

GALVANİZLİ SAC ÜRETİMİNDE, KOROZYONDAN KORUYUCU YAĞ PERFORMANSININ İNCELENMESİ

Özgür KARAKAŞ^{1,*}, Erdoğan KANCA², Zeki AYDIN

^{1,*}MMK Metalurji San. Tic. ve Liman İşl. A.Ş. Dört Yol/Hatay/Türkiye

²MKÜ, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği, İskenderun/Hatay/Türkiye

³MKÜ, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Antakya/Hatay/Türkiye

ÖZET

Galvanizli sac lar doğrudan kullanılabilirler gibi boyanarak da kullanılmaktadırlar. Galvanizli sac lara göre boyalı galvanizli sac lar, dekoratif ve estetik üstünlüğün yanı sıra ciddi derecede korozyon direncine de sahiptirler. Boyanmak üzere üretilen galvanizli sac ların yüzeyleri yaklaşık 1 µm (Ra) kadar homojen bir şekilde prülendirilir. Skin Pass denen bu işlem, sac ın gergi ve baskı altında iki adet prülü yüzeye sahip çelik merdane arasından geçirilmesi ile yapılır. Bu prülüzlülük sac yüzeyinin alanını genişletir ve boya için ideal bir tutunma yüzeyi sağlar. Ne var ki bu işlem, sac ın yüzey deformasyonunu ve alanını arttırarak korozyon direncini zayıflatır. Ortam şartlarına da bağlı olarak, sac yüzeyinde 2 güne kadar düşebilen sürelerde beyaz pas oluşabilir. Yüzeyinde beyaz pas olan sac lar ise boyanamaz, boyansa bile, boya ile sac arasındaki bu gevşek beyaz pas tabakası, boyanın kısa sürede kalkmasına sebep olabilir. Yüzeyi pürüzlendirilmiş bu tür galvanizli sac ürünler, boyanana kadarki depolama ve sevkiyat süreleri boyunca beyaz pastan korunmak üzere yağlanırlar. Sac yüzeyinde oluşturulan ince yağ tabakası çinko tabakasının önünde korozif ortamlara karşı bariyer olur. Piyasada bir çok koruyucu yağ galvaniz üreticilerinin kullanımına sunulmaktadır. Galvanizli sac üreticileri için bu yağlardan, kendileri için en uygun olanı seçmeleri, olası beyaz pas şikayetlerinin ve mali kayıpların önüne geçmeleri için bir zorunluluktur.

Bu çalışma, Nötral Tuzlu Su Sisi (NSSF) ile galvanizli sac ların korozyona zorlanması sonrasında yüzeylerindeki beyaz pasın oluşumunu ve koruyucu yağ kullanımının korozyon direncine olan etkilerini incelemektedir. Yapılan çalışma sonuçları, galvanizli sac üreticilerine doğru koruyucu yağ seçimi için bir metot önermektedir. Buna göre, NSSF ile korozyona zorlanan galvanizli sac ların şablon ile belirlenen 9. saatteki % korozyon miktarı, en ayırt edici veriyi oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: galvaniz, skin pass, korozyon, beyaz pas, Tuzlu su sisi, koruyucu yağ, RPO

1. GİRİŞ

1. GİRİŞ

Sac lar, dekoratif özelliklerinin geliştirilmesi ve korozyondan korunması amacıyla galvanizlenmektedir. Galvanizli

sac lar, otomotiv, beyaz eşya, izolasyon ve çatı kaplama, boru, su ve akaryakıt depoları, kablo kanalı ve aydınlatma armatürleri ve ambalajlama gibi bir çok ürün ve sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, galvanizli sac lar bir çok sektörde kullanılmak üzere boyanmaktadır. Galvanizli sac ların gerek doğrudan gerekse boyanarak kullanıldığı tüm alanlarda korozyondan korunması çok önemlidir. [1] Galvanizlenmiş sac da, sürekli çinko tabakası, atmosferik etkilerin önünde bariyer oluşturarak ve katodik olarak, çelik fazını korur. Fakat, çoğu zaman, çinko tabakasında gelişen ve çinkonun sürekli tabakasında deformasyonlar oluşturan beyaz pas, bir süre sonra ilerler ve çelik tabakasında kırmızı pas oluşumu başlar.

Galvanizli sac ların galvaniz tabakasındaki kimyasal kompozisyonu, önemli ölçüde, sac ın daldırıldığı çinko havuzundaki sıvı çinkonun kimyasal kompozisyonuna bağlıdır. Bunun yanı sıra, Çinko-Demir alaşımli galvanizli sac (ZF) üretiminde, çinko havuzundan %99 çinko içerikli bir kaplama ile çıkar. Daha sonra bir ısıtma işlemiyle çelik fazındaki demir çinko fazına difüzyonlanır. Oluşan Fe-Zn fazları ile birlikte kaplamadaki demir oranı toplam %8 ila %12'ye çıkarılır. Çinko-Alüminyum alaşımli galvanizli sac ların kaplama tabakalarında, Al oranı yaklaşık %5 iken, Alüminyum-Çinko alaşımli sac larında Al %55, Si %1,6 ve Alüminyum-Silisyum alaşımli sac larında Al %8 ve Si %11 civarındadır [2]. Alüminyum ve silisyumun yanı sıra bakır, kalay, kurşun ve nikel yaygın olarak kullanılan diğer alaşım elementleridir [3].

Kaplama tabakasının kimyasal kompozisyonuna bağlı olarak galvanizli sac ın korozyon direncinin değiştiği bilinmektedir. Yasuhide ve arkadaşları, yaptıkları çalışma ile korozyon direncini ciddi oranda arttıran %5 Al, %0,1 Mg içerikli galvaniz kaplamayı geliştirmişler, ayrıca kaplamada Al oranının artışıyla korozyon direncinin de arttığını göstermişlerdir [4]. Tomas Prosek, Dominique Thierry ve arkadaşları ise yaptıkları çalışmada korozyon direncinin, kaplama kompozisyonunun türüne göre şu sıra ile arttığını belirtmişlerdir; HDG (Zn-%0,25 Al) < Zn-Al-Mg < Zn-Al-Mg-Si < Galfan (Zn-%5 Al) < Zn-Mg [5]. Galvanizli sac ların korozyon dirençleri, hangi tür ve miktarda pasivasyon ajanları ile pasive edildiklerine, uygulama şekline ve sıcaklığına (sprey, daldırma vb.) ve pasivasyon ajanı ile sac ın

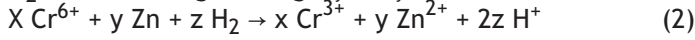
temas süresine göre değişmektedir [6, 7]. Galvanizli saclarda kullanılan pasivasyon türleri genel olarak Cr^{6+} , Cr^{3+} , Cr-Free (Titanyum ve Zirkonyum bazlı) ve organik olarak sıralanabilir. Her ne kadar Cr^{6+} 'nın insan ve çevre sağlığına olumsuz etkilerinden dolayı, Avrupa Birliği Ülkeleri ve Japonya'da kullanımları sınırlandırılmış ya da kaldırılmış olsa da, dünyada özellikle yapı sektöründe kullanılan galvanizli sacların pasivasyonunda, gerek maliyet gerekse yüksek korozyon direnci sunması sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır [8].

Cr^{6+} ve Cr^{3+} tipi pasivasyon ajanlarının galvaniz yüzeyini korozyondan koruma safhalarına ait reaksiyonlar aşağıda verilmiştir [8].

Hem Cr^{6+} hem de Cr^{3+} pasivasyonunda birinci adım, sulu asidik ortamda çinkonun yükseltgenmesidir.



Ortamdaki asitliğin çinko tarafından düşürülmesi ve oluşan H_2 ile Cr^{6+} indirgenmesigerçekleşir.



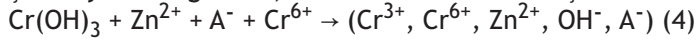
Bu safhada önce krom hidroksitleri çöker.



Daha sonra, krom hidroksit ile ortadaki anyonlar ve çinko kationunun reaksiyonu ile denklem

(4) ürünleri oluşur. Denklem (1) ve denklem (3) adımlarının reaksiyon hız sabitleri denklem (2)'e göre

çok büyük olduğundan, Cr^{3+} ara ürünü miktarı çok azdır.



Galvanizli sac boyanmak üzere tasarlanmış ise, boyama hatlarında alkali banyolarından geçeceği için galvaniz üretimi sırasında pasivasyon uygulanmaz. Yüzeyin boyamadan önceki pasivasyonu boyama hatlarında yapılır fakat galvanizli sac üretilirken, boya tabakasının yüzeye tutunumunun arttırılması için yüzeyi 0,6 ila 1,3 μm (Ra) kadar prülendirilmektedir. Prülendirme işlemi, sac, galvaniz kaplandıktan sonra, yüzeyleri prülendirilmiş iki adet skin pass merdanesinin arasından baskı altında geçirilerek yapılmaktadır. Çinko havuzundaki sıvı çinkoya daldırılan sac, havuzdan çıktıktan hemen sonra, sac yüzeyindeki sıvı fazdaki çinkonun fazlası hava bıçakları yardımı ile tekrar havuza sıyrılır ve soğutma kulesinde belirli bir hızda soğutulur. Bu esnada sac yüzeyinde, homojen özelliklere sahip sürekli bir katı çinko tabakası oluşur. Skin Pass merdanesi bu tabakanın yüzeyindeki sürekliliği bozar, yüzey alanını arttırır ve kaplamanın korozyon direncini düşürür [9].

Boyanarak kullanılmak üzere üretilen galvanizli sacların yüzeyi, skin-pass işlemi ile prülendirildiğinden, yüzey alanının artmasına ve deformasyonuna bağlı olarak kolayca oluşan beyaz pas, boya filmi ile galvaniz yüzeyi arasında gevşek bir ara tabaka oluşturur. Bu gevşek tabaka boyalı saclarda yapışma problemlerine neden olur. Bunun yanı sıra, boya filminin altındaki galvaniz yüzeyindeki beyaz pas, boyalı sacın bükümlü, darbeli ve derin çekmeli şekillendirmesinde boya filminin çatlaması, kabarması ve atması gibi sorunlara sebep olabilmektedir. Boyanmak üzere üretilen skin pass uygulanmış galvanizli saclarda depolama ve sevkiyat sırasında beyaz pas oluşumunun engellenmesi daha doğrusu beyaz pas oluşum süresinin boyanma safhasına kadar uzatılabilmesi için sac yüzeyi 1 g/m^2 kadar

korozyondan koruyucu yağ tabakası ile kaplanır. Bu işlem genellikle elektrostatik yağlayıcılar kullanılarak yapılır.

Galvanizli sacların korozyondan korunması için kullanılan yağlar, çinko ile mükemmel bir bağ yapabilen hidrofobik malzemelerdir. Yüzeyde sürekli bir ince film oluşturan yağ, çinko tabakası ile oksitleyiciler arasında bir bariyer görevi görür. Korozyon inhibitörleri de içeren bu özel tasarımı yağlar, galvanizli sacın boyama gibi başka bir işleme tabi tutulacağı durumlarda alkali temizleme ünitelerinde kolayca temizlenebilmelerinden dolayı tercih edilmektedirler [10]. Piyasada galvanizli sac üreticilerinin kullanımına sunulan bir çok koruyucu yağ bulunmaktadır. Bazı yağ üreticisi firmalar, galvaniz, demir, kalay, krom vb. farklı birçok metal yüzey için ortak kullanıma uygun tek bir yağ tipi tasarlayarak piyasaya tek bir ürünle çıkabilmektedir. Bazıları ise yüzeye özel yağ tipleri için formülasyonlar geliştirmekte ve her yüzey için ayrı bir yada birden çok yağ pazara sürmektedirler. Dolayısıyla, galvaniz üreticileri için bu yağlardan kendi kullanımına en uygun yağ önceden tespit etmek, beyaz pas oluşumuna bağlı müşteri şikayetlerini önlemeleri için bir zorunluluktur. Bu çalışma, Nötrül Tuzlu Su Sisi (NSSF) ile galvanizli sacların korozyona zorlanması sonrasında yüzeylerindeki beyaz pasın oluşumunu ve koruyucu yağ kullanımının korozyon direncine olan etkilerini incelemektedir. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçları, galvaniz üreticilerinin doğru koruyucu yağ (RPO) seçimi için bir metot önermektedir.

Bu çalışmada, yapılan deneylerin tümünde korozyonun oluşumunda ASTM B-117 NSSFT kullanılmıştır [11]. Tomas Prosek, Dominique Thierry ve arkadaşları, NSSFT ortamında galvanizli saclarda oluşan korozyon ürünlerini incelemişler ve bunların Hydrozincite $Zn_5(OH)_6(CO_3)_2$, Simonkolleite $Zn_5(OH)_8Cl_2 \cdot H_2O$ ve Çinko Oksit ZnO olduğunu belirtmişlerdir [4, 12]. NSSFT metodu her ne kadar doğal korozyon similasyonunda zayıf olsa da görece hızlı sonuç vermesi, korozyonun ilerlemesinin görsel olarak takip edilebilmesi ve standart veriler sunabilmesi açısından kullanılabilirliği en iyi olan metotlardan biridir. Bu çalışmada metot olarak, NSSFT'nin seçilmiş olmasının en önemli nedeni ise sacın korozyon direnci konusunda, piyasada, alıcı ve satıcı arasında en yaygın olarak kullanılan metot olmasıdır. [13]

2. MALZEME VE METOT

2.1. Malzeme

2.1.1. Çalışmada kullanılan sacların genel özellikleri

Çalışmada kullanılan tüm galvanizli saclar, sürekli sıcak daldırma ile galvanizleme yöntemi ile üretilmiştir. Testler, değişik kaplama miktarlı, DX51D+Z kalite galvanizli saclardan kesilmiş numuneler üzerinde uygulanmıştır. Sıcak asitlenmiş saclar ise DD11 kalite saclardır.

2.1.2. Koruyucu yağların özellikleri

Üretim esnasında galvaniz yüzeyine elektrostatik olarak uygulanan mineral esaslı yağ, korozyon inhibitörleri ve yağ katıkları içerir. Yoğunluğu, 0,86-0,91 g/ml arasında ve parlama noktası 100 °C'nin üzerindedir. Bu çalışmada 6 farklı üretici ait 11 farklı koruyucu yağın korozyondan koruma performansları incelendi. 4054 Sayılı Rekabetin Korunması

Hakkında Kanunun gizlilik ilkeleri de göz önünde bulundurularak, bu çalışmada kullanılan, yağ üretici firmalar, A, B, C... bu firmalara ait koruyucu yağlar ise A1, A2 - B1, B2 - C1, C2... şeklinde kodlanmıştır. Bu yağlara ait değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1 - Çalışmada Kullanılan Koruyucu Yağların Özellikleri

Koruyucu Yağ Özellikleri				
Yoğunluk @20 °C (g/ml)	Parlama Noktası (°C)	Kinematik Viskozite @40 °C (mm ² /s)	Üretici Firma Kodu	Ürün Kodu
0,89	165	19,5	A	A1
0,89	165	19,5		A2
0,86	198	42	B	B1
0,88	201	34	C	C1
0,88	198	36		C2
0,91	196	60	D	D1
0,89	214	36		D2
0,87	190	24	E	E1
0,87	180	26		E2
0,86	210	26	F	F1
0,88	205	32		F2

2.1.3. Cihaz ve ekipmanlar

Çalışmada kullanılan sacların kimyasal kompozisyonu Thermo Fishcer marka optik emisyon spektrometresi ile ve galvaniz tabakasının kompozisyonu ise Varian Marka ICP-OES 710-ES axial spektrometre ile yapılmıştır. Sacların yüzey pürüzlülüklerinin ölçümünde, Hommel Wave Werke System kullanılmıştır. Numunelendirme, 7,5 x 7,5 cm ebadında kesim alanına sahip hidrolik punch press ile yapılmış ve tartımlarda 0,0001 g hassasiyetli AND marka GR 200 model hassas terazi kullanılmıştır. Çalışmada korozyon şartları Sheen marka, FMC 1000 FogMaster model Cyclyc Corrosion Cabinet ile sağlanmıştır. Görüntü alınmasında DJH MonoZoom Optical Microscope x50 kullanılmıştır. Fotoğraflar Sony marka DSC-W530 model 14,1 Mega Pixel çözünürlüklü dijital fotoğraf makinesi kullanılarak çekilmiştir.

2.1.4. Kimyasallar

Korozyon kabininde NSSFT ortamını oluşturmak için, %5’lik nötral tuzlu su çözeltisi, analitik saflıkta NaCl (Merck katalog No. 1.06404.9050) ve iletkenliği 0,1 mikrosiemens/cm’den daha az olan ultra saf su ile hazırlanmıştır. Çinko tabakasının çözündürülmesinde ve diğer bazı testlerde analitik saflıkta HCl (Merck katalog No. 1.00317.2501) kullanılmıştır.

2.2. Deney ve Değerlendirme Metodu

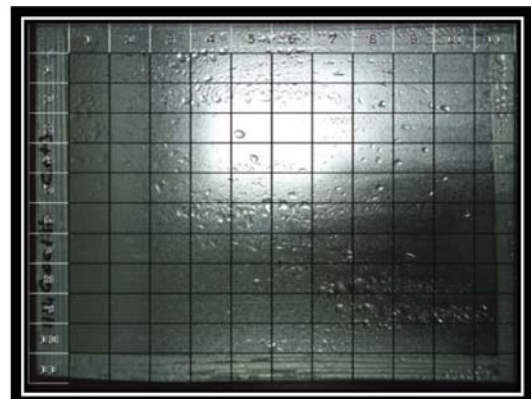
2.2.1. Test Panellerinin Hazırlanması Ve Nötral Tuzlu Su Sisi Test (NSSFT) Kabini Şartları

Test numunelerinin tümü, her zaman 150 mm x 200 mm ebatlarında kesilen saclardan hazırlanmıştır. Numune olmaya aday her bir 150 mm x 200 mm ebatlı panel yüzeyi incelenmiş, yüzey kusuru olanlar ayıklanarak numunelerin eşdeğerliği sağlanmıştır. Kesilen numunelerin kenarlarındaki çinko kaplamanın, tuzlu su sisine ilaveten, çelik karşısında anodik olarak hızlı bir korozyona uğrayacağı ve numune kenarlarında merkeze göre daha fazla korozyona

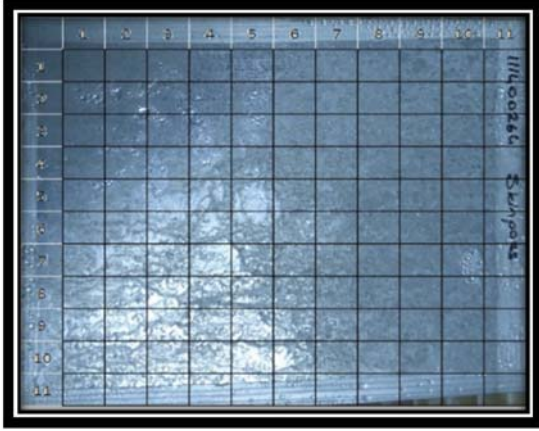
oluşabileceği göz önüne alınarak, yapılan tüm testlerde, numunenin kenarları bantlanarak, kenar etkisi izole edilmiştir. Numuneler tüm testlerde, kabine 15° açı ile yerleştirilmiştir. Kabinde sisi oluşturan % 5’lik nötral tuzlu su, her seferinde analitik saflıkta NaCl ve ultra saf su (iletkenlik <0,1 µS/cm) kullanılarak hazırlanmıştır. Kabin içerisine, üzerinde 80 cm² yüzey alanlı bir huni bulunan volümetrik mezür yerleştirilerek, saatte ortalama 1-2 ml arasında tuzlu su birikimi sağlayan tuzlu su basıncı tespit edilmiş ve tüm testlerde bu basınç değeri kullanılmıştır. Böylece tüm numunelere uygulanan sis yoğunluğu homojenize edilerek, standart bir korozyon ortamı sağlanmıştır. Kabin, tüm testlerde 35 °C sıcaklıkta ve %100 bağıl nem miktarında sabit tutulmuştur (ASTM B117, 2007).

2.2.2. Nötral Tuzlu Su Sisi Test (NSSFT) numunelerinin şablon metodu kullanılarak değerlendirilmesi

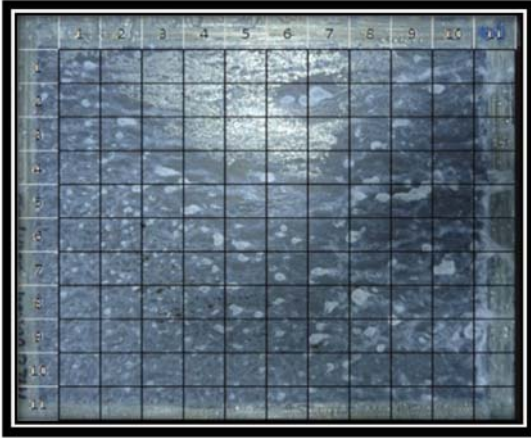
Değerlendirmeye esas olacak fotoğraflamalar, her zaman numune yüzeylerine temas edilmeden, numune yüzeyine dik, 20 cm uzaklıktan, yüksek çözünürlüklü dijital fotoğraf makinesi kullanılarak yapılmıştır. Korozyon miktarının değerlendirilebilmesi için, çekilen fotoğraflar üzerine, bilgisayar ortamında eşdeğer 100 kutucuktan oluşan bir şablon oturtulmuş ve içerisinde korozyon bulunan kutucukların sayısı % korozyon miktarını vermiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde şablon kullanıldığı için, bu metoda şablon metodu adı verilmiştir. Kutucuktaki korozyonun daha net anlaşılabilmesi için gerektiğinde fotoğraf büyütülmüştür. Kutucuk korozyonla dolu, yada kutucuğun ancak çok az bir kısmında korozyon olsa da bu kutucuk korozyonlu olarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, kutucuktaki korozyon türü beyaz pas ise % beyaz pas cinsinden, kırmızı pas ise % kırmızı pas cinsinden ifade edilmiştir. Yüzey kusurlarından arındırılmış galvanizli saclarda, kırmızı pasın ancak beyaz pas oluşumunun ardından gözlemlenebileceği değerlendirilerek, her kırmızı paslı kutucuk (beyaz pas oluşumu görülmemiş olsa bile) aynı zamanda beyaz paslı kutucuk olarak sayılmıştır. Bu durumda, NSSFT uygulanmış bir galvanizli sac numunesi, şablon metoduyla değerlendirildiğinde % kırmızı pas miktarı, % beyaz pastan fazla olamaz. Şekil 1, şekil 2 ve şekil 3’de şablon metodu kullanılarak değerlendirme yapılmış bazı NSSFT kabininde korozyona zorlanmış numuneler görülmektedir.



Şekil 1 - Beyaz Pas=%0 Kırmızı Pas=%0



Şekil 2 - Beyaz Pas=%100 Kırmızı Pas=%0



Şekil 3 - Beyaz Pas=%100 Kırmızı Pas=%14

3. DENEYLER VE TARTIŞMA

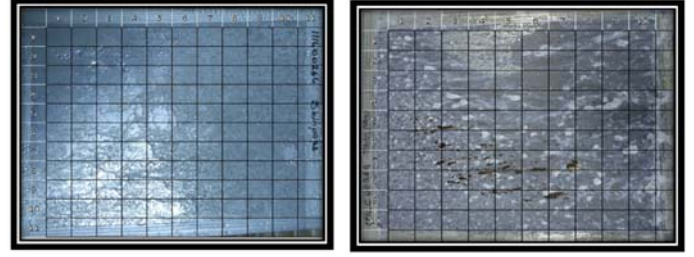
3.1. Koruyucu yağ uygulanmamış sacların korozyon özellikleri

Koruyucu yağların performansları denenmeden önce, yağın uygulanmadığı durumun tespit edilmesi amacıyla, 4 adet skin paslı numune yağlanmadan (kör) 24 saate kadar NSSFT kabiniinde korozyona zorlandı. Bu teste ait bulgular tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca, bu test panellerinden birine ait

fotoğraf, şekil 4'te gösterilmektedir.

Tablo 2 - Koruyucu yağ uygulanmamış (Kör) galvanizli saclardaki korozyon (beyaz pas) miktarları

Test No	Yağ		Uygulama		Koruyucu Yağ Miktarı	% Beyaz Pas @Saat			
	Üretici Firma	Koruyucu Yağ Kodu	Hedef Yağ Miktarı g/m ²	Uygulama şekli	Gerçekleşen Yağ Miktarı g/m ²	2	6	9	24
6	Kör	Kör	0,00	Lab	0,00	100	100	100	100
14	Kör	Kör	0,00	Lab	0,00	100	100	100	100
29	Kör	Kör	0,00	Lab	0,00	100	100	100	100
54	Kör	Kör	0,00	Lab	0,00	100	100	100	100

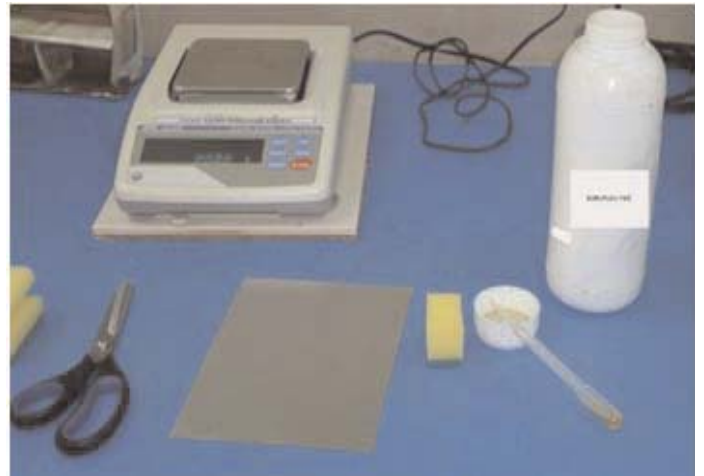


Şekil 4 - Kör numuneler NSSFT kabiniinde korozyona zorlandığında 2 saatte %100 beyaz pas ve %0 kırmızı pas (solda) ve 24. saatte %100 beyaz pas ve %34 kırmızı pas (sağda) gözlenmiştir.

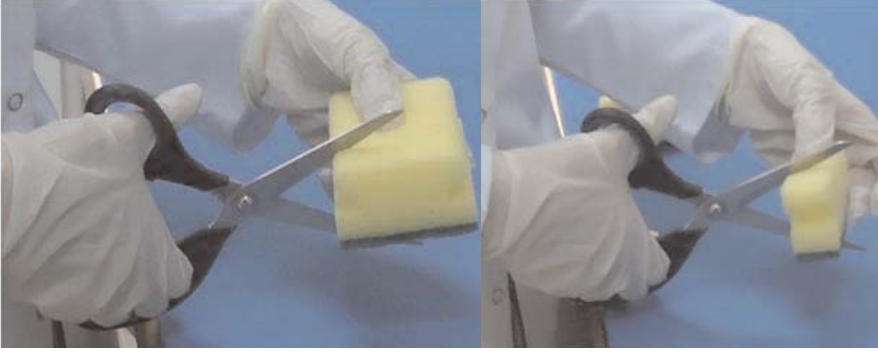
3.2. Koruyucu yağların, korozyondan koruma performanslarının belirlenmesi

Çalışmanın bu kısmında yerli ve yabancı toplam 6 koruyucu yağ üreticisine ait 11 farklı ürün üzerinde testler uygulanmıştır. Bu 11 ürün, 2011 yılında Türkiye'deki sürekli daldırma ile galvanizli sac üreten tesislerde kullanılan toplam koruyucu yağ markalarının yaklaşık %95'ini ve dünyadaki tüm üreticilerin kullandığı toplam yağ markalarının ise yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır.

Tüm bu üreticilerin genel uygulamaları ve elektrostatik yağlayıcıların optimum uygulama miktarları göz önüne alındığında, denemeye esas olacak yağlama miktarı olarak 1 g/m² seçilmiştir. Her birine, 1 g/m² hedeflenerek toplam 66 adet skin pass ile yüzeyi pürüzlendirilmiş galvanizli sac numunesine koruyucu yağlar laboratuvar şartlarında uygulanmıştır. Hassas tartımı alınan panellere yeterince yağ damlatılarak tüm yüzeye iyice yayılmıştır. Yağlanmış panel tekrar tartılarak, yüzeyde oluşan yağlama 1 g/m² olarak hedeflenmiştir. Yağ miktarı fazla ise yüzey kuru bir sünger ile silinerek yağın bir kısmı uzaklaştırılmış, yeniden yayılma sağlanmış ve tartılmıştır. Yağlama az ise yağ ilavesi yapılarak yeniden yayılma sağlanmıştır. Bu işlemler her panel için 1 g/m² civarında yağlama oluşana dek tekrarlanmıştır. Panellerin laboratuvar ortamında yağlandığı bu uygulamanın safhaları Şekil 5'te gösterilmiştir.



1-Bu ekipmanları kullan



2-Bulaşık süngerini küçük parçalar şeklinde kes



3-Test Panelini tart



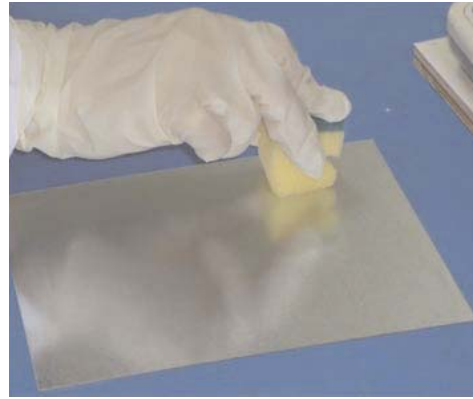
4- Yeterince Koruyucu Yağı tarttığın panelin üzerine damlat



5-Yağı yüzeye iyice yay



6-Yağlı paneli tart



7-Fazla ise uzaklaştır, az ise ekle

Şekil 5 - Laboratuvar ortamında test panellerine 1 g/m² koruyucu yağ uygulama safhaları

Tüm paneller için yağ miktarı ortalaması %8 pozitif sapma ile gerçekleştirilmiştir. Uygulama farklılıklarından gelecek sapmaların en aza indirilebilmesi, temsil kabiliyetinin yükseltilmesi ve tekrarlanabilirliğin izlenebilmesi için her bir yağ için mümkün olduğunca fazla sayıda test tekrarı yapılmıştır. Uygulamalar sırasında yüzey kusuru tespit edilen numuneler ayıklanmış, böylece yüzey kusurları etkisi en aza indirilmiştir.

Saclar numunelendirilirken giyotin makası ve el makası ile kenarları kesildiğinden, kesim yapılan kenardan kaynaklanabilecek korozyon ilerlemelerinin önüne geçebilmek amacıyla numunelerin tüm kenarları bantlanarak, kenar etkisi yok edilmiştir. 11 adet farklı Koruyucu yağ ile toplam 66 adet numuneye 1 g/m²'lik yağ uygulaması sonunda, numuneler NSSFT kabiniinde korozyona zorlanmış ve bulgular Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3 - 1 g/m² koruyucu yağ uygulanmış galvanizli saclarda beyaz pas miktarları

Test No	Yağ		Uygulama		Koruyucu Yağ Miktarı	% Beyaz Pas @Saat			
	Üretici Firma	Koruyucu Yağ Kodu	Hedef Yağ Miktarı g/m ²	Uygulama şekli		Gerçekleşen Yağ Miktarı g/m ²	2	6	9
7	A	A1	1,00	Lab	1,06	3	20	30	100
15	A	A1	1,00	Lab	1,50	5	40	70	100
16	A	A1	1,00	Lab	1,36	0	15	50	100
33	A	A1	1,00	Lab	1,43	3	28	60	100
40	A	A1	1,00	Lab	1,06	3	20	30	100
47	A	A1	1,00	Lab	1,16	5	15	30	100
74	A	A1	1,00	Lab	1,16	5	30	70	100
90	A	A1	1,00	Lab	1,05	0	55	65	100
91	A	A1	1,00	Lab	0,95	0	65	85	100
92	A	A1	1,00	Lab	1,03	0	60	95	100
93	A	A1	1,00	Lab	0,96	0	70	95	100
86	A	A2	1,00	Lab	0,99	0	20	50	100
87	A	A2	1,00	Lab	1,10	0	25	40	100
88	A	A2	1,00	Lab	0,91	0	20	60	100
89	A	A2	1,00	Lab	1,01	0	15	50	100
1	B	B1	1,00	Lab	0,98	0	0	10	60
13	B	B1	1,00	Lab	1,36	2	5	15	100
27	B	B1	1,00	Lab	1,06	0	3	15	100
28	B	B1	1,00	Lab	1,20	0	4	10	100
30	B	B1	1,00	Lab	1,00	5	20	60	100
39	B	B1	1,00	Lab	1,13	0	3,5	13	100
46	B	B1	1,00	Lab	1,36	2	5	15	100
53	B	B1	1,00	Lab	1,13	0	3,5	13	100
55	C	C1	1,00	Lab	1,10	32	48	82	98
59	C	C2	1,00	Lab	1,20	28	50	83	100
2	D	D1	1,00	Lab	0,89	0	0	11	100
10	D	D1	1,00	Lab	1,20	4	15	20	100
21	D	D1	1,00	Lab	1,36	1	8	15	100
22	D	D1	1,00	Lab	1,31	0	3	10	100
36	D	D1	1,00	Lab	1,10	1	5,5	13	100
43	D	D1	1,00	Lab	1,20	4	15	20	100
50	D	D1	1,00	Lab	1,21	1	5,5	13	100
65	D	D1	1,00	Lab	0,96	5	9	18	100
3	D	D2	1,00	Lab	1,02	0	5	16	80
11	D	D2	1,00	Lab	0,90	0	1	5	100
23	D	D2	1,00	Lab	1,06	1	5	10	100
24	D	D2	1,00	Lab	1,13	1	5	20	100
37	D	D2	1,00	Lab	1,10	1	5	15	100
44	D	D2	1,00	Lab	0,90	0	1	5	100
51	D	D2	1,00	Lab	1,10	1	5	15	100
64	D	D2	1,00	Lab	1,03	0	3	8	100
12	E	E1	1,00	Lab	1,31	1	4	10	95
25	E	E1	1,00	Lab	1,13	0	5	20	100
26	E	E1	1,00	Lab	1,10	0	15	40	100
38	E	E1	1,00	Lab	1,12	0	10	30	100
45	E	E1	1,00	Lab	1,25	1	4	10	95
52	E	E1	1,00	Lab	1,12	0	10	30	100
78	E	E1	1,00	Lab	1,06	0	35	85	100
63	E	E2	1,00	Lab	1,12	2	58	95	100
82	E	E2	1,00	Lab	0,98	3	75	100	100
4	F	F1	1,00	Lab	1,02	0	1	6	90
8	F	F1	1,00	Lab	1,06	1	5	13	90
17	F	F1	1,00	Lab	1,06	1	3	10	100
18	F	F1	1,00	Lab	1,13	0	1	7	100
34	F	F1	1,00	Lab	1,10	0,5	2	8	100
41	F	F1	1,00	Lab	1,06	1	5	10	90
48	F	F1	1,00	Lab	1,10	0,5	2	11	100
69	F	F1	1,00	Lab	0,96	0	3	12	100
5	F	F2	1,00	Lab	1,00	7	15	53	100
9	F	F2	1,00	Lab	1,20	25	30	35	100
19	F	F2	1,00	Lab	1,00	10	15	15	100
20	F	F2	1,00	Lab	0,83	15	35	80	100
35	F	F2	1,00	Lab	0,92	13	25	48	100
42	F	F2	1,00	Lab	1,20	25	30	35	100
49	F	F2	1,00	Lab	0,92	13	25	48	100
70	F	F2	1,00	Lab	1,06	25	65	85	100

Tablo 3'teki her bir yağa ait veri gruplarına Q Testi uygulanarak % 96 güvenirlik için ayıklanması gereken uç değerler tespit edilerek sarı ile işaretlenmiştir. Bu durumda C1, C2 ve E2 verilerinin tümüyle tablodan çıkarılması gerektiği ortaya çıkmıştır. Veriler ayıklandıktan sonra, her bir yağın korozyon miktarlarının ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanarak Tablo 4-3 oluşturulmuştur.

Tablo 4 - 1 g/m² koruyucu yağ uygulanmış galvanizli saclarda beyaz pas miktarları (Q Testi ile veriler ayıklandıktan sonra ortalama ve standart sapmalar)

Test No	Koruyucu Yağ Kodu	Koruyucu Yağ Miktarı Gerçekleşen Yağ Miktarı g/m ²	% Beyaz Pas @Saat			
			2	6	9	24
15	A1	1,50	5	40	70	100
33	A1	1,43	2,5	27,5	60	100
74	A1	1,16	5	30	70	100
90	A1	1,05	0	55	65	100
91	A1	0,95	0	65	85	100
92	A1	1,03	0	60	95	100
93	A1	0,96	0	70	95	100
A1 Ort.		1,15	1,79	49,64	77,14	100,00
A1 Std. Spm.		0,22	2,38	17,10	14,39	0,00
86	A2	0,99	0	20	50	100
87	A2	1,10	0	25	40	100
88	A2	0,91	0	20	60	100
89	A2	1,01	0	15	50	100
A2 Ort.		1,00	0,00	20,00	50,00	100,00
A2 Std. Spm.		0,08	0,00	4,08	8,16	0,00
1	B1	0,98	0	0	10	60
13	B1	1,36	2	5	15	100
27	B1	1,06	0	3	15	100
28	B1	1,20	0	4	10	100
39	B1	1,13	0	3,5	12,5	100
46	B1	1,36	2	5	15	100
53	B1	1,13	0	3,5	12,5	100
B1 Ort.		1,17	0,57	3,43	12,86	94,29
B1 Std. Spm.		0,14	0,98	1,69	2,25	15,12
2	D1	0,89	0	0	11	100
21	D1	1,36	1	8	15	100
22	D1	1,31	0	3	10	100
36	D1	1,10	0,5	5,5	12,5	100
50	D1	1,21	0,5	5,5	12,5	100
D1 Ort.		1,17	0,40	4,40	12,20	100,00
D1 Std. Spm.		0,19	0,42	3,03	1,89	0,00
3	D2	1,02	0	5	16	80
11	D2	0,90	0	1	5	100
23	D2	1,06	1	5	10	100
24	D2	1,13	1	5	20	100
37	D2	1,10	1	5	15	100
44	D2	0,90	0	1	5	100
51	D2	1,10	1	5	15	100
64	D2	1,03	0	3	8	100
D2 Ort.		1,03	0,50	3,75	11,75	97,50
D2 Std. Spm.		0,09	0,53	1,83	5,55	7,07
12	E1	1,31	1	4	10	95
25	E1	1,13	0	5	20	100
26	E1	1,10	0	15	40	100
38	E1	1,12	0	10	30	100
45	E1	1,25	1	4	10	95
52	E1	1,12	0	10	30	100
E1 Ort.		1,17	0,33	8,00	23,33	98,33
E1 Std. Spm.		0,09	0,52	4,43	12,11	2,58
4	F1	1,02	0	1	6	90
8	F1	1,06	1	5	13	90
17	F1	1,06	1	3	10	100
18	F1	1,13	0	1	7	100
34	F1	1,10	0,5	2	8	100
41	F1	1,06	1	5	10	90
48	F1	1,10	0,5	2	11	100
69	F1	0,96	0	3	12	100
F1 Ort.		1,06	0,50	2,75	9,63	96,25
F1 Std. Spm.		0,05	0,46	1,58	2,45	5,18
5	F2	1,00	7	15	53	100
9	F2	1,20	25	30	35	100
19	F2	1,00	10	15	15	100
35	F2	0,92	12,5	25	47,5	100
42	F2	1,20	25	30	35	100
49	F2	0,92	12,5	25	47,5	100
F2 Ort.		1,04	15,33	23,33	38,83	100,00
F2 Std. Spm.		0,13	7,76	6,83	13,77	0,00

Tablo 4'teki ortalama ve standart sapma değerleri, Tablo 5'te toplanmıştır.

Tablo 5 - Koruyucu Yağlar için ortalama korozyon miktarları ve standart sapmalar

Koruyucu Yağ Kodu	Koruyucu Yağ Miktarı Gerçekleşen Yağ Miktarı g/m ²	% Beyaz Pas @Saat			
		2	6	9	24
A1	1,15±0,22	1,79±2,38	49,64±17,14	77,14±14,39	100,00±0,00
A2	1,00±0,08	0,00±0,00	20,00±4,08	50,00±8,16	100,00±0,00
B1	1,17±0,14	0,57±0,98	3,43±1,69	12,86±2,25	94,29±15,12
D1	1,17±0,19	0,40±0,42	4,40±3,03	12,20±1,89	100,00±0,00
D2	1,03±0,09	0,50±0,53	3,75±1,83	11,75±5,55	97,50±7,07
E1	1,17±0,09	0,33±0,52	8,00±4,43	23,33±12,11	98,33±2,58
F1	1,06±0,05	0,50±0,46	2,75±1,58	9,63±2,45	96,25±5,18
F2	1,04±0,13	15,33±7,76	23,33±6,83	38,83±13,77	100,00±0,00

Tablo 5 incelendiğinde ilk 2 saatin sonunda ortalama beyaz pas miktarlarında standart sapmalarının da düşük olduğu dolayısıyla, 2. saatin optimum bir değerlendirme için uygun veriler oluşturmadığı görülmektedir. 24. saatte ise bir çok panel yüzeyinin tümüyle beyaz pas ile kaplanarak korozyon miktarının 24. saat sonunda beyaz pas miktarı %100 olmakta yada bu değere çok yaklaşmaktadır. 6. ve 9. saat verileri ise 2. ve 24. saate kıyasla daha yüksek standart sapma vermekte ve oluşan ortalama % beyaz pas da görsel ayırdedicilik açısından daha uygun ayırdedicilik miktarları oluşturmaktadır. 6. ve 9. saat verileri arasında, yağın koruyuculuk performansının belirlenmesi için daha uygun olanı araştırıldığında, 9. saat verilerinin, 6. saat verilerine kıyasla, hem daha yüksek ortalama beyaz pas miktarı verisi oluşturması hem de görece yüksek standart sapmalara sahip olması nedeniyle tercih edilmesi gerektiği görülmektedir. Galvanizli saclar için kullanılan koruyucu yağların performansları NSSFT ve şablon metodu kullanılarak optimum 9. saat verilerine göre değerlendirilmiştir. Dolayısıyla, çalışmanın yürütüldüğü yağlar için 9. saat verileri esas alınarak sıralama yapıldığında Tablo 6 ortaya çıkmaktadır.

Tablo 6 - 1 g/m2 uygulama için koruyucu yağların performans sıralaması

Performans Sıralaması	Koruyucu Yağ Kodu	Koruyucu Yağ Miktarı Gerçekleşen Yağ Miktarı g/m ²	% Beyaz Pas @Saat			
			2	6	9	24
1.	F1 Yağı Ortalaması	1,06	0,50	2,75	9,63	96,25
2.	D2 Yağı Ortalaması	1,03	0,50	3,75	11,75	97,50
3.	D1 Yağı Ortalaması	1,17	0,40	4,40	12,20	100,00
4.	B1 Yağı Ortalaması	1,17	0,57	3,43	12,86	94,29
5.	E1 Yağı Ortalaması	1,15	0,29	11,86	32,14	98,57
6.	F2 Yağı Ortalaması	1,04	15,33	23,33	38,83	100,00
7.	A2 Yağı Ortalaması	1,00	0,00	20,00	50,00	100,00
8.	A1 Yağı Ortalaması	1,15	1,79	49,64	77,14	100,00

Tablo 6 verilerine göre galvanizli sac yüzeylerin beyaz pas-tan korunması için en yüksek performanslı yağ F firmasına ait F1 yağdır.

3.3. Koruyucu yağların, galvanizlenmemiş sıcak sac yüzeyleri korozyondan koruma performansının incelenmesi

Galvanizli saclarda performansları belirlenen yağların 9. saatteki bulguları arasındaki farkın büyüklüğü ve aynı firmalara ait yağlar arasında da büyük performans farkları olması, bu yağlardan bazılarının galvanizlenmiş saclar dışındaki metaller için tasarlanmış olabileceğini akla getirmektedir. Bu amaçla, F firmasına ait F1 ve F2 yağları ve A firmasına ait A1 ve A2 yağları seçilmiştir. Eşdeğer özelliklere sahip bir DD11 kalite sacdan bir çok numune kesilmiş ve her bir yağ, bu numunelere homojen olarak laboratuvar şartlarında uygulanmıştır. Sıcak haddelenmiş saclarda genel uygulama miktarları 3 g/m2 olduğundan, tüm uygulamalarda, sac yüzeyinde 3 g/m2 miktarında yağ bırakılması hedeflenmiştir. Yağlanan numuneler NSSFT kabininde, 24 saat boyunca korozyona zorlanmış ve 2., 6., 9. ve 24. saatlerin sonunda kırmızı pas cinsinden % korozyon miktarları kaydedilmiştir. Bu çalışmadan elde

edilen bulgular F firmasının ürünleri için Tablo 7’de ve A firmasının ürünleri için Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 7 - F firmasının koruyucu yağlarının Sıcak Haddelenmiş DD11 kalite sac numunelerindeki korozyon (% kırmızı pas cinsinden) miktarları

Test No	Yağ		Uygulama		Koruyucu Yağ Miktarı Gerçekleşen Yağ Miktarı g/m ²	% Kırmızı Pas @Saat			
	Üretici Firma	Koruyucu Yağ Kodu	Hedef Yağ Miktarı g/m ²	Uygulama şekli		2	6	9	24
8	F	F1	3,00	Lab	3,26	2	41	79	98
9	F	F2	3,00	Lab	3,00	2	3	5	15

Tablo 7 bulgularına göre, F1 yağı, galvanizli yüzeylerde yüksek korozyondan koruma kabiliyeti ile birinci sırada yer alırken aynı yağın, galvanizlenmemiş, sıcak haddelenmiş ve asitlenmiş sac yüzeyinde, galvanizli sac yüzeylerde 6. sırada yer alan F2 yağına göre çok daha düşük bir korozyondan koruma performansına sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 8 - A firmasının koruyucu yağlarının Sıcak Haddelenmiş DD11 kalite sac numunelerindeki korozyon (% kırmızı pas cinsinden) miktarları

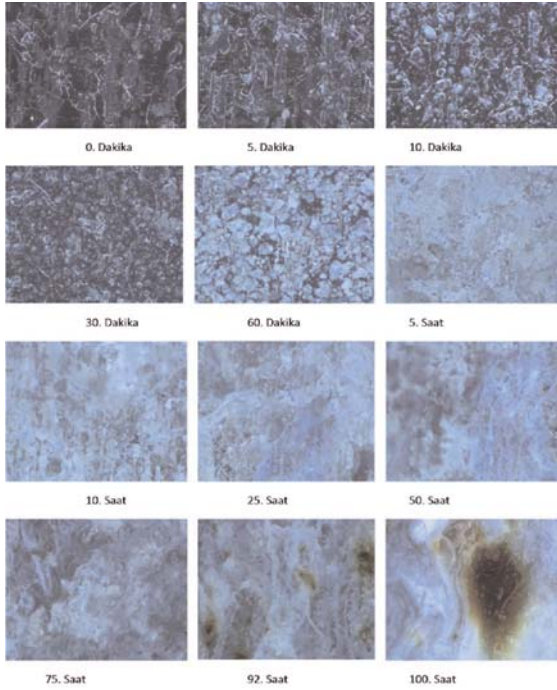
Test No	Yağ		Uygulama		Koruyucu Yağ Miktarı Gerçekleşen Yağ Miktarı g/m ²	% Kırmızı Pas @Saat				
	Üretici Firma	Koruyucu Yağ Kodu	Hedef Yağ Miktarı g/m ²	Uygulama şekli		2	6	9	24	
27	A	A2	3,00	Lab	3,08	0	0	0	7	
28	A	A2	3,00	Lab	2,98	0	0	0	5	
29	A	A2	3,00	Lab	2,94	0	0	0	9	
30	A	A2	3,00	Lab	3,12	0	0	0	7	
A2 Yağı Ortalaması						3,03	0,00	0,00	0,00	7,00
31	A	A1	3,00	Lab	3,02	5	45	59	100	
32	A	A1	3,00	Lab	3,21	0	50	83	100	
33	A	A1	3,00	Lab	2,99	0	60	90	100	
34	A	A1	3,00	Lab	3,01	0	55	80	100	
A1 Yağı Ortalaması						3,06	1,25	52,50	78,18	100,00

Tablo 8 bulgularına göre, A Firmasının A1 ve A2 ürünleri, galvanizli sacda sırasıyla 8. ve 7.sırada yer alarak, kayda değer bir performans sergilememelerine rağmen, asitlenmiş sacda A2’nin performansının son derece yüksek, A1 yağının performansının sıcak sacda da zayıf olduğu görülmüştür. Bu tespitler ışığında F firmasının F1 kodlu ürününü galvanizli yüzeyler için F2 kodlu ürününü ise sıcak haddelenmiş yüzeyler için tasarlanmış olabileceği, A firmasının ise A2 kodlu ürününü sıcak haddelenmiş yüzeyler için tasarladığı A1 kodlu ürün tasarımında ise ne galvanizli ne de sıcak haddelenmiş yüzeylerin hedeflenmediği düşünülebilir. A1 kodlu ürün bu iki yüzey dışında korozyon koruması gerektiren Kalay yada Krom kaplı yüzeyler yada benzerleri için tasarlanmış olabilir.

3.4. Galvanizli sac yüzeyinde beyaz ve kırmızı pas oluşumunun izlenmesi

Beyaz ve kırmızı pasın yüzeyde oluşumunun görsel olarak izlenebilmesi amacı ile 0,48 mm kalınlıklı, 0,98 µm pürü-

zlandırılmış, her bir yüzeyi 50 g/m² çinko kaplı galvanizli sacdan 150 x 200 mm ebatlarında 12 adet numune hazırlanmıştır. Numunelerin yüzeyleri etil alkol ile temizlenerek saç kurutma makinesi ile kurutulmuş ve kenarları bantlanmıştır. Kurutulan numunelerin 11 adedi zaman geçirilmeden kabine konmuş ve 1 adedi kabine konularak mikroskop ile uygun ışık altında x20 büyütme ile fotoğraflanmıştır. Kabine konulan numunelerden sırasıyla 5., 10., 30., 60. dakikalarda ve 5., 10., 25., 50., 75., ve 100 dakikalarda birer adedi alınarak mikroskop ile uygun ışık altında x20 büyütme ile fotoğraflanmıştır. Bu çalışma sırasında kabinde kalan diğer numuneler, 50. saatten sonra her 2 saatte bir kırmızı pas oluşumunun başlayıp başlamadığı açısından kontrol edilmiş ve kırmızı pasın ilk gözlemlendiği anda ekstra bir fotoğraf daha alınmıştır. Bu çalışmaya ait fotoğraflar Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6 - Skin pass uygulanmış galvanizli yüzeyde beyaz ve kırmızı pas oluşum evreleri

4. SONUÇ

Boyamaya uygun galvanizli sac üretiminde, boyanın tutunumunu arttırmak için, galvaniz yüzeyine skin pass denen prülendirme işlemi uygulanır. Bu prülendirme boyamaya elverişli bir yüzey oluştururken sacın korozyon direncini düşürür. Bu tip galvanizli sacların boyanmasına kadar geçen stoklama ve sevkiyat sürelerinin korozyon (beyaz pas) oluşmadan geçirilebilmesi için galvaniz yüzeyinde ince bir film tabakası oluşturan koruyucu yağ uygulanması gerekir. Galvanizli sac üreticilerine, değişik firmaların ürünleri olan bir çok çeşit koruyucu yağ sunulmaktadır. Piyasadaki koruyucu yağların, galvanizli yüzeyi korozyondan koruma performansları arasında çok ciddi farklar olabilmektedir. Galvaniz yüzeylerde düşük performans sergileyen bir yağ, çelik yüzeylerde yüksek performans sergileyebilmektedir. Piyasadaki bu koruyucu yağ alternatiflerinden en yüksek performanslı olanının seçimi, galvanizli sac üreticileri açısından, hem maliyetlerin

düşürülmesi hem de boyama esnasında beyaz pas oluşumuna bağlı sorunların azaltılması anlamında kritik öneme sahiptir. Bu makalenin, 2.2. ve 3.2. maddesinde yapılan çalışmalar, galvanizli sac üreticilerine, doğru koruyucu yağ seçimi için bir metot önerisi sunmaktadır. Buna göre, koruyucu yağların, galvanizli sac yüzeylerini beyaz pastan koruma performansları, 1 g/m² laboratuvar uygulama panellerinin, NSSFT ile korozyona zorlanmaları sonrasında şablon metodu ile 9. saatteki % korozyon miktarları değerlendirilerek tespit edilebilir. Şekil 5'te NSSFT maruz bırakılan sac yüzeyindeki beyaz pasın, ilk 5 dakika gibi kısa bir süre içerisinde, noktalar halinde oluşmaya başladığı görülmektedir. Bu beyaz pas noktaları, büyüyerek 5 saat kadar sonra tüm yüzeyi kaplamaktadır. Yüzeydeki beyaz pas tabakası zamanla kalınlaşarak metalik çinko tabakasını zayıflatmakta ve yaklaşık 92. saatte saca ulaşarak kırmızı pas oluşumunu noktasal olarak başlatmaktadır. Noktasal olarak başlayan kırmızı pas da büyümesine devam etmektedir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Lothar T. Jandel BASF Coatings GmbH, 48136 Muenster, Germany "Surface Modification by In-Line Thin Film Coating and Organic/Inorganic Treatment of Continuous Galvanized Steel Sheet
- [2] Continuously hot-dip coated steel flat products - Technical delivery conditions English version of DIN EN 10346:2009-07
- [3] Vourlias G., Pistofidis N., Stergioudis T. and Tsipas G., "The effect of alloying elements on the crystallization behaviour and on the properties of galvanized coatings", Cryst. Res. Technol.39, No.1, S. 23-29, 2004
- [4] Morimoto Y., Nishimura K., and Takahashi L., "Excellent Corrosion - resistant Zn-Al-Mg-Si Alloy Hot-dip Galvanized Steel Sheet Super Dyma", Nippon Steel Technical Report No.87, 2003"
- [5] Prosek T., Dominique T., Persson D., Stouil J. "Corrosion Products Formed on Zn-Mg, Zn-Al and Zn-Al-Mg Coatings in Model Atmospheric Conditions"
- [6] Thierry L., Pommier N. "Hexavalent Chromium-Free Passivation Treatments In The Automotive Industry" Coventya SAS
- [7] Barnes C. "Non-chromate passivation treatments for zinc" JJD Ward, TIMF, 1982, vol 60
- [8] Hülser P., "Replacement of Hexavalent Chrome Passivations on Galvanized Steel" SurTec GmbH, Zwingenberg, Germany
- [9] Riener C.K., Preis K., Achammer E., Angeli G. "Nano Characterisation of the Surface of HDG Zn-Al-Mg Coated Steel Sheets. (Galvatech 2011)
- [10] GalvInfoNote 2.10, "2. Coating Processes and Surface Treatments", Rev 1.2 Jan 2011
- [11] ASTM B-117 Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus
- [12] Yoichi T., Kazuhiro A. "Hot-Dip Galvanized Steel Sheet with Excellent Surface Quality for Automotive Outer Panels" JFE TECHNICAL REPORT No. 4 (Nov. 2004)
- [13] Karakas O., Galvanizli Sac Üretiminde, Pasivasyon Ajanları Ve Koruyucu Yağ Kullanımının, Korozyon Oluşumuna Etkilerinin İncelenmesi, International Iron & Steel Symposium, Karabük, Türkiye V.2 S700, 2012