

TIG YÖNTEMİ KULLANILARAK AISI 1010 ÇELİĞİNİN YÜZEVİNDE OLUŞTURULAN Ni/WC KAPLAMANIN METALURJİK UYUM KARAKTERİZASYONUN İNCELENMESİ*

Gül TOSUN

Fırat Üniversitesi,
Teknik Bilimler MYO, Elazığ
gultosun@firat.edu.tr

ÖZET

AISI 1010 çeliği, düşük maliyet ve kolay işlenebilirliğe sahip olduğundan birçok mühendislik parçalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat, AISI'nın düşük sertlik, aşınma ve korozyon direncine sahip olması kullanım alanını sınırlar. Bu çeliğe yapılacak yüzey kaplama işlemi, zayıf olan aşınma ve korozyon direncini iyileştirmek için uygulanır. Bu çalışmada, AISI 1010 çeliğinin yüzeyi Ni ve WC toz karışımı ile TIG kaplama metodu kullanılarak kaplama işlemi yapılmıştır. Toz tabakasının kalınlığının ve elektrik akımının mikro yapı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonunda, TIG işlemi esnasında kullanılan deney şartlarının kaplamanın mikro yapıları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Akım arttıkça widmanstatten tipi yapılar oluştuğu ve HAZ bölgesinin genişliği görülmüştür. Kaplama kalınlığının artmasıyla HAZ'daki karbon içeriği artmıştır.

Anahtar Kelimeler: AISI 1010, Ni, WC, TIG, yüzey kaplama

Investigation of Metallurgical Harmony Characterization of Produced Ni/WC Coating on Surface of AISI 1010 Steel Using TIG Process

ABSTRACT

AISI 1010 steel is widely used as many engineering parts because of its good processibility, and relatively low cost. However, due to a low hardness of AISI 1010 has relatively low wear resistance. The low hardness at room temperature also has precluded their widespread use and application. However, coating of its surface layer may be very effective to improve the poor wear. In this study, the mixed powders of Ni and WC on the surface of AISI 1010 steel was coated by using tungsten inert gas (TIG) method. The effects of thickness of the preplaced powder layer and current on the microstructure of the alloyed surfaces were investigated. After deposition, microstructural analyses including metallographic examination of the coatings were evaluated. It was observed that it has been solidified in different microstructures depending on the production parameters. When current is increased, it was observed that Widmanstatten type structures occur and width of HAZ is increase. With increase of coating thickness, the amount of carbon in HAZ is increase.

Keywords : AISI 1010, Ni, WC, TIG, surface coating.

* Geliş tarihi : 25.04.2011
Kabul tarihi : 22.07.2011

GİRİŞ

Düşük sertlik ve aşınma direncine sahip malzemelerin yüzeyleri, sert yüzey alaşımlarıyla kaplanarak aşınma ve korozyon dirençleri artırılmaktadır. Farklı altlık malzemesi üzerine uygulanan kaplama malzemeleri son zamanlarda otomotiv, petrokimya ve uzay endüstrisinde geniş kullanım alanlarına sahiptir [1].

Endüstride, sert yüzey alaşımlarının elde edilmesinde kaplama yöntemi olarak birçok kaynak teknigi kullanılmaktadır. Bunlar, fiziksel buhar biriktirme (PVD), kimyasal buhar biriktirme (CVD), sol-jel yöntemi ve ergitme proseslerinden gaz tungsten ark (GTA), lazer (LA), plazma (PA) veya toz altı kaynak yöntemleridir. TIG yöntemi, en sık kullanılan yüzey kaplama yöntemi olmasına rağmen, literatürde bu işlemin sınırlı uygulamasından bahsedilmiştir. Gemicilik ve fabrikalarda uygulanan TIG işlemi hem ucuz hem de uygulaması kolay olan bir işlemidir. Fakat TIG yöntemiyle çok ince kaplamalar elde edilememektedir; ancak birkaç mm kalınlığında kaplamalar elde edilmektedir. TIG yöntemi, genellikle uçak ve gemilerin hasarlı yüzeylerini tamir etmede kullanılmaktadır [1]. TIG yöntemi, altlık malzemesi üzerine alaşım tozu veya uygun kompozisyonlara sahip toz karışımının eritilmesiyle elde edilen yüzey modifikasyon işlemidir. Hem modifiye edilen kaplama malzemesinin hem de altlık malzemesinin aynı anda erimesiyle her iki malzeme birbirlerine metalurjik yolla bağlanırlar [1].

Farklı malzemelerin iyi özelliklerinin kombinasyonu olan kompozit kaplamalar, mühendislik malzemelerinin aşınma direncini iyileştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Sünekliği olan malzeme matris olarak seçilirken sert ve kırılgan olan malzemede takviye olarak kullanılır. Böylece yüzeyde hem mukavemetli hem de yüksek tokluğa sahip bir tabaka elde edilir [1]. Yüksek sertliği ve yüksek aşınma direnci sayesinde Tungsten karbür (WC) kalıp ve takım malzemesi olarak geniş bir şekilde kullanılmaktadır [2]. Diğer karbürler ile karşılaşıldığı zaman Tungsten karbür (WC) yüksek sertlik, bir miktar plastisite ve iyi ıslanabilirlik gibi önemli özelliklerinden dolayı büyük bir avantaja sahip iken, gevrek bir yapıya sahip olması yapısal malzeme olarak kullanımını engeller [3]. Fakat sünek bir altlık malzemesinin üzerine tungsten karbür partiküllerin kaplanmasıyla hem yüksek mukavemete hem de yüksek tokluğa sahip yeni bir malzeme elde edilmiş olur.

Stack ve Pena [4], Ni-Cr/WC MMC esaslı kaplamaların yüksek sıcaklıklardaki aşınma davranışının üzerinde partikül boyutunun etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, artan partikül boyutu ve sıcaklıkla birlikte aşınma kaybının da azaldığı görülmüştür. Mridha vd. [2], TIG yöntemiyle intermetalik yüzey kaplaması üzerinde yaptıkları çalışmada, kaplanmış numunelerin kaplanmamış numuneye göre aşınma direncinin 3-4 kat daha fazla olduğunu görmüşlerdir. Zhong vd. [5] ise yaptıkları çalışmada, demir matrisli WC takviyeye sahip

kompozitlerin aşınma direncine WC partikül takviyeyen etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada, WC partiküllerin miktarındaki artışla aşınma oranı önce düşmüştür, daha sonra artmıştır ve aşınma oranı yüksek kromlu dökme demirden 1.38-2.93 kez daha düşüktür. Cheng vd. [6] ise paslanmaz çelik üzerine TIG yöntemiyle yüzeyi NiTi kaplanmış malzemenin korozyon davranışını incelemiştir. Korozyon testlerinin sonucunda NiTi kaplı paslanmaz çelik ile kaplanmamış AISI 316 paslanmaz çeliğinin NaCl çözeltisi içerisinde kavitasyon korozyonu karşılaştırılmıştır. Kaplama işlemiyle aşınma direncinde büyük bir artış olduğu görülmüştür. Wu vd. [7], Ni-WC kompozit kaplamaların aşınma direnci üzerinde WC partikül boyutunun etkisini araştırmışlardır. Deneysel sonucunda üç aşamalı lazer kaplamaların uzun süreli aşınmaya maruz kalan yerlerde kullanılmasının uygun olmadığı görülmüştür. Çünkü bu yöntemle elde edilen kaplamada matris ile takviye arasında iyi bir bağlantının olmadığı görülmüştür. Surrender vd. [8], elektrokaplama işleminde Ni elementine WC ilavesinin mikrosertlik artırdığını göstermişlerdir. Acker vd. [9] ise lazer kaplama yöntemiyle Ni/WC kaplamaların aşınma direnci üzerinde tungsten partikül boyutu ve dağılımının etkisini incelemiştir. Çalışmada, aşınma direncinin karbür konsantrasyonuna bağlı olduğunu göstermiştir. Bu durumun ince WC/W₂C karbürlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Zhong vd. [10], lazer kaplama yöntemiyle sert WC/Ni kaplama oluşumunu incelemiştir. Araştırma sonuçlarında mikro yapıda WC, CW₃, WNi, FeW₃C, Fe₆W₆C, W₃O, W, C, (Fe, Ni) fazlarının olduğu gözlemlenmiştir. Wang ve Xu [11] tarafından yapılan çalışmada, nano yapılı Ni-WC-Co kompozit kaplamaların aşınma direncini artırdığı görülmüştür. Harsha vd. [1] ise, mikrosertlik, mikro yapı ve aşınma davranışının üzerinde sprey ile kaplama yöntemi kullanarak Co-Cr-W-Ni-C üzerine WC ilavesinin etkisini incelenmiştir. Çalışmada, Co-Cr-W-Ni-C toz kaplamada WC partikül ilavesinin mikrosertlik ve aşınma direncini artırdığı görülmüştür. Lin ve Chang [12], AISI 1050 çeliğinin tungsten karbür ile çok pasolu kaplamaların mikro yapısı ve aşınma davranışını incelemiştir. Deneysel sonuçlarda, kuru aşınma işlemi esnasında bazı yarı kararlı fazların kararlı fazlara dönüşüğünü bundan dolayı da kaplama tabakasının aşınma direncini azalttığı görülmüştür. Buytoz vd. [13], yaptıkları çalışmada, AISI 4340 çeliği üzerine TIG yöntemiyle WC kaplanması incelemiştir. Mikro yapı incelemeleri sonucunda, kaplama tabakasında dendrit ve öteki katılaşma gözlemlenmiştir. Katlaşmanın gözlemlendiği bölgede WC ve W₂C fazlarının olduğu görülmüştür. Elde edilen tabakanın mikrosertliğinin 900 ve 1200 HV arasında olduğu belirlenmiştir.

MATERIAL VE METOT

Bu çalışmada, TIG kaynak makinası kullanılarak düşük karbonlu AISI 1010 çeliğinin yüzeyi Ni/WC toz karışımıyla kaplanmıştır. Deneysel, farklı kaplama kalınlıkları (1 ve 2 mm) ve farklı enerji girdisi (100A, 120A ve 140A) kullanılarak

argon gazı (%99.9) altında yapılmıştır. Argon gazının akış hızı 11 l/min olarak seçilmiştir. Stabil akım oluşturmak için 2 mm çapında %2 toryumlu tungsten elektrot kullanılmıştır. Deneylerde TIG kaynağının tarama hızının yaklaşık 1.2-1.5 mm/s arasında olmasına özen gösterilmiştir.

Kaplama malzemesi olarak ağırlıkça %95 Ni ve %5 WC oranında toz karışımı kullanılmıştır. Homojen bir karışım elde edebilmek amacıyla Ni/WC tozları 12 saat süreyle torna tezgâhında karıştırılmıştır. Kaplama işleminde kullanılan tozların karakteristik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Ni/WC toz karışımı, yeter miktardaki sodyum silikat ile karıştırılarak macun haline getirilmiştir. Elde edilen macun, altlık malzemesi yüzeyinde açılan kanallara doldurulmuştur. Sodyum silikat yapıştırıcı, gözenek oluşumunu ve ergime esnasında argon gazı altında tozların uçmasını engellemek için kullanılmıştır [2]. Kaplama ve altlık malzemesi arasındaki adhezyonu artırmak amacıyla numuneler fırında 60 °C'de 24 saat kurutulmuştur.

Tablo 1. Ni ve WC Tozlarının Karakteristik Özellikleri

Malzeme Özellikleri	Ni	WC
Saflik (%)	99.8	99.5
Toz boyutu	44 µm	70µm
Ereme Sıcaklığı (°C)	1453	2870
Kaynama sıcaklığı (°C)	2832	6000

AISI 1010 çelik altlık malzemesi 100x20x10 mm boyutlarında olup, altlık malzemesi üzerinde freze ile 10 mm genişliğinde ve bazı numuneler için 1 mm ve bazı numuneler için ise 2 mm derinliğinde kanal açılmıştır. Kaplama işlemi öncesi altlık malzemesi 400'lük SiC zımpara ve daha sonra saf alkol ile temizlenmiştir.

Kaplama işlemi yapılmış numunelerin mikro yapı incelemelerini yapmak için alaşımlama yüzeyine dik olacak şekilde numuneler kesilmiştir. Mikro yapı numunelerinin yüzeyleri 220, 400, 600, 800 ve 1200 mesh'lik su zımparalarıyla temizlenmiş, çuha ve elmas pasta kullanılarak parlatılmıştır. Parlatılan numuneler % 2'lük Nital çözeltisinde dağlanmıştır. Dağlanan numunelerden COIC XJP-6A marka optik mikroskop ile mikro yapı resimleri alınmıştır.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

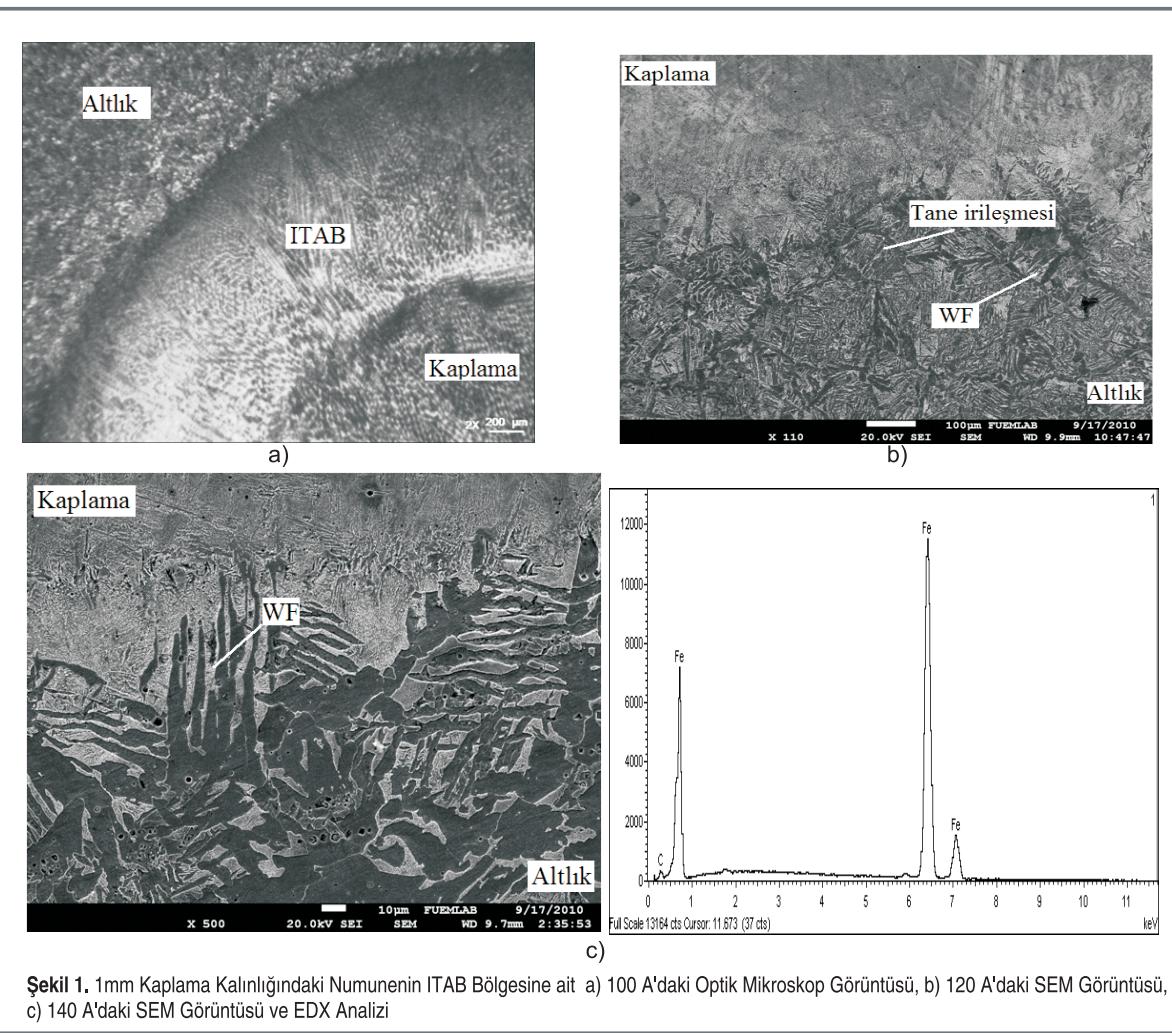
Bu çalışmada, TIG kaynak yöntemi kullanılarak AISI 1010 altlık malzemesi üzerine Ni/WC kaplama işlemi yapılmıştır. Yüzey alaşımlama işlemi sonrası Şekil 1'deki mikro yapı görüntüleri incelendiğinde, üretim parametrelerine bağlı olarak değişen iç yapılara sahip kaplamaların elde edildiği görülmüştür. Kaplama kalınlığı ve enerji girdisi gibi deneysel parametreler değiştirildiği zaman, kaplamanın iç yapılarının değiştiği görülmüştür [13]. Aynı zamanda bahsedilen bu para-

metrelere bağlı olarak, ana metal ve sert dolgu alaşımının karışımını ifade eden seyrelme oranı da değişmektedir. Kaplamanın seyrelme oranı, toz içeriği ve ısı girdisiyle belirlenir [14]. Aynı şekilde seyrelme oranı, ısı girdisine bağlı olarak artmaktadır. Sert yüzey alaşımlarının elde edilmesinde, kaplama ile ana malzeme arasındaki bağın derecesi önemli olup, bu bağın sadece sert yüzey kaplamanın ana malzemeyi tutabilecek ölçüde olması gerekmektedir. Bu nedenle düşük seyrelme oranı tercih edilir [15]. Isı girdisi aşağıdaki denklemle hesaplanır [16].

$$Q=0,48 \cdot I \cdot U/V \quad (1)$$

Burada Q (kj/mm) ısı girdisini, I (Amper) elektrik akımını, U (Volt) gerilim ve V (mm/min) ise hareket hızını temsil etmektedir. Operasyon akımının artması, hem enerji yoğunluğunu hem de sabit akım için ısı girdisini artırır [2].

Kaplama işlemi yapılmış numunelerin, alaşımlanmış yüzeyine dik olarak alınmış kesitindeki mikro yapısında sert yüzey, arayüzey, ısı tesiri altındaki bölge (ITAB) ve ana metal gibi bölgeler bulunmaktadır (Şekil 1). Kaplama ile ana metal arasındaki arayüzey açık bir şekilde (Şekil 1a) görülmüştür [7]. Arayüzeyin kaplama tarafında, tamamen erimemiş WC partiküller ve altlık malzemesi ile kaplamanın karışımından ibaret katılaşmış yapı varken, diğer tarafta ise ısidan etkilenmiş 1010 çeliği görülmüştür. Altlık malzemesinin mikro yapısındaki dominant fazlar, martenzit (M) ve beynittir (B). Soğutma hızına bağlı olarak (Şekil 2) yapıda tane sınırı ferrit (TSF), Windsmanten tipi ferrit (WF), asıküler ferrit (AF) ve çok küçük miktarda ostenitli martenzit ve ayrılmış perlit fazı gözlenmiştir. Düşük karbonlu çeliklerde WF ve TSF'nin bulunması istenmez. Çünkü bu fazlar, ITAB'da tane irileşmesine dolayısıyla da kaynak bölgesinde topluk kaybı ve gevrek kırılmaya sebep olurlar. Genellikle metal olmayan inklüzyonlardan dolayı meydana gelen AF malzemenin topluk ve mukavemetini iyileştirir. Düşük karbonlu çeliklerde beynit mikro yapısı, AF'ninkine çok benzer bu yüzden bu fazların belirlenmesi çok zordur [17]. Kaplama malzemesi üzerinde, matris ve partikül faz arasında iyi bir bağlanma meydana gelmiş ve bu bölgede çatlak görülmemiştir. Şekil 1a'daki mikro yapı görüntülerinden, kaplama tarafındaki açık renkli bölgeler çözünmesi tamamlanmamış WC toz partiküllerini gösterir. Toz karışımındaki W ve C'nin ergime noktaları 3000°C'nin üzerindedir ve kaplama işlemindeki ergime esnasında meydana gelen sıcaklık 3000°C'den düşük olduğu için genellikle W ve C direkt olarak erimezler; fakat çözünürlerken Ni, düşük erime sıcaklığına sahip olduğu için eriyik havuzunda tamamen erimiştir [10]. Ni'nin düşük erime noktası ve yavaş katılmasına WC partiküllerin eriyik havuzunun altında yüzmesine müsaade eder [10] (Şekil 1). Erimiş taneler, değişen sıcaklıklarda, tungsten karbür dağılımını deformé ederek katılaşır, bu da farklı morfolojilerin gözlemlenmesine sebep olur [13]. Çözünmenin meydana gelmesi, eriyik havuzunun hem sıcaklığına hem de süresine



Şekil 1. 1mm Kaplama Kalınlığındaki Numunenin ITAB Bölgesine ait a) 100 A'daki Optik Mikroskop Görüntüsü, b) 120 A'daki SEM Görüntüsü, c) 140 A'daki SEM Görüntüsü ve EDX Analizi

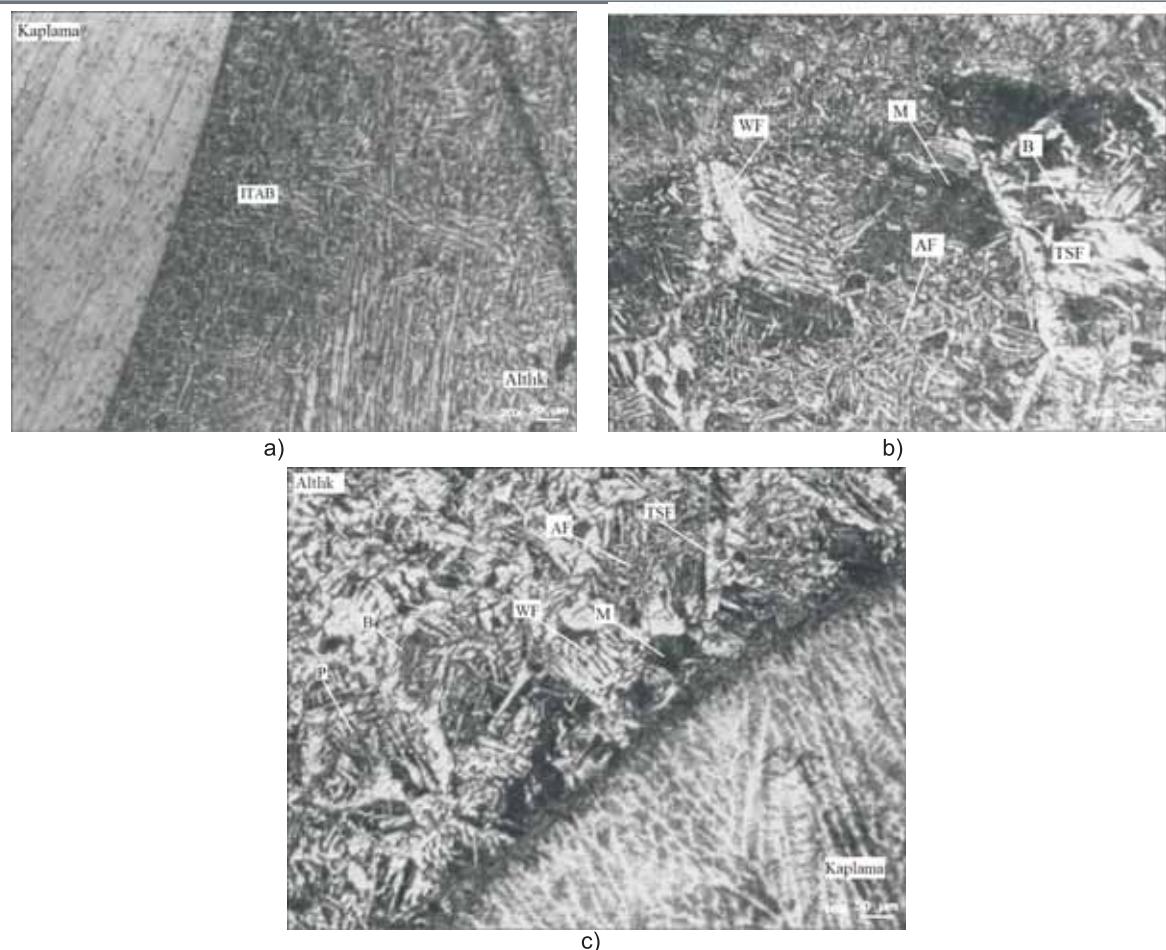
bağlıdır [10]. Tungsten karbürlerin tamamlanmamış çözünürlüklü eriyik bileşimini etkiler.

Kaynak işlemi yapıldıktan sonra, altlık malzemesi ile kaplama arayüzeyinde, mikro yapı bakımından dört farklı bölgenin mevcut olduğu füzyon bölgesi olarak adlandırılan bir bölge bulunur (Şekil 1a). Bunlar, karışmamış bölge, kısmen erimiş bölge, ITAB (ısı tesiri altında kalan bölge) ve etkilenmemiş ana (altilık malzemesi) malzemenin bulunduğu bölgedir. ITAB'daki her bir nokta, kaynak esnasında hem sıcaklık hem de soğuma hızı bakımından ısıl etkileşimlere maruz kalır. Böylece, her bir nokta kendine özgü mikro yapısal özellikler ve korozyon direncine sahip olur [19].

Eşit kaplama kalınlığına sahip, fakat farklı ısılı girdisine sahip numunelere ait mikro yapı fotoğrafları inceleneceler olursa, (Şekil 1a ve 1b) ısılı girdileri değiştiği zaman iç yapılarının da değiştiği görülmüşür [13]. Çünkü ısılı girdisi arttığı zaman seyrelme oranı ve de dolayısıyla füzyon bölgesinin genişliği artacak, buna ilaveten ITAB'daki her bir nokta daha uzun süreli ısınma ve soğuma işlemeye maruz kalacaktır. Böylece

mikro yapılarda gözlemlenen farklılıkların ana sebebinin ısılı girdisi olduğu gözlemlenmiştir. Diğer bir deyişle, kaplama malzemesi ısılı girdisine bağlı olarak katılışma sonrası farklı mikro yapılar sergilemektedir [13,18]. Numunelerin tümünde dendritik ve dendritler arasındaki ötektik yapı görülmüştür.

Isı girdisi düşük ve kaplama kalınlığı düşük ($t=1\text{mm}$) numunelerin mikro yapıları Şekil 1'de görülmektedir. Operasyon akımının artmasıyla hem torcun enerji yoğunluğu hem de ısılı girdisi artar [2,14]. Düşük akım, hızlı soğutma anlamına gelir. Modifiye edilen bölgede, ısılı girdisi ve üretim hızı uygun olmadığı zaman WC tanelerinin erimesine ve eriyik havuzunda yeniden katılmasına yeterli zaman verilmemektedir [13]. Böylece yapıda martenzit ve çok az miktarda WF meydana geldiği gözlenmiştir. Akımın artmasıyla ITAB'da iğnesel şekilli dendritler ve Windmanstetten tipi ferrit (WF) (Şekil 1b, 1c, 2b, 2c), tane sınırları ferrit ile çevrili martenzit adacıkları, AF, TSF, B'in meydana geldiği (Şekil 1b) görülmüştür [17]. Oluşan dendritik yapılar kaynak eksene dik olarak meydana gelmiştir. Mikro yapılarda kaplama tarafında dendritik yapının meydana gelmesinin Ni ve WC'nin ergime noktaları arasında

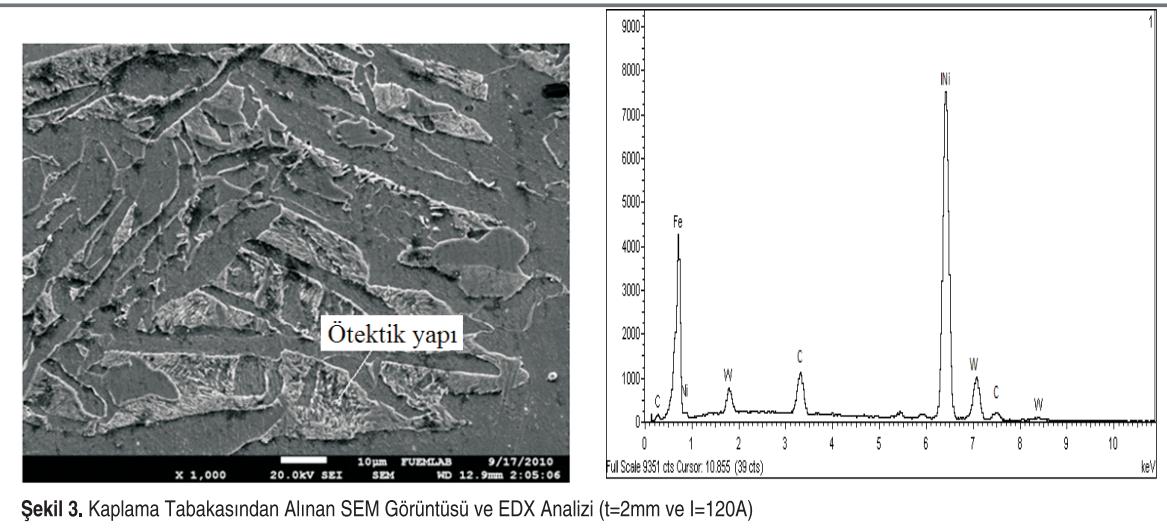


Şekil 2. 2 mm Kaplama Kalınlığındaki Numunenin ITAB Bölgesine Ait Optik Mikro Yapı Görüntüleri a) 100 A, b) 120 A, c) 140 A

büyük farklılıklardan dolayıdır. Akımın artmasıyla ITAB'in genişliğinde artma meydana gelmiştir.

İşı girdisi düşük (100A) kaplama kalınlığı yüksek ($t=2$ mm) numunelere ait (Şekil 2a) mikro yapılar incelendiğinde, toz karışımının ergimesinin tamamlanmadığı ve dolayısıyla kaplama üzerinde gözenek ve çukurcukların oluştuğu görülmüştür. Bu olayın diğer bir sebebi kaplama ve altlık malzemesi arasındaki zayıf adhezyondan kaynaklanmasıdır. Literatürde, hem karışım oranı hem de üretim parametreleriyle ilgili yapılan çalışmalarında, akım düşük seçildiği zaman, çok ince bir plaka eriyip katılaşarak ince bir kaplama tabakası oluştuğu (Şekil 2a) görülmüştür. Düşük akımda, yüksek toz içeriğinden dolayı tungsten elektrot tarafından verilen ısı girdisi kaplama tozları tarafından absorbe edilir, kaplama ile altlık malzemesi arasında füzyon bölgesi oluşmasına rağmen, altlık malzemesinin tamamen erimesi mümkün olmaz ve küçük miktarda alaşımlama elementi altlık malzemesine katılır [2]. Bu da kaplama/alatlık arayüzeyinde zayıf adhezyonuna sebep olur [13]. Bundan dolayı dar bir ITAB ve düşük penetrasyon meydana gelir. Füzyon sınırında tane yapısı çok geniş ve sütun şeklindedir. Füzyon bölgelerine çok yakın

bölgede tane sınırı boyunca ayrışma görülmüştür (Şekil 3). Bu da muhtemelen ısı akışına hem paralel hem dikey yönde katılaşmadan dolayıdır [22]. TIG esnasında meydana gelen ergime akımın artmasıyla artar. Böylece, ITAB'da iğnesel şekilli dendritler ve Windmanstten tipi ferrit (WF) (Şekil 2a, 2b, ve Şekil 3), tane sınırları ferrit ile çevrili martenzit adacıkları, AF, TSF, B ve sementitli Perlit (P)'in meydana geldiği (Şekil 2b) görülmüştür [17]. Mikro yapıda görülen Windmanstten tipi ferrit optik görüntülerde açık renkli olarak gözlemlenmiş ve alaşımlanmış yüzeydeki tane sınırlarındaki ön ostenitten meydana gelmiştir. Böylece, arayüzey kalınlığının windsmanten tipi yapıların oluşumunda anahtar parametre olduğu görülmüştür [21]. Akım daha çok artırıldıkça Windsmanten tipi yapılarda artma, tane yapısında kalınlaşma ve ITAB'in genişliğinde artma (Şekil 2a, 2b) meydana gelmiştir [22, 15]. Çünkü akım arttıkça kaplamadan daha fazla C çözünmüş ve ITAB'daki C miktarı daha da artmıştır. Diğer bir deyişle, yapı C içeriği ve sıcaklık bakımından aşırı doyduğu zaman Windsmanten tipi plakalar oluşmaya başlar. WC miktarındaki artış dendrit oluşumuna paraleldir (Şekil 1b, 2b). Dendritlerin genellikle kaplama/alatlık arayüzeyine yakın irileşme gösterdiği ve de matrise yayıldığı görülmüştür. Daha



önce yapılan çalışmalar ise dendritlerin büyümeyi Marangoni ve yayının etkisiyle eriyik havuzunun karıştırılmasıyla bağlamışlardır [24,25]. Kaplama/altlık arayüzeyine yakın bölgede dendritler (Şekil 2c) genellikle daha kalındır [25]. Kaynak esnasında ısı girdisinin artmasıyla metal erimesi için daha uzun katılma zamanı elde edilir [23]. Literatürde de belirtildiği gibi ergime, arkasından gelen soğutma ve daha sonra doğal yaşlanma olayı meydana gelir [13]. Doğal yaşlanma esnasında ise ITAB'ın yanındaki bölgede ince çökeltiler meydana gelir (Şekil 2b, 2c) [26]. Kaplama kalınlığı ve ısı girdisinin artmasıyla ince dendritler ve dendritler arası ötektik yapı oluşmaya başlar [27]. Katılma esnasında önce dendritler katılır, kati eriyik içerisindeki ekstra W sadece ötektik bölgelerde katılır [13].

Tungsten elektrot ve kaplama arasında ark başlığı zaman, alaşımlanmış yüzey meydana gelirken, altlık malzemesinin yüzeyi de toz tabakasıyla birlikte erir. Altlık malzemesinden transfer olan elementler altyapı yakınındaki ısıdan etkilenen (ITAB) bölgeyi etkiler [28]. Eşit ısı girdisi için alaşımlanmış yüzeyde bulunan elementlerin miktarı kaplama tabakasındaki toz kalınlığına bağlıdır. Toz tabakanın kalınlığı arttıkça, hem toz tabakasından gelen alaşımlanmış yüzeydeki elementlerin miktarı hem de alaşımlanmış tabakadaki karbon içeriği (Şekil 2a, 2c) artar [18]. Hem yüksek akımın hemde fazla karbon miktarının etkisiyle mikro yapıda martenzitin (Şekil 3a) yerine sementitli perlitin meydana geldiği gözlenmiştir [18]. Bahsedilen bölgeden alınan bölgesel EDX analizleri de elde edilen sonuçları desteklemektedir (Şekil 3b).

SONUÇLAR

Yapılan deneysel çalışmalarдан aşağıda belirtilen sonuçlar elde edilmiştir:

- Isı girdileri değiştiği zaman çözünen elementlerin miktarlarının da değiştiği görülmüştür.
- Isı girdisi düşük (100A) ve kaplama kalınlığı düşük

($t=1\text{mm}$) numunelerin mikro yapılarında, martenzit ve çok az miktarda WF meydana geldiği gözlenmiştir. Akımın artmasıyla ITAB'da iğnesel şekilli dendritler ve Windmanstten tipi ferrit (WF) tane sınırları ferrit ile çevrili martenzit adacıkları; AF, TSF, B'in meydana geldiği görülmüştür.

- Akım arttıkça Windsmanstten tipi yapılar olduğu ve ITAB bölgesinin genişlediği görülmüştür.
- Toz tabakanın kalınlığı arttıkça, hem toz tabakasından gelen alaşımlanmış yüzeydeki elementlerin miktarı hem de alaşımlanmış tabakadaki karbon içeriği arttığı görülmüştür.
- Kaplama kalınlığı 2mm iken 100A akım şiddetiyle yapılan kaplama işlemi sonunda, toz karışımının ergimesinin tamamlanmadığı ve de dolayısıyla kaplama üzerinde gözenek ve çukurcuların olduğu görülmüştür.
- Kaplama kalınlığı 2mm ve 100A akım deney şartlarında büyük martenzit adacıklarının meydana geldiği görülmüştür. Akımın artmasıyla ITAB'da iğnesel şekilli dendritler ve Windmanstten tipi ferrit (WF), tane sınırları ferrit ile çevrili martenzit adacıkları; AF, TSF, B ve sementitli Perlit (P)'in meydana olduğu görülmüştür.

SEMBOLLER

AF	Asıküler ferrit
B	Beynit
C	Karbon
I	Elektrik akımı
ITAB	Isı tesiri altındaki bölge
M	Martenzit
P	Perlit
Q	Isı girdisi
T	Kaplama kalınlığı
TSF	Tane sınırı ferrit

U	Gerilim
V	Hareket hızı
WC	Tungsten Karbür
WF	Windsmantten tipi ferrit

KAYNAKÇA

1. **Harsha, S., Dwivedi, D.K., Agrawa, A.** 2007. "Influence of WC Addition in Co-Cr-W-Ni-C Flame Sprayed Coatings On Microstructure, Microhardness And Wear Behaviour," *Surface & Coatings Technology*, vol. 201, p. 5766–5775.
2. **Mridha, S., Ong, H.S., Poh, L.S., Cheang P.** 2001. "Intermetallic Coating Produced by TIG Surface Melting," *Journal of Materials Processing Tech.*, vol. 113, p. 516–520.
3. **Lou, D., Hellman J., Luhulima D., Liimatainen, J., Lindroos V.K.** 2003. "Interactions Between Tungsten Carbide (WC) Particulates and Metal Matrix in WC-Reinforced Composites," *Materials Science and Engineering*, A340, p.155-162.
4. **Stack, M.M., Peña, D.** 1999. "Particle Size Effects On The Elevated Temperature Erosion Behaviour of Ni-Cr/WC MMC-Based Coatings," *Surface and Coatings Technology*, vol. 113, p. 5–12.
5. **Zhou, R., Jiang, Y., Lu, D.** 2000. "The Effect of Volume Fraction of WC Particles on Erosion Resistance of WC Reinforced Iron Matrix Surface Composites," *Wear*, vol. 255, p. 134–138.
6. **Cheng, F.T., Lo K.H., Man, H.C.** 2003. "NiTi Cladding on Stainless Steel by TIG Surfacing Process Part I. Cavitation Erosion Behavior," *Surface and Coatings Technology*, vol. 172, p. 308–315.
7. **Wu, P., Du H.M., Chen, X.L., Li Z.Q., Bai, H.J., Jiang, E.Y.** 2004. "Influence of WC particle Behavior on the Wear Resistance Properties of Ni-WC Composite Coatings," *Wear*, vol. 257, p. 142–147.
8. **Surender, M., Basu, B., Balasubramaniam, R.** 2004. "Wear Characterization of Electrodeposited Ni–WC Composite coatings," *Tribology International*, vol. 37, p. 743–749.
9. **Van Acker, K., Vanhooywegen, D., Persoons, R., Vangrunderbeek J.** 2005. "Influence of Tungsten Carbide Particle Size and Distribution on the Wear Resistance of Laser Clad WC/Ni Coatings," *Wear*, vol. 258, p. 194–202.
10. **Zhong, M., Liu W., Zhang, Y., Xiaofeng, Zhu.** 2006. "Formation of WC/Ni Hard Alloy Coating By Laser Cladding Of W/c/ni Pure Element Powder Blend," *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, vol. 24, p. 453–460.
11. **Wang, Y., Xu, Z.** 2006. "Nanostructured Ni–WC–Co Composite Coatings Fabricated by Electrophoretic Deposition," *Surface & Coatings Technology*, vol. 200, p. 3896–3902.
12. **Lin Y.C., Chang K.Y.** 2010. "Elucidating the Microstructure And Wear Behavior of Tungsten Carbide Multi-Pass Cladding on AISI 1050 Steel," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 210, p. 219–225.
13. **Buytoz, S., Ulutan, M., M. Yıldırım, M.** 2005. "Dry sliding Wear Behavior of TIG Welding Clad WC Composite Coatings," *Applied Surface Science*, vol. 252, p. 1313–1323.
14. **Tusek, J., Suban, M.** 2000. "Experimental Research of the Effect of Hydrogen in Argon as a Shielding Gas in arc Welding of High-Alloy Stainless Steel," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 25, p. 369–376.
15. **Yılmaz, R.** 2009. FE-MN-C Yüzey Sertleştirme Alışımının Mikroyapı ve Aşınma Özellikleri, *Microstructure and Wear Behaviour of FE-MN-C Hardfacing Alloys*, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13–15 Mayıs, Karabük, Türkiye.
16. **Easterling, K.E.** 1992. *Introduction to the Physical Metallurgy of Welding*, Butterworth-Heinemann, London.
17. **Güral, A., Bostan, B., Özdemir, A.T.** 2007. "Heat Treatment in Two Phase Region and its Effect on Microstructure and Mechanical Strength After Welding of a Low Carbon Steel," *Materials and Design*, vol. 28, p. 897–903.
18. **Eroğlu, M., Özdemir, N.** 2002. "Tungsten-inert gas surface Alloying of a Low Carbon Steel," *Surface and Coatings Technology*, vol. 154.
19. **ASM International Handbook**, 2006. "Corrosion of Weldments," (#05182G).p. 1–12.
20. **Özel, S., Sarsılmaz, F.** 2008. "We-Co Tozunun Düşük Karbonlu Çelik Yüzeyine Gaz Tungsten Ark (GTA) Yöntemi ile Alıştırmalıdırılması," *Journal of Technical-Online*, vol. 7, no.3.
21. **Loginova, I., Agren, J., Amberg, G.** 2004. "On the Formation of Widmanstätten Ferrite in Binary Fe-C-Phase-Field Approach," *Acta Materialia*, vol. 52, p. 4055–4063.
22. **Manti, R., Dwivedi, D. K., Agarwal, A.** 2008. "Microstructure and Hardness of Al-Mg-Si Weldments Produced by Pulse GTA Welding," *Int. J Adv. Manuf. Tech.*, vol. 36, p. 263–269.
23. **Durgutlu, A.** 2004. "Experimental Investigation of the Effect of Hydrogen in Argon as a Shielding Gas on TIG Welding of Austenitic Stainless Steel," *Mater. Des.*, vol. 25, p. 19.
24. **Zeng, D.W., Xie, C.S., Yung, K.C.** 2002. "Mesostructured Composite Coating on SAE 1045 Carbon Steel Synthesized in situ by Laser Surface Alloying," *Materials Letters*, vol. 56, p. 680–684.
25. **Buytoz, S.** 2006. "Microstructural Properties of SiC Based Hardfacing on Low Alloy Steel," *Surface & Coatings Technology*, vol. 200, p. 3734–3742.
26. **Loginova, I., Agren, J., Amberg, G.** 2004. "On the Formation of Widmanstätten Ferrite in Binary Fe-C-Phase-Field Approach," *Acta Materialia*, vol. 52, p. 4055–4063.
27. **Buytoz, S., Ulutan, M.** 2006. "In Situ Synthesis of SiC Reinforced MMC Surface on AISI 304 Stainless steel by TIG Surface Alloying," *Surface & Coatings Technology*, vol. 200, p. 3698–3704.
28. **Eroğlu, M.** 2009. "Boride Coatings on Steel Using Shielded Metal arc Welding Electrode: Microstructure and Hardness," *Surface & Coatings Technology*, vol. 203, p. 2229–2235.