

EMAYE ÇELİKLERİ VE ERDEMİR' DE ÜRETİMİ

Metalürji Müh. A.Melih KOÇ¹, Dr. Oğuz GÜNDÜZ², Yük. Müh. Cengiz ŞAHİNTÜRK³

¹Kalite Kontrol Müdürlüğü ERDEMİR A.Ş 67300 Ereğli/Zonguldak
Tel: (372) 329 3839 E-posta:mkoc@erdemir.com.tr

² Kalite Kontrol Müdürlüğü ERDEMİR A.Ş 67300 Ereğli/Zonguldak
Tel: (372) 329 3639 E-posta:ogunduz@erdemir.com.tr

³ Test, Kalite ve Teknoloji Baş Müdürlüğü ERDEMİR A.Ş 67300 Ereğli/Zonguldak
Tel: (372) 329 3355 E-posta:csahinturk@erdemir.com.tr

Özet: Bu çalışmada genel olarak emaye kaplama prensipleri, emaye kaplama için kullanılan çelik kalitelerinin özellikleri ve standart karşılıkları ilgili olarak genel bilgi verilmiş, ayrıca Erdemir' de üretilen emaye çeliklerinin standartları, mekanik özellikleri ve üretim yöntemleri üzerinde durulmuştur. Emaye kaplama işleminde hem sıcak haddelenmiş hem de soğuk haddelenmiş mamuller kullanılmaktadır. Erdemir' de emaye kaplama işlemi için üretilen çelik kaliteleri soğuk haddelenmiş ürünlerdir.

Anahtar sözcükler: *Emaye, çelik, balık pulu*

1. ÇELİĞİN EMAYE KAPLANMASI

1.1 Emaye Kaplamanın Prensipleri

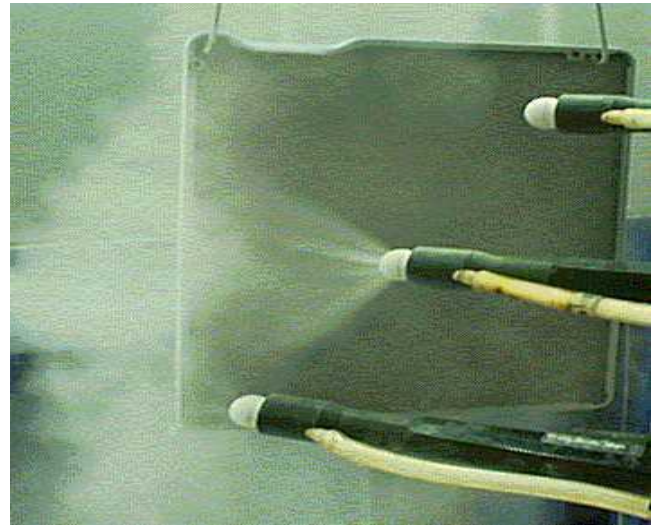
Emaye, kısaca, bazı inorganik malzeme karışımlarının ergitme ya da pişirilmesi sonucu elde edilen katı camsı yapıda olan maddedir. Emaye kaplama da bu malzemenin değerli taş, cam veya metal yüzeyine kaplanma işlemidir. Kaplama işlemi emaye harmanı içine farklı malzemelerin ilavesi ile bir ya da birkaç kat olabilmektedir.

Emaye kaplamada kullanılan malzemeler özel hazırlanmış fritlerden oluşur. Frit harmanlarının hazırlanmasında kullanılan hammaddeler petrolden elde edilen ve diğer koruyucu kaplamada kullanılan organik kökenli boya, plastik ve solvent gibi malzemelerden farklı olarak inorganik kökenlidir. Bu malzemeler yer kabuğunda bol miktarda vardır. Bu nedenle organik kökenli malzemelere göre üretilmeleri daha düşük maliyetlidir. Ayrıca bu malzemelerden üretilen emaye ile son derece kaliteli bir yüzey kaplama elde edilir.

Emaye kaplama, metal yüzeyinin emaye malzemesi ile yaş veya kuru yöntemle (Şekil 1) kaplama işlemine tabi tutulması ile elde edilir. Kimyasal reaksiyonlar emaye yapışmasının temel mekanizmasıdır. Bu yapışma oksitlerin cam esaslı faz içerisinde çözünmesi ile gerçekleşir.

Emaye kaplamanın temel mekanizması sıvı emayenin bir elektrolit gibi davranması sonucu metal ve emaye malzemesi arasında gerçekleşen oksidasyon-redüksiyon reaksiyonları ile açıklanabilir. Emayenin elektrolit etkisi yapması ile emaye içerisinde bulunan bağlayıcı özelliği olan metal oksitler (nikel oksit ve kobalt oksit) ile demir

metali arasında oluşan reaksiyonlar bir elektrolitik korozyon başlatır. Demir kendisinden daha asal olan metal oksitleri metalik hale dönüştürürken kendisi oksitlenerek demir oksit oluşturur. Böylece demirin bizzat reaksiyona girerek emaye ile oluşturduğu kompozit bileşim sayesinde mükemmel yapışma elde edilir. Emaye yüzeyi dekoratif görünümlü, dış etkilere fiziksel ve kimyasal açıdan dayanıklı ve sürtünme katsayısı çok düşük olan bir kaplama yapısıdır. Emayenin, kaplama özelliğinin yanı sıra korozyona karşı önemli koruma etkisi de elektriği iletmemesi nedeniyle çeliğin başka bir metal ile galvanik hücre oluşturmasının önlenmesidir. Bu nedenle emaye; metal, vernik ya da plastik kaplama gibi diğer metal kaplama türlerinden farklıdır [1].



Şekil 1. Elektrostatik toz yöntemi ile emaye kaplama

1.2 Emaye Kaplamada Kullanılan Çeliklerin Özellikleri

Emaye kaplamada çelik ile birlikte dökme demir, alüminyum, cam gibi malzemeler kaplama alt malzemesi olarak kullanılabilirler. Özellikle emaye kaplanacak metal bazlı malzemeler mukavemet, boyutsal kararlılık gibi özelliklere sahip olmalı, emaye malzemesinin sahip olduğu sertlik ve kimyasal dayanım gibi özellikleri ile uyum sağlayabilmelidir. Bununla birlikte emaye ile kimyasal açıdan etkileşim içinde olarak iyi bir yapışma sağlamalıdır.

Yukarıda ifade edilen bütün özellikleri bünyesinde taşıyan metal çeliktir. Özellikle sıcak ve soğuk olarak üretilen yassı mamul halindeki çelik endüstriyel bazda emaye kaplama için son derece uygun bir metaldir. Çeliğin emaye kaplanması ile elde edilen avantajlar şunlardır [2]:

- Kaynaklanabilir.
- Çevre dostu bir metaldir. Çelik, % 100 oranında geri dönüştürülebilir.
- Fiyat açısından uygundur. Şekil ve boyut açısından son derece esnekler. Farklı prosesler şartlarında özellikleri kalıcıdır.

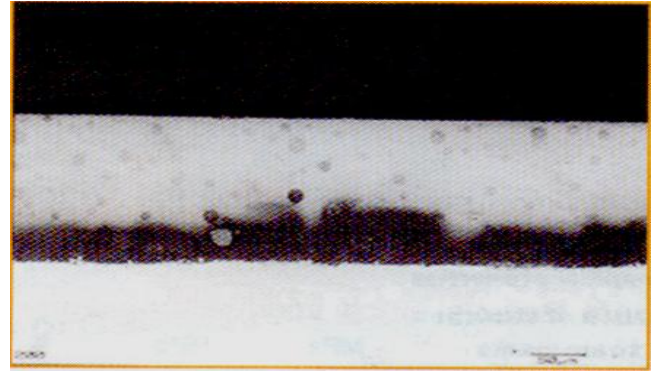
Emaye kaplama için üretilen soğuk çelik kaliteleri arzu edilen kaplama özelliklerinin sağlanması için kimyasal ve fiziksel açıdan belirli niteliklere sahip olması gerekir. Bu nedenle emaye işlemine uygun çelik cinsi sınırlıdır. Emaye kaplamaya uygun çelik şu özelliklere sahip olmalıdır [1, 3, 5]:

a) Soğuk şekillendirme özelliği son derece iyi olmalıdır. Özellikle kompleks şekilli parçalar sorunsuz olarak derin çekilebilmelidir. Emaye kaplama işlemi görece karmaşık şekilli ürünlerin imalinde kullanılacak çeliğin en önemli karakteristik özelliği soğuk şekillendirilebilme özelliğidir [3].

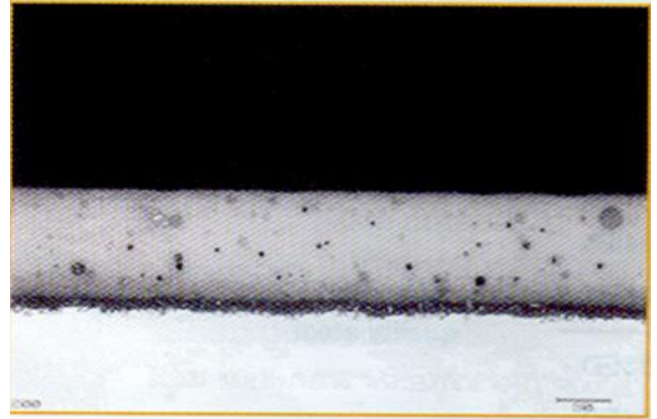
b) Alt kaplama metali olarak kullanılacak çelik emaye kaplanabilme özelliğine sahip olmalıdır. Pişirme esnasında emaye malzemesi tarafından çok iyi şekilde ıslatılabilir ve emaye ile reaksiyona girebilmelidir. Bu aynı zamanda etkili yapışmanın sağlanması demektir. Emayenin pişirilmesi anında demir oksit oluşumu optimum oranda gerçekleşmelidir. Pişirme anında henüz poröz yapıda olan emaye tabakası içerisine havadan oksijen girişi devam eder. Oluşan aşırı demir oksit kalı üzerine emaye malzemesi çöker ve bu zayıf yapışma demektir. Demir oksidin optimum oranda oluşmasını sağlamak için çeliğin karbon oranının düşük olması gerekir. Bunun için kaplama öncesi karbon giderme tavlama ile çeliğin karbonu düşürülür ya da sıvı çelik üretim aşamasında düşük karbonlu olarak üretilir [1, 2].

Emaye çeliklerinin özelliklerine göre kaplama yöntemleri farklılık gösterir. Bu varyasyonlar tek kat-tek pişirim, iki kat-iki pişirim, iki kat-tek pişirim şeklinde olabilir (Şekil 2). Örneğin iki kat yapılan kaplamada parça yüzeyine önce bir alt kaplama, üzerine ise ikinci bir emaye kaplama yapılmaktadır. Alt veya astar kaplama

uygulanmasının ana amacı ikinci kat kaplamanın daha iyi yapışmasını sağlamaktır. Bu yöntemde ilk önce alt kaplama sert ve ergimiş bir kaplama oluşturacak şekilde uygulanır ve malzeme pişirilir (firing). Sonra ikinci kat emaye bu alt kaplama üzerine uygulanır. Üst kat istenilen renk ve yüzey görünümü sağlar. Bu yöntem iki kat, iki pişirimli sistem olarak adlandırılır. Bazen alt kaplama üzerine elektrostatik yöntemle toz olarak ikinci kat direkt olarak uygulanır ve malzeme tek adımda yüksek sıcaklıkta pişirilir. Diğer tip emaye kaplama yöntemi ise tek kat ya da direkt emaye kaplama olarak adlandırılmaktadır ve tek kaplama ve tek pişirme aşamalarından oluşmaktadır. Burada ifade edilen yöntemlerde kullanılacak çelik kaliteleri istenilen kaplama özelliklerine göre farklı sahip olması gerekmektedir [1].



a)

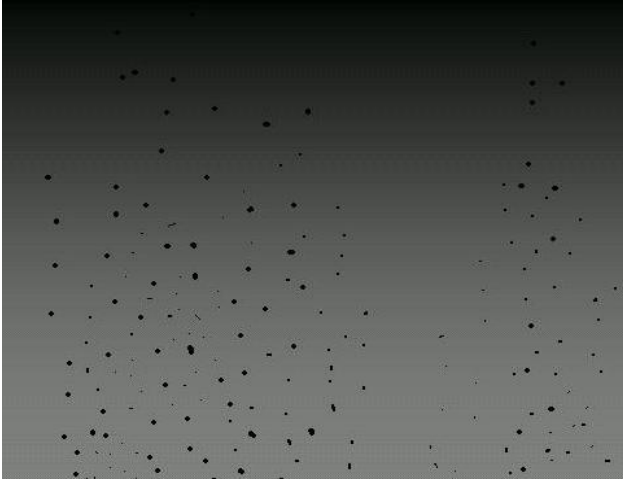


b)

Şekil 2. iki kat kat-iki pişirim (a) ve direkt emaye kaplama yapıları [2].

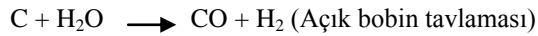
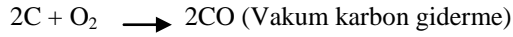
c) Emaye kaplama sırasında gaz çıkışı kaynaklı kusur oluşumunu önleyecek yapıda olmalıdır. Bu kusurların nedenlerinden bir de çelikte bulunan karbon elementidir. Özellikle pişirme esnasında karbonun oksidasyonu ile oluşan karbon monoksit gaz halinde ortamdan çıkarken emaye yüzeyinde çok ince, siyah ya da kahve renkli gaz boşlukları veya kabarcıklar oluşturur (carbon boiling). Bu kusur karbon köpürmesi ya da kaynaması olarak tanımlanır (Şekil 3). Bu kusuru önlemek için karbon ya tasfiye

edilmeli ya da titanyum, niyobyum ve vanadyum gibi stabilize eden elementler ile bağlanmalıdır [1, 2, 4].



Şekil 3. Karbon kaynama kusuru (carbon boiling)

Karbonun tasfiyesi için iki yöntem kullanılır [4]. Bu yöntemden biri açık bobin tavlama işlemidir. Soğuk haddelenmiş bobin tavlama sırasında karbonu giderilir. Bu işlem için su buharı kullanılır. Karbon 670-720 °C de su buharı ile girdiği reaksiyon sonrasında sistemden karbon monoksit olarak uzaklaşır. Diğeri sıvı çeliğin vakum şartlarında karbonunun giderilmesidir. Bu işlem sıvı çeliğin çok düşük basınçta vakum ortamından geçirilmesi ile gerçekleşir. Karbon sistemden karbon monoksit olarak uzaklaşır. Karbon giderme reaksiyonları:

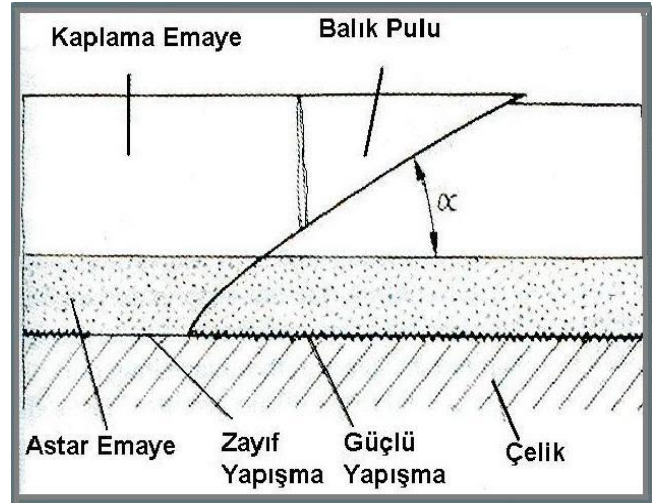


Karbon değerleri bu yöntemler ile % 0.040 değerlerinden % 0.0040 ve altındaki değerlere düşürülür.

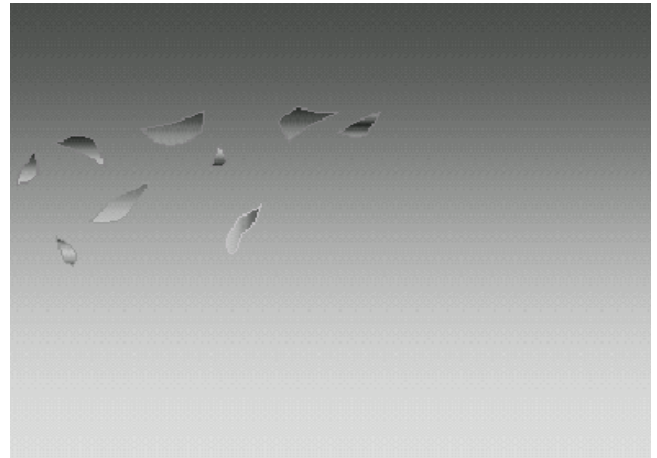
Karbonun etkisiz hale getirmek için uygulanan diğeri bir yöntem de titanyum ve niyobyum gibi stabilize edici elementleri ile bağlanmasıdır. Burada sıvı halde karbonu düşürülen çeliğin içinde geri kalan karbon bu elementler ile bağlanır. Bu elementler karbon ile birlikte azotu da bağlar. Bu nedenle bir miktar fazla ilave edilirler. Ancak bağlanan titanyumun dışında çelikte fazla kalan miktarı emaye yapışmasını olumsuz olarak etkiler. Fazla (excess) titanyum pişirme esnasında oksitlenerek emaye yapışmasını önemli oranda düşürür. Bu yüzden emaye kaplamaya uygun düşük titanyum içeren çelikler geliştirilmiştir [2, 6].

d) Emaye çeliği hidrojen kaynaklı emaye kusurlarının oluşumunu önleyecek yapıya sahip olmalıdır. Hidrojenin kaynağı fırın atmosferi, emaye malzemesi ve yüzey ön hazırlama işlemi sonrası kalıntılardır. Hidrojenin neden olduğu hidrojen kaynaması (hydrogen boiling) ve balık pulu (fish scale) oluşumu denilen iki önemli kusur vardır. Hidrojen kaynaması pişirme esnasında ortaya çıkar. Emaye

yüzeyinde portakal kabuğu görünümü gibi kusurlar oluşturur. Balık pulu ise en önemli emaye kusurudur. Pişirme esnasında hidrojen atomik formda çelikte çözünür. Sıcaklık arttıkça bu çözünürlük artar. Çözünürlüğün artışı nedeni 820-870 °C de yapılan pişirme sıcaklığında çelikte de ferrit-ostenit faz dönüşümünün gerçekleşmesidir (723 °C). Hidrojenin ostenit fazındaki çözünürlüğü ferrit fazına göre daha fazladır. Soğuma sırasında faz ferrite dönüşümüne hidrojenin çözünürlüğü azalır, çelikten diffüze olarak moleküler forma dönüşür ve emaye /çelik ara yüzeyinde hapis olur. Yüksek basınç bölgesi oluşturan hidrojen emaye yüzeyini yarım ay ya da balık pulu şeklinde çatlatır (Şekil 4, 5). Bu kusurun en önemli özelliği kaplama işlemi yapıldıktan sonra gün, hafta ya da aylar sonrası ortaya çıkabilmesidir. Hidrojen kaynaklı kusurlar iki temel yöntemle önlenir. Birincisi ferrit- ostenit dönüşüm sıcaklığını çok düşük karbonlu çelik üretmek ya da bobin tavlama ile karbon gidererek yükseltmek diğeri de çelikte fiziksel ve kimyasal olarak hidrojenin tutulduğu inklüzyon ve çökelti oluşturulmasıdır [2, 3, 4, 5, 6, 7].

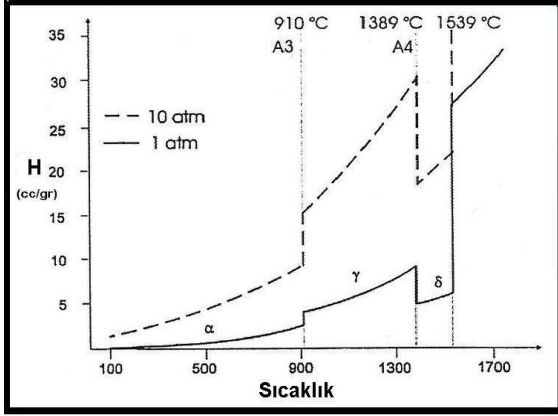


a)

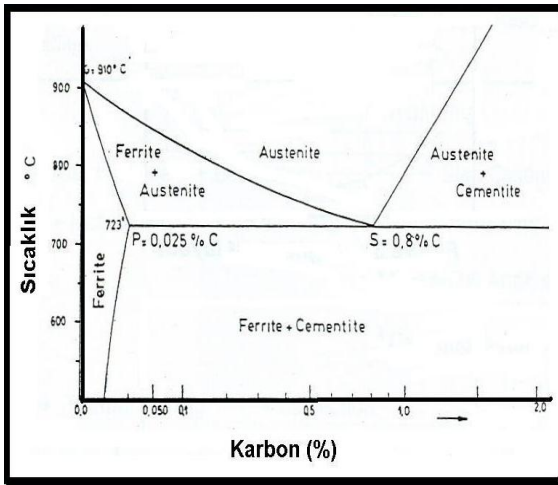


b)

Şekil 4. Balık pulu (fish scale) oluşum mekanizması (a)[3] ve balık pulu görünümü (b).



a)



b)

Şekil 5. Çelikte hidrojen çözünürlüğü (a) ve demir –karbon denge diyagramı (b) [4, 7]

e) Emaye çeliği kaplama sonrası uygulanan pişirme işlemi sırasında çarpılma ya da şekil bozukluğuna karşı dayanıklı olmalıdır [3].

f) Temizleme ve diğer yüzey ön işlemlerine uygun özelliğe sahip olmalıdır. Yağ, kir, pas ya da tufal gibi benzeri maddelerin kimyasal işlemler ile giderilmesini sağlayacak yeterlilikte yüzey aktivitesini taşımaktadır [3].

1.3 Emaye Çelik Kalitelerinin Standartları

Emaye için kullanılan çelik kalitelerini belirleyen standart DIN EN 10209 dur. Bu standart soğuk haddelenmiş emaye çelik kalitelerini temsil eder (Tablo 1) ve emaye kaplama yöntemine göre farklılık arz eden çelik kalitelerine göre alt gruplara ayrılır. Bu standartta toplam altı adet emaye kalitesi vardır. Alt grup, uygulanacak emaye kaplamanın tek kat ya da birkaç kat olmasına göre kısaltmalarla sınıflandırılmıştır [8].

Tek kat ya da direkt emaye için kullanılan ve ED kısaltması ile temsil edilen kaliteler çok düşük karbonlu çelikleri temsil ederler. Bu gruptan DC03ED ve DC04ED kaliteleri genellikle açık bobin tavlama ile karbon giderme işlemine tabi tutulmaları sonucu karbon değerleri düşüktür.

Yani klasik çift kat kaplama için kullanılan çelik kaliteleri EK, direkt ya da tek kat beyaz emaye kaplama için kullanılacak kaliteleri ED kısaltmaları ile temsil edilir.

Tablo 1. DIN EN 10209 Emaye çeliklerinin özellikleri

Kalite	Kimyasal Analiz (max)		Akma (N/mm ²) max.	Çekme (N/mm ²)	% Uzama min
	%C	%Ti			
DC01EK	0.08		270	270 / 390	30
DC04EK	0.08		220	270 / 350	36
DC06EK	0.02	0.30	190	270 / 350	38
DC03ED	Karbon giderme tavlama		240	270 / 370	34
DC04ED			210	270 / 350	38
DC06ED	0.02	0.30	190	270 / 350	38

Yine direkt emaye için kullanılan DC06ED kalitesi ise karbon değerinin standartta % 0.02 maksimum olarak belirlenmesi ile birlikte çelik üretim safhasında sıvı çelik bir vakum prosesinden geçirilerek çok düşük basınçlarda karbon giderme işlemine tabi tutulur. Aynı zamanda titanyum içeren bu kalite IF (interstitial free) çeliği grubuna girer.

2.ERDEMİR' DE EMAYE ÇELİKLERİNİN ÜRETİMİ

2.1 Erdemir Emaye Çelikleri

Erdemir emaye kaplama uygulamalarında optimum performansı sağlayacak şekilde dizayn edilmiş, DIN EN 10209 standardında; DC01EK (7512K), DC04EK (7513K) ve DC06ED (7514K) ile gösterilen üretmektedir (Tablo 2) [9].

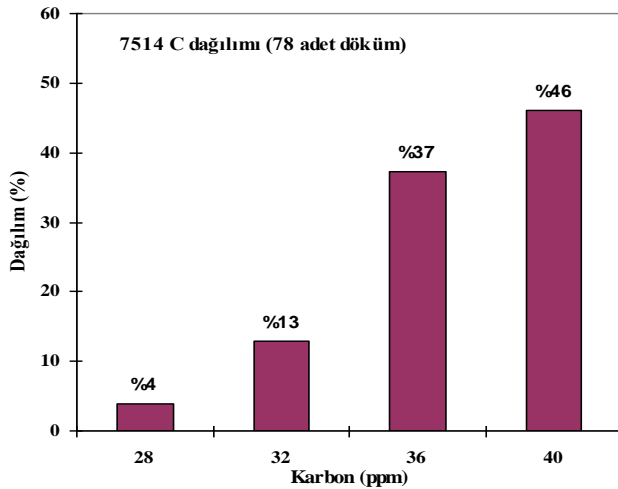
Üretilen kalitelerden 7512 ve 7513 sadece tek kat astar veya iki kat emaye işlemine uygun olmakla birlikte tek kat dekoratif kaplamalara uygun değildir. Bu çelikler içerdikleri düşük karbon değerleri ile emayenin pişirilmesi esnasında oluşan karbon kaynaması olayına dayanıklıdır. 7512 ve 7513 kalite çelikler 7514 kalite ise karbonu çok düşük seviyelere indirmek için uygulanan vakum işleminden sonra tamamen stabilize edilmiş ve ekstra derin çekme özelliğine sahip IF emaye çeliğidir (Interstitial-Free). Bu çelik tek kat veya çift kat emaye işlemlerine uygundur. Tüm Erdemir emaye çelikleri uygun yöntemlerle emaye kaplandığı sürece balık pulu (fish scale) oluşumuna karşı çok iyi dayanım göstermektedir.

Tablo 2. Erdemir emaye çelikleri

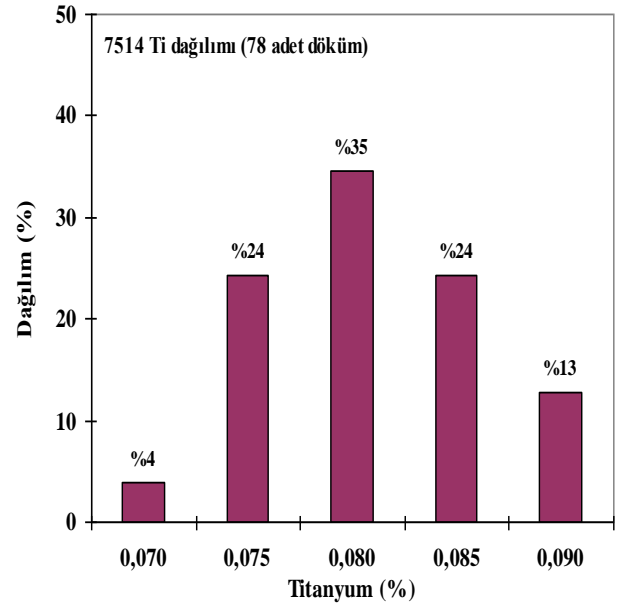
ERDEMİR Kalite No	Standart Karşılığı	Kimyasal Analiz (%)			Fiziksel Özellikler				Uygulama Alanı	
		C	Al (sol)	Ti	Akma	Çekme	% Uzama	r	Şekillendirme Özelliği	Emaye Kaplama Özelliği
7512	DIN EN 10209 DC01 EK	0,06 max.	0,020 0,060		270 max.	270 390	30 min.		Çekme Kalite	Tek kat (astar) veya iki kat emaye-iki pişirim ve desen uygulaması sonrası üçüncü pişirim uygulaması için uygundur.
7513	DIN EN 10209 DC04 EK	0,06 max.	0,020 0,060		220 max.	270 350	36 min.		Derin Çekme Kalite	Tek kat (astar) veya iki kat emaye-iki pişirim ve desen uygulaması sonrası üçüncü pişirim uygulaması için uygundur.
7514	DIN EN 10209 DC06 ED	50 ppm max.	0,020 0,060	0,15 max.	190 max.	270 350	38 min.	1,6	Ekstra Derin Çekme Kalite	Direkt emaye (astar nikel depositli veya astar özel toz emaye) tek pişirim ya da özel astar emaye (yüksek CoO ve NiO bileşimli) kullanılarak iki kat emaye ve yüksek sıcaklıkta iki veya üç pişirim için uygundur.

2.1.1 7514 Kalite Emaye Çeliği

Bu çelik IF (arayer atomsuz) olup esas olarak max. 40 ppm C (Şekil 5), % 0,08-0,12 Ti (Şekil 6) ve 60-90 ppm N ihtiva etmektedir. Karbon miktarının vakum işlemi ile çok düşük değerlere indirilmiş olması direkt emaye işleminde astar emaye kullanılmadığı için düşük karbonlu çeliklerde (% 0,02-0,05) ortaya çıkan karbon kaynaması kusurunu önler ve Ti ise çelikteki C, N, P ve S'le birleşerek çelik bünyesinde kaynar çeliklerdeki poröz yapıya benzer şekilde çok güçlü yapay süreksizlikler oluşturur ve bu yapı emaye işlemi esnasında ortaya çıkan hidrojen gazını absorbe ederek balık pulu kusuru oluşumunu önler. Ti aynı zamanda bu elementleri bağlayarak çok düşük karbonlu olan bu çeliği arayer atomsuz (IF Çeliği) yaparak ekstra derin çekme özelliği sağlar. Şekil 6 ve 7 de bu kalitenin Erdemir' de nihai ürün karbon ve titanyum dağılımı verilmiştir [10].



Şekil 6. Erdemir 7514 emaye çeliğinin karbon dağılımı



Şekil 7. Erdemir 7514 emaye çeliğinin titanyum dağılımı

Çelikteki P miktarına bağlı olarak az miktarda (% 0,025-0,035) istenen Cu ise, direkt emaye işleminde nikelin deposit kalınlığının istenen oranda yapılabilmesi için çeliğin kaplama öncesi asitle yüzey pürüzlendirme derinliğini ayarlamaya yarar.

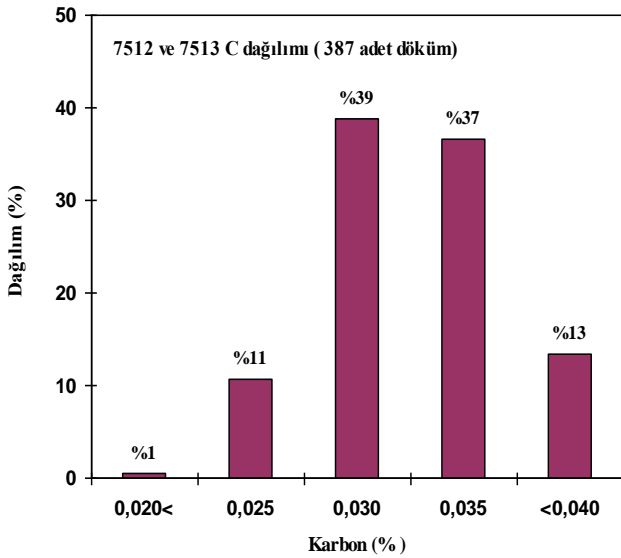
Bu çelikler ekstra derin çekme, sonsuz yaşlanma, çarpılmaya (sag) dayanma, direkt emaye ve özel firit kullanılarak yüksek sıcaklıkta pişirme şartı ile tek kat veya iki kat emaye ve iki kat emaye (astar özel toz emaye) tek pişirim özelliklerine sahiptir.

Ekstra derin çekme özelliğinden dolayı banyo küveti üretiminde, çok düşük C'lu olduğundan direkt emaye ve iki kat emaye (astar özel toz emaye) ve tek pişirim uygulamasına imkan verdiğinden üretimin daha ekonomik olması sonucu firm vs. imalinde kullanılmaktadır.

2.1.2 7512 ve 7513 Kalite Emaye Çelikleri

Bu kaliteler çekme, derin çekme, yaşlanma, iki kat emaye (Standart emaye malzemesi ile) iki pişirim ve desen uygulaması sonrası düşük sıcaklıkta üçüncü pişirim için uygun özelliklere sahiptir.

Bu çelikler % 0,02-0,05 C (Şekil 7), % 0,02-0,06 Al (sol) ve max. 50-60 ppm N ihtiva etmektedir. Bu kalitelerde C değerinin 7514 kalite çelikte olduğu gibi çok düşük olmaması nedeniyle oluşacak karbon kaynaması kullanılan astar emaye tarafından absorbe edileceğinden sorun teşkil etmemektedir. Diğer yandan emaye işlemi esnasında ortaya çıkan hidrojen gazından kaynaklanacak balık pulu kusuru ise sıcak ve soğuk haddeleme parametrelerinin optimizasyonu ile mikro yapıda oluşturulan süreksizlikler sayesinde engellenmiştir.



Şekil 8. Erdemir 7512 ve 7513 emaye çeliğinin karbon dağılımı

Bu çeliklerde Ti olmaması ve Al (sol) değerinin de % 0,020-0,060 olarak sınırlanması nedeniyle yapışma problemi olmayacağından özel firit kullanılması ve pişirmenin yüksek sıcaklıkta yapılması gerekmemektedir. Ancak sarılma sıcaklığının yüksek olması çeliğin şekillendirilebilme özelliğini olumsuz yönde etkileyeceğinden bu özellikleri iyileştirmek için % 0,020-0,060 Al (sol) değeri de göz önünde bulundurularak N max. 60 ppm olarak sınırlanmıştır. Al (sol) ve N değerleri ile ilgili bu sınırlamanın sağlanabilmesi ve hidrojen absorpsiyon kapasitesinin artırılması için çeliğin konverterden potaya kaynar durumda alınarak vakum altında alüminyum ile de okside edilir. Vakum prosesinde

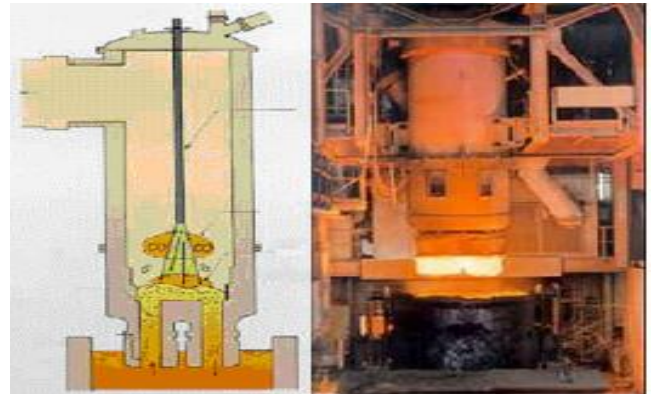
hafif işlem görür (light treatment). Bu kaliteler uygun kimyasal bileşimler sayesinde sürekli tavlama hattında tavlanaarak çekme ve derin çekme özellikleri istenen emaye işlemlerinde rahatlıkla kullanılmaktadır. Diğer yandan Al (sol) değerinin sınırlanmış olması nedeniyle punta kaynağı işlemleri de uygulanabilir. 7513 kalitenin yüksek sıcaklıkta pişime sonrasında çarpılma (warpage) dayanımını biraz daha arttırmak amacıyla son olarak bu çeliğe 20-50ppm aralığında bor ilavesi yapılmıştır.

2.2 Emaye Çeliklerinin Erdemir' de Üretimi

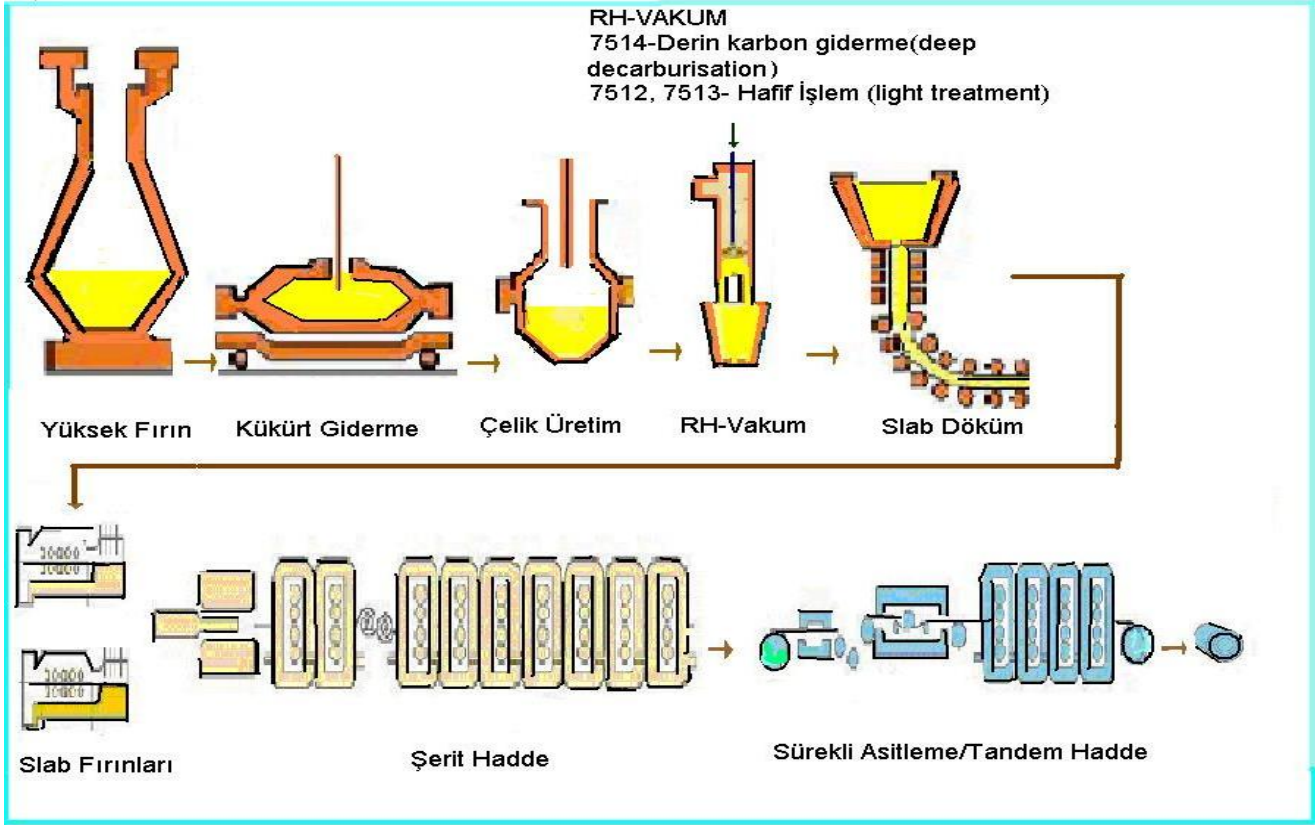
Erdemir' de üretilen 7512, 7513 ve 7514 üç emaye kalitesi çelik üretim kademesinde vakum prosesinden geçirilir (Şekil 9). Bütün çelik kalitelerinin üretiminde olduğu gibi yüksek fırından alınan sıcak maden kükürt giderme işlemine tabi tutulur. Kükürt % 0.1 değerlerinden % 0.010 değerlerinin altına düşürülür. Çelik üretim yöntemi bazik oksijen konverterlerinde gerçekleştirilir. Konverterlerden çelik kaynar olarak alınarak RH vakum tesisinde işlem görür.

Vakum prosesinde 7512 ve 7513 kaliteleri için uygulanan pratik hafif işlemdir. Bu işlemde çelik 50-200 milibar aralığı gibi çok düşük olmayan basınçlarda vakum kazanında sirküle edilir. Bu sayede karbon % 0.040 değerlerinden % 0.020-0.030 değerlerine düşer. Karbonun okside olması ile sıvı çelikte çözülmüş oksijen miktarı da 600 ppm değerlerinden 300 ppm değerlerine inmiş olur. Böylece deoksidasyon için kullanılan alüminyum miktarı da azalır. Bu yöntem hem emaye için kritik olan karbon oranının bir miktar düşmesini sağlar hem de daha az alüminyum ilavesi ile çelik temizliğine katkıda bulunur.

Direkt emaye için üretilen 7514 Emaye kalitesi ise IF çeliğidir. Yukarıda da ifade edildiği gibi titanyum içerir. Bu kalitenin çelik üretim şartlarında vakum işlemi görmesi karbon değerlerinin çok düşük seviyelere düşürülmesi içindir. Konverterden kaynar olarak alınan çelikteki % 0.040 karbon değeri vakum şartlarında 1 milibar gibi çok düşük basınç değerlerinde % 0.0040 ın altına düşürülür. Deoksidasyon sonrası titanyum ilavesi vakum prosesinde yapılır.



Şekil 9. RH-Vakum (RD-KTB) prosesi



Şekil 10. Erdemir’ de emaye çeliklerin üretim akış şeması

RH vakum prosesinde işlem gören döküm sürekli döküm tesislerinde slab olarak dökülür. Slablar slab tutma fırınlarında tutulduktan sonra şerit haddeleme tesisinde haddelenir. Üretilen sıcak bobinler sürekli asitleme, tandem ve sürekli tavlama kombinasyonunda soğuk mamul olarak üretilirler (Şekil 10).

3. Sonuçlar

Emaye kaplama için üretilen çelik kaliteleri yukarıda da ifade edildiği gibi hem kaplama işlemi uygulanırken hem de kaplama işlemi sonrası görünüm, fiziksel, kimyasal ve termal dayanım gibi özellikler ile birlikte ve kusur içermeyen emaye yapısını sağlaması gerekir. Özellikle emaye kaplamaya yönelik olarak üretilen soğuk mamullerin direkt ve iki ya da daha fazla kaplama işlemine uygunluğu belirleyen en önemli kriter çeliğin kimyasal bileşimidir. Kimyasal bileşim iki temel noktada belirleyici kriterdir. Birincisi mekanik özelliklerdir ki bu emaye kaplanacak malzemenin hem soğuk şekillendirilme kabiliyetine sahip olması hem de pişirme prosesinde çarpılma ya da deformasyona karşı dayanıklı olmasını belirler. Diğeri de emaye kaplanabilme kabiliyetidir. Bunun anlamı emaye ve çelik arasında güçlü yapışma sağlayacak ve aynı zamanda balık pulu ve karbon kaynaması gibi en önemli emaye kusurlarının oluşmasını önleyecek bir çelik yapısının olmasıdır.

Erdemir’ de üretilen üç çelik kalitesi kimyasal bileşim mekanik özellikler açısından emaye kaplamaya uygun çeliklerdir.

Bu kalitelere 7512, 7513 kaliteleri iki kat emaye kaplamaya, 7514 kalitesi ise çok düşük karbonlu ve titanyum ile stabilize edilmiş olması nedeniyle direkt emaye kaplamaya uygun bir yapı gösterirler.

Soğuk ürünlerin iyi bir emaye kaplama özeliğine sahip olabilmesi için yukarıda da ayrıntılı olarak açıklandığı gibi karbon değerleri düşük olmalıdır. Erdemir 7512 ve 7513 emaye çeliklerinin ürün karbon değerleri ortalama % 0.030 civarındadır [10]. Söz konusu kalitelerin çelik üretim aşamasında vakum prosesinde işlem görmeleri nedeniyle karbon değerleri standart değerlerin oldukça altında gerçekleşmektedir. Uygulanan bu üretim pratiğinin sağladığı en büyük avantaj karbon kaynaması gibi önemli emaye kusurunun oluşumunun engellendiği iki kat emaye kaplama için son derece elverişli bir çelik yapısının elde edilmesidir.

Vakum prosesinden geçen ancak diğer emaye kalitelerinden farklı olarak derin karbon giderme işlemi gören 7514 kalitesinin Erdemir ürün karbon değerleri ortalama 35 ppm (%0.0035) dir [10]. IF olarak üretilen bu çeliğin en büyük özelliği direkt emaye için uygun kimyasal bileşime sahip

olmasıdır. Özellikle çok düşük karbon değerleri ile yükselen ferrit - ostenit dönüşüm sıcaklığı sayesinde balık pulu kusuruna neden olan hidrojenin pişirme sırasında çelikte atomik olarak çözünürlüğü azaltılmıştır [1, 2, 4, 6]. Ayrıca titanyumun ilavesi ile hidrojenin hapsedildiği yapay inklüzyon bölgeleri oluşturulması sayesinde bu kalitelerin emaye kaplanması sonrası balık pulu çıkma ihtimali neredeyse imkansızdır [1,4].

4. KAYNAKLAR

- [1] J. Wratil “Vitreous Enamels” 2nd Ed, Borax Holding Limited, 1984, s -7,14
- [2] J. Schötter, V. Flaxa “Production and Testing of Steel Sheet for Enamelling Applications” Steel Grips, Sayı 2, March –April 2004, s-96-97
- [3] Porcelain Enamel Institute Manuel Comitee “Manuel for Selection of Porcelain Enameling Steels” Porcelain Enamel Institute, 1995, PE1-201, s-6-9
- [4] C. V. D. Plus “New Developments in Decarburised Enamelling Steel” Vitreous Enameller, Winter 2000, Sayı 53, s-116
- [5] L. L. Steele. “Steel Related Porcelain Enamel Defects” Vitreous Enameller, Autumn 2000, Sayı 51, s-85-86
- [6] P Harlet “New Applications of Hot Rolled Steels for 2 Side Vitreous Enamelling” Vitreous Enameller, Autumn 2003, Sayı 54, s-8-9-10-11
- [7] P. Guinnet, C.H. Abeloos, P Harlet “New Development of Hot Rolled Products for Double Face Vitreous Enamelling” Vitreous Enameller, Spring 2002, Sayı 53, s-89-90
- [8] “DIN 10209” European Standart Norme , April 1996, s-444
- [9] Erdemir Mamul Kataloğu, 2001, s-29
- [10] Erdemir 2004-2005 7512, 7513 ve 7514 Kalitelerin Nihai Çelik Analizleri, 2004- 13 Haziran 2005