

# Gemi İnşa Sanayiinde Yüksek İmalât Kapasiteli Kaynak Usulleri

Prof. Selâhaddin ANIK \*

Y. Müh. A. Erdal ÜNVER \*\*

## 1. GİRİŞ

İkinci Dünya Savaşından bu yana, gemi inşa sanayi, kimyasal işlem fabrikaları ve güç santralleri gibi, ağır mühendislik sanayi dallarında birçok değişiklik olmuş ve bu değişmelerde kaynak tekniği gittikçe etkenliğini arttıran bir rol oynamıştır. Şüphesizdir ki, kaynak tekniği olmasaydı, büyük nükleer santrallerin, dev tankerlerin ve petrolgaz transmisyon sistemlerinin yapılması mümkün olmazdı. Ayrıca perçinleme ve cıvatalarla bağlama gibi, eski metal birleştirme tekniklerinin, şimdi normal olarak kabul edilen sıcaklık ve basınç şartlarında çalışmak üzere dizayn edilecek konstrüksiyonlara uygulanmasını düşünmek imkânsızdır.

Geçen son yirmi yıl içerisinde meydana gelen en önemli değişikliğin birincisi, konstrüksiyonlar daki boyutların büyümesi, ikincisi de eski normal karbon-manganez çeliklerinden daha çok gelişmiş yüksek mukavemet ve tokluğa sahip çeliklerin kullanma alanlarının artmasıdır. Bu iki değişiklik arasında büyük bir ilişki vardır. Zira modern çeliklerin esas amacı, kalınlığı mümkün olan en küçük değere indirmek için söz konusu çalışma sıcaklıklarında, yüksek mukavemet ve iyi bir tokluk elde etmek ihtiyacından doğmuştur. Buna rağmen sac kalınlıkları artmış ve gemi inşa sanayiinde 35 mm, gövde için çok rastlanan bir kalınlık olmuştur; hatta takviye parçalarında daha büyük kalınlıklara çıkmıştır. Basınçlı kaplarda, boylerlerde, nükleer santrallerin ısı eşanjörlerinde ve açık deniz delgi plâformlarının ayaklarında kalınlığı 200 mm ye kadar olan levhalara rastlamak mümkündür. Bu gelişmeler, modern çelikleri mümkün olduğu kadar çabuk ve verimli bir şekilde birleştirecek yüksek üretim gücüne sahip kaynak tekniklerine olan talebe yol açmıştır.

\* İ.T.Ü. Makina Fakültesi.

\*\* İ.T.Ü. Makina Fakültesi.

## 2. GEMİ İNŞA SANAYİİ

Bazı imalâtçı firmalar, ilk olarak gemi inşa sanayiinde üretimi arttırmak için donanım geliştirme ve kaynak atölyesindeki dar boğazları giderme çalışmalarında bulunduğu için, bu sanayi kolunu incelemekle işe başlamak uygun olacaktır.

İlk adım, çok yönlü ve kullananın ihtiyaçlarına cevap verebilecek yeterli esneklikte olan otomatik bir sistemin dizayn edilmesi oldu. Bu sistem, tozaltı ve gazaltı kaynak usullerin uygulayacak tam otomatik kaynak makinalarının, çeşitli tiplerinin yapılmasında kullanılabilir temel ünite ve aksesuvarlardan meydana gelmiştir. Komple bir sistemde ve 1960 larda çok kullanılan bu donanım, yeni elektronik gelişmelerden faydalanılarak geliştirilmiş, fakat ana dizayn kavramı aynı kalmıştır.

Tersanelerde, çok yönlü otomatize edilmiş yüksek üretim güçlü kaynak donanımlarına uygun olan tozaltı kaynağı usulü benimsenmiştir. Bu donanımlar aşağıdaki üstünlüklere sahiptir :

- a — Yüksek bir doldurma sağlar. Yani dolgu oranı yüksektir.
- b — İyi bir kaynak dikişi görünümü verir.
- c — Otomatik olması dolayısıyla tekrarı mümkündür.
- d — Tam otomatik kaynak sistemleri ile birleştirilebilir.
- e — Ark açıkta yanmadığı için ayrıca civarı koruyan bir perdelemeye ihtiyaç yoktur.
- f — Çok az miktarda duman ve is oluşturur.

Bu arada usulün bazı dezavantajlarının bulunması da gayet tabiidir. Fakat başlangıçta bu mahsurlar bilirse, bunları minimuma indirmek ve hatta tesirlerini ortadan kaldıracak tedbirleri de almak mümkündür. Burada en büyük sakınca kullanılan tozdur. Bunun anlamı, kaynaktan hemen önce kaynak tozunun ve birleştirme yerinin kurutulması ve yine kaynak tozunun, kaynak yerinin çevresinden uçup gitmemesi için kaynak işleminin sakın bir ortamda yapılması gerekir. Her kaynak işleminden sonra, erimeyen tozların temizlenmesi ve katılaştıran cürufdan ayrılması önemlidir. Kaynak tozları aşındırıcı olduğundan, mekanik parçalardan özellikle rulmanlı yataklardan ve öteki hareketli parçalardan, tercihen kaynak kafasına yerleştirilmiş bir sistem yardımı ile uzak tutulmalıdır. Ağız hazırlamada ve uzun birleşme yerlerinde, kaynak yapmaya başla-

madan önce, elektrodun, birleşme yeri doğrultusunda ayar edilip edilmediği kontrole tabi tutulmalıdır.

Bu sakıncaların hiçbiri aslında çok ciddi nitelikte değildir. Tozaltı kaynağının uygulandığı birleştirmelerin çoğu açık havada yapılır. Tersanelerde bile üniteler kaynak atelyesinde hazırlanır ve daha sonra geminin üzerinde monte edilir. Bahis konusu kaynak tozu temizleme düzeni, toz halindeki örtü maddesinin güç kaynağına, tahrik mekanizmasının yataklarına ve ayar sistemine girmesini önler.

Birleşme yeri uzun ve düz ise, elektrodun bu bölge boyunca kılavuzluğu otomatik olarak düzenlenir. Bir haberci klavuz, elektrodun biraz önünde birleşme yeri boyunca hareket eder. Eğer bu haberci, birleşme çizgisinden saparsa, bir duyargacı harekete geçirerek motorla tahrikli sürgüler yardımıyla kaynak kafasını doğru konuma getirir.

Kullanılan kaynak ünitesi, eldeki işe doğru olarak uygulanırsa, çok ince saçlardan birkaç inç kalınlığındaki levhalara kadar olan malzeme kalınlıkları aralığında çok iyi sonuçlar elde edilebilir. Elektrik kontağı elektrodun ucuna yakın bir yerde bulunduğundan, aşırı ısınma olmadan yüksek akım değerlerine çıkabilir. Elektrodun (kaynak telinin) kontak memesinin dibi ile iş parçası arasındaki kısmının boyu, doldurma kaynağı gibi özel durumlar dışında, nadiren 30 mm'yi aşar. Yüksek akım şiddeti nedeniyle tozaltı kaynağında nüfuziyet ve doldurma (yığma) hızı artar. Ark, kaynak tozuyla tamamen örtüldüğünden, sıçrama olmaz ve hava ile temasa minimuma iner. Bunun yanında, tozaltı ark kaynağı, birleşme ağızlarındaki pas, yağ ve kir gibi maddelere karşı, kaynak sırasında oluşan gazların toz yığınından dışarı çıkmaması nedeniyle, çok duyarlıdır. Bu bakımdan gözenek teşekkülü söz konusu olduğundan, kaynak tozu büyük bir önem taşır ve daha çok aglomere tozlar, erimiş tozlara tercih edilir.

Bütün tozaltı ark kaynağı kafalarının otomatik kontrol sistemleri vardır. Bu sistem ark boyunu, operatörün önceden ayarladığı bir ön değerle sabit tutar. En modern kontrol sistemleri, elektrik kontrollü bir kaynak teli besleme motoru ve uygun Volt-Amper karakteristikli bir güç kaynağının bileşimi şeklindedir. Böyle bir donanım, yüksek hızda ince tel beslemesi, düşük hızda kalın tel beslemesi ve iyi bir ark kontrolü yapar.

Güç kaynağı olarak genellikle redresörler kullanılmakta ise de, bazı uygulamalara da transformatörler veya redresör - transformatör kombinasyonları daha uygun olabilmektedir.

Prodüktiviteyi arttırmak için mülti-elektrot teknikleri geliştirerek doldurma (yığma) hızı yükseltilmiştir. Fakat bu durumda parçaya fazla miktarda ısı verildiğinden, kaynak metali iri taneli olarak katılaşmaktadır. Bunu önlemek için de özel kaynak telleri ve tozları geliştirilmiştir.

Genel olarak kaynak tozlarının büyük bir kısmını ( $\text{SiO}_2$ ) teşkil eder ve toza belirli fiziksel ve kimyasal özellikler kazandırır. Erimiş tip tozlar, sun'i olarak eritilmiş silikatlar olup, katı durumda kristal karakterli amorf bir kütlede ibarettir. Bu tozların imalinde genellikle kuvarz, manganez cevheri veya manganez cürufu, dolomit, kalkspat, flusspat ve kil gibi maddeler uygun nispetlerde karıştırılarak bir ergime fırınında bir araya getirilir. Erimiş silikat tipi bu tozlar yüksek akım şiddetlerinde uygun çentik mukavemeti vermediğinden, son yıllardaki çalışmalar, bazikliği değişik olan kaynak tozları üzerinde toplanmıştır.

Günümüzde kullanılmakta olan bazik karakterli kaynak tozlarının çoğu aglomere tiptedir. Gayet ince öğütülmüş maddelerle bir takım ufak tanelerin karışımından meydana gelen aglomere tozlara, küçük miktarda alaşım elemanları ile tane incelticiler ekleyerek, kaynak metalinin mukavemet ve sürekliliği iyileştirilebilmektedir. Bazik kaynak tozları, özelliklerinin daha iyileştirilebilmeye açık ve uygun olması yanında, hem imalatçının hem de kullanıcının daha çok ilgisini çekmektedir. Gemi inşa sanayinde, tercihan alternatif akımlar da kullanılabilen ve  $20^\circ\text{C}$ 'a kadar uygun çentik darbe mukavemeti veren orta derecede bir bazlık derecesine sahip tozlar tercih edilmektedir.

### 3. DÜZ LEVHA KAYNAKLARININ RASYONELLEŞTİRİLMESİ

Modern tersanelerde, işlerin niteliği el verdiği oranda süper tankerlerin yapımında prefabrikasyon usulüne gidilir. Avrupa'daki iklim şartlarında takviyeli gövde saçlarının kapalı yerde prefabrike olarak imal edilmeleri büyük bir avantajdır. Normal imalât metotları kullanarak takviyeleri kaynak yapmak, mamul gövde levhalarının imalât hızını belirler. Buna bir çözüm olarak, müşterinin imalât hızı isteklerini karşılayabilecek tam kontinü bir levha imalat hattı grubu kurmak gerekir.

Böyle bir imalât hattının prensibi aşağıdaki şekilde özetlenebilir :

Önce, gövdeyi oluşturacak levhalar bağlama (punta) kaynağı istasyonuna gönderilir. Burada levhalar özel bir kaldırma, düzenleme ve manyetik tespit düzeni üzerine sıralanır. Konum ayarlanması ve levhalar arasındaki mesafe kaynak kesiti boyunca 1,6 mm yi geçmeyecek şekilde

büyük bir duyarlılıkla yapılır. Daha sonra levhalara bağlama (punta) kaynağı uygulanır. Daha sonraki aşamada ise, levhalar punta kaynağı istasyonunu terk edecek şekilde bir alın kaynağı istasyonuna doğru çekilir ve birleşme yerinin üst yüzeyinde tozaltı kaynağı yapılır. Böylece levhaların bir yüzünde bulunan bütün birleştirme yerlerinin kaynağı tamamlanır.

Bunu izleyen aşamada, gövde daha ileri hareket ettirilir ve çevrilmek ters konuma getirilir. Bu işlem konveyör hattının üzerinde hareket edebilecek bir profil kreni yardımıyla gerçekleştirilir. Sistem, gövdenin hızla ve emniyetle ters çevrilmesini sağlamaktadır. Ters yüz alın kaynağı donanımının öne doğru getirilmesi ile kaynak yapılır.

Takviyelerin kaynağı ise sonra gerçekleştirilir. Takviyeler bir atelyede hazırlandıktan sonra otomatik olarak teker teker dönebilecek şekilde imalât hattı boyunca taşınırlar. Daha sonra otomatik olarak ayarlanır ve gövde konveyörünün üzerinde ilerlerken istenen yerlere duyarlı bir şekilde tutturulurlar. Her takviyenin doğru konumlanması, elektronik kontrollü bir ayar ünitesi ile sağlanır.

Düzgün olarak konumlanmış ve tutturulmuş takviyeler, iki bindirme kaynağı makinası yardımıyla kaynak yapılır. Operatörler, hemen makinaları konumlandırır, kaynak kafalarını, kontak tüplerini, kaynak tozunu ve kaynak telini taşıyan tertibatları alçaltır. Kaynak tellerinin uçları birleşme aralığının dibine duyarlı bir şekilde getirilir. Bütün bu işlemlerle kaynak işlemi takriben 50 saniye içerisinde gerçekleştirilir. Yükseklikleri 150 mm'den 1200 mm'ye kadar olan takviyeler kaynak edilebilir; ve her 60 dakikada bir, 68 m'lik kaynak yapılmış takviye bitirilir. Bu rakamlar 5 adet 14L tipi profilden oluşmuş 12 m × 12 m × 20 mm boyutlarındaki gövdeler içindir. Zamanın, gövdenin boyutlarına bağlı olarak değişmesi doğaldır. Bu kaynak hızına çıkmak, bindirme ve alın kaynaklarında uygulandığı gibi, üç elektrodun kullanıldığı, multi-elektrot usulü ile gerçekleştirilmiştir. Bindirme kaynaklarında her iki taraf aynı anda kaynak edilir. Her tarafa üç elektrot olmak üzere, aynı anda 6 elektrot devrede bulunur. Alın kaynağı için en fazla bilinen düzen, önder elektrodun doğru akım güç kaynağının artı kutbuna, orta ve takipçi elektrodun da transformatörlere bağlanmasıdır.

Bindirme kaynağı elektrotları daha değişik bir şekilde konumlandırılmıştır. Önder elektrot doğru akım kaynağının artı kutbuna, arka elektrot eksi kutbuna ve takipçi elektrot da alternatif akıma bağlıdır. Elektrotların bu şekildeki bağlantıları çok önemlidir ve çok yoğun laboratuvar araştırmalarının bir sonucudur.

Tanımlanan bu gövde imalât hattının en önemli özelliklerinden biri ihtiyaç duyulan personel sayısının, gövdenin boyutlarına ve karmaşıklığına bağlı olarak 8 ilâ 16 arasında bulunmasıdır. Bu nedenle, bahis konusu sistem insan gücü açısından çok ekonomik olduğu gibi, birçok tersanede kalifiye kaynakçı adedini arttırmadan imalâtın artmasını sağlamıştır. İlk hat 1963 yılında gerçekleştirilmiş ve hemen akabinde 18 imalât hattı kurulmuştur.

Gemi İnşa Sanayiinde ağırlıklı elektrotla yapılan ark kaynağı usulünden de bahsetmekte fayda vardır. Ağırlıklı elektrotla kaynakta elektrot örtüsü yüksek miktarda demir tozu içerir. Bu da el ile kaynakta kaynakçının en basit görevi olan elektrodun iş parçası üzerinde ve birleşme yeri boyunca ilerletilmesi işlemini ortadan kaldırır. Ağırlıklı besleyiciler, el ile yapılan kaynaklardakinden daha stabil bir elektrot hareketi sağlar. Genellikle 700 mm uzunluğunda ve yanma süresi 3 dakika olan elektrotlar kullanılmaktadır. Böylece operatörler yalnız 3 dakikada bir elektrot değiştirmekte ve bu nedenle de aynı anda birçok elektrodu çalıştırabilmektedir.

Dört besleyici ile çalışan operatörün 30 dakika boyunca gözlenmesi sonunda, her besleyici için ortalama % 75 lik bir ark zaman faktörü saptanmıştır. Ağırlıklı elektrotlar kaynağı bu kadar üretken yapan etken operatörün aynı anda dört besleyiciyi kontrol edebilmesidir. Kullanılan güç kaynakları, demir tozlu elektrotların ark gerilimlerinin yüksekçe (40 Volt) ve operatöre hareket serbestisi sağlamak için de kabloların uzun olması nedeniyle ağır hizmet tipinde olmalıdırlar. En fazla transformator kullanılmakta ise de, doğru akım güç kaynakları da amaca uygundur. Yatırım masraflarının düşük olması dolayısıyla bu usul, «Fakir adamın gövde akım hattı» adını alır.

## LİTERATÜR

- 1 — Gronbeck, I.  
«Submerged arc welding with a multi-electrode system»  
Svetsaren No. 1, 1974.
- 2 — Madsen, K.K.  
«Gravity Welding-an old but new technique in Esab»  
Svetsaren No. 1, 1974.
- 3 — Anık, S.  
«Kaynak Tekniği - Cilt II»  
İ.T.Ü. Kütüphanesi; No. 883, 1972.
- 4 — Horsfield, A.M.  
«High productivity welding Techniques in shipbuilding and other heavy industries»  
Australian Welding Journal, May/August 1975.