

TIG Kaynağı Yapılan Alüminyum Bir Sac Parçanın Çarpılma Miktarının İncelenmesi

Tugay Karagöz¹

ÖZ

Kaynaklı birleştirmeler sanayi uygulamalarında oldukça fazla uygulama alanlarına sahiptir. Kaynak kullanılarak imal edilen parçalarda birçok farklı kaynak yöntemi kullanılmaktadır ve bu yöntemlerin hepsinde ortak olarak ani bir ısı girişi olmaktadır. Ani ısı girişiyle beraber malzeme farklı gerilmelere maruz kalır ve bu gerilmelerin giderilememesi sebebiyle malzemede bir çarpılma (distorsiyon) görülür.

Bu çalışmada TIG-Argon kaynak yöntemiyle alın kaynağı yapılan bir alüminyum sac parçada değişen akım girişi ile çarpılma arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan uygulamalar sonucunda parçalar üzerindeki çarpılma miktarları tespit edilerek aynı boyutlardaki parçalar için akım miktarına bağlı olarak çarpılma miktarının değişimi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alüminyum kaynak, TIG, çarpılma, distorsiyon

Investigation of the Impact Amount of an Aluminum Sheet With TIG Welding

ABSTRACT

Welded joints have a wide range of applications in industrial applications. Many different welding methods are used in parts manufactured using welding and all of these methods have a sudden heat input in common. With the sudden heat input, the material is subjected to different stresses and a distortion is seen in the material as these stresses cannot be removed.

In this study, the relationship between distorted current input and distortion is investigated in an aluminum sheet part welded by TIG-Argon welding method. As a result of the applications, the amount of distortion on the parts was determined and the variation of the distortion amount was examined for the parts with the same dimensions depending on the current amount.

Keywords: Aluminum welding, TIG distortion, metal

Geliş/Received : 15.09.2020

Kabul/Accepted : 24.11.2020

¹ Oyak Renault Otomobil Fabrikaları Nilüfer/Bursa

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Bursa

tugay.karagoz@renault.com, ORCID: 0000-0003-2775-8543

EXTENDED ABSTRACT

Introduction/Background

Welding is the non-removable joining process of two metals that are the same or different from each other, using heat, pressure and, in some cases, both heat and pressure together. After the welding process, when the combined material is allowed to cool, various residual stresses and distortion begin to occur. These residual internal stresses affect the production capability, safety and design of the part.

Objectives/ Research Purpose

In this study, the relationship between distorted current input and distortion is investigated in an aluminum sheet part welded by TIG-Argon welding method. As a result of the applications, the amount of distortion on the parts was determined and the variation of the distortion amount was examined for the parts with the same dimensions depending on the current amount.

Methods/ Methodology

5083 series Aluminum (AlMg4.5Mn0.7) was chosen as the test pieces used in the study. As shown in Figure 9, 5 samples were arranged with dimensions of 300x290x6mm. The parts were cleaned by grinding along the weld seam so as to be welded and short spot welding was made on one side of the parts to be joined before welding. Similar to the industrial applications in butt welding, first one pass was welded on both sides without additional material, then the process was completed by welding with additional wire on one side. 1.2mm AlMg5 was used as additional wire material. 5 different welding currents between 130-160A have been selected as welding current.

Results/ Findings

As can be seen in the graph, the part numbered 5 showed a deviation. Although the current value is the highest, it has been exposed to the least distortion. The reason for this is that during the experiment, the welding operator started the welding application by making the tailstock on both sides of the part numbered 5, unlike the other parts, at the spot stage. In this way, the operator prevented the part from crashing as it attaches the part from both sides before high heat input.

Discussion and Conclusions

As a result of the sources, the distortion amounts caused by the heat input have been tried to be determined by various simulations mentioned in the introduction, but the desired results were not achieved. Both the insufficient stability of the welding process and the high variations in distortion rates even in small heat input differences of the part made it difficult to predict the distortions caused by the welding. As a result of the experiments, it is seen that with a stable welding process and with a large number of samples, it will be possible to reach the distortion values achieved in the simulation.

In this study, the amount of distortion has been revealed as a result of combining 5 pieces with butt welding. The results show that the current has a direct relationship with the amount of distortion, the greater the current, the greater the distortion amount. Of course, 5 pieces are not enough to obtain clearer results, the higher the number of pieces, the more clearly the current-distortion ratio can be determined.



1. GİRİŞ

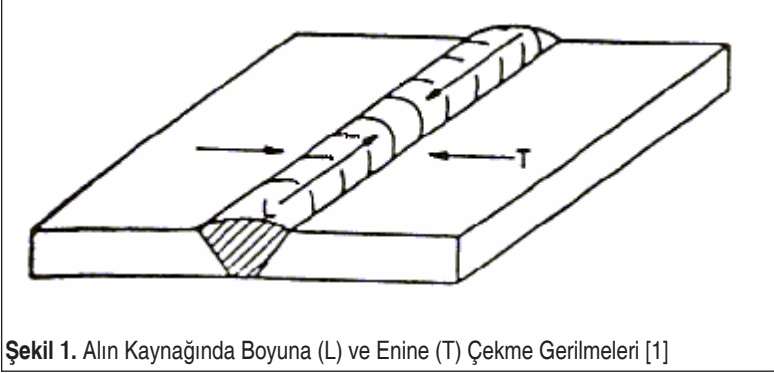
Kaynak, aynı veya birbirinden farklı iki metalin ısı, basınç ve bazı durumlarda hem ısı hem de basınç birlikte kullanılarak yapılan sökülemeyen birleştirme işlemidir.

Kaynak işlemi sonrasında birleştirilen malzeme soğumaya bırakıldığında çeşitli kalıntı gerilmeler ve çarpılma (distorsiyon) oluşmaya başlar. Oluşan bu kalıntı iç gerilmeler parçanın üretim kabiliyetini, güvenliğini ve tasarımını etkiler.

Kaynak işlemi sanayide çokça kullanılan ve vazgeçilmez bir yere sahip birleştirme yöntemidir. Ancak parçanın istenilen kalitede ve güvenilirlikte üretilmesi için kaynak ile yapılan üretimlerde artık gerilmeler ve çarpılmalar dikkate alınmalıdır. Kaynaklı birleştirmelerde oluşan kalıntı gerilmelerin konstrüksiyona iki önemli etkisi vardır; bunlardan birincisi, gerilmeler elastik ve plastik sınırı geçerse distorsiyona sebep olurlar. İkincisi ise sürekli gerilim halinde olan kaynağın erken kırılmasına sebep olabilirler.

Konstrüksiyonlarda oluşan distorsiyonlar, kaynak işlemi sırasında yüksek ısıyla maruz kalan bölgenin, düzensiz olarak gerilmelere sebep olması ve kaynağın dik kesit yüzeyinde merkezden kaçık kuvvetlerin oluşması sonucu meydana gelir. Kaynak metalinin bu gerilmeler karşısında elastik olarak gerilir ve bu düzensiz gerilmeler sonuçta makroskopik distorsiyon olarak görülür. Oluşan şekil değişiklikleri, alın kaynaklarında boylamasına veya enlemesine çekme olarak kendini gösterir. Açısal distorsiyon ise kaynak metalinin yüzey kısmının kök kısmına nazaran daha fazla çekilmesi ve büzülmesi sonucu meydana gelir. Bunun sonucunda kaynatılan parçaların kaynak dikişi boyunca çaprazlama eğilmesine yol açar. Enine ve boyuna çekmede olduğu gibi açısal distorsiyonda da meydana gelen gerilmelerin düzensiz ve dengesiz olmasının bir ürünüdür. İç köşe kaynaklarında ve alın kaynaklarında meydana gelen şekil değişiklikleri hemen hemen aynıdır.

Oluşan şekil değişikliklerin kontrolünde en çok kullanılan yöntem, kaynak öncesinde ve kaynak esnasında birleşme şeklini kontrol edebilmektir. Bu yöntemlerin kısaca şu şekilde sıralayabiliriz. Birincisi, parçaları ilk pozisyonlarını uygun bir biçimde tasarlayarak kaynaktan etkilenmelerini önlemek, diğeri ise kaynatılan gereçleri sabitleyerek kaynak esnasında hareket etmelerine müsaade etmemek ve bu sayede çarpılmaları önlemek, bir diğeri ise kaynak esnasında ergiyik kaynak metalinin birleşme eksenine eşit oranda dağılımını sağlayacak şekilde yapmak. Ayrıca seçilen kaynak yöntemi ve kaynak sırası, paso sayısı gibi unsurlar da distorsiyon ve kalıntı gerilmelerin oluşumunu etkilemektedir. Oluşan distorsiyonu kaynaktan sonra gidermek için çok pahalı olmasına rağmen ısıl yöntemlerle veya mekaniksel bazı yöntemlerle gidermek mümkündür. Ancak en iyisi ve ekonomik olanı kaynak öncesinde gerekli tedbirleri alarak distorsiyonu ve kalıntı gerilmeyi önleme girişimlerinde bulunmaktır. Bu tür



Şekil 1. Alın Kaynağında Boyuna (L) ve Enine (T) Çekme Gerilmeleri [1]

düzeltilme işlemleri sadece maddi olarak külfet getirmekle kalmayıp aynı zamanda çok fazla iş gücü ve zamanın israf olmasına neden olmaktadır.

Kaynaklı parçalarda oluşan kalıntı gerilme ve distorsiyon dış kuvvetlerin etkisiyle düşüğe olsa bir kuvvete maruz kalırlarsa malzemelerde çatlaklara, kırılma hareketlerine, gevrek kırılmalara ve şekil değişikliklerine neden olurlar. Hatta şekil değişiklikleri düşük kuvvetler maruz kalırsa bile görülebilir. Herhangi bir kuvvet karşısında malzemede oluşan kalıntı gerilmeler, düşük mukavemetli olan ve lokal gerilmelerin biriktiği kaynak bölgesine yönelirler. Sonuçta, malzemede gevrek kırılmayı başlatarak kırığın yayılmasına sebep olurlar. Ayrıca oluşan kalıntı gerilmeler, kaynatılan malzemenin yorulmasını ve korozyon direncini kötü yönde etkiler.

Sonuç olarak diyebiliriz ki kalıntı gerilme ve distorsiyon hakkında yeterli bilgiye sahip olmak ve bunların konstrüksiyon üzerindeki olumsuz etkilerini bilmek bu olumsuzluklara karşı tedbir alabilmek için çok önemlidir. Fakat bu bilgiler de yalnız başına olumsuz etkileri azaltmak için yeterli olmayabilir. Bu ancak farklı uygulama ve tekniklerin düşünülüp göz önüne alınmasıyla gerçekleşir. Ele alınan bu teknikleri; Uygun yöntem ve işlem basamakları seçilerek kalıntı gerilme ve distorsiyonun en aza indirgenmesi, distorsiyonu ortadan kaldırmak ve kalıntı gerilmeyi minimum seviyede tutmak için yeni yöntem ve tekniklerin geliştirilmesi ve üretimde tasarım veya malzemeyi değiştirerek kalıntı gerilme ve distorsiyonun en aza indirilmesini sağlamak sayılabilir. Yapılacak çalışmalarda kullanılan teknikler malzeme üzerinde en az hasara sebep olacak ve en ucuz yöntemler tercih edilmelidir [2].

Güneyli Ş., yaptığı çalışmada dünyada ilk defa kaynak işlemi ile oluşan kalıntı gerilmeler, bir ardışık simülasyon ile talaş kaldırma simülasyonuna taşınmış ve talaş kaldırma işlemi esnasında kaynak iç gerilmelerinin etkisinin neden olduğu distorsiyon değişimi araştırılmıştır. Sonuçlarda kullanılan ölçüm metoduyla gerilmelerin, simülasyonlar ile büyük oranda benzerlik gösterdiğini doğrulamıştır. Kaynak işlemi uygulandıktan sonra malzemenin kaynak bölgesi çevresinde termal kaynaklı basma



kalıntı gerilmesi oluşturmaktadır ve C 1040 malzemesinin yüzeyinde deney sonrası en yüksek basma kalıntı gerilmesi -293,90 Mpa ve simülasyon sonrası bu değer -254,05 Mpa olduğu görülmüştür [3].

Wang R. ve arkadaşları TIG kaynak yöntemi ile birleştirilmiş alüminyum ve titanyum malzemelerin açılma distorsiyon miktarının dinamik sürecini yaptıkları çalışmada incelemişlerdir. İki alaşımın dinamik distorsiyon karakterinin farklı olduğu ancak iki alaşım da ısı girdisinden sonra dinamik distorsiyon aşamalarının aynı olduğu görülmüştür (yuvarlama, burkulma ve kamburlaşma). Buna rağmen ısı girdisi miktarı 0.3kJ/mm'den 0.4kJ/mm'ye çıktığında iki alaşımın dinamik distorsiyonu birbirinden farklılaştığı ve dinamik distorsiyon aşamalarının sıralarının değiştiği gözlenmiştir. Alüminyum alaşımının (5A12) titanyum alaşımına (B120) göre distorsiyonunun daha fazla olduğu yapılan deneylerden anlaşılmıştır [4].

Serdaroğlu F. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada TIG kaynak yöntemi kullanılarak birleştirilen paslanmaz çelik boru-flanşlarında kaynak akımının distorsiyona olan etkisini araştırmışlardır. Deneysel çalışmalarında kaynak malzemesi olarak AISI 304 Östenitik paslanmaz çelik sac seçmişlerdir. Seçilen sac ile dış çapı 139,7mm olan 400mm uzunlukta ve 2mm kalınlıkta boru imal edilmiştir. Flanşlar ise 240mm dış çap ve 141mm iç çap ölçülerinde ve üzerinde 8 adet 18mm çaplı delik olacak şekilde imal edilmiştir. Deneyler 70A, 80A, 90A, 100A, 110A kaynak akım değerleriyle gerçekleştirilmiş olup her kaynak akımı için 3 adet uygulama yapılmıştır. Parçalar torna aynasına bağlanmış ve çevrilerek komparatör yardımıyla açılma distorsiyonu ölçülmüştür. 70A için %6, 80A için %7, 90A de %4, 100 A'de %7 ve 110A'de %25 olduğu görülmüştür. Kaynak akımı değerleri artışı ile açılma distorsiyonunun 70 A'den 90 A değerine kadar doğrusal arttığı ve artışın yaklaşık olarak %10 oranında olduğu, 100 A %65 artış ve 110A değerlerinden ise 90A koşullarından yaklaşık %41 artış gösterdiği sonucunu elde etmişlerdir [5].

2. BİLİMSEL YAZIN TARAMASI

2.1 Kaynak Yöntemleri

Aynı veya benzer alaşımlı metallerin, ısı etkisi altında birleştirilme işlemine kaynak adı verilir (Şekil 2). Kaynakla birleştirmenin bazı türlerinde, benzer alaşımlı bir ilave metal de kullanılır (elektrod veya tel); bazı türlerinde ise kullanılmaz. Isı derecesinin, metallerin ergime noktasına kadar yükseltilmesiyle kaynak işlemi gerçekleşiyorsa bu tür kaynaklara ergitme kaynakları adı verilir. Isı metallerde plastik kıvam oluşturacak mertebede kalmışsa, bu durumda kaynak türü basınç kaynağıdır. Normal çelik yapılarında daha çok ergitme kaynağı kullanılmaktadır. Ergitme kaynağı lehimleme ile karıştırılmamalıdır. Lehimde de ısıtma vardır, fakat birleştirilen metaller erimez. Ayrıca ilave metal birleştirdiği metallere tamamiyle farklı cinstendir. Kaynakta ise çelik



Şekil 2. Kaynak Yöntemleri [7] a) Elektrod Kaynağı b) TIG Kaynağı

malzemenin birleşim yerine ait kenarları ve elektrot, ergime sıcaklığına kadar ısıtılarak kaynaşmaları sağlanır. Kaynaklı birleşimler çözülemeyen, estetik sağlayan, ancak kalifiye işçilik ve kontrol hizmeti gerektiren birleşimlerdir [6].

Başlıca kullanılan kaynak çeşitleri;

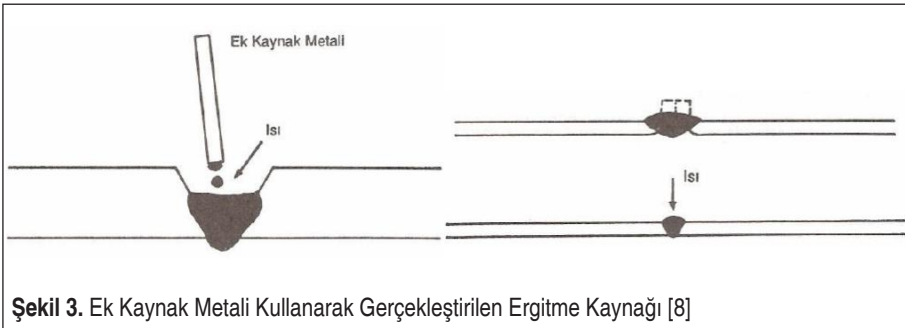
- 1- Ergitme kaynakları: Elektrik Arkı Kaynağı, Gaz Kaynağı
- 2- Basınç Kaynakları: Direnç Kaynağı, Ateş Kaynağı, Su Gazı Kaynağı
- 3-Lazer Kaynağı: Katı Hal Lazer Sistemleri, Gaz Lazer Sistemleri

2.1.1 Ergitme Kaynakları

Ergitme kaynağında, birleştirilecek parçaların birbirlerine kaynaklanacak kısımları ile ilave metal ergime derecesine kadar (30000C ~50000C) ısıtılır ve ergiyerek birleşen kısımların soğuması sonucunda birleşim sağlanmış olur. Kullanılan ısı kaynağına bağlı olarak başlıca iki gruba ayrılır; elektrik arkı kaynakları ve gaz kaynakları. Şekil 2 ve Şekil 3’de ergitmeli bir kaynak yönteminde, ilave tel kullanarak ve ilave tel kullanmadan birleştirme yöntemi sırasıyla gösterilmiştir [8].

2.1.1.a Elektrik Arkı Kaynakları

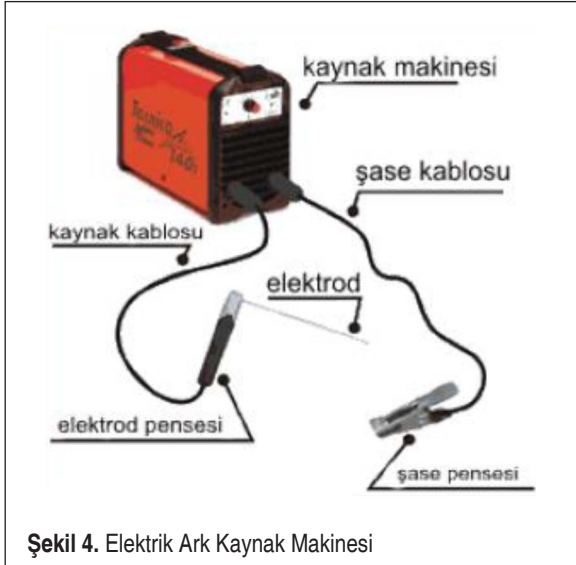
Günümüzde çelik yapılarda en çok tatbik edilen yöntemdir. Kaynak için gerekli ısı



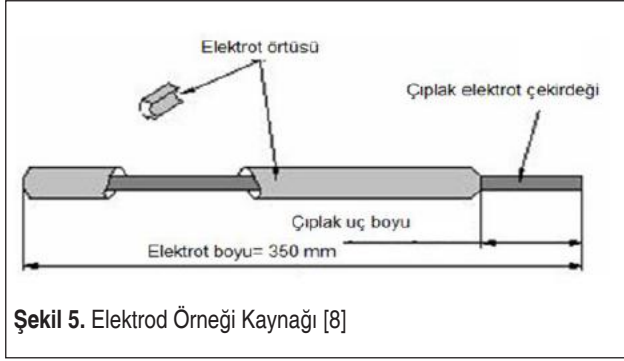
Şekil 3. Ek Kaynak Metali Kullanarak Gerçekleştirilen Ergitme Kaynağı [8]



elektrik arkı ile sağlanır. Elektrik arkı, birleştirilecek parçaların oluşturduğu esas malzeme ile elektrot adını alan kaynak teli arasında meydana gelir. Şekil 2’de görüldüğü üzere kaynakçı ustası bir eliyle ve kaynakçı maşası yardımıyla elektrodu tutar. Elektrod, maşa ve bir kablo ile kaynak makinesinin (-) kutbuna bağlıdır. Kaynaklanacak parçalar ise bir kablo ile kaynak makinesinin (+) kutbuna bağlıdır. Elektrodun ucu kaynaklanacak bölgeye yaklaştırılınca kaynaklanacak parçalar ile arasında bir elektrik arkı meydana gelir. Arkın doğurduğu yüksek ısı (~40000C) etkisiyle gerek parçaların kenarları, gerekse elektrodun ucu ergime durumuna gelir. Elektrodun ucunda oluşan metal damlaları, yer çekimi ve (-) kutuptan (+) kutba doğru meydana gelen elektron akımı sayesinde kaynak derzini doldurur. Kaynak için elektrik akımının 10~60 V’ luk gerilim ve 60~600 A’lık akım şiddeti özelliklerini sağlaması gerekmektedir. Alternatif şehir akımını kaynağa elverişli (genellikle doğru) akıma çevirmek amacıyla kaynak makineleri kullanılır (Şekil 4).



Elektrodlar 2~8 mm çapındadır ve kaynakla birleştirilecek parçaların malzemesine uygun alaşımında bir metalden üretilmişlerdir (Şekil 5). Çıplak ve sıvalı olmak üzere iki çeşit elektrod mevcuttur. Çıplak elektrodlar ile kaynak çekilmesi sırasında kaynak bölgesi havadan oksijen ve azot aldığından ve çabuk soğuma meydana geldiğinden kaynak dikişlerinin kalitesi ve mukavemeti düşük olur. Kuvvet aktaran dikişlerin çekilmesinde çıplak elektrot kullanılmamalıdır. Sıvalı elektrodlarda elektrodun yüzeyi sıvayla kaplanmıştır. Elektrodu kaplayan sıvanın pek çok faydaları vardır. Örneğin sıva maddesinin yanmasından oluşan koruyucu gazlar kaynak bölgesinden havayı uzaklaştırır.



Şekil 5. Elektrod Örneği Kaynağı [8]

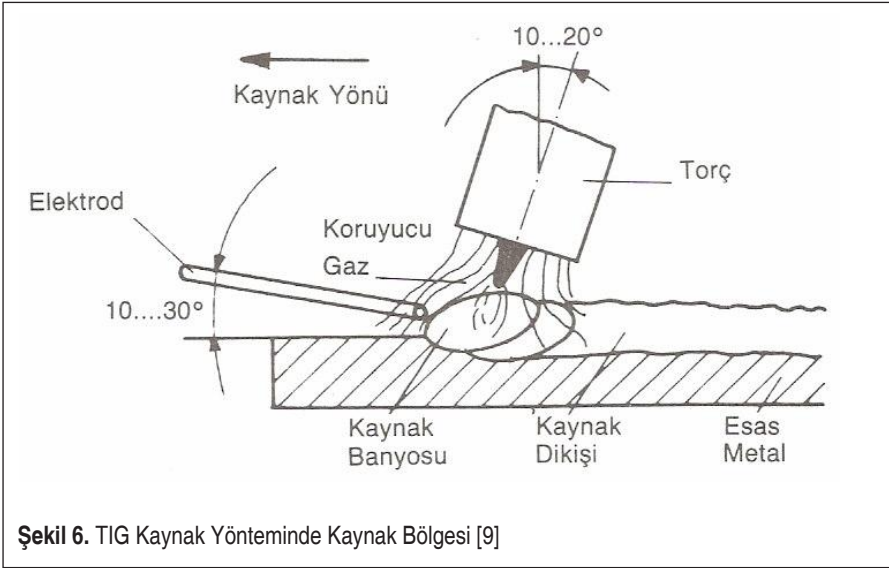
Ayrıca sıva malzemesi kaynak dikişinin üzerinde cüruf tabakası oluşturarak ergimiş haldeki malzemenin çabuk soğumasını ve bu nedenle dikiş içinde gaz habbeciklerinin kalmasını ve kaynak dikişinde ilave gerilmelerin olmasını önler. Üstelik ergimiş haldeki kaynak malzemesi ile cüruf malzemesi arasında meydana gelen kimyasal reaksiyon sonucu kaynak mukavemeti artar. Sıvalı elektrodlar da üzerlerini kaplayan sıva malzemesinin kalınlığına bağlı olarak ince ve kalın sıvalı olmak üzere iki türdür.

Elektrik arkı kaynağı elektrod yerine özlü tellerle de yapılabilir. Özlü teller, sıvalı elektrodun tersyüz edilmiş halidir. Bunlarda, sıva tabakası malzemesi telin çekirdeğinde yer alır. Ark ve kaynak bölgesini koruma işlevi özlü tel çekirdeğinin yanması ve ayrışması sonucunda oluşan gazlar tarafından veya gazaltı kaynağındaki gibi dıştan beslenen bir koruyucu gaz tarafından gerçekleştirilir. Sıvalı elektrodların üzerindeki örtü maddesi elektrodların düz çubuklar olarak üretilmesine ve boy kısıtlamasına neden olur. Özlü tellerde ise bu örtü maddesi boru şeklindeki tel elektrodun içinde olduğu için makaralara sarılı tel şeklinde üretilir ve kesintisiz kaynak bölgesine sürülebilir.

Gazaltı Elektrik Arkı Kaynağı: bölgesine sürekli şekilde sürülen, masif haldeki tel elektrod ergiyerek tükendikçe kaynak metalini oluşturur. Kaynak işlemi sırasında elektrod, kaynak banyosu, ark ve iş parçasının kaynağa yakın bölgeleri, atmosferin zararlı etkilerinden kaynak torcundan gelen gaz veya gaz karışımı tarafından korunur. Koruyucu gaz olarak Argon, Helyum veya Karbon Dioksit kullanılır. Kaynak işlemi sonucunda düzgün ve yüksek nüfuziyetli kaynak dikişleri elde etmek mümkündür. Atölye koşullarında uygulanabilen bu yöntem temiz malzemenin kaynaklanmasına uygundur.

Koruyucu gaz, kaynak bölgesini tam olarak koruyabilmelidir, aksi takdirde çok küçük bir hava girişi dahi kaynak metalinde hataya neden olur. Sıcak hadde ürünlerine uygulanacağı zaman bu malzemelerin kumlanarak temizlenmesinde fayda vardır (Şekil 6).

Tozaltı Kaynak Yöntemi: Sabit veya geçici atölyelerde imal edilen yapı ve köprü sistemlerinin, tam otomatik yöntemle yapılan kaynağıdır. Bu yöntemde kaynak tozu,



Şekil 6. TIG Kaynak Yönteminde Kaynak Bölgesi [9]

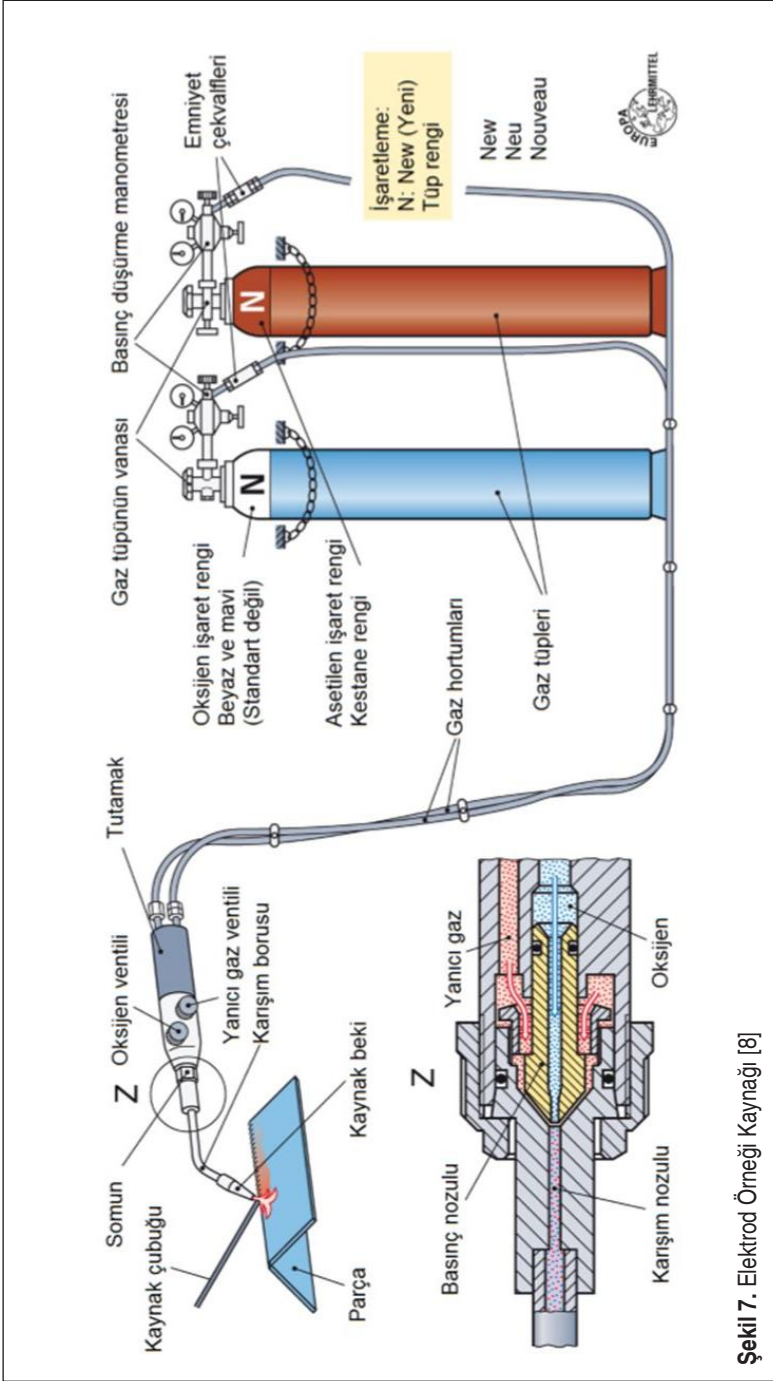
elektrottan önce kaynak derzine yerleştirilir. Koruyucu görevi yapan kaynak tozu ayrıca kaynak banyosu ile reaksiyona girerek kaynak metalini deokside eder. Alaşımli çelikleri kaynak yaparken kullanılan kaynak tozlarında, kaynak metalinin kimyasal kompozisyonunu dengeleyen alaşım elementleri bulunabilir. Özellikle uzun kaynak boyu uygulamaları (90 cm veya daha uzun) için uygundur. İnce ve kalın et kalınlıklı çelik profiller için kullanılabilir ve yüksek kaliteli köşe, kısmi ve tam nüfuziyetli küt kaynak işlemine uygundur, ayrıca kapalı ve açık alanlarda uygulanabilir. Ancak, yöntem yatay kaynak pozisyonları için uygundur.

2.1.1.b Gaz Kaynağı

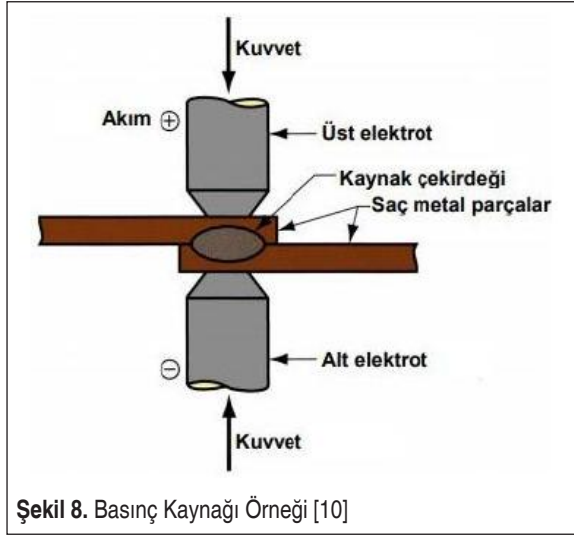
Yüksek sıcaklık gaz alevi ile sağlanır. Gaz alevi şalümo denen bir aletin ucunda yakılır ve kaynakçı bir elinde şalümo diğer elinde ise kaynak telini tutarak kaynağı gerçekleştirir. Bu yöntemle elde edilen dikişlerin mukavemeti düşük olduğundan çelik yapılarda kuvvet aktaran dikişler için bu yöntem kullanılmaz. Öte yandan çelik atölyelerinde gaz alevi, özellikle levha ve profillerin kesilmesi işinde kullanılır. Buna otojen kesme denir (Şekil 7).

2.1.2 Basınç Kaynakları

Hafif çelik yapılarda bir basınç kaynağı metodu olan elektrik direnç kaynağı uygulanır. Birleştirilecek parçaları oluşturan metal elektrik akımına gösterdiği dirençle kızıl dereceye kadar ısınarak plastik kıvama gelir ve ısınan parçalar uygulanan basınçla birbirine kaynar (Şekil 8). Nokta veya kordon kaynağı tarzı uygulamaları vardır. Nokta kaynakların hesabı perçin hesabına benzer.



Şekil 7. Elektrod Örneği Kaynağı [8]



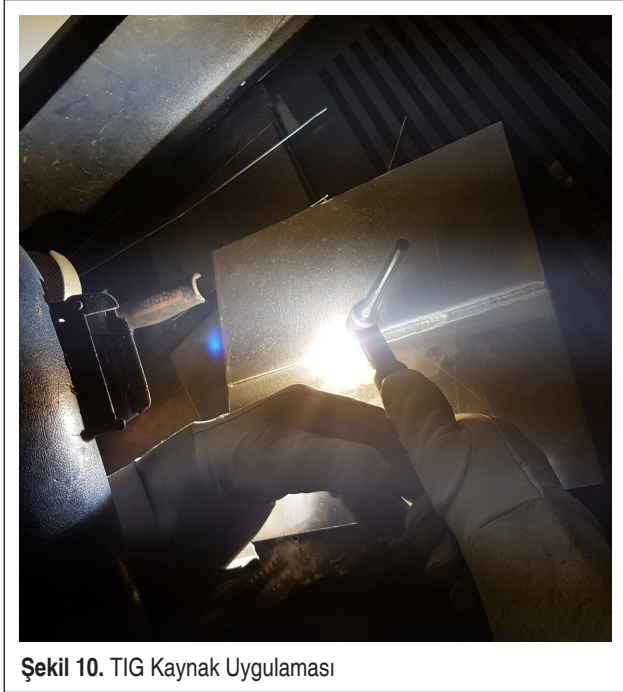
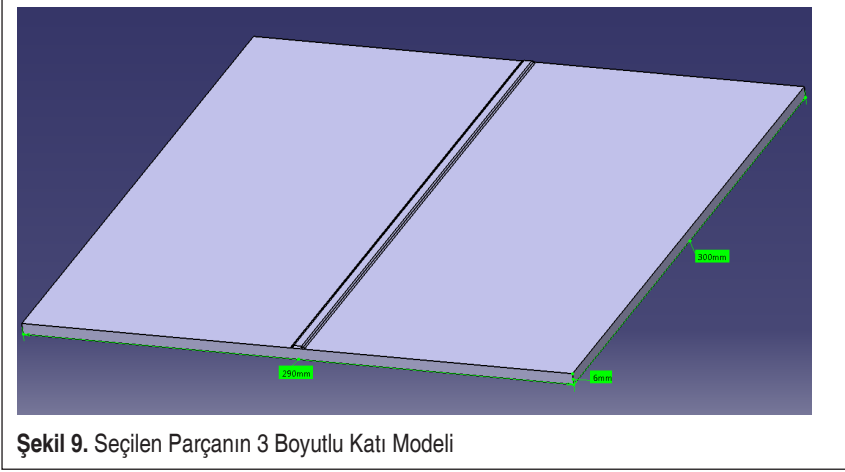
2.1.3 Lazer Kaynağı

Lazer kaynağı; yüksek kaynak ilerleme hızı, çok düşük ısı girdisi, dar kaynak dikişi, küçük ısıdan etkilenen bölge, otomasyona uygunluk, farklı türdeki malzemelerin başarılı kaynağı ve farklı kalınlıkları kaynatabilme özellikleri ile diğer kaynak yöntemlerine göre daha üstündür. Lazer kaynağının başlıca dezavantajları ise çok yüksek yatırım masrafları, sertleştirilebilir malzemelerde son derece sert kaynak dikişi, kaynak işlemlerinde nüfuziyet derinliğinin 0.1-8 mm arasında olmasından ötürü kalın parçaların kaynağındaki problemler, kullanılan lazerlerin göze veya deriye direkt veya dolaylı olarak temasında ciddi sağlık sorunları oluşturması, özellikle yüksek yansıtma kabiliyetine sahip malzemelerin kaynağında ek tedbirler alınması olarak sıralanmaktadır. Lazer ışın kaynak yönteminde çoğunlukla kullanılan lazer sistemleri iki grupta toplanmaktadır. Bunlar; katı hal lazer sistemleri ve gaz lazer sistemleridir.

3. YÖNTEM

Yapılan çalışmada kullanılan deney parçaları olarak 5083 serisi Alüminyum (AlMg4.5Mn0.7) seçilmiştir. Şekil 9'da gösterildiği gibi boyutları 300x290x6mm olacak şekilde 5 adet numune düzenlenmiştir.

Parçalar alın kaynağı yapılacak şekilde kaynak dikişi boyunca taşlama ile temizlenmiş ve kaynaktan önce birleştirilecek parçaların tek tarafından bölgesine kısa punta kaynağı yapılmıştır. Alın kaynağında sanayide yapılan uygulamalara benzer şekilde önce iki tarafa tek paso ilave malzemesiz kaynak yapılmış daha sonra tek yüze ilave



tel ile kaynak yapılarak işlem tamamlanmıştır. İlave tel malzemesi olarak 1.2mm'lik AlMg5 kullanılmıştır.

Kaynak parçalarına Tablo 1'de görüldüğü üzere sırasıyla düşük akımdan başlanarak 130A-160A aralığında TIG-Argon yöntemiyle kaynak yapılmıştır. Ayrıca parçanın

**Tablo 1.** Kaynak Akımına Göre Sac Parçanın Çarpılma Miktarı

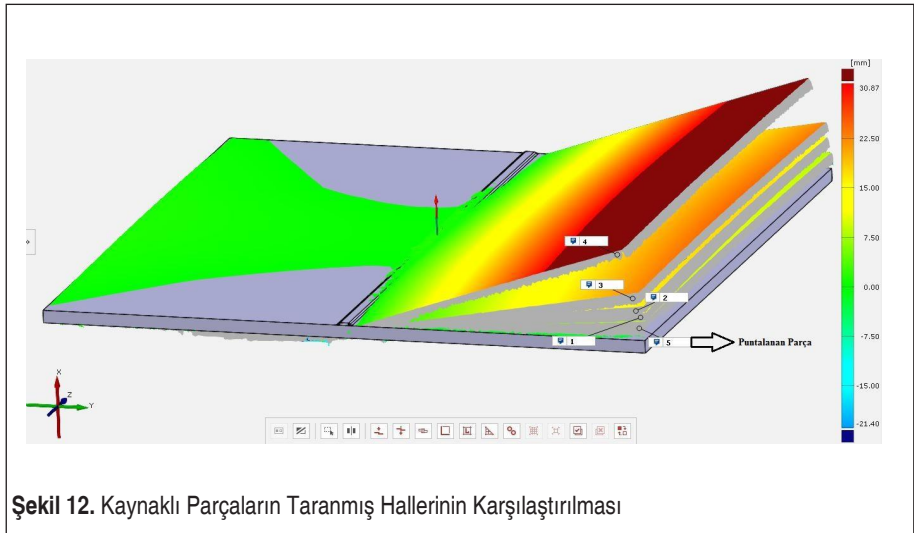
PARÇA NO	AKIM (A)	ÇARPILMA (mm)
1	130	10
2	135	15
3	140	22
4	150	31
5	160	7.5

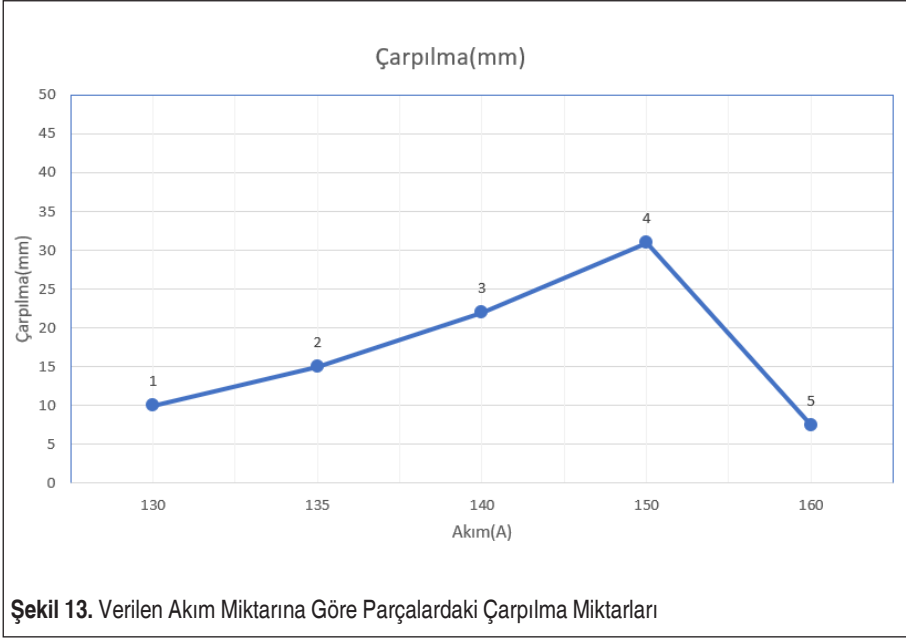
kaynak sonrası görünümü Şekil 11’de görülmektedir. Amper ayarı kaynak cihazı üzerinden alüminyum kaynaklarda kullanılan AC modunda dijital gösterge üzerinden yapılmıştır. Kaynak ilerleme hızının her parçada aynı hızda olmasına kaynak operatörü tarafından özen gösterilmiştir.

4. BULGULAR

Kaynak ile birleştirilmiş olan 5 ayrı parça çarpılmanın tespit edilebilmesi için 3 boyutlu tarama cihazı kullanılarak taranmış ve Şekil 12’de görüldüğü üzere 3 boyutlu katı modelleri üst üste getirilerek karşılaştırılmıştır.

Ayrıca akıma bağlı olarak parçalarda yaklaşık çarpılma miktarları tabloda ve grafik üzerinde gösterilmiştir.

**Şekil 12.** Kaynaklı Parçaların Taranmış Hallerinin Karşılaştırılması



5. SONUÇLAR

Kaynaklar sonucunda ısı girdisinin sebep olduğu çarpılma miktarları yapılan ve giriş bölümünde bahsedilmiş olan çeşitli simülasyonlarla belirlenmeye çalışılmıştır ancak istenilen sonuçlar tamamen elde edilememiştir. Gerek kaynak prosesinin yeterince stabil olmaması gerek de parçanın küçük ısı girdisi farklarında dahi çarpılma oranlarının yüksek değişimleri kaynak sonucu oluşan distorsiyonların tahmin edilmesini zorlaştırmıştır. Yapılan deneyler sonucu görülmektedir ki stabil bir kaynak prosesi ile ve fazla sayıda numune ile simülasyonda ulaşılan distorsiyon değerlerine ulaşmak mümkün olacaktır.

Yapılan bu çalışmada 5 parçanın alın kaynağı ile birleştirilmesi sonucu çarpılma miktarı ortaya koyulmuştur. Sonuçlar göstermektedir ki akımın çarpılma miktarıyla doğrudan ilişkisi vardır, akım arttıkça çarpılma miktarı artmaktadır. Elbette daha net sonuçlar elde etmek için 5 adet parça yeterli değildir, ne kadar yüksek sayıda parça incelenirse akım-çarpılma miktarı oranı daha net belirlenebilir.

Grafikte görüldüğü üzere 5 numaralı parça bir sapma göstermiştir. Akım değeri en yüksek olduğu halde en az çarpılmaya maruz kalmıştır. Bunun sebebi deney sırasında kaynak operatörünün 5 numaralı parçanın punta aşamasında diğer parçalardan farklı olarak iki tarafa da punta yaparak kaynak uygulamasına başlamasıdır. Bu sayede operatör parçayı yüksek ısı girdisinden önce iki taraftan da tutturduğu için parçanın çarpılmasını engellemiştir.



TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın ilk bölümünde görüş ve önerileriyle bana destek olan değerli hocam Prof. Dr. Ali BAYRAM'a teşekkür ederim.

Bu çalışmam süresince desteklerini esirgemeyen ve tez konusunun seçiminde görüş ve önerilerinden faydalandığım değerli hocam Doç.Dr. Hakan AYDIN'a teşekkür ederim.

Deneyisel çalışmalar sırasında katkılarından ötürü TMMOB Makina Mühendisler Odası Bursa Şubesi Uygulamalı Eğitim Merkezi 'ne ve Mehmet Şimşek'e ve çalışmalar sonrasında parçaların ölçümü konusunda destek olan Coşkunöz A.Ş. Kalıp Makine Fabrikası çalışanlarına teşekkür ederim.

Makale çalışmamın oluşmasında, çalışmanı olduğum Oyak-Renault'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak beni büyüten, bugünlere getiren aileme sonsuz teşekkür ederim...

KAYNAKÇA

1. American Welding Society, 1976. "Welding Handbook Seventh Edition" 1:222-264, Miami.
2. **Özkara, H.** 1987. "Kaynaklı Parçalarda Kalıntı Gerilmeler ve Distorsiyon", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
3. **Güneyli, S.** 2016. "Kaynak Sonrası Oluşan Kalıntı Gerilmelerin Talaş Kaldırma ile Değişiminin Deneysel ve Nümerik Modelleme ile Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
4. **Wang Rui, Liang Zhen-xin,Zhang Jian-xun,** 2007. "Dynamic process of angular distortion between aluminum and titanium alloys with TIG welding", State Key Laboratory for Mechanical Behavior of Materials, School of Materials Science and Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China
5. **Serdaroğlu F. , Türker M., Kutucu K. Y. , Karadeniz E.** 2012. "TIG Kaynak Akımının Boru-Flanş Birleştirilerde Açısız Distorsiyona Etkisi", Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 9, No: 2 (53-60).
6. **Özhendeççi, D.** "YTÜ İnşaat Müh. Böl. Çelik Yapılar I Ders Notları"
7. Askaynak 2011 "Kaynak yöntemleri", https://www.askaynak.com.tr/contents/494/20110725192344_kob_tig_b.jpg, 12.12.2019.
8. **Anık, S., Tülbentçi, K., Kaluç, E.** 1991. "Örtülü Elektrod ile Elektrik Ark Kaynağı", Gedik Holding Yayınları, İstanbul.
9. **Tülbentçi, K.** 1990. "MIG - MAG Eriyen Elektrod ile Gazaltı Kaynağı", Gedik Holding Yayınları, İstanbul.
10. **Groover P.M,** 2010. "Fundamentals of Modern Manufacturing" 4.versiyon (SI versiyon), Wiley&Sons yayınları