^{-6}$ 1/s uzama oranına sahip çekme hızı ile test edilmiştir) ile, yine standardın belirlediği asgari çözelti miktarı (numunenin çözelti ile temas eden yüzey alanı dikkate alındığında 1 lt. kadar çözelti kullanılması uygun görülmüştür) kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Çalışmada düşük deformasyon Shimadzu marka üniversal çekme cihazı tarafından sağlanmış, korozif ortam ise yapay olarak çekme cihazı üzerine monte edilen korozyon hücresiyle asidik (pH=2), bazik (pH=11) ve nötr (pH=7) ortamlarla sağlanarak bir korozyon hücresi içerisinde bulunan AA2024 alüminyum alaşım malzemesinin, belirlenmiş olan çekme hızı ve farklı çözelti ortamlarında oluşan gerilme altında, gerilme-zaman grafikleri elde edilerek, çözelti ortamlarındaki kırılma sürelerinin sırasıyla hava ortamındaki kırılma süresine oranıyla gerilmeli korozyon çatlağı indeksleri (I_{SCC}) tespit edilerek karşılaştırma yapılmaya çalışılmıştır. Şekil 4’te çekme deney cihazı yardımıyla SSRT metodunun uygulanmasına ait şekil görülmektedir.

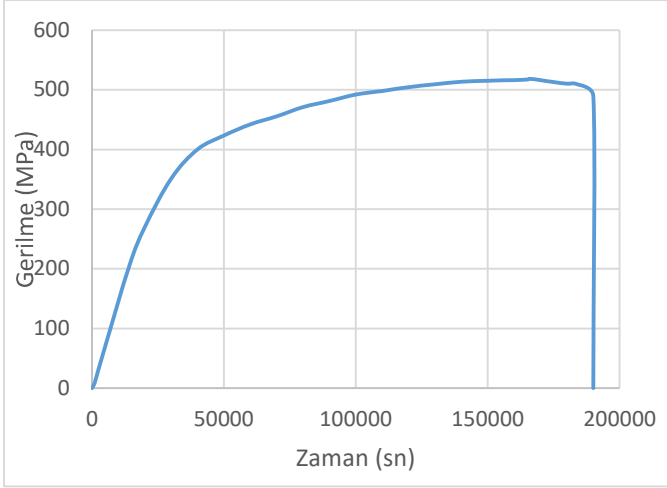


Şekil 4. Çekme deney cihazı yardımıyla SSRT metodunun uygulanması

III. DENEYSEL SONUÇLAR (EXPERIMENTAL RESULTS)

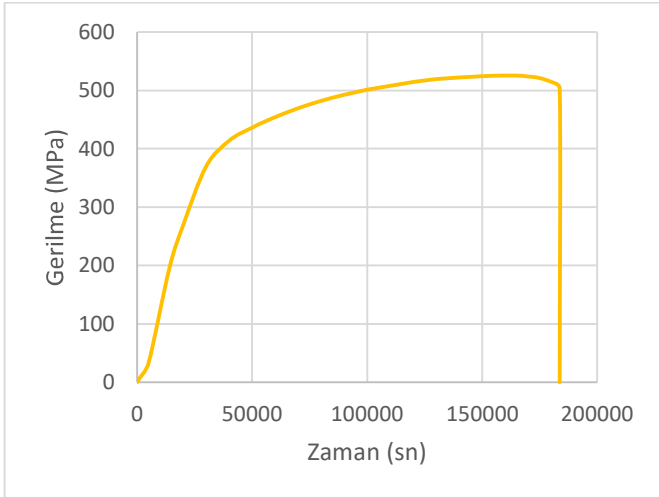
SSRT sonucu elde edilen gerilme-zaman grafiklerini sırasıyla her ortam için ayrı ayrı ve bir bütün halinde inceleyecek olursak;

AA2024 alüminyum alaşımı, hava ortamında SSRT deneyine tabi tutulmuş ve yapılan deney sonucunda elde edilen grafik Şekil 5’de verilmiştir. Kopma mukavemeti yaklaşık 510,5 MPa ve kırılma süresi yaklaşık olarak 52,8 saat olarak elde edilmiştir.



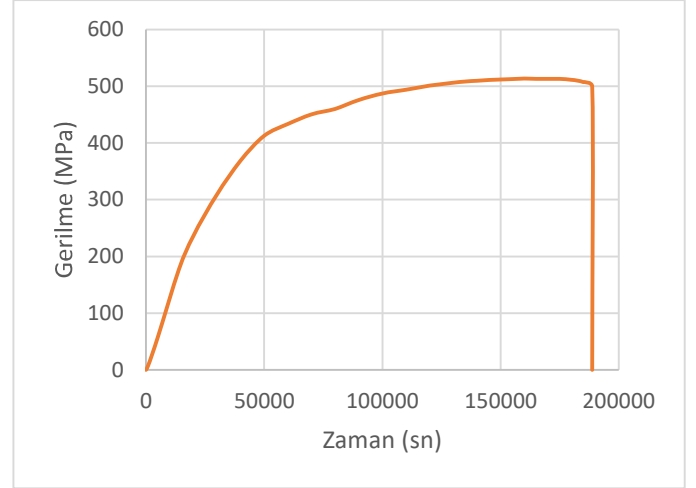
Şekil 5. AA2024 alüminyum alaşımının hava ortamındaki SSRT test sonucu

AA2024 alüminyum alaşımı, asidik ortamda (pH=2, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı) SSRT deneyine tabi tutulmuş ve yapılan deney sonucunda elde edilen grafik Şekil 6'da verilmiştir. Kopma mukavemeti yaklaşık 503,4 MPa ve kırılma süresi yaklaşık olarak 51 saat olarak elde edilmiştir.



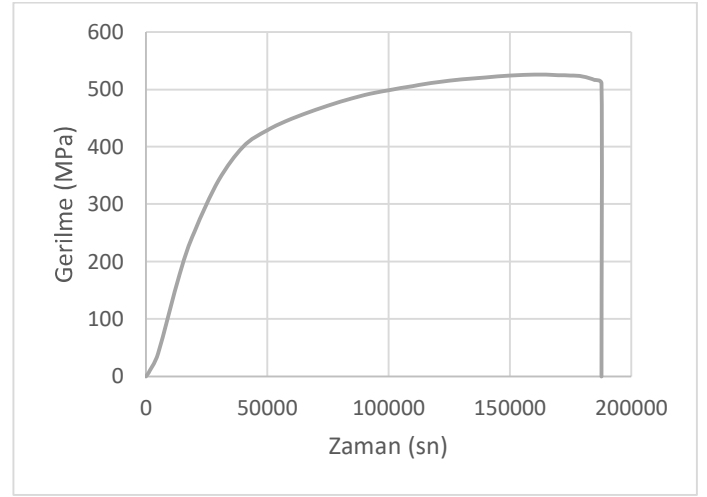
Şekil 6. AA2024 alüminyum alaşımının asidik ortamdaki SSRT test sonucu

AA2024 alüminyum alaşımı, bazik ortamda (pH=11, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı) SSRT deneyine tabi tutulmuş ve yapılan deney sonucunda elde edilen grafik Şekil 7'de verilmiştir. Kopma mukavemeti yaklaşık 507,3 MPa ve kırılma süresi yaklaşık olarak 52,4 saat olarak elde edilmiştir.



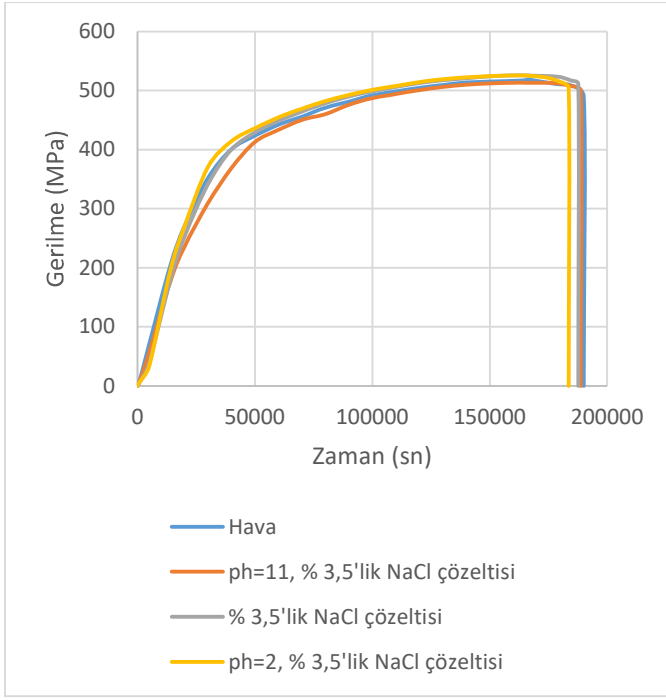
Şekil 7. AA2024 alüminyum alaşımının bazik ortamdaki SSRT test sonucu

AA2024 alüminyum alaşımı, nötr ortamda (pH=7, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı) SSRT deneyine tabi tutulmuş ve yapılan deney sonucunda elde edilen grafik Şekil 8'de verilmiştir. Kopma mukavemeti yaklaşık 506,6 MPa ve kırılma süresi yaklaşık olarak 52,2 saat olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. AA2024 alüminyum alaşımının nötr ortamdaki SSRT test sonucu

Şekil 9'da AA2024 alüminyum alaşımının farklı ortamlardaki SSRT sonuçları verilmiştir.



Şekil 9. AA2024 alüminyum alaşımlarının farklı ortamlardaki SSRT test sonuçları

Bu sonuçlara göre AA2024 alüminyum alaşımlarının gerilmeli korozyon indeksleri (I_{SCC}); her bir ortam için kırılma sürelerinin hava ortamındaki kırılma sürelerine oranı olup, deneylerden elde edilen grafiklerden hesaplanarak Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. AA2024 alüminyum alaşımlarına ait gerilmeli korozyon indeksleri

	Kırılma Süreleri (saat)	Gerilmeli korozyon indeksleri (I_{SCC})
Hava	52,8	
pH=2, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı	51	0,966
pH=7, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı	52,2	0,988
pH=11, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı	52,4	0,992

IV. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (CONCLUSIONS AND DISCUSSION)

Bu çalışmada önemli uygulamalarda kullanılan AA2024 alaşımlarının gerilmeli korozyon davranışları incelenmeye çalışılmıştır. Elde edilen kopma mukavemetleri ve gerilmeli korozyon indeksleri (I_{SCC}) sayesinde aşağıdaki sonuçlara varılabilir.

- AA2024 alüminyum alaşımlarının kopma mukavemeti değerlerini tüm ortamlarda sıralayacak olursak; hava ortamı, bazik ortam (pH=11, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı), nötr ortam (pH=7, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı) ve asidik ortam (pH=2, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı) olarak sıralayabiliriz
- Hava ortamına göre kıyaslama yapıldığında yani gerilmeli korozyon indeksleri karşılaştırıldığında

AA2024 alüminyum alaşımlarının bazik ortamda (pH=11, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı) en iyi gerilmeli korozyon direncine sahip olduğu görülmektedir.

- Yine gerilmeli korozyon indeksleri karşılaştırıldığında asidik ortamda (pH=2, %3,5'lik NaCl çözelti ortamı) en kötü gerilmeli korozyon direncine sahip olduğu görülmektedir.
- Ortamın pH değerinin azalması AA2024 alüminyum alaşımlarının gerilmeli korozyon direncini ve kopma mukavemetini azaltmaktadır.
- Gerilmeli korozyon ortamlarında çalışan AA2024 alüminyum alaşımları, %3,5'lik NaCl (deniz suyu) ortamlarında mukavemet değerinin çok az bir kısmını kaybetmesinden ötürü bu tür korozif ortamlarda, çalışmadan elde edilen kopma mukavemeti değerleri ve gerilmeli korozyon indeksi değerleri göz önüne alınarak güvenli bir şekilde kullanılabilir.

Gerilmeli korozyon ortamlarında çalışan AA2024 alüminyum alaşımlarının kopma mukavemetinde meydana gelen az miktardaki azalmanın (maksimum azalma değeri pH=2, %3,5'lik NaCl çözelti ortamında belirlenmiş ve yaklaşık % 3,4 azalma) malzemenin yüzeyinde meydana gelen ince oksit filminden ötürü gerçekleştiği söylenebilir. Ortamın pH değerinin azalması, oksit filminin direncini de azaltacağı elde edilen verilerden belirlenebilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Sharma, M. M., Tomedi, J. D., Weigley, J. 2014. "Slow strain rate testing and stress corrosion cracking of ultra-fine grained and conventional Al-Mg alloy," Materials Science & Engineering, vol. 619, p. 35-46
2. Dey, S., Chattoraj, I. 2016. "Interaction of strain rate and hydrogen input on the embrittlement of 7075 T6 aluminum alloy," Materials Science & Engineering, vol. 661, p. 168-178
3. Liu, Y., Sun, D., You, H., Chung, J. S. 2005. "Corrosion resistance properties of organic-inorganic hybrid coatings on 2024 aluminum alloy," Applied Surface Science, vol. 246, p. 82-89
4. Queiroz, F. M., Magnani, M., Costa, I., De Melo, H. G. 2008. "Investigation of the corrosion behaviour of AA2024-T3 in low concentrated chloride media," Corrosion Science, vol. 50, p. 2646-2657
5. Fadaee, H., Javidi, M. 2014. "Investigation on the corrosion behaviour and microstructure of 2024-T3 Al alloy treated via plasma electrolytic oxidation," Journal of Alloys and Compounds, vol. 604, p. 36-42
6. Ghosh, K. S., Hilal M. D., Bose, S. 2013. "Corrosion behavior of 2024 Al-Cu-Mg alloy of various tempers," Transactions of Nonferrous Metal Society of China, vol. 23, p. 3215-3227
7. Contreras, A., Albiter, A., Salazar, M., Perez, R. 2005. "Slow strain rate corrosion and fracture characteristics of X-52 and X-70 pipeline steels," Materials Science & Engineering, vol. 407, p. 45-52
8. Ciu, X., Frankel, G. S. 2006. "Effects of compressive stress on localized corrosion in AA2024-T3," Corrosion Science, vol. 48, p. 3309-3329
9. Luo, C., Zhou, X., Thompson, G. E., Hughes, A. E. 2012. "Observations of intergranular corrosion in AA2024-

- T351: The influence of grain stored energy,” Corrosion Science, vol. 61, p. 35-44
10. Lee, H., Kim, Y., Jeong, Y., Kim, S. 2012. “Effects of testing variables on stress corrosion cracking susceptibility of Al 2024-T351,” Corrosion Science, vol. 55, p. 10-19
 11. De Tiedra, P., Martin, O. 2013. “Effect of welding on stress corrosion cracking behaviour of prior cold worked AISI 316L stainless steel studied by using the slow strain rate test,” Materials and Design, vol. 49, p. 103-109
 12. Bertini, L., Santus, C., Valentini, R., Lovicu G. 2007. “New high concentration-high temperature method for slow strain rate tensile tests,” Materials Letters, vol. 61, p. 2509-2513
 13. ASTM G 129-00: 2013. Standard Practice for Slow Strain Rate Testing to Evaluate the Susceptibility of Metallic Materials to Environmentally Assisted Cracking.