

HRP6222 Çeliğinin Sertliğine Kaynak Parametrelerinin Etkisinin İstatistiksel Analizi

Yasin Hasırcı¹, Muhammed Elitaş^{2*} ve Medine Nur Türkoğlu Elitaş³

¹Makine Mühendisliği ABD / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

²Makine Mühendisliği Bölümü / Mühendislik Fakültesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

³Elektronik ve Otomasyon Bölümü / Meslek Yüksekokulu, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Türkiye

*(muhammed.elitas@bilecik.edu.tr)

(Geliş Tarihi: 26 Eylül 2023, Kabul Tarihi: 07 Ekim 2023)

(3rd International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2023, September 26-28, 2023)

ATIF/REFERENCE: Hasırcı, Y., Elitaş, M. & Elitaş, M. N. T. (2023). HRP6222 Çeliğinin Sertliğine Kaynak Parametrelerinin Etkisinin İstatistiksel Analizi. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7(9), 178-180.

Özet –Bu çalışmada HRP6222 çelik saclar 2,1 ve 2,4 bar elektrot basıncı ve 4, 6, ve 8 kA kaynak akımı değerlerinde nokta direnç kaynak işlemine tabi tutulmuştur. 6 farklı kombinasyonda elde edilen kaynaklı birleşimlerin kaynak metali bölgesi mikro sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elektrot basıncı ve kaynak akımının sertlik değerleri üzerindeki etkileri istatistiksel olarak ele alınmıştır. Korelasyon analizi ve ANOVA sonuçları detaylı olarak incelenmiştir. Elektrot basıncı ve kaynak akımının önem düzeyleri belirlenerek, sertlik değerine etkileri karşılaştırılmış ve bu bağlamda çoklu doğrusal regresyon modeli oluşturulmuştur. Sonuçlar, sertlik değerine etki eden en önemli değişkenin elektrot basıncı olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler – HRP6222, Nokta Direnç Kaynağı, Elektrot Basıncı, Kaynak Akımı, ANOVA, Sertlik

I. GİRİŞ

Çeliklere genellikle katı çözültü sertleşmesi, tane incilmesi, çökeltme sertleşmesi gibi çeşitli mekanizmalar ile dayanım kazandırılır. Bu yöntemler, kısmen veya tamamen yeniden kristalize edilmiş sacları güçlendirmek için değişen derecelerde uygulanabilir. Haddelene, çelik üretiminde önemli bir işlemdir ve farklı imalat tekniklerini ve uygulamalarını gerçekleştirmek için gereken gelişmiş mukavemete ve tane yönelimine yol açabilir. Temel metal haddelene prosesi, haddeler arasında geçen çeliğe istenilen kalınlık ve özellikleri vermeyi içerir. Haddelene işlemi çelik uygulamasına göre uyarlanabilir. Sıcak haddelene ve soğuk haddelene olmak üzere 2 çeşit çelik haddelene işlemi bulunmaktadır. Sıcak haddelene işlemi çeliklerin yeniden kristalleşme sıcaklıklarının üzerinde, soğuk haddelene işlemi ise altındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilir. Her iki

yöntem de farklı sonuçlara yol açar ve bunların her biri belirli bir uygulama türüne daha uygun olacaktır [1], [2].

Çarpışmaya dayanıklılığın gerekli olduğu şasi ve uzun eleman bileşenleri için sıcak haddelenmiş çelikler tercih edilir. Bu nedenle, bu bileşenler için nispeten kalın saclar kullanılır [3]. HRP çelikleri de derin çekmeye, şekil vermeye ve kaynak yöntemlerine elverişli olmaları sebebiyle otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sıcak haddelenmiş çelik çeşididir [4].

Araçların yapısal bileşenleri ark kaynağı, katı hal kaynağı, lazer kaynağı, nokta direnç kaynağı (NDK) gibi çeşitli kaynak yöntemleri ile birleştirilmektedir. [1]. Kaynak yöntemleri içerisinde NDK düşük maliyetli olması, kolay otomasyonu, parça tolerans varyasyonlarına karşı sağlam olması sebebiyle araç gövde imalatında sıklıkla tercih edilmektedir [5]. NDK işlemi

esnasında oluşan yüksek ısı ve sonrasında hızlı soğuma sebebiyle mikroyapı da ve dolayısıyla kaynak metalinin (KM) sertliğinde değişim meydana gelmektedir [6]. Sertlik malzemenin dayanımı ile ilgili bilgi sunan önemli bir faktördür. Bu çalışmada ise farklı kaynak parametrelerinin KM sertliği üzerinde önem düzeylerinin tespiti gerçekleştirilmiş ve KM ile kaynak akımı (KA) ve elektrot basıncı (EB) arasında ilişkiyi gösteren model kurulmuştur.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

HRP6222 saclar 100x30x2 mm boyutlarında hazırlanarak NDK işleme tabi tutulmuştur. NDK işlemi 2,1 bar ve 2,4 bar EB değerlerinde, 4 kA, 6 kA ve 8 kA olmak üzere 3 farklı KA değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak 6 farklı kombinasyonda kaynaklı birleşimler elde edilmiştir. Mikro sertlik ölçümleri HV0,5 yük 10 saniye süre uygulanarak yapılmıştır. Çoklu regresyon analizi IBM SPSS STATISTICS 25.0 programında uygulanmıştır. EB ve KA'nın sertlik üzerindeki önem düzeyleri belirlenerek matematiksel model kurulmuştur.

III. BULGULAR VE TARTIŞMA

A. Çoklu Regresyon Analizi

Çoklu doğrusal regresyon (MLR), tek yanıt değişkeni (bağımlı değişken) ile iki veya daha fazla kontrol edilen değişken (bağımsız değişkenler) arasındaki ilişkiyi analiz etmek için kullanılan regresyondaki istatistik yöntemidir. Bu araştırma için bu yöntem seçilmiştir çünkü kontrol edilen değişkenlerden daha fazlası vardır. Çalışmada bir bağımlı ve iki bağımsız değişken belirlenmiştir [7].

Bağımsız değişkenler incelendiği zaman aralarındaki korelasyon ilişkisinin düşük oranda çıkması beklenir. Tablo 1'e bakıldığında EB ile KA arasında 0.00'luk bir değer bulunmuştur. Bu da aralarında herhangi bir ilişki olmadığını vurgulamaktadır. Oranın modeldeki varsayımı desteklediği görülmektedir. EB ve sertlik değerine bakıldığında 0,880 oranı aralarındaki ilişkinin kuvvet derecesini göstermektedir. KA ve sertlik oranı incelendiğinde ise 0,445 değeri ile daha düşük bir korelasyona sahip olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Korelasyon tablosu

Pearson Korelasyon	Sertlik	Elektrot basıncı	Kaynak akımı
Sertlik	1,000	0,880	0,445
Elektrot basıncı	0,880	1,000	0,000
Kaynak akımı	0,445	0,000	1,000

R değeri değişkenler arasındaki korelasyonları göstermektedir. Determinasyon katsayısı (R^2) değeri bağımsız olan değişkenlerin bağımlı oldukları değişkendeki toplam meydana gelen değişimin ne derecede açıklandığını gösterir. Düzeltilmiş R^2 ise bir değişkenin kendi başına olan etkisi ile sonradan eklenen değişkenin kurulan modele olan etkisini göstermektedir. Analizde R değeri 0.986 olarak bulunurken, düzeltilmiş R^2 değeri 0.973 olarak hesaplanmıştır (Tablo 2). Bu değerlerin 1'e yakınlık oranı ilişki düzeyi ve modelin açıklanabilirliğini göstermektedir. Aradaki ilişki düzeyinin yüksek olduğu söylenebilir. Düzeltilmiş R^2 değeri ile R^2 değeri arasında yakınlık varsa yeni bir değişken eklemeye gerek olmadığı sonucuna varılır. Burada düzeltilmiş R^2 değeri 0.955 olarak bulunmuştur ve R^2 değerine (0.973) oldukça yakındır. Elde edilen sonuca göre modele yeni bir değişken eklemeye gerek olmadığı saptanmıştır.

Tablo 2. Modelin Özeti

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Standart Hatası
1	0,986	0,973	0,955	7,58104

Anova, modelin bütününe bakıldığında anlam düzeyini göstermektedir. Gruplar arasında farklılık olup olmadığı hakkında bilgi verir. Tablo 3 incelendiğinde önem derecesi 0,004 < 0,05 olduğundan modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğu söylenebilir.

Tablo 3. ANOVA

Model	Karelerin Toplamı	df	Karelerin ortalaması	F	Önem düzeyi
Regresyon	6190,917	2	3095,458	53,860	0,004
Artıklar	172,417	3	57,472		

Tablo 4'te katsayılar tablosu yer almaktadır. EB değişkeninin önem derecesi 0,018 < 0,05 olduğundan sertlik derecesi üzerinde anlamlı ve pozitif bir etki düzeyine sahiptir. KA 0,003 < 0,05 olduğundan bağımlı değişken üzerinde anlamlı bir etkiye sahiptir. B katsayısındaki sabit değer,

Tablo 4. Katsayılar

Model	B	Std. Hata	Standart Katsayı Beta	t	Önem Derecesi	Tolerans	VIF
Sabit (Sertlik)	-181,917	47,897		-3,798	0,032		
Kaynak akımı	191,111	20,633	0,880	9,262	0,003	1,000	1,000
Elektrot basıncı	8,875	1,895	0,445	4,683	0,018	1,000	1,000

bağımsız değişkenler 0 olsa bile belirli bir sertlik değerinin ölçüldüğünü göstermektedir. EB, sertlik derecesi üzerinde 8,875 lik bir oranda etki etmektedir. Yani EB değerindeki 8,875 birimlik değişim sertlik üzerinde 1 birimlik artışa neden olmaktadır. Aynı şekilde KA değerindeki 191,111 birimlik değişim sertlik üzerinde 1 birimlik artışa sebep olmaktadır.

Standardize Beta katsayılarına bakıldığında EB'nin yüzde 44,5'lik bir etkiye sahip olduğu saptanırken KA'nın yüzde 88 oranı ile daha yüksek bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. t değerleri incelendiğinde ise aynı şekilde EB 4,683'lük bir etki oranına sahipken KA'nın 9,262'lik daha yüksek bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Bağımsız olarak hesaplanan değişkenlerin, bağımlı değişkeni tahmin ettiği düşünülen formülasyonda aşağıdaki hipotezler kurulmuştur:

H_0 =Model anlamsızdır.

H_s =Model anlamlıdır.

Gerçekleştirilen analizler doğrultusunda modelin anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Sertlik (S), EB ve KA arasında kurulan model Eşitlik 1'de gösterilmiştir.

$$S = -181,917 + (191,111 \times KA) + (8,875 \times EB) \quad (1)$$

IV. SONUÇLAR

Çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

1. KM sertlik değerini elektrot basıncının kaynak akımına göre daha fazla etkilediği tespit edilmiştir.
2. KM sertlik değeri, EB ve KM arasında çoklu doğrusal regresyon modeli başarı ile kurulmuştur.
3. Kurulan model sonucunda sertlik değerine negatif yönde sabit bir değer etki ederken kaynak akımı ve elektrot basıncı pozitif yönde farklı etki değerleri ile modele katkı sağlamıştır.
4. Sertlik ile EB arasındaki doğrusal ilişkinin KA ile sertlik arasındaki ilişkiye

göre yaklaşık %44 daha yüksek olduğu görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmaya desteklerinden dolayı; Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne (Proje No: 2022-01.BŞEÜ.01-04) teşekkür ederiz. Ayrıca kaynak işlemlerinin gerçekleştirilmesinde katkı sağlayan Özaktaş Makina Kalıp Firması'na teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] M. John, P. A. Kumar, K. U. Bhat, and P. D. Bhat, "A study on HAZ behaviour in 800 MPa cold rolled and hot rolled steel weld," *Materials Today: Proceedings*, vol. 44, pp. 2985–2992, 2021.
- [2] J. H. Lee, S. H. Park, H. S. Kwon, G. S. Kim, and C. S. Lee, "Laser, tungsten inert gas, and metal active gas welding of DP780 steel: comparison of hardness, tensile properties and fatigue resistance," *Materials & Design*, vol. 64, pp. 559–565, 2014.
- [3] D. C. Saha, D. Westerbaan, S. S. Nayak, E. Biro, A. P. Gerlich, and Y. Zhou, "Microstructure-properties correlation in fiber laser welding of dual-phase and HSLA steels," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 607, pp. 445–453, 2014.
- [4] Y. Hasirci, "Investigation of microstructure and mechanical properties of DC04-HRP6222 steels joined by resistance spot welding method," M. Eng thesis, Postgraduate Education Institute, Bilecik, Türkiye, 2023.
- [5] M. N. T. Elitas and M. Elitas, "Statistical analysis of the effect of welding parameters on the weld metal hardness value of DP1200 steel combined with resistance spot welding," *Duzce University Journal of Science and Technology*, vol. 10, no. 5, pp. 26–31, 2022.
- [6] M. Elitas, "Investigation of the effect of RSW parameters on the hardness of DC01 steel with multiple regression analysis," *Yuzuncu Yil University Journal of the Institute of Natural and Applied Sciences*, vol. 28, no. 2, pp. 620–628, 2023.
- [7] I. M. M. Ghani and S. Ahmad, "Stepwise multiple regression method to forecast fish landing," *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 8, pp. 549–554, 2010.