ÖZET

Merdaneli kaplama sistemine uygun çok katlı yapışmaz PTFE kaplama

Buluş özellikle, yapışma kabiliyeti ve aşınım direncini arttırmak üzere, kumlanmış alüminyum disk yüzeye içten dışa doğru farklı kat sayısı ve sıralamasında, inorganik sertleştirici olarak silisyum karbür içeren astar kat kaplama ve ara kat kaplama ile yapışmaz yüzey elde etmek üzere, ara kat kaplama üzerine kaplanan üst kat kaplama içeren çok katlı yapışmaz PTFE kaplama ve ilgili üretim yöntemi ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Merdaneli kaplama sistemlerinde uygulanabilir özellikte olan,

- bağlayıcı, su, yüzey ıslatıcı ajanı, kıvamlaştırıcı, çözücü, pigment, köpük kesici ajan, PTFE, pH düzenleyici ve inorganik sertleştirici içeren astar kat kaplama ve ara kat kaplamanın elde edilmesi,
- PTFE, su, yüzey ıslatıcı ajan, kıvamlaştırıcı, çözücü, pigment ve akrilik reçine içeren üst kat kaplamanın elde edilmesi,
- elde edilen astar kat kaplama, ara kat kaplama ve üst kat kaplamanın merdaneli kaplama sistemine yüklenmesi,

işlem adımlarını içeren çok katlı yapışmaz PTFE kaplamanın üretim yöntemi olup, özelliği; yapışma kabiliyeti ve aşınım direncini arttırmak üzere, kumlanmış alüminyum disk yüzeye içten dışa doğru farklı kat sayısı ve sıralamasında,

- inorganik sertleştirici olarak silisyum karbür içeren astar kat kaplamanın uygulanması ve 120-130 °C'de 4 dakika süreyle kurutulup, soğutulması,
- elde edilen astar kat kaplamanın üzerine inorganik sertleştirici olarak silisyum karbür içeren ara kat kaplamanın uygulanması ve 120-130 °C'de 4 dakika süreyle kurutulup, soğutulması,
- yapışmaz yüzey elde etmek üzere, ara kat kaplamanın üzerine üst kat kaplamanın uygulanması ve 120-130 °C'de 4 dakika süreyle kurutulup, soğutulması,
- kaplamanın yüzeye yapışmasını sağlamak üzere 430 °C'de 5 dakika süreyle kürleme işleminin gerçekleştirilmesi,

işlem adımlarını içermesidir.

2. İstem 1'e uygun yöntem olup, özelliği; bahsedilen astar kat kaplamanın %7-15 oranında bağlayıcı, %30-62,9 oranında su, %4-6 oranında yüzey ıslatıcı ajanı, %4-10 oranında kıvamlaştırıcı, %7-15 oranında çözücü, %3-6 oranında pigment, %0,1-0,3 oranında köpük kesici ajan, %8-17 oranında PTFE, %1-2 oranında pH düzenleyici ve %3-8 oranında inorganik sertleştirici içermesidir.

3. İstem 1'e uygun yöntem olup, özelliği; bahsedilen ara kat kaplamanın ağırlıkça %3-6 oranında bağlayıcı, %40-61 oranında su, %0,2-1,5 oranında yüzey ıslatıcı ajanı, %5-11 oranında kıvamlaştırıcı, %7-15 oranında çözücü, %3-6 oranında pigment, %0,1-0,5 oranında

köpük kesici ajan, %17,6-35 oranında PTFE, %0,1-0,9 oranında pH düzenleyici ve %3-8 oranında inorganik sertleştirici içermesidir.

4. İstem 1'e uygun yöntem olup, özelliği; bahsedilen üst kat kaplamanın ağırlıkça %40-60 oranında PTFE, %22-35 oranında su, %4-10 oranında yüzey ıslatıcı ajanı, %3-9 oranında kıvamlaştırıcı, %6-10 oranında çözücü, %2-5 oranında pigment ve %3-6 oranında akrilik reçine içermesidir.

5. İstem 1 veya 2'ye uygun yöntem olup, özelliği; bahsedilen astar kat kaplamanın inorganik sertleştirici olarak %6 oranında 21±1,5 mikron veya 17±1,5 veya 12±1,5 mikron tanecik boyutuna sahip silisyum karbür içermesidir.

6. İstem 1 veya 3'e uygun yöntem olup, özelliği; bahsedilen ara kat kaplamanın inorganik sertleştirici olarak %7,5 oranında 21±1,5 mikron veya 17±1,5 veya 12±1,5 mikron tanecik boyutuna sahip silisyum karbür içermesidir.

7. İstem 1'e uygun yöntem olup, özelliği; astar kat kaplamanın 4-6 mikron kuru film kalınlığında olmasıdır.

8. İstem 1'e uygun yöntem olup, özelliği; ara kat kaplamanın 4-8 mikron kuru film kalınlığında olmasıdır.

9. İstem 1'e uygun yöntem olup, özelliği; 23-25 mikron toplam kuru film kalınlığına sahip olmasıdır.

10. Yukarıdaki istemlerden herhangi birinde bahsedilen yöntemi ile elde edilen, merdaneli kaplama sistemlerinde uygulanabilen, yapışma kabiliyeti ve aşınım direnci yüksek, çok katlı yapışmaz PTFE kaplamadır.

11. İstem 10'da bahsedilen çok katlı yapışmaz PTFE kaplama olup, özelliği; içten dışa doğru iki kat astar kat kaplama, tek kat ara kat kaplama ve iki kat üst kat kaplama içermesidir.

12. İstem 10'da bahsedilen çok katlı yapışmaz PTFE kaplama olup, özelliği; içten dışa doğru tek kat astar kat kaplama, iki kat ara kat kaplama ve iki kat üst kat kaplama içermesidir.

13. İstem 10'da bahsedilen çok katlı yapışmaz PTFE kaplama olup, özelliği; içten dışa doğru tek kat astar kat kaplama, tek kat ara kat kaplama ve üç kat üst kat kaplama içermesidir.

TARİFNAME

Merdaneli kaplama sistemine uygun çok katlı yapışmaz PTFE kaplama

Teknik Alan

Buluş, merdaneli kaplama sistemine uygulanabilir özellikte olan çok katlı yapışmaz PTFE kaplama ve ilgili üretim yöntemi ile ilgilidir.

Buluş özellikle, yapışma kabiliyeti ve aşınım direncini arttırmak üzere, kumlanmış alüminyum disk yüzeye içten dışa doğru farklı kat sayısı ve sıralamasında, inorganik sertleştirici olarak silisyum karbür içeren astar kat kaplama ve ara kat kaplama ile yapışmaz yüzey elde etmek üzere, ara kat kaplama üzerine kaplanan üst kat kaplama içeren çok katlı yapışmaz PTFE kaplama ve ilgili üretim yöntemi ile ilgilidir.

Tekniğin Bilinen Durumu

Floropolimerler, yüksek performanslı polimer malzemeleri kategorisine ait olup, bu kategorinin en bilinen üyesi PTFE yani politetrafloroetilendir. PTFE, en pürüzsüz ve en sağlam malzemelerden biridir. PTFE neredeyse bütün kimyasallara karşı eylemsizdir ve şimdiye kadar var olan en kaygan malzeme olduğu kabul edilebilmektedir. PTFE, bu özellikleri sayesinde şimdiye kadar elde edilmiş en değerli ve kullanışlı malzemelerden biri olmuş, havacılık ve uzay, iletişim, elektronik, endüstriyel süreçler ve mimari gibi alanlarda çok önemli ilerlemeler sağlanmasına katkıda bulunmuştur. Mutfak eşyalarında kaplama malzemesi olarak ve kumaşlar ile tekstil ürünlerinde yağ ve leke önleyici olarak kullanılmakta ve üstün yapışmaz özelliği nedeni ile de endüstride çok yaygın kullanımı bulunmaktadır. Floropolimerler ayrıca zorlu ortamlarda da kullanılabilmektedir. Kimyasallara karşı sahip oldukları direnç nedeniyle kap ve boru tesisatlarının astarları, lityum iyon akü ambalajları gibi çoğu endüstriyel işlemde kullanılmaya uygundurlar.

PTFE'nin keşfinden sonra, başka birçok floropolimer türü geliştirilmiştir. Flor içeren ve içermeyen monomer kombinasyonunun kullanılmasıyla, sektörde farklı işleme ve kullanım sıcaklıklarına sahip bir sürü polimer geliştirilebilmiştir.

Floropolimer uygulamaları, kimyasal eylemsizlik, yüksek elektrik yalıtkanlığı, alev geciktirme, düşük sürtünme, yapışmazlık, hava şartlarına dayanıklılık, eylemsizlik gibi üstün fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ön plana çıkmaktadır.

Yüksek elektrik yalıtkanlığı

Bu polimerlerin yalıtkan özellikleri, devre kartlarının küçültülmesini mümkün kılmaktadır. En yeni savunma sistemlerinde bulunan yüksek hızlı, yüksek frekanslı radar ve iletişim cihazların ve aynı zamanda yeni nesil ultra hızlı bilgisayarların arkasında bu konsept yatmaktadır.

Alev geciktirme

Floropolimerler, elektrik özellikleri ve alev geciktirmeye ilişkin sektör standartlarını karşılamaktadır. Kablo kılıfları (robotlar, kişisel bilgisayarlar, iletişim sektörü, yüksek frekanslara duyarlık, hava taşıtlarındaki elektrikli sistemler vb.), fiber optik, tel kılıfları ve elektrikli-elektronik bileşenler kullanım alanlarına örnektir.

Düşük sürtünme

Floropolimerlerin sürtünme katsayısı çok düşüktür. Bu özelliğin aşınmaya neden olan ortamlarda kullanılması durumunda, aşınmaya karşı direncin iyileştirilmesi için genellikle eylemsiz dolgu maddeleri eklenmektedir. Örneğin günümüzde yüksek performanslı otomobil ve hava taşıtı yatak ve contaları yaygın şekilde floropolimerlerden yapılmaktadır.

Yapışmazlık

Floropolimerlerin, kimyasal yapılarından dolayı yapışmazlık özellikleri son derece yüksektir. Evlerde mutfak malzemelerinin (tavalar, pilav tencereleri, bıçaklar vb.) kaplamalarında, yazıcı tamburlarında, fotokopi makinelerinin kağıt aktarma parçalarında kullanılmaktadır.

Hava şartlarına dayanıklılık

Floropolimerler, dış mekanlarda ciddi bir performans kaybına uğramamaktadır. Bakım gerektirmeden, uzunca bir süre kullanılabilmektedir. Sera uygulamalarında film, fotovoltaik hücrelerde film kapağı ve mor ötesi ışığa dirençli boyalar gibi mimari uygulamalarda kullanılmaktadır.

Genel olarak bakıldığında üstün özellikleri sebebiyle çok sayıda sektörde PTFE kaplamalar kullanılmaktadır. Özellikle düşük sürtünme katsayısı, yüksek korozyon dayanımı, sıcaklık dirençlerinin birlikte istenildiği alanlarda, ayrıca yüzey kaplamalarında yapışmazlık özelliğinin gerektiği durumlarda PTFE uygun çözümler sunmaktadır. Bunun yanı sıra polimer içeren kaplama malzemelerinin farklı uygulanma yöntemleri bulunmaktadır. Kullanılan kaplama yöntemi uygulanacak kaplama türüne, üretim miktarına ve ekonomikliğine göre değişim göstermektedir. Son zamanlarda tek düze kaplama, hassas uygulama verimi, film dayanım kontrolü, üretim kolaylığı, verimlilik, zaman ve enerji tasarrufu sağlama açısından merdane kaplama sistemlerinin popülerliği artmaya başlamıştır.

Merdaneli kaplama sistemi daha sonra istenilen şekilde tava/tencere haline getirilen yuvarlak diskler gibi ayrı düz parçaları kaplamak için tasarlanmıştır. Polimer içeren kaplama malzemesi alüminyum diske katlar halinde uygulanıp kaplanmasını ve kaplanan bu disklerin mutfak pişirme gereçlerinde kullanılmasını sağlamaktadır. Bu yöntemde kaplama malzemesi, iki silindir merdanesi arasına beslenmektedir. Merdaneli sistem altından sürekli olarak uygulama yapılacak olan disk yüzeyleri geçirilirken, silindirlerin uygulayacağı basınçla kaplama malzemesi disklere katlar halinde uygulanmaktadır.

Astar, ara ve üst kat olarak toplam üç farklı formülasyonundan oluşan, beş kat uygulanabilen merdaneli sistemlerde kaplanmış yüzeylerden beklenen kullanım performanslarının etkisinin çok fazla olması nedeni ile katların birbiri ile uyumlu olabilmesi, katlar arasındaki bileşenlerin derişim farkının, birbirleri ile ilgili olan ilişkilerinin incelenmesi, oluşturulan formülasyonların fiziksel/kimyasal özelliklerinin incelenmesi (porozite, yoğunluk, tanecik büyüklüğü, viskozite vb.) son derece önemlidir. Merdaneli kaplama sisteminde alüminyum yüzeyler kaplama malzemesi ile kaplandıktan sonra derin çekme prosesi sonrasında istenilen son ürün şekline getirilmektedir. Astar kat için oluşturulan reçetede derin çekme prosesinde esnekliğin sağlanabilmesi ve kırılmaması için yüksek termal dayanımı, mekanik özellikleri, gıda teması ile uyumluluğu olan viskozite farklılıklarına göre yüksek ve ultra performans sahibi termoset, termoplastik polimerik reçineler kullanılarak farklı formulasyonlar elde edilmiştir. Aynı şekilde astar kat üzerine ara kat formülasyonuda çalışılmıştır ve ara kat formülasyonu içerisinde de yine yüksek termal dayanımı olan polimerik bağlayıcı reçineler kulalnılarak ara kat kaplama malzemesi elde edilmiştir. Son kat olarak floropolimer reçine içeren formülasyonlar hazırlanmıştır. Floropolimer reçinelerinin aşınma dayanımlarınının, sertliklerinin, çizilme dirençlerinin zayıf olması kaplamanın kullanım ömrünü zayıflattığı için büyük dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Ve yine aşınmanın olması sonrasında kaplamanın yapışmazlık özelliği de zaman içerisinde azalmaktadır.

Aşınma dayanımının arttırılması için kaplama malzemesi kompozisyonlarında, filmlerin sertleşebilmesi için inorganik seramik dolgu malzemeleri kullanılmaktadır. Filmlerin sertleştirilmesinde, aşınma dayanımının arttırılmasında kullanılan bu inorganik seramik malzemelerin Mohs sertlik dereceleri ya da Knopp sertlik değerleri bulunmaktadır. Mohs sertlik derecesi en yumuşak 1 ve en sert 10 olacak şekilde numaralandırılmaktadır. Örneğin talk 1, alçıtaşı 2, kalsit 3, kuartz 7 ve elmas 10 Mohs sertlik derecesine sahiptir. Ancak kullanılan birçok sertleştirici inorganik seramik malzemesi için Mohs sertlik skalası yeterli gelmemektedir ve bundan dolayı bir malzemenin aşınmaya ya da çizilmeye karşı olan direncini belirtmek için Knoop Sertlik ölçüm değerleri kullanılmaktadır. Bu dolgu malzemeleri bağlayıcı ve floropolimer reçinelerinin nihai ürünü oluşturabilmesi için gerekli olan yüksek

kürlenme sıcaklıklarına dayanıklı, termal kararlılığı olan ürünlerdir. Sulu sistemlerde çözünmeden, homojen şekilde dispersiyon halinde bulunabilmektedirler ve sertlik derecelerine göre floropolimer kaplamaya dışarıdan etkiyen aşındırıcı kuvvete direnç göstererek, kaplamanın mekanik dayanımının azalmasına engel olmaktadırlar. Bilinen teknikte kullanılan ve Knoop sertlik değeri en az 1200 $kgmm^2$ olacak şekilde inorganik sertleştirici dolgu malzeme örnekleri tablo-1'de verilmektedir.

Tablo-1: Bilinen teknikte kullanılan inorganik sertleştirici dolgu malzemelerine ait Knoop sertlik değerleri

İnorganik sertleştirici dolgu malzemesi	Knoop sertlik değerleri	İnorganik sertleştirici dolgu malzemesi	Knoop sertlik değerleri
Zirkonyum	1200	Tungsten karbür	1880
Alüminyum nitrit	1225	Alüminyum	2025
Berilyum	1300	Zirkonyum karbür	2150
Zirkonyum nitrit	1510	Titanyum karbür	2470
Zirkonyum borür	1560	Silikon karbür	2500
Titanyum nitrür	1770	Alüminyum borür	2500
Titanyum borür	3000	Bor karbür	3400

Tekniğin bilinen durumunda yapışmaz kaplamalar ile ilgili bazı başvurulara rastlanmış olup, bunlardan biri EP3357587B1 numaralı patent dokümanıdır. Mevcut buluş, yoğun aşındırmadan sonra iyileştirilmiş yapışmaz özelliklere sahip olan bir PTFE yapışmaz kaplama, bu tip bir yapışmaz kaplamaya sahip olan bir nesne, bunun üretimi için bir metot ve bunun pişirme, kızartma ve mutfak cihazlarında kullanımı ya da bir yapışmaz etkinin ve yüksek aşınma mukavemetinin talep gedildiği diğer uygulamalarda kullanımı ile ilgilidir.

EP2407306B1 numaralı patent dokümanında yapışmaz kaplama ve kaplama metodu açıklanmaktadır. Yapışmaz korozyon önleyiciden oluşan astar, aşınma dirençli orta kaplama ve yapışmaz üst kaplama içeren floropolimer, en az bir tip ısıya dayanıklı polimer bağlayıcı ve pigment dolgusu ve pigment dolgusu ve ağırlığın yüzde 1-15'ini oluşturan ısıya dayanıklı polimer bağlayıcıya sahiptir. Ara kaplama astarda kaplanmıştır ve floropolimer inorganik madde dolgu parçacıkları içermektedir. Üst kaplama ara kaplamanın üstünde kaplanmakta ve yapışmayan floropolimer içermektedir.

US8642171B2 numaralı patent dokümanına konu buluş, aşınma kuvvetine ve korozyona dirençli çok katmanlı yapışmaz bir kaplama malzemesi ile kaplanmış bir substrat

sağlamaktadır. Kaplama, bir ön astar temel kaplama katmanı ve en az iki ek kaplama katmanı içermekte olup, ön astar temel kaplama tabakası esas olarak floropolimer içermez ve ısıya dirençli bir floropolimer olmayan polimer bağlayıcı bileşimi ve inorganik dolgu partikülleri içermektedir. Bahsedilen inorganik dolgu partiküllerinin %50'sinden fazlası titanyum dioksittir. Isıya dirençli floropolimer olmayan bağlayıcı bileşimi ise, tercihen poliimid (PI), poliamitimit (PAI), polieter sülfon (PES), polifenilen sülfit (PPS) ve bunların bir karışımından oluşan gruptan seçilmektedir.

Söz konusu başvurularda bahsedilen kaplama malzemelerinin aşınma dirençlerini arttırmak üzere kullanılan partiküller istenilen düzeyde aşınma direnci artışını sağlayamamakla birlikte merdaneli sistemlere uygun, yüksek aşınma dayanımına sahip yapışmaz PTFE kaplamalara duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır.

Sonuç olarak yukarıda bahsedilen olumsuzluklardan ve eksikliklerden dolayı, ilgili teknik alanda bir yenilik yapma ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

Buluşun Amacı

Mevcut buluş, yukarıda bahsedilen gereksinimleri karşılayan, tüm dezavantajları ortadan kaldıran ve ilave bazı avantajlar getiren, merdaneli kaplama sistemine uygun, çok katlı yapışmaz PTFE kaplama ile ilgilidir.

Buluşun amacı, uygulanabilir özellikte olan, yapışma kabiliyeti ve aşınım direnci yüksek, çok katlı yapışmaz PTFE kaplama elde etmektir.

Buluşun amacı, merdaneli kaplama sistemlerine uygun, yüksek aşınma dayanımına sahip yapışmaz PTFE kaplama elde edebilmek için üst kat kaplama öncesi uygulanan astar kat ve ara kat kaplama için en uygun aşındırıcı seramik malzemeyi belirlemektir.

Yukarıda anlatılan amaçların yerine getirilmesi için buluş, merdaneli kaplama sistemlerinde uygulanabilir özellikte olan,

- bağlayıcı, su, yüzey ıslatıcı ajanı, kıvamlaştırıcı, çözücü, pigment, köpük kesici ajan, PTFE, pH düzenleyici ve inorganik sertleştirici dolgu malzemesi içeren astar kat kaplama ve ara kat kaplamanın elde edilmesi,
- PTFE, su, yüzey ıslatıcı ajan, kıvamlaştırıcı, çözücü, pigment ve akrilik reçine içeren üst kat kaplamanın elde edilmesi,

- elde edilen astar kat kaplama, ara kat kaplama ve üst kat kaplamanın merdaneli kaplama sistemine yüklenmesi,

işlem adımlarını içeren çok katlı yapışmaz PTFE kaplamanın üretim yöntemi olup, özelliği; yapışma kabiliyeti ve aşınım direncini arttırmak üzere, kumlanmış alüminyum disk yüzeye içten dışa doğru farklı kat sayısı ve sıralamasında,

- inorganik sertleştirici olarak silisyum karbür içeren astar kat kaplamanın uygulanması ve 120-130 °C'de 4 dakika süreyle kurutulup, soğutulması,
- elde edilen astar kat kaplamanın üzerine inorganik sertleştirici dolgu malzemesi olarak silisyum karbür içeren ara kat kaplamanın uygulanması ve 120-130 °C'de 4 dakika süreyle kurutulup, soğutulması,
- yapışmaz yüzey elde etmek üzere, ara kat kaplamanın üzerine üst kat kaplamanın uygulanması ve 120-130 °C'de 4 dakika süreyle kurutulup, soğutulması,
- kaplamanın yüzeye yapışmasını sağlamak üzere 430 °C'de 5 dakika süreyle kürleme işleminin gerçekleştirilmesi,

işlem adımlarını içermektedir.

Buluşun amaçlarını gerçekleştirmek üzere, astar kat kaplama 4-6 mikron kuru film kalınlığındadır.

Buluşun amaçlarını gerçekleştirmek üzere, ara kat kaplama 4-8 mikron kuru film kalınlığındadır.

Buluşun amaçlarını gerçekleştirmek üzere, yapışmaz PTFE kaplama 23-25 mikron toplam kuru film kalınlığına sahiptir.

Buluşun amaçlarını gerçekleştirmek üzere, astar kat kaplamada inorganik sertleştirici olarak tercihen %6 oranında, ara kat kaplamada ise %7,5 oranında 21±1,5 mikron, 17±1,5 veya 12±1,5 mikron tanecik boyutuna sahip silisyum karbür kullanılmaktadır.

Buluşun amaçlarını gerçekleştirmek üzere çok katlı yapışmaz PTFE kaplama, içten dışa doğru iki kat astar kat kaplama, tek kat ara kat kaplama ve iki kat üst kat kaplama veya tek kat astar kat kaplama, iki kat ara kat kaplama ve iki kat üst kat kaplama veya tek kat astar kat kaplama, tek kat ara kat kaplama ve üç kat üst kat kaplama içermektedir.

Buluşun yapısal ve karakteristik özellikleri ve tüm avantajları aşağıda verilen detaylı açıklama sayesinde daha net olarak anlaşılacaktır ve bu nedenle değerlendirmenin de bu detaylı açıklama göz önüne alınarak yapılması gerekmektedir.

Buluşun Anlaşılmasına Yardımcı Olacak Şekiller

Şekil-1: Deneme 1, deneme 2 ve deneme 3'ün aşınma testi sonrası görüntüleridir.

Şekil-2: Silisyum karbür içeren astar kat kaplamanın SEM görüntüsüdür.

Şekil-3: Deneme 1, deneme 2 ve deneme 3'le kaplanan yüzeylerinin tribometre ölçüm grafiğidir.

Şekil-4: Deneme 1, deneme 2 ve deneme 3'le kaplanan yüzeylerinin temas açı grafiğidir.

Parça Referanslarının Açıklaması

S1. Deneme 1

S2. Deneme 2

S3. Deneme 3

a. Aşınma oranı

b. Ortalama sürtünme kuvveti

Buluşun Detaylı Açıklaması

Bu detaylı açıklamada, merdaneli kaplama sistemine uygun çok katlı yapışmaz PTFE kaplama, sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik olarak ve hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak şekilde açıklanmaktadır.

Buluş, merdaneli kaplama sistemine uygulanabilir özellikte olan çok katlı yapışmaz PTFE kaplama ve ilgili üretim yöntemi ile ilgilidir. Buluşun özelliği, çok katlı yapışmaz PTFE kaplamanın, yapışma kabiliyeti ve aşınım direncini arttırmak üzere, kumlanmış alüminyum disk yüzeye içten dışa doğru farklı kat sayısı ve sıralamasında, inorganik sertleştirici olarak silisyum karbür içeren, astar kat kaplama ve ara kat kaplama ile yapışmaz yüzey elde etmek üzere, ara kat kaplama üzerine kaplanan üst kat kaplama içermesidir.

Merdaneli kaplama sistemi için yapışmaz PTFE kaplamaya ait astar kat kaplama malzemesinin formülasyonu;

İçerik	Ağırlıkça Kullanılabilir Miktar (%)
Bağlayıcı	7-15
Su	30-62,9
Yüzey ıslatıcı ajanı	4-6
Kıvamlaştırıcı	4-10
Çözücü	7-15

Pigment	3-6
İnorganik sertleştirici/ Silisyum karbür	3-8
Köpük kesici ajan	0,1-0,3
PTFE	8-17
pH düzenleyici	1-2

Merdaneli kaplama sistemi için yapışmaz PTFE kaplamaya ait ara kat kaplama malzemesinin formülasyonu;

İçerik	Ağırlıkça Kullanılabilir Miktar (%)
Bağlayıcı	3-6
Su	40-61
Yüzey ıslatıcı ajanı	0,2-1,5
Kıvamlaştırıcı	5-11
Çözücü	7-15
Pigment	3-6
İnorganik sertleştirici/ Silisyum karbür	3-8
Köpük kesici ajan	0,1-0,5
PTFE	17,6-35
pH düzenleyici	0,1-0,9

Merdaneli kaplama sistemi için yapışmaz PTFE kaplamaya ait üst kat kaplama malzemesinin formülasyonu;

İçerik	Ağırlıkça Kullanılabilir Miktar (%)
PTFE	40-60
Su	22-35
Yüzey ıslatıcı ajanı	4-10
Kıvamlaştırıcı	3-9
Çözücü	6-10
Pigment	2-5
Akrilik reçine	3-6

Yapışmaz PTFE kaplamayı oluşturan astar kat, ara kat ve üst kat kaplama malzemesi formülasyonlarında genel olarak bağlayıcılar, çözücüler, pigmentler ve dolgu maddeleri, katkı maddeleri ve kıvamlaştırıcı kullanılmaktadır.

Bağlayıcılar, genellikle katı ya da katı hale gelen ve filmi oluşturan polimerik malzemelerdir. Polimerik malzeme, genellikle termoset ya da termoplastik olarak sınıflandırılmaktadır. Termoplastik kaplamalar yeniden ısıtıldığı zaman eriyebilirken, termosetler bu kürlenme sırasında yeniden erimeyi önleyen bir kimyasal tepkimeye tabi tutulmaktadır. Florlu kaplamalardaki floropolimer olmayan bağlayıcıların birinci işlevi alt tabakaya yapışma sağlamaktır. Florlu kaplamaların alt tabakaya yapışma ile ilgili problemlerinin önüne geçilmesi için, bağlayıcı moleküllerinin yüzey tarafından emilmesi beklenmekte ve bağlayıcı

ile alt tabaka arasındaki bağın kuvvetli olması istenmektedir. Floropolimer olmayan bağlayıcılara örnek olarak poliamitimit (PAI), polietersulfon (PES), polifenilsülfit (PPS), polietereterketon (PEEK) verilebilmektedir.

Kaplama, toz olmadıkça formülasyonu içerisindeki çözücüler ya da sıvı maddeler taşıyıcı madde olarak adlandırılmaktadır. Florlu kaplamalardaki çözücü (solvent) sistemleri karmaşıktır ve formül yapılırken dikkatli bir şekilde tasarlanmaktadırlar. Çözücü sisteminin belirlenmesinde, reoloji/viskozite üzerine etkisi, buharlaşma oranı, buhar basıncı, kaynama noktası, yüzey gerilimi, parlama noktası gibi birçok faktör göz önüne alınmaktadır. Bağlayıcı bir solvent içerisinde ya da solvent sisteminde eritilmekte, dağıtılmakta veya süspansiyon halinde tutulmaktadır. Diğer bileşenlerin sıvılaştırılarak, kaplanacak alt tabakaya yayılmalarını, film oluşturmalarını sağlamaktadır. Bahsedilen bu faktörlerin hepsi kaplamanın tüm özelliklerini ve kalitesini etkilemektedir. Su önemli bir solvent olarak kabul edilmekte olup, N,N-dimetilformamid, N-metil-2-pirolidon, N,N-dimetilasetamid, tolüen, ksilen kullanılabilecek diğer solventlere örnekler verilebilmektedir.

Pigmentler ve dolgu malzemeleri, renk vermek, sertlik ve sürtünme ile aşınma direnci gibi fiziksel özelliklerini etkileyebilen formülasyonlara ilave edilen malzemelerdir. Dolgu malzemeleri genellikle maliyeti azaltmak ya da performansı arttırmak amacıyla da kullanılmaktadır. Pigment olarak inorganik, organik ya da karbon siyahları kullanılmaktadır. Çoğunlukla tercih edilenler ise, titanyum dioksit, kırmızı demir oksit ve krom oksittir. Dolgu malzemeleri olarak alüminyum oksit, mika, alüminyum silikat, silisyum karbür, baryum sülfat gibi malzemeler kullanılmaktadır.

Katkı maddeleri ise, kaplama formülasyonlarına genellikle küçük miktarlarda ilave edilebilen, belirli etkileri elde etmek ya da sorunları çözmek için kullanılan kimyasallardır. Nihai kaplama özelliklerini, kaplamanın kürlenme şeklini, uygulama yöntemini ve üretilme şeklini değiştirebilmektedir.

Kullanılabilecek katkı maddeleri şu şekildedir;

Yüzey aktif maddeler, ıslatma ajanları, dispersiyon dengesinin sağlanması ve yüzey geriliminin düşürülmesi için kullanılmakta olup, alkol etoksilatlar, anyonik, katyonik, non-iyonik yüzey aktif malzemeler tercihen kullanılabilmektedir.

Kıvamlaştırıcı ve vikozite düzenleyiciler olarak organik killer, organik tiksotroplar, akrilikler (Acrysol ASE-60), Cab-O-Sil, kaolin, Aerosil, poliüretan kıvamlaştırıcılar seçilebilmektedir.

pH düzenleyiciler amonyum hidroksit, aminler veya amonyaktır. Köpük kesici ajan, silikon içerikli ya da silikon içermeyen mineral yağ bazlı türde olabilmektedir. Air Products and Chemicals, BYK-Chemie USA, Degussa Corporation, Troy Corporation,Evonik gibi birçok şirketin ürünleri kullanılabilmektedir.

Yapışmaz PTFE kaplamanın uygulanma yöntemi;

Yüksek performanslı floropolimer reçine içeren yapışmaz kaplamalar, uluslararası standartlara uygun merdane formunda üretilmekte ve merdaneli kaplama sistemine yüklenip, doğrudan alüminyum disk yüzeyine uygulanmaktadır.

Astar kat kaplamanın kurutulması 120-130°C'de 4 dakika süreyle gerçekleştirilir ve soğutulur. Astar kat kaplama üzerine ara kat kaplama uygulanır, 120-130°C'de 4 dakika süreyle kurutulur ve soğutulur. Son olarak üst kat kaplama yapışmaz yüzey elde edebilmek için uygulanır, 120-130°C'de 4 dakika kurutulur ve kaplamanın yüzeye yapışmasını sağlamak için 430 °C'de 5 dakika süreyle kürlendirilir. Kürleme işleminden sonra PTFE kaplanmış dayanıklı ve yapışmaz yüzey oluşur. Toplam kuru film kalınlığı 23-25 mikron olarak ölçülmüştür. Kaplanmış alüminyum disk yüzey, derin çekme işlemi ile tava, tencere haline getirilir.

Buluş kapsamında, yüksek aşınma dayanımına sahip merdaneli sistemlere uygun yapışmaz PTFE kaplama elde edebilmek için astar kat kaplama ve ara kat kaplamada farklı Knoop sertliğine sahip inorganik aşındırıcı seramik malzemeler araştırılmış olup, en uygun seramik malzeme olarak silisyum karbür tercih edilmiştir. Astar kat kaplamada tercihen %6 oranında, ara kat kaplamada ise %7,5 oranında 21±1,5 mikron, 17±1,5 veya 12±1,5 mikron tanecik boyutuna sahip silisyum karbür kullanılabilmektedir.

Buluş kapsamında yapılan ve S1, S2 ve S3 olarak numaralandırılan deneysel çalışmalarda, astar kat kaplama ve ara kat kaplamada bulunan polimerik bağlayıcı ile astar kat kaplama, ara kat kaplama ve üst kat kaplamada kullanılan PTFE floropolimerinin farklı astar kat kaplama, ara kat kaplama ve üst kat kaplama kombinasyonları denenmiştir. Tablo-2'de deneme kompozisyonları verilmektedir.

Tablo-2: Deneme kompozisyonları

Deneme adı	Kompozisyon
S1	Astar kat kaplama Astar kat kaplama Ara kat kaplama Üst kat kaplama

	Üst kat kaplama
S2	Astar kat kaplama Ara kat kaplama Ara kat kaplama Üst kat kaplama Üst kat kaplama
S3	Astar kat kaplama Ara kat kaplama Üst kat kaplama Üst kat kaplama Üst kat kaplama

Elde edilen deneme 1 (S1), deneme 2 (S2) ve deneme 3 (S3) deneme kompozisyonlarına uygulanan scoth bride aşınma testi, triboloji ölçümleri ve temas açısı sonuçları değerlendirilmiştir.

Scoth bride aşınma testi;

Aşındırıcı inorganik dolgu malzemelerinin aşınma dayanımına etkisini ölçebilmek için hazırlanan formülasyonlardan kumlanmış alüminyum disk yüzeylere 4-6 mikron kuru film kalınlığında astar kat kaplama, 4-8 mikron kalınlığında ara kat kaplama uygulandıktan sonra toplamda 23-25 mikron kuru film kalınlığında olacak şekilde üst kat kaplama merdaneli sistem ile uygulanmıştır. Uygulama sonrasında kurutma ve kürleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonra derin çekme prosesi ile kaplanmış diskler alüminyum tava şekline getirilmiştir. Aşındırma test cihazı kullanılarak aşınma dayanımları test edilmiştir. Aşınma dayanımı (British Standart Institute 7069:1988 normu referans alınarak) aşındırma test ölçüm cihazı 3M 7447 Scoth Bride ovma pedi kullanılarak (ovma pedi her 500 çevrimde değiştirilir, 1 çevrim; gidiş ve dönüştür) 3 kg kuvvet altında yapılmıştır. 15000 çevrim sayısına ulaştığı zaman test sonlandırılmıştır. Aşındırıcı dolgu malzemesi olarak deneme1 (S1), deneme 2 (S2) ve deneme 3'de (S3) Knoop sertlik değerleri 2500 $kgmm^2$ silisyum karbür kullanılmıştır. Şekil-1'de deneme 1 (S1), deneme 2 (S2) ve deneme 3'ün (S3) aşınma testi sonrası görüntüleri verilmiştir.

Tek kat astar kaplama, tek kat ara kat kaplama ve üç kat üst kat kaplamanın uygulanmış olduğu deneme 3 (S3) aşınma sonucunda en kötü değer olarak karşımıza çıkmaktadır. İki kat astar kat kaplama üzerine tek kat ara kat kaplamanın ve iki kat üst kat kaplamanın uygulanmış olduğu deneme 1 (S1) ise en iyi sonucu vermiştir. Tek kat astar kat kaplama, iki kat ara kat kaplama ve iki kat üst kat kaplamadan oluşan deneme 2 (S2) ise deneme 1'e (S1) göre daha kötü gelirken deneme 3'e (S3) kıyasla çok olumludur. Yani astar kat kaplama ve ara kat kaplamanın daha fazla olduğu deneme 1 (S1) ve deneme 2 'de (S2) formülasyonda

kullanılan abrazif sertlik arttırıcı inorganik malzemenin (silisyum karbür) aşınma dayanımı üzerine etkisi son derece fazla olup, aşınma dayanımını arttırdığı gözlenmektedir. Deneme 1 (S1) ve deneme 2 (S2) denemelerini kıyasladığımızda ise deneme 1'de (S1) polimerik reçinenin daha fazla kullanıldığı astar kat kaplamanın deneme 2'ye (S2) göre bir kat daha fazla olmasının aşınma dayanımını arttırdığı söylenebilmektedir. Elde edilen bu sonuçlar doğrultusunda, inorganik sertlik arttırıcı malzemelerin deneme 1'inde (S1) floropolimer olmayan reçinenin sertlik dayanımını da arttırmakta olduğu söylenebilmektedir.

SEM sonuçları

Kaplamanın mikroskop ölçümleri ile kaplama malzemesinde bulunan silisyum karbür bileşikleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmiştir. Şekil-2'da silisyum karbür içeren astar kat kaplamanın SEM görüntüsü verilmektedir.

Tribolojik aşınma testi

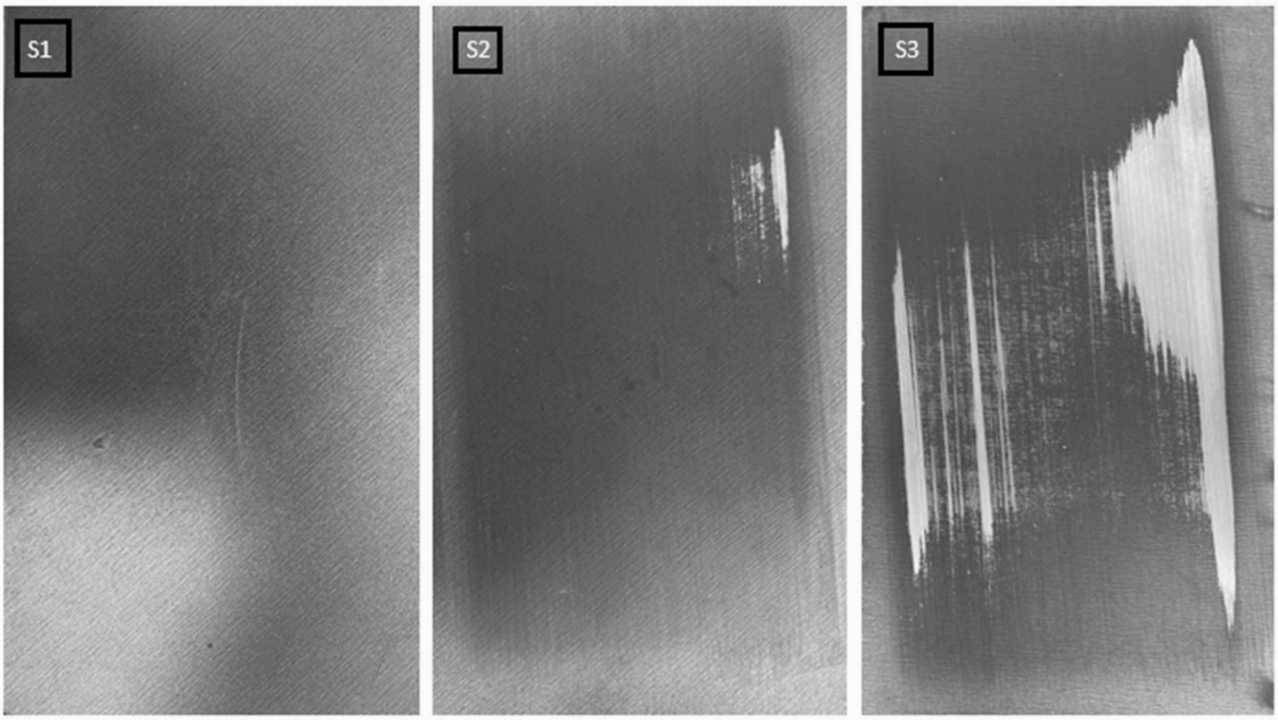
Tribometre cihazında katı haldeki (metal, seramik, polimer, kompozit ve kaplama gibi) malzemelerin aşınma deneyleri yapılmaktadır. Tribometrede aşınma ölçüm sonuçları "ball-on-disc" ve "pin-on-disc" mekanizmaları ile belirlenmektedir. Farklı yükler (0,25N' dan 20N' a kadar) altında, farklı bilyeler (çelik, Si_3N_4, WC, Al_2O_3 gibi) ve farklı hızlar (0,5 cm/s' den 50 cm/s' ye kadar) kullanılarak aşınma deneyleri gerçekleştirilmektedir.

Aşındırma işlemi farklı türde iki tip başlık kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Birinci başlık salınım hareketli (reciprocating) lineer tipte hareket eden başlıktır. İkinci başlık ise dönme hareketi (rotation) yapan başlıktır. Aşınma cihazında yapılan deney sonucunda, numunenin ortalama sürtünme katsayısı (b), aşınma oranı (a) (profilometre ya da elektron mikroskobu yardımı ile aşınma izinin alanı ölçülür ve bulunan değer tribometrenin yazılımına girilir) ve kullanılan bilyenin aşınma oranı (bilye çapı mikroskoptan ölçülür ve bulunan değer tribometrenin yazılımına girilir) tespit edilmektedir. Deneme 1 (S1), deneme 2 (S2) ve deneme 3 (S3) denemelerinde ortalama sürtünme kuvvetinin (b) arttığı ve buna bağlı olarak da aşınma oranının (a) arttığı gözlenmiştir. Şekil-3'de deneme 1 (S1), deneme 2 (S2) ve deneme 3'le (S3) kaplanan yüzeylerinin tribometre ölçüm grafiği verilmektedir.

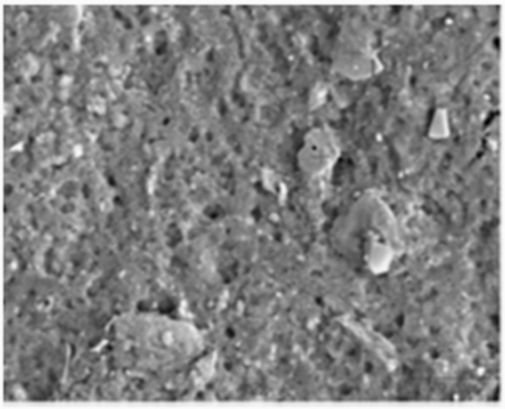
Temas açısı ölçümleri;

ASTM D7334 standardına göre yapılan temas açısı ölçümleri ile kaplanmış yüzeylerin hidrofilik/hidrofobik karakterizasyonu yapılmıştır. Ölçümler oda sıcaklığında, su kullanılarak damla tekniğine göre değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre tüm denemelerin (S1, S2, S3) temas açıları doksan dereceden fazla olmuştur ve PTFE kaplamalardan beklenildiği gibi hidrofobik

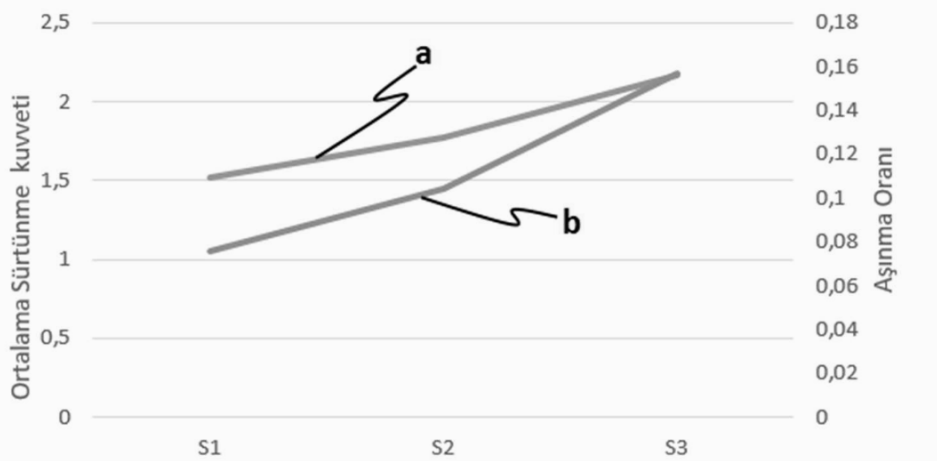
yüzeyler elde edilmiştir. Ayrıca aşınan yüzeylerin hidrofob özelliği de aşınma ile birlikte azalmaktadır. Aşınan yüzeyler yapışmazlık özelliklerini kaybettiklerinden dolayı kullanım ömürleri giderek azalmaktadır. Şekil 4'te verilen temas açısı ölçüm grafiği bize yüzeylerin aşınma oranlarının artması ile temas açısının düştüğünü açıkça göstermektedir.



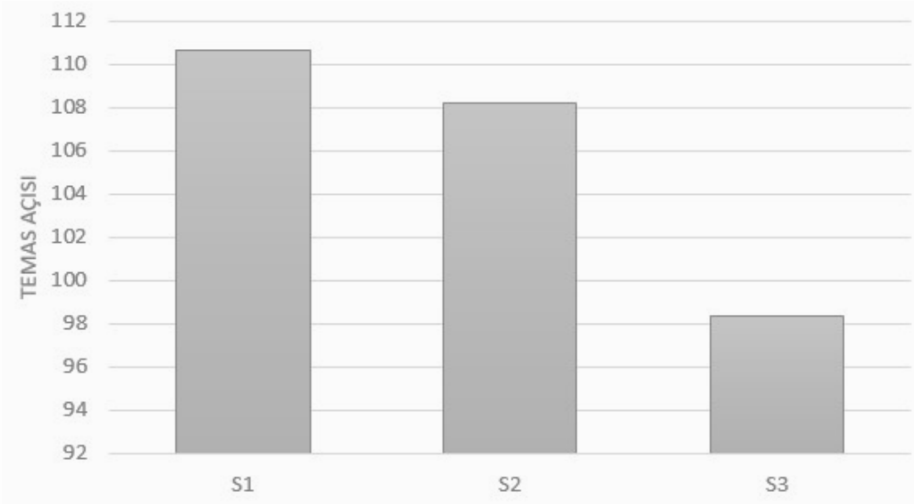
Şekil-1



Şekil-2



Şekil-3



Şekil-4