Connecting Rods, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 24. Cilt, 2. Sayı, s. 45-58.
[13] R. Yu, The Fracture Splitting Process of Connecting Rods, Process Matter Autoob, 9. Sayı, 9-11.
[14] A. Afzal, Fatigue Behavior and Life Predictions of Forged Steel and Powder Metal Connecting Rods, Y. Lisans Tezi, University of Toledo, 2004, Toledo, ABD.
[15] D. Llewellyn ve R. Hudd, Steels; Metallurgy and Applications, Elsevier, 2002.
[16] J.D. Vasant, E.E. Kharde, U.N. Gujar, Fracture Split Connecting Rod for Automotive Engines, International Journal of Engineering Research and Development, 4. Cilt, 9. Sayı, 37-41.
[17] B. Repged, Optimized Connection Rods to Enable Higher Engine Performance and Cost Reduction, SAE Technical Papers, No. 980882, 1998.
[18] Z.X. Liu, S.L. Chen, Y.J. Hui ve R.P. Liu, High-Cycle Fatigue Properties of C70S6 Steel for Fracture Splitting Connecting Rod, Special Steel 2010, 31. Sayı, 68-70.
[19] X.Q. Zha, W.J. Hui, Q.L. Yong, H. Dong, Y.Q. Weng ve J.M. Long, Effect of Microstructure on The Fatigue Properties of Microalloyed Medium-Carbon Steel, Heat Treat Met 2007, 32. Sayı, 92-95.
[20] W. Hui, S. Chen, Y. Zhang, C. Shao ve H. Dong, Effect of Vanadium on The High-Cycle Fatigue Fracture Properties of Medium-Carbon Microalloyed Steel for Fracture Splitting Connecting Rod, Materials and Design 2015, 66. Sayı, 227-234.
[21] Z. Özdemir, O.S. Türkbaş, T. Özdemir, C70S6 Çeliğinden İmal Edilen Biyel Kolunun Çentikli Kırma Yöntemi ile İmalatı Esnasında Isıl İşlem Parametrelerinin Kırılmaya Etkisi, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 10. Cilt, 2. Sayı, 49-58.
[22] X. Zhang, Y. Xiong ve G. Zhou, Development on V-N Microalloyed Forging Steel Used in Fracture Splitting Connecting Rods, International Conference on Innovative Material Science and Technology, 19-21 Ağustos 2016, Shenzhen, Çin.
[23] Y. Li ve D.J. Milbourn, Vanadium Microalloyed Forging Steel, Proceeding of the 2nd International Symposium on Automobile Steel, 2013, Anshan, Çin.
[24] M. Kubota ve S. Teramoto, Hot-Forgıng Mıcro-Alloyed Steel and Hot-Rolled Steel Excellent In Fracture-Splitability And Machinability, And Component Made Of Hot-Forged Microalloyed Steel, United States Patent Application, US2010/0143180, 2010.
[25] C.R. Cahoon, W.H. Broughton ve A.R. Kutzak, The Determination of Hardness Measurement From Yield Strength, Metalurgical Transactions, 2. Cilt, 2004, 1971-1983.
[26] A.M. Sage, The Effect of Some Variations in Composition on the Properties of Vanadium Forging Steels, Conference Proceedings of Fundamentals of Microalloying Forging Steels, 8-10 Temmuz 1986, Colorado, ABD.
[27] P.E. Reynold, Alternatives to Conventional Heat Treatment for Engineering Steel Components, Heat Treatment of Metals, No:3, 1990, 69-72.
[28] M. Honjo, T. Kimura ve K. Hasa, Effect of Cr on Lamellar Spacing and High-Temperature Stability in Eutectoid Steels, ISIJ International, 56. Cilt, No:1, 161-167.
[29] J. Toribio, B. Gonzalez, J.C. Matos ve F.J. Ayaso, Influence of Microstructure on Strength and Ductility in Fully Pearlitic Steels, MDPI Metals (2016), 318.
[30] M. Wang, F. Zhang ve Z. Yang, Materials Science and Technology, 33. Cilt, Elsevier, 2016, 1673-1680.
[31] C. Capdevilla, F. G. Caballero ve C. Garcia de Andres, Neural Network Model for Isothermal Pearlite Transformation. Part I: Interlamellar Spacing, ISIJ International, 45. Sayı, 2. Cilt, 229-237.
[32] M. Honjo, T. Kımura ve K. Hase, ISIJ International, 56. Cilt, 161-167.
[33] L. Kong, Y. Liu, Y. Song, J. Liu, S. Li, Y. Liang, Y. Zheng ve W. Cui, The influence of manganese on kinetics of austenitization of the Fe-Mn-C ternary alloys, Mechanika, 23. Cilt, 291-297.
[34] X.Q. Zha, W.J. Hui, Q.L. Yong, H. Dong, Y.Q. Weng ve J.M. Long, Effect of Vanadium on The Fatigue Properties of Microalloyed Medium-Carbon Steels, ACta Metal Sinica, 43. Cilt, 719-723.
[35] Z. Gu, S. Yang, S. Ku, Y. Zhao ve X. Dai, Fracture Splitting Technology of Automobile Engine Connecting Rod, Int Adv ManufTechnol, 25. Cilt, 883-887.
[36] W.J. Hui, Z.X. Liu, Y.J. Zhang, S.L. Chen ve H. Dong, Development of New Medium-Carbon Microalloyed Steel for Fracture Splitting Connecting Rod, Iron Steel, 47. Cilt, 49-73.
[37] A. Matsugasako, Low Alloy Steel for Fracture Splitting Connecting Rod, Kobelco Technology Review, 61. Sayı, 57-61.
[38] F. Penalba, C. Garcia De Andres, M. Carsi ve F. Zapirain, Austenitic Grain Size Evolution and Continuous Cooling Transformation Diagrams in Vanadium and Titanium Microalloyed Steels, Journal of Materials Science. 31. Sayı, 1996, 3847-3852.
[39] A. Kaynar, S. Gündüz ve M. Türkmen, Investigation on The Behaviour of Medium Carbon and Vanadium Microalloyed Steels by Hot Forging Test, Materials Design, 51. Sayı, 819-825.
[40] I. Nomura, Influences of Microstructures of Fatigue Strength of Medium Carbon Microalloyed Steels, Tetsu-to-Hagane, 83. Sayı, 227,232.
[41] S. Gündüz, H. Karabulut, M.A. Erden ve M. Türkmen, icrostructural Effects on Fatigue Behaviour of a Forged Medium Carbon Microalloyed Steel, Mater Test, 55. Sayı, 865-870.

Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Gazaltı Kaynak Yöntemiyle Birleştirilmesinde Koruyucu Gazın Fonksiyonu

Function of Protective Gas in Joining Austenitic Stainless Steels By Gas Welding Method

◆

Selin AK, İlayda TÜRKMAN, Gizem KARABULUT, Nuray BEKÖZ ÜLLEN

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa - Türkiye

Abstract

The use of austenitic stainless steels in the industry is increasing day by day due to their excellent corrosion resistance, high ductility, good machinability, and weldability properties. Thus, the welded joining of these steels has become more important. Stainless steels can be suitably welded with gas metal arc welding methods such as Metal Inert Gas (MIG) and Tungsten Inert Gas (TIG). Hydrogen (H_2), carbon dioxide (CO_2), and nitrogen (N_2) gases mixed into argon (Ar) gas, which is used as a shielding gas, have significant effects on the microstructure of the weld metal and therefore on its mechanical properties. The composition of the gases affects the electrical and physical properties in the arc region and, accordingly, the welding properties. The shielding gas type and mixing ratios are very important in optimizing the welding process. In this review, the effect of shielding gases used in joining austenitic stainless steels by gas arc welding methods on the microstructure and mechanical properties of the welded stainless steel was discussed. It was compared and evaluated in light of the literature.

Özet

Mükemmel korozyon dayanımı, yüksek süneklik, iyi işlenebilirlik ve kaynak edilebilirlik özelliklerinden dolayı östenitik paslanmaz çeliklerin endüstride kullanımının hızla artması ile bu tür çeliklerin kaynaklı birleştirilmeleri daha önemli hale gelmiştir. Paslanmaz çelikler, Metal İnert Gaz (MIG) ve Tungsten İnert Gaz (TIG) gibi gazaltı kaynak yöntemleri ile uygun şekilde kaynak edilebilmektedir. Koruyucu gaz olarak kullanılan argon (Ar) gazı içerisine karıştırılan hidrojen (H_2), karbondioksit (CO_2) ve azot (N_2) gazları, kaynak metalinin mikroyapısına dolayısıyla mekanik özelliklerine önemli etkilerde bulunmaktadır. Gazların bileşimi ark bölgesi içerisindeki elektriksel ve fiziksel özellikleri, buna bağlı olarak da kaynak özelliklerini etkiler. Koruyucu gaz türü ve karışım oranları, kaynak işlemini optimize etmek açısından oldukça önemlidir. Bu derleme çalışmasında, östenitik paslanmaz çeliklerin gazaltı kaynak yöntemleri ile birleştirilmesinde kullanılan koruyucu gazların, kaynak edilen paslanmaz çeliğin mikroyapı ve mekanik özelliklerine etkisi genel bir akış içinde ele alınmıştır. İlgili literatür bilgileri ışığında karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

1. Giriş

Ülkemizde ve dünyada endüstrinin hızla gelişmesi ile birlikte paslanmaz çeliklere duyulan ihtiyaç da zaman geçtikçe artmaktadır. Kara ve deniz taşıtları üretimi, mutfak eşyaları, depolama tankları ve basınçlı kaplar gibi endüstrinin çeşitli yerlerinde tercih edilen paslanmaz çelikler birçok farklı sektörde çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Paslanmaz çelikler içerisinde çok yüksek oranda (%12) krom ihtiva etmeleri nedeniyle diğer çelik türlerine göre farklılık gösterir [1,2]. İçerdiği krom miktarı arttıkça yüksek sıcaklıklarda oksidasyon dirençleri de artmaktadır. Paslanmaz çelik üretimi içerisinde en çok üretilen ve kullanılan paslanmaz çelik türü östenitik paslanmaz çeliklerdir. 2022 Ocak ayında yayımlanan paslanmaz çelik pazar raporuna göre östenitik paslanmaz çeliklerin dünyada paslanmaz çelikler içerisindeki pazar payı %70'tir [3]. Östenitik paslanmaz çelikler bileşimlerinde %16-25 Cr ve %8-25 Ni içerir [1]. Hem kolay bulunabilmesi ve yüksek kalitede olması hem de uygun maliyetli olması nedeniyle birçok alanda tercih edilmektedir. Kimya ve petrokimya gibi endüstriyel alanlarda östenitik paslanmaz çeliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin; petrol boru hatlarında, şehir içi gaz, su ve kanalizasyon şebekelerinde ve bunlara ek olarak oksitlenme olasılığı fazla olan birçok alanda östenitik paslanmaz çeliklerden yararlanılır. Kullanım alanlarına bakıldığında kaynak bağlantılarının gerektiği noktalar bulunmaktadır. Kullanım alanlarının hassasiyeti nedeniyle kaynak bağlantılarının özenle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Östenitik paslanmaz çelik malzemelere uygulanan kaynak yöntemlerinde, yapının kaynak bölgesinin, malzemenin erime sıcaklığına yakın bir sıcaklığa kadar ısıtılması gereklidir. Günümüzde paslanmaz çelik türlerinde kaynak işlemi olarak çoğunlukla gazaltı ark kaynak yöntemleri kullanılmaktadır [1]. Gazaltı Ark Kaynak

yöntemleri; Tungsten Inert Gas (TIG), Metal Inert Gas (MIG), Metal Active Gas (MAG) olarak sınıflandırılır. Gazaltı kaynak yöntemlerinde koruyucu gaz olarak; Argon (Ar) gazı içerisine Hidrojen (H_2), Karbondioksit (CO_2) ve Azot (N_2) gazları eklenmektedir. Kullanılan gazların kaynak bölgesiyle teması sonucunda östenitik paslanmaz çeliğin mekanik mukavemetine ve mikroyapısına etki ettiği bilinmektedir.

Bu derleme çalışmasında; östenitik paslanmaz çeliklerin gazaltı kaynak yöntemiyle birleştirilmesinde kullanılan koruyucu gazların kaynak bölgesinin mikroyapı ve mekanik özelliklerine etkilerinin ele alındığı çalışmalar incelenmiş ve belirli bir akışta sunulmuştur.

2. Paslanmaz Çelikler

Paslanmaz çelikler, korozif ortamlarda paslanmaya karşı direnç gösteren demir alaşımlarıdır. Üstün mekanik özellikleri ve korozyon dirençlerinin yüksek olması sebebiyle paslanmaz çelikler endüstride çok fazla tercih edilirler [4]. Paslanmaz çeliklerin ve düşük alaşımlı çeliklerin ısıl genleşme katsayıları birbirine yakındır, bu yüzden inşaat sektöründe çelik yapılarda ısıl genleşmeden kaynaklı çıkan sorunların önüne geçmek için düşük alaşımlı çeliklerle birlikte paslanmaz çeliğin kullanımı yaygınlaşmıştır. Hem yüksek hem de düşük sıcaklıklarda kullanılabildiği için mutfak aletleri, demiryolu taşıtları, dişli çarklar, depolama tankları, ısıl işlem elemanları gibi çeşitli endüstriyel malzemelerde paslanmaz çeliklerin kullanımı bulunmaktadır [5]. Korozyon direncini arttırmada nikel ve molibden gibi elementler kullanılsa da asıl belirleyici element kromdur. Bu çelik türünü diğer çelik alaşımlarından ayıran en önemli özellik en az %10,5-11 oranında krom içermesidir [6]. Krom içeren çelik, oksijen ile temas ettiğinde yüzeyinde ince bir krom-oksit tabakası oluşturur. Oluşan bu tabaka, çeliğin korozyona karşı korunmasını sağlar [4]. Paslanmaz çeliklerin kullanımı geniş bir sıcaklık aralığında olmakla beraber 540˚C'ye kadar korozyona karşı dayanım gösterir [6,7]. Çeliğin paslanmazlık özelliği gösterebilmesi için, içerdiği alaşımlar ve bu alaşımların oranı değiştirilmektedir. Paslanmaz çelikler içerdikleri alaşımın türüne göre beş grupta incelenir [4]:

- Ferritik Paslanmaz Çelikler
- Östenitik Paslanmaz Çelikler
- Martenzitik Paslanmaz Çelikler
- Dubleks Paslanmaz Çelikler
- Çökelmeyle Sertleştirilmiş Paslanmaz Çelikler

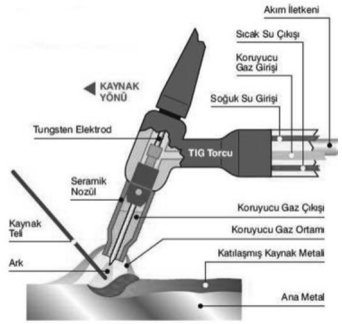
Bu derleme çalışmasında da ele alınan "östenitik paslanmaz çelikler" paslanmaz çelik ailesinin en yaygın kullanılan üyesidir. 2022 Ocak ayında yayımlanan paslanmaz çelik pazar raporuna göre; östenitik paslanmaz çeliklerin dünyada paslanmaz çelikler içerisindeki pazar payı %70'tir [3]. Östenitik paslanmaz çelikler %16-25 oranında krom, %10-24 oranında Ni+Mn, %0,4'e kadar karbon ve çok az miktarlarda molibden, titanyum, niyobyum gibi alaşım elementleri içerirler [6]. Nikel ve krom miktarı arttıkça paslanmaz çeliğin maliyeti de artmaktadır [8]. Bu paslanmaz çelikler yüzey merkezli kübik kristal yapısına sahiptirler. Östenitik paslanmaz çeliğin üretiminde sıvı hal ile katılaşma başlangıcı arasında östenit ve delta ferrit taneleri oluşmaya başlar. Delta ferrit östenitin dönüşmesiyle oluşan ferritten farklıdır. Östenit taneleri arasında bulunan delta ferrit taneciklerinde katılaşma oluşur. Ortaya çıkan faz, krom ve ferriti dengeleyen elementler yönünden zengin, nikel ve östeniti dengeleyen elementler yönünden fakir olduğu için bu fazın oluşumu üretici firmaların istemediği bir durumdur. Çünkü bu faz malzemenin sıcak şekillendirilmesini zorlaştırır ve malzemede çatlakların oluşmasında zemin hazırlar. Tanecik sınırlarında devamlı olarak bu fazın bulunması korozyon direncini azaltır. Yüksek sıcaklıklarda uzun süre delta ferrit fazı bulunursa mukavemet ve şekillendirilebilme kabiliyeti azalır, sert ve gevrek bir sigma fazı oluşur ve bu durum istenmez [4]. Yeterli miktarda nikel içerdiğinde mikroyapısı oda sıcaklığında dahi östenitik yapı şeklindedir. Krom ve Ni+Mn oranları ayarlandığında geniş bir sıcaklık aralığında yüksek tokluk ve mukavemet gösterir. Östenitik paslanmaz çelikler 540˚C'ye kadar korozyon direnci sağlamaktadır. Bu paslanmaz çelik türü, manyetik değildir ve soğuma sırasında östenitten ferrite dönüşüm sağlanmadığından su verme yöntemi ile sertleştirilemez [6]. Mikroyapısı ısıl işlem için elverişli olmadığı için bu yöntemle mekanik dayanımları arttırılamaz ancak soğuk şekillendirme ile mekanik dayanımları arttırılabilir. Kaynak edilebilme kabiliyetleri yüksektir. Hijyenik oldukları için temizliği ve bakımı kolaydır [7]. Martenzitik ve ferritik paslanmaz çeliklerden daha yüksek korozyon direncine sahiptir. Östenitik yapıda olduğu için ferritik paslanmaz çeliklerde problem yaratan geçiş sıcaklığı altında gerçekleşen gevrekleşme, bu tür çeliklerde söz konusu değildir. Çok yüksek ve çok düşük sıcaklıklardaki korozyon dirençleri ve mekanik özelliklerinin üstünlüğü, bu çelik türünün yapı çeliği olarak kullanılmasını sağlamaktadır [6]. Östenitik paslanmaz çelikler sıklıkla nemli ortamlarda tercih edilirler. Krom ve molibden içerikleri arttıkça çözeltilere karşı korozyon dirençleri de artmaktadır. Nikel içeriği arttıkça gerilmeli korozyon çatlaması riski azalmaktadır. Az miktarda eklenen diğer alaşım elementlerinin miktarına bağlı olarak korozyon dirençleri yükselmektedir. Böylelikle çeliğin klor içeren ortamlarda kullanımı artar. Makine ve imalat sanayi, mutfak gereçleri ve evyeleri, mimari uygulamalar, kimya tesisleri ve parçaları başlıca kullanım alanlarıdır [9-11].

3. Östenitik Paslanmaz Çeliklere Uygulanan Gazaltı Kaynak Türleri

Bu çeliklere; ark kaynağı, direnç kaynağı, elektron ve lazer bombardıman kaynakları, sürtünme kaynağı ve sert lehimleme gibi çeşitli kaynak yöntemleri tercih edilebilir [12]. Paslanmaz çeliklerin kaynağında ısı tesiri altında kalan bölgenin (ITAB) soğuması sırasında büyük oranda büzülmeler meydana gelir ve bu büzülmeler ITAB'ta şiddetli gerilmeler oluşturarak çatlama tehlikesine sebebiyet verebilmektedir. Bu yüzden paslanmaz çeliklerin kaynak işleminde sıcak çatlama problemi ile fazlasıyla karşılaşmak mümkündür [6]. Sıcak çatlak oluşumunu engellemek için kaynak esnasında düşük miktarda ferrit içeren bir mikroyapının oluşmasını sağlayan dolgu metalleri kullanılmaktadır [13]. Östenitik paslanmaz çeliklerin, ısı ve elektrik iletkenliklerinin düşük olması kaynak işlemi için çoğunlukla bir avantajdır ancak kaynak işleminin düşük ısı girdisi ile gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Çünkü oluşan ısı, kaynak edilen bölgeden hızlı bir şekilde uzaklaşmamaktadır. Paslanmaz çeliklerin kaynak ile birleştirilen üretimlerinde %90'dan daha fazlasında östenitik paslanmaz çelikler kullanılmaktadır. Bunun en önemli sebebi östenitik paslanmaz çeliklerin iyi kaynaklanabilirlik özelliği ve kaynak sonrasında, ITAB'ın ana metale yakın seviyede kimyasal bileşimlere ve mekanik özelliklere sahip olmasıdır. Östenitik paslanmaz çeliklerin kaynak ile birleştirilmesi diğer paslanmaz çelik türlerine göre daha iyi olsa da bu tür paslanmaz çeliğin kaynağında da bazı problemlerle karşılaşılmaktadır. Genellikle üç temel problem ile karşılaşılır. Bunlar; krom karbür çökelmesi ve taneler arası korozyon, sıcak çatlak oluşumu, sigma fazı oluşmasıdır [6]. Östenitik paslanmaz çeliklerin kaynak işlemi için tercih edilen en önemli yöntem gazaltı ark kaynağıdır. Bu yöntem; Tungsten Inert Gaz (TIG), Metal Inert Gaz (MIG) ve Metal Active Gaz (MAG) olarak sınıflandırılmaktadır [14].

3.1 TIG Kaynağı

TIG kaynağı, elektrik ark kaynağının bir türüdür. Tungsten kelimesi, elektrik akımını arka ileten elektrodu, Inert kelimesi, diğer elementlerle tepkimeye girmeyen gazı ve Gaz kelimesi de ısı tesiri altında kalan bölgeyi saran havayı, kaynak bölgesinden uzak tutan malzemeyi ifade etmektedir. TIG kaynağında, kaynak arkı erimeyen tungsten elektrod ile kaynak edilen malzeme arasında oluşmaktadır. ITAB'ı havanın etkisinden koruyan gaz türü argon veya helyum atmosferidir. Koruyucu gazın soygaz olma sebebi oksidasyon ve nitrür oluşumu gibi karşılaşılabilecek sorunların önüne geçmektir. Koruyucu gazın soygaz olarak seçilmesinin bir diğer avantajı kaynak sırasında sıvı metali havanın olumsuz etkilerinden çok iyi korumasıdır. Bu yüzden TIG kaynağı, havanın oksijeni ile tepkimeye giren hafif metal alaşımları ve paslanmaz çelikler için çok yaygın olarak kullanılır. Bu yöntemde, en yaygın koruyucu gaz olarak argon tercih edilmektedir. Derin nüfuziyet gerektiren kaynak işlemleri için son yıllarda Ar ve He gazlarının karışımlarının kullanımı yaygınlaştırılmak istenmektedir [15]. TIG kaynağı işleminde, malzemenin kaynağı esnasında ayrıca bir kaynak metaline ihtiyaç duyulmaktadır [14]. Bu yöntem ile elde edilen kaynak dikişleri diğer kaynak yöntemleriyle elde edilenlere göre daha üstün özelliklere sahiptir. İlk olarak sadece havacılık sektöründe kullanılan bu kaynak yöntemi, son zamanlarda magnezyum alaşımlı malzemelerin kaynağında denenmiş ve olumlu sonuçlar alınarak bu yöntemin diğer sektörlerde kullanılabilirliği kanıtlanmıştır. Alüminyum, magnezyum, paslanmaz çelik türleri ve diğer endüstriyel demir dışı metal ve alaşımların kaynağında tercih edilen bir yöntem olmuştur. TIG kaynağının avantajları; düzgün kaynak dikişi vermesi ve kaynaktan sonra kaynak dikişini temizlemeye ihtiyaç duyulmaması, ısı girdisi sadece kaynak bölgesinde olduğu için kaynaklanan malzemede deformasyonun düşük olması, yüksek nüfuziyetli ve gözeneksiz kaynak vermesidir. Bunların yanında kalın kesitli malzemelerin kaynağında ekonomik olmaması ve metal yığma hızı diğer kaynak yöntemlerine göre düşük olması gibi olumsuz yanları da bulunmaktadır [15]. TIG kaynağı şematik olarak Şekil 1'de gösterilmektedir.

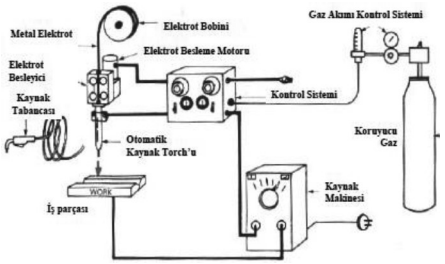


Şekil 1. TIG kaynak yönteminin şematik gösterimi [15,16]

3.2 MIG/MAG Kaynağı

Gazaltı metal ark kaynağı, koruyucu gazın inert veya aktif olmasına göre MIG ve MAG olarak ikiye ayrılmaktadır. MIG kaynağında, genellikle koruyucu gaz olarak argon atmosferi tercih edilmektedir, bunun yanında helyum gazı da tercih edilebilir. MAG kaynağında aktif bir gaz olan karbondioksit gazı kullanılır. Saf karbondioksit ile karşılaştırıldığında daha pahalı olsa da argon ile karbondioksit karışımı gazlar çok gelişmiştir ve son zamanlarda MAG kaynağında kullanılan koruyucu gazların neredeyse %75-80'i karışım gazıdır [14,16]. İlk olarak alüminyum ve alaşımlarının, daha sonraları yüksek alaşımlı çeliklerin, karbonlu çeliklerin, bakır ve alaşımlarının kaynağında kullanılmıştır [14]. TIG kaynağından farklı olarak MIG kaynağında, eriyen elektrod kullanılmaktadır. Böylelikle eriyen elektrod hem enerji taşıyıcı hem de kaynak ilave metali görevi görmektedir [16]. Yüksek akım şiddeti nüfusiyeti derinleştirmeye yarar ve kaynak işlemi sadece yüksek akımla yapıldığında mükemmel bir erime özelliği sağlanmaktadır. MAG kaynağı, ilk olarak otomobil sektöründe kullanılmış ve yalnızca yatay pozisyonda kaynak işlemi yapılabilmekteyken sonraları ince çaplı elektrod

kullanımı başlamış ve bu sayede her pozisyonda kaynak işleminin yapılması mümkün hale gelmiştir. MIG/MAG kaynak yöntemi geniş ayar imkânları, farklı takviye malzeme ve ekipmanları yardımıyla günümüzde ince sacdan kalın kesitli parçalara kadar geniş bir kullanım alanı mevcuttur. Şekil 2'de MIG kaynağı şematik olarak gösterilmiştir [14].



Şekil 2. MIG kaynak yönteminin şematik gösterimi [14]

4. Kullanılan Koruyucu Gazlar

Birçok metal türü oksit oluşturmak için oksijen ile birleşmeye çok yüksek eğilim ve metal nitritleri oluşturmak için azotla birleşmeye daha az oranda eğilim göstermektedirler. Atmosfer ortamı yaklaşık olarak %80 azot, %20 oksijenden oluştuğu için malzemenin kaynak edilmesi esnasında bahsi geçen reaksiyonların ürünlerinin oluşması yüksek ihtimaldir. Koruyucu gazın en önemli görevi ITAB'ın atmosferik ortamla temasını engellemektir [17]. Bu bölümde gazaltı kaynak türlerinden olan TIG ve MIG/MAG yöntemlerinde kullanılan koruyucu gazların özellikleri açıklanacaktır. Çizelge 1'de gazaltı kaynağında kullanılan koruyucu gazların kimyasal sembolleri ile birlikte genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1. Gazaltı kaynağında kullanılan koruyucu gazların özellikleri [18]

Gaz	Kimyasal Sembolü	Moleküler Ağırlığı	Özgül Ağırlığı	Yoğunluk		İyonizasyon enerjisi
				g/ft³	g/L	eV
Argon	Ar	39,95	1,39	0,1114	1,784	15,7
Karbondioksit	CO_2	44,04	1,53	0,1235	1,978	14,4
Helyum	He	4,00	0,1368	0,0111	0,178	24,5
Hidrojen	H_2	2,016	0,0596	0,0056	0,090	13,5
Azot	N_2	28,01	0,967	0,782	12,5	14,5
Oksijen	O_2	32,00	1,105	0,0892	1,43	13,2

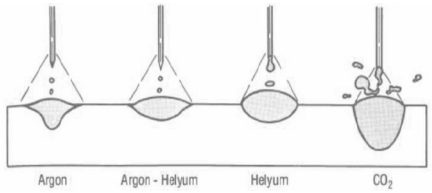
4.1 Argon Gazı

Östenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında en fazla tercih edilen koruyucu gaz türü argondur [6,19]. Ar tek atomlu, renksiz, kokusuz, tatsız ve zehirli olmayan bir soygazdır. Atmosferik ortamda %1'in altındaki oranda bulunsada daha ekonomik olduğu için argon atmosferden elde edilmektedir. Havadan %38 daha ağır bir soygazdır. Özellikle yatay kaynak pozisyonunda, kaynak sırasında ısı tesiri altında kalan bölgeyi çok iyi korumaktadır. Ar düşük iyonizasyon enerjisine sahiptir ve bu yüzden argon koruyucu gazı altında arkın tutuşması daha kolay ve güvenilir olmaktadır. Bu avantaja argon gazının akış hızının büyük olması ve ark voltajının daha düşük olması da eklenebilir. Düşük voltaj kullanıldığı için ince saclar yanık oluşmadan kaynaklanabilmektedir [6]. Buna ek olarak malzeme çarpılmalarının ve süreksizliklerinin tespitinde de kullanılmaktadır [18].

4.2 Helyum Gazı

Atmosferde çok az miktarda bulunmaktadır ve ayrıştırılması endüstriyel olarak imkânsızdır. He doğal gazdan ayrıştırılan tek atomlu hafif bir soygazdır ve tüp içerisinde sıkıştırılmış bir gaz şeklinde depolanmaktadır. He, Ar kıyasla on kat daha hafiftir ve bu yüzden kaynak işlemi sırasında etkili bir korumanın sağlanması için ihtiyaç duyulan koruyucu gaz miktarını arttırmaktadır. Yatay kaynak pozisyonunda, aynı işlemde argonun sağladığı korumayı elde etmek için helyumun 3 kat daha fazla olması gerekmektedir. He ısıyı iyi ilettiği için koruyucu gaz olarak kullanımlarında daha derin nüfuziyetli kaynak dikişleri sağlamaktadır. Bu özelliği sayesinde kalın kesitli malzemelerin kaynağında tercih edilir. İyonizasyon potansiyeli argona göre daha yüksek olduğu için helyum koruyucu gazında oluşan kaynak arkı daha yüksek enerjilidir. Bu yüzden ısıyı ileten Cu, Al ve Mg gibi demir dışı metallerin kaynağında genellikle ön ısıtma şartı gerektirmez [6].

Ar ve He karışımıyla oluşan koruyucu gazlar, her iki gazında üstün özelliklerine sahiptirler. Böylelikle nüfuziyet ve ark kararlılığı istenilen seviyeye getirilmiş olur [6]. Bu şekilde oluşan koruyucu gazda helyum oranı arttıkça ark voltajı, sıçrama miktarı ve nüfuziyet derinliği artmaktadır. Yüksek kaynak etme hızı karışımdaki helyum miktarının arttırılmasıyla elde edilir [18]. Örneğin; helyuma %25 Ar eklenmesiyle saf argon haline göre daha derin bir nüfuziyet ve saf argon halinden daha üstün ark kararlılığı birlikte sağlanmaktadır [6]. Şekil 3'te saf Ar, Ar+He, saf He ve CO_2 koruyucu gaz olarak kullanılmasında kaynak dikiş şekline ve kaynak nüfuziyetine etkisi gösterilmektedir [17].



Şekil 3. Çeşitli koruyucu gazların dikişin şekline ve nüfuziyete etkisi [17]

4.3 Hidrojen Gazı

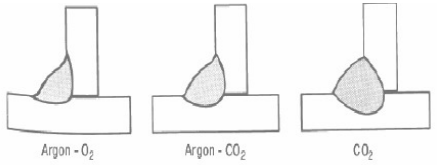
Kaynak bölgesinde hidrojen gazı, ark oluşurken atomlara ayrılmaktadır. Ayrışan gazı düşük sıcaklıklarda kaynak yerinden ayrılan atomlarla tekrar birleşmektedir ve alınan ısı geri verilmektedir. Bu yöntemle kaynak işlemi daha kolay hale gelmektedir. Ayrıca tungsten elektrodlar ile oksidasyona karşı koruma avantajı sağlamaktadır. Kaynak sanayisinde karışım koruyucu gazlarında parlayıcı gaz olarak hidrojen gazı tercih edilmektedir. Bu durumun en önemli sebebi hidrojenin sudan kolay elde edilebiliyor olmasıdır. Hidrojen havadan çok daha hafiftir ayrıca renksiz, kokusuz, tatsız bir gazdır ve en önemlisi zehirli değildir. Genellikle bu gaz TIG kaynağı işleminde argona belirli bir oranda katılmaktadır. Argon gazına hidrojen eklendiğinde arkta voltaj düşmektedir ve böylelikle ark gücü artmaktadır. Hidrojen yüksek ısıl iletkenliğe sahiptir, bu yüzden ark daha dar ve derin nüfuziyet sağlamaktadır. Hidrojen gazı kaynak dikişinin yüzeyinde oksit oluşumunu engelleyerek kaynak dikiş görüntüsünü güzelleştirmektedir [6].

4.4 Azot Gazı

Hidrojenin bulunmadığı ülkelerde ender olarak koruyucu gaz görevinde azot gazı kullanılmaktadır. Ark voltajını ve amperini yükseltmektedir. Kaynak bölgesinde ısı transferi helyum ve argona göre daha yüksektir. Ark kaynağı sırasında termal ayrışmaya uğramaktadır. Azot iki atomlu bir gazdır, kaynak bölgesinde çözünmektedir. Havanın %80'i azottan oluşmaktadır. Argon koruyucu gazına %12'ye kadar azot eklenebilir. Azot koruyucu gazının kullanılması yüzey geriliminin azalmasına sebep olmaktadır. Kaynak bölgesinde atıklar oluşturduğu için azotun koruyucu gaz olarak kullanılması çeliklerin kaynağında zorluk çıkarmaktadır. Çünkü ısı tesiri altında kalan bölgedeki demir büyük oranda azotu içine çekmektedir. Katılaşırken demir nitrat bileşiği oluşturup, çekme dayanımı ve sertlik gibi bazı özelliklerini arttırmaktadır. Fakat bu durum kaynak bölgesinde çatlamalara neden olmaktadır. Kaynak sırasında havanın etkisinden korunmadığı için kaynak bölgesinde boşlukların oluşmasına sebep olur ve kaynağın kalitesini düşürür [6]. Azot kuvvetli bir östenit yapı oluşturduğundan östenitik paslanmaz çeliklerin kaynağında koruyucu Ar gazına eklenirse delta ferrit miktarını düşürür [5,19].

4.5 Karbondioksit Gazı

Karbondioksit reaktif bir gazdır ve genellikle karbonlu çeliklerin kaynağında kullanılmaktadır. Elde edilmesi çok basittir, diğer gazlara göre çok daha ucuzdur. Yapı çeliklerin kaynağında tercih edilmektedir. Nüfuziyet derinliği çok iyidir ve yüksek kaynak hızlarına çıkılabilmektedir. Kaynak dikişi yüzeyi daha oksitli ve pürüzlüdür [18]. Yüksek iyonizasyon enerjisi ve yüksek ısılarda çok büyük ergime hızı vermektedir. Argonca zengin koruyucu gazla karşılaştırıldığında karbondioksit gazı daha kaba bir yüzey oluşturmaktadır. Sağlam kaynak dikişleri elde edilse de ark oksitleyici özellikte olduğu için kaynak dikişinin mekanik özelliklerini kötü yönde etkilemektedir [17]. Şekil 4'te koruyucu gaz olarak kullanılan argon gazı içerisine oksijen, argon gazı içerisine karbondioksit katılmasının ve koruyucu gaz olarak kullanılan karbondioksit gazının kaynak dikişine ve nüfuziyetine etkisi gösterilmektedir.

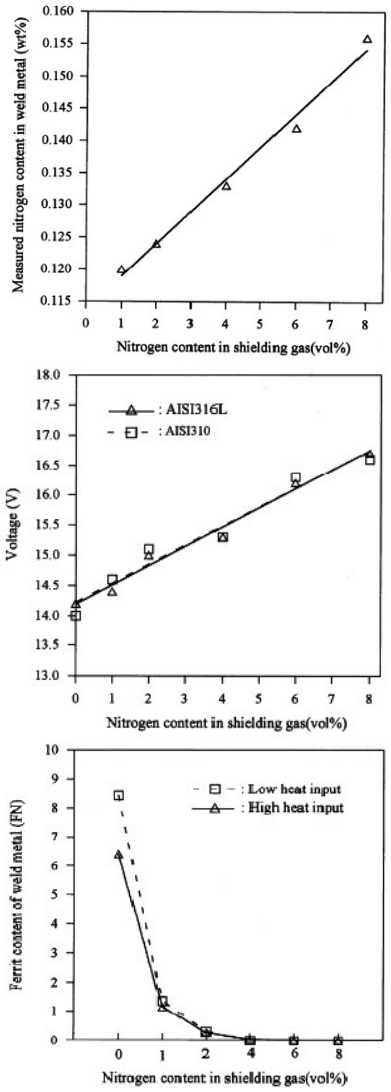


Şekil 4. Argon+Oksijen, Argon+Karbondioksit ve Karbondioksit gazlarının dikiş şekline ve nüfuziyete etkisi

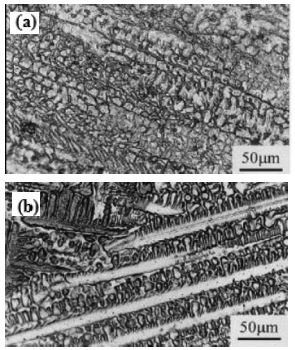
5. Koruyucu Gazın Kaynaklı Yapıya Etkisi

Östenitik paslanmaz çeliklerin yapısında bulunan delta ferrit miktarı çeliğin mekanik özelliklerine etki etmektedir ve hacimce en uygun değeri %5-10 oranında olup sahip olduğu süneklik, tokluk ve korozyon direnciyle kaynak dikişinin soğuması sırasında oluşabilecek sıcak çatlama direncini arttırmaktır. Koruyucu argon gazına eklenen diğer gazlar kaynaklanan malzemenin mikroyapısına etki eder. Koruyucu argon gazının içerisine az miktarda azot ilavesi kaynak malzemesi içerisindeki delta ferrit miktarını düşürür [5,19].

Lin ve Chen [20], yaptıkları çalışmada; 316L paslanmaz çeliğin TIG kaynak işlemi ile birleştirilmesinde, azot miktarının değişmesiyle kaynak bölgesinin azot içeriğinin etkilerini incelemiştir. Şekil 5(a)'da; koruyucu gazın içerdiği azot miktarına bağlı olarak voltaj yükselmesi; Şekil 5(b)'de ve yüksek-düşük ısı girdisinde malzemede ferrit içeriği değişimi Şekil 5(c)'de gösterilmektedir. Yapılan bu çalışmada kaynak akımı ve hızı sabit tutulmuş olmasına rağmen voltaj ve ısı girdisinin artış sebebi koruyucu gaz içerisindeki azot miktarıdır. Şekil 6'da 316L östenitik paslanmaz çeliğin kaynağının koruyucu gaz olarak önce saf argon ve sonra %8 azot içeren argon koruyucu gazlarıyla yapılması sonucunda elde edilen kaynak dikişinin optik mikroskopta çekilmiş mikroyapıları verilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi iki farklı koruyucu gaz ortamında farklı mikroyapılar oluşmuştur. Bunun sebebi delta ferrit miktarının farklı olması olarak belirtilmiştir.

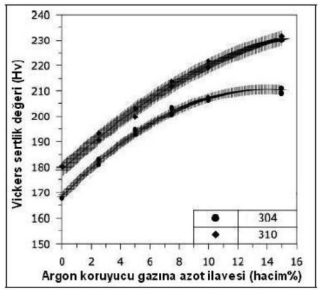


Şekil 5. Koruyucu gaz içerisindeki azot miktarına bağlı olarak; (a) kaynak metalinde ölçülen azot miktarı, (b) 316L östenitik paslanmaz çelik için gerilim değerleri ve (c) farklı ısı girdilerinde kaynak metalindeki ferrit miktarı [20]



Şekil 6. Düşük ısı girdisi altında 316L östenitik paslanmaz çeliğin (a)Ar ve (b) Ar+%8N içeren koruyucu gazla yapılan kaynak dikişinin mikroyapı fotoğrafları [20]

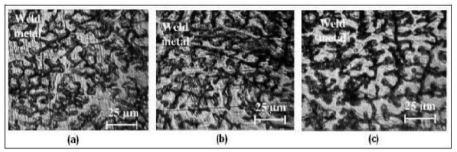
Şekil 7'de koruyucu Ar gazı içerisindeki azot miktarının değişmesine bağlı olarak kaynaklanan malzemenin sertlik değerlerindeki dağılım verilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi argon gazı içerisindeki azot miktarı arttıkça sertlik değeri de artmaktadır. Ogawa ve diğ. [21], yaptıkları çalışmaya göre, oluşan arayer katı çökelme mekanizması büyük bir ihtimalle östenitik paslanmaz çeliğin sertliğinin artışına neden olduğu söylenmektedir.



Şekil 7. TIG kaynak yönteminde koruyucu argon gazına azot ilavesine bağlı olarak östenitik paslanmaz çeliklerde Vickers sertlik değerleri [21]

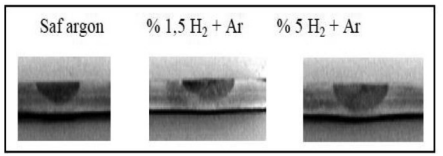
Şekil 8'de koruyucu argon gazı içerisine farklı oranlarda hidrojen ilave edilerek 316L tipi östenitik paslanmaz çelikler TIG kaynağı ile kaynaklanmıştır. Durgutlu [22] yapmış olduğu çalışmada; argon içerisindeki hidrojen oranın artmasıyla kaynaklanan malzemenin çekme dayanımının da arttığı görülmüştür. Fakat hidrojen oranının fazla artışıyla çekme dayanımı ve %uzama değerlerinde düşüş görülmüştür. Buna ek olarak kaynaklanan malzemenin

içerisindeki hidrojen miktarının artması kaynak metalindeki sertlik değerinin de artışına sebep olmuştur. Kullanılan bütün koruyucu gaz kompozisyonlarında yapılan eğme deneyleri sonucunda numunelerde herhangi bir çatlağa rastlanmamıştır. Kaynaklanan malzemenin mikroyapısında görülen koruyucu gaz olarak saf argon kullanılan kaynak işlemlerinde mikroyapısında görülen tane boyutu daha küçüktür.



Şekil 8. Koruyucu gaz olarak (a) saf argon, (b) %98,5 argon + % 1,5 hidrojen, (c) % 95 argon + % 5 hidrojen kullanılarak yapılan kaynak edilen yapıların mikroskop görüntüleri [22]

Kahraman ve diğ.[1], yaptığı çalışmada; 316L paslanmaz çelik levhalara TIG kaynak yöntemiyle farklı bileşimde koruyucu gazlar altında çekilen kaynak dikişleri üzerinde yapılan nüfuziyet, sertlik ve mikroyapı görüntüleri araştırılmıştır. Bu çalışmada nüfuziyet profilleri incelendiğinde hidrojen miktarının artmasıyla nüfuziyet derinliği ve dikiş genişliği artmıştır. Mikroyapı görüntüleri incelendiğinde koruyucu gazın içerisindeki hidrojen miktarı arttıkça ısı tesiri altında kalan bölgedeki tanelerin irileştiği tespit edilmiştir. Hidrojen miktarı arttıkça ısı girdisi artmış ve buna bağlı olarak ısı tesiri altında kalan bölge genişlemiştir. Hidrojen miktarının artmasıyla aynı kaynak parametrelerinde daha hızlı kaynak sağlanmıştır [1]. Şekil 9'da saf argon koruyucu gazına belli oranlarda eklenen hidrojen gazının bulunduğu ortamlarda yapılan kaynak dikişlerinin malzemelerin makro dağlaması ile elde edilen nüfuziyet derinlikleri gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere argon koruyucu gazına eklenen hidrojen miktarı arttıkça nüfuziyet derinliği arttığı gözlemlenmiştir.



Şekil 9. Değişik gaz korumaları altında çekilmiş kaynak dikişlerinin nüfuziyet profilleri [1].

Abuç [6] yaptığı çalışmada; AISI 304, AISI 316 ve AISI 316Ti östenitik paslanmaz çelikler farklı koruyucu gaz kompozisyonları altında TIG kaynak yöntemiyle birleştirilmiştir. Bu çalışmaya göre AISI 304 östenitik paslanmaz çeliğin TIG kaynak yöntemiyle birleştirilmesinde en yüksek çekme dayanım değerleri Argon+%5 azot koruyucu gaz kullanılarak yapılan birleştirmelerde, en yüksek % uzama değerleri ise saf argon gazı kullanılarak yapılan birleştirmelerde elde edilmiştir. AISI 316 östenitik paslanmaz çeliğin TIG kaynak yöntemiyle birleştirilmesinde en yüksek çekme dayanım değeri Ar+%25 He koruyucu gaz kullanılarak yapılan birleştirmede elde edilmiştir. AISI 316 Ti östenitik paslanmaz çeliğin TIG kaynak yöntemiyle birleştirilmesinde en yüksek çekme dayanımı Argon+%5 hidrojen, en yüksek uzama değeri Argon+%25 helyum koruyucu gaz kullanılarak yapılan birleştirmede elde edilmiştir. Kaynak bölgelerinden alınan kesitlere uygulanan sertlik ölçümlerinde en yüksek sertlik değerleri AISI 304 östenitik paslanmaz çelik için Ar+%25 helyum, AISI 316 östenitik paslanmaz çelik için Ar+%5 N ve AISI 316Ti östenitik paslanmaz çelik için Ar+%25 He gazı kullanımlarında tespit edilmiştir.

6. Genel Değerlendirme

Yapılan araştırmalar sonucunda koruyucu gazın, kaynak işlemine ve elde edilen kaynak dikişine aşağıda belirtilen etkileri vardır:

- Arkın karakteristiği,
- Metal transferinin sekli,
- Nüfuziyet ve kaynak dikişinin şekli,
- Kaynak hızı,
- Yanma oluğu oluşma eğilimi,
- Temizleme etkisi,
- Kaynak metalinin mekanik özellikleri.

Referanslar

[1] N. Kahraman, A. Durgutlu, B. Güleç, 316L Paslanmaz Çeliğin TIG Kaynağında Koruyucu Argon Gazına Hidrojen İlavesinin Kaynak Bölgesi Tane Morfolojisine Etkilerinin Araştırılması, Politeknik Dergisi, 7(3) 223-228, 2004.
[2] Y. Kaya, AISI 304 ve AISI 430 Paslanmaz Çeliklerin TIG, MIG ve Örtülü Elektrod Ark Kaynağıyla Birleştirilebilirliğinin Araştırılması, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(3) (2010) 549-557.
[3]<https://www.metalbulletinresearch.com/Publication/199461/StainlessSteels.html#:~:text=Austenitic%20stainless%20steel%20accounts%20for,of%20all%20stainless%20steel%20production> Tarih: 15.02.2022.
[4] B. Balcı, AISI 304 östenitik paslanmaz çelik malzemenin işlenmesinde yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi, Y. Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, 2008, Karabük, Türkiye.
[5] R. Yılmaz, Z. Barlas Paslanmaz Çeliklerin Gazaltı Kaynak Yöntemi İle Birleştirilmesinde Koruyucu Gaz Kompozisyonunun Mikroyapı Ve Mekanik Özelliklere Etkisi, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(3) (2011) 391-400.

[6] S. Abuç Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Gazaltı Kaynak Yöntemi İle Kaynağında Koruyucu Gazın Mekanik Özelliklere Etkisi, Y. Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2006, Sakarya, Türkiye.
[7] Sarıtaş Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş., (2004)"Sarıtaş Teknik Yayın" No:1, 2.Baskı, İstanbul.
[8] W. F. Smith, Paslanmaz Çelikler, Mühendislik Alaşımlarının Yapı ve Özellikleri, Bölüm 5, Cilt 1, 169-214, 2000, Ankara, Türkiye.
[9] <https://borsenboru.com/paslanmaz-celik-nedir> Tarih: 25.02.2022.
[10] <https://www.karacapaslanmaz.com/paslanmaz-celik> Tarih: 25.02.2022.
[11] <https://bircelik.com/tr/kategori/paslanmaz-celik-siniflari> Tarih: 25.02.2022.
[12] E. Çelik, Martenzitik Paslanmaz Çelik Ve Ferritik Paslanmaz Çeliğin Kendileriyle Ve Biribirleriyle Sürtünme Karıştırma Yöntemi İle Kaynak Edilebilirliğinin Araştırılması, Y. Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, 2006, Elazığ, Türkiye.
[13] C. Odabaş, Paslanmaz Çeliklerin Kaynağı, Askaynak, İstanbul, Türkiye.
[14] Y. S. Tama, Çelik Yapı Uygulamalarında Kullanılan Kaynak Yöntemleri, Üstünlükleri Ve Sakıncalı Yönleri, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 2009, Pamukkale, Türkiye.
[15] E. Koca, TIG Kaynak Yöntemiyle Birleştirilen Östenitik Paslanmaz Çeliklerin Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, 2010, İstanbul, Türkiye.
[16] S. Anık, M. Vural, Gazaltı Ark Kaynağı (TIG.MIG.MAG), Gedik Holding Yayınları, 3. Baskı 1997, 111–125, İstanbul, Türkiye.
[17] İ. B. Eryürek, Askaynak Gazaltı Ark Kaynağı, 2007, İstanbul, Türkiye.
[18] F. Kahraman, Y. Babayev, S. Karadeniz, Gazaltı Kaynağında Kullanılan Koruyucu Gazlar Ve Özellikleri, Qafqaz Üniversitesi Dergisi, 2008, Sayı 21, s89-98.
[19] C. Odabaş, Paslanmaz Çelikler, Temel Özellikleri, Kullanım Alanları, Kaynak Yöntemleri, Askaynak-İstanbul, 2004.
[20] Y. C. Lin, P. Y. Chen, Effect of Nitrogen Content and Retained Ferrite on Residual Stress in Austenitic Stainless Steel Weldments, Materials Science and Engineering A, 307, p.165-171, 2001.
[21] T. Ogawa, K. Suzuki, T. Zaizen, The Weldability of Nitrogen-Containing Austenitic Stainless Steel: Part II-Porosity Cracking and Creep Properties, Welding Journal, 63 (7), 213-223, 1984.
[22] A. Durgutlu, Experimental Investigation of The Effect of Hydrogen in Argon as a Shielding Gas on TIG Welding of Austenitic Stainless Steel, Materials and Design, 25, 19-23, 2004.

Piston Pimlerinde Kullanılan Çelik Alaşımlarının Değişen Kuvvet Etkileri Altında Mekanik Özelliklerinin Simülasyonu

Simulation of Mechanical Properties of Steel Alloys Used in Piston Pins Under the Effects of Changing Forces

◆

Onur Cihan BOYUNEGMEZ, Gizem KARABULUT, Nuray BEKÖZ ÜLLEN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa - Türkiye

Abstract

Piston pins are an important part that transfers the pressure created as a result of combustion in the engine from the piston to the connecting rod and affects the engine performance. The piston moves vertically with the effect of pressure and transfers its energy to the connecting rod to which it is connected via the pin inside. The task of transmitting the force is entirely on the piston pin. Piston pins must have high shear strength in order to transfer forces acting in opposite directions in a healthy way. However, they must be hardened so that they can work without deformation under large impacts and pressures. The connection points must be movable, as the connecting rod turns the vertical movement of the piston into an oval movement. The piston pin surface, which forms the movable connection point, should provide the sliding movement without wear under constant pressures in variable directions. Therefore, knowing the forces affecting the piston pin and examining their effects are important for the steel to be selected for the piston pin. In this study, multidirectional forces acting on piston pins were designed using "Siemens NX" software and analyzed with simulations with the help of "ANSYS Workbench" program. The mechanical properties of piston pins obtained from different steel alloys against forces were determined.

Özet

Piston pimleri motor içerisinde yanma sonucunda oluşan basıncı pistondan biyel koluna aktaran ve motor performansını etkileyen önemli bir parçadır. Piston, basıncın etkisiyle dikey yönde hareket eder ve içerisinde bulunan pim sayesinde bağlı olduğu biyel koluna enerjisini aktarır. Kuvvetin aktarılması görevi tamamen piston piminin üzerindedir. Zıt yönlerde etkiyen kuvvetleri sağlıklı bir şekilde aktarabilmesi için piston pimlerinin yüksek kesme dayanımına sahip olmaları gerekir. Bununla birlikte büyük darbeler ve basınçlar altında deformasyona uğramadan çalışabilmeleri için sertleştirilmeleri gerekir. Pistonun dikey yönlü hareketini biyel kolu oval bir harekete çevirdiği için bağlantı noktaları hareketli olmalıdır. Hareketli bağlantı noktasını oluşturan piston pimi yüzeyinde değişken yönlü sürekli basınçlar altında kayma hareketini aşınma olmaksızın sağlaması gerekmektedir. Bu nedenle, piston pimini etkileyen kuvvetlerin bilinmesi ve etkilerinin incelenmesi piston pimi için seçilecek alaşım açısından önemlidir. Bu çalışmada, piston pimleri üzerine etkiyen çok yönlü kuvvetler "Siemens NX" yazılımı kullanılarak tasarlanmış ve "ANSYS Workbench" programı yardımıyla simülasyonlar ile incelenmiştir. Farklı alaşımlardan elde edilen piston pimlerinin kuvvetler karşısında gösterdiği mekanik özellikler belirlenmiştir.

1. Giriş

Günümüzde otomobiller hayatımızı kolaylaştıran en önemli araçlardan bir tanesidir. Teknolojik gelişmelerle birlikte otomobiller de farklı kullanım alanları için yenilikçi çalışmaların ışığında geliştirilmeye devam edilmektedir. Otomobiller farklı amaçlar için kullanılabilmektedir, bunlar seyahat etmek, yük taşımak, otomobil yarışları, toplu ulaşım, ticari taşımacılık vb. olabilir. Tüm kullanım alanları göz önüne alındığında değişmeyen en önemli faktörün araçlarda kullanılan içten yanmalı motorlar olduğu görülmektedir. İçten yanmalı motorlar verimlilik, bulunabilirlik, erişilebilirlik, kullanım yaygınlığıyla birlikte yedek parça kolaylığından ve farklı amaçlar için kullanılacak araçlara özelleştirilebilmesi açısından geçmişten günümüze tüm üreticilerin ve kullanıcıların tercih sebebi olmuştur. Tüm içten yanmalı motorlardan beklenen ortak özellikler minimum yakıt tüketimi ve maksimum verimliliktir. Bu faktörleri sağlayabilmek için malzeme seçimi ve motor tasarımı önemli etkenlerdir. Bunların yanında motor malzemeleri istenilen verimliliği sağlayabilmeli ve uzun yıllar sorun oluşturmadan çalışmalıdır. İçten yanmalı motorların genel tasarımı incelendiğinde piston, piston pimi, biyel kolu ve krank mili ana parçalar olarak görülebilir. Şekil 1'de içten yanmalı motora ait piston, piston pimi, biyel kolu ve krank milinin Siemens NX 12.0 programında hazırlanmış katı modelin ekran görüntüsü verilmiştir.