

# Gaz Altı Ark Kaynağı İşleminde Proses Parametrelerinin Yapıdaki Çarpılmaya Etkisinin İncelenmesi

## Investigation of Process Parameters' Effects at Distortion on Gas Metal Arc Welding

Ramazan EROL<sup>1</sup>, Emre ESENER\*

**Özet-** Bu çalışmada, St37 malzeme çiftlerine gaz altı ark kaynağı yöntemiyle alın kaynağı ile birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda farklı proses parametreleri ile çalışılmıştır. Bu doğrultuda iki farklı kalınlık değeri ve iki farklı ilerleme hızı ile kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarda artan malzeme kalınlığının çarpılmayı azalttığı, artan ilerleme hızının ise çarpılmayı artırdığı tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci adımında ise gerçekleştirilen proses nümerik olarak hesaplanmıştır. Bu adımda, her bir proses parametresi için kaynak işlemi bilgisayar ortamında simüle edilmiş ve deneysel çalışmalarla karşılaştırılarak tahmin hassasiyeti incelenmiştir. Simülasyonlar yine iki farklı kalınlık ve iki farklı ilerleme hızı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Nümerik hesaplamalarda Simufact Welding paket programı kullanılmıştır. Sonlu elemanlar analizleri sonuçları incelendiğinde tahmin değerlerinin deneysel çalışmalarla uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler-** Gaz altı kaynağı, çarpılma, proses parametreleri

**Abstract-** In this study, butt welding of St37 material is performed using gas metal arc welding. Different process parameters are used in experimental studies by means of two different thicknesses, and two different welding velocities. As a result of experimental studies, decreasing distortion values are determined with increasing material thickness, and increasing distortion values are obtained with increasing welding velocity. At the second stage of the study, numerical calculation of the process is performed. In this stage, welding process is simulated at computer environment using experimental process parameters. Numerical calculations are performed using Simufact Welding software. Prediction results with finite element analysis are determined compatible with the experimental results.

**Keywords-** Gas metal arc welding, distortion, process parameters

### I. GİRİŞ

Kaynak işlemi, günümüzde yaygın olarak kullanılan birleştirme yöntemlerinden birisidir. Bu nedenle, kaynaklı parçaların emniyetinin sağlanması, birleştirmelerin kullanıldığı tüm yapının güvenilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Kaynak işlemi, özellikle de ark kaynağı; plazma-metal etkileşimleri, metal/gaz/toz reaksiyonları, kaynak banyosu akışkan akışı, elektromanyetik hareket, faz dönüşümü, ısı transferi, kaynak metali kimyası, ısının tesiri altında kalan bölge (ITAB) mikro yapısı, artık gerilmeler, mekanik özellikler vb. gibi anlaşılması zor fiziksel, kimyasal ve mekanik olguların etkileşimini içeren kompleks bir işlemdir [1]. Bu doğrultuda, kaynak işlemine ait parametrelerin anlaşılması ve etkileri göz önüne alınarak ilgili prosese ait uygun parametrelerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Önceleri, bu konuyla ilgilenen araştırmacılar çalışmalarının büyük bir kısmını kaynağın fiziksel metalürjisi, kaynak metali ve ITAB mikro yapılarının karakterizasyonu ve kaynak işleminin optimizasyonu konularına ayırırken [2-5]; bilgisayar teknolojisinin hızlı gelişimi ile birlikte nümerik yöntemlerle yapılan çalışmalarda bir artış gözlemlenmektedir [6-11]. Sonlu elemanlar analizi, kaynak işleminin simülasyonu ve optimizasyonuna yardımcı bir araç olarak en sık kullanılan yöntemdir ve özellikle kaynaktaki artık gerilme ve distorsiyonların belirlenmesinde uygulanmaktadır [12].

Kaynak parametreleri kaynak işlemini ve elde edilen kaynak bağlantısının kalitesini belirleyen en önemli unsurlardır. Kaynak parametreleri, birleştirilen malzeme ile kaynak metalinin türü ve kaynak ağız geometrisi göz önünde bulundurularak saptanır. Bu parametrelerin seçimi çalışma koşullarını kolaylaştırdığı gibi istenilen özellik ve kalitede kaynaklı bağlantı elde edebilme olasılığını da artırır. Kaynak parametreleri, kaynak öncesi saptanan ve kaynak süresince değiştirilmesi mümkün olmayan parametreler, birinci derecede ayarlanabilir ve ikinci derecede ayarlanabilir parametreler olmak üzere üç ayrı grupta incelenebilir [13].

\*Sorumlu yazar iletişim: [emre.esener@bilecik.edu.tr](mailto:emre.esener@bilecik.edu.tr)

<sup>1</sup>[ramazanerol89@hotmail.com](mailto:ramazanerol89@hotmail.com)

<sup>\*1</sup>Makine Mühendisliği, Mühendislik Fakültesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Gülümbe Yerleşkesi, Bilecik

Kaynak öncesi saptanan parametreler; elektrotun çapı, elektrotun malzemesi, koruyucu gaz türü ve akım türüdür. Bu parametrelerin kaynak süresince değiştirilmesi mümkün değildir. Birinci derecede ayarlanabilir parametreler; kaynak akım şiddeti, ark boyu ve kaynak hızıdır. Bu parametreler kaynak süresince değiştirilebilir. İkinci derecede ayarlanabilir parametreler; torç açısı, elektrot serbestlik uzunluğu ve parçanın yatay düzlem ile olan eğimidir.

Bu çalışmada geometrik ölçüleri aynı St37/St37 malzeme çiftlerine gaz altı ark kaynağı yöntemi ile alın kaynağı ile birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaynak prosesi sonrasında sonlu elemanlar analizi ile proses tahmini gerçekleştirilmiş ve proses parametrelerinin kaynak sonrası çarpılmaya etkisi incelenmiştir. Sonlu elemanlar analizlerinde Simufact Welding [14] paket programı kullanılmıştır.

## II. MALZEME VE YÖNTEM

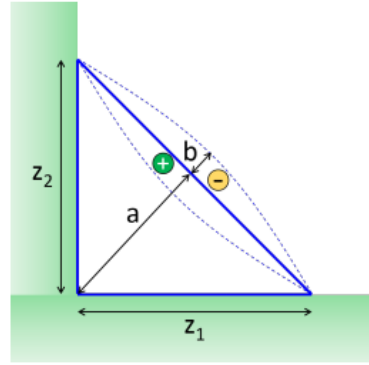
Çalışmada gaz altı kaynaklı birleştirme yöntemi ile alın kaynağında proses parametrelerinin etkisi incelenmiştir. Malzeme olarak St37 çeliği kullanılmıştır. Kullanılan malzemeye ait mekanik özellikler Tablo 1'de verilmiştir. Prosele ait parametreler ise Tablo 2'de gösterilmiştir. Kaynak dolgu metali olarak Ø1,2 mm çapındaki DIN8555: MSG 3-GF 60-GPZ gaz altı kaynak teli kullanılmıştır. Şekil 1'de kaynak dolgusuna ait ölçülerin şematığı verilmiştir. Kaynak dolgusu yaklaşık  $z_1 = 2,5\text{mm}$ ,  $z_2 = 2,5\text{mm}$  ve  $b = (-) 0,3\text{mm}$  olarak belirlenmiş ve kaynak uzunluğu, malzeme boyunca 210 mm olarak alınmıştır. Kaynak metalinin mekanik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 1. St37 Mekanik Özellikleri [15].

| Malzeme | Çekme Dayanımı | Akma Dayanımı | Kopma Uzaması |
|---------|----------------|---------------|---------------|
| St37    | 340-470 MPa    | 235 MPa       | % 26          |

Tablo 2 Gaz altı ark kaynağına ait proses parametreleri

| Kaynak Akımı | Kaynak Voltajı | Koruyucu Gaz       | Koruyucu Gaz Akışı | Elektrot ve Çapı    | Malzeme Ölçüleri |
|--------------|----------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| 130 A        | 28,4 V         | Ar+CO <sub>2</sub> | 18 lt/dk           | DIN8555<br>Ø 1,2 mm | 210*30 mm        |



Şekil 1. Kaynak Dolgu Ölçülerinin Gösterimi [15]

Tablo 3. DIN855:MSG 3-GF 60-GPZ Mekanik Özellikleri [15]

| Koruyucu Gaz      | Akış Oranı (lt/dk) | Sertlik (HRC) | Çap (mm) | Akım (A) | Voltaj (V) |
|-------------------|--------------------|---------------|----------|----------|------------|
| ArCO <sub>2</sub> | 14-20              | 57-62         | Ø1,2     | 50-320   | 12-35      |

Çalışmanın deneysel kısmında kaynakla birleştirilecek malzemelere ilk olarak punta atma işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Proses parametreleri olarak malzeme kalınlığı ve ilerleme hızı seçilmiştir. Bu kapsamda 2 ve 4 mm olacak şekilde 2 farklı kalınlık, 400 mm/dk ve 500 mm/dk olacak şekilde iki farklı ilerleme hızı seçilerek kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaynak sonrası örnek numuneler Şekil 3'te verilmiştir. Kaynak çarpılmaları malzemenin sol ve sağ kısımlarındaki maksimum çarpılma yüksekliği olarak ölçülmüş ve her iki

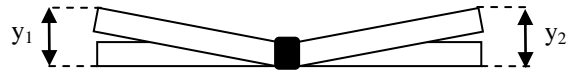
taraf için de ayrı ayrı belirlenmiştir. Kaynak çarpılmalarının şematığı Şekil 4'te gösterilmiştir. Çalışmaya ait deneysel sonuçlar ise Tablo 4'te verilmiştir.



Şekil 2. Kaynak öncesi puntalanmış numuneler



Şekil 3. Alın kaynağı sonrası örnek numuneler.

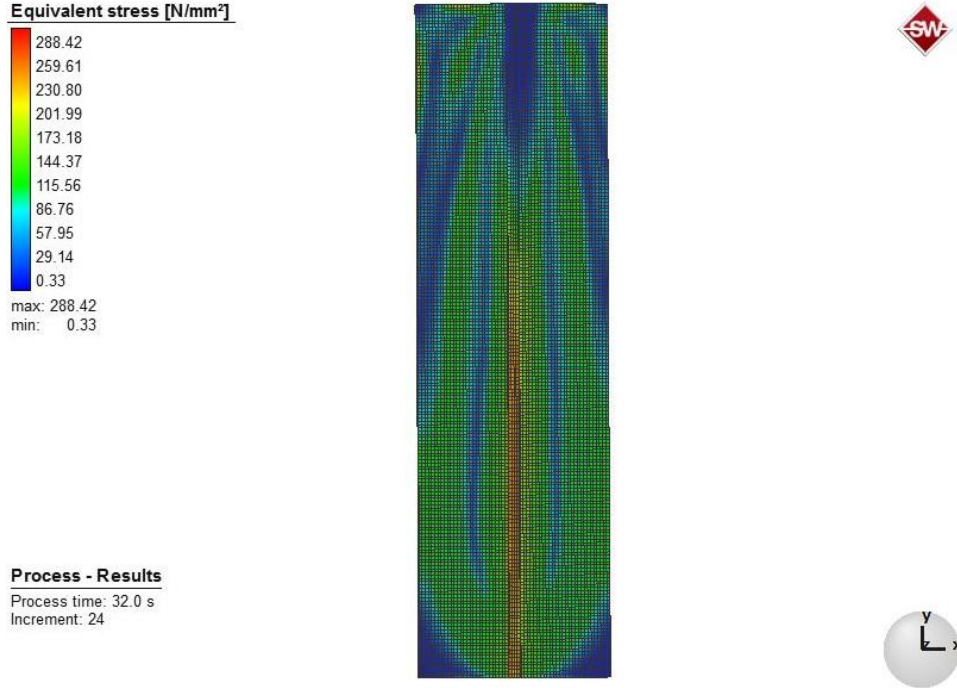


Şekil 4. Alın kaynağı sonrası ölçülen çarpılmaların şematik gösterimi.

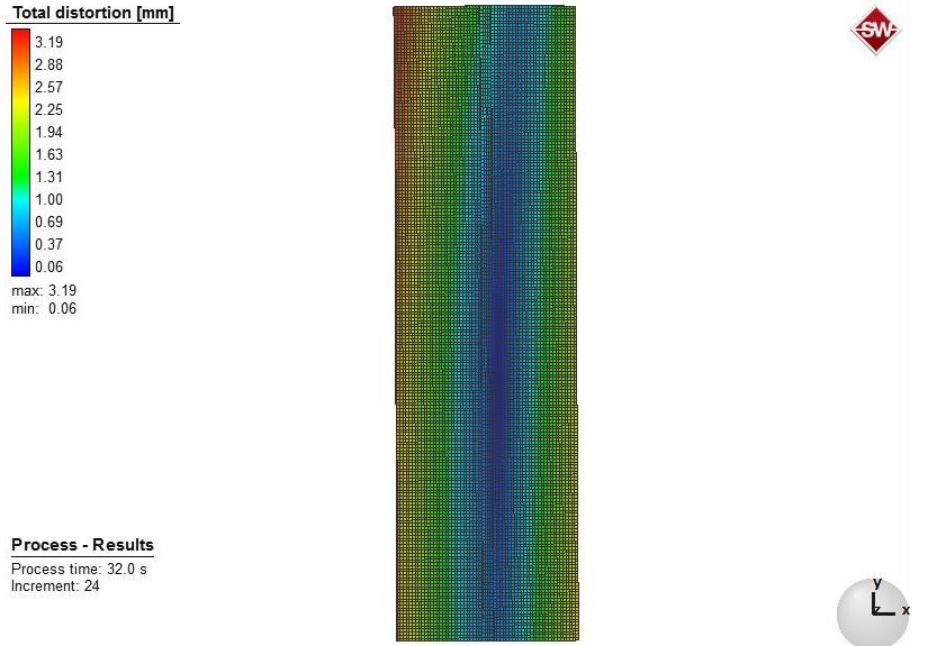
Tablo 4. Alın kaynağı sonrası numunelerde meydana gelen maksimum çarpılma miktarları

| Kalınlık (mm)         | 2    |      | 4    |      |
|-----------------------|------|------|------|------|
| İlerleme Hızı (mm/dk) | 400  | 500  | 400  | 500  |
| y <sub>1</sub> (mm)   | 5,85 | 6,35 | 2,82 | 3,78 |
| y <sub>2</sub> (mm)   | 5,67 | 6,25 | 2,91 | 3,67 |

Çalışmanın ikinci aşamasında gaz altı elektrik ark kaynağına ait sonlu elemanlar analizleri gerçekleştirilmiş ve simülasyon sonuçları deneysel sonuçlarla karşılaştırılarak deneysel sonuçların ne kadar hassasiyetle tahmin edildiği belirlenmiştir. Sonlu elemanlar analizlerinde Simufact Welding paket programı kullanılmış ve proses parametreleri ile malzeme özellikleri yazılıma aktararak prosese ait sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Sisteme ait ağ yapısı Şekil 4'te verilmiştir. Sonlu elemanlar analizleri sonrasında yine çarpılma miktarları deneysel çalışma ile aynı bölgelerden ölçülmüş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sonlu elemanlar analizi sonucunda örnek olarak 4 mm kalınlıktaki St37 numunesinin kaynak sonrası von Mises eşdeğer gerilme dağılımı ve Şekil 5'te, simülasyon sonucunda hesaplanan örnek olarak 4 mm kalınlıktaki St37 numunesinin kaynak sonrası çarpılma dağılımı ise Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. St37 malzemesi 4 mm kalınlık 400 mm/dk ilerleme hızı için eşdeğer gerilme dağılımı



Şekil 6. St37 malzemesi 4 mm kalınlık 400 mm/dk ilerleme hızı için çarpılma miktarı dağılımı.

### III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada geometrik ölçüleri aynı St37/St37 malzeme çiftlerine gaz altı ark kaynağı yöntemi ile alın kaynağı ile birleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Kaynak prosesi sonrasında sonlu elemanlar analizi ile proses tahmini gerçekleştirilmiş ve proses parametrelerinin kaynak sonrası çarpılmaya etkisi incelenmiştir. Bu amaçla ilk olarak deneysel çalışmalar yürütülmüştür. Proses parametresi olarak malzeme kalınlığı ve ilerleme hızı seçilmiştir. Bu doğrultuda 2 mm ve 4 mm kalınlık değerleri için 400 mm/dk ve 500 mm/dk ilerleme hızlarında deneyler gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde ilerleme hızındaki artışın çarpılma miktarını arttırdığı, kalınlıktaki artışın ise çarpılma miktarını azalttığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar irdelendiğinde malzemedeki kalınlık artışı kaynak nüfuziyetini de arttırdığından kaynak bağı ince malzemelere göre daha kuvvetli olmaktadır. Ayrıca oluşan ısıl gerilmeler karşısındaki direnç de kalınlıkla doğru orantılı olarak arttığından çarpılma miktarı kalınlık artışı ile azalmıştır. Yine ilerleme hızının artışı kaynak dolgusu zayıflatmaktadır, paso sayıları aynı olduğunda yüksek hızlarda kaynak bölgesindeki malzemenin miktarının düşük olması çarpılmayı arttıran faktör olarak öne çıkmaktadır. Literatür karşılaştırması yapıldığında benzer sonuçların elde edildiği tespit edilmiştir [16, 17].

Deneysel çalışmaların ardından sonlu elemanlar analizi adımına geçilmiş ve gerçekleştirilen deneysel çalışmaların nümerik analizleri yapılmıştır. Deneysel çalışmalar ile sonlu elemanlar analizi sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 5'te verilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere sonlu elemanlar analizi sonuçları deneysel sonuçlarla genel olarak oldukça uyumludur.

**Tablo 5.** Deneysel çalışmalar ve sonlu elemanlar analizi sonuçlarının karşılaştırılması

| Kalınlık (mm)              | 2    |      |      |      | 4    |      |      |      |
|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                            | 400  |      | 500  |      | 400  |      | 500  |      |
| İlerleme Hızı (mm/dk)      | 400  |      | 500  |      | 400  |      | 500  |      |
| D: Deneysel, S: Simülasyon | D    | S    | D    | S    | D    | S    | D    | S    |
| y <sub>1</sub> (mm)        | 5,85 | 4,41 | 6,35 | 4,15 | 2,82 | 3,09 | 3,78 | 4,07 |
| y <sub>2</sub> (mm)        | 5,67 | 4,32 | 6,25 | 3,82 | 2,91 | 2,28 | 3,67 | 4,28 |

### KAYNAKLAR

- [1] Wen, S. W, Hilton P. and Farrugia, D.C.J., "Finite Element Modelling of a Submerged Arc Welding Process", *Journal of Materials Processing Technology*, vol.119, pp. 203-209, 2001.
- [2] Májlinger, K., Kalácska, E., Spena, P. R., "Gas metal arc welding of dissimilar AHSS sheets", *Materials & Design*, vol. 109, pp. 615-621, 2016.
- [3] Arif, N., Chung, H., "Alternating current-gas metal arc welding for application to thin sheets", *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 214(9), pp. 1828-1837, 2014.
- [4] Feng, J., Li, L., Chen, Y., Lei, Z., Qin, H., Li, Y., "Effects of welding velocity on the impact behavior of droplets in gas metal arc welding", *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 212(11), pp. 2163-2172, 2012.
- [5] Prasad, K., Dwivedi, D. K., "Some investigations on microstructure and mechanical properties of submerged arc welded HSLA steel joints", *The international journal of advanced manufacturing technology*, vol. 36(5), pp. 475-483, 2008.
- [6] Zhao, Y., Chung, H., "Numerical simulation of droplet transfer behavior in variable polarity gas metal arc welding", *International Journal of Heat and Mass Transfer*, vol. 111, pp. 1129-1141, 2017.
- [7] Murphy, A. B., Nguyen, V., Feng, Y., Thomas, D. G., Gunasegaram, D., "A desktop computer model of the arc, weld pool and workpiece in metal inert gas welding", *Applied Mathematical Modelling*, vol. 44, pp. 91-106, 2017.

- [8] Srivastava, S., Garg, R. K., "Process parameter optimization of gas metal arc welding on IS: 2062 mild steel using response surface methodology", *Journal of Manufacturing Processes*, vol. 25, pp. 296-305, 2017.
- [9] Yadav, A., Ghosh, A., Kumar, A., "Experimental and Numerical Study of Thermal Field and Weld Bead Characteristics in Submerged Arc Welded Plate", *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 248, pp. 262-274, 2017.
- [10] Jia, X., Xu, J., Liu, Z., Huang, S., Fan, Y., Sun, Z., "A new method to estimate heat source parameters in gas metal arc welding simulation process", *Fusion Engineering and Design*, vol. 89(1), pp. 40-48, 2014.
- [11] Ramazani, A., Li, Y., Mukherjee, K., Prah, U., Bleck, W., Abdurakhmanov, A., Schlese, M., Reisgen, U., "Microstructure evolution simulation in hot rolled DP600 steel during gas metal arc welding", *Computational Materials Science*, vol. 68, pp. 107-116, 2013.
- [12] Heinze, C., Schwenk, C., Rethmeier, M., "Numerical calculation of residual stress development of multi-pass gas metal arc welding", *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 72, pp. 12-19, 2012.
- [13] Tülbentçi, K., "MIG-MAG Eriyen Elektrod İle Gaz altı Kaynağı", *Gedik Eğitim Vakfı Kaynak Teknolojisi Eğitim Araştırma ve Muayene Enstitüsü*, 1990.
- [14] Simufact Welding, MSC Software Company, 2014.
- [15] Simufact.Welding User Manual, *Material/Library*, 2014.
- [16] Oguz, B., "Karbonlu ve Alaşımli Çeliklerin Kaynağı", Oerlikon Yayınları, 1985.
- [17] Durgutlu, A., Gülenç, B., Tülbentçi, K., "The effect of welding speed on the microstructure and penetration in arc welding" *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, vol. 23(4), pp. 251-260, 1999.