

## Alev Geciktirici Huntit ve Hidromanyezit Nanopartikül Takviyeli Polimerik Kompozit Kaplamalar

Serdar YILDIRIM<sup>1, 2, 3, 4, 5</sup>, Erdal ÇELİK<sup>1, 3, 4, 5</sup>

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Buca, İzmir

<sup>2</sup>TEKNOBİM Nanoteknolojileri Araştırma ve Geliştirme Dezenfektan San. Tic. Ltd. Şti., Urla, İzmir

<sup>3</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir

<sup>4</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Elektronik Malzemeler Üretimi ve Uygulama Merkezi (EMUM), Buca, İzmir

<sup>5</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nanobilim ve Nanomühendislik, Buca, İzmir

e-posta: serdaryildirim34@gmail.com

Geliş Tarihi:26.10.2012; Kabul Tarihi: 11.11.2013

### Özet

Elektrik-elektronik sektörü başta olmak üzere günlük hayatta çoğu yerde kullandığımız polimer malzemeler hafiflik, kimyasal kararlılık, ucuzluk gibi avantajlarının yanında mekanik özellikleri ve alev dayanımı konusunda dezavantajlara sahiptir. Bu çalışmada boya malzemelerinin alev geciktiricilik özellikleri incelenmiş ve geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda boya malzemelerine çevre dostu (halojen içermeyen), nanoboyutlu alev geciktirici malzemeler (Huntit/Hidromanyezit) farklı miktarlarda ilave edilerek kompozit malzemeler elde edilmiştir. Daha sonra bu kompozit malzemelerin XRD, FTIR, XPS ve SEM karakterizasyonları yapılmıştır. Ayrıca bu kompozit malzemelere konumuzun amacı olan alev geciktiricilik özelliklerinin incelenmesi için UL94 testleri yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamaların/boya malzemelerinin alev geciktirici özelliklerinin artmasının yanında mekanik özelliklerinin de geliştiği gözlemlenmiştir.

### Anahtar kelimeler

Alev geciktirici;  
Polimer; Boyalar;  
Huntit; Hidromanyezit

## Flame Retardant Huntite and Hydromagnesite Nanoparticle Reinforced Polymeric Composite Coatings

### Abstract

Polymer materials used in most places in daily life especially in electrical and electronics sector have advantages such as lightness, chemical stability, cheapness together with disadvantages such as mechanical properties and flame resistance. In this study, flame retardant properties of paint materials were investigated and tried to be developed. In this context, composite materials were obtained by adding different amounts of environmentally friendly (halogen-free) and nanosized huntite/hydromagnesite flame retardant materials to paint materials. And then these composite materials were characterized by XRD, FTIR, XPS and SEM. UL94 test standards were also performed to examine flame retardant properties of these composite materials. With the results of tests that were carried out, it was observed that flame-retardant and mechanical properties of huntite and hydromagnesite reinforced polymeric composite coatings/paints were developed.

### Key words

Flame Retardant;  
Polymer; Paints;  
Huntite;  
Hydromagnesite

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

### 1. Giriş

Teknolojinin artan bir ivmeyle ilerlemesi sonucu, günümüzde, mevcut malzemelerin performansı, ağırlaşan çalışma şartları karşısında yetersiz kalabilmektedir. Malzeme bilimi ve mühendisliği bu gelişmelere paralel olarak hızla ilerleme göstermekte, yeni malzemelerin üretilmesine olanak sağlamakta ve teknolojik alanlarda bazı yeni gelişmelere de öncülük etmektedir. Kullandığımız araç ve gereçler, giysiler, yaşadığımız ortamlardaki

mobilya, yapı ve dekorasyon malzemeleri, otomobil, tren ve uçak gibi taşıtların üretiminde kullanılan doğal veya sentetik malzemeler gibi günlük hayatımızda var olanların büyük bölümü uygun şartlar altında yanmaya eğilimlidir. İnsanlık tarihi yangınlar nedeniyle toplumların gördüğü can ve mal kayıplarının örnekleri ile doludur. Buna rağmen, yeri doldurulamaz üstün özellikleri nedeniyle kolayca yanabilen ağaç, deri ve sentetik polimerlerden yapılan çeşitli eşya ve malzemelerin kullanımı giderek daha da yaygınlaşmıştır. Bu tür

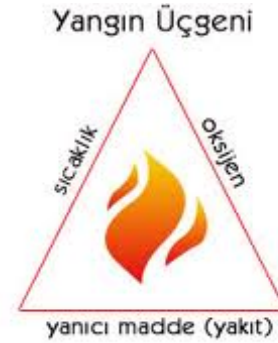
malzemelerin kullanıldığı günlük yaşamda otomotiv, uzay ve havacılık alanlarında meydana gelen kazalar sonucunda çıkan yangınların sebep olduğu can ve mal kayıpları, sözü edilen malzemelerin kullanımında yeni kriterlerin ve yaptırımların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Çiftci, 1996).

Polimerik malzemeler için önemli özelliklerden biri de malzemelerin yanmaya karşı gösterdikleri direnç yani alev geciktirme özelliklerinin düşük olmasıdır. Avrupa Birliği ve gelişmiş ülkelerde bu özelliğin polimerik malzemelerde geliştirilmesi en başta aranan özellik haline almıştır. Bunun nedeni günümüzde evlerde, iş yerlerinde, tekstil malzemelerinden, dekorasyon malzemelelerine kadar eşyaların büyük çoğunluğunun polimerik olmasıdır. Herhangi bir elektrik kaçağı v.b yangın olaylarında yanmaya karşı polimerler, metaller ve seramiklere göre en dayanıksız malzemelerdir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için nanokompozit teknolojisi ön plana çıkmaktadır. Polimerler içerisine yapılan değişik katkıları ile malzeme alev geciktiricilik (geç tutuşabilirlik) özelliği kazanmakta ve böylece istenilen güvenlik seviyelerine ulaşılmaktadır.

Doğal ve sentetik polimer malzemeler daha geniş alanlarda kullanılmaktadır. Polimerlerin tutuşabilirliğini ve toksik duman üretimini azaltmak için alev geciktiricilerin kullanımı, yeni malzemelerin geliştirilmesi ve uygulanmasının çok önemli bir parçası haline gelmektedir. Alev geciktirme özelliği büyük pazarların en önemli üçü inşaat, elektrik ve elektronik elemanları ve nakliye ile ilgili endüstrilerdir. Alev geciktirici malzemelerin ev için kullanılması konusundaki gelişmeler, tüketicilerin güvenlik konusunda bilinçlenmesi ve çevresel yayınlardan dolayıdır. Sürekli değişen düzenlemeler, standartlar ve test metodlarına karşılık yeni yanmazlık sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Çiftci, 1996).

Yanma: ısı, oksijen ve yakıt üçlüsü bir araya geldiğinde gerçekleşen kimyasal bir olaydır. Şekil 1 de yangının oluşmasını sağlayan etkenler bir yanma üçgeninde şematize olarak gösterilmiştir. Bu üç bileşenden ısı, alevlenmeyi başlatan etkendir ve

ışık, ateş gibi çevresel kaynaklardan sağlanır. Yanma için gerekli oksijen atmosferde bulunmaktadır. Üçüncü bileşen olan yakıt ise malzemenin yapımında kullanılan polimerin kendisidir (Kısakürek, 2003).



**Şekil 1.** Yanma üçgeni (Kısakürek, 2003).

Polimerler ise çok yüksek oranda karbon, hidrojen ve oksijen içeren bileşikler oldukları için kolaylıkla ve hızla yanarlar. Bu durum tahtadan 4 kat daha hızlı gerçekleşmektedir. Polimerlerin yanması sırasında ısı ile birlikte yanma ürünü zehirli ve yanıcı gazlar ortaya çıkar. Ayrıca, ısı etkisiyle polimer zincirlerinin küçük parçalara veya moleküllere parçalanmasıyla ortam daha yanıcı hale gelir. Örneğin polipropilenin yanması sırasında, kendisinden daha yanıcı olan propan gazı açığa çıkar. Yanmanın yayılması; yanmanın şiddetine, polimerin buna tepkisine bağlıdır. Polimerin doğal olarak yanmaya dayanıklı olması için; düşük sıcaklıklarda kömürleşmenin çok fazla olması, 400 °C'nin üstünde ısıl kararlılığa sahip olması (yüksek erime sıcaklığı), 400°C altında meydana gelen bozunma ürünlerinin yanmayan gazlardan oluşması (CO<sub>2</sub>, HCl, H<sub>2</sub>O vs.) gerekir (Lu and Hamerton, 2002).

Genel olarak başlıca alev geciktiricilerin çevresel etkileri ve zehirlilik değerlerinin ölçümü ve tüketici ürünlerinde kullanılan alev geciktirici çeşitleri hakkında bilgi toplamak ve teşhis etmek için araştırmalar yapılmaktadır. Örneğin, Avrupa Birliği, bromlu difeniloksit yanmayı geciktiricilerinin kullanımını sınırlamayı önermiştir. Çünkü yanma sırasında yüksek derecede toksik ve kuvvetli karsinojenik bromlu furanlar ve dioksinler oluşabilir. Yeni alev geciktirici sistemlerin, sık sık değişen yeni çevre yönetmelikleri, standartlar ve

test metotlarının isteklerini karşılamak için geliştirilmeleri gereklidir (Bikales, 1967).

Alevlenme, polimerin bozunarak oluşturduğu yanıcı gazların havadaki oksijenle etkileştiği anda görünen bir olaydır. Yanma sırasında polimer zincirleri daha yanıcı olan küçük zincirlere veya moleküllere parçalanırlar ve ortamın alevlenme özelliği sürekli artar. Polimerin yanması sırasında oluşacak gazların türü, polimerin ve katkı maddelerinin yapısına yakından bağlıdır. Poli(vinil klorür), politetrafloretillen gibi yapılarında halojen atomları bulunan polimerler yandığında karbon, hidrojen veya başka atomlar yanında halojenler de salınır. Halojen atomları hidrojenle birleşirler ve HF, HCl, HBr, HI türü ağır gazlar oluştururlar. Yanma sırasında açığa çıkan zehirli gazlar, en az alevler kadar insan sağlığı açısından tehlikelidir. Evlerde kullanılan halılar, plastik sandalyeler, giyecekler ve koltuk, kanepeler döşemelerin çoğu polimerlerden yapılmıştır ve yanma sırasında zehirli gazlar salabilirler. Bu tür malzemelerin alevlenme özelliği, içlerine alevlenmeyi geciktirici adı verilen kimyasallar katılarak azaltılır. Alevlenmeyi geciktiricilerin, polimerin yanmasını belli süre engellemesi veya yavaşlatması sıralanan olumlu sonuçlara yol açar. Yanma yerinden uzaklaşma zamanı 15 kat artar. Yanma ısısının yalnız % 25 kadarı dışarı salınır. % 50 daha az malzeme yanar. Zehirli gazların üçte biri dışarı salınır (Kısakürek, 2003).

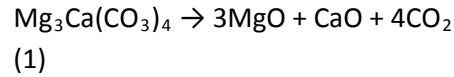
Polimerik malzemelerin alev geciktirici özelliklerinin artırılması için halojen atomları (bromin ya da klorin gibi) yaygın olarak kullanılsa da yanma sırasında oluşan hidrojen halidin zehirliliği ve metal parçaları paslandırması açık dezavantajlarıdır (Kracklauer, 1978). Bu tip maddeler tam yanmamış yüzeylerde siyah bir duman ortaya çıkmasına neden olur. Bu duman CO'ya aittir ve tam yanmanın oluşmaması halinde zehirli hale dönüşür. Karbonmonoksit renksiz ve kokusuz olup başlangıç aşamasında hissedilmez, kandaki hemoglobin ile hızla birleşerek karboksihemoglobin oluşturur. Solunum halinde, hayati önem taşıyan kandaki oksijeni bloke ederek ani bayımlara neden olur. Bu nedenle ortamda CO olması kana oksijenin

taşınmasını engellemesi açısından çok önemlidir. Bu tip zehirli ve aşındırıcı gazların oluşmasını önlemeye yönelik giderek artan bir talep, halojen içermeyen yanma önleyicilerin geliştirilmesini sağlamıştır. Bu incelemenin ana odak noktalarından biri de budur (Chang *et al.* 2006).

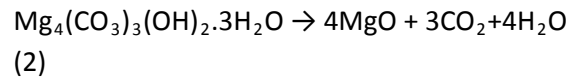
Literatür taramaları sonucunda elde edilen veriler ışığında değişik katkıların polimerlerin tutuşabilirliğini kısıtladığı görülmüştür. Yanma önleyici malzemeler genelde SiO<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, karbon siyahı ve kil inert, Al(OH)<sub>2</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub> ve huntit-manyezit ise aktif takviye elemanları olarak bilinmektedir.

Bunların içinden yan etkisi olmayan çevre dostu huntit ve hidromanyezit iyi alev geciktirme özelliklere sahiptir. Bu maddeler hidroksit içerirler. Bu yapılar 200 °C ve 400 °C arasında endotermik olarak bozunmakta ve su buharı ile karbondioksit açığa çıkmaktadır. Reaksiyonun soğutucu etkisi ve ortamda oluşan inert gazların etkisi ile birlikte yanan yüzey üzerinde bir çeşit seramik yapıya benzer bir tabaka oluşmaktadır. Bu tabaka yanıcı yüzeyi ileriki bir yanma hareketine ve ısıya karşı korumaktadır.

#### **Huntit:**



#### **Hidromanyezit:**



Bu çalışmada, farklı bileşenlerde nanoboyutlu huntit ve hidromanyezit tozlarının boya malzemesi ile kompozit kaplama haline getirip ve boyaların alev geciktirme özelliklerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Buna bağlı olarak yangınlarda can ve mal kayıplarının önüne geçilmesi sağlanacaktır.

## **2. Materyal ve Metot**

### **2.1. Takviye Malzemelerinin Ögütülmesi ve Karakterize Edilmesi**

Kompozit kaplamayı oluşturmadan önce yapıya katacağımız takviye malzemesinin boyutunu nanoboyutlara düşürülmesi ve hedefimiz olan

nanokompozitlerin elde edilmesi amaçlanarak huntit ve hidromanyezit minerali nano öğütücüde (Fritsch, pulverisette 7) 30 dk. boyunca tungsten karbür kavonozlar ve bilyalar ile 700 rpm'de kuru olarak öğütülmüştür. Öğütülen partiküller partikül boyut ölçüm cihazında karakterize edilmiştir. Tozları elementsel olarak analiz etmek için X-ray photoelectron spectrometer (XPS, Therm Fischer, Al-K $\alpha$ ) cihazı kullanılmıştır. -10 eV ile 1350 eV genel tarama yapılmıştır.

## **2.2. Kompozit Malzemelerin Üretimi**

Nano boyuta indirgenen takviye mineraller su bazlı beyaz plastik boya ile % 1, 3, 5, 7 ve 10 oranlarında karıştırılmıştır. Homojen bir şekilde karışması için manyetik karıştırıcıda yaklaşık 1000 rpm de 30 dk. boyunca karışım karıştırılmıştır. Homojen olarak karışan takviyeli boya malzemesi plastik altlıklar üzerine tatbik edilmiş ve 50 °C'de etüvde kurutulmuştur. 4 saat sonra plastik altlık üzerindeki kaplamalar kurutulmuş ve karakterize edilmiştir.

## **2.3. Kompozit Malzemelerin Karakterizasyonu**

Huntit ve hidromanyezit takviye edilmiş polimerik kompozit malzemenin faz yapısının belirlenmesi için X-ray Difrraction (XRD, Thermo Fisher, Arl-Alpha) cihazı ile incelenmiştir. Filament olarak Cu-K $\alpha$  (dalga boyu 1.54 Å) kullanılmıştır. Fourier Transform Infrared (FTIR, Perkin Elmer) absorpsiyon spektrumları sadece oda sıcaklığında 4000-400 cm<sup>-1</sup> arasında ölçülmüştür. Kompozit malzemelerin FTIR (Perkin Elmer Spektrumu BX) spektrumları örneklerde organik bileşenlerini belirlemek için kaydedilmiştir. % Geçirgenlik dalga boyu ve % absorpsiyon dalga boyu eğrisi elde edilmiştir. Kompozit kaplamaların yüzey morfolojisinin belirlenmesi için taramalı elektron mikroskobu (SEM, JEOL, JSM 6060) kullanarak inceleme yapılmıştır. Huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamayı/boyayı elementsel olarak karakterize etmek için XPS cihazı ile analiz yapılmıştır.

## **2.4. Kompozitlerin UL94 Testleri**

Kompozit malzemelerin alev testleri UL94 test standartlarına göre yapılarak V0, V1 ve V2 özellikleri incelenmiştir. Bu testlere bağlı olarak

alev geciktirme özellikleri belirlenmiştir. Sistem her bir numunenin ortasından 10 sn alevin uygulanması eğer yanma olmadıysa bir 10 sn daha alevin uygulanmasına ve hangi sürede söndüğüne dayanır. Sönme süresi 10 saniyeden kısa ise V0 özellikli, 30 saniyeden kısa ise V1 özellikli bu iki özellikte plastik malzemede damlama olmayacak, 30 saniyeden kısa sürede sönüp ve damlama olursa V2 özellikte olmaktadır. Deney düzeneği Şekil 2'de gösterilmektedir.

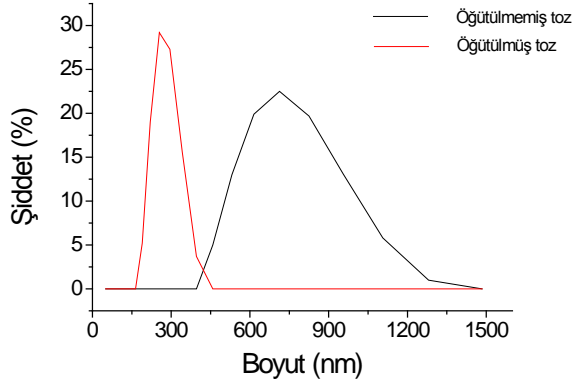


Şekil 2. UL94 alev test standardı

## **3. Bulgular ve Tartışma**

### **3.1. Takviye Malzemesinin Karakterizasyon sonuçları**

Şekil 3'de toz malzemenin öğütülmeden önce ve öğütüldükten sonraki tane boyut aralığı verilmiştir. Öğütmeden önce ortalama 750 nm olan toz boyutu, öğütüldükten sonra 230 nm civarına inmiştir. Öğütme süresinin uzun tutulması ve sıvı olarak öğütme yapılması tane boyutunun daha da düşeceğini yapılan deney tecrübeleri sonucu göstermiştir. Tane boyutunu düşürmemizdeki amaç yüzey alanının artması, boya malzemesiyle homojen bir şekilde karışmasını sağlamak ve yüzey pürüzlülüğünü azaltmaktır.

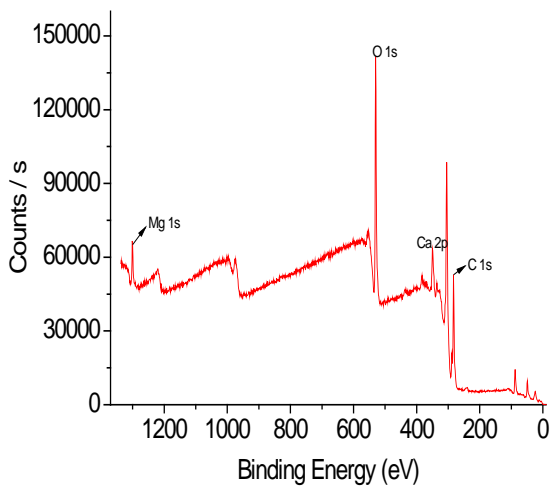


Şekil 3. Öğütme öncesi ve sonrası tane boyut dağılım grafiği

Takviye malzemesinin XPS analizi sonucu elde edilen grafik Şekil 4'de gösterilmektedir. Yapılan genel tarama sonucunda Mg, Ca, O ve C elementleri tespit edilmiştir. Elementsel kompozisyon oranları ise Tablo 1'de gösterilmektedir. Bu sonuçlar bize malzemenin huntit ve hidromanyezit mineraline ait olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. Huntit ve hidromanyezit mineralinin elementsel kompozisyon oranları

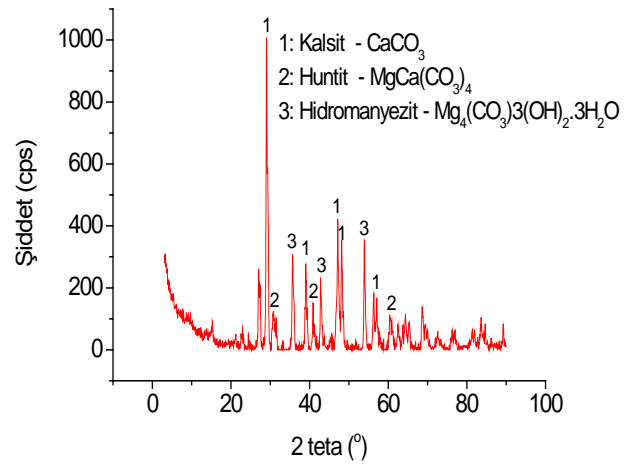
Element adı	Baş. BE	Pik BE	Son BE	K. %
O1s	535,08	529,74	523,08	44,18
C1s	291,58	283,02	277,08	47,32
Mg1s	1305,6	1300,5	1294,1	5,55
Ca2p1	352	349,97	348	2,95



Şekil 4. Huntit ve hidromanyezit mineralinin XPS analiz grafiği

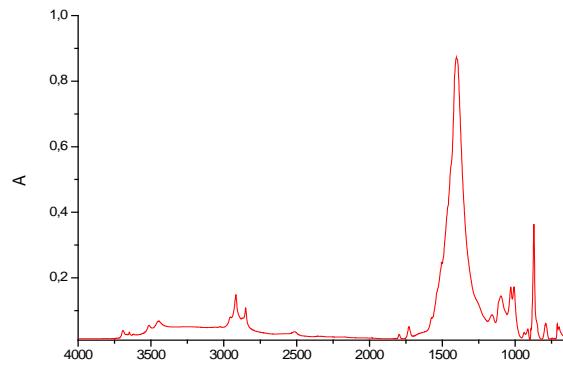
### 3.2. Kompozit Kaplamanın Karakterizasyon Sonuçları

%10 huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamanın XRD analiz sonucu Şekil 5'de gösterilmektedir. XRD paternine bakıldığında 20°'ye kadar malzemenin amorf olduğu yani plastik boya malzemesine ait olduğu söylenebilir. Daha yüksek derecelerde 3 tane fazla eşleşme olduğu görülmektedir. Bunlar fazlar kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), huntit ( $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_4$ ) ve hidromanyezit ( $\text{Mg}_4(\text{CO}_3)_3(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) olup, XRD analizleri sonucu bulunmuştur.



Şekil 5. Huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamanın XRD paterni

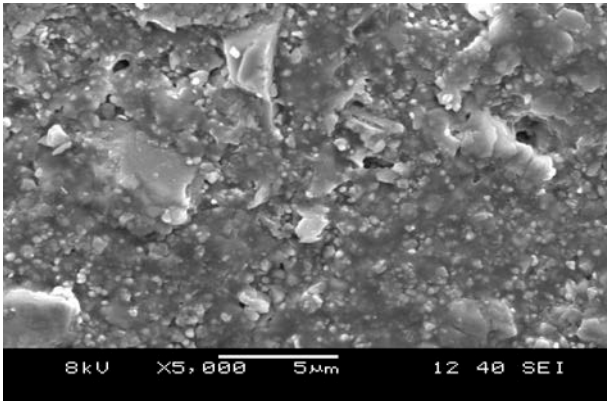
Şekil 6'da %10 huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamanın FTIR analizi verilmektedir. Polimerik kompozit kaplamadaki su bazlı beyaz plastik boya ile huntit ve hidromanyezit arasında kimyasal bir etkileşim olmadığı ve kaplamada takviye elemanı olarak partiküller şekilde kaldığı saptanmıştır.



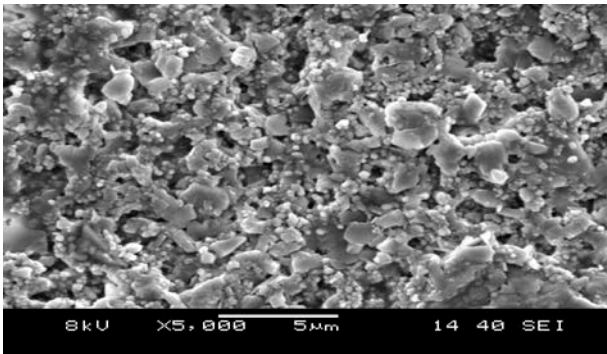
Şekil 6. Huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamanın FTIR grafiği

Saf boya ve huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamaların yüzey morfolojisini incelemek için SEM analizi yapılmıştır. Elde edilen görüntüler, Şekil 7’de saf boya ve Şekil 8’de %10 katkılı huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamanın yüzey topografilerini sunmaktadır. Görüntüler incelendiğinde saf polimerik boyada yüzey özellikleri düzgün iken, alev geciktirici katkı maddelerin bulunduğu kompozit boyalarda yüzeyin pürüzlü olduğu gözlemlenmiştir. Alev geciktirici tozların polimerik yapıya iyi bir şekilde tutunduğu ve bunun ıslatma özelliklerinin iyi olduğu tespit edilmiştir. Bu pürüzlülük özelliği öğütülmüş alev geciktirici katkı tozlarının bulunduğu kaplamalarda daha da düşmüştür.

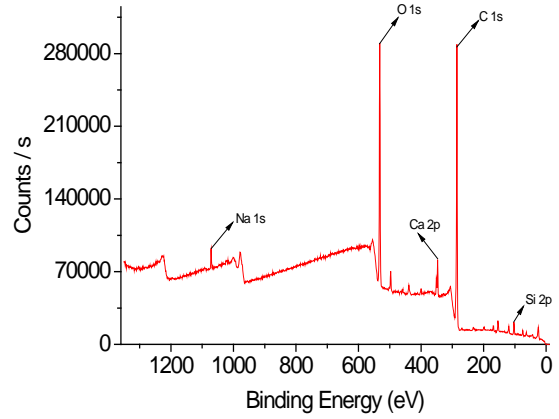
Saf boya ile %10 huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamaya/boyaya yapılan XPS sonuçları sırasıyla Şekil 9 ve 10 da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde saf boya ile katkılı malzeme arasındaki tek fark Mg elementinin varlığı olmuştur. Bunun nedeni Mg elementi mineralden alınan veriyi göstermektedir.



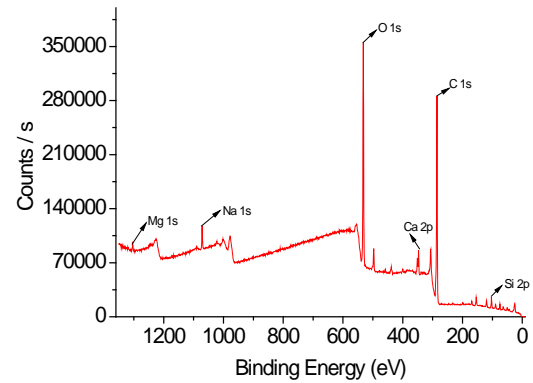
Şekil 7. Saf boya kaplamanın SEM görüntüsü



Şekil 8. % 10 huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamanın SEM görüntüsü



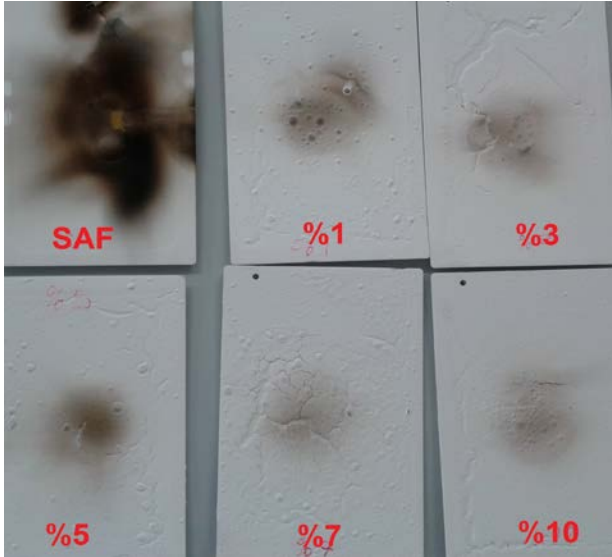
Şekil 9. Saf boya kaplamanın XPS analizi



Şekil 10. % 10 katkılı huntit ve hidromanyezit katkılı polimerik kompozit kaplamanın XPS analizi

### 3.3. UL94 Alev Test Sonuçları

UL94 alev test standardına göre yapılan deneylerde saf boya malzemesi 4 sn de yanmaya başlamış ve sönme olmamıştır. %1 huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplama/boya malzemesi ise 18. sn’de yanmaya başlamış ve yanma başladıktan sonra alev kaynağı uzaklaştırıldıktan 5 sn sonra sönme olmuştur. Diğer kompozit malzemelerde ise 2 kez 10 sn uygulanan alev sonrası yanma gözlemlenmemiştir. Ayrıca kompozit malzemelerin hepsi V0 özellikte olduğu görülmüştür. Şekil 10’da ise alev testleri sonrası malzemelerin resimleri gösterilmiştir. Tablo 2 de ise saf ve katkılı malzemenin UL94 test sonuçları verilmiştir. Bu deneylerdeki yanmayı geciktirme olayını, kompozit kaplama yanmaya maruz kaldığında  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_4$  ve  $\text{Mg}_4\text{CO}_3 \cdot 3(\text{OH})_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  malzemelerindeki suyun açığa çıkması ve bu malzemelerle yüzeyde MgO ve CaO seramik katmanının oluşması sağlanmaktadır.



**Şekil 11.** Alev testi sonrası % 0, 1, 3, 5, 7 ve 10 huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamanın kompozit kaplamaların resimleri

**Tablo 2.** Saf boya ve huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplama malzemelerin UL94 alev test sonuçları

Malzeme Adı	Alev Uygulama Süresi	Alev alma süresi	Sönme süresi	Özellik
Saf boya	10 sn	4. sn	Yandı	Uymuyor
%1	20 sn	18. sn	5 sn	V0
%3	20 sn	Yanmadı	Yanmadı	V0
%5	20 sn	Yanmadı	Yanmadı	V0
%7	20 sn	Yanmadı	Yanmadı	V0
%10	20 sn	Yanmadı	Yanmadı	V0

#### 4. Sonuçlar

Sonuç olarak boya malzemesine katılan huntit ve hidromanyezit takviye malzemelerinin boyutunu indirgemek için kuru öğütme yapılmıştır. Daha sonra farklı konsantrasyonlarda su bazlı boya ile karıştırılarak homojen bir yapı elde edilip plastik altlıklar üzerine tatbik edilmiştir. Daha sonra kurumaya bırakılan kompozit malzemelerin karakterizasyon testleri yapılmıştır. Ayrıca saf ve kompozit malzemelerin alev testleri de UL94 test standartlarına göre yapıp incelenmiştir. Yapılan standart teste göre huntit ve hidromanyezit mineralinin alev geciktirmede etkili olduğu görülmüştür.

#### Teşekkür

Yazarlar bilimsel araştırmanın yapıldığı ve teknik destek alındığı için Dokuz Eylül Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Elektronik Malzemeler Üretimi ve Uygulama Merkezi, TEKNOBİM ve KOSGEB çalışanlarına teşekkür etmektedir. Çalışmalar "Nanoteknolojik Yöntemler Kullanılarak Çok Fonksiyonelli Kaplamaların Fabrikasyonu ve Endüstriyel Uygulamaları, KOSGEB-AR-GE ve İnovasyon Programı, TEKNOBİM, İzmir" konulu proje KOSGEB projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

#### Kaynaklar

- Bikales, N.M., (1967). Encyclopedia of Polymer Science and Technology Plastics, Resins, Rubbers, Fibers. John Wiley and Sons Inc., USA, 7, 1-64.
- Chang, S., Xie T. and Yang, G., (2006). Polymer Degradation and Stability. 91, 3266-3273.
- Çiftci, A. Tekstil Boyama ve Baskısında Kullanılan Yardımcı Maddeler, Sümer Yayın, Bursa, s.2-5, 1996.
- Georgiades, G.N. Larsson B.J. and Pust, C., (1996), 12th Industrial Minerals International Congress, pp. 57-60, Chicago, 1996.
- Kracklauer, J.I., (1978). Flame Retardant Polymeric Materials. New York: Plenum Pres, s.115-118.
- Kısakürek, D., (2003). Yanmaya Dayanıklı Polimerler. XVII Ulusal Kimya Kongresi, s.20.
- Lu, S.-Y. and Hamerton, I., (2002). Progress in Polymer science. 27, 1661-1712.