ÖZET

Yapışmaz kaplamalar için aşınma dayanımı arttırılmış astar kat kaplama malzemesi

Buluş, mutfak pişirme gereçlerinde kullanılan PTFE ve türevleri bazlı yapışmaz üst kaplamalar öncesi uygulanan astar kat kaplama malzemesinin aşınma direncini arttırmak üzere, astar kat kaplama malzemesinin inorganik aşındırıcı malzeme olarak bor karbür içermesi ile ilgilidir.

İSTEMLER

1. Mutfak pişirme gereçlerinde kullanılan PTFE ve türevleri bazlı yapışmaz üst kaplamalar öncesi uygulanan, bağlayıcı, su, yüzey ıslatıcı ajanı, reoloji ajanı, çözücü, pigment, köpük kesici ajan, PTFE, dolgu malzemesi ve pH düzenleyici içeren astar kat kaplama malzemesi olup, özelliği; astar kat kaplama malzemesinin aşınma direncini arttırmak üzere, bor karbür içermesidir.

2. İstem 1'e uygun astar kat kaplama malzemesi olup, özelliği; ağırlıkça %7-15 oranında bağlayıcı, ağırlıkça %37-60 oranında su, ağırlıkça %0,1-1,5 oranında yüzey ıslatıcı ajanı, ağırlıkça %0,1-1 oranında reoloji ajanı, ağırlıkça %7-11 oranında çözücü, ağırlıkça %3-6 oranında pigment, ağırlıkça %0,1-0,5 oranında köpük kesici ajan, ağırlıkça %16,6-25 oranında PTFE, ağırlıkça %3-10 oranında dolgu malzemesi, ağırlıkça %0,1-0,9 oranında pH düzenleyici ve ağırlıkça %1-9 oranında bor karbür içermesidir.

3. İstem 1'e uygun astar kat kaplama malzemesi olup, özelliği; farklı tanecik boyutlarına sahip bor karbür içermesidir.

4. İstem 3'e uygun astar kat kaplama malzemesi olup, özelliği; 21±1,5, 17±1,5 ve 12±1,5 mikron tanecik boyutlarına sahip bor karbür içermesidir.

5. İstem 1'e uygun astar kat kaplama malzemesi olup, özelliği; 3400 kgmm^2 Knoop sertlik değerlerine sahip bor karbür içermesidir.

6. Mutfak pişirme gereçlerinde kullanılan PTFE ve türevleri bazlı yapışmaz üst kaplamalar öncesi uygulanan,

a. Bağlayıcı, su, yüzey ıslatıcı ajan, reoloji ajanı, çözücüler, pigmentler, köpük kesici ajan, pH düzenleciyi ve dolgu malzemelerinden oluşan malzemenin bilyalı değirmende partikül boyutu $D_{90}\leq$ 15 mikron olana dek öğütülmesi,
b. değirmenden alınan karışıma PTFE eklenerek hızlı devir mikser karıştırıcılarda homojen malzeme elde edilinceye kadar karıştırılması,

işlem adımlarını içeren astar kat kaplama malzemesi üretim yöntemi olup, özelliği; astar kat kaplama malzemesinin aşınma direncini arttırmak üzere,

- b işlem adımında bor karbür eklenmesi işlem adımını içermesidir.

7. İstem 6'ya uygun üretim yöntemi olup, özelliği; ağırlıkça %7-15 oranında bağlayıcı, ağırlıkça %37-60 oranında su, ağırlıkça %0,1-1,5 oranında yüzey ıslatıcı ajanı, ağırlıkça %0,1-1 oranında reoloji ajanı, ağırlıkça %7-11 oranında çözücü, ağırlıkça %3-6 oranında pigment, ağırlıkça %0,1-0,5 oranında köpük kesici ajan, ağırlıkça %16,6-25 oranında PTFE, ağırlıkça %3-10 oranında dolgu malzemesi, ağırlıkça %0,1-0,9 oranında pH düzenleyici ve ağırlıkça %1-9 oranında bor karbür içermesidir.

8. İstem 6'ya uygun üretim yöntemi olup, özelliği; bor karbürün farklı tanecik boyutlarına sahip olmasıdır.

9. İstem 8'e uygun üretim yöntemi olup, özelliği; bor karbürün 21±1,5, 17±1,5 ve 12±1,5 mikron tanecik boyutlarına sahip olmasıdır.

10. İstem 6'ya uygun üretim yöntemi olup, özelliği; bor karbürün 3400 $kgmm^2$ Knoop sertlik değerlerine sahip olmasıdır.

TARİFNAME

Yapışmaz kaplamalar için aşınma dayanımı arttırılmış astar kat kaplama malzemesi

Teknik Alan

Buluş, mutfak pişirme gereçlerinde kullanılan PTFE ve türevleri bazlı yapışmaz üst kaplamalar öncesi uygulanan astar kat kaplama malzemesinin aşınma direncini arttırmak üzere, astar kat kaplama malzemesinin inorganik aşındırıcı malzeme içermesi ile ilgilidir.

Tekniğin Bilinen Durumu

PTFE (politetrafloroetilen) kaplamalar; kimyasal direnç, yüksek dielektrik kararlılığı, düşük sürtünme katsayısı ve sıcaklık direnci ile birleştiğinde, diğer kaplama malzemelerinin yerine tercih edilmektedir. Sıcaklığa karşı dayanıklı bir yapıya sahip olan politetrafloroetilen kimyasal maddelerin büyük bir çoğunluğu ile reaksiyona girmediği için otomotiv, fırın gereçleri, gıda ve mutfak pişirme gereçleri, savunma ve silah, makine ve kalıp, deniz, kimya sanayi, küçük ev aletleri (ekmek, tost makineleri) gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

PTFE kaplamaların sunduğu avantajlar şu şekilde sıralanmaktadır;

- Düşük enerji maliyetlidir.
- 260°C de başlayan ve istenilen özelliklere göre 440°C ye kadar yükselebilen kürlenme sıcaklığına sahiptir.
- Kolay temizlenebilir.
- Islanmama (hidrofob) ve yapışmazlık özelliğine sahiptir.
- Asit ve alkali direnci kaplama malzemeleri içinde en yüksek olanıdır.
- En büyük dezavantajı düşük aşınma direnci olarak bilinse de, yapılan yeni çalışmalarla birlikte iyileşmeler sağlanmıştır.
- FDA ve LFGB uygunluğu vardır.
- PFOA (perflorooktanoik asit) içermez.
- Çok çeşitli renk seçenekleri mevcuttur ve çeşitli uygulamalarla istenilen efektler verilebilir.
- Granit, degrade gibi uygulamalar yapmak mümkündür.
- PTFE kaplamalar uygulandıkları ürünün kalitesini ve ekipman kullanım ömrünü arttırmaktadırlar.

Floropolimer reçineleri kimyasal yapılarına bağlı olarak düşük sürtünme kuvvetleri ve düşük yüzey enerjileri barındırmalarından dolayı hidrofobik yüzey yapısı göstermektedir. Kir-leke tutmama özelliklerine sahip olması sayesinde başta mutfak, fırın pişirme araç-gereçlerinde ve daha birçok alanda yapışmaz kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yine yüksek korozyon ve kimyasal dirence sahip olmaları, kaplama malzemesi olarak kullanılmasını sağlamaktadır. Bu avantajlarının yanında floropolimer reçinelerinin aşınma dayanımları, sertlikleri ve çizilme dirençlerinin zayıf olması kaplamanın kullanım ömrünü zayıflatmaktadır. Bunun yanı sıra, aşınmanın olması sonrasında kaplamanın yapışmazlık özelliği de zaman içerisinde azalmaktadır. Dolayısıyla günümüzde, uzun süreli aşınma dayanımına sahip floropolimer kaplama malzemesinin geliştirilmesi bu sebeplerle önem arz etmektedir.

Çizilme direnci, bıçak ya da metal bir parça kullanarak çizilen kaplamada meydana gelen deformasyondur. Aşınma ise, bir yüzeyden parçaların kopması veya ayrılması sonucu malzeme kaybının oluşması olarak tanımlanmaktadır. Aşınma mukavemeti olan kaplamalar, birbiri ile çalışan iki parçanın sürtünme ve çalışmasından kaynaklı hasarlara karşı ekonomik bir çözümdür. Aşınma dayanımını arttırmak amacıyla boya 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. Bilinen teknikte kullanılan inorganik seramik malzemeler ve bu malzemelerin sertlik derecelerine örnekler tablo-1'de verilmektedir.

Tablo-1: Bilinen teknikte kullanılan inorganik seramik malzemelerinin Mohs sertlik dereceleri

İnorganik seramik malzemesi	Mohs sertlik derecesi
Talk	1
Alçıtaşı	2
Kalsit	3
Kuartz	7
Elmas	10

Mevcut teknikte kullanılan birçok sertleştirici inorganik seramik malzemesi için Mohs sertlik skalası yeterli gelmemektedir ve dolayısıyla 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 bulunabilmekte olup, sertlik derecelerine göre floropolimer kaplamaya dışarıdan etkiyen aşındırıcı kuvvete direnç göstererek, kaplamanın mekanik dayanımının azalmasına engel olmaktadırlar. Tablo-2'de bilinen teknikte kullanılan inorganik sertleştirici dolgu malzemeleri ve bu malzemelerin Knoop sertlik değerlerine örnekler verilmektedir.

Tablo-2: Bilinen teknikte kullanılan inorganik sertleştirici dolgu malzemelerinin 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

Literatürde çizilmeye karşı ve aşınmaya dirençli kaplamaların elde edilmesine yönelik olarak US5250356A numaralı patent dokümanına rastlanılmıştır. Mevcut buluşta, küçük partikül boyutlu alüminyum oksitle takviye edilmiş yüksek yapılı astar, alüminyum oksitle güçlendirilmiş ara kat, salma sağlayan ve çizilmeye karşı dayanıklılık gösteren geleneksel bir üst kaplama kullanan çok katmanlı bir sistem açıklanmaktadır.

EP1016466B1 numaralı patent dokümanına konu buluş, floropolimer reçine kaplama bileşimlerine büyük seramik parçacıklar içeren inorganik dolgu filmi sertleştiricisi dahil ederek, üstün aşınma direncine sahip yapışmaz kaplama bileşimlerinin elde edilmesi ile ilgilidir. Buluşun tercih edilen yapılanmasında inorganik dolgu film sertleştiricisi olarak en az 1200 Knoop sertliğine sahip olan inorganik oksitler, karbürler, boritler ve nitritler kullanılmaktadır.

Söz konusu başvurularda bahsedilen kaplama malzemelerinin aşınma dirençlerini arttırmak üzere kullanılan partiküller istenilen düzeyde aşınma direnci artışını sağlayamamakla birlikte floropolimer reçine kaplama bileşimlerinin aşınma dirençlerinin geliştirilmesine 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, yapışmaz kaplamalar için aşınma dayanımı arttırılmış astar kat kaplama malzemesi ile ilgilidir.

Buluşun ana amacı, mutfak pişirme gereçlerinde kullanılan PTFE ve türevleri bazlı yapışmaz kaplamalar öncesi uygulanmak üzere, uzun süreli aşınma dayanımına sahip astar kat kaplama malzemesi geliştirmektir.

Buluşun amacı, yapışmaz özelliği kaybetmeden aşınma dayanımı geliştirilmiş floropolimer astar kat kaplama malzemesi ortaya koymaktır.

Buluşun amacı, farklı tanecik boyutlarında inorganik aşındırıcı malzeme kullanılması ile astar kat ve üst katın birleşme noktasında aşındırıcı malzemelerin etkileşimini kuvvetli bir şekilde (penetrating effect) sağlamaktır.

Buluşun amacı, farklı tanecik boyutlarında inorganik aşındırıcı malzeme kullanılması ile astar kattan üst kata abrazif malzemelerin geçişini sağlamak ve aşınma direncini arttırmaktır.

Buluşun amacı, inorganik aşındırıcı malzemesi olarak düşük yoğunluğa ve daha yüksek sertlik değerine sahip bor karbürün kullanılması sayesinde hem aşınma direncinin arttırılmasına hem de stabilitenin sağlanmasına olanak sağlamaktadır.

Buluşun amacı, yapışmaz kaplamanın aşınma direncini geliştirerek kullanım ömrünü uzatmaktır.

Yukarıda anlatılan amaçların yerine getirilmesi için buluş, mutfak pişirme gereçlerinde kullanılan PTFE ve türevleri bazlı yapışmaz üst kaplamalar öncesi uygulanan, su, yüzey aktif ajan, köpük giderici, çözücü, pigment, PTFE ve reoloji ajanı içeren astar kat kaplama malzemesi olup, özelliği; astar kat kaplama malzemesinin aşınma direncini arttırmak üzere, bor karbür içermektedir.

Buluşun amaçlarını gerçekleştirmek üzere, bor karbür farklı tanecik boyutlarına sahiptir.

Buluşun amaçlarını gerçekleştirmek üzere, bor karbür 21±1,5, 17±1,5 ve 12±1,5 mikron tanecik boyutlarına sahiptir.

Buluşun amaçlarını gerçekleştirmek üzere, bor karbür 3400 kgmm^2 Knoop sertlik değerlerine sahiptir.

Yukarıda anlatılan amaçların yerine getirilmesi için buluş, mutfak pişirme gereçlerinde kullanılan PTFE ve türevleri bazlı yapışmaz üst kaplamalar öncesi uygulanan,

a) bağlayıcı, su, yüzey ıslatıcı ajan, reoloji ajanı, çözücüler, pigmentler, köpük kesici ajan, pH düzenleciyi ve dolgu malzemelerinden oluşan malzemenin bilyalı değirmende partikül boyutu $D_{90}\leq$ 15 mikron olana dek öğütülmesi,
b) değirmenden alınan karışıma PTFE eklenerek hızlı devir mikser karıştırıcılarda homojen malzeme elde edilinceye kadar karıştırılması,

işlem adımlarını içeren astar kat kaplama malzemesi üretim yöntemi olup, özelliği; astar kat kaplama malzemesinin aşınma direncini arttırmak üzere,

- b işlem adımında bor karbür eklenmesi işlem adımını 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: Bor karbür içeren astar kat kaplama malzemesinin SEM görüntüsü

Şekil-2: Silikon karbür içeren astar kat kaplama malzemesinin SEM görüntüsü

Şekil-3: Üç farklı tanecik boyutlu bor karbür içeren astar kat kaplama malzemesinin SEM görüntüsü

Şekil-4: Astar kat kaplama malzemesi örneklerinin temas açısı sonuçlarına ait grafik görünümü

Parça Referanslarının Açıklaması

1. Örnek 1
2. Örnek 2
3. Örnek 3
4. Örnek 4

5. Örnek 5

6. Örnek 6

Buluşun Detaylı Açıklaması

Bu detaylı açıklamada, yapışmaz kaplamalar için aşınma dayanımı arttırılmış astar kat kaplama malzemesi, sadece konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik olarak ve hiçbir sınırlayıcı etki oluşturmayacak şekilde açıklanmaktadır.

Buluş, mutfak pişirme gereçlerinde kullanılan PTFE ve türevleri bazlı yapışmaz üst kaplamalar öncesi uygulanan astar kat kaplama malzemesinin aşınma direncini arttırmak üzere, astar kat kaplama malzemesinin bor karbür içermesi ile ilgilidir.

Buluş konusu aşınma dayanımı arttırılmış PTFE kaplama malzemesinin formülasyonu;

İçerik	Ağırlıkça Kullanılabilir Miktar (%)
Bağlayıcı	7-15
Su	37-60
Yüzey ıslatıcı ajanı	0,1-1,5
Reoloji ajanı	0,1-1
Çözücü	7-11
Pigment	3-6
Köpük kesici ajan	0,1-0,5
PTFE	16,6-25
Dolgu malzemeleri	3-10
pH düzenleyici	0,1-0,9
İnorganik aşındırıcı malzeme (Bor karbür)	1-9

PTFE ve türevleri bazlı yapışmaz üst kaplamalar için geliştirilen astar kat kaplaması formülasyonlarında bağlayıcılar, çözücüler, dolgu maddeleri ve bazı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bağlayıcılar, genellikle katı ya da katı hale gelen ve filmi oluşturan polimerik malzemedir. 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.

Astar kat kaplama malzemesi kuru toz olmadıkça kaplama formülasyonu içerisindeki çözücüler taşıyıcı madde olarak adlandırılmaktadır. Florlu kaplamalardaki çözücü (solvent) sistemleri karmaşıktır ve formül yapılırken dikkatli bir şekilde tasarlanmaktadır. Çözücü sisteminin belirlenmesinde, kaplama reolojisi/viskozitesi üzerindeki etkisi, buharlaşma oranı, buhar basıncı, kaynama noktası, yüzey gerilimi, parlama noktası gibi birçok faktör göz önüne alınmaktadır. Bağlayıcı olarak kullanılan polimerik malzeme çözücü veya çözücü sistemi içerisinde eritilmekte, dağıtılmakta veya süspansiyon halinde tutulmaktadır. Diğer kaplama bileşenlerini sıvılaştırarak, kaplanacak alt tabakaya yayılmalarını, film oluşturmalarını sağlamaktadır. Bahsedilen bu faktörlerin hepsi kaplamanın tüm özelliklerini ve kalitesini etkilemektedir. Bilinen teknikte çözücü olarak su, N,N-dimetilformamid, N-metil-2-pirolidon, N,N-dimetilasetamid, tolüen veya ksilen kullanılabilmektedir.

Pigmentler ve dolgu malzemeleri, renk vermek, sertlik ve sürtünme ile aşınma direnci gibi fiziksel özellikleri etkileyebilen veya aşınma direncini etkilemek için kaplama formülasyonlarına 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 değiştirebilir özelliktedirler. Yüzey aktif maddeler, reoloji ve viskozite düzenleyiciler, köpük gidericiler, aşınma direncini arttıran katkı malzemeleri ve pH düzenleyiciler katkı maddeleri olarak kullanılmaktadır.

Yüzey ıslatıcı ajanı, dispersiyon dengesinin sağlanması ve yüzey geriliminin düşürülmesi için kullanılan ıslatma ajanları ile alkol etoksilatlar, anyonik, katyonik veya non-iyonik yüzey aktif malzemelerdir.

Reoloji ve vikozite düzenleyiciler, organik killer, organik tiksotroplar, akrilikler (Acrysol ASE-60), Cab-O-Sil, kaolin veya aerosildir.

pH düzenleyiciler amonyum hidroksit, aminler veya amonyaktır. Köpük kesici ajan ise, mikro ve makro yapıdaki köpükleri yok etmeye yarayan köpük gidericidirler.

İnorganik aşındırıcı malzeme olarak Knoop sertlik değerleri 3400 kgmm^2 olan bor karbür veya 2500 kgmm^2 silikon karbür kullanılmaktadır.

Buluş konusu astar kat kaplama malzemesinin üretim yöntemi;

- Bağlayıcı, su, yüzey ıslatıcı ajan, reoloji ajanı, çözücüler, pigmentler, köpük kesici ajan, pH düzenleciyi ve dolgu malzemelerinden oluşan malzeme bilyalı değirmen kullanılarak öğütülür,
- Lazer difraksiyon sistemi kullanılarak partikül boyut analizi yapılır ve partikül boyutu $D_{90} \leq 15$ mikron olduğunda öğütülmüş malzeme değirmenden alınır,
- Elde edilen karışıma PTFE ve inorganik aşındırıcılar eklenerek hızlı devir mikser karıştırıcılarda homojen malzeme elde edilinceye kadar karıştırılır ve nihai ürün elde edilir.

Yüksek performanslı floropolimer reçine içeren buluş konusu astar kat kaplama malzemesi, uluslararası standartlara uygun sprey formunda üretilmekte olup, doğrudan metal yüzeye uygulanmakta ve daha sonra kaplamanın yüzeye yapışmasını sağlamak üzere yüksek sıcaklıkta pişirilmektedir. Pişirme işleminden sonra kaplama, dayanıklı ve yapışmaz bir yüzey oluşturmaktadır.

Buluş konusu astar kat kaplama malzemesinin uygulanma yöntemi;

Elde edilen nihai ürün, 1,0 – 1,4 mm sprey tabancasıyla 4,5-5,0 bar basınçta, kumlanmış ve yağlardan arındırılmış alüminyum yüzeye 10-13 mikron kuru film kalınlığında uygulanır. Astar katın kurutulması 120-130 °C 'de 4 dakika gerçekleştirilir ve soğutulur. Astar kat üzerine 15-17 mikron kuru film kalınlığında üst kat uygulanır ve 430 °C'de 5 dakika süreyle kürlendirilir ve dayanıklı ve yapışmaz bir yüzey oluşmaktadır.

Buluşa konu astar kat kaplama malzemesinin üzerine uygulanan üst kat kaplama malzemesinin tercih edilen kompozisyonu tablo-3'de verilmektedir.

Tablo-3: Üst kat kaplama malzemesinin kompozisyonu

İçerik	Ağırlıkça Kullanılabilir Miktar (%)
PTFE	40-60

Su	32,7-50
Yüzey ıslatıcı ajanı	0,5-3,5
Reoloji ajanı	0,1-1
Çözücü	3-6
Pigment	0,5-5
Yüzey ajanı	0,2-1
Akrilik reçine	3-10

Buluşa konu astar kat kaplama malzemesinin aşınma direncini geliştirmek üzere kullanılan aşındırıcı inorganik dolgu malzemelerinin aşınma dayanımına etkisini ölçebilmek üzere, sırasıyla astar kat kaplama malzemesinin ve üst kat kaplama malzemesinin uygulandığı alüminyum yüzeye bir seri test uygulanmıştır.

Maksimum aşınma direncine sahip astar kat kaplama malzemesi elde etmek üzere, aynı veya farklı tanecik boyutlarında, farklı kütlece yüzdelerde Knoop sertlik değerleri 3400 $kgmm^2$ olan bor karbür ve 2500 $kgmm^2$ silikon karbür kullanılmıştır. Tablo-4'te aşındırıcı inorganik dolgu malzemelerini içeren astar kat kaplama malzemesinin formülasyonları verilmiştir.

Örnek 1: Astar kat kaplama malzemesini oluşturan kompozisyon içerisinde D_{50}= 21±1,5 tanecik boyutuna sahip kütlece %3 oranında bor karbür (B_4C) aşındırıcı abrazif olarak kullanılmıştır.

Örnek 2: Astar kat kaplama malzemesini oluşturan kompozisyon içerisinde D_{50}= 21±1,5 tanecik boyutuna sahip kütlece %6 oranında bor karbür (B_4C) aşındırıcı abrazif olarak kullanılmıştır.

Örnek 3: Astar kat kaplama malzemesini oluşturan kompozisyon içerisinde D_{50}= 21±1,5 tanecik boyutuna sahip kütlece %9 oranında bor karbür (B_4C) aşındırıcı abrazif olarak kullanılmıştır.

Örnek 4: Astar kat kaplama malzemesini oluşturan kompozisyon içerisinde D_{50}= 21±1,5 tanecik boyutuna sahip kütlece %3 oranında silikon karbür (SiC) aşındırıcı abrazif olarak kullanılmıştır.

Örnek 5: Astar kat kaplama malzemesini oluşturan kompozisyon içerisinde farklı tanecik boyutlarına (D_{50}= 21±1,5, D_{50}= 17±1,5, D_{50}= 12±1,5) sahip kütlece toplam %3 oranında silikon karbür (SiC) aşındırıcı abrazif olarak kullanılmıştır.

Örnek 6: Astar kat kaplama malzemesini oluşturan kompozisyon içerisinde farklı tanecik boyutlarına (D_{50}= 21±1,5, D_{50}= 17±1,5, D_{50}= 12±1,5) sahip kütlece toplam %3 oranında bor karbür (B_4C) aşındırıcı abrazif olarak kullanılmıştır.

Tablo-4: Aşındırıcı inorganik dolgu malzemeleri içeren astar kat kaplama malzemesi formülasyonları

Örnek	Aşındırıcı Malzeme	D_{50} (mikron)	Kütlece oran (%)
1	B_4C	21±1,5	3
2	B_4C	21±1,5	6
3	B_4C	21±1,5	9
4	SiC	21±1,5	3
5	SiC	21±1,5	1
	SiC	17±1,5	1
	SiC	12±1,5	1
6	B_4C	21±1,5	1
	B_4C	17±1,5	1
	B_4C	12±1,5	1

Scoth Bride aşınma testi;

Aşınma dayanımı testi, 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 ve 1 çevrim gidiş ve dönüşe denktir.) 3440 kg kuvvet altında kaplanmış malzemeden, %10 kaplanmış malzemenin ayrıldığı çevrim adedi belirlenerek ölçülmektedir. Astar kat kaplama malzemesi örneklerine uygulanan aşınma testi sonuçları tablo-5'te verilmektedir.

Tablo-5: Aşınma test sonuçları

Örnek	Çevrim sayısı
1	25000
2	30000
3	35000
4	19000
5	28000
6	32000

Örnek 1, 2 ve 3'ün tablo 5'te verilen aşınım dayanımı sonuçları incelendiği zaman Knoop sertliği 3400 kgmm^2 olan bor karbürün kütlece yüzde ağırlığının artışına bağlı olarak (%3,%6,%9), kaplamadan %10 kaplanmış malzemenin ayrıldığı çevrim adedi sayısının arttığı gözlemlenmiştir. Örnek 1 ve 4'te ise aynı tanecik boyutlu ve aynı ağırlık oranında farklı Knoop sertliğine sahip silikon karbür ve bor karbür malzemelerin kullanımı ile, sertlik değeri yüksek bor karbür içeren örnek 1'de aşınma dayanımı çok daha fazla olmuştur. Kütlece aynı miktarda örnek 1 ve 6'yı karşılaştırdığımızda örnek 1'de tek tanecik boyutlu, %3 oranında bor karbür kullanılırken, örnek 6'da üç farklı tanecik boyutlu, %3 oranında bor karbür kullanılmış ve örnek 6'da aşınma direncinin örnek 1'e kıyasla çok arttığı gözlemlenmiştir. Aynı şekilde örnek 4 ve örnek 5'de de aşınma direnci tanecik boyutlarının farklılığına bağlı olarak artmıştır. Örnek 1-6 ve örnek 4-5 aşınma test sonuçlarına baktığımız zaman küçük ve büyük tanecik boyutlu malzemeler katlar arasında farklı tanecik boyutlarının birbirleri ile etkileşim halinde olmasından, iç içe geçmelerinden dolayı aşınma direncinin arttırılmasına yönelik pozitif etki göstermektedir. Farklı tanecik boyutlarının kullanılması ile astar kat ve üst katın birleşme noktasında aşındırıcı malzemelerin etkileşimi kuvvetli bir şekilde (penetrating effect) sağlanabilmekte ve astar kattan üst kata abrazif malzemelerin geçişi sağlanabilmekte, aşınma direnci arttırabilmekte. Örnek 5 ve 6 kompozisyon oranlarında ise toplamda %3 oranında farklı tanecik boyutlarında silikon karbür ve bor karbür kullanılmıştır ve yine sertlik değerinin yüksekliğine bağlı olarak aşınma dayanımının örnek 6'da arttığını görmekteyiz.

Kaplama malzemesinde önemli olan parametrelerden bir tanesi de malzemenin beklerken çökme olmadan stabilitesini sağlayabilmektir. Formülasyon içerisinde bulunan katı partiküller zaman içerinde yoğunluklarından dolayı yerçekimine karşı çökme eğilimi gösterebilmektedirler ve bu çökme malzemenin raf ömrünü kısaltabilmekte, stabilitesini ise azaltmaktadır. Bu sebeple kullanılan aşındırıcı malzemelerin yoğunlukları ne kadar az olursa, malzemenin stabilitesi de o kadar fazla olacaktır. Silikon karbür 3,2 g/cm^3 yoğunluğa sahipken bor karbür 2,52 g/cm^3 yoğunluğa sahiptir. Yoğunluk farkını da dikkate aldığımızda aynı ağırlık oranında daha düşük yoğunluğa ve daha yüksek sertlik değerine sahip bor karbürün silikon karbür yerine kullanılması hem aşınma direncinin arttırılmasına hem de stabilitenin sağlanmasına olanak sağlamaktadır.

Kalem sertliği testi;

Sertleşmiş organik kaplama filminin yüzey sertliğini, standart sertlikteki kurşun kalemler kullanılarak belirlemeye yarayan bir test metodudur. TQC kalem sertlik cihazı, ASTM D3363, ISO 15184 standartlarına uygun olarak kaplamaların çizilme sertliğinin kolayca test edilmesini sağlamaktadır. Bu testte, 6B ile 8H arasında sertlik derecesine sahip, özel kurşun kalemler kullanılmaktadır. Kalem, test yüzeyi üzerinde 45° açıda ve sabit basınçta 750 gram

ağırlık ile hareket ettirilerek kaplama & boya tabakası çizilmektedir. Daha sonra kalemin yüzeyde oluşturduğu çizgiler değerlendirilmektedir. Kalem sertliği testlerinde, yumuşaktan serte doğru 6B, 5B, 4B, 3B, 2B, B, HB, F, H, 2H, 3H, 4H, 5H standart sertlikteki kalemler kullanılmıştır. Tablo-6'da 6 örnek astar kat kaplama malzemesine uygulanan kalem sertliği testinin sonuçları verilmektedir.

Tablo-6: Kalem sertliği test sonuçları

Örnek	**Kalem sertliği**
1	B
2	HB
3	2H
4	2B
5	H
6	2H

Tablo-6'dan anlaşılacağı üzere, artan sertlik değerleri ile kaplanmış malzemenin sertliği de artmaktadır.

Cross-cut bant yapışma testi;

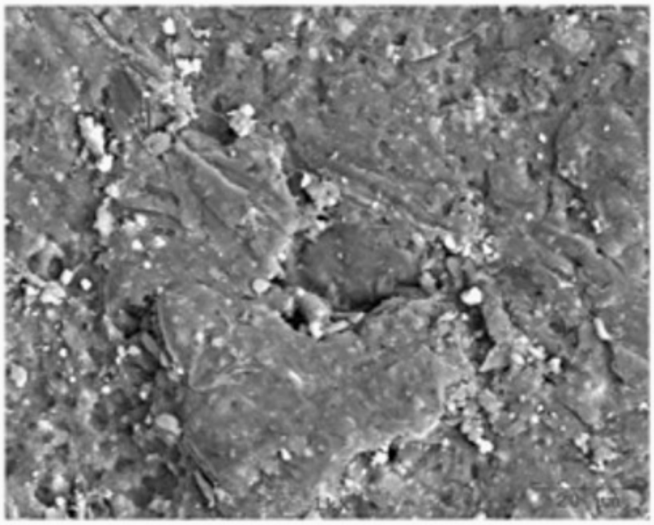
Cross-cut yapışma testi, bir yüzey üzerine uygulanan ve sertleştirilen organik kaplama filminin yüzeye yapışma derecesinin ölçülmesi amacıyla ASTM D3359 standardına göre yapılmaktadır. Boya filmi keskin bir aletle derinlemesine çizildikten sonra, yüzeyine yapışkan bir bant yapıştırılır. Hızla çekilen bantla birlikte, boya filminin de yüzeyden ayrılıp ayrılmadığı, ayrıldıysa ne oranda ayrıldığı ölçülerek boyanın yüzeye yapışma kalitesi belirlenmektedir. Kalite 5B ve 0B arasında derecelendirilmektedir ve hiç ayrılma olmaması (%0) 5B oranında değerlendirilirken, %65'ten fazla ayrılmanın olması 0B ile değerlendirilmektedir. Tüm örneklere uygulanan yapışma testi sonuçları 5B derecesinde olup, yüzeyden herhangi bir boya ayrılması gözlemlenmemiştir.

SEM sonuçları

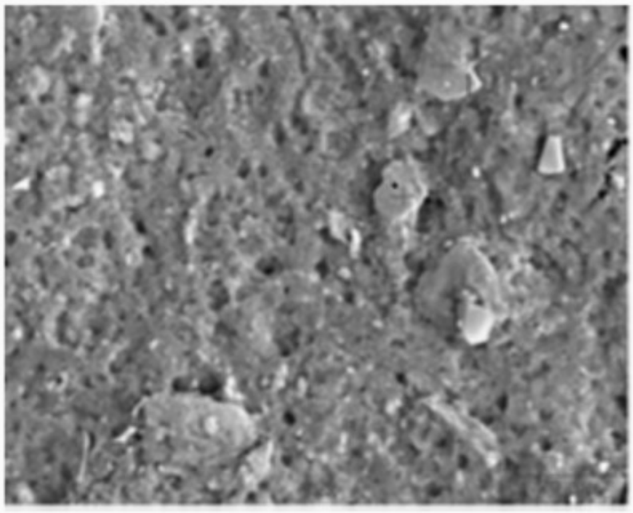
Astar kat kaplama malzemesinin mikroskop ölçümleri ile kaplama malzemesinde bulunan bor karbür ve silikon karbür bileşikleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmiştir. Şekil-1'de bor karbür içeren astar kat kaplama malzemesinin SEM görüntüsü, şekil-2'de silikon karbür içeren astar kat kaplama malzemesinin SEM görüntüsü, şekil-3'te üç farklı tanecik boyutlu bor karbür içeren astar kat kaplama malzemesinin SEM görüntüsü verilmektedir.

Temas açısı ölçümleri;

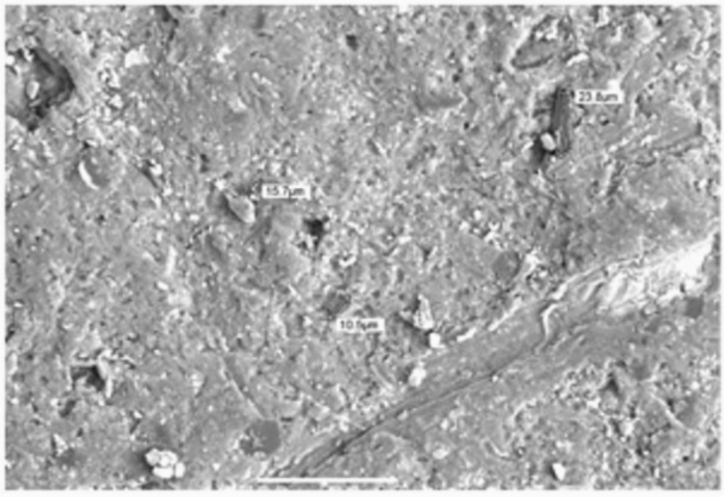
ASTM D7334 standardına göre yapılan temas açısı ölçümleri ile kaplanmış yüzeylerin hidrofilik/hidrofobik karakterizasyonu yapılmıştır. Ölçümler oda sıcaklığında, su kullanılarak damla tekniğine göre değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre tüm örneklerin temas açıları doksan dereceden fazla olmuştur ve PTFE kaplamalardan beklenildiği gibi hidrofobik yüzeyler elde edilmiştir. Şekil-4'de astar kat kaplama malzemesi örneklerinin temas açısı sonuçlarına ait grafik görünümü verilmiştir.



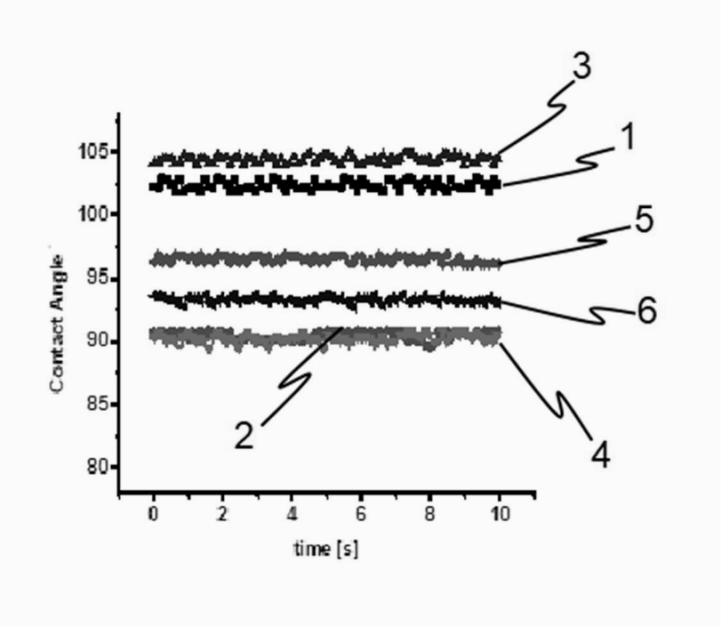
Şekil-1



Şekil-2



Şekil-3



Şekil-4