

Projeksiyon Kaynağında DP600 Çeliklerde Elektrot Baskı Kuvvetinin Punta Kalitesine Etkisi

*¹Mustafa YAZAR, ¹Milat KUL, ¹Ayşegül YILDIZ, ¹Eyüp Mutlu, ¹Samet BALKAN, ¹Erhan KUL, ¹Melih ÇAYLAK, ¹Ali Kemal ALP, ²Şükrü TALAS

*¹ AR&GE Merkezi, Şahinkul Makina ve Yedek Parça San. Tic. A.Ş., Bursa, Türkiye

² Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye

Özet

Bu çalışmada, MFDC trafolu 100 kVA projeksiyon kaynak makinasında baskı kuvvetinin punta kalitesine olan etkisi incelenmiştir. Hazırlanan numuneler tam tahribatlı test cihazı ile kopma yükü kuvveti testine tabi tutulmuştur. Bu çalışmada, başta otomotiv ana sanayinin şartnamelerle belirlemiş olduğu punta kalitesini yakalayarak ürün güvenliğini sağlamaktır. Çalışmamızda 1,5 mm DP600 kaplamasız çelik sac ve kaynak civatası olarak 8,8 kalite M8x1,25x25 üç memeli kaplamasız kaynak civatası kullanılmıştır. Hazırlanan DP600 çelik sac numuneleri ve kaynak civataları ile puntalama operasyonunda kaynak zamanı 30 ms, akım değeri 18 kA de sabit tutulmuştur. Düşük, orta ve yüksek kuvvet değerleri verilerek optimum parametrelerinin farklı elektrot baskı kuvveti değerlerinin punta kalitesine etkisi incelenmiştir. Yapılan testlerde elektrod baskı kuvveti 230 – 730 daN arasında bulunmuştur. Sonuçlar kopma kuvvetlerinin 430 ile 530 daN arasında yüksek mukavemet değeri yakalandığı göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Projeksiyon kaynağı; Elektrod baskı kuvveti; Kaynak civatası; DP600 çelik sac

Effect of Electrode Pressure Force on Tailstock Quality in DP600 Steels at Projection Source

Abstract

In this study, the effect of compression force on spot quality in a 100 kVA projection welding machine with MFDC transformer was investigated. The prepared samples were subjected to the rupture load force test with a fully destructive test device. In this study, the aim is to achieve a product safety by obtaining the spot weld quality that the automotive main industry has set by the specifications. In our study, 1.5 mm DP600 uncoated steel plate and uncoated 8.8 quality M8x1,25x25 welding bolts with three projections were used. During the projection welding operation experiment with DP600 steel sheet samples and welding bolts, the welding time was kept constant at 30 ms and the current value at 18 kA. By giving low, medium and high force values, optimum parameter were determined and the effect of different electrode pressure values on spot weld quality were examined. The electrode compression values were found to be between 230- 730 daN in the tests carried out. The results showed that high rupture forces were achieved between 430 to 530 daN.

Keywords: Projection weld; Electro compression force; Weld bolt; DP600 steel sheet

1. Giriş

Günümüzde birçok endüstri alanında yaygın olarak kullanılan kaynak yöntemlerinden biri olan projeksiyon kaynağı, iş parçalarından geçen elektrik akımına karşı temas noktalarındaki dirençten sağlanan ısı ve aynı zamanda parçalara uygulanan basıncın tatbikiyle yapılan bir

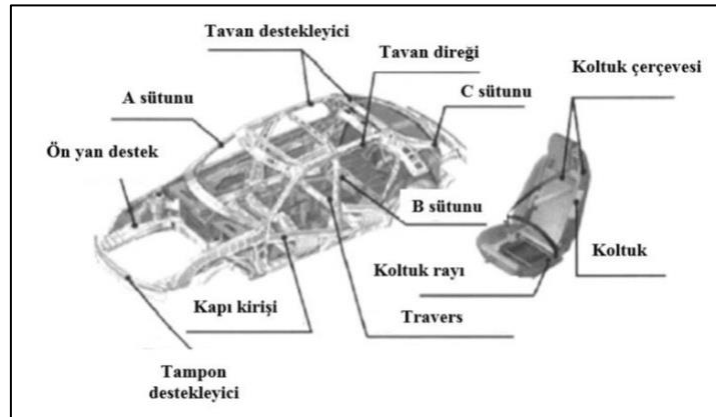
*Sorumlu yazar: Adres: AR-GE Merkezi Şahinkul Makina ve Yedek Parça San. Tic. A.Ş., Bursa TÜRKİYE. E-mail: yazatmustafa08@gmail.com, GSM: +902242611530

kaynak yöntemidir. Isı, kaynak edilecek cıvata kaynak memelerinde akım yoğunlaşması ile meydana gelir ve basınç kaynak makinasındaki elektrotlar vasıtasıyla cıvata puntalama operasyonu gerçekleşir. Otomotiv ana sanayinde ve bunlara bağlı alt kuruluşlarında kullanılan projeksiyon kaynak makinaları AC ve MFDC trafolu olanları mevcuttur [1]. Bu ikisi arasındaki fark ise AC trafolu projeksiyon kaynak makinalarında elektrik frekansı 50 Hz, MFDC trafolu kaynak robotlarının elektrik frekansı 1000 Hz olarak kullanılmaktadır.

Literatürde yapılan çalışmalar çoğunlukla projeksiyon kaynağının farklı sac kalınlıkları ve kaynak parametrelerinin (kaynak akımı, impuls sayısı, kaynak süresi ve elektrot basıncı) yeni nesil çeliklerin mekanik özellikleri üzerindeki etkisi konusunda yoğunluk kazanmıştır [2].

Günümüzde artan çevre bilinci ile hava kirliliğinde etkin bir role sahip taşıt kaynaklı kirleticilerin azaltılması konusunda birçok çalışma yapılmaktadır. Azalan petrol rezervleri ile birlikte yakıt fiyatlarının artması da otomotiv sektöründe hafif taşıtlara ilgiyi ve rekabeti arttırmıştır. Son zamanlarda taşıtların hafifletilmesinde alüminyum, magnezyum, titanyum alaşımları ve yüksek mukavemetli çelikler gibi metal alaşımlar bu amaçla kullanılan malzemelerdendir [3].

Çelik sektöründeki hızlı ilerleyiş ile birlikte ileri yüksek mukavemetli çelikler (AHSS) olarak yeni nesil çelik kaliteleri geliştirilmektedir [4]. İleri yüksek mukavemetli çelikler ürün grubunda bulunan çift fazlı (DP) çelikler yüksek dayanım, mükemmel süneklik, iyi kaynak edilebilirlik ve çarpışma testlerinde yüksek enerji absorpsiyon kabiliyeti özelliklerine sahiptir [5]. Şekil 1’de DP600 çeliklerin otomotivde kullanım yerleri gösterilmiştir.



Şekil 1. DP600 çeliklerin otomotivde kullanım yerleri.

Bu çalışmada bağlantı elemanı olarak 3 memeli kaynak cıvatası projeksiyon kaynağı ile puntalama operasyonu yapılmıştır. Akım değeri ve kaynak zamanı sabit tutularak elektrot baskı kuvvetinin punta kalitesine etkisini gözlemleyerek iyileştirme önerilmiştir.

2. Materyal ve Metod

2.1. Malzeme

2.1.1. DP600 çelik sac malzeme ve kaynak cıvatası

Deneylerde kullanılan 1,5 mm kalınlığındaki kaplamasız ticari DP600 çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 1 ve mekanik özellikleri Tablo 2’de gösterilmiştir.

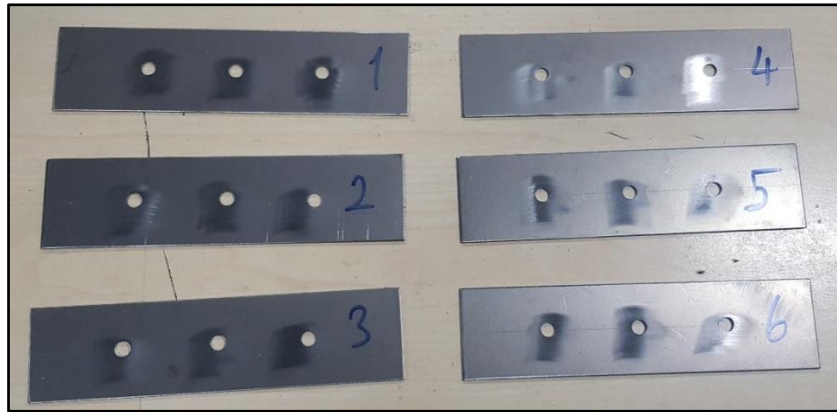
Tablo 1. DP600 çeliğine ait kimyasal analiz. (% ağırlık).

Element	C	Si	Mn	Cr	Nb	Ni	Ti	Mo	Al
% Oranı	0,11	0,18	1,6	0,34	0,003	0,027	0,002	0,098	0,05

Tablo 2. DP600 çeliğine ait mekanik özellikler.

Malzeme	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Uzama (%)
1,5mm Kaplamasız DP600 Çelik Saç	330-430	590	20

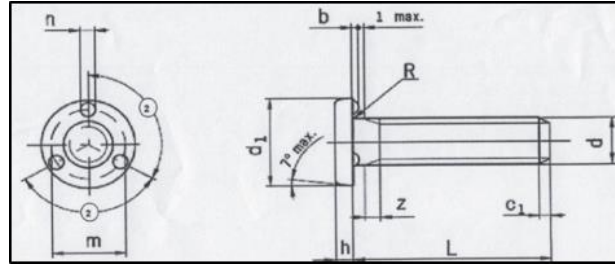
DP600 çelik saçtan hazırlanan numunelere, M8 kaynak civatası puntalama delikleri onda bir boşluk verilerek çelik saç üzerine boşaltmalar yapılmıştır. Hazırlanan test numuneleri Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. D600 çelik saç test numuneleri görseli.

Elektrot baskı kuvveti 230, 330, 430, 530, 630, 730daN olarak; 6 adet 200x20x1,5 mm ölçüsünde DP600 çelik saçlardan hazırlanmış olan numunelere 3’er adet kaynak civatası puntalama operasyonu gerçekleştirilip, tam tahribatlı test sonucunda kopma yükü kuvvetlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır.

Deneylerde kullanılan 3 memeli 8,8 kalite M8x1,25x25 kaynak civatası görseli Şekil 4’de verilmiş olup ölçeklendirmesi Tablo 3’te gösterilmiştir. Mekanik özellikleri ise Tablo 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Kaynak civatası.

Tablo 3. Kaplamasız bağlantı elemanı ölçekleri (mm).

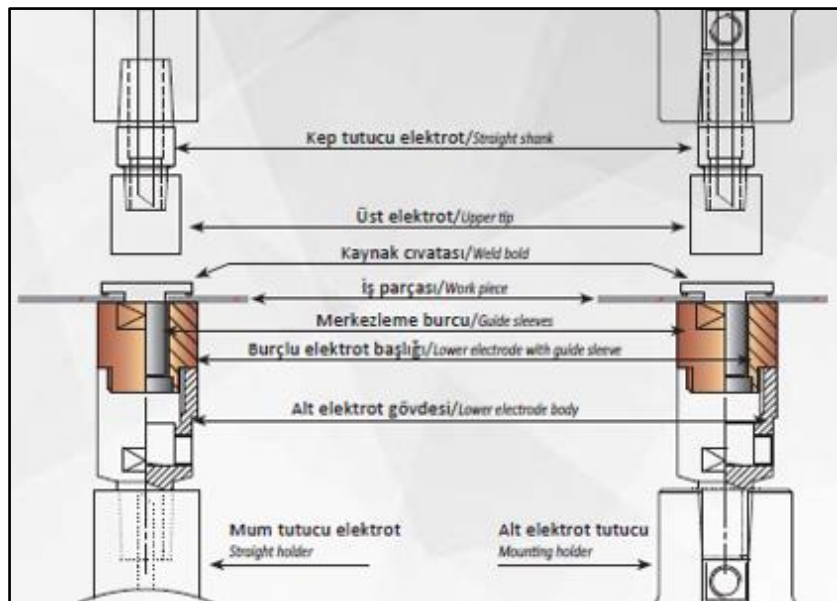
Birim	b	d	d ₁	h	m	n	L	R	z
mm	1,3	8	17	3,5	13	3	25	0,3	3,1

Tablo 4. Kaynak civatası mekanik özellikleri.

Malzeme	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Uzama (%)
8.8 Kalite M8x1,25x25 Kaynak civatası	640	800	12

2.2. Metod projeksiyon kaynağı ile punta operasyonu

Projeksiyon kaynağında civata puntalama öncesi MFDC trafolu 100 kVA sabit punta makinasında yapılması gerekenler üç adımdan oluşmaktadır. Bunlar, a) su ve hava debisinin kontrolü, b) elektrod kuvvet ve akım değerleri kontrolü ve c) eksenellik kontrolü. MFDC trafo 100 kVA projeksiyon kaynak makinası ile kaynak zamanı akım değeri ve puls değerleri sabit tutulmuştur. Civata puntalama prosesi Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Kaynak civatası puntalama prosesi.

Kaynak cıvatasında 3 memenin şartnamede belirtilen en, boy ve yükseklikte olması gerekmektedir [6]. Kaynak cıvatasının yüzeyinde kaynak memesinin oluşmamış olması veya 3 adet kaynak memesi eşit yükselikte değilse kaynak akımı tercihli atlama yapacağı için yani tüm uçlarda eşit akım yoğunluğuna sahip olmayacağı istenen kopma yükü değeri sağlanamamakta ve dinamik yüklerde istenen performansı vermemektedir. Projeksiyon kaynağında civata puntalama prosesinde kullanılan değerler Tablo 5’de gösterilmiştir.

Tablo 5. Cıvata puntalama parametre değerleri.

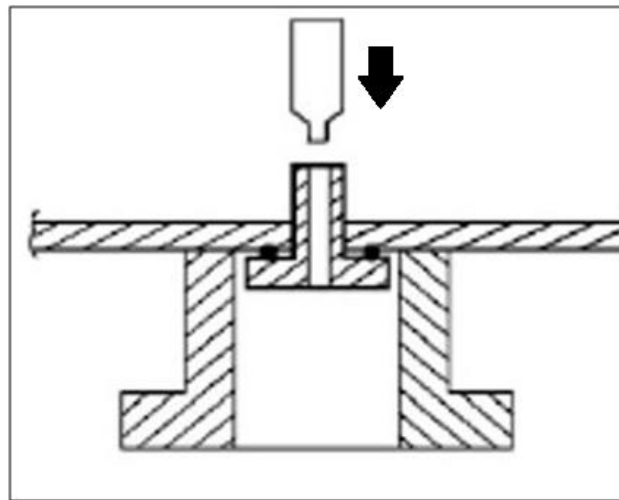
Numuneler	Kaynak Zamanı (ms)	Akım Değeri (kA)	Elektrot Baskı Kuvveti(daN)
1. Test parçası	30	18	230
2. Test parçası	30	18	330
3. Test parçası	30	18	430
4. Test parçası	30	18	530
5. Test parçası	30	18	630
6. Test parçası	30	18	730

2.3. Kopma kuvveti testi

Kopma yükü testi tam tahribatlı olarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 6’da kopma kuvveti test cihazının teknik donanımı, Şekil 6’te ise kopma kuvveti test prosesi gösterilmiştir. 6 adet test parçası kopma kuvveti testine tabi tutularak ölçülen değerler üstüne yazılmıştır. Kullanılan test cihazı firma bünyesinde hazırlanmış olup dijital sensör kısmını ihtiva eden cihaz kalibre edilmektedir.

Tablo 6. Kaynak cıvatası mekanik özellikleri.

Teçhizat	Güç	Yük Kapasitesi	Gösterge Paneli
Kopma Kuvveti Test Cihazı	1,5 kW	20 kN	Dijital



Şekil 6. Kaynak cıvatası kopma kuvveti test prosesi.

3. Bulgular ve Tartışma

3. 1. Mekanik özellikler

Elektrot baskı kuvveti 230, 330, 430, 530, 630, 730daN olarak seçilmiş olup, 200x20x1,5 mm ölçüsünde DP600 çelik saçlardan hazırlanmış olan numunelere 3'er adet kaynak civatası puntalaması yapılmıştır. Saplama puntalamasının ardından tam tahribatlı test sonucunda kopma yükü kuvvetlerinin sonuçları karşılaştırılmıştır. Tam tahribatlı numune test sonuçları Tablo 7'de gösterilmiştir.

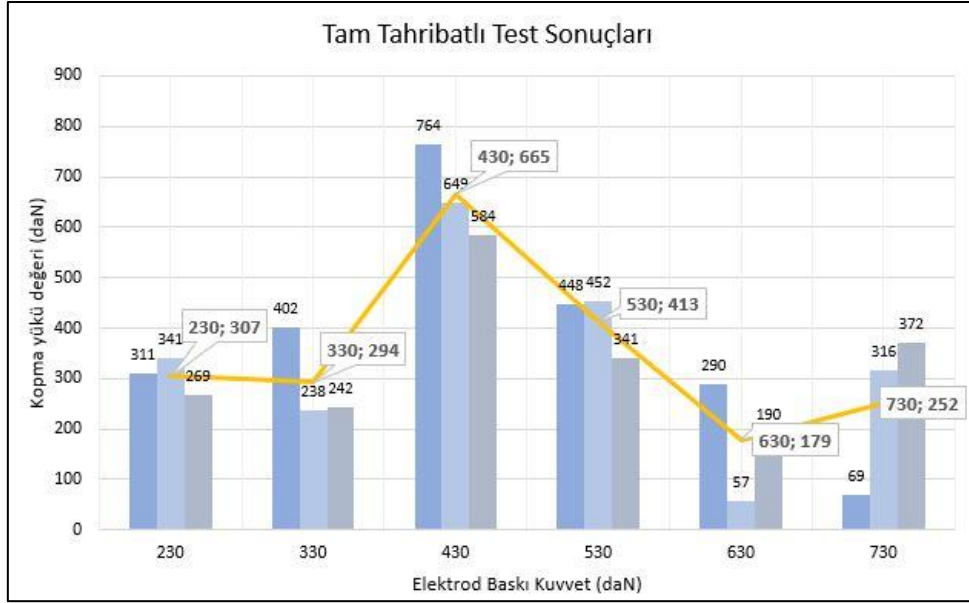
Tablo 7. Kaynak civatası kopma kuvveti test parçaları tablosu.

Numuneler	Kaynak Zamanı (ms)	Akım Değeri (kA)	Elektrot Baskı Kuvveti (daN)	Kopma Kuvveti Değeri Ortalama (daN)	Normalize Edilmiş Kopma Kuvveti Değeri Ortalama (daN)	Standard Sapma	Normalize edilmiş standard sapma
1. Test parçası	30	18	230	307	307	36.17	36.16
2. Test parçası	30	18	330	294	294	93.55	93.55
3. Test parçası	30	18	430	665	665.6	91.15	91.15
4. Test parçası	30	18	530	413	413.6	62.96	62.96
5. Test parçası	30	18	630	179	240	116.89	70.71
6. Test parçası	30	18	730	252	344	161.22	39.59

Tablo 7 de görüldüğü gibi, test sonuçlarının değişim aralığı oldukça değişken olup, 5. ve 6. test numunelerindeki çok düşük test sonuçlarının standard sapma değerlerinin yüksek çıkmasına sebep olmuştur. Bu değerlerin içerisinde standard sapması en düşük olan testlerin en düşük değerlerinin çıkarılması ile elde edilen normalize edilmiş değerlerinin oldukça dengeli bir sonuç verdiği görülmektedir.

Elektrod baskı kuvveti ile ilişkilendirildiğinde ise, ortalama değerlerinin artmadığını gözlemlemekteyiz. Normalize edilmemiş yani en düşük değerlerinin çıkarılmadığı durumdaki ortalama değerlerin standard sapma ile olan ilişkisi -0.24 olup negatif bir korelasyon vardır. Normalizasyon işleminde, en yüksek en düşük değerlerin etkisini sınırlandırmak için en düşük değerlerin birbirlerine yakınlığına, varsa en yüksek değerlerin ortalama değerle olan etkisine bakılır. Bu durumda, aşırı en yüksek değer çıkarılıp veya hatalı kabul edilip ortalama değerleri tekrar hesaplanır ve bu şekilde standard sapmadaki değişimlerin aşırı yüksek veya hatalı değerlerden etkilenmeden hesaplanmasına imkan tanınmaktadır. Bu korelasyon değerinin normalize edilmiş ortalama ve bunların standard sapma değerleri arasındaki korelasyon değeri ise 0.39 olup hem değer olarak ve hem de işaret olarak oldukça iyi bir korelasyon değeri vermektedir. Ancak, testlerin daha detaylı bir sonuç verebilmesi için deney sayısının daha fazla olması gerekmektedir.

Hazırlanan 6 adet test parçası üzerinde civata puntalama operasyonu gerçekleştirilerek tam tahribatlı kopartma testi grafik olarak gösterimi Şekil 7'de gösterilen düzenekle gerçekleştirilmiştir. Her test parçası için kaynak zamanı 30 ms, akım değeri 18 kA olarak sabit tutulmuştur. Kaynak özel bir işlem olduğu için ve test parçalarında kendi içinde belli oranda dalgalanmalar ihtiva edeceğinden dolayı ortalama değerler kullanılmıştır.



Şekil 7. Kaynak civatası kopma kuvveti test sonuçları.

3.2. Deney görselleri

Deney görselleri Şekil 8’de verilmiştir. Deney görsellerinden bütün parçaların civatalardan bağımsız bir şekilde hasar aldığı görülmektedir. Hasar mekanizmalarının bu durumda iki türlü olduğu görülmekte olup, bunların ana malzeme yani DP600 sac’ın parçalanması ile sonuçlanan koleteral hasar veya civatanın hasar görmesi ile sonuçlanan lokal hasar olduğu görülmektedir. Lokal hasarın 4, 5 ve 6 numunelerde daha çok görüldüğü tahmin edilebilir. Bu durumda ana malzemede hasar oldukça sınırlı olup sadece civatada hasar oluşmakta veya civatanın kaynak bölgesinde hasara yol açmadan düşük kuvvetle direnç göstererek koptuğu görülmektedir. Buna karşın, 2 ve 3 numaralı numunelerde, çok ciddi koleteral hasarın etkisi ile ana malzemenin parçalandığı görülmektedir. Esas olarak istenen hasar türü bu olup, ana malzemenin hasar sırasında test yükünü taşıması beklenmektedir.



Şekil 8. Kaynak civatası kopma kuvveti test parçaları görseli.

Civatanın koparak yerinden çıkarıldığı numunelerde özellikle 2. numunede hasarın çok ciddi olduğu görülmekte, aynı etkinin 3 numaralı kaynakta da görüldüğü ortaya çıkmaktadır.

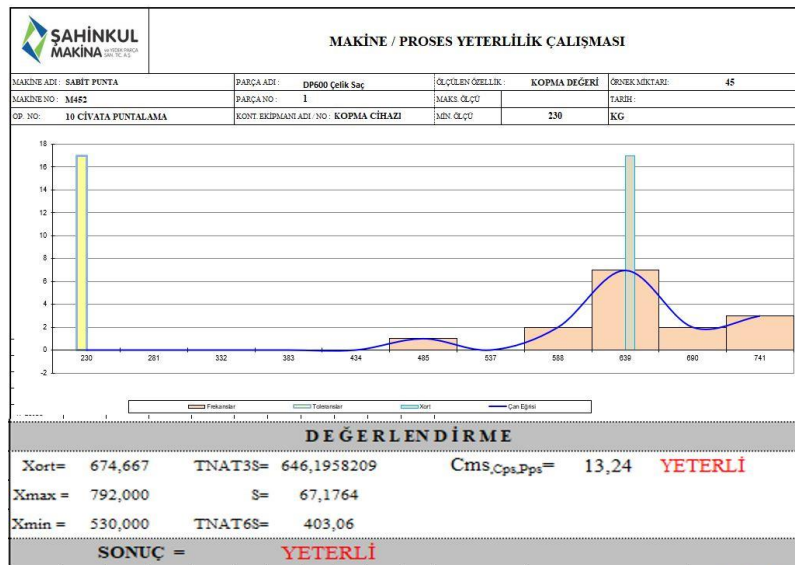
Kaynak akımının ve kaynak süresinin etkisinin olmadığı numunelerde tek etkenin baskı kuvveti olduğu görülmektedir. Bu kuvvetin, 3 ve 4 numaralı test numunelerde sayısal olarak gerçekleştiği görülmektedir. 2 numaralı numunede yırtılmanın etkisi ile hasarın oluştuğu bu tür ince saclarda eğer homojen bir yırtılma modu yok ise, yani çatlak oluşumu ve ilerlemesi civatanın yüzey alanı ile orantılı değilse, hasar için gerekli kuvvetin düşük olacağı görülmektedir. Bu nedenle, 3 ve 4 numaralı numunelerde daha az yırtılma varken 2 numaralı numunede ise tek yönlü yırtılma mevcuttur.

3.3. Deney doğrulaması

Deneyin doğrulamasında tam tahribatlı test sonucu kuvvetinin pik yaptığı Şekil 8’ de görülen 430 daN kuvvet değeri örneklem olarak alınarak kaynak zamanı 30 ms, akım değeri 18 kA sabit tutularak puntalama ve tam tahribatlı test deneyi gerçekleştirilerek Tablo 8 de verilerle makine yeterliliği yapılmıştır.

Tablo 8. Kaynak civatası makine yeterlilik kopma kuvveti test parçaları tablosu.

Kuvvet (daN)	Numuler	test 1	test 2	test 3	Ortalama Kuvvet
430	1. parça	748	784	526	686
430	2. parça	648	761	604	671
430	3. parça	782	861	734	792
430	4. parça	871	614	836	774
430	5. parça	740	762	619	707
430	6. parça	779	618	526	641
430	7. parça	798	586	517	634
430	8. parça	781	619	542	647
430	9. parça	724	486	757	656
430	10. parça	524	672	635	610
430	11. parça	458	523	609	530
430	12. parça	716	698	702	705
430	13. parça	751	636	583	657
430	14. parça	794	615	539	649
430	15. parça	862	703	718	761



Şekil 9. Makine yeterlilik test değerleri.

4. Sonuçlar

Bu çalışmadan aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir;

- Kopma yükü kuvveti elektrod baskı kuvveti ile değişmektedir
- Elektrod baskı kuvveti 4300 daN sonraki artırımlarda kopma yükü kuvveti değeri düşmüştür.
- Artan elektrod baskı kuvveti ile kopma yükü kuvveti parabolik bir eğri oluşturmuştur.
- DP600 elik saçlarda cıvata puntalama kuvvet değeri 430 ile 530daN arasında optimum değeri yakalamıştır.
- 230- 330 daN arası düşük elektrod baskı kuvvetinde dolayı kaynak akımının karşılaştığı direnç artığı için istenen kopma yükü değeri sağlanamamıştır.
- 630 ile 730 daN arasında elektrod baskı kuvvetin artması ile kaynak akımının karşılaştığı direnç düştüğü için atlama yaparak kaynak havuzu oluşamadığı için kopma yükü kuvveti düşmüştür.

Teşekkür

Bu alışma, Bursa şahinkul Makina ve Yedek Parça Sanayi ve Tic. A.ř. bünyesindeki AR-GE merkezi tarafından AR-GE_2020/2000550000 proje numarası ile desteklenmiştir. Teknik destek için Faruk Küçük ve Ergün Verim'e teşekkür ederiz.

5. Kaynaklar

[1] Buchanan, G., 2003. ResistanceWelding Manual”, RWMA, Fourth Edition, Bridgeport, NJ. U.S.

[2] Oikawa, H., Murayama, G., Sakiyama, T., Takahashi, Y. andIshikawa, T., 2006. Resistance spot weldability of highstrengthsteel (HSS) sheetsforAutomobile. Nippon Steel Technical Report No. 95, 385, 39-45.

[3] Uthaisangsuk, V., Prah, U. andBleck, W., 2011. Modelling of damageandfailure in multiphasehighstrength DP and TRIP steels. EngineeringFractureMechanics, 78(3), 469-486.

[4] ULSAB-AVC, Body StructureMaterials, Technical Transfer Dispatch no.6, May, 2001

[5] Granbom, Y., 2010. Structureandmechanicalproperties of dualphasesteels, Doctoralthesis, 24-25

[6] FCA Welding General Standart (2018)