

Nizamettin KAHRAMAN

Araştırma Görevlisi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gazi Üniversitesi
06500 ANKARA

Behçet GÜLENC

Yardımcı Doçent
Teknik Eğitim Fakültesi
Metal Eğitimi Bölümü
Gazi Üniversitesi
06500 ANKARA

Alev Spreyleme Yöntemiyle Kaplanan Malzemelerde Kaplama Tabakası ve Arayüzeyinin İncelenmesi

Bu çalışmada, değişik tozlar kullanılarak, yüzeyleri dişsiz ve dişli olarak hazırlanmış numuneler üzerine sıcak ve soğuk alev spreyleme yöntemi kullanılarak kaplama işlemi yapılmış ve kaplamaların altlık malzeme-kaplama tabakası arayüzey geçişleri incelenmiştir. Metalografik incelemeler sonucu yüzeyleri dişli olarak hazırlanmış numunelerin, diğer numunelere göre altlık malzeme-kaplama tabakası arayüzey geçiş bölgelerinin daha düzgün olduğu görülmüştür. Kaplama yönteminin sıcak veya soğuk oluşu, arayüzeyi fazla etkilememiştir. Ayrıca, numunelere ısıl şok uygulanmış ve ısıl şok sonrası numunelerde gözle görülebilir çatlak, ayrılma ve şekil bozukluğu görülmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Alev spreyleme, termal şok, arayüzey bağı

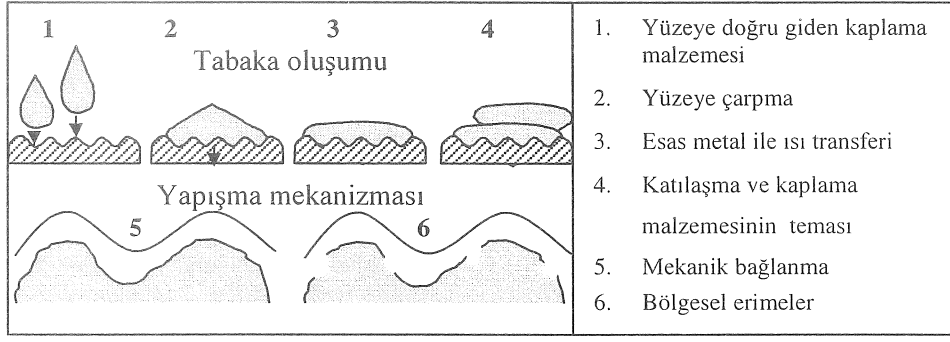
GİRİŞ

Metallerden yapılan çoğu parçalar çeşitli yöntemlerle kaplanırlar. Kaplamanın temel sebepleri; korozyon direncini sağlamak, parçanın görünümünü iyileştirmek, aşınma direncini arttırmak veya yüzeyin sürtünmesini azaltmak, elektrik iletkenliğini ve direncini arttırmak, daha sonraki işlemler için metal yüzeyler hazırlamak ve çalışma esnasında aşınmış yüzeyleri tekrar ölçüsüne getirmek olarak sıralanabilir. Metal dışı malzemeler de bazen kaplanabilirler. Yansıtmayı engellemek amacıyla da optik merceklere ve camlara uygulanabilir [1].

Termal spreyleme işlemi yüksek performanslı malzemelerin daha kolay ve ekonomik olarak hazırlanmış altlık malzemeye kaplanması işlemidir. Kaplama malzemesi tel veya çubuk olarak bir gaz alevinin içine sürülür. Argon, azot vb. gaz ortamında kaplama malzemesi ergitilir ve atomize edilir. Basınçlı gaz, 10-50 µm'lik parçacıkları kaplanacak yüzeye gönderir. Parçacıklar yüzeye çarpıp, soğuması ile kaplama tabakası oluşur. Bu işlem sırasında altlığa çok az miktarda ısı gönderilir (100-260°C). Termal spreyleme işlemi, istenmeyen metalurjik değişimler veya aşırı distorsiyon oluşturmaz ve kaplamalar ince ve hassas parçalara veya plastik gibi ısıya duyarlı parçalara da uygulanabilir [2].

Yüzeye farklı bir malzemeden ilave bir kaplamanın yapıldığı ısıl püskürtme yöntemlerinin uygulanması endüstri de her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Zira metallerden ve oksitlerden, seramik ve camlı metallere kadar geniş bir dağılım aralığındaki malzemeleri içeren ısıl püskürtme kaplamaları, ana malzemenin beklenilmeyen ve gereksiz olan hasarından dolayı başta üreticiler olmak üzere herkesin dikkatini çekmektedir. Parçayı tamamen yenilemek için gerekli olan masrafın az bir bölümüyle ve çeşitli ısıl püskürtme yöntemleri ile uygulanan yeni yüzey malzemesi, bu tür parçalara ilave ömür kazandırmaktadır [3].

Termal spreylemiş kaplamalar, hazırlanmış bir alt tabaka üzerine çok ince, ergimemiş (yada yumuşatılmış) partiküllerin yönlendirilmesi ile üretilir. Normal olarak kaplamalar yapışma, gözeneklilik seviyeleri ve oksit içeriği yardımıyla karakterize edilir [4]. Genel olarak daha yüksek partikül hızı daha iyi yapışmayı, daha düşük gözeneklilik ve yoğunluk, aşınmaya karşı direnci yüksek olan kaplamaları meydana getirir [5]. Şekil 1 ısıl püskürtme tabakası oluşumunu göstermektedir.



Şekil 1. Isıl püskürtme tabakası oluşumu [6].

Termal spreyleme, kaynaklı kaplamadan farklı olarak iki ayrı avantaj göstermektedir. Bunlardan ilki; seramik gibi kaynak edilebilir olmayan kaplama malzemelerine uygulanabilir olması, ikincisi ise, kompozisyon yada çarpılmaya eğilimliliği yüzünden kaynakla kaplamaya uygun olmayan malzemeler için yapılacak kaplamalara uygulanabilirliğidir. Genel olarak, altlık üzerinde az yada hiç, çarpılma, eriyik ve metalurjik darbe mevcut değildir [7].

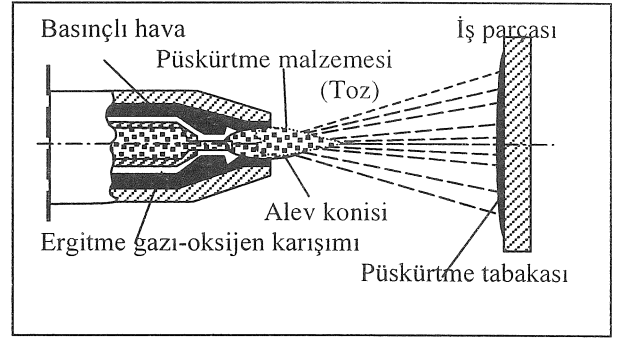
Temizlenmiş alt tabakaya kum püskürtülerek veya pürüzlendirilerek yapışma genel olarak artırılır. Kaynaklı kaplamalar haricinde kaynaşma ile (birleşmeyle) ya altlık yada kaplamanın yoğunluğunda düşme meydana gelmez ve kaplama malzemesinin ergime derecesi altlık malzemesinin ergime derecesinden daha yüksek olabilir. Spreylenmenin bir avantajı da az yada hiç ön veya son ısı işlemini gerektirmeyişidir [7,8].

Termal spreyleme genel olarak dört grup altında incelenebilir [9]. Bunlar; 1) Alev spreyleme, 2) Plazma spreyleme, 3) Ark spreyleme, 4) Detonasyon alev spreylemedir. Termal spreyleme ailesine katılan en son yöntem, Yüksek Hızlı Oksi-yakıt spreyleme (HVOF) yukarıda sayılan yöntemlere alternatif olarak kurulmuştur [4,8].

Alev spreylemede, tüketilebilir tel yada toz, oksi-yakıt alevi ile eritilir. Tel, kendi ucunu eriten alevin içine kontrollü bir hızda beslenir. Sıkıştırılmış hava ise alt tabaka üzerindeki sıvı yada yarı sıvı parçacıkları ivmelendiren memenin dış çevresine doğru beslenir. Hava, gaz akışları ve basınçlar, tel çapı ile birlikte tel besleme hızı, kaplama özelliklerini etkilemektedir. Modern donanımda, bütün bu parametreler dikkatlice kontrol edilir ve eldeki özel kaplamanın istekleriyle tanımlanır [10]. Şekil 2'de toz alev spreylemenin şeması görülmektedir

Alevle püskürtme işleminde daima nötr (normal) bir alev kullanılmaktadır. Kaplama genel olarak 100 ile 200 mm arasındaki bir mesafede yapılmalıdır. İnce sac veya ısıya karşı hassas malzeme üzerine püskürtme yapılırken bu mesafe

daha fazla olmalıdır. Püskürtme demetinin yüzey ile yaptığı açı 45° 'den küçük olmamalıdır. Aksi halde püskürtülen tabaka sünger gibi bir hal almaktadır. En iyi netice 70 ile 80° 'lik bir düşüş açısı ile sağlanmaktadır. Ekonomik bakımdan dar açılı bir püskürtme demetinin kullanılması yerinde olur. Böylece kalınlığı düzgün olan bir püskürtme tabakası elde edilmektedir [11].



Şekil 2. Toz alev spreylemenin şeması.

Yüzeylerin hazırlanması için genel olarak kabul edilen yöntemler şunlardır: oyuklar yapmak, kaba diş çekme, kum-tane püskürtme, kendini bağlayan malzemelerin kullanılması, saplamalar yerleştirme, taşlama ve dağlama [12].

Termal spreylemiş kaplamalarda birleştirme temelde atomize edilmiş parçacıklar arasında ve altlık yüzeyinde mekanik bir bağ oluşturulur. Bu nedenle yeterli birleşmeyi sağlamak için hazırlık aşamasında yüzey pürüzlendirilmelidir [1].

Kötü iklim veya atölye şartlarında, kum ile temizlenmiş yüzeylerde ince bir tabaka halinde su filmi kalır. Bu durum, iyi yapışmayı engeller. Bunu önlemek için yüzeylerin püskürtme işleminden önce 60 ila 80°C bir ön tavlama tabi tutulması gerekir. Genel olarak; kum ile temizlemeden sonra püskürtme hemen yapılmalıdır. Bu arada süre üç saati geçerse yapışma iyi olmaz [11,12].

Bu çalışmada, yüzeyleri dişli ve dişsiz olarak hazırlanmış silindirik numuneler üzerine toz alev spreyleme yöntemiyle yedi farklı toz kullanılarak, sıcak ve soğuk olarak kaplama işlemi yapıp, yapılan kaplamaların altlık malzeme-kaplama tabakası arayüzeyleri incelenmiştir.

DENEYSSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada Tablo 1'de kimyasal kompozisyonu verilen DIN 55 Si 7 çelik malzeme Alev Spreyleme (Flame Spraying) yöntemiyle, bileşimi ve özellikleri Tablo 2'de verilmiş olan yedi değişik toz ile kaplanmıştır.

Kaplama tabakasının özelliklerine etki eden en önemli parametrelerden biri yüzey hazırlama olduğundan yüzeylerin hazırlanmasına azami derecede özen gösterilmiştir. 120 mm boyunda

kesilen 20 mm çapındaki 18 adet malzeme kenarlardan ve ortadan 20 mm bırakılarak, 30° ar mm olmak üzere iki yerinden torna tezgahında işlenmiştir. Kaplama kalınlığının farklı olması amacıyla, işlenen kısımlardan birinin çapı 18 mm, diğeri ise 19 mm olarak hazırlanmıştır. Malzemelerden 10 tanesi tornadan çıktığı haliyle, 8 tanesi ise diş çekilerek (M18x0.5 ve M19x0.5) kaplamaya hazır hale getirilmiştir. İşlenen kısımların bitiş yerlerine kaplamanın daha iyi yapışmasını sağlamak ve tabakalar arasındaki gerilimi azaltmak amacıyla 45°'lik bir eğim verilmiştir. Tornalanmış malzemeler, desikatör içerisinde oksitlenmemesi için kaplanana kadar gerekli itina ile korunmuş ve tornadan çıkan her malzeme hemen kaplamaya alınmıştır.

Tablo 1. Altlık malzemenin kimyasal kompozisyonu (Ağırlıkça %)

Element	C	Mn	P	S	Si	Al	Ni	Cr	Cu	Ti	Fe
%Oran	0.521	0.94	0.023	0.008	1.181	0.088	0.159	0.415	0.148	0.004	Kalan

Tablo 2. Kaplamada kullanılan tozların özellikleri [13].

Tozun Adı	Bileşimi	Tane boyutu (µm)	Kaplamanın gözenekliliği (% Hacim)	Tahmini Sertlikleri
36 C Metco*	%35 Tungsten karbür ve %8 Nikel karışımı, Nikel-Kromlu alaşım	-150 +45µm (-100 +325 mesh)	-	75 R _c
41 C Metco*	316 serisi Paslanmaz çelik	-106 +45µm (-140 +325 mesh)	11	88-92 R _b
44 Metco*	Nikel bazlı kromlu paslanmaz çelik	-106 +45µm (-140 +325 mesh)	-	80 R _b
444 Metco*	Nikel-krom-molibden-alüminyum kompozit tozu	-125 +45µm (-120 +325 mesh)	<2	80 R _b
449 P Metco*	Yüksek kromlu çelik, molibden-alüminyum kompozit tozu	-125 +45µm (-120 +325 mesh)	< 2	35-40 R _c
452 Metco*	Nikel-demir-alüminyum kompozit tozu	-125 +45µm (-120 +325 mesh)	< 1-2	80 R _b
RotoTec19985 Castolin*	Krom nikel bazlı	-	-	170-210 HV ₁₀
RotoTec 51000 Castolin*	Bağlayıcı (Astar) toz	Özelliği: 19000 serisi tozlar 51000 bağlayıcı toz atılmadan kullanılamazlar. Saf bakır malzeme hariç her tür demir, çelik ve alaşımları, Al ve Cu alaşımları üzerine 0.1-0.2 mm kalınlığında astar olarak atılır.		

* Ticari ismi

Kaplama işleminde, torna devir hızı 400 dev/dk. olarak sabit tutulmuştur. Kaplanan malzeme ile tabanca arasındaki püskürtme mesafesi 15 cm'dir. Kaplama işlemi manuel olarak sıcak ve soğuk olmak üzere iki farklı şekilde yapılmıştır. Soğuk kaplamada altlık malzemeler ısıtılmadan doğrudan püskürtme işlemine tabi tutulmuş, sıcak kaplamada ise malzemeler en fazla 300°C'de tavlandıktan sonra püskürtme işlemine geçilmiş, yeterli birikinti elde edildiğinde tabancadaki Toz akışı kesilerek sadece oksijen-gaz aleviyle numune üzerindeki birikinti eritilerek altlık üzerine daha iyi yapışması amaçlanmıştır. Kaplama işleminde 19985 tozunda astar olarak 51000 tozu bağlayıcı olarak kullanılmış, diğerlerinde ise astar kullanılmamıştır. Kaplanan numuneler açık havada soğumaya bırakılmıştır. Dişli ve dişsiz olarak hazırlanan altlık malzemelerin kaplanmasında kullanılan toz çeşidi ve kaplama şekli Çizelge 3'de verilmiştir.

Alev spreyleme yöntemi ile kaplanmış numuneler, metalografik inceleme için elektro erozyon yöntemiyle, Şekil 3'te görüldüğü gibi, $\phi 18$ mm'lik kısımdan 10 mm genişliğinde birer parça çıkarılmış, $\phi 19$ mm'lik kısım ise ortadan ikiye kesilmiştir.

Kesilen numuneler sırası ile 400-600-800-1000-1200 numaralı SiC su zımparası ile, her seferinde 90° döndürülerek her yönde eşit miktarda zımparalanmıştır. Zımparalanmış numuneler 1 μ m'lik elmas parlatıcı kullanarak DP mikrokeçe kumaş üzerinde parlatılmış ve parlatılan numuneler dağlama işlemine tabi tutulmadan optik mikroskop ile fotoğrafları çekilmiştir. Daha sonra arayüzey yapışma

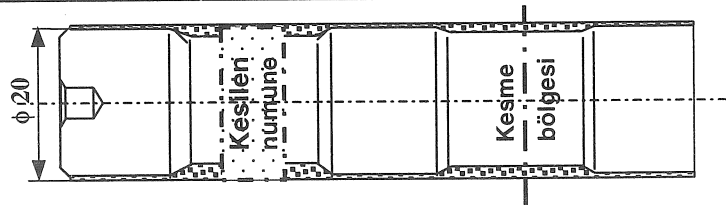
mukavemetinin belirlenmesi için termal şok deneyi yapılmıştır.

Termal spreylemiş kaplamaların yapışma mukavemeti göreceli olarak düşüktür ve bazen işletim boyunca altlıktan ayrılma eğilimi gösterirler [13]. Genelde spreylendirilenler, kalite ve sağlamlık için gözle incelenirler. Bağlanma eksikliğini tespit etmek için ayrıca ultrasonik tekniklerden yararlanılabilir. Penetrant yada manyetik parçacık muayenesi açığa çıkmış çatlakları yada yüzeye çıkmış gözenekleri tespit edebilir [9,14]. Kaplanmış malzeme ilk olarak 500 °C'a ısıtılmış bir fırına konulur. 12 dakika fırında tutulur, daha sonra fırından çıkarılarak açık havada soğutulur. Ultrasonik test oda sıcaklığına kadar soğuma gerçekleştikten sonra yapılır ve aynı işlem tekrarlanır [14]. Kaplama yapılmış numunelere yukarıdaki işlemler aynen uygulanmış, buna ilave olarak da birer numune 700 °C'de 12 dakika fırında bekletilerek açık hava yerine suda soğutulmuştur. Radyografik muayene esnasında numuneler, FFD=85 cm (Film kaynak uzaklığı), 5mA akımda, 180 kV gerilimde 2 dakika bekletilerek teste tabi tutulmuştur. Radyografik incelemeler sonucunda hatalı bulunan parçalar penetrasyon yöntemiyle muayene edilmişlerdir.

Parlatılmış numunelerin mikro yapısının incelenmesi, arayüzey ve kaplama tabakasının x100 ve x160 büyütme oranlarında OLYMPUS marka optik mikroskop yardımı ile gerçekleştirilmiştir. İncelemelerde, fotoğraf çekiminin, kaplamaların karakteristik özelliklerini tam olarak yansıtan bölgelerden yapılmasına özen gösterilmiştir.

Tablo 3. Altlık malzemelerin kaplama şekli ve tanımlanması.

Dişsiz Miller			Dişli Miller		
Parça kodu	Kaplama tozu	Kaplama şekli	Parça kodu	Kaplama tozu	Kaplama şekli
1 No'lu parça	36 C	Sıcak	11 No'lu parça	44	Soğuk
2 No'lu parça	36 C	Sıcak	12 No'lu parça	449P	Soğuk
3 No'lu parça	41 C	Sıcak	13 No'lu parça	452	Soğuk
4 No'lu parça	41 C	Soğuk	14 No'lu parça	19985	Soğuk
5 No'lu parça	444	Soğuk	15 No'lu parça	41C	Soğuk
6 No'lu parça	44	Soğuk	16 No'lu parça	41C	Sıcak
7 No'lu parça	44	Sıcak	17 No'lu parça	444	Soğuk
8 No'lu parça	449P	Sıcak	18 No'lu parça	444	Sıcak
9 No'lu parça	449P	Soğuk			
10 No'lu parça	452	Soğuk			



Şekil 3. Kaplanmış numunenin metalografik inceleme için hazırlanması.

DENEYSEL SONUÇLAR

Termal Şok Deney Sonuçları

Numunelere yapılan gözle muayenede JIS H8666'ya (Japanese Industrial Standart- Japon Sanayi Standardı) göre herhangi bir çatlak, yırtılma, ayrılma ve şekil bozukluğu görülmemiştir. Ayrıca standart dışı olarak 700°C'de tavlansın suda soğutulan numunelerde, gözle görülebilir hiçbir şekil değişikliğine rastlanmamıştır.

Radyografik incelemeler sonucunda 36C sıcak dişsiz, 41C sıcak dişsiz, 44 sıcak dişsiz, 449P soğuk dişsiz, 452 soğuk dişsiz, 449P soğuk dişli, 452 soğuk dişli ve 444 sıcak dişli numunelerde termal şok deneyinden sonra altlık malzeme-kaplama tabakası arasında hatalar meydana geldiği tespit edilmiştir. 444 soğuk dişsiz, 44 soğuk dişsiz, 449P sıcak dişsiz, 44 soğuk dişli, 19985 soğuk dişli, 41C soğuk dişli ve 41C sıcak dişli numunelerde ise herhangi bir hataya rastlanmamıştır.

Radyografik incelemeler sonucunda hatalı bulunan numuneler penetrasyon yöntemiyle muayeneye tabi tutulmuş ve muayene sonucunda altlık malzeme-kaplama tabakası arayüzeyinde kısmi boşlukların olduğu görülmüştür.

Arayüzeyin Metalografik Yapısının Değerlendirilmesi

Yedi değişik toz ile sıcak ve soğuk olarak dişli ve düz yüzeylere uygulanan alev spreyleme işleminde aşağıda verilen sonuçlar elde edilmiştir. 36C sıcak dişsiz kaplamasında altlık malzeme-kaplama tabakası ara yüzeyindeki geçiş bölgesinin düzenli olduğu ve herhangi bir hata içermediği Şekil 4'te açıkça görülmektedir. Kaplama tabakası az miktarda gözenek (siyah noktalar) içermektedir. Alev spreyli metal birikintilerine dik olan kesitin mikroyapısı, katlı metal parçacıkları (beyaz), metal oksit inklüzyonları (gri) ve gözeneklerin (siyah) heterojen

karışımını gösterir. Açık ve katlı parçacıklar birbirlerine kimyasal ve mekaniksel etkileşimle bağlanırlar [9].

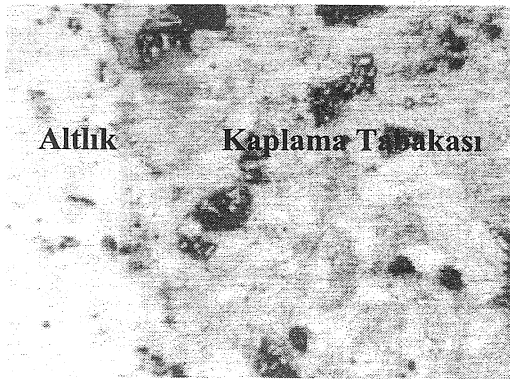
316 serisi paslanmaz çelik tozunun kullanıldığı 41C kaplaması çok iyi korozyon direncine sahip olmasına rağmen, altlık malzeme-kaplama tabakası arayüzeyinde düzensizliklerin meydana geldiği Şekil 5'te görülmektedir. Bu kaplama, 36C kaplamasına göre daha çok gözenek içermektedir. Bu da kullanılan tozun kimyasal bileşiminden (Çizelge 2) kaynaklanmaktadır [13].

Nikel-krom-molibden-alüminyum kompozit toz karışımı ile üretilen 444 kaplamasında, soğuk dişsiz (Şekil 6a) haricindeki kaplamalarda arayüzeyin düzenli olduğu ve her üç kaplamada da kaplama tabakasının siyah renkte poroziteler içerdiği Şekil 6'da görülmektedir.

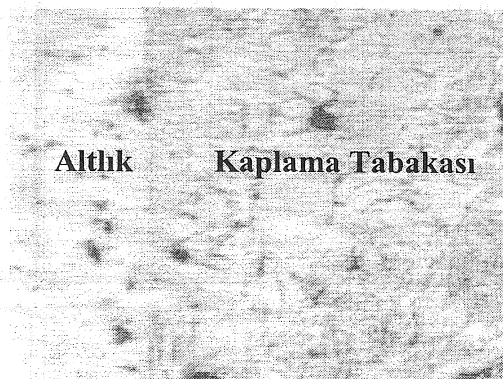
Nikel bazlı kromlu paslanmaz çelik tozları ile üretilen 44 kaplamasının optik mikroskop görüntüsü Şekil 7'de verilmiştir. Burada soğuk dişsiz kaplama arayüzeyinde bir miktar düzensizlik mevcuttur (Şekil 7a). Kaplama tabakasında bulunan porozite miktarı ve boyutu numunenin kaplama yöntemine göre değişmemiştir.

Yüksek kromlu çelik ve molibden-alüminyum kompozit tozu içeren 449P kaplaması (Şekil 8) ve nikel-demir-alüminyum kompozit tozu ile üretilen 452 kaplamasında altlık malzeme-kaplama tabakası arayüzeyinin düzenli olduğu görülmektedir (Şekil 9). Ancak, 449P sıcak kaplamasında porozite miktarı ve boyutu diğerlerine göre daha fazladır.

Şekil 10'da optik mikroskop görüntüsü verilen 19985 kaplamasında, bağlayıcı olarak kullanılan astar tozu ve kaplama tabakası birbirlerinden farklı görünümündedirler. Altlık-bağlayıcı ve bağlayıcı-kaplama tabakası geçiş bölgeleri düzensizlik içermemektedir. Bu kaplamanın astar tabakasında bulunan porozite miktarı ve boyutu asıl kaplama malzemesinden daha fazladır.

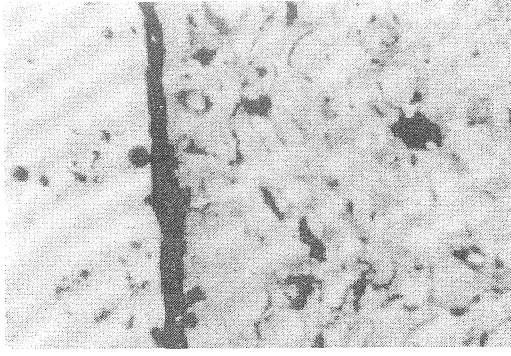


(a)



(b)

Şekil 4. 36C Sıcak Dişsiz kaplamasının ve arayüzeyinin a) x100 ve b) x160 büyütmedeki optik mikroskop görüntüleri.



(a)



(b)

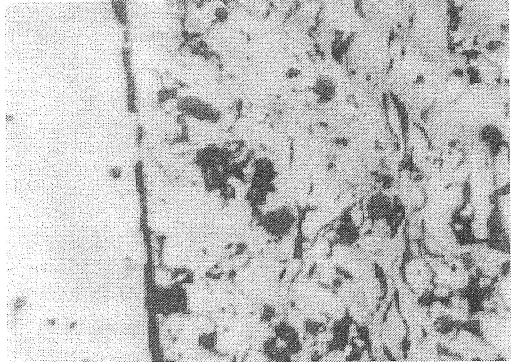


(c)



(d)

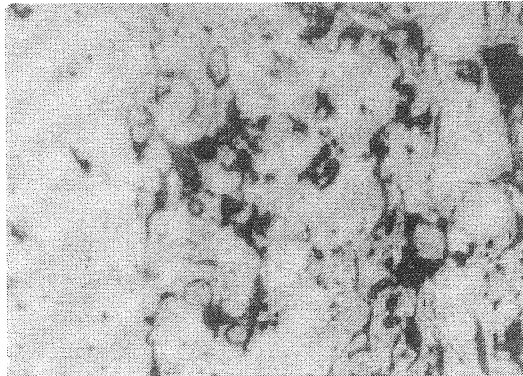
Şekil 5. 41C Kaplamasının a) Soğuk dişsiz, b) Soğuk dişli, c) Sıcak dişsiz ve d) Sıcak dişli numunelerde x160 büyütmedeki optik mikroskop görüntüleri.



(a)

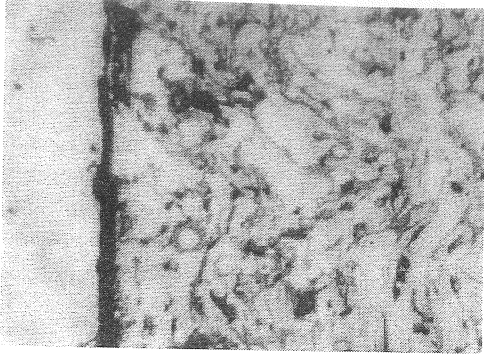


(b)

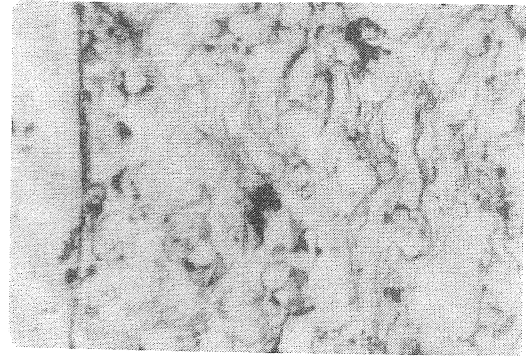


(c)

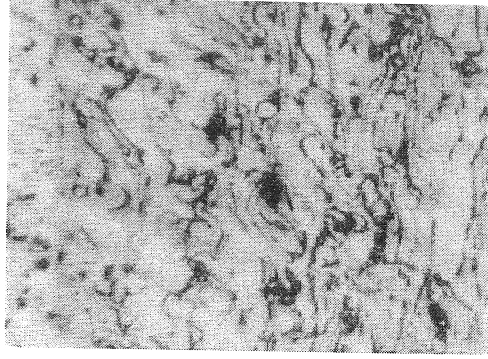
Şekil 6. 444 Kaplamasının a) Soğuk dişsiz, b), Soğuk dişli c) Sıcak dişli numunelerde x160 büyütmedeki optik mikroskop görüntüleri.



(a)

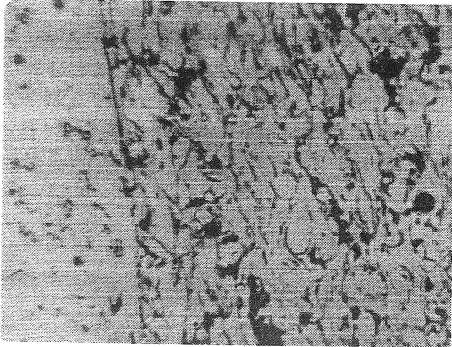


(b)

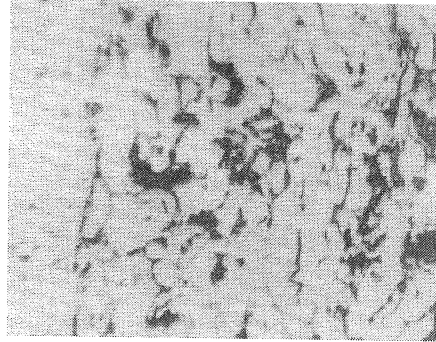


(c)

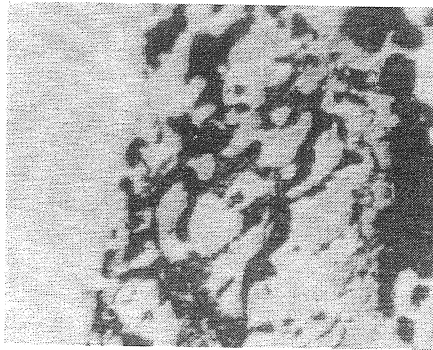
Şekil 7. 44 Kaplamasının a) Soğuk dişsiz, b) Soğuk dişli ve c) Sıcak dişsiz numunelerde x160 büyütmedeki optik mikroskop görüntüleri.



(a)

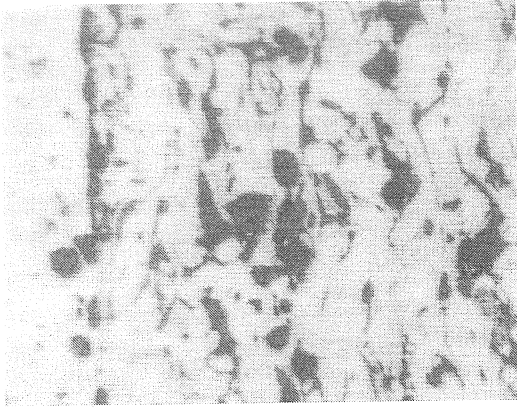


(b)

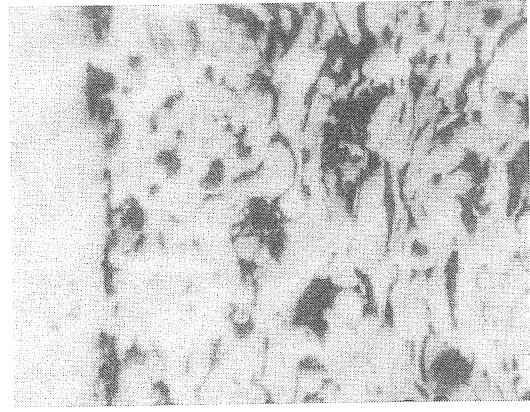


(c)

Şekil 8. 449P Kaplamasının a) Soğuk dişsiz x100, b) Soğuk dişli ve c) Sıcak dişsiz numunelerde x160 büyütmedeki optik mikroskop görüntüleri.

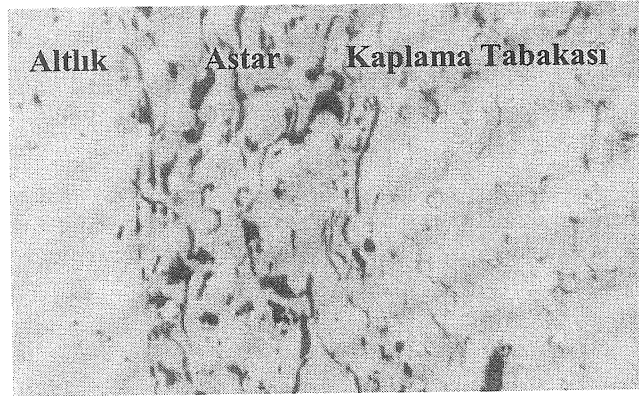


(a)



(b)

Şekil 9. 452 Kaplamasının a) Soğuk dişsiz b) Soğuk dişli numunelerde x160 büyütmedeki optik mikroskop görüntüleri.



Şekil 10. Soğuk dişli numunede 19985 kaplamasının x160 büyütmedeki optik mikroskop görüntüsü.

SONUÇ VE ÖNERİLER

- Optik mikroskop analiz sonuçlarına göre, dişli numunelerdeki arayüzey geçiş bölgesinin dişsiz numunelere göre daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.
- Altık malzemenin sıcak oluşu, arayüzeyi ve kaplama tabakasını olumlu yönde etkilememiştir. Bunun için altık malzemeyi ısıtmak, numunenin çarpılması ve kaplama maliyeti açısından doğru bir tercih olmayabilir.
- Numunelere yapılan termal şok testi sonrasında, yüzeyi pürüzlendirilmiş (dişli) numunelerdeki hataların, yüzeyi tornada talaş kaldırma pürüzlülüğünde işlenenlere (düz) göre daha az olduğu görülmüştür
- Mikroyapı fotoğraflardan da anlaşıldığı gibi, 41C kaplamasında (Şekil 5) arayüzey geçiş bölgeleri fazla miktarda porozite bandı

içermektedir. Kaplama öncesi numuneler daha iyi temizlenerek bu hatalar azaltılabilir.

- Arayüzey pürüzlülüğünün kaplama performansına etkisinin incelenmesi amacıyla miller üzerine metrik vida açılarak yapılan kaplamalarda, gözle yapılan muayenede kaplama tozlarının vida diş diplerine tam olarak temas etmediği görülmüştür. Metrik vida (üçgen kesitli) yerine yuvarlak kesitli vida açılması durumunda, kaplama tabakası altlık malzemeye daha iyi temas edebilir.

INVESTIGATION OF COATING LAYER AND ITS INTERFACE IN MATERIALS COATED BY FLAME SPRAYING

In this study, specimens whose surfaces are non-threaded and threaded were coated using various powders. Hot and cold flame spraying methods were used. Coating layer-substrate interfaces were investigated. It was found by metallographic

examination that the interfaces of threated specimens were better than those of the plain specimens whilst hot or cold spraying did not influence the interfaces substantially. In addition, thermal shock was also applied to the specimens. After the thermal shock, there were not seen any appearant crack, flaking and geometric distortion in the specimens.

Keywords: Flame spraying, thermal shock, interface bonding

KAYNAKLAR

1. Groover, M.P., Fundamentals of Modern Manufacturing, Materials, Processes and Systems., Prentice-Hall,Inc., 1996.
2. Degarmo, E.P., Black, J. J., Kohser R. A., Materials and Procsses in Manufacturing., 8 th Edition., Prentice-Hall,Inc 1997.
3. Sarı, N.Y., Kaluç, E., Tülbentçi, K., Isıl püskürtme uygulanmış Ç1050 çeliğinin abrasif-erozif aşınma davranışının incelenmesi, sayfa 22-31 MAMTEK'99 ,17-19 Kasım 1999, Manisa.
4. Harvey, D., The tough truth-wear resistant coatings using HVOF, *TWI Bulletin 1*, January/ February, 473(1) 1995.
5. Philips, B. A., Knapp, J. K., Thermal spray coatins reduce wear and corrosion on calender rolls, *Tappi Journal*, 1995, Vol 78(10), 197-205
6. Sarı, N. Y., Akay, S., Kaluç, E., , Isıl Püskürtme, *Mühendis ve Makine*, Vol. 38, Num. 448, 1997, pp. 19-25
7. Harvey, D., Surfacing armoury broadens to combat industry bane, *TWI Bulletin 6*, November/ December, 1991. 416 (6), pp 32-35.
8. Harvey, D., The ultimate coating-thermal spraying at Abington, *TWI Bulletin 2*, March/April, 1994, 456(2), pp 28-30.
9. Resistant and solid-state welding and other joining processes, Chapter 12, 1984, *Aws Welding Handbook*, Seventh edition, Vol 3, welding processes.
10. *Agard Technical Bulletin*, Materials coating techniques LS-106, March, 1980, London, 1-4.
11. Anık, S., *Kaynak teknolojisi el kitabı*, Ergör Matbaası, 1983, İstanbul.
12. Anık, S., Anık, E.S., Vural, M., *1000 Soruda kaynak teknolojisi el kitabı*, Cilt I, Birsen Yayınevi, 1993, 270-290, İstanbul.
13. Sulzer Metco, *Technical Bulletin* Sept 1977, July 1980, Apr 1984, Oct 1980.
14. Lian, D., Suga, Y., Shou, G., Kurihara, S., An ultrasonic testing method for detecting delamination of sprayed ceramic coating, *Journal of Thermal Spray Technology*, 1996, Volume 5(2), pp 128-133.