T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI TANECİK BOYUTLARINDAKİ HUNTİT - HİDROMANYEZİT KATKILI KAPLANMIŞ KUMAŞLARIN GÜÇ TUTUŞURLUK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Hazırlayan
Zafer KILIÇ

Danışman
Prof. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Yüksek Lisans Tezi

Eylül 2022
KAYSERİ

T.C.
ERCİYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEKSTİL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

FARKLI TANECİK BOYUTLARINDAKİ HUNTİT - HİDROMANYEZİT KATKILI KAPLANMIŞ KUMAŞLARIN GÜÇ TUTUŞURLUK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Hazırlayan

Zafer KILIÇ

Danışman

Prof. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Yüksek Lisans Tezi

Eylül 2022

KAYSERİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Zafer KILIÇ

YÖNERGEYE UYGUNLUK

"Farklı Tanecik Boyutlarındaki Huntit- Hidromanyezit Katkılı Kaplanmış Kumaşların Güç Tutuşurluk Özelliklerinin İncelenmesi" adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi 'ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan	**Danışman**
Zafer KILIÇ	Prof. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Başkanı

Prof. Dr. Abdülkadir BİLİŞİK

TEŞEKKÜR

Bana çalışmalarım süresince her türlü yardımı ve fedakârlığı sağlayan gerek akademik kişiliği gerek insani yönüyle örnek olan danışman hocam Prof. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK'e teşekkürü bir borç bilirim.

Kumaş temini, kaplamanın hazırlanması ve uygulanması konusunda Arge Merkezi yöneticisi Sayın Gülben SELVİ başta olmak üzere Zorluteks Tekstil Tic. ve San. A.Ş. Lüleburgaz / KIRKLARELİ şirketine ve laboratuvar personeline teşekkür ederim.

Limit oksijen indeksi ölçüm çalışmalarında, Arge Müdürü Sayın Mahir TORSUN başta olmak üzere Kadifeteks Mensucat Sanayi A.Ş. Başakşehir / İSTANBUL şirketine ve laboratuvar personeline teşekkür ederim.

UltraCarb minerali temini konusunda yardımcı olduğu için LKAB Minerals firmasından Dr. Sakis CHATZİNİKOLAOU 'ya teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmayı destekleyen Erciyes Üniversitesi personellerine teşekkür ederim.

Özel olarak bu günlere gelmemde emeği olan aileme ve büyüklerime minnetle teşekkür ederim.

Zafer KILIÇ Eylül 2022, KAYSERİ

FARKLI TANECİK BOYUTLARINDAKİ HUNTİT-HİDROMANYEZİT KATKILI KAPLANMIŞ KUMAŞLARIN GÜÇ TUTUŞURLUK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Zafer KILIÇ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2022
Danışman: Prof. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

ÖZET

Günümüzde Tekstil ürünlerinin, sahip oldukları temel özelliklerinin yanı sıra bazı ek fonksiyonlara veya işlevlere de sahip olması beklenmektedir. Teknik Tekstiller olarak nitelendirilen tekstil ürünleri, "Estetik veya dekoratif özelliklerinden ziyade sahip oldukları teknik ve performans özellikleri için üretilen tekstil materyalleri ve ürünleri" olarak tanımlanmaktadır. Güç tutuşur tekstiller de teknik tekstil olarak sayılmaktadır. Güç tutuşurluk, günümüzde otomotiv, ev tekstilleri, bina tekstilleri, itfaiyeci giysileri gibi alanlarda istenen bir özellik haline gelmiştir. Bu özellik, karbon, cam, aramid gibi elyafların kumaş yapısında kullanılmasıyla; güç tutuşurluk sağlayan kimyasal maddelerin boya veya apre esnasında kumaşa verilmesiyle veya güç tutuşurluk sağlayan minerallerin kaplama yoluyla kumaşa aktarılmasıyla sağlanabilmektedir. Ülkemizde madencilik faaliyetleri kapsamında çıkarılan Huntit ve Hidromanyezit gibi minerallerin güç tutuşurluk özelliği sağladığı bilinmektedir. Bu mineraller genellikle plastik sanayinde plastiklerin güç tutuşurluğunu artırmak için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada insan hayatını doğrudan etkileyen yangınların ölümcül zararlarını azaltmayı hedefleyen güç tutuşurluk konusunda insan sağlığı açısından iyileştirmeler amaçlanmaktadır. Çünkü geleneksel güç tutuşurluk maddeleri içerdikleri halojenler sebebiyle her ne kadar tutuşmayı zorlaştırsalar da yanma esnasında zehirli gazlar açığa çıkardıkları için yangın dışında da ölümlere sebep olabilmektedirler. Huntit Hidromanyezit mineral esaslı olduğu için herhangi bir zehirli gaz çıkışına sebep olmamaktadır, böylece hem insan sağlığına uygun hem de çevreye zararsız bir materyal özelliği taşımaktadır. Bu açıdan çalışmamızda kullanılan Huntit-Hidromanyezit maddesi tekstil alanında ilk çalışmalardan birisi olma özelliğini taşımaktadır. Bu maddenin madencilik faaliyetlerinin ülkemizde yapılıyor olması da milli bir değer kazanımı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Huntit-Hidromanyezit, güç tutuşurluk, tanecik boyutu, mineral

INVESTIGATION ON THE FIRE RETARDANT PROPERTIES OF HUNTITE-HYDROMANESITE COATED FABRICS IN DIFFERENT PARTICLE SIZES

Zafer KILIÇ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences Master of Science Thesis, September 2022
Supervisor: Prof. Dr. Oğuz DEMİRYÜREK

ABSTRACT

Today, textile products are expected to have some additional functions or functions in addition to their basic features. Textile products, which are described as Technical Textiles, are defined as "textile materials and products produced for their technical and performance properties rather than their aesthetic or decorative properties". Flame retardant textiles are also counted as technical textiles. Flame retardancy has become a desired feature in areas such as automotive, home textiles, building textiles, firefighter's clothing. This feature is achieved by the use of fibers such as carbon, glass, aramid in the fabric structure; It can be achieved by giving flame retardant chemicals to the fabric during dyeing or finishing, or by transferring flame retardant minerals to the fabric by Kaplama. It is known that minerals such as Huntit and Hidromanyezit, which are extracted within the scope of mining activities in our country, provide flame retardancy. These minerals are generally used in the plastics industry to increase the flame retardancy of plastics.

In this study, it is aimed to improve human health in terms of flame retardancy, which aims to reduce the deadly damages of fires that directly affect human life. Because although traditional flame retardants make it difficult to ignite due to the halogens they contain, they can also cause death outside of fire, as they release toxic gases during combustion. Since Huntit Hidromanyezit is mineral-based, it does not cause any toxic gas emission, so it is a material that is both suitable for human health and harmless to the envDemir ment. In this respect, the Huntit-Hidromanyezit material used in our study is one of the first studies in the field of textile. The fact that the mining activities of this substance are carried out in our country will also provide a national value gain.

Keywords: Huntit-Hydromagnesite, fire retardancy particle dimension, mineral

İÇİNDEKİLER

FARKLI TANECİK BOYUTLARINDAKİ HUNTİT-HİDROMANYEZİT KATKILI KAPLANMIŞ KUMAŞLARIN GÜÇ TUTUŞURLUK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK iii
KABUL VE ONAY FORMU iv
TEŞEKKÜR v
ÖZET vi
ABSTRACT vii
İÇİNDEKİLER viii
KISALTMALAR xi
ŞEKİLLER DİZİNİ xii
TABLOLAR LİSTESİ xiv
GİRİŞ 1

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

1.1. Huntit ve Hidromanyezit 3
1.2. Madencilik Faaliyetleri 9
1.3. Kullanım Alanları 10
1.4. Tekstildeki Kullanımı 10
1.5. Tekstilde Kaplama İşlemi ve Yöntemleri 11
1.5.1. Kaplama Yöntemleri 12
1.5.1.1. Bıçaklı Kaplama 14
1.6. Farklı Polimerlerin Kaplama Yöntemleri 17
1.6.1. Polivinil Klorür 17
1.6.2. Poliviniliden Klorür 17
1.6.3. Politetrafloretilen 18
1.6.4. Polyester 18
1.6.5. Akrilik 19
1.7. Güç Tutuşurluk 20

1.7.1. Güç Tutuşur Tekstillerin Elde Edilmesi 21
1.7.1.1. Yapısı itibariyle güç tutuşur liflerin kullanılması 21
1.7.1.2. Liflerin kopolimerizasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesi 24
1.7.1.3. Sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşurluk sağlayan kimyasalların ilave edilmesi 24
1.7.1.4. Kumaşın güç tutuşurluk sağlayan kimyasallar ile işlem görmesi ... 24
1.8. Huntit/ Hidromanyezit Oluşumlarının Güç Tutuşur Esaslı Kullanımı 25
1.9. Katkı Bazlı Güç Tutuşturucular 26
1.10. Mineral Bazlı Güç Tutuşturucular 27
1.11. Literatür Araştırması 29

2. BÖLÜM
GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Gereç 36
2.1.1. Kumaş Özellikleri 36
2.1.2. Huntit – Hidromanyezit Özellikleri 37
2.3. Kaplama Özellikleri (Pat Özellikleri, Oranları, Reçete) 42
2.4. Yöntem 42
2.4.1. Kullanılan Kaplama Cihazı 42
2.4.2. Kullanılan Laboratuvar Cihazları 42
2.4.2.1. Limit Oksijen İndeksi (LOİ) Test Cihazı 42
2.4.2.2 SEM- Cihazı 43
2.4.2.3. TGA Cihazı 44
2.4.2.4. XRF Cihazı 45

3. BÖLÜM
BULGULAR

3.1. Numunelere Ait XRF Verileri 46
3.2. Numunelere Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri 49
3.2.1. LH3C Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri 50
3.2.2. LH15 Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri 52
3.2.3. LH15C Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri 54

3.2.4. 1250 Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri 56
3.2.5. 1251 Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri 58
3.2.6. 1290 Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri 60
3.2.7. 1291 Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri 62
3.4. LOI Ölçüm Sonuçları 64

4. BÖLÜM
TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİ

4.1. Tartışma 65
4.1.1. XRF Sonuçları 65
4.1.2. TGA Sonuçları 67
4.1.3. SEM Görüntüleri 73
4.1.4. LOI Sonuçları 73
4.2. Sonuç ve Öneriler 74
KAYNAKLAR 76
ÖZGEÇMİŞ 82

KISALTMALAR

SEM	: Scanning Electron Microscope – Taramalı Elektron Mikroskopu
FT-IR	: Fourier Transfer Infrared – Fourier dönüşümlü infrared
XRF	: X-ray Fleuresence – X ışını floresansı
TGA	: Thermogravimetric analysis – Termogravimetrik analiz
DTA	: Differential thermal analysis – Diferansiyel termal analiz
DSC	: Differential scanning calorimetry – Diferansiyel taramalı kalorimetri
LOI	: Limit Oksijen İndeksi
PVC	: Polivinilklorür
PVDC	: Polivinilidenklorür
PTFE	: Politetrafloretilen
PU	: Poliüretan
SBR	: Stiren Bütadien Kauçuk
EVA	: Etilen Vinil Asetat
ATH	: Alüminyum tri (üç) Hidroksit
FR	: Fire Retardant –Güç Tutuşurluk (Alev Geciktirici)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Huntit mineralinin SEM görüntüsü.....6
Şekil 1.2. Saf boya kaplamanın SEM görüntüsü 7
Şekil 1.3. % 10 Huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamanın SEM görüntüsü 7
Şekil 1.4. Saf boya kaplamanın XPS analizi 8
Şekil 1.5. % 10 Huntit ve Hidromanyezit Katkılı Polimerik Kompozit Kaplamanın XPS Analizi 8
Şekil 1.6. Farklı MgO-CO_2-H_2O Oranında Bileşikler İçeren Manyezit Türleri 9
Şekil 1.7. Havalı rakle sisteminin şematik görünüşü 15
Şekil 1.8. Silindir üzerinde rakle sistemi 15
Şekil 1.9. Blanket üzerinde rakle sistemi şematik görünüşü 16
Şekil 1.10. Havada rakle yönteminin şematik görünüşü 16
Şekil 1.11. Tekstil lifleri için yanma döngüsü 21
Şekil 2.1. Ataç marka numune tipi kaplama cihazı.....42
Şekil 2.2. Marestek Marka Limit Oksijen İndeksi Cihazı.....43
Şekil 2.3. Gemini marka, GeminiSEM 500 Model SEM Cihazı 44
Şekil 2.4. Perkı Elmer Diamond TGA cihazı.....44
Şekil 2.5. Panalytical marka Axios Advanced model XRF cihazı.....45
Şekil 3.1. LH3C Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği 50
Şekil 3.2. LH3C Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri 50
Şekil 3.3. LH3C Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği.....51
Şekil 3.4. LH3C Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri.....51
Şekil 3.5. LH15 Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği 52
Şekil 3.6. LH15 Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri.....52
Şekil 3.7. LH15 Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği.....53
Şekil 3.8. LH15 Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri 53
Şekil 3.9. LH15C Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği 54
Şekil 3.10. LH15C Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri 54
Şekil 3.11. LH15C Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği.....55
Şekil 3.12. LH15C Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri.....55
Şekil 3.13. 1250 Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği 56

Şekil 3.14. 1250 Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri 56
Şekil 3.15. 1250 Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği 57
Şekil 3.16. 1250 Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri 57
Şekil 3.17. 1251 Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği 58
Şekil 3.18. 1251 Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri 58
Şekil 3.19. 1251 Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği 59
Şekil 3.20. 1251 Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri 59
Şekil 3.21. 1290 Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği 60
Şekil 3.22. 1290 Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri 60
Şekil 3.23. 1290 Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği 61
Şekil 3.24. 1290 Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri 61
Şekil 3.25. 1291 Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği 62
Şekil 3.26. 1291 Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri 62
Şekil 3.27. 1291 Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği 63
Şekil 3.28. 1291 Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri 63

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Huntit Mineralinin Özellikleri. 5
Tablo 1.2. Kaplamada kullanılan maddeler, özellikleri ve kullanım alanları 12
Tablo 2.1. Huntit – Hidromanyezit Minerali Kimyasal Formülasyonları 37
Tablo 2.2. LH3C LKAB Fiziksel Sonuçları 37
Tablo 2.3. LH3C LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça) 37
Tablo 2.4. LH3C LKAB Teknik Sonuçları 37
Tablo 2.5. LH15 LKAB Fiziksel Sonuçları 38
Tablo 2.6. LH15 LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça) 38
Tablo 2.7. LH15 LKAB Teknik Sonuçları 38
Tablo 2.8. LH15C LKAB Fiziksel Sonuçları 38
Tablo 2.9. LH15C LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça) 38
Tablo 2.10. LH15C LKAB Teknik Sonuçları 39
Tablo 2.11. 1250 LKAB Fiziksel Sonuçları 39
Tablo. 2.12. 1250 LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça) 39
Tablo. 2.13. 1250 LKAB Teknik Sonuçları 39
Tablo 2.14. 1251 LKAB Fiziksel Sonuçları 39
Tablo 2.15. 1251 LKAB Kimyasal Sonuç (% ağırlıkça) 40
Tablo 2.16. 1251 LKAB Teknik Sonuçları 40
Tablo 2.17. 1290 LKAB Fiziksel Sonuçları 40
Tablo 2.18. 1290 LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça) 40
Tablo 2.19. 1290 LKAB Teknik Sonuçları 40
Tablo 2.20. 1291 LKAB Fiziksel Sonuçları 41
Tablo 2.21. 1291 LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça) 41
Tablo 2.22. 1291 LKAB Teknik Sonuçları 41
Tablo 2.23. Minerallerin Boyutları 41
Tablo 3.1. LH3C numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları 46
Tablo 3.2. LH3C numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları 46
Tablo 3.3. LH15 numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları 47
Tablo 3.4. LH15 Numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları 47
Tablo 3.5. LH15C numunesinin Tek Kat XRF sonuçları 47
Tablo 3.6. LH15C numunesinin Üç Kat XRF sonuçları 47

Tablo 3.7. 1250 Numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları 47
Tablo 3.8. 1250 Numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları 48
Tablo 3.9. 1251 Numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları 48
Tablo 3.10. 1251 Numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları 48
Tablo 3.11. 1290 Numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları 48
Tablo 3.12. 1290 Numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları 49
Tablo 3.13. 1291 Numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları 49
Tablo 3.14. 1291 Numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları 49
Tablo 3.15. LOI Sonuçları 64
Tablo 4.1. Numunelerin Bazı Sıcaklıklarda Kütle Kayıp Oranları 72

GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile hali hazırda kullanılan malzemelerin performansı istenen düzeye getirilebilmektedir. Malzeme bilimi ve mühendisliği de ortaya çıkan ağır çalışma koşulları karşısında hızla değişim göstermiştir. Yeni malzemelerin üretilmesi ve teknolojik gelişimlerin yaşanması ve bazı öncü tekniklerin ortaya çıkarılması söz konusu olmuştur. Bununla birlikte üretim ve tüketim süreçlerinde kullanılan araç ve gereçler, giysiler, mobilyalar, yapı malzemeleri, otomotiv ve ulaşım araçları yanıcılık bakımından risk taşıyan içerikler barındırabilmektedir.

Tarih boyunca insanlık yangınlar nedeni ile çeşitli kayıplara uğramış bu kayıplar hem can hem mal kaybı olarak gerçekleşmiştir. Buna rağmen, yeri doldurulamaz üstün özellikleri nedeniyle kolayca yanabilen ağaç, deri ve sentetik polimerlerden yapılan çeşitli eşya ve malzemelerin kullanımı giderek daha da yaygınlaşmıştır. [1].

Yanıcı içerik barındıran maddeler günlük hayatta, uzay havacılık teknolojilerinde ulaşımda ve diğer pek çok alanda kullanılmakta ve bu kullanım yangın riskini artırmaktadır. Bu durum ise konu ile ilgili yeni kurallar ve kriterlerin oluşturulmasını mecburi hale getirmektedir [2]. Bu noktada en önemli husus ise yanmaya karşı dayanıklı, güç tutuşur ya da bir diğer deyiş ile güç tutuşurluk özelliği olan malzemelerin bu alanlarda kullanılmaya başlanmasıdır.

AB ve gelişmiş ülkelerde bu özelliğin polimerik malzemelerde geliştirilmesi yapılan çalışmaların başını çekmektedir. Polimerik malzemelerin yanıcılık oranları yüksek olup güç tutuşurluk özellikleri az bulunmaktadır. Elektrik kaçağı veya yangın gibi durumlarda yanmaya karşı duyarlı malzemelerin çeşitli yöntemlerle koruma altına alınması hem can hem mal kayıplarının önüne geçilmesi için önem taşır. Polimerlere kıyasla daha düşük yanıcılık özelliği gösteren seramik ve metallerin kullanımı bu

aşamada ön plana çıkmaktadır. Ek olarak nanokompozit teknolojisinin ön plana çıktığı da görülmektedir

Polimerlerin güç tutuşurluk yeteneğe sahip olabilmesi için çeşitli katkılar eklenebilmektedir. Doğal ve sentetik polimer malzemeler daha geniş alanlarda kullanılmaktadır. Polimerlerin tutuşa bilirliğini ve toksik duman üretimini azaltmak için güç tutuşturucuların kullanımı, yeni malzemelerin geliştirilmesi ve uygulanmasının çok önemli bir parçası haline gelmektedir.

İnşaat, elektronik elemanları, nakliye ve lojistik gibi alanlar güç tutuşurluk özelliğinin ön plana alınması gereken alanlardır. Ayrıca ev işleri ve gereçlerinde güç tutuşurluk katkısı bulunan ürünlerin kullanılması da yaygınlaştırılmalıdır. Çeşitli yayınlar ve uygulamalar ile yanmazlık sistemlerinin geliştirilmesi konusunun günlük hayatta da yer edinmesi sağlanmak istenmektedir [2].

Bütün bu gereksinimlere paralel olarak bu çalışmada polyester ipliklerden üretilen kumaşlar güç tutuşurluk (alev geciktirici) bakımından analiz edilmiştir. Madencilik, tekstil gibi alanlarda güç tutuşur maddelerin kullanımının insan hayatını korumak için önemli bir gelişme olacağı düşünülmektedir. Polyester kumaşların huntit ve hidromanyezit mineralleri ile kaplanması ile güç tutuşurluk özelliklerinin artıp artmadığı araştırılmıştır. Huntit ve hidromanyezit mineralleri yapılan pek çok çalışmada güç tutuşurluk özellik göstermiştir.

Bu kapsamda çalışmada örnek tekstil malzemeleri fikse ve bıçaklı kaplama yöntemi ile kaplanmış daha sonra yapılan kaplamalar, XRF, TGA, SEM ve LOİ, testlerine tabi tutularak güç tutuşurluk özellikleri belirlenmiştir.

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Ev tekstili olarak düşünülen döşemelik kumaş, halı, perde gibi ürünlerin estetik dayanımı ve mekanik dayanımı gibi özelliklerinin yanı sıra son zamanlarda özellikle bu ürünlerin güç tutuşur olması da aranılan bir özellik olarak öne çıkmaktadır. Güç tutuşurluğun sağlanabilmesi için çeşitli yollar olmakla birlikte doğal güç tutuşur malzemelerin tekstil ürünlerine katma değer oluşturduğu son zamanlarda görülmektedir. Doğal güç tutuşur malzemeler olan Huntit ve Hidromanyezit ülkemizde de çıkarılan madenlerdendir. Bu minarelerin özellikle polimer güç tutuşurluğu için üretilmektedir. Tekstilde bu minerallerin kullanılması ile ilgili birkaç çalışma mevcuttur. Bu mineraller ile özellikle kaplanmış perdelik kumaşlar üretilebilmektedir.

Bu bölümde sırasıyla huntit hidromanyezit mineralleri tanıtılarak güç tutuşurluk kavramlarından ve özelliklerinden bahsedilecektir.

1.1. Huntit ve Hidromanyezit

Belirgin beyaz bir renge sahip olan huntit tarihsel açıdan bu yönü ile kullanılmaya başlanmıştır. Örnek olarak Antik Mısır'da huntit minerali anıt mezarların boyanması için kullanılmıştır [3]. Aynı dönemde, yeni krallık zamanında antik seramiklerin ve duvar resimlerinin yanı sıra papirüs ve ahşap tabutlarda ve diğer nesnelerin boyanması için huntit malzemelerin kullanıldığı belirlenmiştir [4].

Sonraki dönemler incelendiğinde huntit mineralinin kullanımına Roma İmparatorluğu döneminde rastlanmaktadır. Bu döneme ait bir kargo gemi batığı içinde keşfedilen ahşap kutuda huntit kullanıldığı tespit edilmiştir [5].

Daha yakın döneme gelindiğinde huntit kullanımı 12. yüzyıl İran tarihi sanat eserleri içinde görülmektedir. Örneğin dönemde üretilen sanat eserlerinden birinde, beyaz pigmentler içerisinde huntit mineraline rastlanmıştır [6].

Huntit minerali 1943 yılında keşfedilmiştir ve bu mineral ile ilgili çalışmalar 1948 senesinde Faust ve Callaghan tarafından Currant Creek (ABD) yataklarının mineralojisi ve petrolojisi üzerinde yapılan araştırmalarla başlamıştır. Yapılan araştırmalarda huntitin yeni bir mineral olduğu tespiti yapılmıştır. Mineralin ismi Prof. Walter F. Hunt'a atıf olarak konulmuştur [8].

Hunt'un öğrencisi George Faust, huntitin DTA analizini yaptı ve 644 °C ve 901 °C'de endotermik olarak bozunduğunu tespit etti. Ayrışmaların MgCO_3 ve CaCO_3 ayrışmaları olduğu belirlendi. Huntit için kimyasal formülün Mg_3Ca $(CO_3)_4$ olduğu kimyasal analizle de gösterilmiştir [8].

Huntit; bir kalsiyum magnezyum karbonat mineralidir. Karbonatlar sınıfı altında dolomit grubunda bulunmaktadır. Kimyasal formülü; Ca$Mg_3(CO_3)_4$; molekül ağırlığı 353,03 gr'dır (%15,88 CaO, %34,25 MgO ve %49,87CO_2). Mikroskobik tane boyunda polikristalin yığışımlar halindedir. Rombohedral ve hegzagonal sistemde kristallenir. Dolomit ve/veya manyezitle birlikte; karstik, evaporitik, gelgit altı ve yer altı ısınmış ortamlarında Mg/Ca oranının 7'den yüksek ve sıcaklığın 50 ^{o}C'den daha fazla olduğu koşullarda (pH:7,5-8) katman ya da yumrular halinde oluşur. Yarı duyarlı olduğundan, ancak iyi korunduğu yataklarda varlığını sürdürmektedir. [1].

Huntit, bir karbonat mineralidir. Mağaralarda akıştaşı olarak bulunmuştur. Doğal olarak oluşmuş huntit parçacıkları ince ve ileri düzeyde yassı bir yapı bulumaktadır [15].

Huntit mineralinin önem kazanan özellikleri, işleme araçlarına aşındırıcı olmayışı, az duman oluşumu, asit gazı emisyonu bulunmaması, halojen içermemesi, çevre açısından tehlike oluşturmaması, geri dönüştürülebilir olması, yanma gazı korozyonu bulunmaması, renklendirmede sınırsız olması ve yanıcılığının az olmasıdır [16].

Huntit; çoğunlukla hidromanyezit ve/veya manyezitle birlikte bulunup; dağılgan, saf beyaz görünümlüdür.

Huntit ıslak hali ile plastik özelliği gösterir. Mantarlara benzer bir biçimde yüzeylerinde çatlama ve kırılma izlerine rastlamak mümkündür. Elektron mikroskobu altında 1-2 μ boyunda, dikdörtgen-kare levhacık kristalleri yığışımı halinde bulunur. Bazen daha büyük (5-10 μ) huntit kristalleri ve kuvars taneleriyle birlikte bulunur. Fiziksel olarak baskın beyaz renkli, toprağımsı, kırılgan yapıda bir mineraldir [30].

Huntit: $MG_3Ca(CO_3)_4 \rightarrow 3MgO \rightarrow CaO + 4CO_2$

Hidromanyezit: $Mg_4(CO_3)_3(OH)2.3H_2O \rightarrow 4MgO \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

Huntit mineralinin özellikleri ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1.1. Huntit Mineralinin Özellikleri.

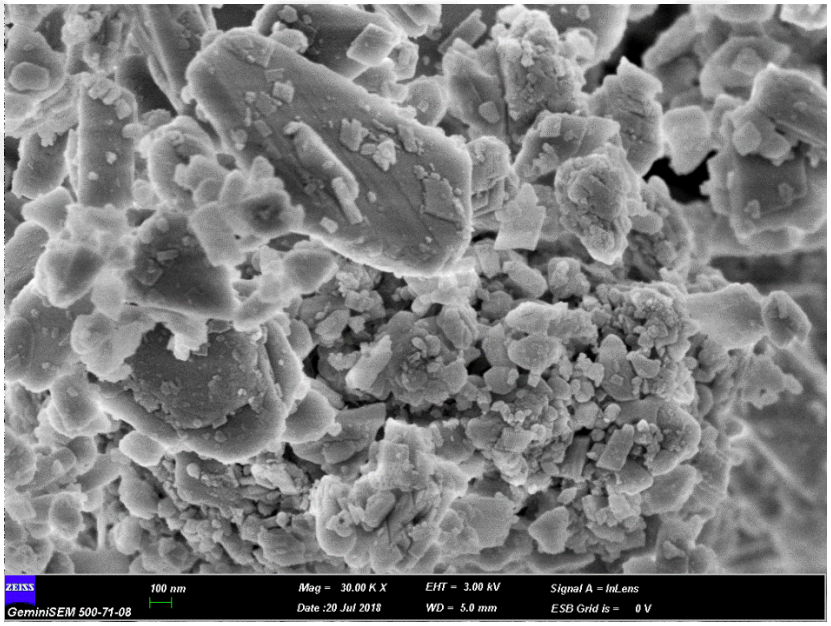
Keşfeden	1943 – Faust
Fiziksel Görünüş	Manyezite benzer.
Fiziksel Özellik	Beyaz ve limon beyazı renk, mohs sertliği 1-2, dağılgan bir mineraldir. Yoğunluğu 2,696 g/cm^3 (4 derecede) Suda gözenekli hal alır.
Optik Özellik	İnce kesitte renk vermemektedir.
Kimyasal Özellik	Formülü Ca $Mg_3(CO_3)_4$, bileşimi itibariyle dolomite manyezit arasında yapısında Si, Fe, Sr, Ba, Ti, B, Al ve Mn bulunabilir.
Jeolojik Özellik	Dolomit veya manyezit içeren kayaçların yüzeysel ayrışması veya alterasyonu sonu oluşmaktadır. Manyezit ve dolomit bileşikleri kadar duyarlı değildir. Paleoseller, spaleotemler şeklinde yataklanır. Huntit hiromanyezit ve manyezit içeren yataklar Mg/Ca oranı 500'e varan göllerde çökelme şeklindedir.

Hidromanyezit ise $Mg_5(CO_3)4(OH)_2 \cdot 4H_20$ formülü ile gösterilir ve sulu manyezit olarak adlandırılır. Genellikle manyezitten ayrışma ürünleri olan magnezyum içeren serpentin ve brüsit ile birlikte oluşur. Genellikle mağaralarda ortaya çıkar. Kalsit ve aragonitten sonraki en yaygın mağara karbonat mineralidir. İlk defa 1836'de Hoboken, New Jersey'de tanımlanmıştır. Endüstriyel olarak genellikle huntit ile birlikte güç

tutuşurluk olarak kullanılır. Termal olarak 220 °C ile 550 °C arasında su ve karbondioksit bırakarak bozunur. Bozunma süreci üç aşamadan oluşur; birincisi yaklaşık olarak 220 °C'de başlayan dört molekül kristallenmiş su ayrışmasıdır. İkincisi, 330 °C'deki sudan hidroksit iyonu ayrışmasıdır. Üçüncü ise 350 °C'de karbondioksit salınmaya başlanmasıdır [8].

Huntit – Dolomit birlikteliği evaporasyon sırasında ilk Ca – Karbonatların, sonra Mg-Ca- karbonatların ve son olarak Mg-karbonatların kristallenmesiyle oluşmaktadır [9].

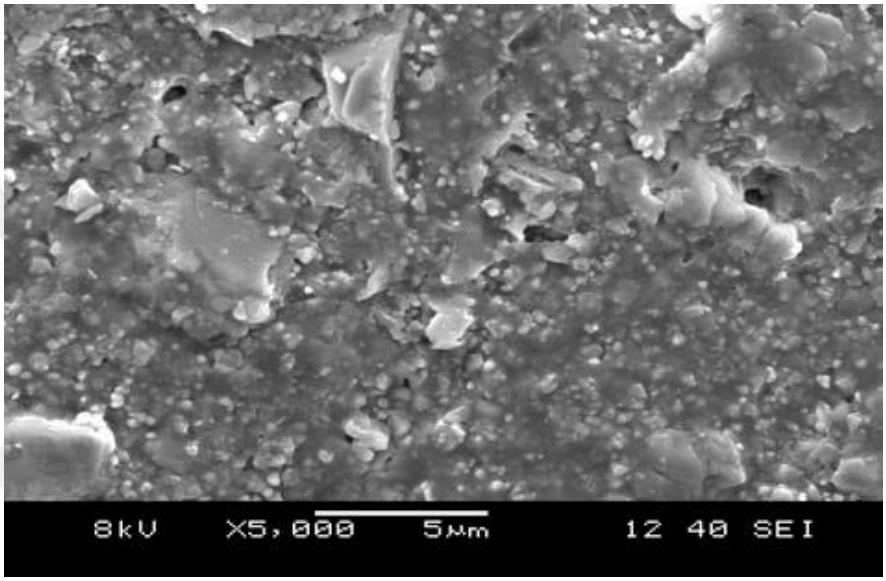
Şekil 1.1.'de Huntit mineralinin SEM görüntüsü verilmektedir.



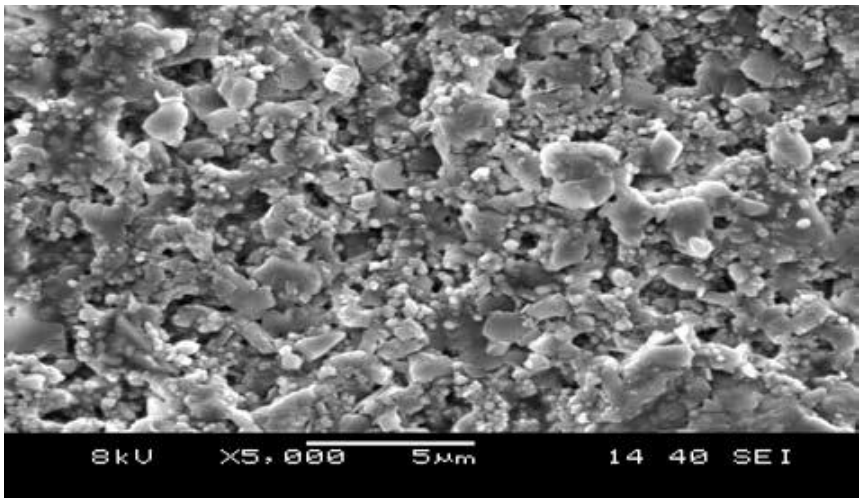
Şekil 1.1. Huntit mineralinin SEM görüntüsü [8].

Güç tutuşur, Huntit ve Hidromanyezit Nanopartikül Takviyeli Polimetrik Kompozit Kaplamalar isimli bir çalışmada saf boya ve huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamaların yüzey morfolojisini incelemek için SEM analizi yapmıştır. Elde edilen görüntüler, Şekil 1.2'de saf boya ve Şekil 1.3'de %10 katkılı huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamanın yüzey topografilerini sunmaktadır. Görüntüler incelendiğinde saf polimerik boyada yüzey özellikleri düzgün iken, güç tutuşur katkı maddelerin bulunduğu kompozit boyalarda yüzeyin pürüzlü olduğu gözlemlenmiştir [10].

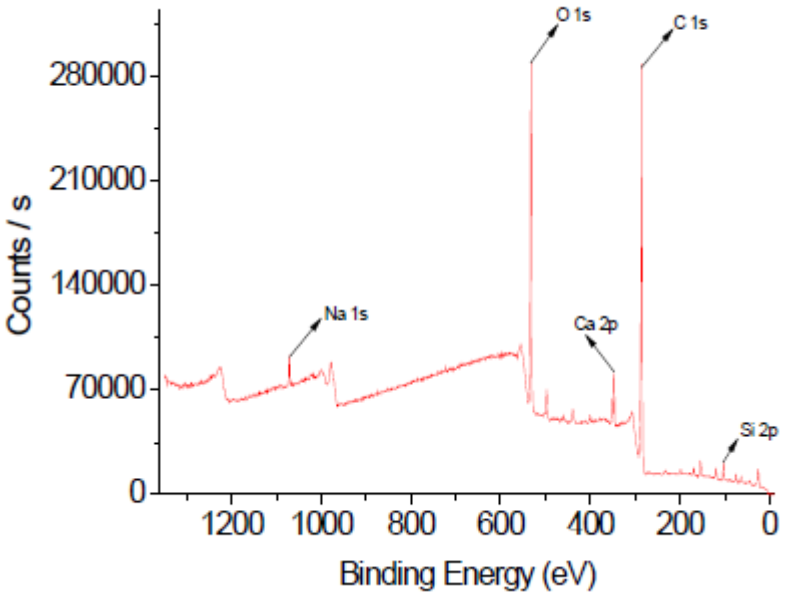
Güç tutuşur tozların polimerik yapıya iyi bir şekilde tutunduğu ve bunun ıslatma özelliklerinin iyi olduğu tespit edilmiştir. Bu pürüzlülük özelliği öğütülmüş güç tutuşurluk katkı tozlarının bulunduğu kaplamalarda daha da düşmüştür. Saf boya ile %10 huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamaya/boyaya yapılan XPS sonuçları sırasıyla Şekil 1.4 ve 1.5' de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde saf boya ile katkılı malzeme arasındaki tek fark Mg elementinin varlığı olmuştur. Bunun nedeni Mg elementi mineralden alınan veriyi göstermektedir. [10]



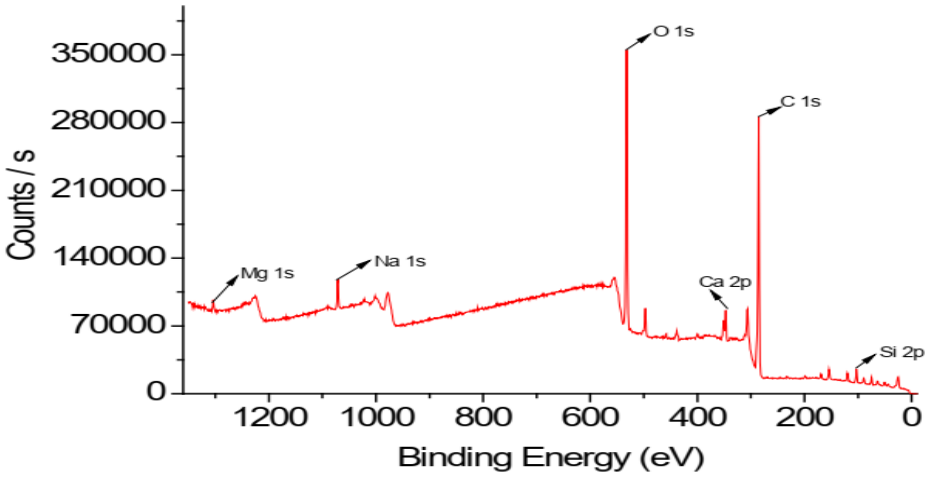
Şekil 1.2. Saf boya kaplamanın SEM görüntüsü [10]



Şekil 1.3. % 10 Huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamanın SEM görüntüsü [10]

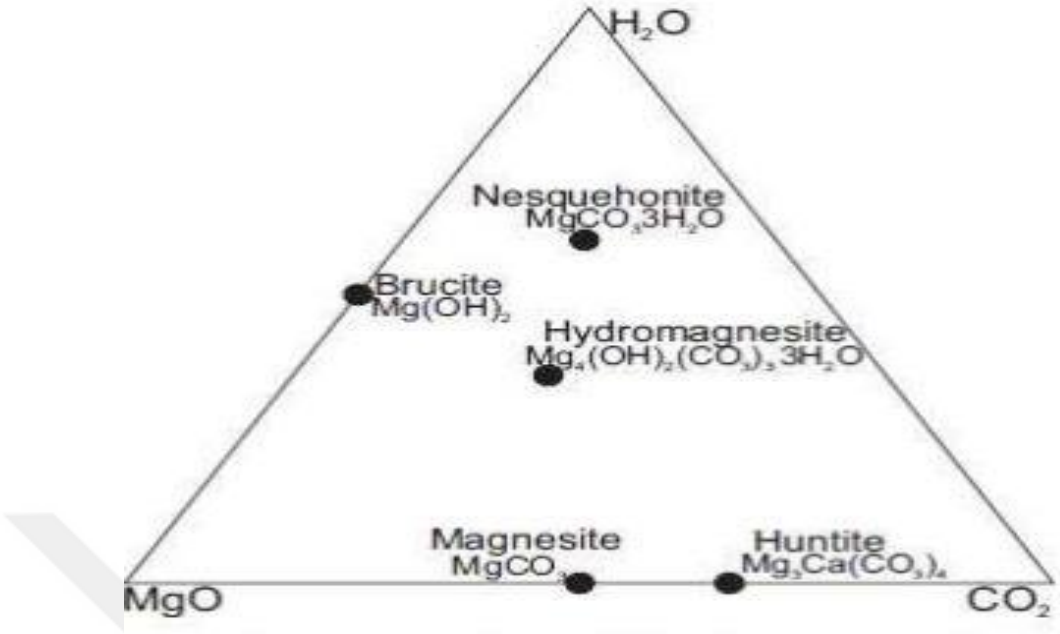


Şekil 1.4. Saf boya kaplamanın XPS analizi [10]



Şekil 1.5. % 10 Huntit ve Hidromanyezit Katkılı Polimerik Kompozit Kaplamanın XPS Analizi [10].

Huntit ve Hidromanyezit farklı sayıda MgO-CO_2-H_2O molekülleri içermektedir. Farklı oranda söz konusu moleküller içeren manyezit türleri ile ilgili bileşikler ve isimleri Şekil-1.6'da verilmektedir.



Şekil 1.6. Farklı MgO-CO_2-H_2O Oranında Bileşikler İçeren Manyezit Türleri [11].

1.2. Madencilik Faaliyetleri

Yunanistan'da Kozani Bölgesi'ndeki huntit-hidromanyezit oluşumları, ticari olarak üretim yapılan önemli yerlerdendir. Kozani Kasabası'nın güneydoğusundaki iki maden yatağı yıl da 15. 000 ton cevher üretmektedir. Bu ticari değere sahip yataklar yaklaşık 4 metre kalınlığında olup, 50. 000 ton'dan fazla rezerve sahiptir. Ocaktan çıkarılan huntit-hidromanyezit cevherleri az miktarda aragonit ve manyezit içermektedirler [12].

Aragonit ve manyezit mineralleri huntit ve hidromanyezite göre daha iri boyutlu oldukları alandan uzaklaştırılır. Malzeme önce kurutulur daha sonra studtip değirmenlerle inceltilir ve havalı sınıflandırıcılarda huntit/hidromanyezit oranı 1/ 1'den 6/ 10'a kadar olacak biçimde işlenir. Bu cevher % 95' den daha fazla parlaklığa sahiptir ve oldukça ince bir yapıya sahiptir. Tane boyutu yaklaşık 10 mikron'dan küçüktür. Cevherin özgül yüzey alanı 10 m^2/g'dan büyüktür. Brusit ve serpantine göre işlenmiş cevherin çekme gerilimini yükseltmek için organik bileşenler yüzey iyileştirici olarak kullanılır [12].

1.3. Kullanım Alanları

Huntitin kullanım alanları genel olarak boya sektörü, polimer, özel lastik ve ilaç, madencilik gibi sektörlerde gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte huntitin güç tutuşur özelliğinin test edilmesi konusunda geniş bir çalışma alanı bulunmaktadır. Konu ile ilgili çalışmaların henüz kesin sonuçlara ulaştığını söylemek mümkün değildir.

Bununla birlikte huntit-hidromanyezit güç tutuşur özellikleri ile pek çok endüstride kullanıma uygun görülmektedir. Saf huntit 600 ^{o}C'de dekompoze olmaktadır [13]. Endotermik reaksiyon sonucu; ısıyı emer, alevi ve yüzey sıcaklıklarını azaltır. Ayrıca her türlü duman ve yanabilir gazları seyreltmektedir.

Mineral bazlı güç tutuşur sınıfında yer alan huntit-hidromanyezit magnezyum içerir. 250 °C'de su buharı ve karbondioksiti serbest bırakarak endotermik bozuşma yaşanır çalışmalarda kalsiyum ve magnezyum oksitli katı son ürün olarak sonuçlanmıştır. Huntit-hidromanyezit kullanım gereksinimlerinin önemini ortaya koyan bir örnek olarak; "2015 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde gerçekleşen yangında; 3.280 sivil ölümü, 15.700 sivil yaralanması ve 14,3 milyar dolar maddi kayıp oluştuğunu vurgulamak yerinde olacaktır [51].

1.4. Tekstildeki Kullanımı

Ev içerisindeki tutuşmada birincil kaynak tekstillerdir. Tekstiller alevin hızla yayılmasına katkıda bulunmaktadır. Fakat tekstiller olmaksızın istenen estetik özelliklere ve konfora sahip bir oda yapmak mümkün değildir. Dolayısıyla tekstil materyallerine güç tutuşurluk özelliği kazandırmak önemlidir. Güç tutuşurluk malzemeleri eklendiği materyalin alevlenebilirliğini azaltır. Huntit ve hidromanyezit de bu mineraller arasında yer almaktadır.

Kaplanmış kumaşların sınırlı güç tutuşur özelliğe sahip olduğu; ayrıca huntit-hidromanyezit içerikli bu kumaşların eğilme dayanımı veya dökümlülüğünün huntit-hidromanyezit içermeyen kumaşlara göre farklı olmadığı da görüldüğünden, % 25 oranında huntit-hidromanyezit içeren kaplanmış kumaşların endüstride üretilmesiyle, son kullanıcılar için halojen içermeyen güç tutuşur ev tekstili olarak kullanılabileceği önerilmektedir.

1.5. Tekstilde Kaplama İşlemi ve Yöntemleri

2000'li yılların ilk yarısından başlayarak teknik tekstil ticareti Türkiye'de büyük artış göstermiştir. Sektörün dış alım ve dış satım değerleri 2014 yılında 3,1 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir. Türkiye 183 ülkeye 1,6 milyar dolar teknik tekstil ihracatı gerçekleştirmiştir. Dış satımın en çok gerçekleştiği ilk 5 ülke ise Almanya, Fransa, İtalya, Rusya Federasyonu ve ABD olmuştur. Yine 2014 yılında Türkiye 107 farklı ülkeden 1,5 milyar dolar büyüklüğünde dış alım gerçekleştirmiştir. İthalat yapılan ülkelerin ilk beşinde ise Çin, Almanya, İtalya, Hindistan ve Fransa yer almaktadır [53].

Minimum biri polimerik tabaka olmak üzere 2 ya da daha fazla katmanın bir araya gelmesiyle oluşan tekstil ürünleri kaplamalı kumaş olarak adlandırılmaktadır. Endüstriyel ve ticari açıdan kaplamalı kumaşlar teknik tekstil ürünlerinin başını çekmektedir. Kaplama ve laminasyon, kumaşların fiziksel ve estetik özelliklerini geliştirmek ve değiştirmek, kumaşların, polimer, köpük ve filmlerin avantajlarını kombine ederek, kullanım alanını genişletmek amacıyla uygulanmaktadır.

Kaplama işlemindeki esas hedef polimer katmanının bir tekstil ürününün dış yüzeyine etki ederek fiziksel özelliklerinin farklılaştırılmasıdır. Tekstilde kaplamacılık ile kumaşı oluşturan liflerde bulunmayan çeşitli özelliklerin polimer maddeler aracılığı ile kumaşa kazandırılması amaçlanmaktadır [1].

Kaplamada amaçlanan etkiye bağlı olarak sıvı, hamur veya toz halde bulunan kimyasallar toz, pasta veya köpük formunda kumaşa aktarılarak kumaş üzerinde bir film katman oluşturacak şekilde uygulanmaktadır. Orijinal kaplama metotlarının esasını, genellikle, alınan flotte miktarını ayarlayacak bir çift sıkma silindirinin bulunduğu emdirme teknelerinde emdirme, ardından kuru sıcak hava ortamında ve genellikle ramözde (germeli kurutucuda) sabit ende kurutma oluşturmaktadır. Bununla birlikte kaplamanın kumaşın tek bir yüzeyinde gerçekleştirilmesi zorunlu olduğunda, kumaşın tamamen kaplama flottesi içerisine daldırılması mümkün olmayıp bunun için başka teknikler ortaya çıkarılmıştır. Kaplama direkt (direkt kaplama) ve dolaylı (transfer kaplama) olarak tekstil yüzeyine uygulanmaktadır.

Polimerik kaplama işlemi bir tekstil yüzeyine yeni karakteristik özellikler ekler. Elde edilen kaplanmış kumaş ya su iticilik, hava geçirgenliği vb. fonksiyonel özellikler

kazanır ya da uygulama öncesinden bütünüyle farklı ve estetik bir görünüme kavuşur. Oluşan farklı görüntüye örnek; deri görünümü verilen kumaşlar olarak gösterilebilir. Polimer malzemeyi zemin kumaşa uygulamanın farklı yöntemleri de bulunmaktadır. Bu yöntemlerin sınıflandırılmasında kaplama malzemesi formu, uygulama şekli ve kullanılan aparatlar olarak baz alınabilmektedir [1].

1.5.1. Kaplama Yöntemleri

Kaplama işlemlerinin gerçekleşebilmesi için polimerlerin avantaj ve dezavantaj olarak kullanım alanları aşağıda belirtilmiştir.

Kaplamada kullanılan maddeler, özellikleri ve kullanım alanları ile ilgili bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1.2. Kaplamada kullanılan maddeler, özellikleri ve kullanım alanları [7]

Kaplamada kullanılan maddeler / özellikleri ve kullanım alanları	**Avantaj / Dezavantaj**	**Kullanım alanları**
PVC (Polivinilklorür)	Yüksek elastikiyet, aşınma dayanımı, yağ ve çözücü direnci güç tutuşur	Tente, çadır bezi,koruyucu ve askeri giysi, mobilya döşemeleri, mimari ve inşaat tekstilleri
PU (Poliüretan)	Yüksek uzama değeri, Hava şartlarına, yırtılmaya ve aşınmaya dayanıklı, yağ itici	Halı arkası ve el çantaları, düşük gramajlı suni deri ceket, su geçirmez ve nefes alabilir giysiler, can yelekleri, spor çantalar, tente yapımı
Doğal kauçuk	İlave maddeler ile birlikte yüksek hızda karıştırılıp tekstil yüzeyinde yayılabilme ve yüksek elastikiyet gösteren film oluşturabilme	Halı arkası malzemesi, otomobil lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde
SBR (Stiren bütadien kauçuk)	Yüksek aşınma dayanımı, oksidasyona ve mikroorganizmalara dayanımı yüksek, havadan etkilenmez.	Halı arkası malzemesi, otomobil lastiği, taşıyıcı bant ve koruyucu giysilerde

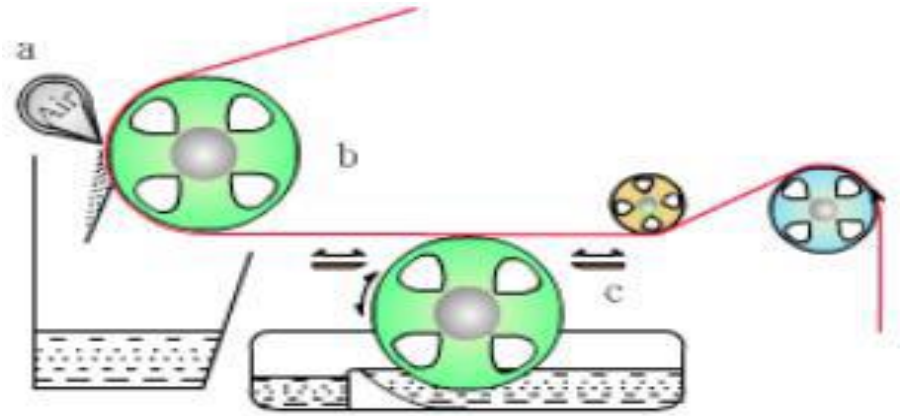
Kaplamada kullanılan maddeler / özellikleri ve kullanım alanları	**Avantaj / Dezavantaj**	**Kullanım alanları**
Nitril kauçuk	Isı ve gün ışığına dayanımı yüksek,havadan etkilenmez	Fueloil tankları ve hortumlar, yağlı bölgelerde kullanıma kayışlar, yağ itici kıyafetler ve taşıyıcı bantlar
Bütil kauçuk	Oksidasyona, kimyasallara ve ısıya dayanımı (-50/125 °C) yüksek, gaz geçirmezliği yüksek,	Asit ve kimyasallara karşı koruyucu giysiler, düşük gramajlı can yelekleri, şişme botlar ve pnömatik yaylar
Neopren (Polikloropren kauçuk)	Kimyasallara, oksidasyona ve yağa dayanımı yüksek, yüksek çekme mukavemeti, güç tutuşurluğu iyi	Hava yastıklarında can yeleklerinde, koruyucu giysilerde, uçak iç döşemeleri
Hypalon (Klorosülfat kauçuk)	Kimyasallara, oksidasyona ve yağa dayanımı yüksek, yüksek ısıya dayanıklı ve düşük ısı dayanımı az, renklendirilebilme	Koruyucu giysilerde, hava yastığı, can yeleği, uçak iç döşemeleri
Silikon	Mikroorganizmalara, kimyasallara ve oksidasyona dayanıklı, kokusuz nefes alma özelliği kazandırma, gaz geçirgenliği yüksek, yüksek yırtılma ve patlama dayanımı	Hava yastığı, paraşüt, gıda ve sağlık sektörü
PTFE (Politetrafloretilen)	İyi yağ ve su itici özellik, yüksek ısıya, kimyasallara ve çözücülere dayanıklı, oksidasyona, hava şartlarına ve mikroorganizmalara dayanıklı, yüksek ısı dayanım aralığı (-70/250 °C)	Gıda ve sağlık sektörü, mimari ve inşaat uygulamaları
PVDC (Polivinilidenklorür)	Güç tutuşur, düşük gaz geçirgenliği, parlak, sert	Koruyucu giysilerde ateşe dayanıklılık gereken yerlerde

Kaplamada kullanılan maddeler / özellikleri ve kullanım alanları	**Avantaj / Dezavantaj**	**Kullanım alanları**
EVA (Etilen vinil asetat)	Tüm liflere adhezyonu, düşük sıcaklıklarda bile yüksek esneme kabiliyeti	Halı arkası malzemesi, duvar kaplamaları
Akrilik	UV ışınlarına direnci yüksek, güç tutuşurluğu düşük	Otomobil döşemeleri, tente ve yapışkan madde yapımı
Floroelastomer	Hava şartlarına, kimyasallara, çözücülere ve ısıya dayanımım yüksektir	Özel koruyucu giysi, çanta, valiz
Poliolefin	Asit, alkali ve diğer kimyasallara yüksek dayanım, gramajı ve maliyeti düşük, çevreye zararsız, erime sıcaklığı düşük	Spor ve sırt çantası, tente yapımı

1.5.1.1. Bıçaklı Kaplama

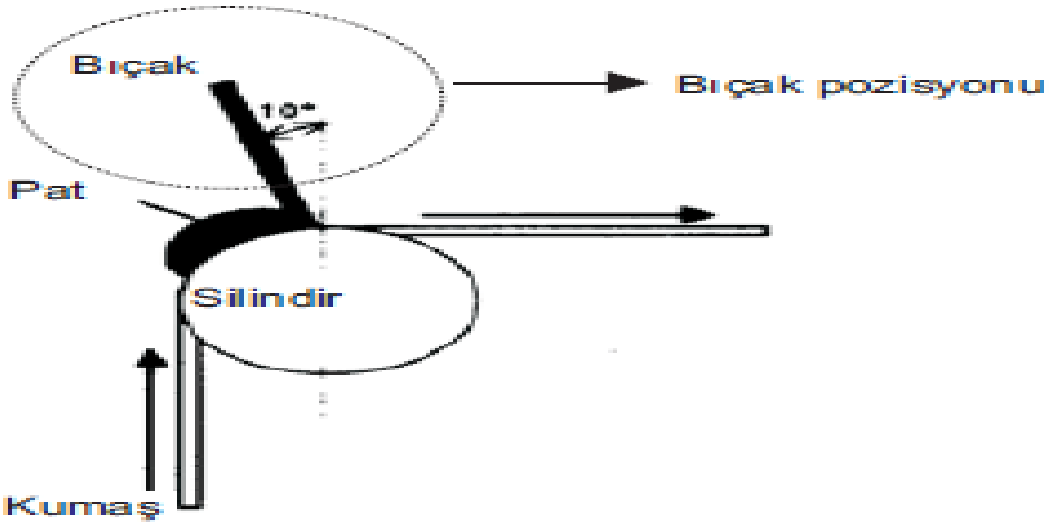
En temel kaplama yöntemi olan bıçaklı kaplamadır. Bu teknikte 4 farklı metod mevcuttur. Bunlar; “hava raklesi, silindir üzerinde rakle, blanket üzerinde rakle ve havada rakle” olarak sıralanmaktadır.

Şekil 1.7’de görüldüğü üzere havalı rakle yönteminde gerçek bir bıçak bulunmaz, bunun yerine basınçlı hava püskürtülerek fazla sıvı kumaştan uzaklaştırılır. Bu yöntem düşük viskozitede kaplama sıvısının olduğu durumlarda tercih edilmektedir [1].



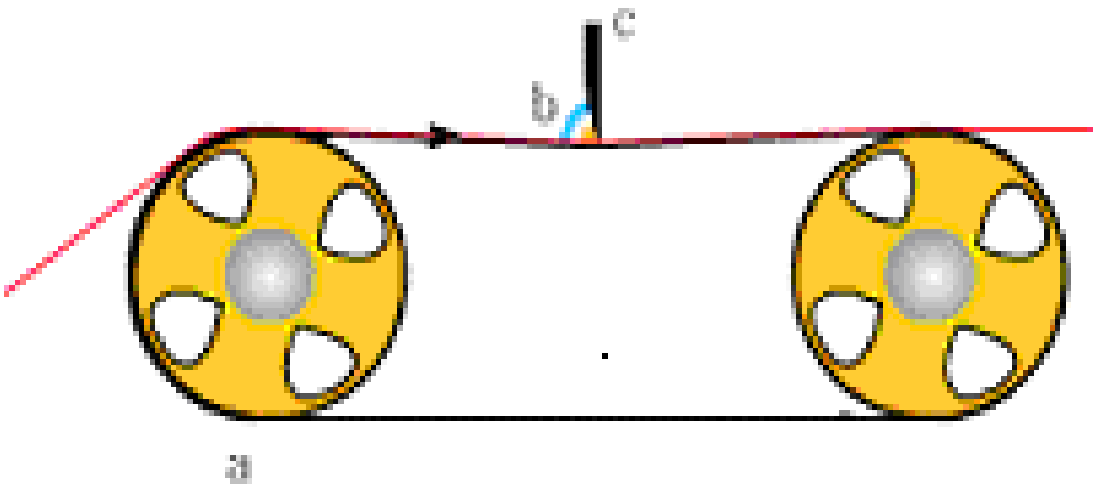
Şekil 1.7. Havalı rakle sisteminin şematik görünüşü [1].

Şekil 1.8'de görüldüğü üzere silindir üzerinde yer alan rakle sisteminde silindir üzerinde bulunan sıyırıcı bıçak, kaplama malzemelerini hareket ettiren bir kumaş kısmından ayrılmaktadır. Bu yöntemde bıçağın konumu bir silindir üzerine ayarlı olup, kumaşa destek sağlar. Yüksek gramajlı kumaşlarda kullanılmaktadır. [1].



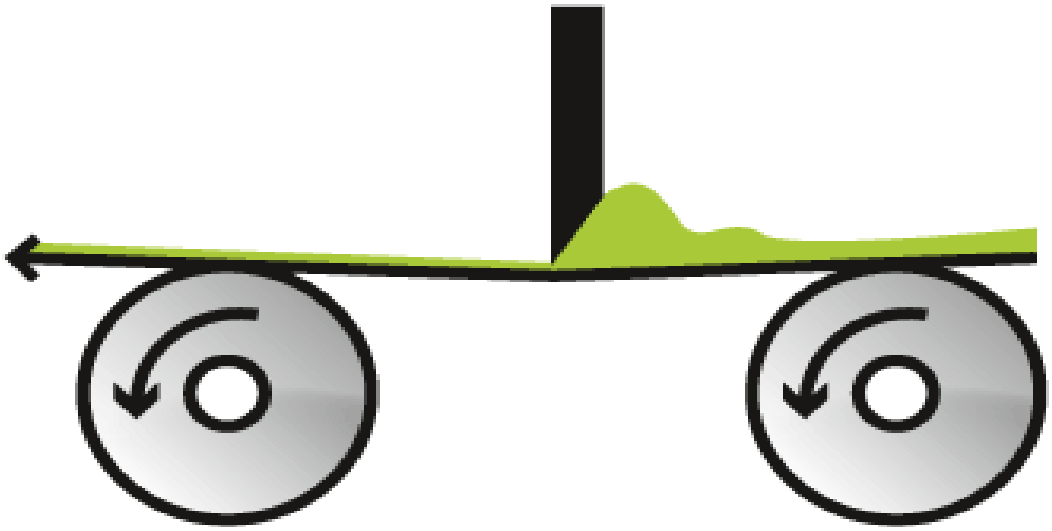
Şekil 1.8. Silindir üzerinde rakle sistemi [1].

Şekil-1.9'da görüldüğü üzere blanket üzerinde yer alan rakle metodunda sonsuz blanket (a) üstünde hareket etmekte olan kumaş, kaplama materyali (b) ile temas ettikten sonraki süreçte rakle (c) ile sıyırma işlemleri kaplama işlemi ile tamamlanmış olmaktadır [1].



Şekil 1.9. Blanket üzerinde rakle sistemi şematik görünüşü [1].

Şekil 1.10'da görüldüğü üzere şematik görünüşü verilen hava içerisinde rakle metodu değerlendirildiğinde; "ön silindirden, arka silindire doğru hareket eden kumaş, kaplama patı ile temas ettikten sonra kumaş üzerindeki rakle ile sıyırma işlemine girmekte ve böylece kaplama işlemi gerçekleştirilmiş olmaktadır" [1].



Şekil 1.10. Havada rakle yönteminin şematik görünüşü [1].

Bıçaklı kaplama tekniğinde; Viskozite ve doygunluk kararlı olmalıdır, dikkatli denetlenmelidir, Değişimlere engel olunmalıdır." Çünkü değişimler penetrasyon aşamasında ürünü çeşitlendirebilir. Bu da istenmeyen sonuçlara neden olur. Ürün üzerindeki viskozite farklılığından dolayı ortaya çıkabilen farklı kalınlıklar ürünün görünümünü ve kullanım rahatlığını bozar.

1.6. Farklı Polimerlerin Kaplama Yöntemleri

1.6.1. Polivinil Klorür

Polivinil klorür, polimer maddesi sert bir yapıya sahip ve katı bir maddedir. Aynı zamanda teknik tekstillerde kaplama amacıyla kullanılması için esnek bir yapıya dönüşmesini sağlamaktadır. Böylelikle toz halindeki polimerlerin çoğunluğu uçucu olmayan organik sıvı emebilmesi olarak ifade edilebilmektedir. Bahsedilen sıvıların yapısı plastikleştirici niteliğinde değerlendirilmektedir. Aynı zamanda polimer kendi ağırlığı doğrultusunda plastikleştirici emebilme özelliğine sahip olabilmektedir. Ancak polimer ve plastikleştirici ilk kez karşı karşıya geldiğinde tekstil yüzeyine yayılabilen kararlı halde bir macun oluşturmaktadır. PVC ve plastikleştirici macunu, plastikleştirici içerisinde askıda olmakta ve plastikleştiriciden bir kısmı yutulan bir PVC parçalarından oluşmakta olan plastisol diye ifade edilmektedir. [1].

Kaplama işlemlerindeki karışım "120° C'ye ısıtıldığında bütün plastikleştirici çözeltisi ve soğutulduğunda bariyerleyici olmayan film polimer oluşur ve bu filmin esnekliği eklenen plastikleştiriciye göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak %50 oranında bir plastikleştirici kullanılması söz konusudur. PVC yumuşatılıp iyi bir aşınma dayanımı göstermektedir. Aynı zamanda düşük geçirgenlikte temiz bir film şeklini almaktadır. Bahsedilen bu film "az yanıcı renkli ürünler üretmek için pigmentle renklendirilebilir veya içine alev dayanımı sağlayan kimyasallar" içeriğine eklenebilmektedir. Yapılan kaplamalar asitlere ve alkaliklere dayanıklı olarak tasarlanmaktadır. Ancak organik çözücüler plastikleştiriciyi olması gereken yerden uzağa atarak kaplamayı esnek olmayan ve kırılır bir hale dönüştürmektedir. Bu etken düşük maliyet ile birlikte kullanıldığında muşambaya benzer olarak koruyucu yüzeyler için ideal bir hal kazanmaktadır. Düşük geçirgenlik özelliğine ve hava koşullarına karşı iyi olması maliyet bakımından da oldukça verimli kılabilmektedir. [8].

1.6.2. Poliviniliden Klorür

Poliviniliden klorür, PVC'nin viniliden klorürün polimerizasyon ile elde edilmiş şekline benzemektedir. Aynı zamanda polimer düşük gaz geçirgenliğine sahip olan bir film şeklini almaktadır. Ancak polimer PVC'den daha maliyetlidir ve yalnızca alev dayanımı gereken alanlarda kullanım sağlanmaktadır. PVDC, PVC 'den 2 kat daha klor içermekte

ve klor atomları aleve dayanıklı kaplamalar da kullanılmaktadır. Materyali belli bir ateş ısıttığı halde polimer serbest radikal kapanına benzer olarak davranan klor radikallerini üretmektedir. Böylelikle ateşi söndürmeye yardım etmektedir. [8].

1.6.3. Politetrafloretilen

PTFE 1941 yılında Du Pont tarafından keşfedilmiştir. Keşfedildiğinden bu yana kaplama işlemlerinde kumaşların güneş ışığının zararlı olan etkenlerinden korumak için birden fazla kullanıma sahip olmuştur. Aynı zamanda polimerin dikkat çeken bir niteliği de çok düşük bir yüzey enerjisine sahip olmasıdır. Bu nedenle yüzeyin su ya da yağdan ıslatılmayacağı manasına gelmektedir. Polimer ile uygulanmış tekstil yüzeylerinde hem su itici hem de yağ itici bir hal kazanmaktadır. Bu nedenle PTFE gıda sektöründe kullanılan taşıyıcı bantlarda lekeye karşı dayanıklılık göstermektedir. Böylelikle birden fazla yerde kullanımları görülmektedir. Aynı zamanda polimer mükemmel bir termal stabilite göstermekte ve 250° C'ye kadar kullanılmaktadır. [8].

Birden fazla çözücüye ve kimyasal maddeye karşı dayanıklılık kazanmasına rağmen kuvvetli oksitleyici asitler aşındırma yapılabilmektedir. Bahsedilen durum yapışma işlemini arttıran bir işlemdir. İdeal bir polimer olarak PTFE kullanılabilmektedir. Diğerleri ile kıyaslama yapıldığında maliyet bakımından oldukça yüksektir. "Floropolimerlerin maliyetini düşürmek için çeşitli polivinilflorür (PVF) ve poliviniliden florür (PVDF) gibi PVC ve PVDC uyumuna benzeyen daha az pahalı bileşikler üretilmiştir ve her ne kadar bu materyaller PTFE'ye benzese de dayanıklılık ve hava şartlarından etkilenmeme konusunda biraz daha düşük seviyede olmaktadır. [8].

1.6.4. Polyester

Polikondenzasyon polimerleri arasında günümüzde en önemli ve yaygın olarak kullanılan polimerdir. Polyesterler, en az bir ester bağı içeren polimerler olarak tanımlanır. Çok çeşitli reaksiyonlarla elde edilebilirler. Sentetik lifler içerisinde önemli bir yeri olan bu lif grubu bir polikondenzasyon ürünü olup, organik bir asit ile bir alkolün reaksiyonundan elde edilir. Polyesterin genel formülü;

$$R(H)OOC\text{-}X\text{-}COO(H)R + HO\text{-}Y\text{-}OH \rightarrow CO\text{-}X\text{-}COO\text{-}Y\text{-}OCO\text{-}XCOO\text{-}Y\text{-}COO... + 2R(H)_2O$$

“İkinci Dünya savaşından sonra İngiltere’de Imperial Chemical Industries (ICI) firması, ABD’de DuPont firması polyester lif üretim yöntemlerini geliştirmişlerdir. Özellikle 1950’den bu yana polyester lif üretiminde artış görülmektedir. Polyester liflerin kuru ve ıslak mukavemetleri oldukça iyidir. Kimyasal maddelerin çoğuna dayanıklıdır. Sıcak fiksaj işlemlerine yatkındır. Deriyi tahriş etmeyen özelliği de polyester liflerine, sentetik lifler arasında ayrı bir önem kazandırmaktadır.” [17].

Polyester, genellikle petrolden elde edilen sentetik bir kumaştır. Bu kumaş dünyanın en popüler tekstillerinden biridir ve binlerce farklı tüketici ve endüstriyel uygulamada kullanılmaktadır. Kimyasal olarak polyester, esas olarak ester fonksiyonel grubu içindeki bileşiklerden oluşan bir polimerdir.

Polyesterler, organofosfor bazlı güç tutuşur polimer katkı maddelerinin önemli bir sınıfıdır. Sadece iyi güç tutuşur sergilemenin yanında, plastikleştirme özellikleri vardır. Polimerik olmayan maddeler yerine polimerik veya oligomerik katkı maddelerinin tercihi, ekstraksiyon, göç ve uçucu kayıplara karşı daha iyi direnç göstermektedir [20].

1.6.5. Akrilik

Akrilik polimerleri genel olarak “akrilikler” olarak bilinmektedir. Akrilikleri meydana getiren monomerler akrilik ve metakrilik esterleri olmaktadır. Bazı çok kullanılan esterleri “metil, etil, n-bütil, isobütil, 2-etil hegzil ve oktil”dir. Bu esterler “hidroksil, amino ve amido” vb. fonksiyonel gruplar içerebilmektedir. Monomerler bakımından değerlendirildiğinde ise trimetilol propan triakrilat ya da bütilen glikol diakrilat vb. çok işlevli hale gelmektedir. R ve R’ gruplarının doğası monomerlerin ve polimerlerinin özelliklerini belirlemektedir. Bu sınıftaki polimerler belirgin berraklığı ve olağanüstü koşullarda yaşlanmama ve özelliklerinin değişmemesi ile bilinmektedir. [8].

Monomerin oluşumu, peroksitlerin azo bileşikleri vb. serbest radikal öncüleri kullanılarak serbest radikal polimerleşmesi ile oluşmaktadır. Akrilik polimerleri yumuşak iken metakrilat polimerleri ise sert ve kırılgandır. Her bir monomer türünün iyi bir şekilde ayarlanması polimerin ve kopolimerin istenilen sertlik ve esneklikte olmasını sağlar. Ticari olarak kullanılan akrilik polimerlerinin çok büyük çoğunluğu akrilik ve

metakrilik esterlerinin kopolimerleridir. Polimerleşme kütle çözelti, emülsiyon veya süspansiyon yöntemleriyle oluşabilir. [8].

Akrilat emülsiyonları yaygın olarak kaplamalar için katılaştırıcı olarak kullanılırlar. Akrilikler ultraviyole ışınlara, ısıya, ozona, kimyasallara, suya, yaşlanmayla sertleşmeye ve kuru temizleme çözücülerine karşı istisnai bir dayanıma sahiptirler. Bu yüzden akrilikler otomotiv döşemesinde, halılarda, perdelerde, dış giyimde havlı kumaşlarda arka kaplama malzemesi olarak kullanılırlar.[8]

1.7. Güç Tutuşurluk

Güç tutuşurluk, alev çarpmasına karşı koyabilme veya alevden koruma sağlama kabiliyetidir. Güç tutuşur tekstiller, alev veya yüksek sıcaklıklara maruz kaldığında tutuşmayan, tutuşsa da kendi kendine sönebilen tekstillerdir. Güç tutuşur maddelerde kullanılan bazı terimlerde bazı durumlarda karışıklık yaşanmaktadır, genellikle yanmazlık terimi ile karıştırılmaktadır.

Güç tutuşurluk yakma kaynağı uzaklaştırıldıktan sonra yanma işleminin devam etmemesi ancak materyalin fiziksel ve kimyasal değişimlere uğraması olarak tanımlanır. Bir tekstil ürünü için güç tutuşur denildiğinde onu tutuşturmak için gereken enerjinin mümkün olduğunca fazla, yandığında açığa çıkan enerjinin ise mümkün olduğunca az olması anlaşılmalıdır. Alev kaynağı ile enerji verilen tekstil ürünü belli bir değişime uğramakta fakat alev kaynağı geri çekildiğinde yanma devam etmemektedir. Yanmazlık ise yanmaya karşı tamamıyla direnç anlamına gelir [14].

Tekstil materyalinin yanma davranışı; yanıcı maddenin tutuşma sıcaklığına ulaştığında oksijenle verdiği ekzotermik zincirleme reaksiyondur.

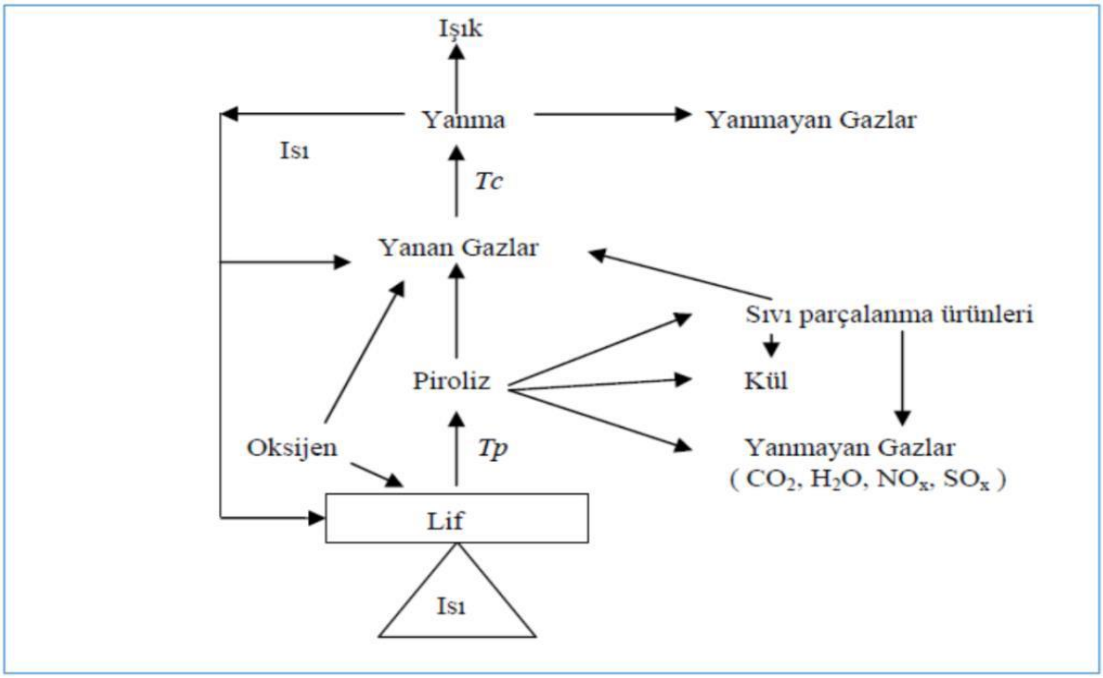
Yanmanın genel formulü "CXHY + (X+Y/4)O_2 + ISI ↔ X CO_2 + Y/2 H_2O + ISI" şeklindedir [18].

Lifler tekstilde esas hammaddedir. Bu nedenle çalışmada tekstil liflerinin yanma döngüsü ele alınmıştır. Uygun ısıda piroliz sıcaklığına (Tp) ulaşan lifin sıcaklığı yükselir. Aynı sıcaklıkta lif kimyasal olarak değişir ve yanmayan gazlar, kömürleşme artıkları, sıvı kondensatlar ve yanabilen gazlar ortaya çıkar. Sıcaklığın artması ile sıvı parçalanma ürünleri bahsi geçen bu maddeleri daha fazla üretir ve piroliz olur. Yanan

gazların oksijen ile bir araya gelmesi olayı yanma sıcaklığı dâhilinde gaz fazında (Tc) bir seri serbest radikal tepkime ile oluşur.

Bahsedilen tepkimeler yüksek derecede ekzotermiktir. Buna paralel olarak tepkimeler yüksek oranda ışık ve ısının açığa çıkmasına neden olur. Yanma olayının sağladığı ısı, lifin piroliz olarak kalmasına neden olan ek termal enerjiyi ortaya çıkarır. Buna bağlı olarak yanma olayı için daha çok yanan gazın üretilmesine ortam hazırlar [19].

Tekstil lifleri için yanma döngüsü aşağıda bulunan şekil 1.8. ‘de verilmiştir.



Şekil 1.11. Tekstil lifleri için yanma döngüsü [19].

1.7.1. Güç Tutuşur Tekstillerin Elde Edilmesi

Tekstil malzemelerine çeşitli yollar ile güç tutuşur özellik kazandırılır. Bunun için dört farklı yöntem bilinmektedir. [14].

1.7.1.1. Yapısı itibariyle güç tutuşur liflerin kullanılması

Kimyasal bileşimleri göz önüne alındığında polimerler organik ve inorganik olarak iki farklı sınıfta incelenmektedir. Organik polimerlerde, karbon, hidrojen, oksijen, azot ve halojen atomları yer alır. İki değerlikli olmak bir atom için polimer ana zincirinde yer

almanın gerekliliğidir. Buna paralel olarak hidrojen ve halojenler ana zincirde yer almaz.

Polimer ana zincirinde yer almanın ikinci koşulu ise atomlar arasında yeterli bağ enerjisinin bulunmasıdır. İnorganik polimerlerin ana zincir bağ enerjileri organik polimerlere kıyasla daha fazladır. [18]

Polimerlerin bileşenlerinde bulunan atomların özellikleri onlara kolay yanıcılık özelliği sağlar. Polimerler tahta yanmasından 4 kat daha hızlı yanıcı özelliğe sahiptir. Buna ek olarak ısı etkisi polimer zincirlerini daha küçük parçalara bölerek yanıcılık oranını yükseltmektedir [10].

Polipropilenin yanması esnasında yanıcı propan gazı oluşur. Yanmanın genişlemesi, şiddet ve polimerin reaksiyonuna bağlı olarak gerçekleşir. Polimerin doğal olarak güç tutuşur olması için düşük sıcaklıklarda kömürleşmenin çok fazla olması, 400 ^{o}C'nin üstünde ısısal kararlılığa sahip olması (yüksek erime sıcaklığı), 400^{o}C altında meydana gelen bozunma ürünlerinin yanmayan gazlardan oluşması gerekmektedir [10].

Genel olarak başlıca güç tutuşturucuların çevresel etkileri ve zehirlilik değerlerinin ölçümü ve tüketici ürünlerinde kullanılan güç tutuşur 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 oluşabilmektedir. Yeni güç tutuşur sistemlerin, sık sık değişen yeni çevre yönetmelikleri, standartlar ve test metotlarının isteklerini karşılamak için geliştirilmeleri gereklidir [21].

Alevlenme, polimerin bozunarak oluşturmuş olduğu 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), politetrafloretilen gibi yapılarında halojen atomları bulunan polimerler yandığında karbon, hidrojen veya başka atomlar yanında halojenler de salınmaktadır.

Halojen atomları hidrojenle birleşirler ve HF, HCl, HBr, HI türü ağır gazlar oluşturmaktadırlar. Yanma sırasında açığa çıkan zehirli gazlar, en az alevler kadar insan sağlığı açısından tehlikelidir. Evlerde kullanılan halılar, plastik sandalyeler, giyecekler ve koltuk, kanepe 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 salınmaktadır. % 50 daha az malzeme yanar. Zehirli gazların üçte biri dışarı salınmaktadır. Polimerik malzemelerin güç tutuşur özelliklerinin arttırılması için halojen atomları (bromin ya da klorin gibi) yaygın olarak kullanılsa da yanma sırasında oluşan hidrojen halidin zehirliliği ve metal parçaları paslandırması açık dezavantajlarıdır. Bu tip maddeler tam yanmamış yüzeylerde siyah bir duman ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu duman CO ’ya aittir ve tam yanmanın oluşmaması halinde zehirli hale dönüşmektedir. [10]

Karbonmonoksit renksiz ve kokusuz olup başlangıç aşamasında hissedilmez, kandaki hemoglobin ile hızla birleşerek karboksihemoglobin oluşturmaktadır. Solunum halinde, hayati önem taşıyan kandaki oksijeni bloke ederek ani bayılmalara neden olmaktadır. 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. [10]

B-O bağ enerjisi 119.3 kcal/mol, Si-.O bağ enerjisi 89.3 kcal/mol’ dür. Buradan yüksek bağ enerjisine sahip polimerlerin parçalanabilmesi için yüksek ısı enerjisine ihtiyaç duyulduğu anlaşılmaktadır. Yüksek bağ enerjisine sahip polimerler, yüksek ısıl ve mekanik özelliklere sahiptirler. Polimerlerin çok yüksek sıcaklıklara dayanımları, zincirlerinin kopma olasılıklarının azalmasından ileri gelir. Bir polimer zincirinde aromatik halkaların bulunması rezonans ile kararlı sistemlerin varlığı sayesinde yan grupların korunması sağlanarak sıcaklığa dayanıklı polimerler üretilebilir [18].

Bunlara örnek karbon, asbest, cam, polibenzimidazol (PBI), fenolik, kyrol, polifenilensulfur (PPS), aramid ve basofil lifleri gibi lifleri verilebilir.

1.7.1.2. Liflerin kopolimerizasyon ve kimyasal modifikasyon ile yapılarının değiştirilmesi

Polimerlerin bazı kimyasallar ile reaksiyona girerek kimyasal modifikasyon ile güç tutuşur özellik kazanmasıdır. Kopolimerizasyon işleminde, klor gibi güç tutuşma sağlayıcı elementlerden birini içeren bir monomer, ikinci bir monomer ile polimerleşerek kopolimer oluşturmaktadır. Polimer zincirinin yapısına güç tutuşma özelliğini sağlayan element eklenmiş olur ve bu şekilde polimer, yapısı itibariyle güç tutuşur hale gelmektedir. Akrilik/modakrilik, FR viskon, FR PES, FR Nylon, FR yün, Durvil ve Karvin lifleri gibi liflere bu şekilde güç tutuşur özellik kazandırılır [19].

1.7.1.3. Sentetik polimere lif çekimi esnasında güç tutuşurluk sağlayan kimyasalların ilave edilmesi

Sentetik polimerlere lif çekiminden önce güç tutuşurluk sağlayan kimyasallar eklenerek güç tutuşur özellik kazandırılmış olunur. Bu kimyasallar, organik fosfor bileşiklerini ve antimonoksit ile birlikte organik halojen bileşiklerini içermektedirler. İnorganik güç tutuşurluk sağlayıcılar ise hidratlı alüminyum, magnezyum hidroksit ve borik asittir. Etkili güç tutuşurluk özelliği eldesi için kullanılan güç tutuşur kimyasalının bozunma sıcaklığının, polimerin bozunma sıcaklığına yakın olması gerekmektedir. Bu işlem ile güç tutuşurluk özelliği kazanan sentetik liflere örnek olarak akrilik, poliamid ve polyester lifleri verilebilir [19].

1.7.1.4. Kumaşın güç tutuşurluk sağlayan kimyasallar ile işlem görmesi

Klasik anlamda güç tutuşurluk işlemi dediğimizde bu olanak akla gelmektedir. Yüzey haline gelmiş olan tekstil ürünlerine uygun kimyasal maddeler aktarılarak kumaşlara güç tutuşurluk etkileri kazandırılmaktadır.

Güç tutuşur tekstillerde kullanılan bazı liflere örnek olarak aşağıdaki lifler verilebilir:

- Meta aramid lifleri

- Para aramid lifleri
- Polibenzimidazol lifleri (PBI)
- FR viskon lifleri
- FR pes lifleri [19].

1.8. Huntit/ Hidromanyezit Oluşumlarının Güç Tutuşur Esaslı Kullanımı

Ultracarb, Huntit ve hidromanyezit karışımlarını içeren doğal bir mineraldir. Yunanistan ve Türkiye'de çıkarılmakta ve Minelco Company tarafından satılmaktadır. Huntit, $Mg_3Ca(CO_3)_4$ ve hidromanyezit $Mg_5(CO_3)(OH)_2.4H_2O$'nun yaklaşık olarak eşit karışımıdır. Ultracarb, tel ve kablo uygulamalarında güç tutuşur olarak kullanılır. PVC, halojensiz ve kauçuk uygulamalarında ATH 'a alternatif olabilir. Değişen oranlarda Huntit ve hidromanyezit içerir. Bu tezin ana odak noktası, Huntit/hidromanyezit karışımlarıdır. Güç tutuşurluğu artırmak için polimer sistemine dâhil edilirler.

Hidromanyezit, temel magnezyum karbonat olarak bilinirken, Huntit, karışık kalsiyum magnezyum karbonattır. Düz bir yapı gösteren bu malzemelerin oldukça eşit oranlarda bir arada bulunduğu görülmektedir [35].

Magnezyum hidroksitler gibi güç tutuşur uygulamalar açısından benzer bir geçmişe sahip olan Huntit ve hidromanyezit mineralleri, yüksek saflık, doğal olarak ince parçacık boyutu ve makul maliyetleri bir araya getirir. Sinerjizm yaratmak için tek başlarına veya diğer mineral güç tutuşturucularla birlikte kullanılırlar. Bu iki mineral tel ve kablo uygulamaları için önemlidir. Özellikle çok çeşitli PVC bileşiklerinde iyi özellikler ve işleme sağlarlar.

Güç tutuşur özelliklerini geliştirmek için polimerik sistemlerde Huntit ve hidromanyezit mineralleri kullanılmaktadır. Ancak, potansiyel yangın geciktirici dolgu maddeleri de polimerler için uygundur. [25].

Huntitin mineral esaslı güç tutuşur katkı maddesi olarak kullanılması güç tutuşur performansı, alüminyum ve magnezyum hidroksitler gibi diğer güç tutuşur katkı

maddelerine göre avantajlı olup, alüminyum hidroksitle karşılaştırıldığında, ısı stabilitesi çok iyidir. [23].

Hidromagnezit bileşimine benzer ürünler, magnezyum tuzlarının çözeltilerinden de çökeltilebilir. Bu işlem sonunda elde edilen ürün, yüksek yüklemelerde kullanım için zayıf bir morfolojiye sahiptir. Esas olarak, yangın geciktirme için gerekli miktardan daha düşük seviyelerde etkili olduğundan, duman bastırma uygulamaları için satılmaktadır [22].

Huntit, hidromanyezitle birlikte kullanıldığında etkili bir güç tutuşur hammadde olarak göze çarpmaktadır. Huntit ve hidromanyezit ısıya maruz kaldığında seri bir şekilde bozunma reaksiyonu vermektedir. Bu reaksiyon sonucunda, karbondioksit ve su açığa çıkmaktadır. Ayrıca, yanma boyunca kuvvetli karbon içeriğine sahip kül şeklindeki karbonlu kömürümsü bir maddeye dönüşmektedir. Bu madde ısının polimere geri dönmesini engelleyerek daha sonraları tekrar yanmasını engellemektedir. Bu kömürümsü maddede oluşan Ca ve Mg oksitler de polimeri koruyucu tabaka oluşturmaktadırlar [23].

Huntit ve hidromanyezit minerallerinin oranının etkisini ölçmek için polipropilen kullanıldığında güç tutuşur olarak hidromanyezitin, Huntitten önemli derecede güç tutuşur özellik göstermiştir. Huntit'in ise polipropilenin aşınma özellikleri daha iyi sonuç vermiştir. [24].

1.9. Katkı Bazlı Güç Tutuşturucular

Güç tutuşur katkı malzemelerinin günlük yaşamda kullanılmalarının önemi gün geçtikçe daha da artmaktadır. Plastik malzemelerin neredeyse tamamı hidrokarbon esaslı olup, yanma özelliğine sahiptirler. Çoğu organik esaslı tekstil ürünlerinin iyi derecede yanma özelliğinin olması, bu ürünlerin yaşamımızın her alanında yaygın olarak kullanılması, tekstil ürünlerinin olası yangınlarda büyük risk faktörü olmasına sebep olmuştur. Günümüzde modern toplumlarda sanayileşmenin artmasıyla birlikte nüfusun fazlalaşması ve hızla değişen ve gelişen bilim ve teknolojinin etkisiyle yangın riskleri artmış, dolayısıyla da güç tutuşur ürünlerin kullanımı kaçınılmaz olmuştur.

Teknolojinin gelişmesi plastiklerin yapım aşamasında polimer haricindeki güç tutuşur katkı maddelerinin daha sık kullanılmasını da beraberinde getirmiştir. Kullanılan katkı bileşenleri nihai ürüne mukavemet, rijitlik, esneklik ve direnç vermektedir. Bahsi geçen bu bileşenler güç tutuşur özelliğine de sahip olmaları nedeni ile önem taşımaktadır. Belli oranlarda ilave edilen güç tutuşur katkı maddeleri hem kolay yanıcı ana malzemeyi seyreltmekte hem de ana maddenin oksijen indeksini azaltmaktadır. "Güç tutuşurluk, LOI (Limited Oxygen Index) (Sınır Oksijen İndeks) ile kontrol edilir. LOI testleri numunenin yanmasında gereken oksijeni belirler. Birçok insan için dolgu kelimesi sadece maliyet azaltmak olarak bilinir. Oysaki dolgu maddeleri karıştırıldığı malzemenin bütün özelliklerini değiştirir". [52]

Genellikle dolgu ürünleri polimerin mekanik niteliğini çoğaltmaya yarar. Dolgu ifadesi çoğunlukla katı katkı maddelerini ve inorganik malzemeleri anlatmak için kullanılır. Bu maddeler özelliklerine göre aktif ve inaktif dolgu malzemeleri olarak tasnif edilmektedir. Kullanılan bu dolgu ürünleri üretim maliyetini düşürür ve karışımda özgül ağırlık, E-modülü, baskıya dayanıklılık, direnç, sertlik, ısı dayanıklılığı gibi değerleri artırarak, klasik polimer kompozitlere göre daha üstün fiziksel özellik yaratır. İnaktif dolgu maddeleri;

- Kaolin,
- Talk
- Kalsiyum Karbonat gibi maddelerdir.

Aktif dolgu maddelerine ise metal oksit, grafit ve silika maddeleri örnek verilebilir [52].

1.10. Mineral Bazlı Güç Tutuşturucular

Alev ve yüksek sıcaklıklara karşı tutuşmayan ve dayanıklılık gösteren güç tutuşturucular aynı zamanda tutuşsalar bile kendi kendilerine sönebilirler. Bu maddeler arasında doğa dostu olmaları, yan etkiye sahip olmamaları ve düşük maliyetleri ile mineral bazlı güç tutuşturucular sıkça tercih edilmektedir. Üretim süreçlerinde kalsiyum karbonat, talk ve bor gibi güç tutuşur maddeler kullanılmaktadır. Polimer malzemelere belli oranlarda ilave edilen mineral esaslı güç tutuşur katkı maddeleri hem kolay yanıcı

olan polimer malzemeyi seyreltmekte hem de polimerin oksijen indeksini azaltmaktadır [52].

Mineral bazlı bir güç tutuşur polimer sentezlemek için bazı ideal koşullar bulunmaktadır. Bu koşulları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Hızlı alev yayılımına karşı yüksek dayanıklılık
- Tutuşma hızının düşük olması
- Duman hızı ve miktarının düşük olması
- Piroliz sonucu açığa çıkan yanıcı gazların zehirli olmaması
- Yanma hızının düşük olması
- Kullanım alanlarına uygunluk
- Düşük maliyet

Mineral bazlı güç tutuşturuculardan bazılarını ve özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz:

Kalsiyum Karbonat ($CaCO_3$): Kararlı özelliğe sahip olan kalsiyum karbonat doğada yaygın olarak bulunur ve fiyatı oldukça düşüktür. Doğal ya da çöktürülmüş kalsiyum karbonat olarak iki farklı şekilde ve farklı miktarlarda güç tutuşur dolgu olarak kullanılmaktadır. Deodhar ve ark. nano boyutlu kalsiyum karbonat mineralini güç tutuşur olarak polipropilene ilave olarak kullanmışlar ve ısı yayılım oranlarında kayda değer bir düşüş olduğunu tespit etmişlerdir.

Silikon endüstrisinde de $CaCO_3$ temel bir dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Kireçtaşı doğal bir kalsiyum karbonat olup bozunma ve termal özellikleri Hermansson ve ark. tarafından çalışılmıştır. Yapılan çalışmada kireçtaşının, silikon elastomer içinde polimerizasyon işlemlerinden kalan elastomerler için zararlı olan asidik kalıntıları nötrleştirdiği ortaya konulmuştur.

Talk ($3MgO.4SiO_2.H_2O$): Talk da doğada bulunan bir mineraldir. Yapı olarak hidratlı magnezyum silikat olarak adlandırılır. Temelde magnezyumoksijen/hidroksil oktahedralden oluşmaktadır. Yapı tabakalarının ana yüzeyleri hidroksil grup ve aktif iyonlar içermez ve bu da hidrofobik yapı olarak karşımıza çıkar. Tepkimeye girmeyen, su geçirmeyen ve organofilik özellikli talk tamamen doğal bir mineraldir. 900 °C'nin

üstündeki değerlerde talk yavaş yavaş hidroksil gruplarını kaybeder ve 1050 °C'nin üzerinde enstatif (susuz magnezyum silikat) formunda yeniden kristalleşir.

Katkısız hali ile talk elektrik ekipmanlarının yalıtılması işleminde kapsülleştirici, güç tutuşur madde olarak kullanılır. Talk minerali tek başına veya kaolin, kalsiyum karbonat ile birlikte kullanıldığında yarı güçlendirici dolgu olarak tercih edilmektedir. Bunun yanı sıra elektrik tel ve kablolarında güç tutuşur özelliği etkin bir biçimde kullanılmaktadır.

Bor: Güç tutuşur minerallerden bir diğeri ise bordur. Bor sanayide kullanılan bir mineraldir. Doğada kalsiyum, sodyum ve magnezyum elementlerinin boratları halinde bulunur. Ergime ısısı 2300 °C olan bor, çok yüksek sıcaklıklara dayanıklılık gösterir. Bu özelliği pek çok alanda güç tutuşur olarak kullanılmasına neden olmaktadır. Bor yanıcı özelliği bulunan maddelere çeşitli oranlarda karıştırılır ve yanıcılık özelliğinin azaltılmasına yardımcı olur. Özellikle, çinko borat ($xZnO.yB_2O_3.zH_2O$), boraks ($Na_2B_40_7.10H_2O$), amonyum florborat (NH_4BF_4) ürünleri olan yangın önleyiciler antimuan trioksit ile birlikte kullanılmaktadır. Bununla birlikte bor kullanımının yüksek maliyetlere neden olması yaygın olarak kullanımını azaltmaktadır.

Vollastonit ($CaSiO_3$): Doğal bir mineral olan vollastonit Kalsiyum metasilikat olarak da adlandırılmıştır. Sulu olmayan, beyaz kristallerden meydana gelen bu mineral güç tutuşur olarak sıklıkla kullanılmaktadır [52].

1.11. Literatür Araştırması

Zakut, M. vd. yaptıkları çalışmada, günümüzde evlerde ve işyerlerindeki geniş kullanımın alanı olan polipropilenin aleve dayanımının, çevre dostu güç tutuşur katkı maddeleri yardımıyla sağlanması için doğal mineral huntit ve hidromanyezit güç tutuşur sistemi üzerine çalışmışlardır [22].

'Karadayı, V. yaptığı çalışmada, güç tutuşurluk sağladığı bilinen doğal minerallerden olan huntit ve hidromanyezit minerallerinin kaplama malzemesi içinde kullanılarak kumaşa aktarılması neticesinde kumaşların güç tutuşurluğunun artırılması hedeflenmiştir. Kaplama yapılmış kumaşları eğilme dayanımı sonuçlarına göre huntit-hidromanyezit ilavesi kumaşların dökümlülüğüne negatif etki etmemiştir [8].

Yıldırım, S. ve Çelik, E. yaptıkları çalışmada, boya malzemelerinin güç tutuşur özellikleri incelemiş ve geliştirilmeye çalışmıştır. Bu kapsamda boya malzemelerine çevre dostu (halojen içermeyen), nano boyutlu güç tutuşur malzemeler (huntit/hidromanyezit) farklı miktarlarda ilave edilerek kompozit malzemeler elde edilmiştir [10].

Topçu, H. yaptığı çalışmada, Huntit ve Hidramanyezit kaplama yapılan pamuklu kumaşların güç tutuşurluk özellikleri ele almış ve sonuç olarak madde kaplamanın güç tutuşurluk özelliği üzerinde negatif bir etkisinin bulunmadığı tespit etmiştir. [26].

'Yıldırım, S., ve Çelik, E. yaptıkları çalışmada, huntit hidromanyezit ilave edilerek elde edilen kompozit maddeleri incelemişler ve yapılan testler sonucunda huntit ve hidromanyezit takviyeli polimerik kompozit kaplamaların güç tutuşurluk özelliği arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca aynı kaplamalar mekanik özellikleri de geliştirmekte olduğu görülmüştür [10].

Çömez, E. E., ve Öztürk, S. yaptıkları çalışmada, güç tutuşurluk ve alev dayanıklılığını artırmak için çeşitli test sıvılarında huntit ve hidromanyezit bileşimini kullanmışlar ve çalışma sonucunda test sıvılarındaki güç tutuşurluk özelliğini arttığı tespit edilmiştir [29].

Nasirpour, E. yaptığı çalışmada, ekran üretimi için kullanılan boyalarda huntit, hidromanyezit, borik asit minerallerinin güç tutuşur özelliğini incelemiştir. Çalışma sonucunda huntit ve hidromanyezit elementlerinin boyalardaki güç tutuşurluk özelliğini artırdığı ve boyaların UL94 Standartlarına uygun olarak yanmazlık özelliğini karşıladığını tespit etmiştir [28].

Liodakis, S. vd. yaptıkları çalışmada, saf hidromanyezitin ve diğer doğal hidromanyezit ve Huntit mineral karışımlarının yangın geciktiriciliği, Atina yakınlarındaki bir vahşi/kentsel arayüz (WUI) bölgesinden toplanan Phillyrea latifolia L.'nin orman türü örnekleri kullanılarak test etmiştir [37].

Atay, H. Y. ve Çelik, E. yaptıkları çalışmada, yardımcı güç tutuşur malzeme olarak borik asit ve antimon oksit, Huntit ve hidromanyezit ile birlikte kullanılmıştır. Mekanik

özelliklerin bozulmasını önlemek için, polimer kompozitlerde azaltılmış bir katkı miktarı gereklidir ve iyileştirilmiş aleve dayanıklılık özellikleri elde edilebilir [38].

Kaya, M. yaptığı çalışmada, inşaat, tekstil, plastik üretimi gibi endüstriyel alanlarda kullanılan güç tutuşur ve yangın önleyicileri incelemiştir. Bu malzemeler arasında huntit ve hidromanyezitin sektörlerde güç tutuşurluk özelliği sayesinde tercih edilebileceği önerilmiştir [31].

Koçyiğit, N. yaptığı çalışmada, mineral esaslı güç tutuşurluk içinde en çok tercih edilen halojensiz Alüminyumhidroksit (ATH) ve Magnezyum hidroksit ($Mg(OH)_2$)'dir. ATH, ateşin yayılmasını mükemmel derecede engeller ve duman oluşumunu bastırır ve diğerlerinden daha ucuzdur. $Mg(OH)_2$ ise hem fiyat olarak hem de güç tutuşur özelliği olarak ATH'dan daha etkilidir. Sonucuna varmıştır [32].

Hollingbery, L. A., ve Hull, T. R. yaptıkları çalışmada, hidromanyezitin termal ayrışma mekanizması, ısıtma hızı ve atmosferin bileşimi dâhil olmak üzere birçok faktöre duyarlı olduğu, karbondioksitin kısmi basıncı, hidromanyezitin ayrışma mekanizmasını önemli ölçüde etkiler ve magnezyum karbonatın doğrudan magnezyum okside ayrışması yerine daha yüksek bir sıcaklıkta kristalleşmesine ve ayrışmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. [33].

Atay, H. Y., ve Çelik, E. yaptıkları çalışmada, kompozitlerin mekanik davranışları, çekme mukavemeti, yırtılma mukavemeti ve kopmada uzama değerlerini belirlemek için değerlendirilmiş, artan partikül içeriğinin mekanik performansı azalttığı ve katkı boyutunun azaltılmasının daha iyi mekanik özellikler elde etmek için faydalı olduğu sonucuna varmışlardır [34].

Güler, T. yaptığı çalışmada, huntit ve hidromanyezit içeren TPU esaslı kompozitlerin termal bozunma niteliklerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda huntit ve hidromanyezit elementlerinin yanma ve termal bozulma özelliklerinin mekanik analizi elde edilmiştir [27].

Toure, B. vd. yaptıkları çalışmada, tüm bileşenler ve elde edilen kompozitler, diferansiyel termal (DTA) ve termogravimetrik analiz (TGA) ile incelemişlerdir. Kompozitler üzerinde spesifik yanıcılık testleri ve mekanik testler de yapılmıştır.

Mineral dolgu maddesinin ve/veya Sb_2O_3/DBDPO karışımının kopolimer özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. En iyi sonuçlar, %25 mineral dolgu ve %20 Sb_2O_3/DBDPO karışımı verecek şekilde her iki ana bileşenin birleştirilmesiyle elde edildi [36].

Dike, A. S. vd. yaptıkları çalışmada, termoplastik poliüretan bazlı kompozitlerin güç tutuşur özellikleri, sınırlayıcı oksijen indeksi, dikey yanma testi (UL 94), termogravimetrik analiz ve kütle kaybı kalorimetresi kullanılarak araştırılmıştır. ZnB'nin kompozitlerin yanıcılık özellikleri üzerinde kayda değer bir etkisi gözlenmemiştir. UL 94 derecesi, eklenen ZnB miktarına bakılmaksızın değişmediği ve sınırlayıcı oksijen indeks değerinde hafif bir artış gözlemlenmiştir [39].

Baştürk, E. vd. yaptıkları çalışmada, kompozitlerin kimyasal yapıları Fourier transform kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ve X-ışını kırınımı (XRD) analizi ile karakterize edilmiş, kompozitlerin termal özellikleri, termogravimetrik analiz (TGA) ve diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) ile belirlendi. Kompozitlerde Huntit/hidromanyezit içeriğinin artmasıyla cam geçiş sıcaklıkları ve kömür verimleri artmıştır. Kompozitlerin yüzey morfolojileri taramalı elektron mikroskobu ile incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlar, kompozit sistemin saf PET'in kendisinden daha termal olarak kararlı olduğunu kanıtlanmıştır [40].

Onar Camlibel, N. ve Topcu, H. yaptıkları çalışmada, Pamuklu kumaşlar, ped-dry-cure işlemi ile modifiye Huntit-hidromanyezit (HH) içeren silan bazlı nanosoller ile kaplanmıştır. HH'nin modifikasyonu, serbest radikal reaksiyonunda hidrojen peroksit ve amonyum persülfat gibi farklı oksidatif ajanlar vasıtasıyla HH üzerine (3-glisidiloksipropil) trimetoksisilan (GPTMS) veya viniltrietoksisilanın (VTES) aşılanmasıyla gerçekleştirilmiştir. SEM-EDX ve FTIR-ATR analizi, HH aşılı GPTMS ile modifiye edilmiş kumaşların, nispeten yoğun film tabakasına ve yüzeylerinde daha fazla silika ve HH içeriğine sahip olduğunu göstermiştir; bu, GPTMS ile aşılanmış HH'nin silika tabakasına gömülmesinin gelişimini göstermiştir [41].

Atay, H. Y. vd. yaptıkları çalışmada, B.polimerik bir malzemenin güç tutuşur özelliğini arttırmak amacıyla polipropilen kompozitlerde çinko borat ile birlikte Huntit ve hidromanyezit mineralleri kullanmışlardır. Farklı içerikteki mineraller polipropilen ile

harmanlanmış ve sinerjik etkiyi gözlemlemek için çift vidalı ekstrüder ile kompozitler üretilmiştir. Kompozitlerin yapısal ve morfolojik özelliklerini belirlemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri yapılmıştır. Termal özellikler termogravimetrik analize (TGA) göre belirlendi. Mekanik özelliklerin elde edilmesi için çekme ve üç nokta eğilme testleri yapılmıştır. Güç tutuşur performans, UL 94 dikey alevlenebilirlik testine göre değerlendirilmiştir. Çinko borat ilavesi ile daha yüksek kömür oluşumu gözlendiğinden, kompozitlerin yanıcılık özelliklerinde çinko boratın Huntit/hidromanyezit ile önemli ölçüde etkili olduğu konusunda çok iyi sinerjistik etkiler elde edildiği sonucuna varılmıştır [42].

Kanbur, Y. ve Tayfun, Ü. Yaptıkları çalışmada, huntit ve hidromanyezit ile oluşturulmuş kompozitlerin mekanik özelliklerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda Huntit ve hidromanyezit eklenmiş kompozitlerin polimer değişikliğine uğramadıkları ve mekanik özelliklerinde iyileşmelerin gözlemlendiği tespit edilmiştir [43].

‘Madakbaş, S. vd. yaptıkları çalışmada, PAN’a farklı yüzdelerde (ağırlıkça) Huntit ilave edilerek hazırlanan polimeri güçlendirmek için poliakrilonitril (PAN)/huntit kompozitlerine odaklanmışlardır. Çalışmanın sonucunda Poliakrilonitril'e (PAN) eklenen Huntitin dc iletkenliği ve dielektrik sabiti üzerindeki etkisi de araştırılmış, artan sıcaklıkla DC iletkenlik değerleri artmıştır. Aktivasyon enerjisi değerleri, PAN 'daki Huntit içeriğine bağlı olarak hesaplanmıştır [44].

‘Eslek Koyuncu, vd. yaptıkları çalışmada, manyezit, hidromanyezit ve Huntit olmak üzere üç farklı doğal mineralin yüksek sıcaklıkta CO_2 tutulması için yenilenebilir Ca-Mg bazlı sorbentler olarak performansları araştırmışlar, yapısındaki CaO içeriğinin %83'ünü kullanmasına bağlı olarak, Huntit türevi malzemenin yüksek sıcaklıkta CO_2 tutulması için umut verici bir sorbent olduğu sonucuna varılmıştır [45].

Nikitina, A. V. ve Simonov-Emelyanov, I. D. yaptıkları çalışmada, hidromanyezit ve Huntitin mineral kompleksi bileşiminden oluşan alev geciktiriciliğin etki prensibini ele almaktadır. Güç tutuşur, halojen içermeyen güç tutuşur kablo bileşikleri için dolgu maddesi olarak kullanılır. Çalışmaya göre Huntit ve hidromanyezitin iki mineralinin karışımları, endüstride yaygın olarak kullanılan alüminyum trihidrat ve magnezyum hidroksite bir alternatiftir [46].

‘Hollingbery, L.A. ve Hull, T. yaptıkları çalışmada, Huntit ve hidromanyezitin doğal karışımlarının termal bozunması araştırmışlardır. Hidromanyezit, endotermik olarak su ve karbondioksit vererek ayrışır, mekanizma ısıtma hızına bağlıdır. TGA ile ölçülen kütle kayıpları, üç magnezyum iyonu ile bağlantılı karbonat iyonlarının ayrışmasından kaynaklanan üç karbon dioksit molekülünün kaybıyla tutarlı olduğunu tespit edilmiştir. Bunu, üç magnezyum iyonu ile bağlantılı karbonat iyonunun ayrışmasıyla bağlantılı tek bir karbon dioksit molekülünün kaybı izler [47].

Savaş, L. A. vd. yaptıkları çalışmada, güç tutuşur katkı maddesi olarak Huntit ve hidromanyezit (HH) kullanılmıştır. Lineer düşük yoğunluklu polietilende (LLDPE). HH miktarının güç tutuşur üzerindeki etkisi ve kompozitlerin mekanik özellikleri incelemişlerdir. Bağdaştırıcı (etilen butil akrilat) kullanımı ve stearik asit ve silan birleştirme ajanı ile yüzey modifikasyonları kompozitlerin mekanik özelliklerini iyileştirmek için kullanılmıştır. Yapılan çalışmada Sadece bağdaştırıcı kullanımı, iyileştirilmiş çekme mukavemeti ile kompozitlerin yanıcılık özelliklerini iyileştirmiştir. Hem stearik asit hem de silan modifikasyonu sadece kompozitlerin tokluğunu arttırmıştır [48].

“Savaş, L. A. vd. yaptıkları çalışmada, fosfor ve nitrojen içeren silan bazlı nanosolün sol-jel prosesi ile muamelesi ile pamuklu kumaşların güç tutuşur özelliklerini geliştirmeyi amaçlamışlardır. Sınırlı alev yayılma testine bağlı olarak, kaplanmış kumaş numunelerinin güç tutuşur özellikler kazandığını ve numunelerin LOI değerinin fosfor-azot-silikonun sinerjistik etkisiyle yüzde 45,7 'ye yükseldiğini tespit etmişlerdir [49].

Alongi, J. vd. yaptıkları çalışmada, Saf silika ve fosfor katkılı silikadan oluşan kaplamaların performansları, termogravimetri ve yanma testleri (daha spesifik olarak, bir ışıma ısı akışına ve bir alev uygulamasına direnç) kullanılarak araştırılmış ve karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, fosforun varlığından bağımsız olarak, pamuğun termal ve termo-oksidatif stabilitesinin ve ayrıca 35 kW/m^2'lik bir ışınımsal ısı akışına karşı direncinin, uygulanan kaplama ile arttırıldığını göstermektedir. Bununla birlikte, en iyi sonuçlar, termal korumanın (silika fazı tarafından uygulanan) ve kömür oluşturmanın (alkoksisilan öncüsünde bulunan fosforik asit kaynağının bir sonucu olarak) ortak etkisinden yararlanılarak elde edilmiştir. Öte yandan, yalnızca saf silika kaplamaların,

çok düşük katkılarına rağmen, pamuğu 5 saniye boyunca metan alevi uygulamasından koruduğu ve termal olarak kararlı bir kalıntı oluşumunu desteklediği kanıtlanmıştır [50].

Bu çalışmada, huntit-hidromanyezitin farklı tanecik boyutlarında ve farklı huntit ve hidromanyezit ağırlığındaki mineraller polyester zemin kumaş üzerine akrilik reçine kullanılarak kaplanmıştır. Elde edilen kumaşların yapısal karakterizasyonu ile güç tutuşurluk testleri yapılmıştır. Literatürde huntit ve hidromanyezitin farklı plastiklerde kullanılarak güç tutuşurluk elde edilmesine yönelik çalışmalar bulunmasına karşın bilinen ticari huntit-hidromanyezitin farklı ağırlıklarda ve farklı tanecik boyutlarında tekstil alanında kullanılmasına yönelik bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu bakımdan, çalışmanın bilimsel literatüre ve madencilik ve tekstil sanayilerine katkıda bulunması beklenmektedir.

2. BÖLÜM

GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Gereç

Çalışmada, güç tutuşurluk sağladığı bilinen doğal minerallerden olan huntit ve hidromanyezit minerallerinin kaplama malzemesi içinde kullanılarak polyester kaplama kumaşa aktarılması neticesinde kumaşların güç tutuşurluğunun artırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, ilk olarak kumaşlar Zorluteks Tekstil Tic. ve San. A.Ş. Lüleburgaz / KIRKLARELİ firmasından temin edilmiştir. İzmir ilinde madenciliği yapılan Huntit ve Hidromanyezit minerali ise LKAB Minerals-Yunanistan firmasından temin edilmiştir. Zorluteks Tekstil Tic. ve San. A.Ş. firmasında Huntit ve Hidromanyezit minerali ile kaplama patı hazırlanmış ve numune tipi kaplama cihazında kumaşa aktarılmıştır. Ayrıca kumaşların fikse işlemi de aynı firmada gerçekleştirilmiştir.

Kumaşların güç tutuşurluk özelliklerinin incelenmesi için Kadifeteks Mensucat Sanayi A.Ş. firmasında bulunan Limit Oksijen İndeksi (LOI) ölçüm cihazında, kumaşların güç tutuşurluk özellikleri incelenmiştir. Buna ilaveten, kumaşların yüzey karakteristikleri, mineral dağılımının belirlenmesi amacıyla XRF, TGA, SEM, analizleri de Erciyes Üniversitesi Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde (TAUM) yürütülmüştür. Aşağıda, bahsi geçen gereç ve yöntem basamakları sırasıyla verilmektedir.

2.1.1. Kumaş Özellikleri

Çalışmada, %100 polyester kumaş kullanılmıştır. Kumaş gramajı TSE 251 standardı esas alınarak 160 gr/m^2, Atkı sıklığı 18 iplik/cm, çözgü sıklığı ise 30 iplik/cm olarak bulunmuştur.

2.1.2. Huntit – Hidromanyezit Özellikleri

Huntit – hidromanyezit minerali kimyasal formülasyonları ile ilgili bilgiler aşağıdaki tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Huntit – Hidromanyezit Minerali Kimyasal Formülasyonları

Hidromanyezit	$Mg_5(CO_3)_4(OH)_2.4H_2O$
Huntit	$Mg_3Ca(CO_3)_4$

Çalışmada LKAB firmasından temin edilen LH3C, LH15, LH15C, 1250, 1251, 1290, 1291 mineralleri kullanılmıştır. Kullanılan bütün ticari mineraller huntit-hidromanyezit karışım durumundadır. Ancak LH serisi hidromanyezit içeriği bakımından zengin, 12xx Serilerinin huntit bakımından zengindir Bu minerallerin bileşimi, fiziksel, kimyasal özellikleri ve bazı teknik bilgileri Tablo 2.2.'den Tablo 2.22.' e kadar verilmiştir.

Tablo 2.2. LH3C LKAB Fiziksel Sonuçları

Islak eleme ile kalıntı 10µm (ISO 787/7)	max. % 0.2
Renk (Parlaklık L*)	min. 93
Nem 1hr, 105°C (ISO 787/2)	max. % 1
Kaplama düzeyi (%)	0.7 - 1.3

Tablo 2.3. LH3C LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça)

Magnezyum as MgO	38.7
Kalsiyum as CaO	6.3
Silikon as SiO_2	0.9
Alüminyum as Al_2O_3	0.05
Demir as Fe_2O_3	0.05
Kül kalıntısı @ 1000°C	46.3

Tablo 2.4. LH3C LKAB Teknik Sonuçları

Ortalama Yoğunluk (g/cm^3)	2.4
Kütle yoğunluğu (kg/l)	0.3
pH	10
N2-Yüzey alanı [m^2/g]	14.0
Renk (L*; b*)	97; 1.8
Yağ Emiciliği (ml/100g)	28
Malvern Lazer Kırınımı , D98 (µm)	9.0
Malvern Lazer Kırınımı , D50 (µm)	1.5

Tablo 2.5. LH15 LKAB Fiziksel Sonuçları

Islak eleme ile kalıntı 20µm (ISO 787/7)	max. % 1.0
Renk (Parlaklık [L*])	min. 93
Nem [1hr, 105°C] (ISO 787/2)	max. % 1

Tablo 2.6. LH15 LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça)

Magnezyum as MgO	37.9
Kalsiyum as CaO	7.4
Silikon as SiO_2	0.7
Alüminyum as Al_2O_3	0.06
Demir as Fe_2O_3	0.05
Kül kalıntısı @ 1000°C	46.5

Tablo 2.7. LH15 LKAB Teknik Sonuçları

Ortalama Yoğunluk [g/cm^3]	2.4
Kütle Yoğunluğu [kg/l]	0.3
pH	10
N2-Yüzey alanı [m^2/g]	11.1
Renk (L*; b*)	97; 1.8
Yağ Emiciliği [ml/100g])	29
Malvern Lazer Kırınımı, d98 [µm]	16.5
Malvern Lazer Kırınımı, d50 [µm]	3.1

Tablo 2.8. LH15C LKAB Fiziksel Sonuçları

Islak eleme ile kalıntı 20µm (ISO 787/7)	max. % 1.0
Renk (Parlaklık L*)	min. 93
Nem 1hr, 105°C (ISO 787/2)	max. % 1
Kaplama Düzeyi %	0.7 - 1.3

Tablo 2.9. LH15C LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça)

Magnezyum (MgO)	37.9
Kalsiyum (CaO)	7.4
Silikon as SiO_2	0.7
Alüminyum as Al_2O_3	0.06
Demir as Fe_2O_3	0.05
Kül kalıntısı @ 1000°C	46.2

Tablo 2.10. LH15C LKAB Teknik Sonuçları

Ortalama Yoğunluk g/cm^3	2.4
Kütle yoğunluğu kg/l	0.3
pH	10
N2-Yüzey alanı [m^2/g]	8.6
Renk (L*; b*)	97,0; 1.8
Yağ Emiciliği ml/100g)	27
Malvern Lazer Kırınımı , d98 µm	16.5
Malvern Lazer Kırınımı , d50 µm	3.1

Tablo 2.11. 1250 LKAB Fiziksel Sonuçları

Islak eleme ile kalıntı 20µm (ISO 787/7)	max. 0.1
Renk (Parlaklık L*)	min. 93
Nem 1hr, 105°C (ISO 787/2)	max. % 1

Tablo. 2.12. 1250 LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça)

Magnezyum as MgO	36.0
Kalsiyum as CaO	10.2
Silikon as SiO_2	1.0
Alüminyum as Al_2O_3	0.06
Demir as Fe_2O_3	0.04
Kül kalıntısı @ 1000°C	48.0

Tablo. 2.13. 1250 LKAB Teknik Sonuçları

Ortalama Yoğunluk g/cm^3	2.6
Kütle yoğunluğu kg/l	0.3
pH	10
N2-Yüzey alanı [m^2/g]	17,9
Renk (L*; b*)	97,5; 1.6
Yağ Emiciliği ml/100g)	34
Malvern Lazer Kırınımı , d98 µm	13.5
Malvern Lazer Kırınımı , d50 µm	3.1

Tablo 2.14. 1251 LKAB Fiziksel Sonuçları

Islak eleme ile kalıntı 20µm (ISO 787/7)	max. 0.1
Renk (Parlaklık L*)	min. 93
Nem 1hr, 105°C (ISO 787/2)	max. % 1
Kaplama Düzeyi %	0.7 - 1.3

Tablo 2.15. 1251 LKAB Kimyasal Sonuç (% ağırlıkça)

Magnezyum as MgO	36.0
Kalsiyum as CaO	10.2
Silikon as SiO_2	1.0
Alüminyum as Al_2O_3	0.06
Demir as Fe_2O_3	0.04
Kül kalıntısı @ 1000°C	47.8

Tablo 2.16. 1251 LKAB Teknik Sonuçları

Ortalama Yoğunluk g/cm^3	2.6
Kütle yoğunluğu kg/l	0.3
pH	10
N2-Yüzey alanı [m^2/g]	14.4
Renk (L*; b*)	97,5; 1.6
Yağ Emiciliği ml/100g)	31
Malvern Lazer Kırınımı , d98 µm	13.5
Malvern Lazer Kırınımı , d50 µm	3.1

Tablo 2.17. 1290 LKAB Fiziksel Sonuçları

Islak eleme ile kalıntı 20µm (ISO 787/7)	max. 1.0
Renk (Parlaklık L*)	min. 93
Nem 1hr, 105°C (ISO 787/2)	max. % 1

Tablo 2.18. 1290 LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça)

Magnezyum as MgO	36.0
Kalsiyum as CaO	10.2
Silikon as SiO_2	1.0
Alüminyum as Al_2O_3	0.06
Demir as Fe_2O_3	0.04
Kül kalıntısı @ 1000°C	48.3

Tablo 2.19. 1290 LKAB Teknik Sonuçları

Ortalama Yoğunluk g/cm^3	2.6
Kütle yoğunluğu kg/l	0.3
pH	10
N2-Yüzey alanı [m^2/g]	17.7
Renk (L*; b*)	97.5; 1.6
Yağ Emiciliği ml/100g)	32
Malvern Lazer Kırınımı , d98 µm	20.0
Malvern Lazer Kırınımı , d50 µm	3.4

Tablo 2.20. 1291 LKAB Fiziksel Sonuçları

Islak eleme ile kalıntı 20µm (ISO787/7)	max. 1.0
Cololur (Parlaklık L*)	min. 93
Nem 1hr, 105°C (ISO 787/2)	max. % 1
Kaplama düzeyi %	0.7 - 1.3

Tablo 2.21. 1291 LKAB Kimyasal Sonuçları (% ağırlıkça)

Magnezyum as MgO	36.0
Kalsiyum as CaO	10.2
Silikon as SiO_2	1.0
Alüminyum as Al_2O_3	0.06
Demir as Fe_2O_3	0.04
Kül kalıntısı @ 1000°C	48.1

Tablo 2.22. 1291 LKAB Teknik Sonuçları

Ortalama Yoğunluk g/cm^3	2.6
Kütle yoğunluğu kg/l	0.3
pH	10
N2-Yüzey alanı [m^2/g]	14
Renk (L*; b*)	97.5; 1.6
Yağ Emiciliği (ml/100g)	30
Malvern Lazer Kırınımı , d98 µm	20.0
Malvern Lazer Kırınımı , d50 µm	3.4

Tezde kullanılan mineraller farkı boyutlardadırlar. Yukarıdaki tablolarda ayrı ayrı verilen mineral boyutlarının verileri Tablo 2.23'de toplu olarak gösterilmektedir.

Tablo 2.23. Minerallerin Boyutları

Malvern Lazer Kırınımı	**Boyut**	**Birim**	**Mineraller**						
			LH3C	**LH15**	**LH15C**	**1250**	**1251**	**1290**	**1291**
	d_{98}	[µm]	9.00	16.50	16.50	13.50	13.50	20.00	20.00
	d_{50}		1.50	3.10	3.10	3.10	3.10	3.40	3.40

Mineral boyutları her bir ticari mineral ürününde varyasyon göstermektedir. Şekil-1.1'de görüldüğü üzere mineral boyutları birbirinden farklı olmaktadır. Yukarıdaki tablolarda d_{98} ve d_{50} ile gösterilen ifadeler, sırasıyla mineral boyutlarının küçükten büyüğe doğru sıralanması halinde mineral boyutunun tabloda gösterilen değerden küçük olduğunu ifade etmektedir. Örneğin LH3C için bakılacak olursa, mineralin %98'inin çapının 9,00 µm altında olduğu, %50'sinin çapının ise, 1,50 µm altında olduğu anlaşılmalıdır.

2.3. Kaplama Özellikleri (Pat Özellikleri, Oranları, Reçete)

Çalışmada %100 polyester kumaş üzerine LKAB Minerals firmasından temin edilen LH3C, LH15, LH15C, 1250,1251,1290,1291 huntit-hidromanyezit mineralleri % 40 akrilik esaslı reçine içerisine, % 28 oranında eklenmiştir. Sert akrilik, köpük kesici gibi ajanlar eser miktarda kaplama patı içerisinde karıştırılarak kumaş üzerine 1 ve 3 kat olacak şekilde kaplama yapılmıştır.

2.4. Yöntem

2.4.1. Kullanılan Kaplama Cihazı

Çalışmada, Zorluteks Tekstil Tic. ve San. A.Ş. bulunan "Ataç" marka numune tipi kaplama cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz bıçaklı rakle metodu ile maksimum 30 cm eninde kumaşa kaplama patını aktarabilmekte ve kaplama işleminden sonra gelen ''Ataç marka'' fırın ile fikse işlemi de aynı cihaz üzerinde hızlı bir şekilde yapılabilmektedir. Kaplama hızı 12 m/dk, kaplama hassasiyeti 0,35 mm, fikse sıcaklığı ise 170 ^{0}C olarak belirlenmiştir.

Ataç marka numune tipi kaplama cihazı görüntüsü Şekil 2.1. de verilmiştir.



Şekil 2.1. Ataç marka numune tipi kaplama cihazı

2.4.2. Kullanılan Laboratuvar Cihazları

2.4.2.1. Limit Oksijen İndeksi (LOİ) Test Cihazı

Elde edilen test numunelerinin güç tutuşurluk değerlerini belirlemek amacıyla, Limit Oksijen İndeksi (LOİ) ölçümleri için Kadifeteks Mensucat Sanayi A.Ş ‘de “Marestek” marka cihaz kullanılmıştır. Bu test için “ASTM D1230-17” standardı esas alınmıştır. Bu standarda göre, 47 mm x 152 mm boyutundaki numuneler aparat arasındaki numune tutucuya yerleştirilmiştir. Ölçüm yapılacak numune için referans LOI değeri bulunur. Cihaz kapatıldıktan sonra kumaş üstten tutuşturulur ve 5 saniye içerisinde tutuşma oluştuğunda kronometre ile süre tutulup iki dakika içerisinde işaretli bölgeye gelmeden sönmesi beklenir. Sönmüyorsa LOI değeri düşürülerek tekrar test yapılır.

Marestek Marka Limit Oksijen İndeksi Cihazı görüntüsü Şekil 2.2. de verilmiştir.

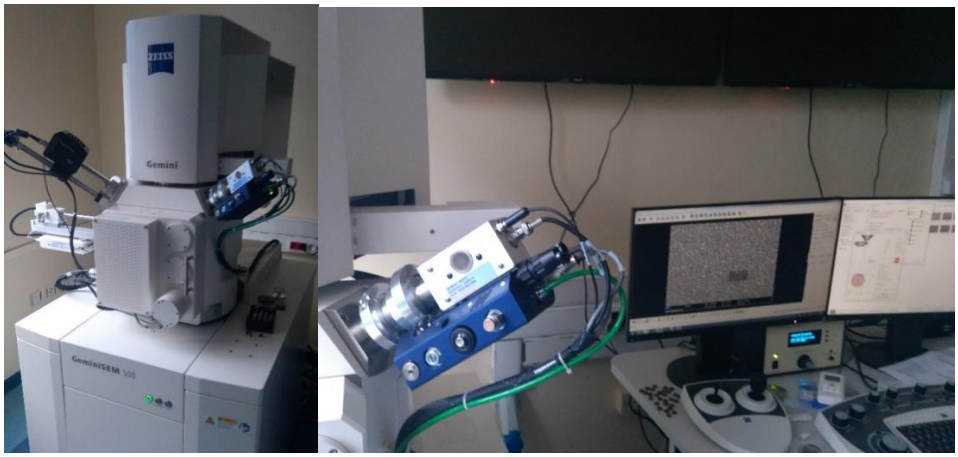


Şekil 2.2. Marestek Marka Limit Oksijen İndeksi Cihazı

2.4.2.2 SEM- Cihazı

Numunelerin yüzey görünümlerini göstermek amacıyla SEM görüntülemeleri için Erciyes Üniversitesi bünyesinde bulunan Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi’nden (TAUM) hizmet alınmıştır. Bu işlemde “Gemini” markasının “GeminiSEM 500” modeli olan cihaz kullanılmıştır. Görüntülemesi yapılacak olan numuneler 2 cm x 2 cm boyutlarında kesilerek altın paladyum kaplama yapıldıktan sonra numune tutucu üzerine yerleştirilmiştir, daha sonra gerekli görüntülemeler yapılarak görüntüler kaydedilmiştir.

Gemini marka, GeminiSEM 500 Model SEM Cihazı görüntüsü Şekil 2.3.’de verilmiştir.



Şekil 2.3. Gemini marka, GeminiSEM 500 Model SEM Cihazı

2.4.2.3. TGA Cihazı

Termal bozunma sonucunda numunelerin kalıntı miktarlarını belirlemek ve ısıl davranışlarını analiz etmek amacıyla TGA ölçümleri TAUM bünyesindeki "PERKIN ELMER" marka "DIAMOND" model cihaz kullanılarak yapılmıştır. Bu ölçümler için yaklaşık 5 mg numune alınarak alümina koroze kap içerisinde cihaza yerleştirilir. Test parametreleri girildikten sonra ölçümler yapılır. Ölçümler 0-700 ^{0}C arasında 20 ^{0}C aralıklarla gerçekleştirilmiştir.

Perkı Elmer Diamond TGA cihazı görüntüsü Şekil 2.4.'de verilmiştir.



Şekil 2.4. Perkı Elmer Diamond TGA cihazı

2.4.2.4. XRF Cihazı

Numunelere yapılmış olan mineral yüklemelerini ve materyallerin elementel içeriğini tespit etmek amacıyla XRF ölçümleri için TAUM bünyesinde bulunan "Panalytical" marka "Axios Advanced" model cihazı kullanılmıştır. Test için numuneler 30 mm x 30 mm boyutlarında kesilerek cihaza yerleştirilir, ölçümler tamamlanır.

Panalytical marka Axios Advanced model XRF cihazı görüntüsü Şekil 2.5.'de verilmiştir.



Şekil 2.5. Panalytical marka Axios Advanced model XRF cihazı

3. BÖLÜM

BULGULAR

Huntit-Hidromanyezit içeren Polyester kaplı kumaş numunelerine ait XRF, TGA, SEM ve LOİ ölçümlerine ait test verileri ve görselleri bu bölümde sunulmuştur.

3.1. Numunelere Ait XRF Verileri

Numunelere ait tek kat ve üç kat XRF verileri tablo 3.1. ‘den tablo 3.14.’ e kadar aşağıda verilmiştir.

Tablo 3.1. LH3C numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Mg	12.52	0.2
Ca	3.76	0.2
Ti	0.60	0.09
Si	0.24	0.05
S	0.20	0.03
Fe	0.13	0.04
Al	0.11	0.03

Tablo 3.2. LH3C numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Mg	12.13	0.2
Ca	4.28	0.2
Ti	0.42	0.07
Si	0.35	0.06
S	0.34	0.04

Tablo 3.3. LH15 numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Ti	1.63	0.2
Ca	0.81	0.08
Mg	0.35	0.04
Fe	0.15	0.07
Sn	0.10	0.02

Tablo 3.4. LH15 Numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Ti	1.29	0.1
Ca	0.70	0.07
Mg	0.25	0.03
Si	0.11	0.03
S	0.04	0.01

Tablo 3.5. LH15C numunesinin Tek Kat XRF sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Ti	1.13	0.1
Si	0.11	0.02
S	0.02	0.007

Tablo 3.6. LH15C numunesinin Üç Kat XRF sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Ti	1.01	0.1
Si	0.07	0.02
S	0.04	0.01

Tablo 3.7. 1250 Numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Ti	1.52	0.2
Ca	0.95	0.09
Fe	0.58	0.1
Mg	0.17	0.03
S	0.06	0.01
Pb	0.06	0.02

Tablo 3.8. 1250 Numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Ti	1.65	0.2
Ca	1.36	0.1
Fe	0.30	0.1
Mg	0.25	0.03
S	0.04	0.01
Sr	0.02	0.005

Tablo 3.9. 1251 Numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Mg	13.27	0.2
Ca	6.75	0.3
Ti	0.71	0.1
Si	0.50	0.07
Na	0.27	0.06
S	0.25	0.03
P	0.02	0.008
Sr	0.01	0.003

Tablo 3.10. 1251 Numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Mg	12.44	0.2
Ca	8.35	0.3
Si	0.55	0.07
Ti	0.37	0.08
S	0.29	0.03
P	0.03	0.01
Sr	0.01	0.003

Tablo 3.11. 1290 Numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Mg	13.62	0.2
Ca	6.19	0.2
Ti	0.70	0.1
Si	0.61	0.07
Na	0.21	0.05
S	0.10	0.02

Tablo 3.12. 1290 Numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Ti	1.57	0.2
Ca	1.12	0.09
Mg	0.25	0.03
Sr	0.02	0.006

Tablo 3.13. 1291 Numunesinin Tek Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Mg	11.96	0.2
Ca	5.87	0.2
Si	0.81	0.08
Ti	0.61	0.09
S	0.18	0.03

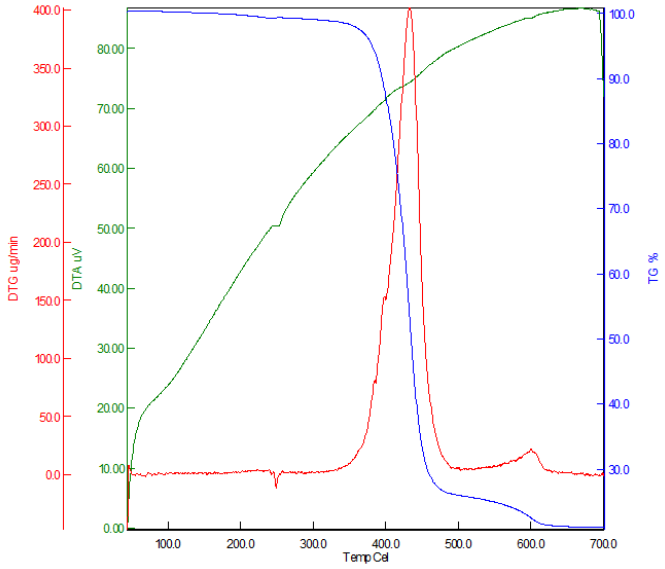
Tablo 3.14. 1291 Numunesinin Üç Kat XRF Sonuçları

Element	(%)	Hata (%)
Mg	11.48	0.2
Ca	7.68	0.3
Si	0.61	0.07
Ti	0.47	0.09
S	0.34	0.04
Fe	0.17	0.06
P	0.04	0.01
Sr	0.01	0.003

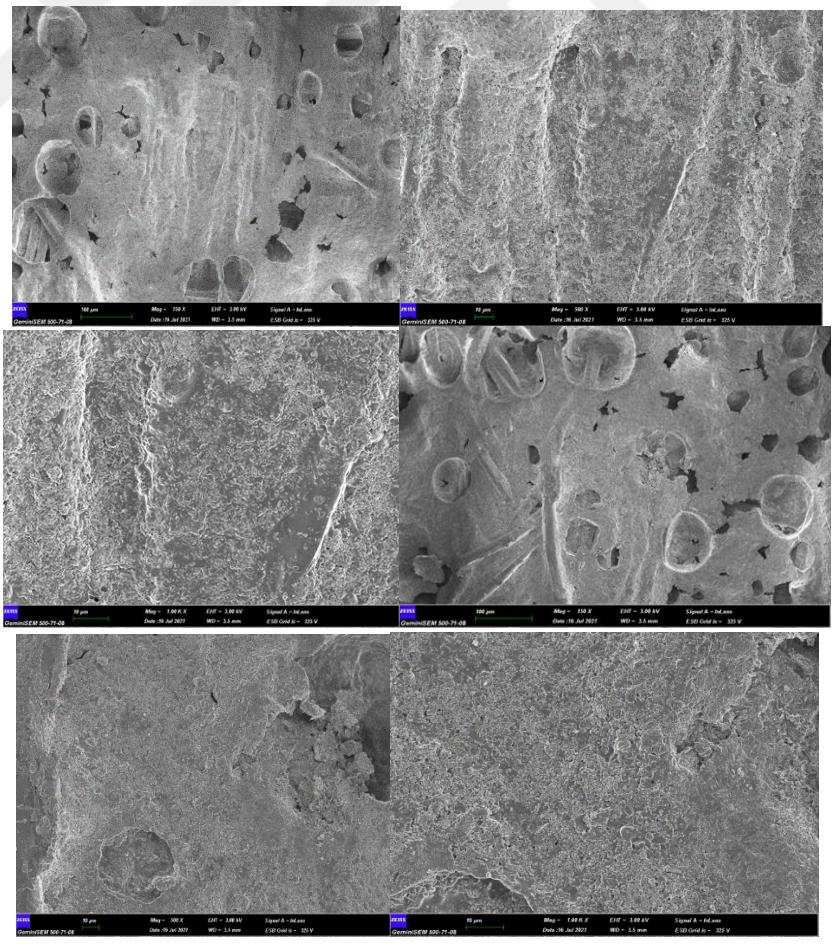
3.2. Numunelere Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri

Numunelerin tek kat ve üç kat TGA verilerine ait grafikler ile tek kat ve üç kat SEM görüntüleri şekil 3.1’ den 3.28 ‘e kadar aşağıda verilmiştir.

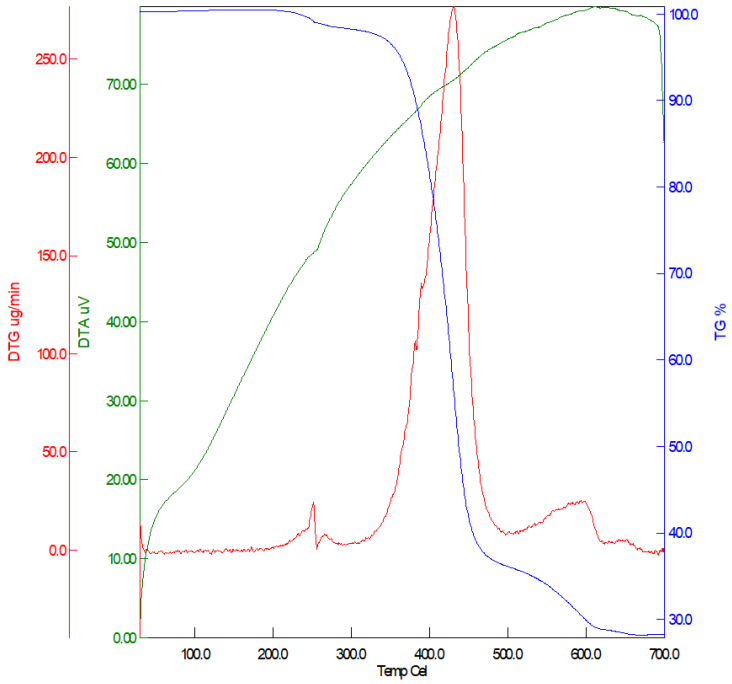
3.2.1. LH3C Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri



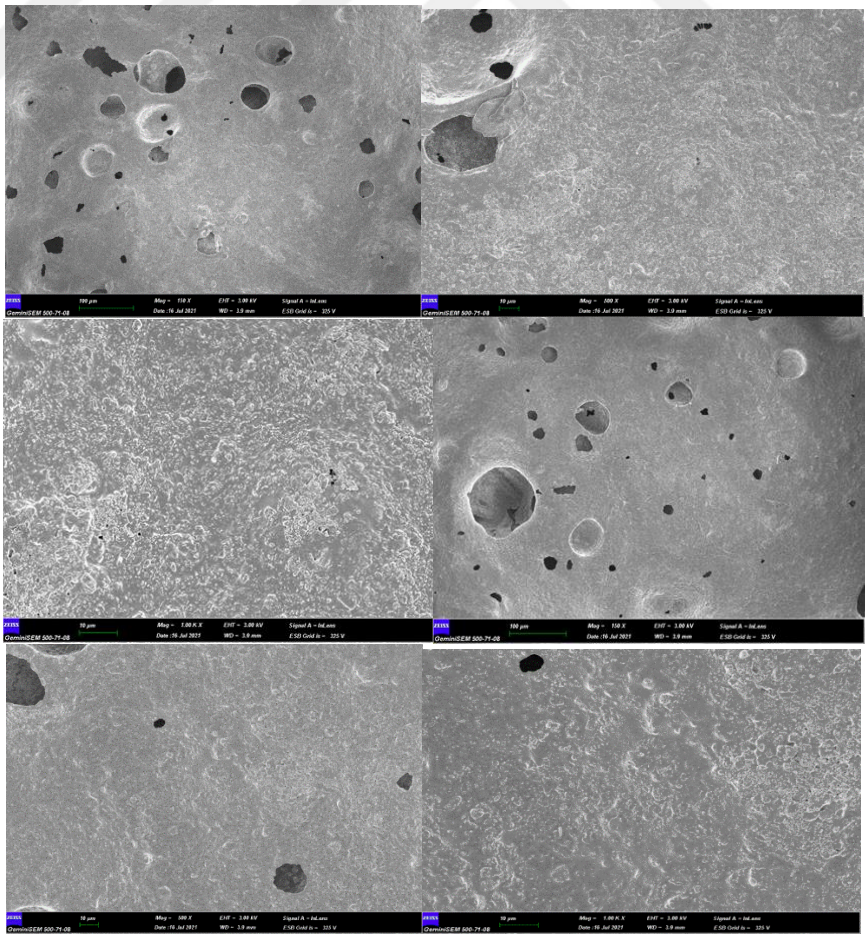
Şekil 3.1. LH3C Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği



Şekil 3.2. LH3C Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri

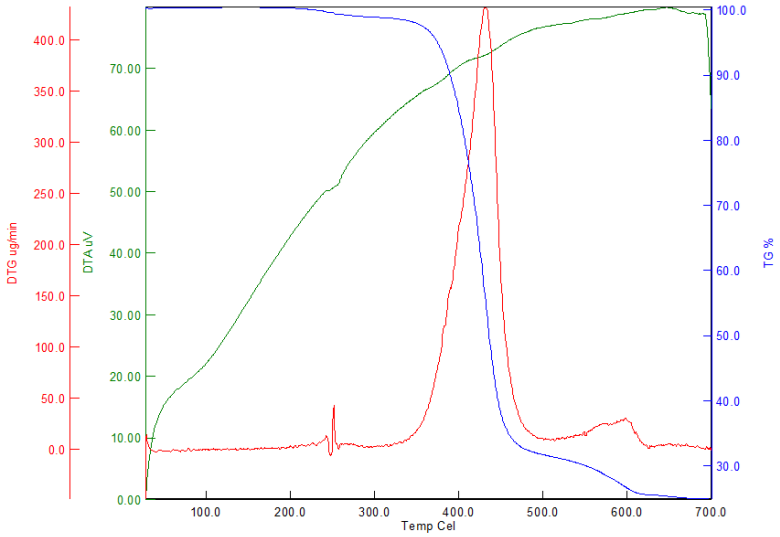


Şekil 3.3. LH3C Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği

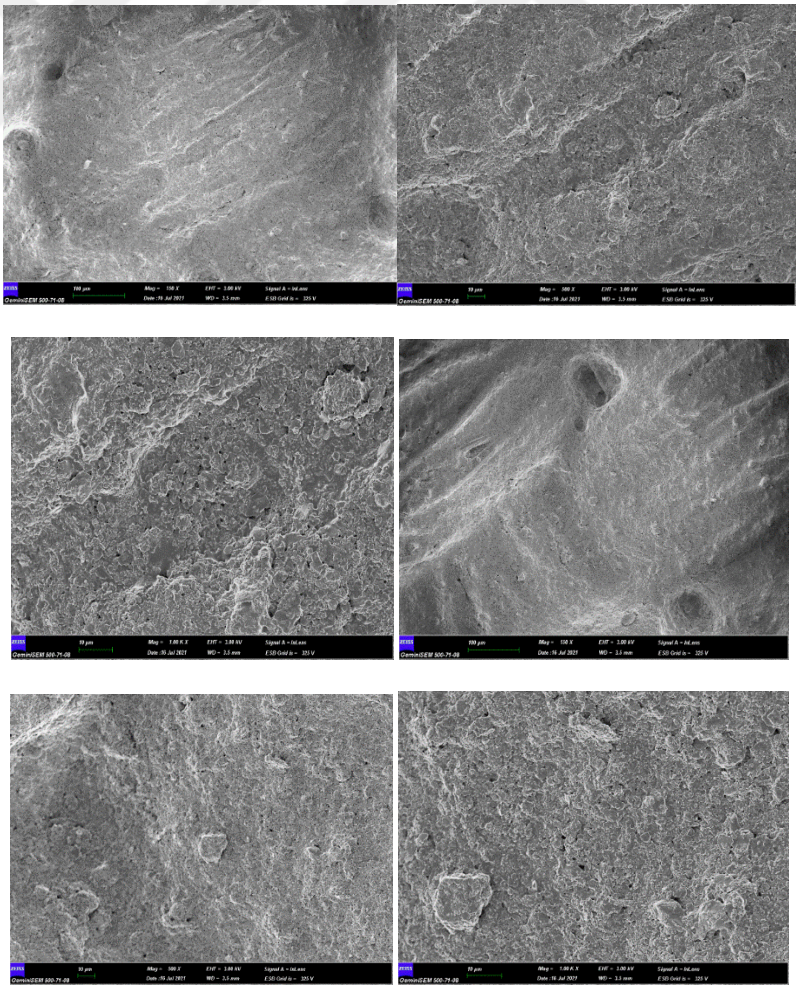


Şekil 3.4. LH3C Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri

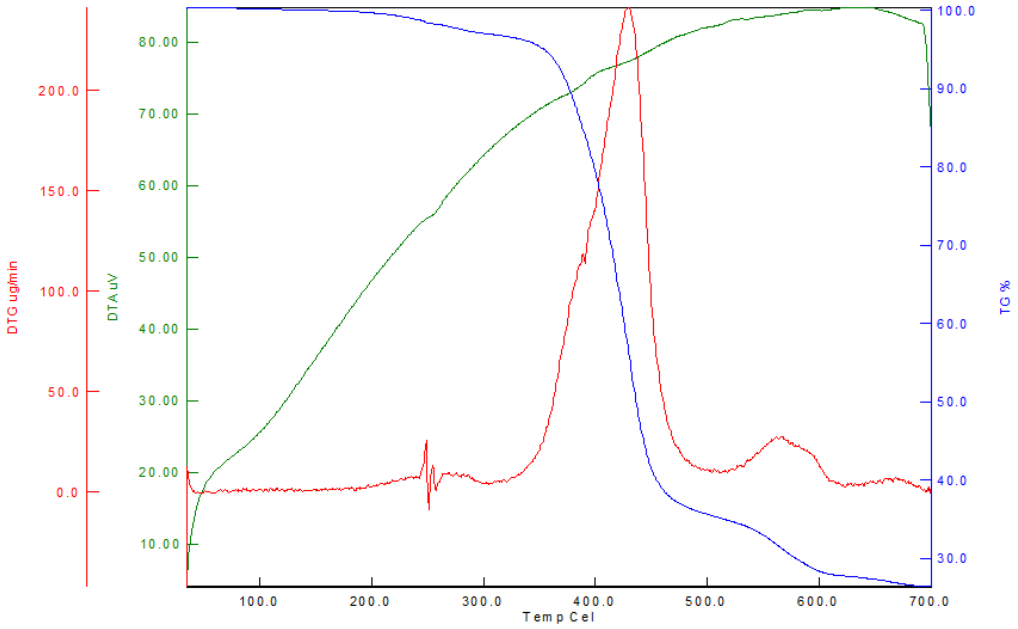
3.2.2. LH15 Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri



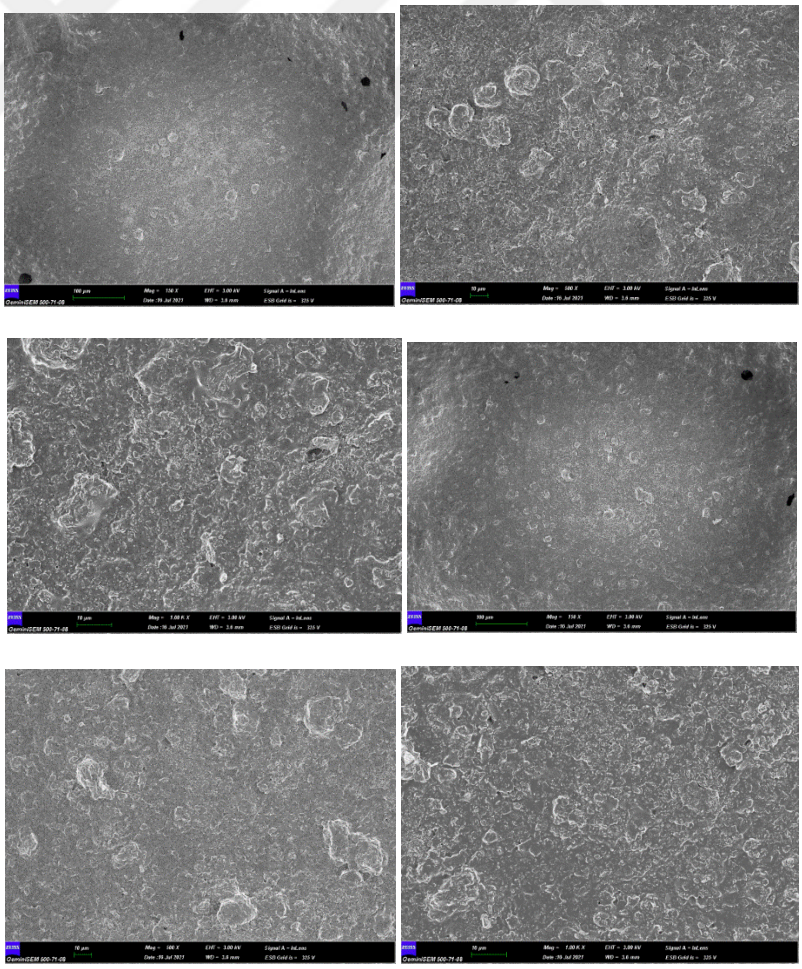
Şekil 3.5. LH15 Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği



Şekil 3.6. LH15 Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri

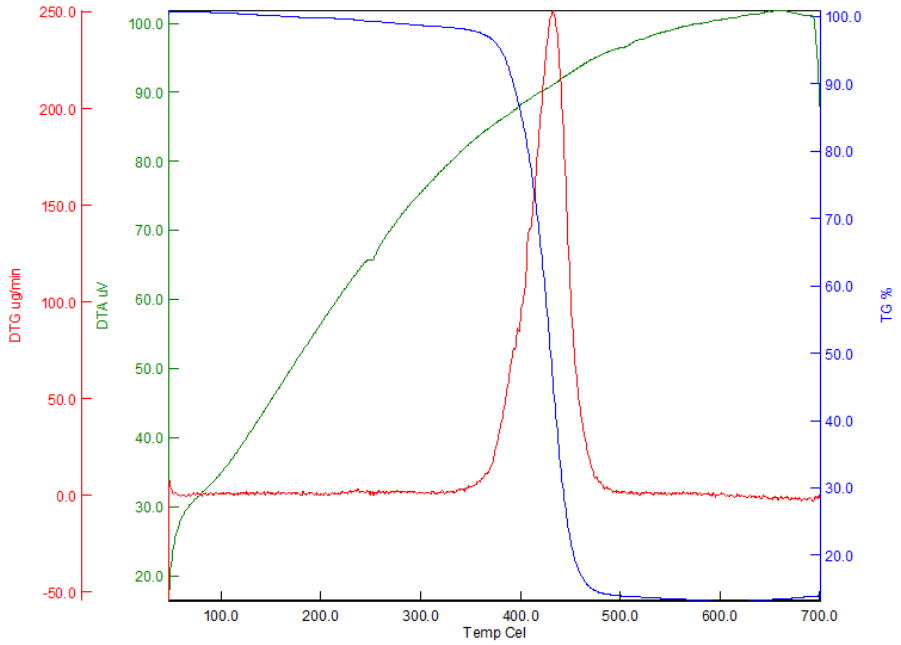


Şekil 3.7. LH15 Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği

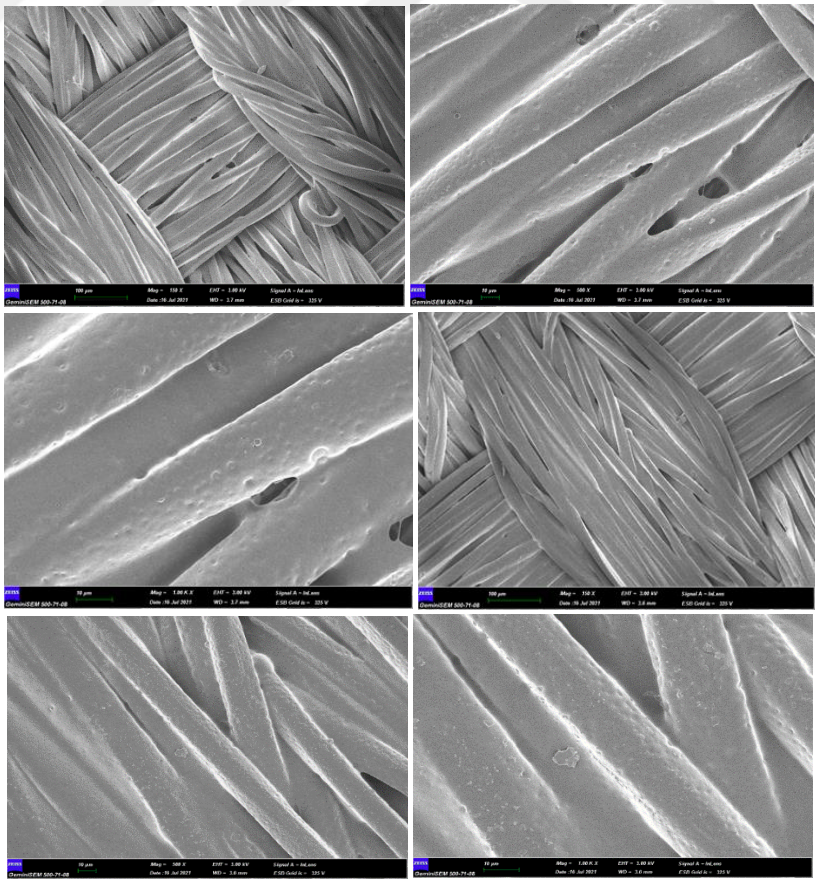


Şekil 3.8. LH15 Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri

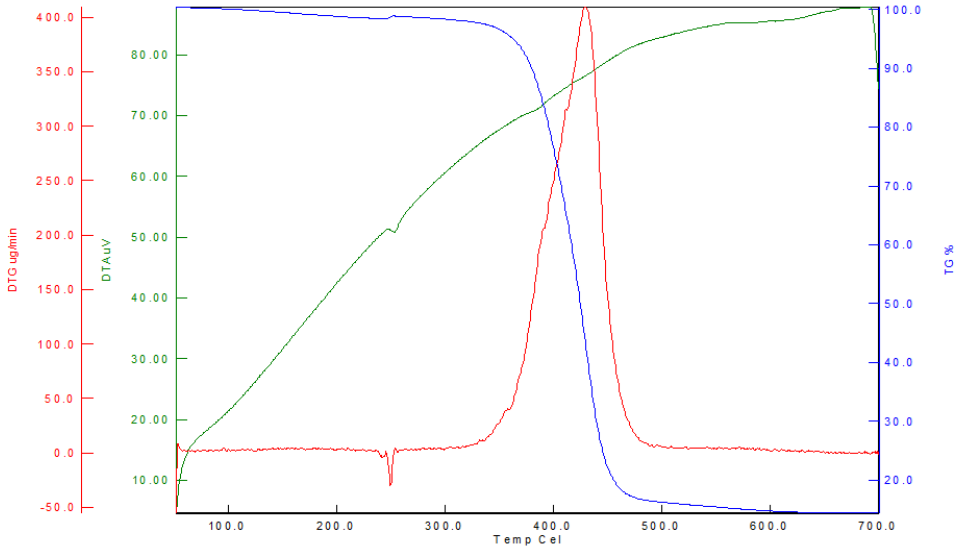
3.2.3. LH15C Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri



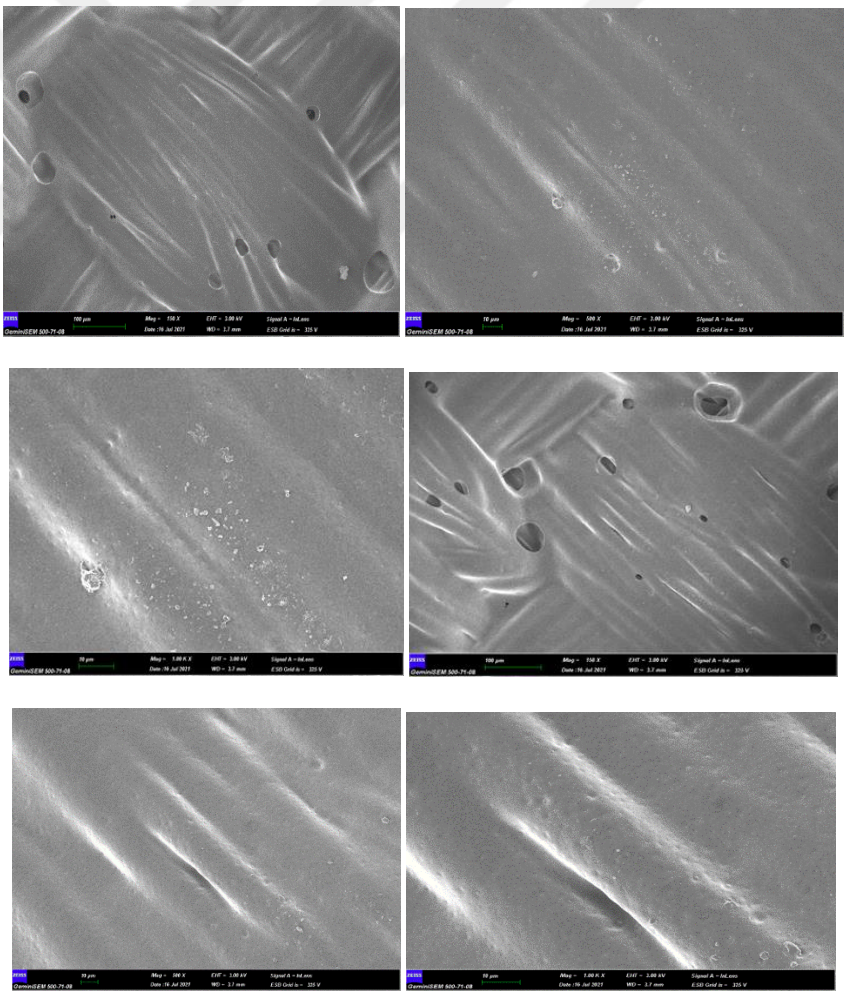
Şekil 3.9. LH15C Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği



Şekil 3.10. LH15C Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri

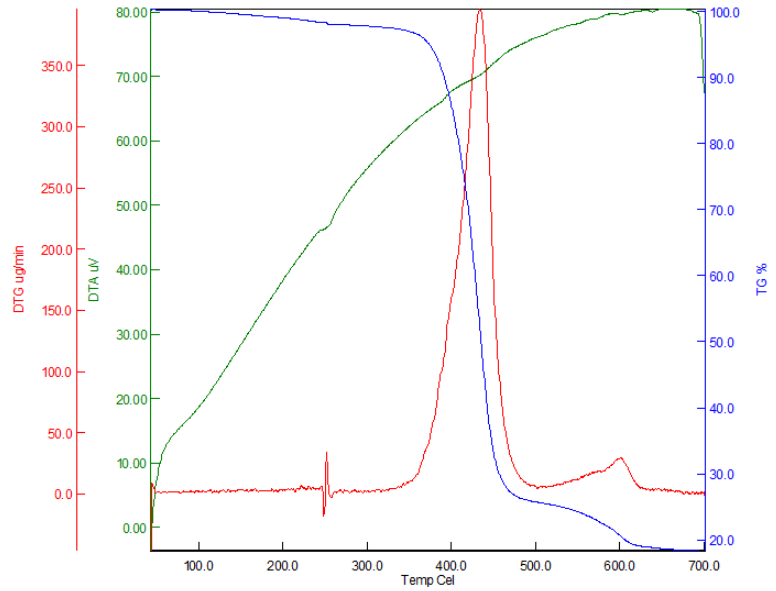


Şekil 3.11. LH15C Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği

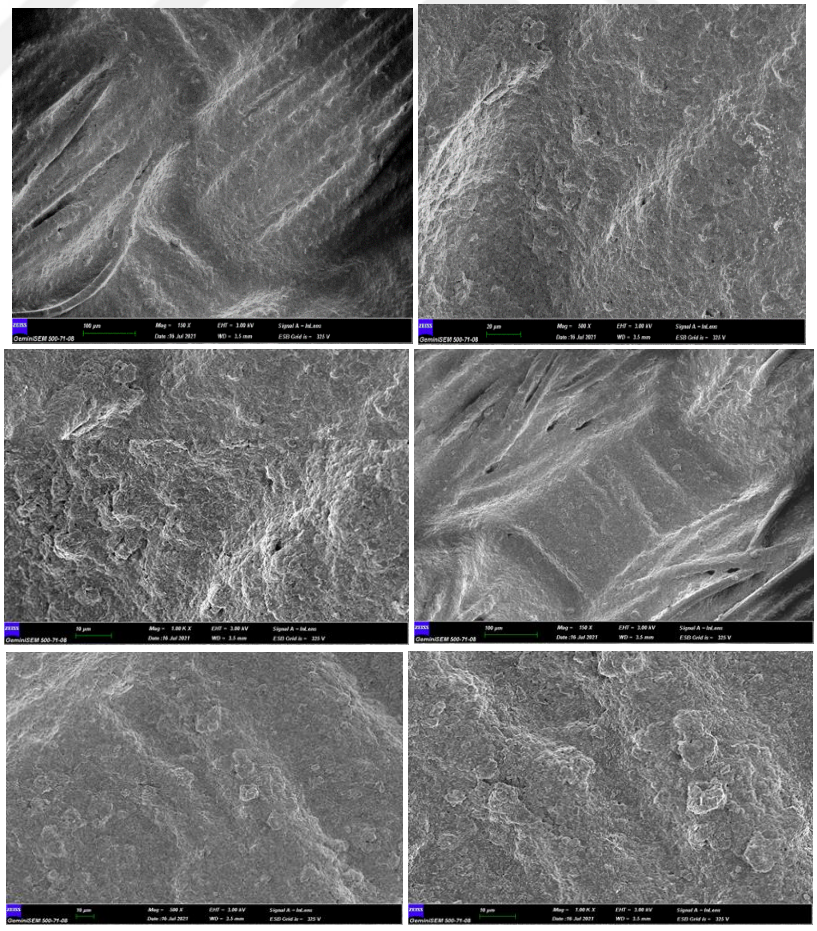


Şekil 3.12. LH15C Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri

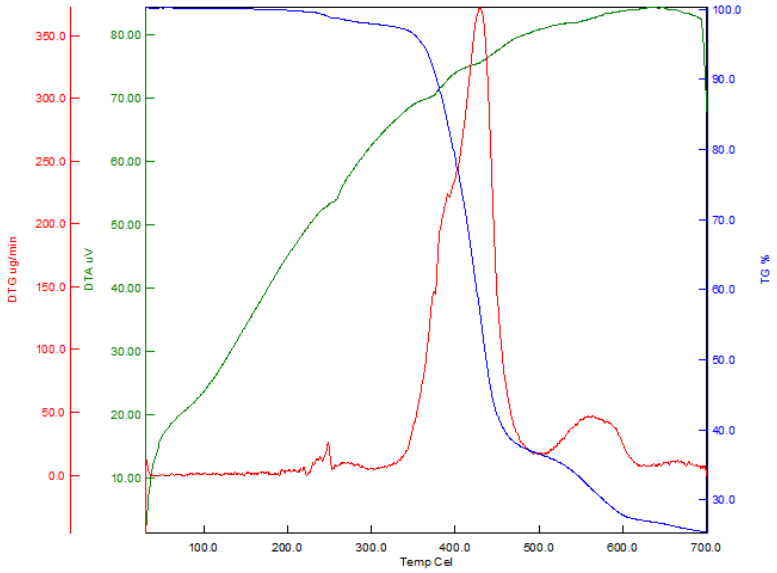
3.2.4. 1250 Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri



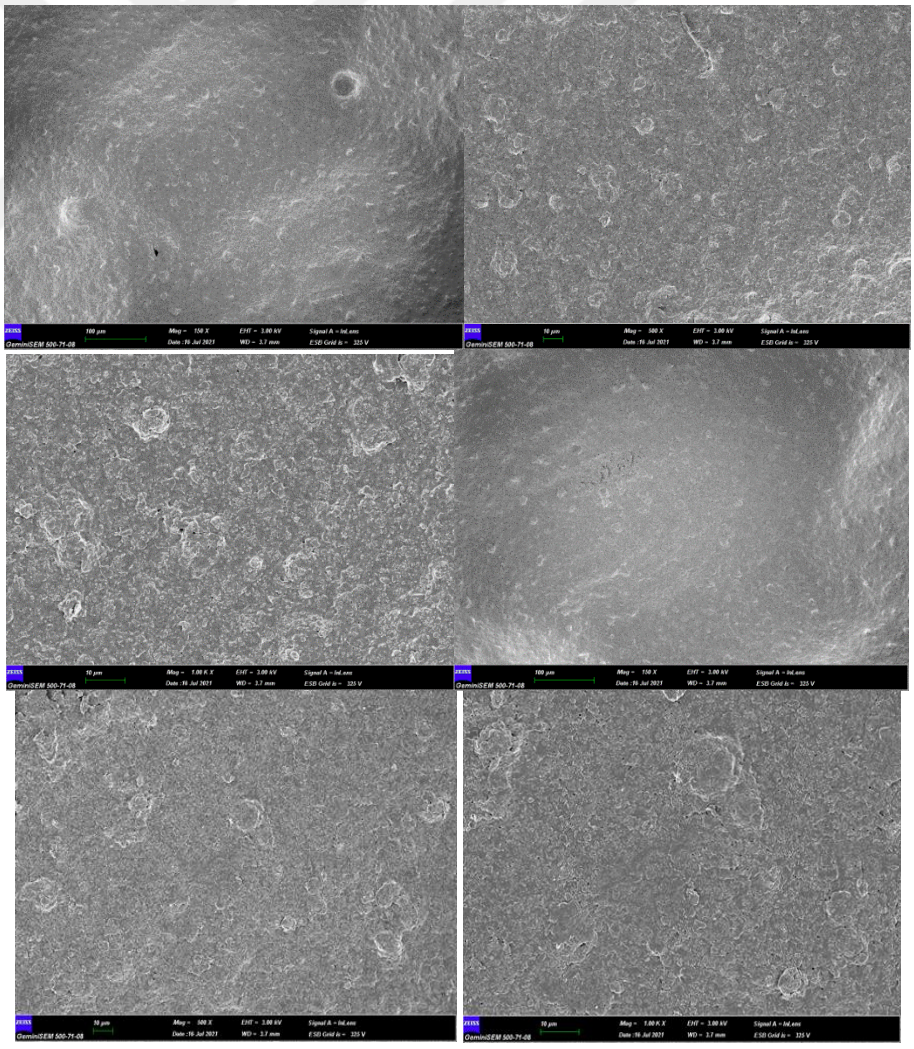
Şekil 3.13. 1250 Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği



Şekil 3.14. 1250 Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri

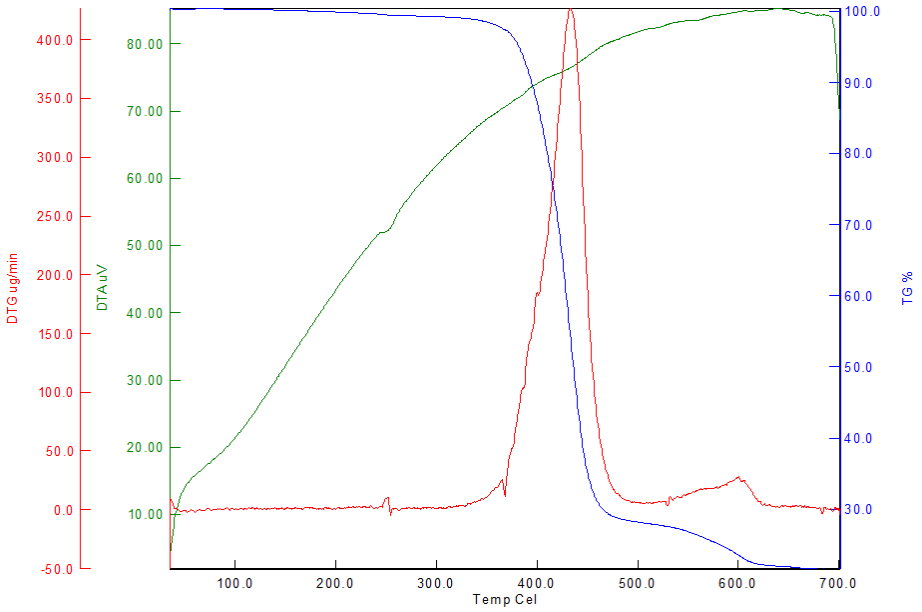


Şekil 3.15. 1250 Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği

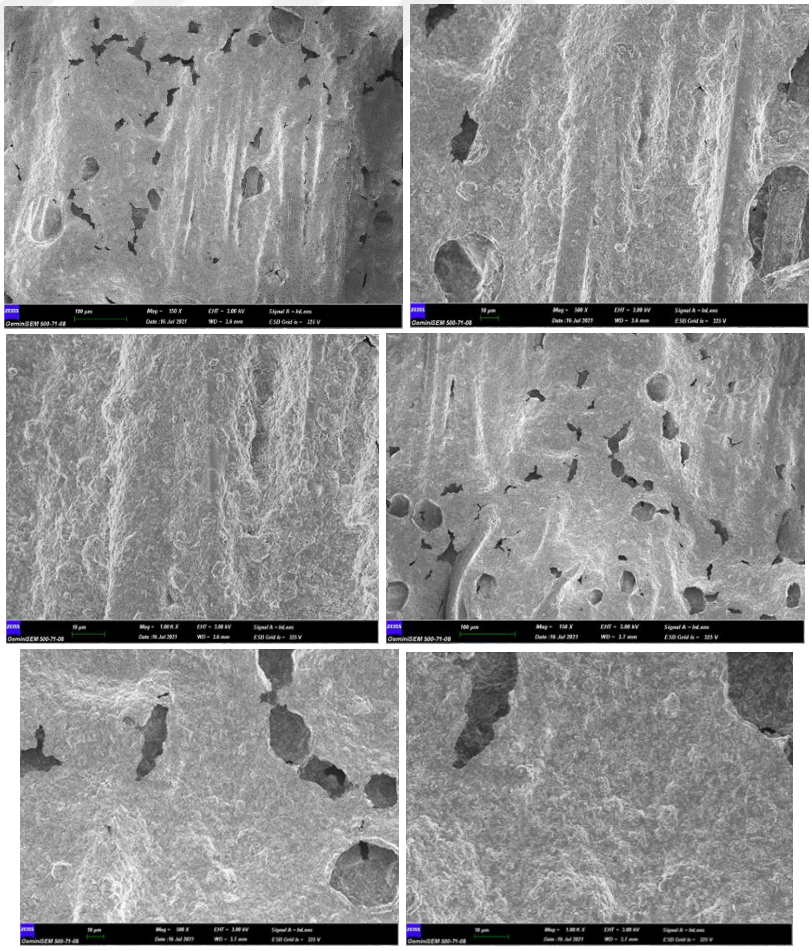


Şekil 3.16. 1250 Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri

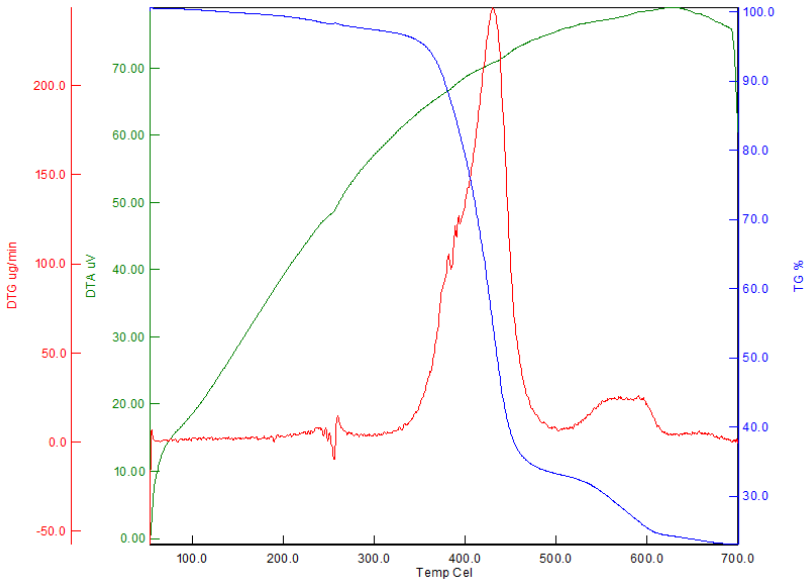
3.2.5. 1251 Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri



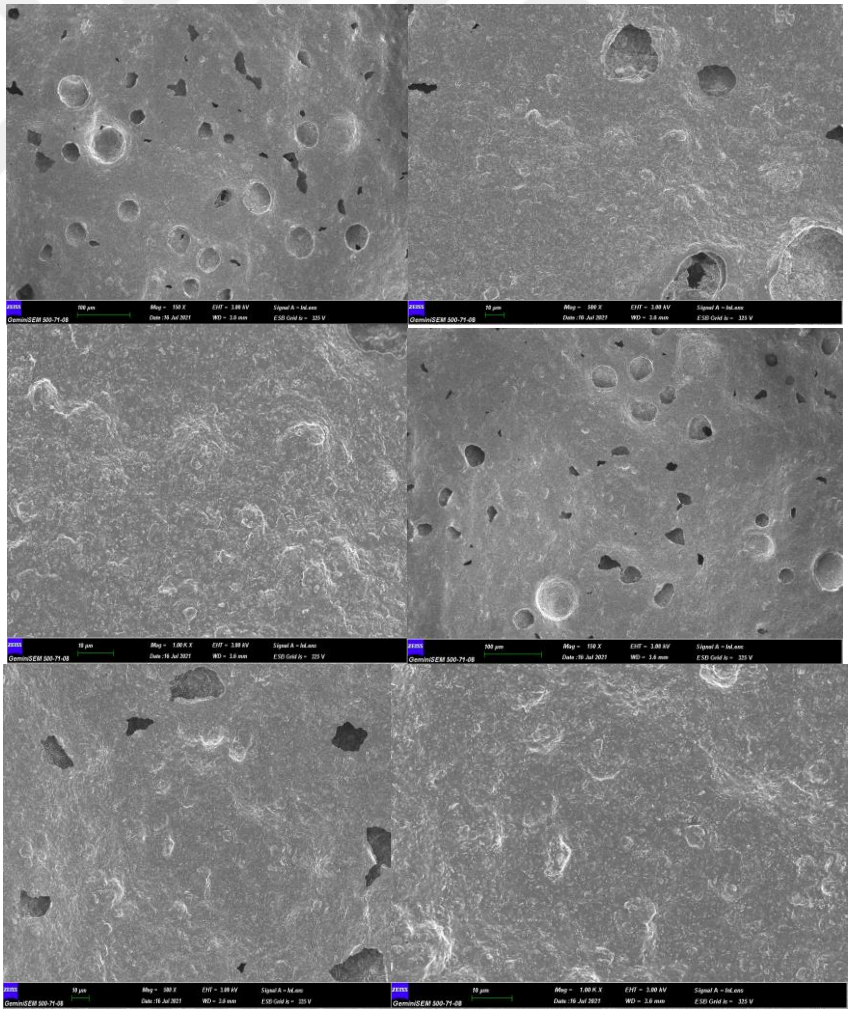
Şekil 3.17. 1251 Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği



Şekil 3.18. 1251 Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri

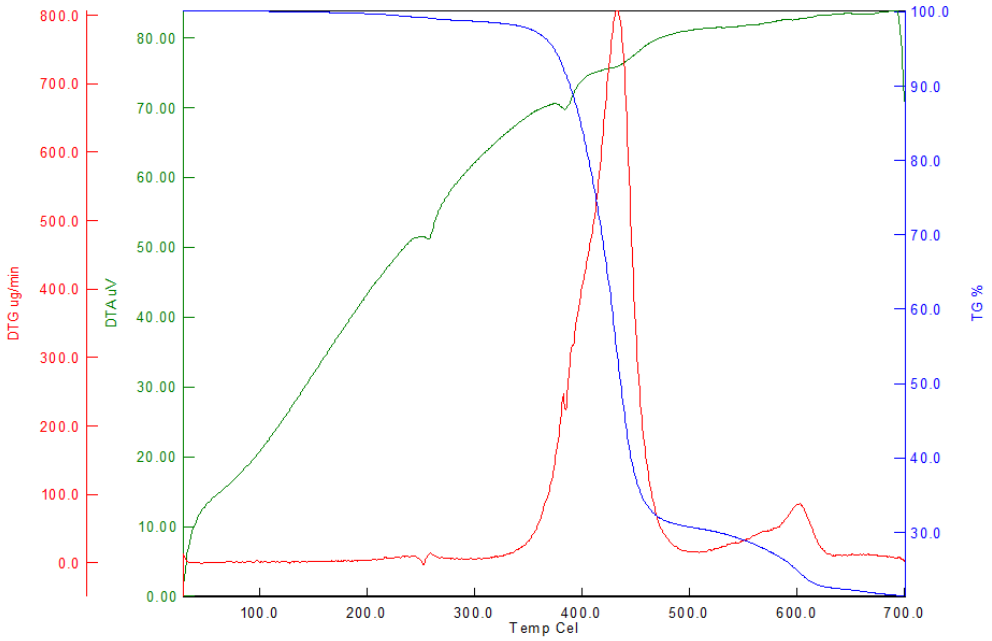


Şekil 3.19. 1251 Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği

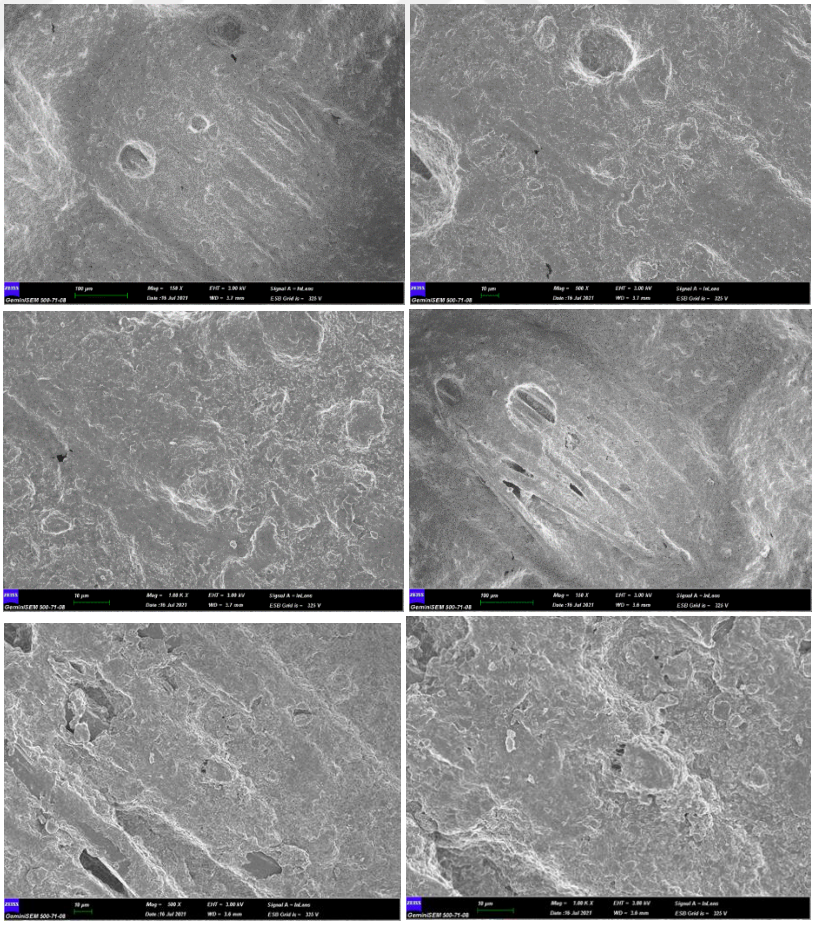


Şekil 3.20. 1251 Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri

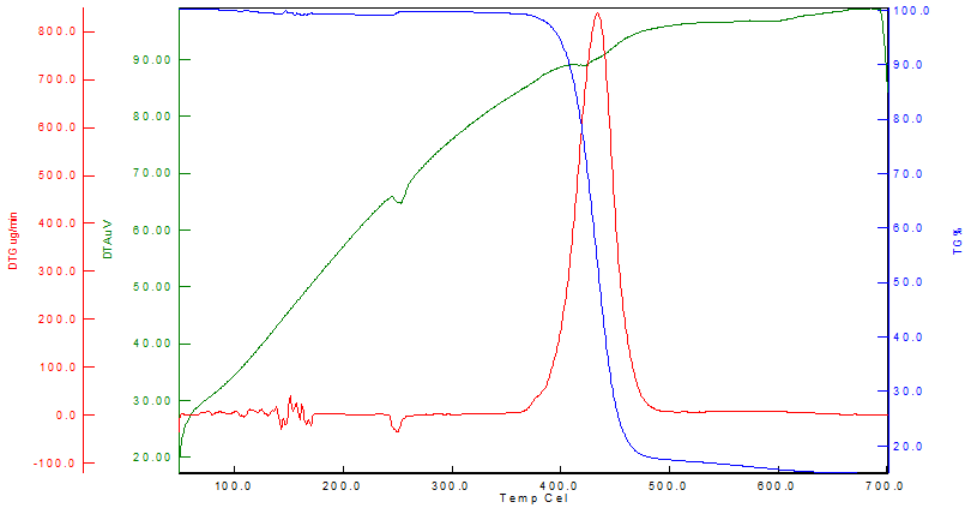
3.2.6. 1290 Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri



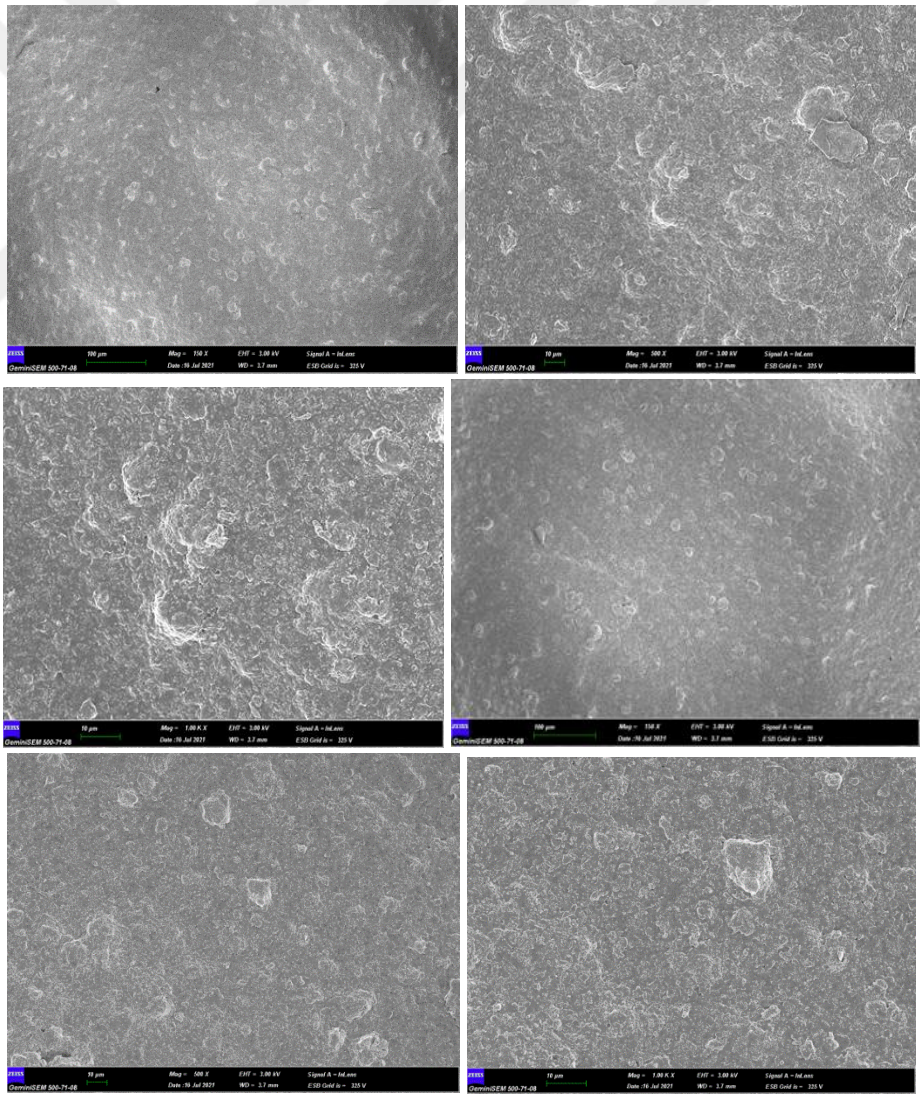
Şekil 3.21. 1290 Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği



Şekil 3.22. 1290 Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri

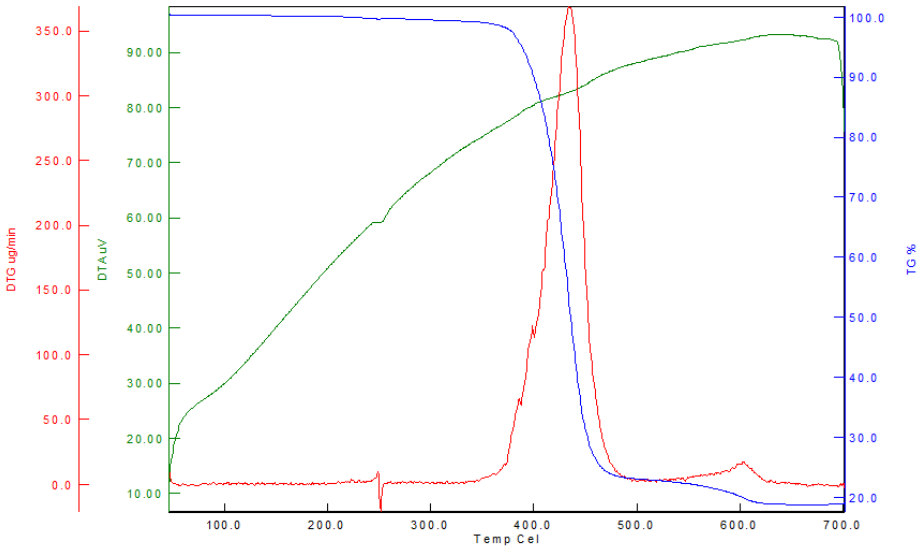


Şekil 3.23. 1290 Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği

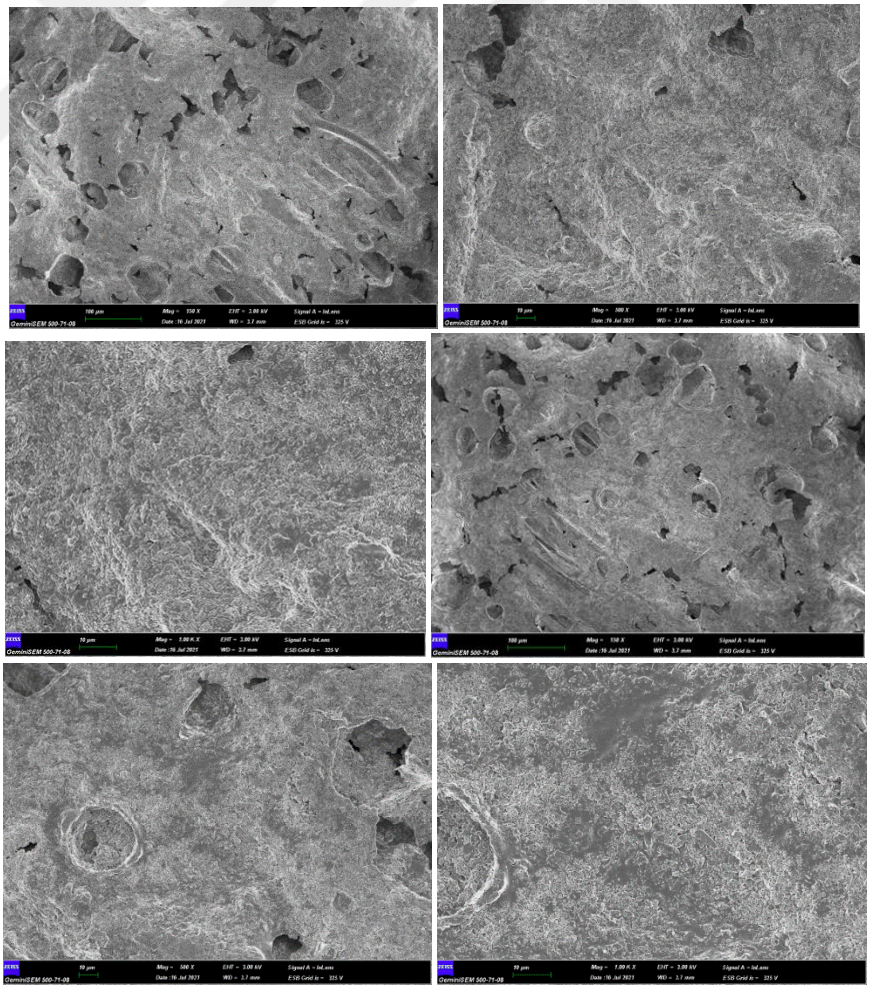


Şekil 3.24. 1290 Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri

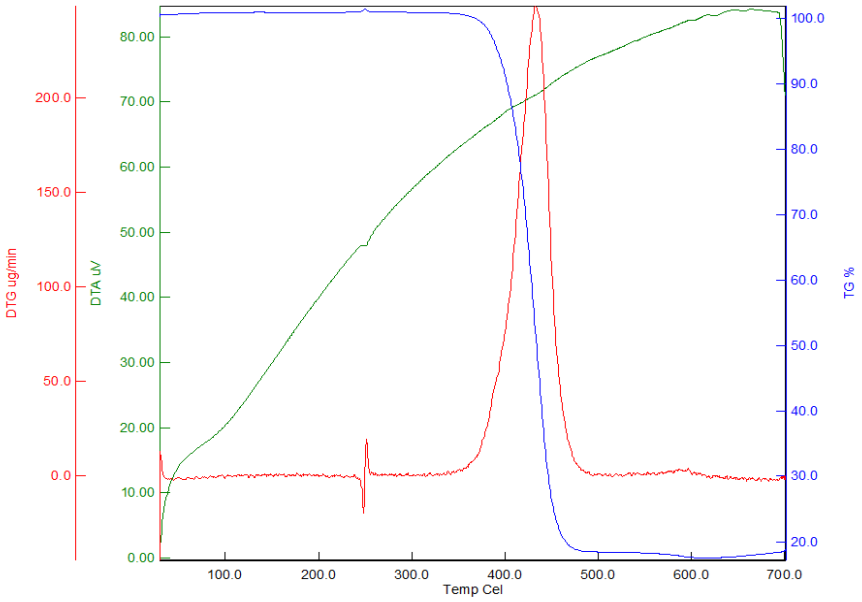
3.2.7. 1291 Numunesine Ait TGA Verileri ve SEM Görüntüleri



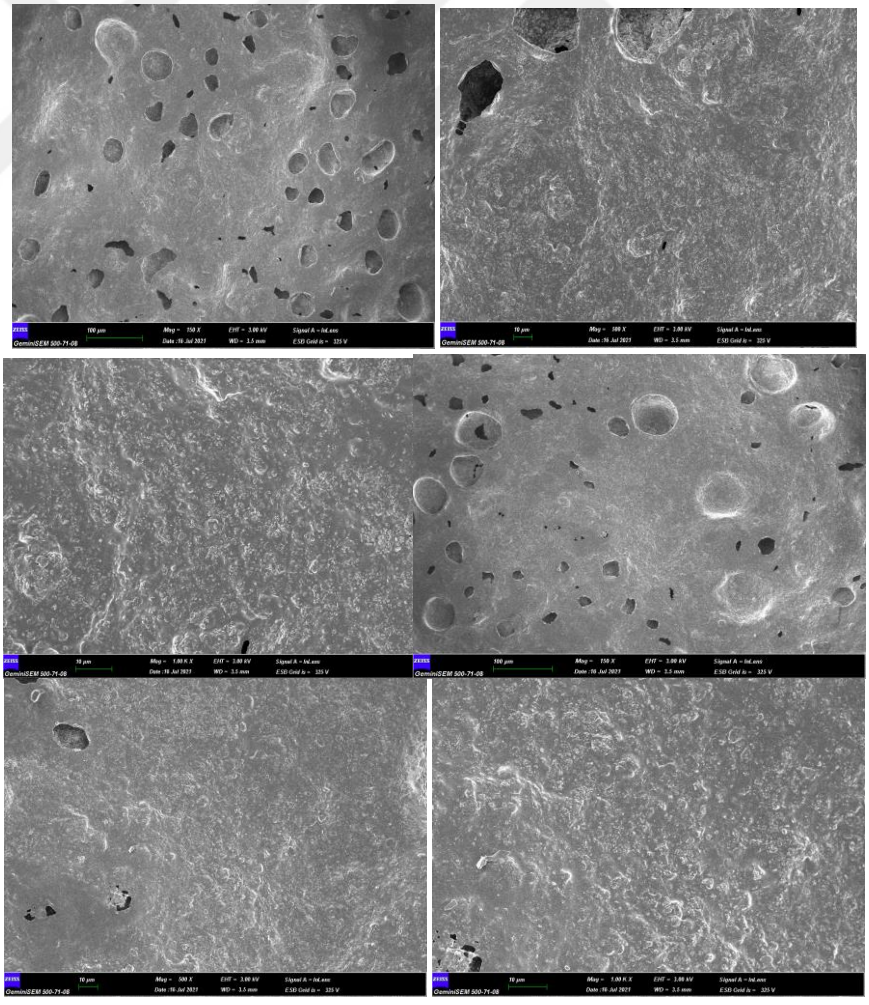
Şekil 3.25. 1291 Numunesine Ait Tek Kat TGA Grafiği



Şekil 3.26. 1291 Numunesine Ait Tek Kat SEM Görüntüleri



Şekil 3.27. 1291 Numunesine Ait Üç Kat TGA Grafiği



Şekil 3.28. 1291 Numunesine Ait Üç Kat SEM Görüntüleri

3.4. LOI Ölçüm Sonuçları

Numunelere yapılmış olan LOI (Limit Oksijen İndeksi) ölçümlerine ait veriler tablo 3.15.' te verilmiştir.

Tablo 3.15. LOI Sonuçları

Kumaş (Geçiş)	LOI (%)
LH3C-1 kat	21.0 - 22.0
LH3C-3 kat	22.0 - 23.0
LH15-1 kat	22.0 - 23.0
LH15-3 kat	23.5 - 24.5
LH15C-1 kat	19.0 - 20.0
LH15C-3 kat	19.5 - 20.5
1250-1 kat	22.0 - 23.0
1250-3 kat	23.0 - 24.0
1251-1 kat	22.0 - 23.0
1251-3 kat	23.0 - 24.0
1290- 1 kat	22.0 - 23.0
1290-3 kat	23.0 - 24.0
1291-1 kat	21.0 - 22.0
1291-3 kat	22.0 - 23.0

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİ

4.1. Tartışma

Bu bölümde, elde edilen bulgular çerçevesinde ulaşılan sonuçlara yer verilecektir. Çalışmada % 100 polyester kumaş üzerine LKAB Minerals firmasından temin edilen LH3C, LH15, LH15C, 1250, 1251, 1290, 1291 huntit-hidromanyezit mineralleri % 40 akrilik esaslı reçine içerisine, % 28 oranında eklenmiştir. Sert akrilik, köpük kesici gibi ajanlar eser miktarda kaplama patı içerisinde karıştırılarak kumaş üzerine 1 ve 3 kat olacak şekilde kaplama yapılmıştır. Huntit-hidromanyezit içeren akrilik kaplı kumaşların XRF, TGA, SEM gibi karakterizasyon testlerinin yanı sıra, kaplanmış kumaşların Sınırlayıcı oksijen İndeksi (LOİ) testi yapılmıştır. Aşağıda sırasıyla çalışma kapsamında elde edilen veriler tartışılmaktadır.

4.1.1. XRF Sonuçları

Tablo 3.1 ile 3.14 arasındaki veriler incelenerek akrilik kaplı numuneler içerisindeki atomların ve bileşiklerin oranları incelenmiştir.

Tablo 3. 1. Tablo 3.2 arasında ise LH3C içeren 1 ve 3 kat polyester kaplamaların içerdiği element oranları verilmektedir. Kaplamalarda yapılan incelemelerde Mg elementinin ilk sırada olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca aynı tabloda Mg mineralinin oranı kaplama ile azaldığı, Ca minerallerinin oranının kaplama ile arttığı görülmüştür. Tek katta %12,52 olan Mg miktarı üç katta %12,13'e düşmüştür. Ca miktarı ise bir geçişte %3,76 iken üç geçişte %4,28'e yükselmiştir. Diğer elementler eser miktardadır. Elde edilen veriler incelendiğinde

LH3C % miktarı arttıkça ve kaplama geçiş sayısı arttıkça Mg oranının azaldığı, Ca oranın ise yapı içerisinde oranının arttığını göstermektedir.

Tablo 3.3. ile Tablo 3.4. arasında ise LH15 içeren kumaş kaplamaları incelenmiş ve bu kumaşta birinci sıradaki elementin Ti elementi olduğu görülmüştür. Ti metali akrilik kaplama içinde kullanılan TiO_2 bileşiği içerisinde bulunmaktadır. İkinci sırada ise, Ca elementi yer almaktadır. Kaplama katı arttıkça Ti ve Ca oranlarının azaldığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.5 ve Tablo 3.6. arasında ele verilen LH15C içeren polyester kaplama kumaşlarda Ti elementlerinin birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Bu kaplama tipinde de yine Ti elementinin kaplama kat sayısı arttıkça oranların azaldığı görülmüştür. Yapılan testte ikinci tespit edilen element ise Si elementi olmuştur.

Tablo 3.7 ile Tablo 3.8 ise 1250 içeren polyester kaplama kumaşın sonuçlarını yansıtmaktadır. Tek kat kaplama için sonuçlarda birinci sırada Ti, ikinci sırada Ca elementi yer almaktadır. 1250 kaplamasında kaplama sayısı arttıkça element oranlarının de arttığı görülmektedir.

Tablo 3.9 ve Tablo 3.10 1251 içeren polyester kaplama kumaşların sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlara göre kaplamada Mg 1. ve Ca 2. Sırada yer almıştır. Kaplama sonucunda ilk ve üç katta Mg element oranının azaldığı ve Ca elementi oranının arttığı görülmüştür.

Tablo 3.11 ve Tablo 3.12 1290 içeren polyester kaplama kumaşların sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlara göre tek kat kaplamada Mg 1. ve Ca 2. Sırada yer almıştır. Üç kat kaplama da Ti ve elementi 1. Sırada olup, akrilik kaplama içerisinde Ca elementi 2. Sırada ve Mg elementi 3. Sırada yer almıştır. Üç kat kaplama sonucunda Mg ve Ca element oranının de düştüğü, Ti elementinin oranının arttığı görülmüştür.

Tablo 3.13 ve Tablo 3.14 1291 içeren polyester kaplama kumaşların sonuçlarını göstermektedir. Bu sonuçlara göre kaplamada Mg 1. ve Ca 2. Sırada yer almıştır. Kaplama sonucunda ilk ve üç katta Mg element oranının azaldığı ve Ca elementi oranının arttığı görülmüştür.

4.1.2. TGA Sonuçları

Şekil 3.1.- 3.3.-3.5.- 3.7.- 3.9.- 3.11.- 3.13.- 3.15.- 3.17.- 3.19.- 3.21.- 3.23.- 3.25- 3.27 de‘yer alan grafikler kaplanmış numunelerin TGA grafiklerini göstermektedir. Bu şekillerde mavi renk ile gösterilen eğriler Thermo gravimetrik analysis (TGA) eğrileri, kırmızı ile gösterilen eğriler kütle kaybındaki değişim hızı (derivative thermo gravimetric) (DTG) analizini göstermektedir. TGA, sıcaklık artışı ile malzemede meydana gelen oransal (%) kütle kaybını göstermektedir. Yeşil renk ile gösterilen DTA ise DSC (differential scanning calorimetry) tekniğine benzerdir. Malzemenin absorbe ettiği (endotermik) veya ortama verdiği (ekzotermik) ısı miktarını göstermektedir. Tüm şekillerde DTA ’nın sıcaklıkla artış göstermesi nedeniyle, yanma reaksiyonunun ekzotermik olduğu görülmüştür.

Şekil 3.1 ve Şekil 3.3’de LH3C toz numunesinin Tek ve üç kat TGA sonuçları verilmektedir. Şekil 3.1’deki grafikte, ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C’ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C’ den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 470 °C’ ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 470 °C’ de malzeme, ağırlığının %72’sini kaybetmiş durumdadır (Kalan ağırlık %28). 470 °C’ den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşça düşmektedir. LH3C numunesinin bu sıcaklık değerinde Mg ve Ca minerallerinin kalıntı yapması sebebiyle malzeme üzerinde seramiğe benzer bir kül tabakası oluşturmasının sıcaklığın daha da artırılmasıyla kütle kaybındaki düşüşü azalttığı söylenebilir. 620°C’ civarına gelindiğinde ise malzemenin başlangıçtaki kütlesinin yaklaşık % 78’sini kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan miktar %22). Bu sıcaklıktan sonra malzeme ağırlığında önemli bir değişim görünmemektedir. Üç kat kaplama yapılan Şekil 3.3’deki grafikte ise ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C’ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C’ den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 460 °C’ ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 460 °C’ de malzeme ağırlığının yaklaşık %60’ını kaybetmiş durumdadır. 460 °C’ den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşlamaktadır. 620 °C civarında malzeme ağrılığının %72’sinin kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan ağırlık %28). Bu sıcaklıktan sonra önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. Şekil 3.1’e nazaran daha kalın yapıdaki LH3C kaplamasının

bu sıcaklık değerinde malzeme üzerindeki bıraktığı kül tabakasının Şekil 3.1'e göre daha fazla olduğundan dolayı kalan ağırlık miktarının daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 3.5 ve Şekil 3.7'de LH15 toz numunesinin tek ve üç kat kaplanmış kumaşların TGA sonuçları verilmektedir. Şekil 3.5'deki grafikte, ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 470 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 470 °C' de malzeme, ağırlığının %68'sini kaybetmiş durumdadır (Kalan ağırlık %32). 470 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşça düşmektedir. LH15 numunesinin bu sıcaklık değerinde Ti ve Ca minerallerinin kalıntı yapması sebebiyle malzeme üzerinde seramiğe benzer bir kül tabakası oluşturmasının sıcaklığın daha da artırılmasıyla kütle kaybındaki düşüşü azalttığı söylenebilir. 620°C' civarına gelindiğinde ise malzemenin başlangıçtaki kütlesinin yaklaşık % 75'sini kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan miktar %25). Bu sıcaklıktan sonra malzeme ağırlığında önemli bir değişim görünmemektedir. Üç kat kaplama yapılan Şekil 3.7'deki grafikte ise ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 460 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 460 °C' de malzeme ağırlığının yaklaşık %62'ını kaybetmiş durumdadır. 460 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşlamaktadır. 620 °C civarında malzeme ağrılığının %72'sinin kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan ağırlık %28). Bu sıcaklıktan sonra önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. Şekil 3.5'e nazaran daha kalın yapıdaki LH15 kaplamasının bu sıcaklık değerinde malzeme üzerindeki bıraktığı kül tabakasının Şekil 3.5'e göre daha fazla olduğundan dolayı kalan ağırlık miktarının daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 3.9 ve Şekil 3.11'de LH15C toz numunesinin Tek ve üç kat TGA sonuçları verilmektedir. Şekil 3.9'deki grafikte, ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 470 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 470 °C' de malzeme, ağırlığının %82'sini kaybetmiş durumdadır (Kalan ağırlık % 18). 470 °C' den sonra sıcaklığın daha

da artırılmasıyla ağırlık kaybında ciddi bir azalma olmadığı görülmüştür. LH15C numunesinin bu sıcaklık değerinde Ti ve Si minerallerinin kalıntı yapması sebebiyle malzeme üzerinde seramiğe benzer bir kül tabakası oluşturmasının sıcaklığın daha da artırılmasıyla kütle kaybındaki düşüşü azalttığı söylenebilir. 620°C' civarına gelindiğinde ise malzemenin başlangıçtaki kütlesinin yaklaşık % 86'sini kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan miktar %14). Üç kat kaplama yapılan Şekil 3.11'deki grafikte ise ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 460 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 460 °C' de malzeme ağırlığının yaklaşık %82'sini kaybetmiş durumdadır. 460 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşlamaktadır. 620 °C civarında malzeme ağrılığının %85'sinin kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan ağırlık %15). Bu sıcaklıktan sonra önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. Şekil 3.9'a nazaran daha kalın yapıdaki LH15C kaplamasının bu sıcaklık değerinde malzeme üzerindeki bıraktığı kül tabakasının Şekil 3.9'a göre daha fazla olduğundan dolayı kalan ağırlık miktarının daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 3.13 ve Şekil 3.15'de 1250 toz numunesinin Tek ve üç kat TGA sonuçları verilmektedir. Şekil 3.13'deki grafikte, ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 470 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 470 °C' de malzeme, ağırlığının %72'sini kaybetmiş durumdadır (Kalan ağırlık % 28). 470 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybında ciddi bir azalma olmadığı görülmüştür. 1250 numunesinin bu sıcaklık değerinde Ti ve Ca minerallerinin kalıntı yapması sebebiyle malzeme üzerinde seramiğe benzer bir kül tabakası oluşturmasının sıcaklığın daha da artırılmasıyla kütle kaybındaki düşüşü azalttığı söylenebilir. 620°C' civarına gelindiğinde ise malzemenin başlangıçtaki kütlesinin yaklaşık % 82'sini kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan miktar %18). Bu sıcaklıktan sonra malzeme ağırlığında önemli bir değişim görünmemektedir. Üç kat kaplama yapılan Şekil 3.15'deki grafikte ise ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 360 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 360 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki

kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 460 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 460 °C' de malzeme ağırlığının yaklaşık %62'sini kaybetmiş durumdadır. 460 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşlamaktadır. 620 °C civarında malzeme ağrılığının %75'sinin kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan ağırlık %25). Bu sıcaklıktan sonra önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. Şekil 3.13'e nazaran daha kalın yapıdaki 1250 kaplamasının bu sıcaklık değerinde malzeme üzerindeki bıraktığı kül tabakasının Şekil 3.13'e göre daha fazla olduğundan dolayı kalan ağırlık miktarının daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 3.17 ve Şekil 3.19'da 1251 toz numunesinin Tek ve üç kat TGA sonuçları verilmektedir. Şekil 3.17'deki grafikte, ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 470 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 470 °C' de malzeme, ağırlığının %72'sini kaybetmiş durumdadır (Kalan ağırlık %28). 470 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşça düşmektedir. 1291 numunesinin bu sıcaklık değerinde Mg ve Ca minerallerinin kalıntı yapması sebebiyle malzeme üzerinde seramiğe benzer bir kül tabakası oluşturmasının sıcaklığın daha da artırılmasıyla kütle kaybındaki düşüşü azalttığı söylenebilir. 620°C' civarına gelindiğinde ise malzemenin başlangıçtaki kütlesinin yaklaşık % 78'sini kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan miktar %22). Bu sıcaklıktan sonra malzeme ağırlığında önemli bir değişim görünmemektedir. Üç kat kaplama yapılan Şekil 3.19'deki grafikte ise ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 460 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 460 °C' de malzeme ağırlığının yaklaşık %64'ını kaybetmiş durumdadır. 460 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşlamaktadır. 620 °C civarında malzeme ağrılığının %75'sinin kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan ağırlık %25). Bu sıcaklıktan sonra önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. Şekil 3.17'e nazaran daha kalın yapıdaki 1251 kaplamasının bu sıcaklık değerinde malzeme üzerindeki bıraktığı kül tabakasının Şekil 3.17'a göre

daha fazla olduğundan dolayı kalan ağırlık miktarının daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 3.21 ve Şekil 3.23'de 1290 toz numunesinin Tek ve üç kat TGA sonuçları verilmektedir. Şekil 3.21'deki grafikte, ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 470 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 470 °C' de malzeme, ağırlığının %66'sini kaybetmiş durumdadır (Kalan ağırlık %34). 470 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşça düşmektedir. 1290 numunesinin bu sıcaklık değerinde Mg, Ca ve Ti minerallerinin kalıntı yapması sebebiyle malzeme üzerinde seramiğe benzer bir kül tabakası oluşturmasının sıcaklığın daha da artırılmasıyla kütle kaybındaki düşüşü azalttığı söylenebilir. 620°C' civarına gelindiğinde ise malzemenin başlangıçtaki kütlesinin yaklaşık % 78'sini kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan miktar %22). Bu sıcaklıktan sonra malzeme ağırlığında önemli bir değişim görünmemektedir. Üç kat kaplama yapılan Şekil 3.23'deki grafikte ise ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 460 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 460 °C' de malzeme ağırlığının yaklaşık % 82'sini kaybetmiş durumdadır. (Kalan ağırlık %18) 460 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşlamaktadır. Bu sıcaklıktan sonra önemli bir kütle kaybı görünmemektedir.

Şekil 3.25 ve Şekil 3.27'de 1291 toz numunesinin Tek ve üç kat TGA sonuçları verilmektedir. Şekil 3.25'deki grafikte, ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 470 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 470 °C' de malzeme, ağırlığının %76'sini kaybetmiş durumdadır (Kalan ağırlık %24). 470 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşça düşmektedir. 1291 numunesinin bu sıcaklık değerinde Mg ve Ca minerallerinin kalıntı yapması sebebiyle malzeme üzerinde seramiğe benzer bir kül tabakası oluşturmasının sıcaklığın daha da artırılmasıyla kütle kaybındaki düşüşü azalttığı söylenebilir. 620°C' civarına

gelindiğinde ise malzemenin başlangıçtaki kütlesinin yaklaşık % 82'sini kaybettiği anlaşılmaktadır (Kalan miktar %18). Bu sıcaklıktan sonra malzeme ağırlığında önemli bir değişim görünmemektedir. Üç kat kaplama yapılan Şekil 3.27'deki grafikte ise ısı ve buna bağlı sıcaklık artışı ile birlikte 380 °C'ye kadar önemli bir kütle kaybı görünmemektedir. 380 °C' den sonra sıcaklığın daha da arttırılmasıyla malzemedeki kütle kaybı hızlı bir şekilde düşmektedir. Bu düşüş 460 °C' ye kadar hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. 460 °C' de malzeme ağırlığının yaklaşık %82'ını kaybetmiş durumdadır. (Kalan ağırlık %18) 460 °C' den sonra sıcaklığın daha da artırılmasıyla ağırlık kaybındaki azalma miktarı yavaşlamaktadır. Bu sıcaklıktan sonra önemli bir kütle kaybı görünmemektedir.

Tablo 4.1.' de numunelerde bazı sıcaklık değerlerinde oluşan kütle kayıp oranları verilmiştir.

Tablo 4.1. Numunelerin Bazı Sıcaklıklarda Kütle Kayıp Oranları

Mineral	Numune Geçiş Sayısı	Sıcaklık (°C)	Kütle Kaybı Oranı %
LH3C	Tek Kat	470	72
		620	78
	Üç Kat	460	60
		620	72
LH15	Tek Kat	470	68
		620	75
	Üç Kat	460	62
		620	72
LH15C	Tek Kat	470	82
		620	86
	Üç Kat	460	82
		620	85
1250	Tek Kat	470	72
		620	82
	Üç Kat	460	62
		620	75
1251	Tek Kat	470	72
		620	78
	Üç Kat	460	64
		620	75
1290	Tek Kat	470	66
		620	78
	Üç Kat	460	82
		460 Sonrası	Önemli Kütle Kaybı Yok
1291	Tek Kat	470	76
		620	82
	Üç Kat	460	82
		460 Sonrası	Önemli Kütle Kaybı Yok

4.1.3. SEM Görüntüleri

Şekil 3.2. - 3.4. -3.6. - 3.8. - 3.10. - 3.12. - 3.14. - 3.16. - 3.18. - 3.20. - 3.22. - 3.24. - 3.26- 3.28'de numunelerin SEM yüzey görüntüleri verilmektedir. Şekillerin üzerinde de gösterildiği üzere, kumaş görüntüleri, 100x, 150x ve 500x olarak büyütülmüştür. Şekillere genel olarak bakıldığında, tek kat kaplamada, kumaş, lif ve iplik konstrüksiyonları seçilebilirken, üç kat kaplamada kumaş konstrüksiyonu görünmemekte, sadece mineral kaplama görülmektedir. Huntit ve hidromanyezit mineralinin boyut bakımından varyasyon oluşturduğu görüntü bu şekillerden de seçilebilmektedir. Bazı şekillerde kumaş üzerinde mikro boyutta boşluk oluştuğu da görülmektedir. Bu boşlukların, kaplama yapılırken minerallerin rakle üzerinde hareket etmesiyle kumaş üzerinde yaptığı boşluklar olduğu düşünülmektedir.

Şekiller incelendiğinde kumaşlarda kaplama sayısı arttıkça, mineral görüntüsünün kumaş üzerinde daha çok görünür olduğu anlaşılmaktadır. Şekillerden kaplamanın homojen bir şekilde yapıldığı, minerallerde bir topaklaşma veya aglomerasyon olmadığı görülmektedir. Kumaş alt yüzeyinde ise kaplama geçiş sayısı (kat sayısı) arttıkça mineralin kumaşın alt tarafında da görülmeye başladığı anlaşılmaktadır. Bir kat geçişlerde kumaşın arka tarafına sızma olmazken iki ve üç kat geçişlerde kumaşın arka yüzeyinde de kaplama maddesi bulunmaktadır.

4.1.4. LOI Sonuçları

Ham polyester kumaşın LOI değeri %21 iken akrilik ile kaplama yapıldığında LOI değeri düşmektedir. Akriliğin polyestere göre daha yanıcı olması sebebiyle, akrilik kaplama yapıldığında kumaşın LOİ değeri düşmektedir. Kaplama malzemesinin ana bileşeni akrilik olmak zorunda olduğu için akrilikten vazgeçilememiştir. Huntit-Hidromanyezit ile kaplama yapıldığında LOİ değerinin %21 civarına tekrar geldiği görülmektedir. Dolayısıyla saf akrilik ile yapılan kaplamada elde edilen sonuçlar iyileştirilebilmiştir. LH3C ve LH15C'de mineral üzerinde kullanılan stearik asit kaplamasının güç tutuşurluğu azalttığı söylenebilir. Nitekim LH15C'nin LOİ değeri en düşük sonuçları vermiştir. LH3 (9µm) ve LH15 (16,5 µm) arasındaki mineral boyutu farklılığının LOİ değerine etkisi de bu tabloda incelenebilir. LH3C, LH15C'ye göre daha küçük boyutlu olduğu için spesifik yüzey alanı daha büyüktür. Bu bakımdan,

LHC3'nin LOİ sonuçları LH15C'e göre daha yüksektir. LH15 ve LH15C karşılaştırıldığında ise, LH15C'de mineral üzerinde yapılan stearik asit kaplamasının LOİ değerini düşürdüğü gözlenmektedir. Buradan stearik asit kaplamasının özellikle tekstil malzemelerinde kullanımının güç tutuşurluk açısından uygun olmadığı çıkarımı yapılabilir. Yapılan kaplamalarda en iyi sonucu LH15 ile yapılan üç kat kaplama vermiştir. LOİ değerinin 24'ün üzerinde olması, kumaşın güç tutuşur olduğu gösterdiğinden LH15 ile yapılan üç kat kaplamanın güç tutuşurluk sağladığı söylenebilmektedir.

Huntit ağırlıklı mineraller olan 1250, 1251, 1290 ve 1291 mineralleri karşılaştırıldığında ise en iyi sonucun 1250-üç kat, 1251-üç kat ve 1290-üç kat olduğu görülmektedir. Bu kumaşların kendiliğinden güç tutuşurluk sınırı olan 24'e yakın olduğu görülmektedir. En düşük sonucu ise 1291-tek kat yapılan kumaş olduğu görülmektedir. Diğer kaplamaların LOİ değerleri arasında önemli bir fark görülememiştir. 1250 kodlu mineralde kullanılan Huntit boyutu 12,5 µm iken 1290 kodlu mineraldeki huntit boyutu 16,5 µm'dir. Ayrıca 1251 ve 1291 kodlu mineraller, sırasıyla 1250 ve 1290 kodlu numunelere yapılan stearik asit kaplamasını ifade etmektedir. 1250 ve 1251 kodlu numuneler kendi aralarında karşılaştırıldığında stearik asit kaplamasının önemli bir etki oluşturmadığı görülebilmektedir. 1290 ve 1291 numaralı numuneler karşılaştırıldığında ise stearik asit kaplamasının LOİ değerinin düşürdüğü görülmektedir. 1250-1290 ve 1251-1291 numuneler karşılaştırıldığında ise mineral boyutu etkisinin önemli olmadığı görülmektedir.

4.2. Sonuç ve Öneriler

Çalışma kapsamında, polyester zemin kumaş üzerine akrilik ortam içerisinde ticari huntit- hidromanyezit mineralleri kullanılarak kaplama yapılmıştır. Çalışmada kaplama kat sayısı ve mineral tipi değiştirilerek güç tutuşurluk özellikleri araştırılmıştır. Akrilik kaplama polyester kumaşın sahip olduğu güç tutuşurluk değerini düşürmektedir [8]. Ancak akrilik kaplama, özellikle stor perdelik kumaşlarda sahip olduğu yüksek UV değeri ve tutum bakımından, ayrıca kaplama yapılabilmesi için uygun bir ortam sağladığından akrilik kaplama tercih edilmektedir. Akrilik pat malzemesi içerisine katkı olarak verilen huntit-hidromanyezit minerallerinin, LH15C dışında, güç tutuşurluğu arttırdığı görülmektedir. Mineral üzerine yapılan stearik asit kaplamanın güç

tutuşurluğu azalttığı, mineral boyutunun artırılmasının güç tutuşurluğu arttırdığı görülmüştür. LH15'in tüm mineraller içerisinde en iyi güç tutuşurluk değerini verdiği görülmüştür. Hidromanyezit ağırlıklı (LH3 ve LH15 serileri) ile Huntit ağırlıklı (1250, 1251 serileri) karşılaştırıldığında ise huntit katkısının kumaşta benzer güç tutuşurluk değerleri verdiği, LH serilerinde ise kullanılan mineral boyutu ve stearik asit kaplama ile farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Elde edilen kaplama kumaşlar incelendiğinde ise Hidromanyezit ağırlıklı LH serisinin daha yumuşak bir tutuma sahipken, huntit ağırlıklı 12.. serilerinin daha sert bir tutuama sahip olduğu görülmüştür. Bu bakımlardan, en iyi güç tutuşurluk için LH15 ile üç kat yapılan kaplamanın uygun olabileceği düşünülmektedir. Çalışma sonucunda geliştirilen kaplanmış kumaşların sınırlı güç tutuşur özelliğe sahip olduğu; ayrıca huntit-hidromanyezit içerikli bu kumaşların dökümlülüğünün huntit-hidromanyezit içermeyen kumaşlara göre farklı olmadığı da görüldüğünden, Huntit-hidromanyezit içeren kaplanmış kumaşların endüstride üretilmesiyle, son kullanıcılar için halojen içermeyen güç tutuşur ev tekstili olarak kullanılabileceği önerilmektedir.

Ayrıca gelecek çalışmalar için bazı öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

1- Akrilik malzeme, LOİ değerini düşüren bir unsur olarak ön plana çıkmıştır. Bunun için kaplama malzemesi içerisinde akrilik yerine farklı kaplama matrisi kullanılabilir.

2- Çalışmada polyester zemin kumaş seçilmiştir. Farklı lif içerikli zemin kumaş seçilerek bir çalışma yürütülebilir.

3- Perde amaçlı kullanılabilecek olan Huntit-hidromanyezit içerikli kumaşların mekanik (çekme ve yırtılma) ve ısıl özellikleri de incelenebilir.

4- Huntit-hidromanyezitin kısmi antibakteriyel etki gösterdiği bilindiğinden, bu mineral ile kaplanmış kumaşların antibakteriyel özellikler incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Çinçik, E., 2012. Kaplama ve laminasyon teknolojisi ders notları, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

2. Çiftci, A. 1996. Tekstil Boyama ve Baskısında Kullanılan Yardımcı Maddeler, Sümer Yayın, Bursa, s. 2-5,

3. Uda, M., Sassa, S., Yoshioka, T., Taniguchi, K., Nomura, S., Yoshimura, S., ... & ZAGHLOUL, B. 1999. X-ray analysis of pigments on ancient Egyptian monuments. **International Journal of PIXE, 9**(03n04), 441-451.

4. Abdel-Ghani, M. H. 2009. A multi-instrument investigation of pigments, binders and varnishes from Egyptian paintings (AD 1300-1900): molecular and elemental analysis using Raman, GC-MS and SEM-EDX techniques, University of Bradford Department of Archaeological Sciences A Thesis Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy.

5. Barbieri, M., Calderoni, G., Cortesi, C., & Fornaseri, M. 1974. Huntite, a mineral used in antiquity. **Archaeometry, 16**(2), 211-220.

6. Holakooei, P., & Karimy, A. H. (2015). Micro-Raman spectroscopy and X-ray fluorescence spectrometry on the characterization of the Persian pigments used in the pre-seventeenth century wall paintings of Masjid-i Jāme of Abarqū, central Iran. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 134**, 419-427.

7. Aydemir, H. 2013. Seçilmiş Perdelik Kumaşların Ses Yalıtımı ve Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri, s. 119.

8. Karadayı, V. 2019. Huntit-Hidromanyezit Katkılı Kaplanmış Kumaşların Güç Tutuşurluk Özelliklerinin Belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.

9. Topak, Y. 2006. Yukarıtırtar–Aşağıtırtar köyleri (Isparta kuzeydoğusu) arasında gözlenen manyezit yatağının oluşumu ve kökeni. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

10. Yıldırım, S., & Çelik, E. 2014. Alev Geciktirici Huntit ve Hidromanyezit Nanopartikül Takviyeli Polimetrik Kompozit Kaplamalar. **Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 14**(3), 387-393.

11. Simandl, G. J., Simandl, J., & Debreceni, A. 2000. British Columbia hydromagnesite-magnesite Resources: potential flame retardant material. Geological fieldwork, s. 327- 336

12. Fırat C., 2003. Salda Gölü Hidromanyezit Cevherinin Flotasyon Özelliklerinin Tespiti, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek lisans Tezi.

13. Kangal, O., Sirkeci, A. A., & Güney, A. 2005. Flotation behaviour of huntite (Mg3Ca (CO3) 4) with anionic collectors. **International Journal of Mineral Processing, 75**(1-2), 31-39.

14. Altay, P., 2010. Polyester kumaşların emdirme ve çektirme yöntemlerine göre güç tutuşurluk özelliklerinin incelenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İzmir.

15. Sen F, Madakbas S, Kahraman MV, 2014. Preparation and Characterization of Polyaniline/Turkish Huntite-Hydromagnesite **Composites, Polymer Composites, 35**(3), 456-460,

16. Seki Y, Sever,K, Sarikanat M, Sakarya A, Elik E, 2013. Effect of huntite mineral on mechanical, thermal and morphological properties of polyester matrix, **Composites Part B-Engineering, 45**(1), 1534-1540,

17. Öz, M. K. 2006 Yanmaya Karşı Dirençli (FR) ve Katyonik Boyalarla Boyanabilen (CD) Polyester Üretimi ve Bu Polyesterin Elyaf Prosesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi

18. Erkut, D. 2020. Farklı Karışım Oranlarında Güç Tutuşur Özelliğe Sahip Liflerden Elde Edilen İplik ve Kumaş Özelliklerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi.

19. Ömeroğulları, Z., Kut, D., 2012. Tekstilde güç tutuşurluk. **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17**(1):27-40.

20. Lu, S. Y., & Hamerton, I. 2002. Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers. **Progress in polymer science, 27**(8), 1661-1712.

21. Friessell, W. J., & Bikales, N. M. 1967. **Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Vol. 6.**

22. Zakut, M., Ersoy, O. G., Kangal, M. O., & Uyanık, N. 2012. Huntit ve Hidromagnezit Minerallerinin Polipropilenin Alev Geciktirici ve Mekanik Özelliklerine Etkisi, IV. Ulusal Polimer Bilim ve Teknoloji Kongresi.

23. Kirschbaum, G., 2001. Minerals on Fire, Flame Retardants Look to Mineral Solutions, 3rd Minerals in Compoundings Conference, 8-10 April,an IMIL-AMI joint conference.

24. Clemens, M.L., Doyle, M.D., Lees, G.C., Briggs, C.C., Day, R.C., 1994. Non-Halogenated Flame Retardant for Polypropylene, Proceedings:Flame Retardants, s. 193-202.

25. Fire, F. L., 1992. Combustibility of Plastics, Springer Publishing, s. 25-35.

26. Topçu, H. 2019. Huntit-hidromanyezit katkılı nanosoller ile işlem Gören pamuklu kumaşın güç tutuşurluk özelliklerinin araştırılması, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

27. Güler, T. 2017. Mechanical, Thermal And Flammability Properties Of Huntite Hydromagnesite Reinforced Polyurethane Elastomer, In Partıal Fulfıllment Of The Requırements For The Degree Of Master Of Scıence In Polymer Scıence And Technology

28. Nasirpour, E. 2016. Production Of Nanostructured Flame Retardant Composite Materials For Touch Screenoled Tv. Dokuz Eylul University Graduate School Of Natural And Applied Sciences, İzmir.

29. Çömez, E. E., & Öztürk, S. 2022. Etilen Vinil Asetat (Evm) ve Etilen Propilen Dien (Epdm) Karışımlarına Eklenen Huntit/Hidromanyezit'in Etkilerinin İncelenmesi. **Journal Of Materials And Mechatronics 3**(1), 33-49.

30. Yücel B. Gül Ö. 2017. Dünyada ve Türkiye'de Huntit, Maden Teknik ve Arama Genel Müdürlüğü Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı.

31. Kaya, M. 1998. Alev Geciktirici ve Duman Bastırıcı Katkı Maddeleri. **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 11**(2), 77-88.

32. Koçyiğit, N. 2019. Mineral Esaslı Alev Geciktiriciler Ve Halojensiz Alüminyüm Hidrooksi Ve Magnezyum Hidroksitin Alev Geciktirici Özelliğinin Karşılaştırılması. Proceedıng Book.

33. Hollingbery, L. A., & Hull, T. R. 2010. The Thermal Decomposition Of Huntite And Hydromagnesite A Review. **Thermochimica Acta, 509**(1-2), 1-11.

34. Atay, H. Y., & Çelik, E. 2013. Mechanical Properties Of Flame-Retardant Huntite And Hydromagnesite-Reinforced Polymer Composites. **Polymer-Plastics Technology And Engineering, 52**(2), 182-188.

35. Kangal, O., Kökkılıç, O., & Burat, F. 2009. Production Of Huntite And Hydromagnesite With Flame Retardant Featured By Flotation. **Mining, Metallurgy & Exploration, 26**(2), 109-113.

36. Toure, B., Cuesta, J. M. L., Gaudon, P., Benhassaine, A., & Crespy, A. 1996. Fire Resistance And Mechanical Properties Of A Huntite/Hydromagnesite/Antimony Trioxide/Decabromodiphenyl Oxide Filled Pp-Pe Copolymer. **Polymer Degradation And Stability, 53**(3), 371-379.

37. Liodakis, S., Antonopoulos, I., Agiovlasitis, I. P., & Kakardakis, T. 2008. Testing The Fire Retardancy Of Greek Minerals Hydromagnesite And Huntite On Wuı Forest Species Phillyrea. Latifolia L. **Thermochimica Acta, 469**(1-2), 43-51.

38. Atay, H. Y., & Çelik, E. 2016. Flame Retardant Properties Of Boric Acid And Antimony Oxide Accompanying With Huntite And Hydromagnesite İn The Polymer Composites. **Polymers And Polymer Composites, 24**(6), 419-428.

39. Dike, A. S., Tayfun, U., & Dogan, M. 2017. Influence Of Zinc Borate On Flame Retardant And Thermal Properties Of Polyurethane Elastomer Composites Containing Huntite-Hydromagnesite Mineral. **Fire And Materials, 41**(7), 890-897.

40. Baştürk, E., Madakbaş, S., Karadoğan, B., & Vezir Kahraman, M. 2016. Preparation And Thermal Properties Of Polyethylene Terephthalate/Huntite–Hydromagnesite Composites. **Polymer Composites, 37**(11), 3275-3279.

41. Onar Camlibel, N., & Topcu, H. 2021. Flame Retardant Cotton Fabric Modified With Silica Nanosols Containing Huntite–Hydromagnesite Grafted With Gptms And Vtes. **The Journal Of The Textile Institute, 112**(7), 1129-1143.

42. Atay, H. Y., Icin, Ö. & Kuru, B. 2020. Investigations Of Flame Retardant Properties Of Zinc Borate Accompanying With Huntite And Hydromagnesite İn Polymer Composites. Inżynieria Mineralna.

43. Kanbur, Y., & Tayfun, Ü. 2017. Mechanical, Physical And Morphological Properties Of Polypropylene/Huntite Composites. **Sakarya University Journal Of Science, 21**(5), 1045-1050.

44. Madakbaş, S., Celik, Z., Dumludağ, F., & Kahraman, M. V. 2014. Preparation, Characterization And Electrical Properties Of Polyacrylonitrile/Huntite Composites. **Polymer Bulletin, 71**(6), 1471-1481.

45. Eslek Koyuncu, Yaşyerli, D., S., & Yaşyerli, N. 2021. High-Temperature Co2 Capture Using Regenerable Ca-Mg-Based Sorbents Derived From Natural Minerals: Huntite, Hydromagnesite, And Magnesite.

46. Nikitina, A. V., & Simonov-Emelyanov, I. D. 2018. Halogen Free Flame Retardant-Fillers Based On A Mixture Of Hydromagnesite, Huntite For Polymer Materials. **Plasticheskie Massy,** (7-8), 37-42.

47. Hollingbery, L.A. And Hull, T Richard 2012. The Thermal Decomposition Of Natural Mixtures Of Huntite And Hydromagnesite. Thermochimica Acta, 528. 45-52.

48. Savaş, L. A., Arslan, C., Hacioglu, F., And Dogan, M., 2018. "Effect Of Reactive And Nonreactive Surface Modifications And Compatibilizer Use On Mechanical And Flame-Retardant Properties Of Linear Low-Density Polyethylene Filled With Huntite And Hydromagnesite Mineral", **Journal Of Thermal Analysis And Calorimetry, 134**(3), 1657-1666,

49. Savaş, L. A., Onar, N., Kutlu, B., Sergin, E., 2016. And Yakin, I, "Synergistic Effect Of Phosphorus, Nitrogen And Silicon On Flame Retardancy Properties Of Cotton Fabric Treated By Sol-Gel Process", **International Journal Of Clothing Science And Technology, 28(**3), 319-327,

50. Alongi, J., Colleoni, C., Rosace, G., And Malucelli, G., 2014. "Sol–Gel Derived Architectures For Enhancing Cotton Flame Retardancy: Effect Of

Pure And Phosphorus-Doped Silica Phases", **Polymer Degradation And Stability,** 99, 92- 98.

51. NFPA, 2017. National Fıre Protectıon Assocıatıon https://www.nfpa.org/, (Erişim Tarih: 04.16.2022)

52. Katırcıoğlu D., 2018. Alev Geciktirici Mineral Dolgu Maddeleri, **Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7** (3), 1175-1179

53. İTKİB, 2015. Tekstil, Teknik Tekstil Sektörüne İlişkin Güncel Bilgiler, Tekstil Deri ve Halı Şubesi.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Zafer KILIÇ

Uyruğu: Türkiye (T.C)

EĞİTİM

Derece	**Kurum**	**Mezuniyet Tarihi**
Yüksek Lisans	Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği	2022
Lisans	Erciyes Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği	2019
Lise	Şeker Lisesi, Kayseri	1997

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2012-Halen	Erciyes Üniversitesi	Memur
2010-2011	Yataş A.Ş.	Kalite Kontrol
2009-2010	His Tekstil A.Ş.	Satın Alma
2006-2008	Lüks Kadife A.Ş.	Planlama
2001-2002	Ulutaş Tekstil A.Ş.	Planlama

YABANCI DİL

İngilizce

ÇALIŞMA KAPSAMINDA ÜRETİLEN YAYIN

1- Kılıç Z., Demiryürek O., 2022. Characterizing the properties of huntit-hydromanesite added coated fabric in different particle sizes. 2. Uluslararası Multidisipliner Doğa Bilimleri ve Mühendislik Kongresi, Ankara, Türkiye, 1-2 Aralık.