

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Yıl: 2018
Sayı:26
(ÖZEL SAYI)

CİLT II
SOMA

ISSN NO:1304-6330

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

Sahibi:

Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Yönetim Kurulu Adına
MCBÜ Soma MYO

Editörler:

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Öğr. Gör. Fırat TEKİN

Yayın Kurulu:

Prof. Dr. Deniz MAMUREKLİ
Dr. Öğr. Üyesi Ayla TEKİN
Öğr. Gör. Fırat TEKİN
Öğr. Gör. Erkan HAFIZOĞLU

Sekreter:

Öğr. Gör. Fatih SUVAYDAN

**Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma MYO Teknik Bilimler
Dergisi yılda iki sayı olarak yayımlanan ulusal hakemli bir dergidir.**

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi

BU SAYIDAKİ HAKEM KURULU:

Prof. Dr. Yüksel ABALI
Doç. Dr. Hülya DURMUŞ
Doç. Dr. Osman ÇULHA
Dr. Öğr. Üyesi Saim KURAL
Dr. Öğr. Üyesi Seçil Çelik ERBAŞ
Dr. Öğr. Üyesi Serdar YILDIRIM
Dr. Öğr. Üyesi Tuncay DİKİCİ
Araş. Gör. Dr. Nilay YÜKSEL

Dergide yayınlanan tüm makaleler ve ileri sürülen görüşlerde, sorumluluk yazar ve hakemlere aittir.

İletişim Adresi:

Fırat TEKİN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Soma Meslek Yüksekokulu, Soma-Manisa /TÜRKİYE
Tel: 0 236 612 00 63
Fax: 0 236 612 20 02
e-mail: somamyo-dergi@cbu.edu.tr
firat.tekin@cbu.edu.tr

TC
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi
İÇİNDEKİLER

**1- İZMİR UNİVERSİADE OYUNLARI MASKOT HEYKELİNİN
TERSİNE MÜHENDİSLİK YÖNTEMLERİ İLE
DİJİTALLEŞTİRİLMESİ VE KÜÇÜK ÖLÇEKLİ OLARAK ÜÇ
BOYUTLU YAZICI İLE İMALATI**

Ali Çağlar ÖNÇAĞ, Halil TOSUN.....1-10

**2- AGING TEMPERATURE EFFECT on HARDNESS and
MICROSTRUCTURE of A357 ALUMINIUM ALLOY PART WHICH
PRODUCED by GDC and LPDC**

Gazican ÖZKAN , Bahadır UYULGAN.....11-17

**3- MOLEKÜLER KONTROL VE YÜZEY MODİFİKASYONU İLE
İNORGANİK-ORGANİK HİBRİT, FONKSİYONEL
NANOMALZEMELER**

Osman ARSLAN , Yüksel ABALI18-26

**4- IMPROVING THE FLAME RETARDANT PROPERTIES OF
COTTON FABRICS WITH BORON COMPOUNDS**

Esra GELGEÇ , F. Filiz YILDIRIM, Şaban YUMRU,
Mustafa ÇÖREKCİOĞLU.....27-44

**5- THE COMPARISON OF QUICK DRYING CHARACTERISTICS
OF LIGHT-WEIGHT WARP KNITTED TOWELS**

F. Filiz YILDIRIM, Esra GELGEÇ, Abdullah Can DENİZ,
Mustafa ÇÖREKCİOĞLU, Sema PALAMUTCU.....45-54

6- AĞIR TİCARİ KAMYONLAR İÇİN TASARIMI YAPILMIŞ TEK KATLI PARABOLİK YAPRAK YAYIN ÜRETİMİ VE FİZİKSEL DOĞRULAMASI

Göksel TOKGÖNÜL, Gediz KULAÇ, Çiler ŞENOCAK,
Emine BAŞALAN.....55-61

**7- Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu
Teknik Bilimler Dergisi Yazım Kuralları.....62-63**

İZMİR UNİVERSİADE OYUNLARI MASKOT HEYKELİNİN TERSİNE MÜHENDİSLİK YÖNTEMLERİ İLE DİJİTALLEŞTİRİLMESİ VE KÜÇÜK ÖLÇEKLİ OLARAK ÜÇ BOYUTLU YAZICI İLE İMALATI

Dr. Ali Çağlar ÖNÇAĞ¹, Halil TOSUN¹

"Bu çalışma Uluslararası Üniversite-Sanayi İşbirliği Ar-Ge ve İnovasyon Kongresinde sunulmuştur"

ÖZET

Tersine mühendislik yöntemleri, bilgisayar kapasitelerinin ve teknolojinin gelişimi ile daha fazla uygulama alanı bulmaktadır. Bu çalışmada, çevre ve doğa koşulları nedeniyle yıpranarak hasar görmüş olan ve dijital tasarım verileri olmayan bir maskot heykel üzerinde 3 boyutlu Lazer tarayıcı ile tarama işlemi gerçekleştirilmiş ve tarama verileri düzenlenerek 3 boyutlu yazıcı ile ölçekli üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu tür çalışmaların yapılmasıyla kent kültür ve tarihinde yer alan tasarım ve eserlerin hasar vermeden 3 boyutlu olarak dijital ortama aktarılabilirdiği görülmüştür. Böylelikle tersine mühendislik yöntemlerinin kullanılmasıyla eserlerin ve tasarımların pratik şekilde ve 3 boyutlu olarak gelecek kuşaklara aktarılabilmesi mümkün olmaktadır.

Anahtar sözcükler: Tersine Mühendislik, 3 Boyutlu Yazıcı, Kent Kültürü

DIGITALIZATION OF THE SCULPTURE OF IZMIR UNİVERSİADE MASCOT WITH REVERSE ENGINEERING METHODS AND SMALL- SCALE MANUFACTURING WITH 3D PRINTER

ABSTRACT

Reverse engineering methods have found more application area with the development of computer capacities and technology. In this study, a 3 dimensional (3D) laser scanning operation has been implemented on the mascot sculpture of Universiade 2005 İzmir "Efe" which was worn out by environmental and natural conditions and has no digital design data. After scanning operation by editing the scan data, a scale sculpture has been manufactured with a 3D printer. By doing such studies, it has been seen that the data of designs and arts having importance for urban culture and history can be transferred to digital media as 3D without any damaging. Thus, by using the reverse engineering methods, it is possible to present arts and designs to the next generations in a practical way and as 3D.

Keywords: Reverse engineering, 3D printer, urban culture

¹ ESHOT Genel Müdürlüğü, Teknoloji Geliştirme Şube Müdürlüğü aoncag@eshot.gov.tr; htosun@eshot.gov.tr;

1. GİRİŞ

Kentlerimizde geçmişte gerçekleştirilmiş faaliyetler ve/veya meydana getirilen eserler zaman içerisinde kent yaşamının bir parçası olabilmekte ve kent kültürüne etki etmektedir. Ne var ki tüm etkisine rağmen gerçekleştirilen faaliyet, çalışma ve eserlerin anıları, kent yaşamına kattığı değerlerin önemi ve varlığı zamanla unutulabilmektedir. İlerleyen dönemlerde kent tarihinde silik bir kayıt, resimlerde nostaljik bir kare ve hafızalarda bir simge olarak kalmaktadır.

Zamana yenik düşen çalışma, eser ve simgelerin özellikle üç boyutlu nesnelere dönüştürülmüş olanlarını (heykel, mimari eser vb.) dijital ortamlara aktarmak, bu bilginin korunması ve kolaylıkla çoğaltılmasını mümkün hale getirecektir. Gerçekleştirilen dönemsel faaliyetleri ve bu faaliyetlerin kent kültürüne etkisini gelecek kuşaklara aktarmak açısından da dijitalleştirme yararlı bir faaliyettir.

Bu motivasyon ile aşağıda bahsedeceğimiz örnek çalışma için 2005 yılında İzmir’de düzenlenmiş olan “23. Dünya Üniversite Yaz Oyunları” (Universiade) için İzmir Kuş Cenneti sakinlerinden, Latince adını İzmir’den alan Yalı Çapkını (Halcyon Smyrnensis) kuşundan esinlenerek tasarlanmış ve “Efe” ismi verilmiş [1,2] maskot seçilmiştir. Uygulama da Maskotun oyunlar döneminde oluşturulmuş heykeli üzerinde, 3 boyutlu lazer tarayıcı ile tarama işlemi gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler üzerinden düzenlemeler yapılarak 3 boyutlu (3B) yazıcı ile ölçekli replikası üretilmiştir. Taranan nesnenin hasarlı oluşu tersine mühendislik yöntemlerinin bu tür zorlu nesnelere üzerinde ne denli verimli uygulanabileceğinin sınanması açısından da faydalı bir test olmuştur. “Efe” unutulmaya başlayan bir simge olsa da Universiade oyunları için yapılan yatırım ve tesisler günümüzde İzmir’de yaşayan vatandaşlara ve sporculara hali hazırda hizmet vermeye devam etmektedir ve “Efe” gibi simgeler söz konusu tesisler gibi yapıların hikayesi ve serüveninin hatırlanmasını sağlaması açısından kent yaşamında önem arz etmektedir.

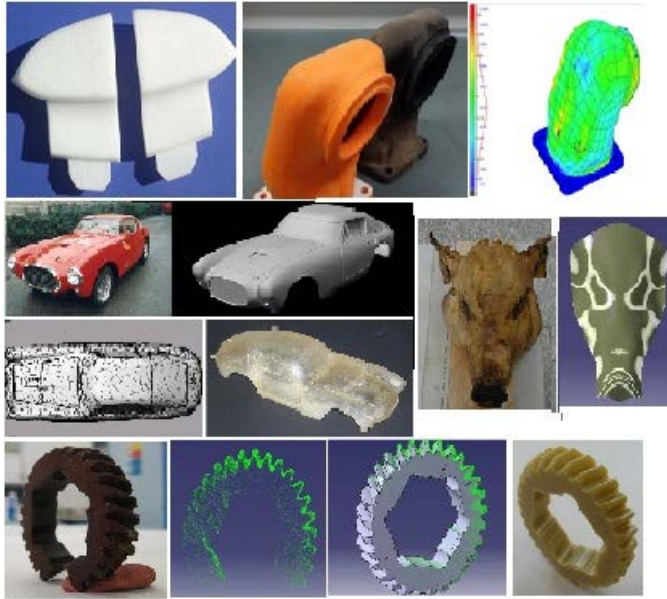
2. TERSİNE MÜHENDİSLİK YÖNTEMİ VE GEÇMİŞTE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Tersine mühendislik, bir nesnenin kopyasını ya da fonksiyonel olarak yeniden konstrüksiyonunu yapmak için bir ölçme, analiz ve test süreci olarak tanımlanabilir. Uygulamada tasarım bilgileri olmayan parçaların üretilmesinde, hasarlı parçaların analiz edilerek tamiri veya yeniden üretiminde, var olan bir parçaya dayanarak daha farklı bir ürün geliştirilmesinde, prototip üretmede vb. amaçlarla kullanılmaktadır [3,4].

Tersine mühendislik çalışmalarında temaslı-temassız ölçüm ekipmanları ve uygun bir yazılım kullanılarak, boyutları bilinmeyen parçaların boyutları tespit edilebilmekte ve modellenmesi yapılabilmektedir. Ölçüm ekipmanı olarak Koordinat Ölçüm Makinaları, Lazer tarayıcılar, yapılandırılmış aydınlatma gibi ekipmanlar kullanılabilen yazılım olarak ise Alias Design, Geomagic Design X, PowerSHAPE gibi yazılımlar kullanılabilir. Amaca yönelik olarak uygun donanım ve yazılım kullanıcı tarafından seçilmektedir [5].

Geçmişte yapılmış olan çalışmalara bakıldığında hem yazılımlar üzerinde hem de farklı ekipmanların kullanımı ile farklı türdeki nesnelere üzerinde çalışmalar yapıldığı gözlemlenmektedir. [6-15]

Bu çalışmalarda farklı hacimlerde hem mekanik hem de organik malzemeler üzerinde çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Bunlara ilişkin örnekler şekil 1’de görülmektedir. Tüm çalışmaların ortak noktası toplanan verilerin dijital ortama aktarılmış olması ve tüm tasarım ve düzenleme işlemlerinin bilgisayar yazılımları ile gerçekleştirilmiş olmasıdır. Diğer taraftan bu çalışmaların havacılık, otomotiv, ziraat gibi farklı alanlardan örnekler olduğu görülmektedir. Ayrıca yapılan çalışmaların gerçek hayatta 3 boyuta dönüştürülmesinde 3 boyutlu yazıcıların süreci tamamlayıcı bir rol oynadığı görülmektedir.



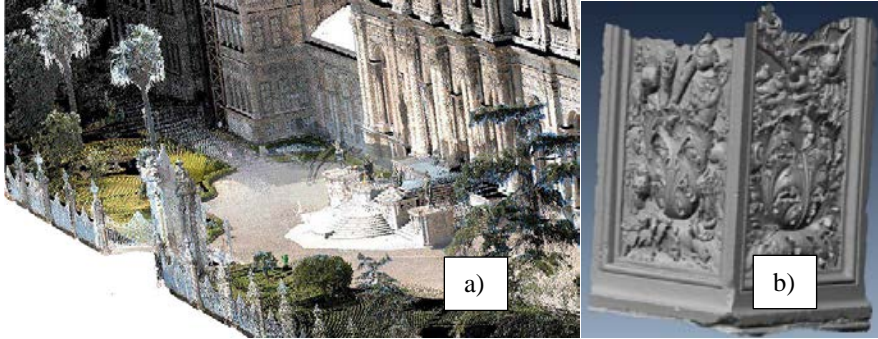
Şekil 1. Farklı nesnelere üzerinde gerçekleştirilmiş tersine mühendislik uygulamaları [5,10,11,14].

Endüstriyel uygulamaların yanı sıra tarihi ve kültürel mirasların 3 boyutlu olarak dijitalleştirilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalarda farklı tarayıcı ve yazılımların denendiği gözlemlenmektedir. Bunun yanı sıra taranan nesnelere 3B yazıcılar veya CNC (Bilgisayar Sayımlı Yönetim) tezgâhları kullanılarak replikaların üretilebildiği görülmektedir [16].

Taramalar ile elde edilen veriler, fotoğraf ve yazı gibi iki boyutlu belgelerin yanında dijital 3B belgelerin oluşmasını da sağlamaktadır. Diğer bir önemli avantaj ise fotografik olmayan görselleştirme (çizim vb.) tekniklerindeki zaman ve hassasiyet kaybı ve fotografik tekniklerdeki gölge oluşumu vb. kusurların 3B taramada olmamasıdır. Bununla birlikte nesnelere farklı açı ve pozisyonlarda çekilen fotoğrafların bir araya getirilmesi ile 3B dijital modeller üretmek de mümkün olmaktadır. Tarihi ve kültürel mirasların (nesnelere) taranmasında fotogrametri, (üçgenleştirme metodu kullanan) 3B lazer tarayıcı sistemleri, yapılandırılmış aydınlatma, ışığın uçuş süresini algılayan (LIDAR) sistemlerin kullanılabildiği görülmektedir. Amaca göre kullanıcılar uygun araçları seçebilmektedir [17].

Üzerinde çalışılan nesnelere boyutları göz önüne alındığında hem mimari eserlerin hem de bu eserlerin küçük bölümlerinin 3B olarak dijital ortama aktarılabildiği dolayısıyla şekil 2’de görüldüğü gibi hem bina gibi büyük boyutlu nesnelere hem de nispeten küçük boyutlu

nesnelerin 3B dijital modellerinin oluşturulabildiği görülmektedir. Bu veriler aynı zamanda eserlerin dijital dokümantasyonu olmaktadır [18,19].



Şekil 2. a) Dolmabahçe Sarayının bir bölümünün nokta bulutu görünümü [18] ve b) San Giovanni Maggiore Bazilikası içinde taranan bir kolon parçasının ağ örgü modeli [19].

Literatürde gerçekleştirilen uygulamalarda farklı araç gereçlerin ve tarama yöntemlerinin bazı avantaj ve dezavantajları olduğu belirtilmekte ise de [20] endüstriyel koşullar gereği araç gereçlerin (tarayıcı donanımların) ve yazılımların teknolojilerinde sürekli iyileştirme olduğunu ve geçmişte uygun olmayan bir yöntemin gelişen teknoloji ile günümüzde ve gelecekte kullanılabilir olabileceğini göz ardı etmemek gerekmektedir.

Kültürel mirasların taranarak hazırlanan 3B modellerinin internet ortamında paylaşılmasıyla dünyanın farklı noktalarındaki tarih ve sanat meraklılarına erişim olanağı sunulmaktadır. Örnek olarak: “The Metropolitan Museum of Art” (New York) bu şekilde bir uygulama yaparak envanterindeki nesnelerin 3B modellerini “thingiverse” internet sitesi üzerinden paylaşmaktadır. 3B yazıcılar ile imal edilebilen bu modeller böylelikle hem eğitim materyali olarak kullanılabilmekte hem de tasarımcılar için ilham kaynağı olmaktadır [21].

Kent kültürü açısından önemi olan nesnelerin veya kültürel mirasların temas gerektirmeyen herhangi bir 3B tarama yöntemi ile dijitalleştirilmesinin en büyük avantajlarından biri işlemin nesneye dokunmadan gerçekleştirilmesi dolayısıyla tahribatsız oluşudur. Bununla birlikte tarama işlemleri ile sonrasındaki veri düzenleme ve modelleme işlemleri tersine mühendislik konusunda uzmanlık gerektirmektedir.

Farklı alanlarda kullanılan tersine mühendislik yöntemlerinin kentlere özel eserlerin verilerinin korumasında kullanılabilmesi ve yaygınlaştırılabileceği görüşüyle “23. Dünya Üniversite Yaz Oyunları” maskotu “Efe” üzerinde 3. Bölümde gösterildiği şekilde bir uygulama gerçekleştirilmiştir.

Geleneksel ölçülendirme ve replika üretiminde kullanılacak olan ve eserlere temas gerektiren hatta eser üzerinde tahribat yaratma olasılığı olan yöntemler (bir heykelin üzerinin çeşitli malzemeler ile kaplanarak negatif kalıbını almak gibi) yerine temas gerektirmeyen ve tahribatsız yöntemleri içeren tersine mühendislik uygulamalarının kullanımı bu çalışmada önemli bir avantaj teşkil etmektedir. Ayrıca bütün yeniden tasarım işlemlerinin bilgisayar ortamında yapılmasıyla hacim olarak büyük nesnelere harcanacak eforun azaltılması da sağlanmaktadır.

3. UYGULAMA

Üzerinde uygulama yapılan “Efe” maskotunun heykeli bulunduğu noktadan taşınarak ESHOT Genel Müdürlüğü Gediz bakım atölyesine getirilmiştir. İlk gözlemlerde polyester malzemeden imal edilmiş olan heykelde iklim ve çevre koşulları nedeniyle çatlaklar ve boyasında solmalar olduğu gözlemlenmiştir.

Heykel Romer 7325 marka ve model 6 eksenli bir KÖM (Koordinat Ölçüm Makinası) üzerine entegre edilmiş HP-L.8.9 3B Lazer tarayıcı ile taranmıştır.

Söz konusu tarayıcı üçgenleştirme metodu temelli olarak çalışmaktadır. Bu metotta cihaz üzerinde yer alan lazer taranacak cisim üzerine lazer ışını göndermektedir. Lazere belirli bir mesafe ve açıda bulunan bir kamera cisim üzerinden yansıyan lazer ışını algılamaktadır. Lazer ışını, kamera ve lazerin cisim üzerine düştüğü nokta arasında oluşturulan üçgenden trigonometrik hesaplamalar ile taranan pozisyonlar belirlenmektedir. Belirlenen pozisyonlar noktalar halinde bilgisayara kaydedilmekte ve yazılımlar aracılığıyla görselleştirilmektedir.

Tarama işlemi yaklaşık olarak 3 iş günü, verilerin düzenlenerek yeniden tasarlanması 1,5 gün sürmüştür. Bu sürelerin uygulamayı yapan kişinin deneyimine ve kullandığı bilgisayarın kapasitesine bağlı olarak bir miktar kısalması veya uzaması mümkündür. Tarama işlemi öncesinde heykel üzerinde herhangi bir tadilat işlemi gerçekleştirilmemiş olup hasarlardan kaynaklanan kusurların bilgisayar ortamında düzeltilmesi hedeflenmiştir ve böylelikle yapılabileceklerin kapasitesi görülmeye çalışılmıştır. Uygulamada taranacak nesnelerin kusurlarının daha az olması ya da hasarsız olması durumunda bu sürelerin kısaltılabileceği gözlemlenmiştir. Heykelin boyutları yaklaşık olarak 2367x1896x2274 mm’dir (*Bir Kanat Ucundan Diğereine X Tabandan Baş Üstüne X Kuyruktan Gagaya Mesafe*). Heykel geometrik şekillerden ziyade serbest formlarda tasarlanmış olduğundan kesin ölçü vermek mümkün olmamaktadır. 3B lazer tarayıcının teknik özellikleri çizelge 1’de gösterilmekte olup tarama sırasında nokta yakalama aralığı heykelin büyüklüğü göz önünde bulundurularak 1 mm olarak seçilmiştir. Tarama işlemi farklı açılardan gerçekleştirmiş olup taranmayan bölge kalmayacak şekilde tarayıcı her bir tarama işleminde yer değişikliğine tabi tutulmuş ve yapılan taramalar bilgisayarda birleştirilmiştir. Birden fazla tarama işlemi gerçekleştirildiğinden ve tarama yüzeylerinin genişliği göz önünde bulundurulduğundan bu taramaların birleştirilmesinde kolaylık sağlayan referanslar oluşturacak çıkıntı şeklinde belli bir kalınlığa sahip çıkartmalar heykel üzerine yapıştirilmiştir (bu işlem tarama işleminde olmazsa olmaz değildir ancak bilgisayardaki işlemleri kolaylaştırmaktadır). Tarama esnasında referans tarama işlemine ilişkin görünüm ve heykel şekil 3’te görülmektedir.

Kullanılan tarayıcı ile çok daha küçük veya çok daha büyük boyutlarda tarama işlemi gerçekleştirilebilecek olup herhangi bir boyut sınırı bulunmamaktadır. Tarama sırasında lazer tarayıcının nokta yakalama aralığı küçük parçalar için 0,15 mm gibi küçük değerlere ayarlanabilir ancak böyle bir ayar bu çalışmadaki uygulamada olduğu gibi büyük hacme sahip parçaların taranmasında büyük verilerin oluşmasına ve bilgisayarların kapasitesinde zorlanmalara neden olacaktır. Dolayısıyla seçilen parametreler taranacak parçanın hacmine ve detaylarına uygun şekilde olmalıdır. Bununla birlikte taranacak nesnenin boyutu büyüdükçe KÖM’nin taranacak bölgeye göre hareket ettirilmesi gerekebilmektedir. Ancak bir amfi tiyatro, bina vb. büyük boyutlu nesnelerin taranması ve dijitalleştirilmesi söz konusu olduğu durumda bu tür bir makine yerine LIDAR gibi farklı araç gereçlerin tercih edilmesi daha kullanışlıdır.

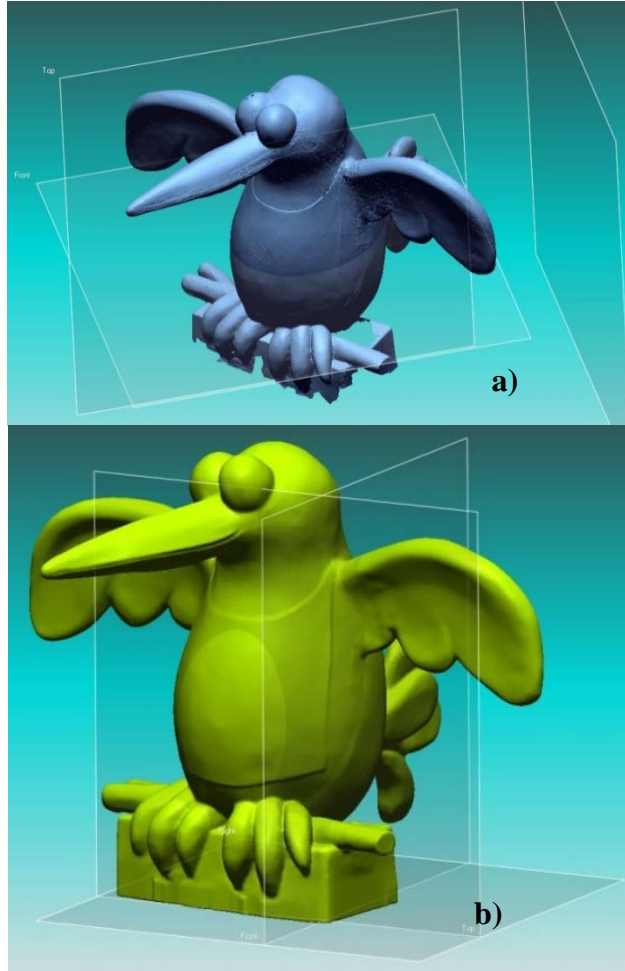


Şekil 3. "Efe" ve tarama işleminden bir görünüm.

Çizelge 1. HP-L.8.9 Lazer tarayıcının teknik özellikleri [22].

Hassasiyet	40 μ m 2 sigma
Nokta alma Yeteneği	45 000 nokta/saniye
Çizgideki nokta sayısı	750
Çizgi yenileme frekansı	60 Hz
Tarama genişliği (orta alanda)	80 mm
Algılama mesafesi	135 mm +/- 45 mm
Minimum nokta aralığı	0,08 mm
Lazer güç ayarlaması	Yarı otomatik

3 boyutlu tarama işlemi ve yeniden tasarımda bir tersine mühendislik tasarım programı olan Geomagic Design X (2016) programı kullanılmıştır. Tarama sırasında elde edilen noktalardan ağ örgüleri otomatik olarak oluşturulmuş, böylelikle elde edilmiş ham tarama verisi nokta bulutu yerine ağ örgülerinden oluşmuştur. Tarama işlemlerinin tamamlanması sonrasında elde edilen dosya boyutu 104 MB (megabayt) olmuştur ve taranan nokta sayısı 1.301.698'dir. Bu boyuttaki bir dosya bilgisayarda bir işlem yükü oluşturması yanı sıra tarama işleminden yansıma kaynaklı ağ salkımları, iç içe geçmiş ağ örgüleri gibi kusurlar içermekte ve aynı zamanda da heykelin hasarlarından kaynaklı kusurları içermektedir (Şekil 4a). Bu sebeple ağ örgüsü üzerinde düzenleme ile hem kusurların düzeltilmesi hem de dosya boyutunun azaltılması yoluna gidilmiştir. Bunun için iyileştirme sihirbazı ("healing wizard"), düzgünleştirme (smooth), delik doldurma (fill holes), tekrar ağ örme (global remesh) ve ağ optimize etme (optimize mesh) komutları kullanılarak ağ örgü model hatasız hale getirilmiştir. Burada yapılan iş bir nevi dijital ortam üzerinde heykelin hasarlarının tamir edilmesi olmaktadır. Bu işlemler sonucunda dosya boyutu 7,95 MB'a düşmüştür. Nokta sayısı ise 100.634'e düşmüştür. Yapılan ağ örgü düzenleme sonucunda elde edilen model aynı zamanda tam kapalı başka bir deyişle su geçirmez (watertight) hale gelmiştir. Tam kapalı haldeki modelin bilgisayar kontrollü bir tezgaha (CNC) veya bir 3B yazıcıya gönderilebilmesi için yeniden hizalanmasına başka bir ifadeyle yeni bir Kartezyen Koordinat Sistemi (x,y,z=0,0,0) üzerine oturtulmasına ihtiyaç duyulmuştur. Hizalama işleminin gerçekleştirilmesi ile koordinat düzlemi şekil 4b'de görüldüğü gibi oluşmuştur. Bu sayede dosya .stl uzantılı olarak kaydedilebilir ve 3B yazıcıya gönderilebilir hale gelmiştir.



Şekil 4. a) Düzeltmeler öncesi ağ örgü model b) İyileştirmeler sonrası ağ örgü modelin son hali ve referans düzlemleri.

.stl uzantılı ağ örgü model dosya Simplfy3D programında açılarak dijital modelin iki farklı ölçeklendirilmesi yapılmış ve 3B yazıcı için takım yolu oluşturulmuştur. Böylelikle 3B yazıcıda heykelin replikalarının üretilmesi için her şey hazır hale gelmiştir. İki farklı replikanın 3B yazıcıda başarılı şekilde imal edilmesinin ardından, ESHOT Genel Müdürlüğü personellerince boyanmış ve orijinal büyük heykelin ölçekli örnekleri ortaya çıkmıştır. Söz konusu replikalara ilişkin görünümler şekil 5'te gösterilmekte olup soldaki replikanın tabandan baş üstüne yüksekliği 12 cm sağdakinin ise 25 cm olacak şekilde üretilmiştir. Yazdırma işlemi (baskı kapasitesi hacmi: 29x27x18 cm) Leapfrog Creatr HS marka ve model yazıcıda gerçekleştirilmiştir. Yazdırma hammaddesi olarak PLA (Polilaktik Asit) filament kullanılmıştır. Yazdırma işleminde 0,1 mm katman kalınlığı ve %25 doluluk oranı tercih edilmiştir. Yazdırma sıcaklığı 210 °C ve yazıcı tabla sıcaklığı 45 °C olarak ayarlanmıştır.



Şekil 5. 3B yazıcı ile üretilen ve boyanan iki adet heykel replikası.

Tarama işlemi sonrasında aynı zamanda heykelde meydana gelmiş olan hasarlar uzman personeller tarafından giderilerek yeniden boyanmıştır. Son hali şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Tadilat ve boyama işlemi ile sırasındaki ve boyama bitiminden sonraki heykelin taşınma sırasındaki görüntüsü.

4. SONUÇLAR

Geçmişte yapılan uygulamalar tersine mühendislik yöntemlerinin farklı amaçlarla farklı geometrik özelliklere ve hacimlere sahip endüstriyel veya mimari nesnelere uygulanabildiğini göstermektedir. Buna uyumlu olarak bu çalışmada gerçekleştirilen uygulama ışığında tersine mühendislik yöntemlerinin kent kültür ve tarihi açısından önemli olan nesne ve eserler üzerinde de güvenilir şekilde kullanılabilceği görülmektedir. Koordinat ölçme makinaları ve lazer tarayıcılar gibi ekipmanlar ile alınacak ölçümler ve bilgisayar destekli tasarım programları güvenilirliğini kanıtlamış teknolojilerdir.

Elde edilen veriler ve dijital modeller ile CNC tezgahlarında üretim yapılması, kalıp veya model imal edilerek döküm vb. geleneksel imalat yöntemleri ile nesnelerin çoğaltılması mümkündür. Bununla birlikte 3B yazıcılar kişisel üretimler için büyük esneklik sunmaktadır.

3B yazıcılar ile herkesin kendi üretimlerini yapabilmesi için thingiverse vb. gibi internet platformları oluşturulmuştur. Bu tür sitelerde insanlar istedikleri nesnenin dijital verilerini indirerek imalatını gerçekleştirebilmektedir. Böylelikle kentlere özgün eserlerin ve kültürel

mirasların bilinirliğinin arttırılmasını sağlamak, kent kültürünün korunmasına /artırılmasına /devamlılığına teknolojik bir katkı sağlamak mümkündür. Nesne ve eserlerin bilinirliğinin artması bu eserler ile ilgili olaylar hakkındaki hikâyelere de merak duygusu uyandıracaktır.

Tersine mühendislik teknolojileri sanat eserleri, tarihi kalıntılar, mimari eserler gibi nesnelerin tarihi açıdan önemli olabilecek kalıcı dijital kayıtların oluşturulmasını sağlamaktadır. Bu yöntem ile oluşturulacak dijital bir arşiv, gelecek kuşaklara bırakılacak değerli bir miras olacağı gibi kentlerin ve kentlilik kültürüne yapılabilecek önemli bir hizmet/katkı anlamına gelmektedir.

Bu çalışmadaki uygulamalara benzer uygulamaların ülkemizde teşvik edilerek yaygınlaştırılması ve gerek sanat eserleri gerek tarihi eserlerin dijital dokümanlarının oluşturulmasına ve çok disiplinli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu tür çalışmaların İzmir özelindeki tarihi kalıntılar ve sanat eserleri için de yaygınlaştırılması mümkündür.

TEŞEKKÜR

Çalışmanın gerçekleştirilmesindeki sağladığı motivasyon ve desteği için ESHOT Genel Müdürlüğü, Genel Müdür Yardımcısı Sayın Fazıl ÖLÇER'e teşekkürü bir borç biliriz.

5. KAYNAKLAR

- [1] **23.Universiade 2005, İZMİR**, İBB 2002 Faaliyet Raporu, https://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/Dokumanlar/25.12.2013%2011_06_28_universiad_e.pdf (Erişim: 21.06.2017)
- [2] **23.Universiade 2005, İZMİR**, İBB 2005 İBB Faaliyet Raporu, https://www.izmir.bel.tr/YuklenenDosyalar/Dokumanlar/25.12.2013%2016_36_34_universiad_e.pdf (Erişim: 21.06.2017)
- [3] **Wang W.**, Reverse Engineering Technology of Reinvention. NW Washington, USA, CRC press Taylor & Francis Group, 2011.
- [4] **Várady T, Martin RR, Cox J.** “Reverse Engineering of Geometric Models—An Introduction”. Computer Aided Design, 29(4), 255–268, 1997.
- [5] **Önçağ A.Ç, Tekcan Ç., Özden H., 2017**, Mekanik Parçaların Tersine Mühendislik ile Modellenmesinin Değerlendirilmesi ve Bir Uygulama, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, (Baskıda-accepted)
- [6] **Yang, Z., ve Chen, Y., 2005**, A reverse engineering method based on haptic volume removing, Computer – Aided Design, 37(1):45-54p.
- [7] **Lee K.H., and Woo, H., 1998**, Use of reverse engineering method for rapid product development, Computers & Industrial Engineering, 35(1-2):21-24p.
- [8] **Balta, C. ve Öztürk, S., 2009**, Tersine mühendislikte laser tarama nokta bulutundan örme yüzey elde edilmesi, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği 13. Ulusal Kongre, EMO-ODTÜ, http://akademikpersonel.kocaeli.edu.tr/cengizbalta/poster/cengizbalta20.12.2009_21.59.40poster.pdf (Erişim tarihi:31 Mayıs 2016)
- [9] **Mian, S.H., Mannan, A.M., Al-Ahmari, A.M., 2013**, Multi-sensor integrated system for reverse engineering, Procedia Engineering, 64:518–527p.

- [10] **Dúbravčík, M., and Kender, S., 2012**, Application of reverse engineering techniques in mechanics system services, *Procedia Engineering*, 48:96–104p.
- [11] **Paulic, M., Irgolic, T., Balic, J., Cus, F., Cupar, A., Brajljic, T. and Drstvensek, I., 2014**, Reverse engineering of parts with optical scanning and additive manufacturing, *Procedia Engineering*, 69:795– 803p.
- [12] **Zhou, M., 2011**, A new approach of composite surface reconstruction based on reverse engineering, *Procedia Engineering*, 23:594–599p.
- [13] **Sansoni, G. and Docchio, F., 2004**, Three-dimensional optical measurements and reverse engineering for automotive applications, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 20(5):359–367p.
- [14] **Xu, L., Lin, M., Li, J., Wang, Z. and Chirende, B., 2008**, Three-dimensional geometrical modelling of wild boar head by reverse engineering technology, *Journal of Bionic Engineering*, 5(1):85–90p.
- [15] **Ören, S., Yasa, E., Uğur, E., Poyraz, Ö., Akbulut, G. ve Pilatin, S., 2014**, Havacılık sektöründe optik ölçüm yöntemlerinin yeri ve karşılaştırmalı değerlendirilmesi üzerine bir çalışma, *Mühendis ve Makina*, 55(654):35-60s.
- [16] **Melvin J. Wachowiak & Basiliki Vicky Karas, 2009**, 3d Scanning and Replication for Museum and Cultural Heritage Applications, Volume 48, Issue 2, 141-158p.
- [17] **Naif Adel Haddad, 2011**, From ground surveying to 3D laser scanner: A review of techniques used for spatial documentation of historic sites, *Journal of King Saud University – Engineering Sciences* 23, 109–118p.
- [18] **Yastikli N., 2007**, Documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning, *Journal of Cultural Heritage*, 8(4), 423-427p.
- [19] **Segreto T., Bottillo A., Teti R., Galantucci L.M., Lavecchia F., Galantucci M.B., 2017**, Non-contact reverse engineering modeling for additive manufacturing of down scaled cultural artefacts, 10th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering - CIRP ICME '16, *Procedia CIRP*, 62, 481-486p.
- [20] **Pavlidis G., Koutsoudis A., Arnaoutoglou F., Tsioukas V., Chamzas C., 2007**, Methods for 3D digitization of Cultural Heritage, *Journal of Cultural Heritage*, 8(1), 93-98p.
- [21] **Thingiverse**, <https://www.thingiverse.com/met/about> (Erişim: 02.08.2017)
- [22] **Hexagon**, “HP-L.8.9 Lazer tarayıcı” http://www.hexagonmetrology.com.tr/HP-L-89-LazerTarayici_1669.htm#.VzWQkYSLRqM (Erişim: 13.05.2016).

AGING TEMPERATURE EFFECT on HARDNESS and MICROSTRUCTURE of A357 ALUMINIUM ALLOY PART WHICH PRODUCED by GDC and LPDC

Gazican ÖZKAN¹, Bahadır UYULGAN²

"Bu çalışma Uluslararası Üniversite-Sanayi İşbirliği Ar-Ge ve İnovasyon Kongresinde sunulmuştur"

ABSTRACT

A357 aluminium alloy commonly used in automotive, energy, aerospace and engineering applications. In this study, A357 aluminium alloy parts produced by Gravity Die Casting (GDC) and Low Pressure Die Casting (LPDC) methods were used. T6 heat treatment was applied. Firstly, samples are solutionized at 540° C during 7 hours, then quenched at room temperature water. After that, artificially aged at 150°C and 170°C aging temperatures. Their Vickers hardness changes have observed. For two different casting methods, the hardness increases in the first few hours according to the untreated conditions. Also, dendritic microstructure has changed to homogeneous microstructure after heat treatment. At the beginning, the part which produced by Low Pressure Die Casting method shows higher hardness, lower secondary dendritic arm spacing (SDAS) value and lower porosity against gravity die cast part. After T6 heat treatment LPDC part's advantages against GDC method has partially disappeared.

Keywords: T6 Heat Treatment, A357 Aluminium Alloy, Gravity Die Casting, GDC, Low Pressure Die Casting, LPDC

YAŞLANDIRMA SICAKLIĞININ KOKİL VE ALÇAK BASINÇ DÖKÜM İLE ÜRETİLEN A357 ALÜMİNYUM ALAŞIMLI PARÇANIN MİKRO YAPI ve SERTLİĞİNE ETKİSİ

ÖZET

A357 alüminyum alaşımı yaygın olarak otomotiv, enerji, havacılık ve mühendislik uygulamalarında kullanılır. Bu çalışmada, A357 alüminyum alaşımı parçalar kokil döküm ve alçak basınç döküm yöntemleriyle üretilmiştir. T6 ısıl işlemi uygulanmıştır. İlk olarak numuneler 540° C sıcaklıkta 7 saat boyunca çözeltiye alınmış ve sonrasında oda sıcaklığında su verilmiştir. Bu işlemden sonra, yapay yaşlandırma işlemi 150°C ve 170°C sıcaklıklarda yapılmıştır. Vickers sertlik değişimleri gözlenmiştir. İki farklı döküm yöntemi için de sertlik, ısıl işlemsiz koşullara göre ilk birkaç saat içinde artmıştır. Ayrıca dendritik mikro yapı ısıl işlem sonrasında homojen yapıya dönüşmüştür. Başlangıçta alçak basınç döküm yöntemiyle üretilen parça kokil döküm yöntemiyle üretilen parçaya kıyasla daha yüksek sertlik, daha

¹ Metalurji ve Malzeme Y. Müh., Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 35390 Buca,İZMİR e-mail: gazicanozkan@gmail.com

² Yrd.Doç.Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 35390 Buca,İzmir e-mail: bahadir.uyulgan@deu.edu.tr

düşük ikincil dendritic kol mesafesi ve daha az porozite göstermiştir. T6 ısıl işleminden sonra alçak basınç döküm yöntemiyle üretilen parçanın, kokil döküm yöntemiyle üretilen parçaya göre avantajları kısmen yok olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: T6 Isıl İşlemi, A357 Alüminyum Alaşımı, Kokil Döküm, Alçak Basınç Döküm

1. INTRODUCTION

A357 aluminum casting alloy which was used in this study, use in various applications such as constructional, automotive, aerospace, military and engineering area (MIL-A-21180D, 1984; Wang, 2003; Es-Said et al. 2002).

In aluminum casting, aluminum-silicon alloys have exhibit excellent fluidity, castability and corrosion resistance. The addition of magnesium to aluminum-silicon alloys forms the basis for an extremely important and useful family of compositions that combines outstanding casting characteristics with excellent properties after heat treatment. Corrosion resistance is also excellent, and a low level of thermal expansion is retained (Kaufman J.G. and Rooy E.L. 2004). To improve properties and enhance strength and ductility, aluminum castings often are thermally processed by a series of heating and cooling cycles called heat treatment. This thermal processing involves three basic operations: solution, quench and aging. T6 temper means solution treat and age artificially. In castings, T6 commonly describes optimum strength and ductility (The AFS, 2006). Some aluminum alloys are solution treated at temperatures generally in the range of 400 to 540°C (Canale et al, 2009).

In systems containing aluminum, silicon and magnesium, the strength increases with Mg_2Si , residual stresses decrease, and a homogeneous distribution in porosity is achieved. Magnesium silicide (Mg_2Si) is the soluble phase in important alloys such as 356.0, A356.0 and A357.0 alloys. This phase acts to increase the energy required for deformation of the crystal lattice. Spherical zones convert to needle-shaped particles at points corresponding to peak hardening (Kaufmann, 2004).

Solution heat-treating at relatively high temperature is required to activate diffusion mechanisms, first, to dissolve Mg-rich phases formed during solidification and, then, to homogenize the alloying elements, such as Mg and Si, so as to achieve an elevated yield stress subsequent ageing (ASM Handbook, 1991).

Quenching is usually carried out to room temperature to obtain a supersaturated solid solution of solute atoms and vacancies, in order to achieve an elevated strengthening subsequent ageing (ASM Handbook, 1991). Further, the solution heat treatment changes the morphology of eutectic Si from polyhedral, or fibrous morphology in the modified alloys, to globular structure (Manente, 2011).

In Özkan's M.Sc. thesis, low pressure die casting and gravity die casting methods have compared with regard to secondary dendrite arm spacing (SDAS) and Vickers hardness values (Özkan, 2018). Similarly, tensile properties and fracture behavior of A356 (AlSi7Mg0.3) and A357 (AlSi7Mg0.6) cast aluminum alloys have been investigated in a variety of scientific studies that are dependent on secondary dendrite arm spacing (SDAS) and Mg content (Wang, 2003).

In this study, A357 aluminum alloy parts were produced by gravity die casting and low pressure die casting methods which are popular in industry. After casting, T6 heat treatment applied to specimens which were taken from cast parts. Subsequently, for two different aging temperatures, a hardness change graph was generated for temperatures of 170°C and 150°C respectively for 12 and 24 hours durations. Microstructure changes before and after T6 heat treatment was investigated.

2. EXPERIMENTAL DETAILS

Table.1 Chemical composition of A357 aluminum casting alloy (percentage by mass)

Si	Fe	Cu	Mg	Mn	Zn	Ti
6.5-7.5	0.19 max	0.05 max	0.45-0.70	0.1 max	0.07 max	0.25 max

Table.1 shows the chemical composition of A357 aluminum alloy which was used in this study. Cast parts were produced by gravity die casting and low pressure die casting methods, at “ADT Alüminyum Döküm Teknolojileri” Foundry.

The T6 heat treatment, which is generally used in A356-A357 alloys, was carried out in this study. The samples (20x20x5mm) prepared from the clipbars cast part which are casting by gravity die casting and low pressure die casting methods. T6 heat treatment was carried out in the metallurgical and materials engineering casting laboratory of Dokuz Eylül University by EGEM (Refsan RF 860) brand name and model of furnace.

Solutionizing step of T6 heat treatment was carried out at 540°C temperature during 7 hours. Then samples quenched at room temperature water. Subsequently, they were aged at 150°C and 170°C aging temperatures, up to 24 and 12 hours respectively. During aging process, aging time was increased by hourly. After each hour, vickers hardness of samples were determined.

The hardness tests were also carried out under the load of 1 kg for 10 seconds with the Shimadzu HSV-30 brand and model vickers hardness device. At least 5 tests were carried out for each sample.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Microstructural Investigations

Fig.1 shows that dendritic structures of samples which were produced by gravity die casting and low pressure die casting without heat treatment (as cast).

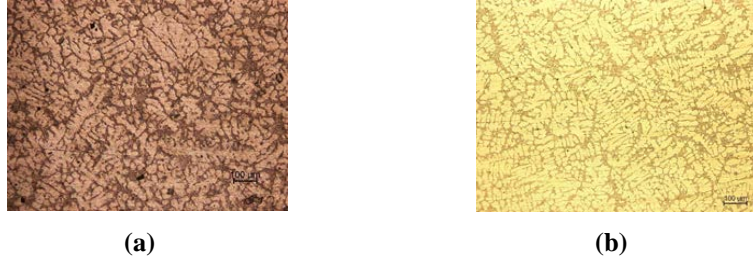


Fig.1 Dendritic microstructures of as cast **(a)** gravity die cast part, **(b)** low pressure die cast part

After solutionizing step dendritic microstructure was change to homogenous structure (Fig.4). Silicon-rich phase homogeneously dispersed at aluminum matrix.

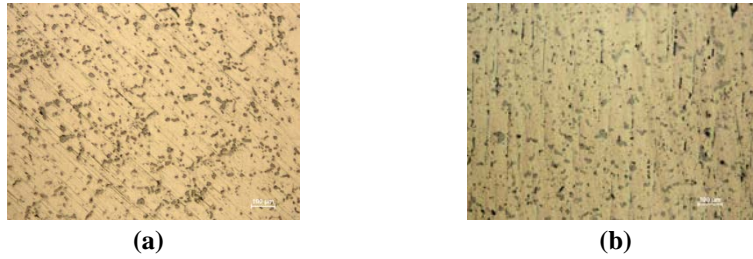


Fig.4 Microstructures of samples after solutionizing (7 hours at 540°C) and quenched at room temperature water (a) gravity die cast (b) low pressure die cast part

In Fig.5 microstructures of samples which were aged at different aging temperature during different aging time, cast by gravity and low pressure die casting methods, has shown.

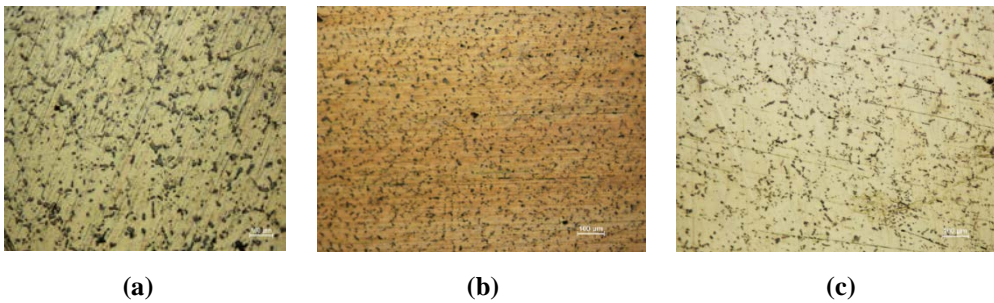


Fig.5 Microstructures of samples (a) 12 hours aged at 170°C gravity die cast part (b) 24 hours aged at 150°C low pressure die cast part (c) 3 hours aged at 150 °C gravity die cast part.

3.2. Hardness Test

Table 2 shows the average HV1 hardness values of the cast parts. First row for as cast part (without heat treatment), second row for cooled at furnace after solutionizing, third row shows quenched (at room temperature water) after applying the first heat treatment stage of the T6 heat treatment (7 hours at 540°C).

Table 2. Vickers hardness (HV1) results of samples

	Gravity Die Casting	Low Pressure Die Casting
As Cast	64.6 ±2.21	70.5 ±2.67
After solutionizing (at 540°C, 7 hours) cooled at furnace	41.2 ±1.03	42.1 ±3.98
After solutionizing (at 540°C, 7 hours) quenched at room temperature water	90.3 ±3.35	94.1 ±3.26

For samples aged at 150°C, as shown in Fig.2, the low pressure die cast part shows higher vickers hardness value than the gravity die cast part up to 24 hours.

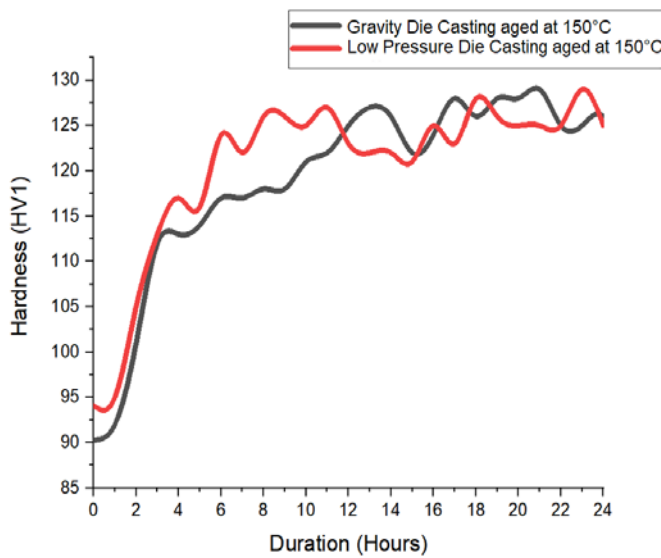


Fig.2 Vickers hardness results of samples which aged at 150°C

The change in hardness of the gravity and low pressure die cast samples aged at 170°C for 12 hours is shown in Fig.3. As can be seen from these figures, two methods show parallel vickers hardness values. They show the highest hardness values in 2-3 hours and then these hardness values decreased.

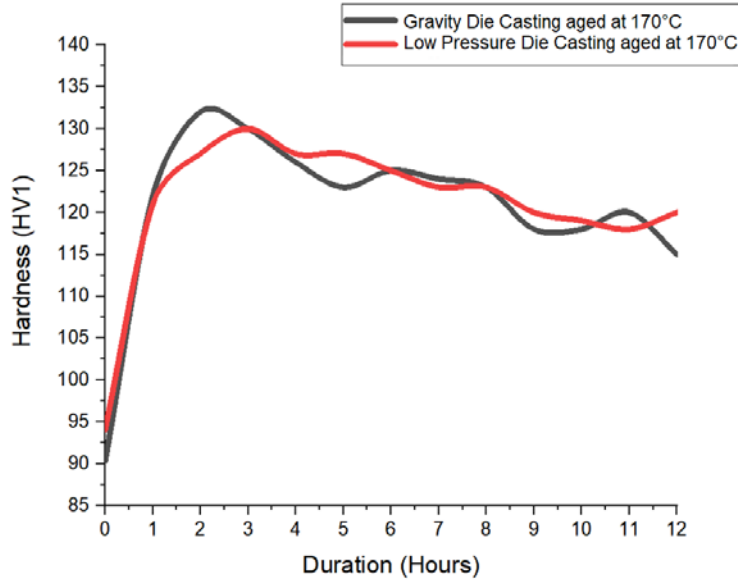


Fig.3 Vickers hardness results of samples aged at 170°C

After T6 heat treatment both samples showed similar hardness results. The Vickers hardness advantage of LDPC parts against GDC parts has considerably disappeared due to the quenching. Nevertheless, LPDC method has advantages against GDC method such as lower porosity, more efficiency, smaller grain size, higher tensile strength, faster cooling etc (Chen, 2016; Bonollo,2005; Özkan,2018).

4. CONCLUSION

To improve the mechanical properties of the A357 aluminum alloy in the aspect of its hardness change due to the performance of the T6 heat treatment is possible with select of suitable solutioning and ageing treatment parameters. Obtaining the highest Vickers hardness, parameters have determined as:

- Solutioning: 540°C during 7 hours,
- Quenching: Room temperature,
- Aging: 170°C during 2 hours.

For this parameters, hardness was observed as 132 HV1.

In T6 heat treatment, structure which became saturated after solutioning and quenching steps, causes an increase in hardness by precipitation of Mg₂Si with aging step. After T6 heat treatment, dendritic structure of gravity and low pressure die cast parts have changed. It effects the hardness and directly mechanical properties of the alloys.

Low pressure cast part shows slightly higher hardness results than gravity die cast part throughout the process. Peak hardness values can be reached in a shorter time as the aging

temperature increases. After the T6 process, the result is an increase of the hardness of about 33-40%.

By using the data of this study, it is possible to observe over aging by increasing aging time and continuing to observe hardness changes. Besides, in T6 heat treatment, it is possible to target high energy efficiency processes in the casting sector by evaluating the optimum temperature and time, energy consumption by changing the solutionizing and aging temperature and time.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financially supported by TUBITAK with the project code 7140874. We also would like to thanks «ADT Aluminium Casting Technologies» Foundry to produce cast parts, and personnel of Dokuz Eylül University Metallurgical and Materials Engineering Department

5. REFERENCES

- [1] ASM Metals Handbook (1991). *Heat treating*, Vol.4, ASM International, ISBN 978-087-1703-79-8, Materials Park, OH, USA
- [2] Bonollo F., Urban J., Bonatto B., Botter M. (2005). Gravity and low pressure die casting of aluminium alloys: a technical benchmark. *la metallurgia italiana*, 23-32
- [3] Canale L.C.F, Kavalco P.M, Totten G.E. (2009), Quenching Fundamentals Quenching of Aluminum Alloys: Cooling rate, strength, and intergranular corrosion, *Heat Treating Progress*, 25-30
- [4] Chen P. (2014) Comparison of Mechanical Properties of A357-T6 Aluminum Alloy Cast under Gravity Permanent Casting and Low Pressure Die Casting. *Advanced Materials Research Vols. 941-944*, 77-80
- [5] Es-Said O.S, Lee D., Pfost W.D., Thompson D.L., Patterson M., Foyos J., Marloth R. (2002). Alternative heat treatments of A357-T6 aluminum alloy. *Engineering Failure Analysis*, 9, 99-107
- [6] Kaufman J.G. and Rooy E.L. (2004). *Aluminum Alloy Castings: Properties, Processes, and Applications*, ASM International, 1-65.
- [7] Manente A. (2011) Optimizing the Heat Treatment Process of Cast Aluminium Alloys, Recent Trends in Processing and Degradation of Aluminium Alloys, 197-220
- [8] MIL-A-21180D, (1984), 5 November 1984. Military Specification Aluminum-Alloy Castings, High Strength
- [9] Özkan G. (2018) In Aluminum Casting, Producing The Parts Which Were Produced by Gravity Die Casting Method, by Low Pressure Die Casting Method. M.Sc. Thesis Metallurgical and Materials Engineering- The Graduate School of Natural and Applied Science- Dokuz Eylül University İzmir, Turkey.
- [10] The American Foundry Society Technical Dept Aluminum Alloys,, *Schaumburg, Illinois*, Engineering Casting Solutions 2006 Casting Source Directory 30-34
- [11] Wang Q.G. (2003) December. Microstructural Effects on the Tensile and Fracture Behavior of Aluminum Casting Alloys A356/357. *Metallurgical and Materials Transactions A*, 34A, 2887- 2899

MOLEKÜLER KONTROL VE YÜZEY MODİFİKASYONU İLE İNORGANİK-ORGANİK HİBRİT, FONKSİYONEL NANOMALZEMELER

Osman ARSLAN¹, Yüksel ABALI²

"Bu çalışma Uluslararası Üniversite-Sanayi İşbirliği Ar-Ge ve İnovasyon
Kongresinde sunulmuştur"

ÖZET

Günümüzün nanoteknolojik perspektifinde, seramik, metal, polimer, kompozit, cam veya ahşap gibi temel malzeme grupları ve bu malzemelerin belirli özellikleri yeni fonksiyonel nanomalzemelerin sentezi ve uygulanması için moleküler seviyede birleştirilebilir. Bu sayede, seramik malzemelerin dayanıklılığı veya asite dayanımı, hibrit nanomalzemeler üretmek üzere esnek organik polimerik yapıların özellikleriyle birleştirilebilir veya modifiye edilebilir. Dolayısı ile, moleküler düzeyde başlangıç malzemelerinden başlayarak, çok yeni ve farklı özelliklere sahip yeni hibrit nanomalzemeler üretilebilir. Bunun için atomik düzeyde hassasiyet ve hassasiyeti sağlayan üretim teknikleri başarılı ve yaygın bir şekilde uygulanabilir. Elde edilen yeni nanomalzemeler filtreleme veya diğer optik uygulamalarda kullanılabilir. Aynı şekilde, çizilmeye veya korozyona karşı koruma, UV koruması, asit-baz direnci, floresans özellikler, süper hidrofobik/kendini temizleme özellikleri, sertlik ve birçok başka özel özellik de elde edilebilir. Geliştirilmiş ürünler genelde ucuz, etkili, uzun ömürlü ve kontrol edilebilir kimyasallarla sentezlendiğinden, organik ve inorganik yapıları birleştiren bu yeni sentez yaklaşımı, farklı uygulamalar için yeni fonksiyonel yapıların eldesi ve üretimi için etkili bir yöntem teşkil eder.

Anahtar kelimeler: Nanoteknoloji, nanopartikül, yüzey kaplamaları, kuantum partikülleri, hibrit malzemeler

INORGANIC ORGANIC HYBRID FUNCTIONAL NANOMATERIALS BY MOLECULAR LEVEL CONTROL AND SURFACE MODIFICATION

ABSTRACT

In the current nanotechnological perspective, fundamental materials such as ceramics, metals, polymers, composites, glass or wood and their specific characteristics can be combined at the molecular level for the synthesis and implementation of new functional nanomaterials. Therefore, durability or acid-base resistance of the ceramic materials can be supported or modified with the properties of flexible organic polymeric structures to produce unusual hybrid nanomaterials. From this perspective, starting from the molecular precursors, atomic precision and integrated production techniques were successfully applied for the novel hybrid nanomaterials with distinctive features. Obtained new nanomaterials were utilized as functional

¹ İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Gıda Müh. Böl., İstanbul/TÜRKİYE o.arslan@izu.edu.tr,

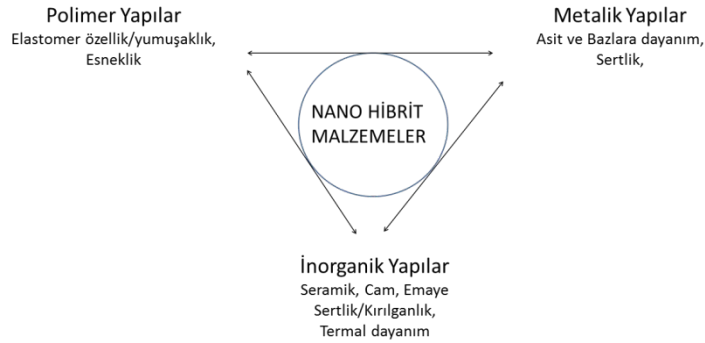
Tel: 05455835932

² Celal Bayar Üniversitesi, Kimya Bölümü, Manisa/TÜRKİYE, Tel: 05557056501, yabali@yahoo.com

surface coatings or in adsorption, filtration or other optical applications. In the same manner, scratch or corrosion prevention, UV protection, acid-base resistance, fluorescence character, superhydrophobic/self cleaning features, hardness and many other tailored properties were obtained in one distinctive material. Since developed products usually start with cheap, effective, long lasting and controllable precursors, our new material approach represents a highly attractive route for the synthesis and production of highly desirable novel hybrid structures for different applications.

1. GİRİŞ

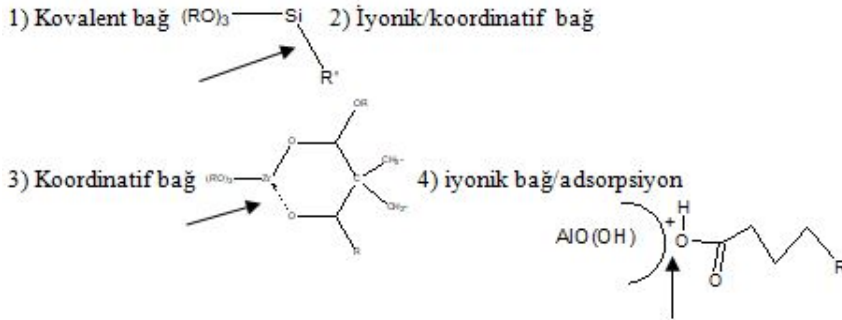
Malzeme temelli teknolojiler gözönüne alındığında temel olarak malzemeler kendi arasında; a) Polimer (Organik malzeme) b) Cam malzemeler c) Seramik Yapılar d) Metaller ve e) Diğer yapılar şeklinde sınıflandırılabilir. Bu yapılar kimyasal yapıları ve fiziksel özellikleri açısından değerlendirildiğinde polimer yapıların esneklik, cam yapıların optik, metallerin dayanıklılık ve seramik malzemelerin sertlik özellikleri öne çıkmaktadır [1-3].



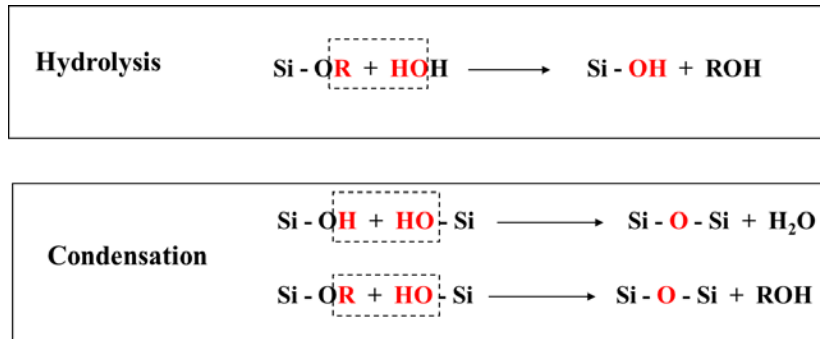
Şekil 1. Hibrit nanokompozit malzemelerin genel özelliklerinin birleştirilmesi

Seramiklerin dayanıklılığını ve organik malzemelerin esnekliğini, herhangi bir malzeme grubunda aynı anda beklemek doğru olmayacaktır. Bu nedenle bu özelliklerin ikisini birden taşıyan malzeme gruplarını moleküler düzeyde birleştirmek vasıtası ile, yeni özellikler elde etmek mümkün olacaktır. Hibrit yapıların elde edilmesi genellikle organik ve inorganik başlatıcıların moleküler düzeyde birleştirilmesi ile gerçekleşir. Bunun yapılabilmesi için sol-jel tabanlı başlatıcı maddelerin yanında şayet uygun ise, organik bir destek yapı veya bir nanopartikül, karışıma ilave edilebilir [4-6]. Bu yapılara ek olarak organik bir molekül eklenerek farklı özellikler elde edilebilir. Bu yapılar tek tek ele alındığında alkoksit yapılarının elde edilen nihai ürüne inorganik özellikler kattığı görülmektedir. Buna ilaveten diğer polimerleşebilen moleküler başlatıcılar veya polimerik yapılar yapıya esneklik katmak için de kullanılabilir. Bu sol-jel başlatıcılar ve organik destek yapıları birleştiğinde hibrit bir organik ve inorganik polimerleşme gözlenir. Dolayısı ile malzemelerin birbiri ile moleküler düzeyde etkileştirildiğinde ortaya çıkacak hibrit ürünler ortaya konulabilir (Şekil.1). Malzemelerin sınıflandırılması aşamasında ortaya çıkan pozitif ve negatif faktörler değerlendirildiğinde, bir malzemenin dış yüzeyinin dışardan gelen etkilere çok daha fazla maruz kaldığı gözlenecektir [7-8]. Bu nedenle herhangi bir yeni ürün ortaya konulduğunda, ürünün tamamını dönüştürmektense sadece yüzey kaplamasının oluşturulması mali ve uygulama açısından büyük avantajlar sağlayacaktır. Bu modifikasyonun gerçekleştirilmesi için de hibrit malzemelerin sentezinde kullanılacak olan geçiş metallerinin ve ligantların, silisyum kimyası ile birleştirilmesi gerekmektedir [9-18]. Herhangi bir inorganik-organik yapının meydana

gelmesi temelde 4 farklı bağ ile mümkün olabilmektedir: (R=alkil, amino, epoksi, vinil veya benzeri, R'= alkil)

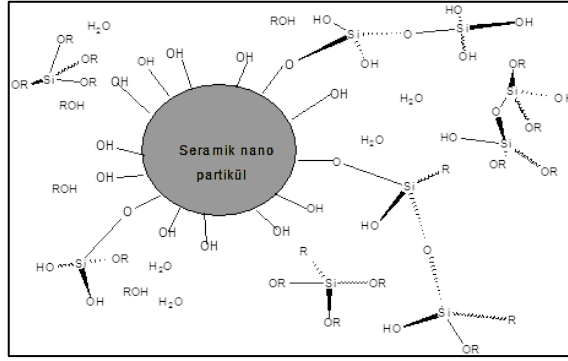


Hibrit inorganik organik yapıların sentezi için sol-jel mekanizması kullanılarak bir sentez şeması ortaya konulabilir.Önemli olan sol- jel geçişi ve stabil hibrit yapıların oluşması için gerekli olan homojen karışımların meydana gelmesidir. Özellikle sol-jel reaksiyonlarının (Şekil 2) sonlanmasından sonra oluşacak olan gözenekli (poröz) yapıların dayanıklı bir hale getirilmesi için nanopartiküllerin ilavesi hayati önem taşır [19-23]. Şayet gerekli ise iki yapının moleküler düzeyde homojen kalması için hibrit kompozisyona ilave edilen nanopartiküllerin yüzeylerinin modifiye edilmesi (Şekil 3) gerekebilir. Son yıllarda bu nedenlerden dolayı hibrit cam ve seramik yapıları artmıştır.



Şekil 2. Sol Jel reaksiyonlarında gerçekleşen hidroliz ve kondenzasyon reaksiyonlarının gösterilmesi

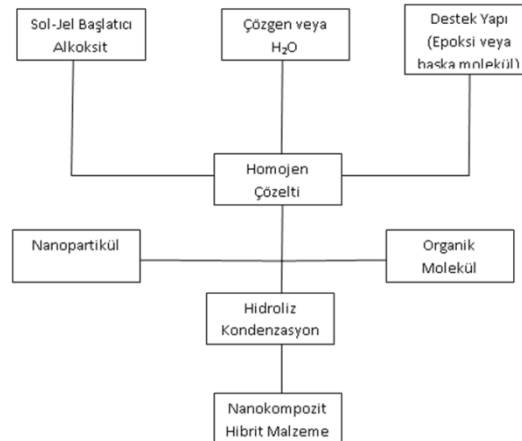
yapıların üretilmesinde sol jel tepkimesi çok büyük bir oranda kullanılmaya başlanmıştır. Sol-jel reaksiyonu fonksiyonel grup içeren ve içermeyen silanlar başta olmak üzere başka bir çok metal alkoksitlerin hidroliz kondenzasyon tepkimeleri ile gerçekleşir. Bu proses sayesinde homojen bir inorganik ağ oluşturulabilir. Sol jel prosesi moleküler anorganik monomerlerden koloidal bir sistemin oluşumu, sol ve daha sonra kondenzasyonun ilerlemesi ile jel oluşumundan meydana gelir. Çok yaygın olarak Si-alkoksitlerin kullanılmasının yanında periyodik tablodaki bir çok ametal ve metalin alkoksitleri de kullanılır [24-30]. Sol jel tepkimesi temel olarak 3 aşamadan oluşur. Bunların ilki alkoksitin su ile hidroliz olması (hidroliz), daha sonra oluşan -OH gruplarının kendi arasındaki kondenzasyonu (su kondenzasyonu) veya bir -OH grubu ile bir -OR grubunun kondenzasyonudur (alkol kondenzasyonu).



Şekil 3. Nanopartikülün silan bazlı yüzey modifikasyonu

Burada gerçekleşen tepkimeler paralel ve yarışmalı olarak beraber yürür. Sol jel tepkimesinde; kullanılan su miktarı, çıkış maddesi olarak kullanılan monomerlerin farklılığı, katalizör, sıcaklık gibi tepkime kinetiğine ve yönüne direkt etki eden faktörler önemlidir[31-33]. Yaygın olarak kullanılan metal alkoksitlerin reaktivitesi ile ilgili bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan metal alkoksitlerin tepkimelerinde çok çeşitli faktörlerin göz önünde bulundurulma gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu temel bilgilerden yola çıkılarak adım adım olacak şekilde, hibrit inorganik-organik yapıların sentezi için bir şema Şekil 4'de gösterilmektedir. Bu şemada önemli olan sol-jel geçişi ve stabil hibrit yapıların oluşması için gerekli olan homojen karışımların meydana gelişidir.

Özellikle sol-jel reaksiyonlarının sonlanmasından sonra oluşacak olan poröz yapıların dayanıklı bir hale getirilmesi için nanopartiküllerin ilavesi ve oluşan gözeneklerin doldurulması gerekir[34-36]. Gerektiğinde iki yapının moleküler düzeyde homojen kalması için nanopartiküllerin yüzeyleri seçilen özel moleküllerle değiştirilerek homojenlik artırılır.



Şekil 4. Moleküler düzeyde kontrol edilebilen hibrit nanokompozit malzemelerin sentezi için genel bir akım şeması

Daha önce benzer çalışmalarda suyu module eden süperhidrofobik kaplamalar Ganesan et al. tarafından yüzey modifikasyonu vasıtası ile gerçekleştirilmiş, antibakteriyel kaplamalar Wani et al. tarafından gümüş bazlı nanopartiküller ile etkileştirilen kaplamalar ile sağlanmıştır. Ayrıca nanopartikül disperse edilmiş çizilme önleyici kaplamalar Arslan et al. tarafından geniş bir şekilde çalışılmıştır. Buna ilaveten korozyon engelleyici kaplamaların bazı özel durumlarını içeren çalışma Wang et al. tarafından, fiziksel ve kimyasal sol-jel bazlı yüzey kaplamalarının oluşumu ve teori temelleri Dislich et al. ve Bornside et al., tarafından ortaya konmuştur[37-40]. Bu çalışmada ise nanomalzemelerin yüzey kaplama materyali olarak kullanılması ile ilgili olarak bilgiler genel olarak verilmiş olup, konuya ilişkin genel bir perspektif aktarılmıştır.

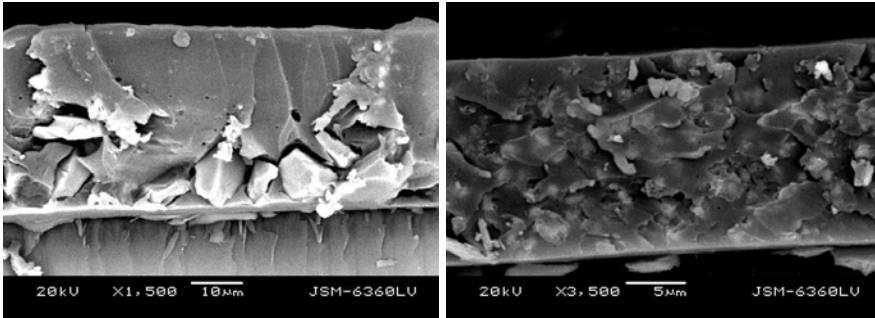
2. FONSIYONEL YÜZEY KAPLAMALARI

Nanokompozit yapıların oluşması ve partiküllerin matriks içerisinde en iyi özelliği sağlamaları için, matriks ile etkileşimlerinin iyi olması ve stabilizasyonun gerçekleştirilmiş olması gereklidir. Genelde seramik partikül yüzeylerindeki OH- grupları ile silanol yapıları etkileşerek kondenzasyon sonrası su veya alkol çıkışı, partikülün yapıya katılmasını sağlar [41-44].

Genel olarak bir hibrit polimer içinde disperse olan partiküllerin SEM gösterimi Şekil.5’de verilmiştir. Tozların yüzeylerindeki –OH grupları ile polimer moleküllerinin –OH gruplarının kondenzasyonu açıkça görülmektedir.

İnorganik organik sistemlerde, prensip olarak 2 farklı nano parçacık ekleme yöntemi vardır.

- Kompozit matriks içerisinde parçacığın in-situ olarak oluşturulması
- Önceden stabilize edilmiş parçacığın dışarıdan eklenmesi (ex-situ metod).



Şekil5 . Matriks içerisinde nanopartikül disperse edilmesi ile oluşan yüzey kaplamaları [35,37]

Bu yöntemler dikkate alındığında fonksiyonel yüzey kaplamaları aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

a) Aşınma ve çizilme dirençli kaplamalar

Genellikle içlerinde sertlik skalasında yüksek değerlere sahip SiC, SiO₂ veya Al₂O₃ bulundurulur. Bu kaplamalar için temel gereksinim, içlerindeki partikülleri homojen bir şekilde matriksin her yerine dağıtabilmektir. Bu sayede çizilme, aşınma ve hatta bunlara kısmen bağlı korozyon ve dayanıklı kaplamalar da hazırlanmış olur.

b) Termokromik, floresans veya fotokromik kaplamalar

Özel olarak sentezlenmiş ve bazen yüzeyi modifiye edilmiş termokromik, floresans pigment içeren kaplamalardır. Bu pigmentlerin hazırlanması sol-jel metodu veya yüksek sıcaklık metotları ile gerçekleştirilebilir. Özellikle pigmentlerin görünür bölgede uygun ve stabil ışık salınımı yapması için dayanıklı ve bazen de içerisine kristal aşılınmış partiküller sentezlenebilir.

c) Süperhidrofobik/süperhidrofilik veya kendini temizleyen kaplamalar

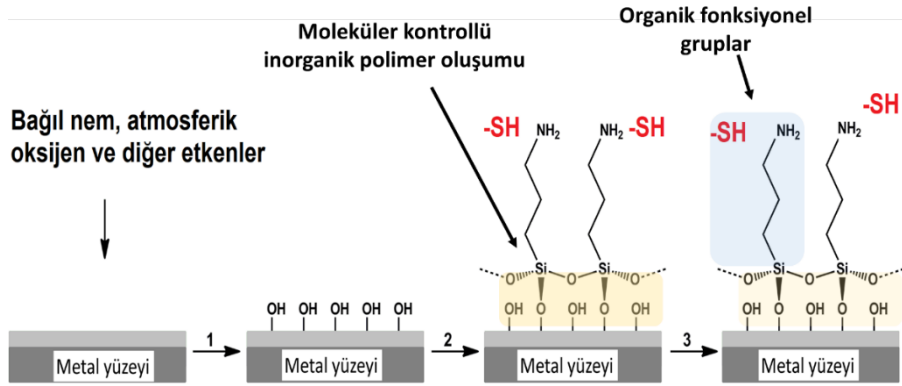
Alkil veya perflor gibi yüzey enerjisini düşüren veya $-OH$ gibi hidrojen bağlarını güçlendiren yapılar içeren kaplamalardır. Bu yapının ortaya çıkması için uzun alkil zincirleri veya perflor yapıları idealdir. Bu yapılarda iskelet yapıları bir matrikse bağlı ve diğer kısımları dışta kalacak şekilde yönlendirme gerçekleştirilir.

d) Fotokatalitik kaplamalar

Genellikle TiO_2 bazlı ve ışık ile eksiton çifti oluşturarak koku, organik kirleticiler gibi yapıları bozunduran kaplamalardır. Özellikle TiO_2 için anataz Kristal yapısı sıklıkla kullanılır. Buna ilaveten görünür bölgede aynı etkiye sahip yapıların kullanılması boşluk enerjilerinin kontrolü ile gerçekleşir.

e) Asit-baz dayanımı olan kaplamalar

Genellikle SiO_2 bazlı ve sert kaplamalardır. Buna ilaveten Al_2O_3 veya epoksi, poliüretan yapılarının yüzeylerinin partiküllerle desteklenmesi sonucu elde edilebilirler.



Şekil 6. Yüzeylerinde $-SH$ ve NH_2 grubu içeren kaplamaların yüzeye tutunma mekanizması

Genellikle in-situ partikül ilavesi daha homojenize bir karakter gösterirken ex-situ metodu partiküllerin birbiri ile etkileşimlerinden dolayı daha kompleks bir yapıdadır. Özellikle homojen ve aglomerasyonun olmadığı, şeffaf (transparan) malzemelerin eldesi için partiküllerin küçük boyutlarda olması gereklidir. Parçacıkların kendi yüzey özellikleri matrikse bağlanma ve nihai özelliklerine de katkı yapmaktadır. Genelde dolgulu hibrit yapılar mekanik açıdan incelendiğinde özelliklerinin şu faktörlere bağlı olduğu ortaya çıkmaktadır:

- a) Nanopartikül ve matriks arasındaki aynı fazda olması gereken etkileşim
- b) Nanopartikülün kendi özellikleri (parçacık boyutu, spesifik yüzey alanı, cinsi ve yapı)
- c) Nanopartiküllerin kendi aralarındaki etkileşimler

Dolayısı ile kaplamaların yüzeye bağlanma mekanizması (Şekil 6) da değişebilir özellik göstermektedir [42-43] . Bu sayede istenilen değişiklikler moleküler düzeyde gerçekleştirilir.

3. SONUÇ

İnorganik organik hibrit yüzey kaplamaları genellikle sol-jel metodu ile üretilen ancak bunun yanında diğer nano üretim tekniklerini de kullanabilecek esnekliğe sahip ve fonksiyonel kaplama üretmek için oldukça faydalı bir metottur. Başlangıç malzemeleri hidroliz ve kondenzasyon reaksiyonları ile inorganik ve organik 2 ayrı polimerik ağ oluşturur ve bu ağın içerisine farklı fonksiyonel özellikler için nanopartiküller, yüzey modifiye edici moleküller, özel yapılar eklenebilir. Bu sayede özellikle sertlik ve çizilme dayanımının artması yanında kendini temizleme, suya karşı iticilik, ısı ile renk değiştirme gibi fonksiyonel özellikler de hem laboratuvar bazında hem de endüstriyel amaçla elde edilebilir. Özellikle çevre, enerji ve sağlık hususları göz önünde bulundurulduğunda bu tür yapıların gelecekte sağlayacağı faydalar kuşkusuz açık bir şekilde gözlenebilir.

4. KAYNAKLAR

- [1]. Kalia S., Haldorai Y., 2015. Organic Inorganic Hybrid Materials, Springer International Publishing.
- [2]. Mark J. E., Lee C. Y-C, Bianconi P. A., 1995. Hybrid Organic-Inorganic Composites, ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC.
- [3]. Aegerter M.A. and Mennig M., 2004. Sol-Gel Technologies for Glass Producers and Users. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Mass., 37-48.
- [4]. Dislich H., 1971. New Routes to Multicomponent Oxide Glasses. Angew.Chem. (Engl), 10, 363-370.
- [5]. Mackenzie J.D., 1988. Applications of the Sol-Gel Process. Journal of Non-Crystalline Solids, 100, 162-168.
- [6]. Bradley D.C., Mehrotra R.C. and Gaur D.C., 1978. Metal Alkoxides. Academic Press, London, 411, ISBN: 0-12- 124250-1.
- [7]. C. Jeffrey Brinker, George W. Scherer, 1990. The Physics and chemistry of Sol Gel Processing Academic Press.
- [8]. Introduction to Sol-gel Processing, 1998. Alain c. Pierre, Springer Science +Business Media LLC.
- [9]. Attia S.M., Wang J., Wu G., Shen J. and Ma J., 2002. Review on Sol—Gel Derived Coatings: Process, Techniques and Optical Applications. J. Mater. Sci. Technol., 18(3), 211-218.
- [10]. Hench L.L., 1986. Use of drying control chemical additives (DCCAs) in controlling sol-gel processing. In L. L. Hench and D. R. Ulrich eds. Science of Ceramic Chemical Processing. John Wiley & Sons, Inc. 52-64.
- [11]. A. V. Rao, S. S. Latthe, S. L. Dhere, S. S. Pawar, H. Imai, V. Ganesan, S. C. Gupta and P. B. Wagh, 2010. Control on Wetting Properties of Spin-Deposited Silica Films by Surface Silylation Method, Applied Surface Science, 256, 7, 2115-2121.
- [12]. Cruz M.R.A., Zarzoza G.O., Castanon G.A.M. and Martínez J.R., 2012. Thin films from different materials obtained by the Sol-Gel method: study of the morphology through Atomic

- Force Microscopy (AFM). *Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology*, 1370-1376.
- [13]. Brinker C.J., Hurd A.J., Frye G.C., Ward K.J. and Ashley C.S., 1990. Sol-gel thin-film formation. *Journal of NonCrystalline Solids*, 121, 294-302.
- [14]. Coradin T. and Livage J., 2006. Sol-gel synthesis of of solids. *Encyclopedia of inorganic chemistry*.
- [15]. Schmidt H.K., Geiter E., Mennig M., Krug H., Becker C. and Winkler R.P., 1998. The sol-gel process for nano technologies: nanocomposites with interesting optical and mechanical properties. *Journal of Sol-Gel Science and Tech.*, 13, 397-404.
- [16]. Schmidt H.K., Popall M., 1990. Inorganic/organic composites for optical application, *Proc. SPIE, Sol-Gel Optics*, 249, 1328.
- [17]. Choi A.H., Ben-Nissan B. 2014. Advancement of solgel technology and nanocoatings in Australia. *Journal of the Australian Ceramics Society*, 50, 121-136.
- [18]. Kasemann R, Schmidt H., 1994. Coatings for mechanical and chemical protection based on organic-inorganic sol-gel nanocomposites, *New J. Chem.*, 18, 1117-1123.
- [19]. Schmidt, H., 2001. Nanoparticles by chemical synthesis, processing to materials and innovative applications. *Appl. Organometal. Chem.*, 15: 331–343.
- [20]. Chad EI, et al., 2009. Reactive Nanoparticles in Coatings, in *Nanotechnology Applications in Coatings*. American Chemical Society. pp. 188-209.
- [21]. Arslan, O., 2004, *Seramik Tozlarının Kaplamaçılıkta Kullanılması*, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Master tezi.
- [22]. Pierre A.C. and Pajonk G.M., 2002. Chemistry of aerogel and their application. *Chem. Rev*, 102, 4243-4265.
- [23]. Huizar-Felix A.M., Hernandez T., de la Parra S., Ibarra J. and Kharisov B., 2012. Sol-gel based Pechini method synthesis and characterization of $\text{Sm}_{1-x}\text{Ca}_x\text{FeO}_3$ perovskite $0.1 \leq x \leq 0.5$. *Powder Technology*, 229, 290–293.
- [24]. Guzman G., Beteille F., Morineau R. and Livage J., 1996. Electrical switching in VO2 sol-gel films. *J. Mat. Chem.*, 6, 505-506.
- [25]. Jiang Y., Yan Y., Zhang W., Ni L., Sun Y. and Yin H., 2011. Synthesis of cauliflower-like ZnO–TiO2 composite porous film and photoelectrical properties. *Applied Surface Science*, 6583–6589.
- [26]. Dhoke SK, Khanna AS, 2009. Electrochemical behavior of nanoiron oxide modified alkyd based waterborne coatings. *Materials Chemistry and Physics* 117: 550-556.
- [27]. Çamurlu H. E., Akarsu E., Arslan O., Mathur S., 2016. Nanocomposite glass coatings containing hexagonal boron nitride Nanoparticles, *Ceram. Int.* 42, 8856–8862.
- [28]. A. Murakami, A., Yamaguchi, T., Hirano, S., Kikuta, K., Murakami, A., Yamaguchi, T., Hirano, S. and Kikuta, K., 2008. Synthesis of porous titania thin films using carbonatation reaction and its hydrophilic property. *Thin Solid Films*, 516(12), 3888-3892.
- [29]. Alhamed M. and W. Abdullah W., 2010. Structural and optical properties of ZnO:Al films prepared by the sol-gel method. *Journal of Electron Devices*, 7, 246- 252.
- [30]. Shakti N. and Gupta P.S., 2010. Structural and Optical Properties of Sol-gel Prepared ZnO Thin Film. *Applied Physics Research*, 2(1), 19-28.
- [31]. V. Ganesan, 2009. Preparation of MTMS Based Transparent Superhydrophobic Silica Films by Sol-Gel Method, *Journal of Colloid and Interface Science*, Vol. 332, No. 2, 484-490.
- [32]. S. S. Latthe, H. Imai, V. Ganesan and A. V. Rao, 2010. Porous Superhydrophobic Silica Films by Sol-Gel Process, *Microporous and Mesoporous Materials*, Vol. 130, No. 1-3, 115-121.
- [33]. O.Arslan, Z. Aytac, T.Uyar, 2016. Superhydrophobic, Hybrid, Electrospun Cellulose Acetate Fibrous Mats for Oil/Water Separation by Tailored Surface Modification, , *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 8 (30), 19747–19754

- [34]. Wani I.A., Khatoon S., Ganguly A., Ahmed J., Ganguli A.K. and Ahmad T., 2010. Silver nanoparticles: Large scale solvothermal synthesis and optical properties. *Materials Research Bulletin*, 45(8), 1033-1038.
- [35]. Arslan O., Arpaç E., Sayılkan F., Sayılkan H., 2007. Hybrid sol-gel coating on Al, *J.Mater.Sci.*42:2138-2142.
- [36]. Çamurlu H. E., Mathur S., Arslan O., Akarsu E., 2016. Modification of Hexagonal Boron Nitride Nanoparticles with Fluorosilane, *Ceram. Int.*, 42, 6312–6318.
- [37]. Arslan O., Arpac E., Sayılkan H., 2012. Siliconcarbide Embedded Hybrid Nanocomposites as Abrasion Resistant Coating, *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials* 20(2):284-292.
- [38]. Wang D. and Bierwagen G.P., 2009. Sol–gel coatings on metals for corrosion protection. *Progress in Organic Coatings*, 64, 327-338.
- [39]. Dislich H. and Hussamann E., 1981. Amorphous and crystalline dip coatings obtained from organometallic solutions: Procedures, chemical processes and products. *Thin Solid films.*, 77, 129-139.
- [40]. Bornside D.E., Macosko C.W. and Scriven L.E., 1989. Spin coating: One dimensional model. *Journal of Applies Physics*, 66, 5185-5193.
- [41]. Arslan O., 2013. Synthesis, Characterisation and Surface Modification of ZnO-TiO₂ Nanostructures for the Nanotoxicity, Visible Light Emission and Photocatalytic Studies, University of Cologne, Ph.D. thesis.
- [42]. Chang C., Lin J., Cheng L., 2016. *Journal of Applied Science and Engineering*, 19, 4, 401408.
- [43]. Kozuka H., Sakka S., 1993. Preparation of gold colloid-dispersed silica-coating films by the sol-gel method *Chem. Mater.*, 5 , 222–228.
- [44]. Faure B., Salazar-Alvarez G., Ahniyaz A., Villaluenga I., Berriozaba G., Miguel Y., Bergstrom L. 2013. Dispersion and surface functionalization of oxide nanoparticles for transparent photocatalytic and UV-protecting coatings and sunscreens *Sci. Technol. Adv. Mater.* 14, 23001.

IMPROVING THE FLAME RETARDANT PROPERTIES OF COTTON FABRICS WITH BORON COMPOUNDS

Esra GELGEÇ¹, F. Filiz YILDIRIM^{1*}, Şaban YUMRU¹, Mustafa ÇÖREKCİOĞLU¹

"Bu çalışma Uluslararası Üniversite-Sanayi İşbirliği Ar-Ge ve İnovasyon Kongresinde sunulmuştur"

ABSTRACT

Cotton is an important raw material for the world and Turkish textile sector. The flame-retardant properties of cotton fabrics are rather weak and need to be improved. Boron compounds are intended to be used to improve these properties of cotton fabrics. In this review, flame retardant materials containing boron compounds and their usability in textiles are investigated and summarized.

Keywords: flame retardant, cotton, boron, boric acid

ÖZET

Pamuk, dünya ve Türk tekstil sektörü için önemli bir hammaddedir. Pamuklu kumaşların güç tutuşurluk (alev geciktirici) özellikleri oldukça zayıftır ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bor bileşiklerinin pamuklu kumaşların bu özelliklerini geliştirmek için kullanılması amaçlanmıştır. Bu derleme çalışmada, bor bileşiklerini içeren güç tutuşur malzemeler ve bunların tekstilde kullanılabilirliği araştırılmış ve incelenmiştir.

Keywords: Güç tutuşurluk, pamuk, bor, borik asit

1. INTRODUCTION

Textile is the most important material in our daily life. Along with the rapid development of science and technology, wearable, comfortable, and smart functional textiles are becoming necessary (Holme, 2007; E.W.T. Ngal et al., 2014). Cotton is an excellent natural material with a wide range of textile applications in different production areas (Hou et al., 2012) However, carbon (C), oxygen (O), hydrogen (H) content of cotton fiber is combustible and poses a great risk. Therefore industrial and academic studies are focused on reducing of cotton ignitability by changing thermal properties. (Horrocks, 2011; Alongi&G.Malucelli, 2015; A.Abou-Okeil et al, 2013). Indeed, reduction of burning and ignition tendency in textile materials has been known and recognized since man's recorded history. The flame resistant materials such as asbestos were used in Roman times. After 16th century, it is possible to see a number of patents on flame-retardant textiles (Tomasino, 1992). Nowadays, with increasing industrialization, collective settlement areas and developing technology increase the fire risks and this causes the use of flame protective textiles (Ömeroğulları&Kut, 2012). Therefore, demands for flame retardant textile fabrics have grown steadily over the last decades (Xie et al., 2013). To recognize the mechanism of flame

¹ Ozanteks Tekstil R&D Centre, Denizli, Turkey, *Email: filiz@ozanteks.com.tr

retardancy in textiles, it is necessary to understand the combustion process and the flame process (Dehabadi, 2012).

Our country has 72% of boron reserves in the world. It accounts for 32% of world production (Bozacı,, 2018).Boron has a superior property such as high ignition temperature and flame retardant effect of boron has been the subject of many studies. Zinc borate, boric acid and fluoroborate are the most commonly used flame retardant boron compounds (Gürü et al., 2010). Boron compounds are environmentally friendly when used as flame retardants. They do not cause toxic gas release and have low volatility value. Boron flame retardants cause the formation of a glass protection layer that acts as a barrier for polymer chain oxidation. They cover the burning material, cut off the contact with oxygen and repress the burning, as well. Using boron compounds as a flame retardant in textiles is increasing day after day (Yılmaz Aydın et al.,2016)

2. COMBUSTION THEORY

When solid materials are heated, some chemical and physical changes can occur at certain temperatures depending on the chemical structure of these materials. Thermoplastic polymers soften and then melt. At some higher temperature both non-thermoplastic and thermoplastic solids are chemically degraded (pyrolyze) (Figure 1). Chemical changes begin and then continue throughout the burning temperature when combustion occurs (Tomasino, 1992; W.D.Schindler&P.J.Hauser, 2004). Combustion; is an exothermic reaction that requires heat, oxygen and appropriate fuel components. When remaining conditions are ignored, the combustion is self-catalyzed and continues until oxygen, fuel, or heat is consumed (Ömerogulları & Kut, 2012).

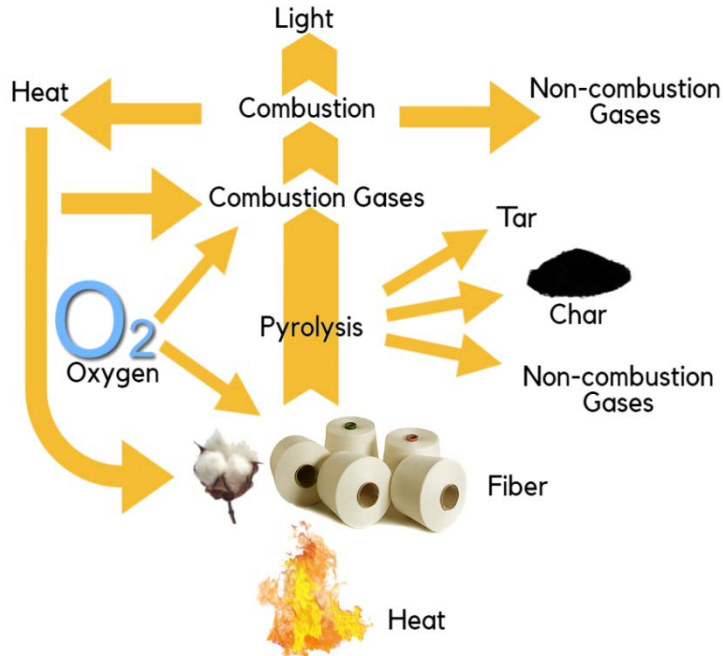


Figure 1. Combustion cycle of textile fibers (Ömerogulları & Kut, 2012; Tomasino, 2012; Dehabadi, 2012; Schindler & Hauser, 2004)

In textiles, combustion behavior is influenced by factors such as fiber type and fiber mixtures as well as the structure of the ignition source and the impact time to the fabric, fabric orientation, ignition point (edge of fabric), ambient temperature, relative humidity, air flow rate and fabric structure. Moreover, studies on the effect of yarn structure and geometry on burning behavior indicate that different yarn twisting methods cause different combustion resistances in yarns (Ömeroğulları & Kut, 2012; Horrocks ve Price, 2001). Additionally, the other important factor in combustion is the Limiting Oxygen Index (L.O.I.) which indicates the amount of the oxygen needed in order to burn (Tomasino, 1992; Bellini et al.,2001). The percentage of oxygen in the air is around 21% (Bellini et al., 2001). The higher LOI exhibits better flame-retardant property. All fibers with lower LOI will burn easily (Tomasino, 1992; Bellini et al., 2001). The LOI of the main textile fibers are given below (Table 1). As seen on table cotton is among the most flammable fibers (Kilinc, 2013).

Table 1. L.O.I. of the main textile fibers (Tomasino, 1992; Bellini et al., 2001; Kilinc, 2013).

<i>L.O.I. of the main textile fibers</i>	
<i>Fibers</i>	<i>LOI (%)</i>
Wool	25
Cotton	18
Polyester	20-21
Polyamide	20-21
Acrylic	18-20
Modacrylic	22-30

Cotton fibers are pure cellulose form which is the most abundant polymer in nature. Approximately 90% of cotton fibers are made of cellulose (Gordon & Hsie, 2007). Cellulose ($C_6H_{10}O_5$)_n is a linear polymer of molecules consisting of building blocks of glucose anhydrite units. These units are organic compounds which are linked to each other by 1-4 ~ glucosidic bonds (int 7, 2017). The cellulosic molecule is a ribbon-like structure of six-membered rings with hydroxyl groups (Figure 2).

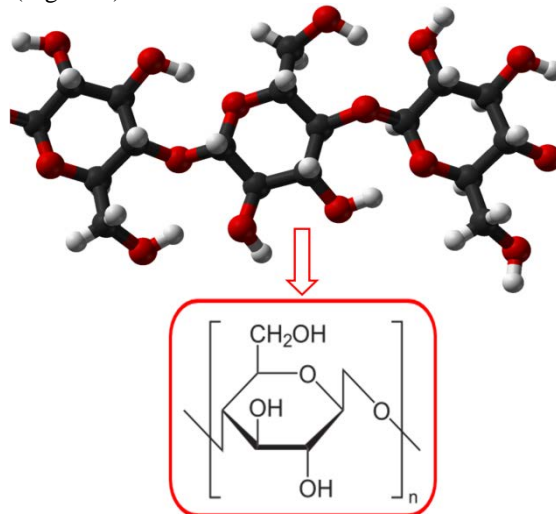


Figure 2. Chemical structure of cellulose (Alongi et al., 2011; int 2, 2017)

The covalently bound chain molecule is cured with internal hydrogen bonds parallel to the oxygen bridges between the rings. Under tensile stress, the molecule has a high modulus and high strength (Klemm et al., 2004). The chemical reactions and heating effects of cotton cellulose depend on the activity of the multi-molecular structure and the hydroxyl groups C_2 , C_3 and C_6 (Alongi et al., 2011).

The new Flame Retardants FR usually use the chemical surface of the cotton for covalent bonding. The covalent bond should not alter the physical properties of the cotton (Battezzore et al., 2014). Esterification reactions are occurred in the cotton fibers during the best finishing operations. Particularly flame retardant processes (usually phosphorylation reactions) take place in this route (Davies & Horrocks, 1986). Cellulose is easily damaged by oxidizing agents such as dichromates, hypochlorites, chlorinated and perchloric acids, peroxides, tetraoxides (Gordon & Hsie, 2007)

Three types of volatile chemicals are generated when cellulosic fibers are heated at pyrolysis temperature such as flammable volatiles (alcohols, aldehydes and alkanes), flammable gases (carbon monoxide, ethylene and methane) and non-flammable gases (carbon dioxide and water vapor) (Figure 3) (Tomasino, 1192; Bellini et al., 2001). Formation of levoglucosan is the significant thermal degradation mechanisms for cellulosic fibers. Levoglucosan and its unblanced pyrolysis products are high degree of flammable materials. The flame retardants for cellulosic fibers can hinder the formation of these materials (Dehabadi, 2012; Schindler & Hauser, 2004).

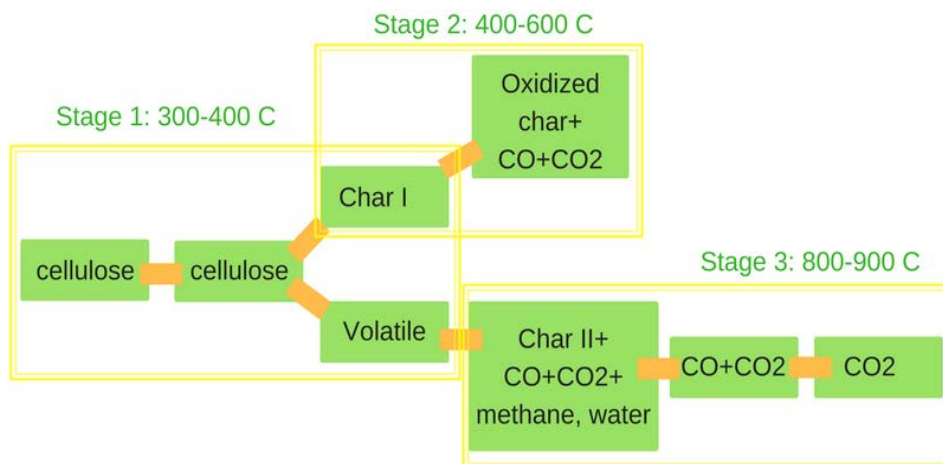


Figure 3 Scheme of cotton cellulose thermal degradation upon heating (Alongi & Malucelli, 2015).

3. FLAME RETARDANTS FOR CELLULOSIC FIBERS

Resistant combustion chemicals are generally based on the six elements. These are phosphorous, antimony, chlorine, boron and nitrogen (Kalin, 2008). The most important commercial flammability substances can be classified into three categories. The first category includes flame retardants based on phosphorous (condensed phase mechanism) and halogens (gas phase mechanism). The second category includes synergistic retardancy enhancers. These type of flame retardants have lower flame retarding effects by themselves, but greatly enhance the flame retardancy of first category flame retardants (nitrogen with phosphorous and

antimony with halogens). And the last category includes adjunctive flame retardants that show their activity through physical effects (borates, alumina trihydrate, calcium carbonate and intumescent) (Ömeroğulları & Kut, 2012; Schindler & Hauser, 2004).

Conventional flame retardants for cotton fabrics contain halogen and phosphorus. Using of halogen-based flame retardants to reduce the flammability of cotton is one of the most effective ways to reduce the fire hazard. However, various toxic and corrosive gases are formed with using these flame retardants during thermal decomposition. In recent years, intensive efforts have been made to develop halogen-free flame retardants (Lessan et al., 2011; Lu & Ian, 2002).

One of the most important burning mechanism of cellulose fibers is levoglucosan formation and the flame retardants inhibit this formation. Esterification and cross linking of cellulose fibers with phosphoric acid decreases the levoglucosan formation and catalyzes the carbonation and dehydration of cellulose. This mechanism acts as efficient flame retardant (Gürü et al., 2010; Schindler & Hauser, 2004). In one study, researchers investigated the effect of the sol-gelate phosphate based flame retardant coating on the flame retardancy, hardness and strength of polyacrylonitrile fabrics (Yaman, 2009). It has been noted that some compounds containing phosphorus, silicon boron, nitrogen, and other elements might be used as a flame retardant additive. Boric acid and borate salts were used as effective nonflammable additives (Lu & Ian, 2002).

In another study, phosphorous compounds were applied to the cotton fabrics by sol-gel method. Cone calorimeter, vertical burn test, horizontal burn test, thermogravimetric analysis tests were applied to the fabrics. Vertical flammability test results of the samples are given on Figure 4 (Alongi et al., 2011).

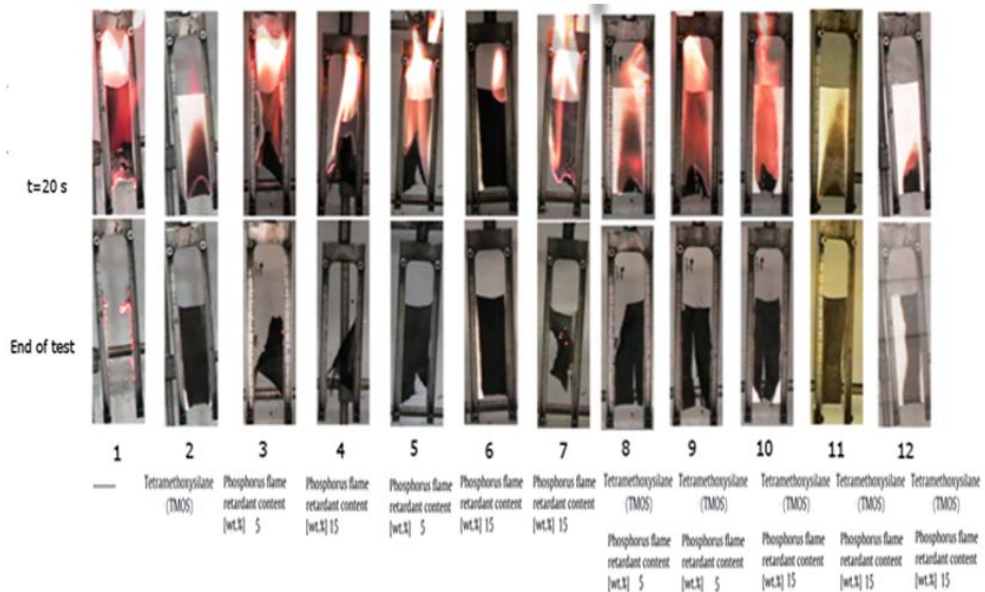


Figure 4. Cotton fabrics after vertical flammability tests 1, (Alongi et al., 2011).

Based on a synergistic effect, it was found that 5% and 15% of the most promising concentrations of phosphorus compounds were strongly improved flame retardancy of cotton fabrics (Lu & Ian, 2002; Alongi et al., 2011).

3.1. Non-Durable Flame Retardants For Cellulose

As is known for a long time, inorganic salts impart flame retardancy properties to the cellulosic fibers. However they are not resistant to water, sweat or rain. In 1820, scientists used borax and ammonium sulphate to give flame retardant properties to cotton. Nowadays, a mixture of borax and boric acid are used for cotton. This mixture provides safest carbon monoxide and smoke production (Tomasino, 1992; Kalın, 2008). However, ammonium sulfate and boric acid and borax mixtures found to be non-durable flame retardant finishes for cotton (Gürü et al., 2012; Wu, 2004). There are some studies on the using of boron and its compounds in the flame retardant finishes (Xie et al., 2013; Bilgiç & Dayık, 2013; Gemci & Gülşen, 2010; Kalın, 2008; Sricharussin et al., 2004; Mercimek, 2010; Wu, 2004).

In one study, borax, zinc borate and boric acid were applied to the cotton fabrics with Alfa-x flame-retardant chemical. Boron compounds and prepared solutions were applied to 100% cotton by pad batch method (Table 2). The flammability of the samples was investigated by combustion tests (TS EN ISO 6941: 2007 standard). Burning rate results of samples are given in Figure 5 (Kalın, 2008).

Table 2 Chemical content and mixing ratios of prepared solutions (Kalın, 2008).

Samples	Alfa-x (%)	Zinc Borate (%)	Borax (%)	Boric Acid (%)	pH
Reference	-	-	-	-	-
1	50	-	-	5	4.88
2	50	-	-	7.5	4.76
3	50	-	-	10	4.79
4	50	-	5	-	6.14
5	50	-	7.5	-	6.34
6	50	-	10	-	6.57
7	50	5	-	-	5.04
8	50	7.5	-	-	5.08
9	50	10	-	-	5.52
10	50	-	-	-	5.16
11	100	-	-	-	4.81

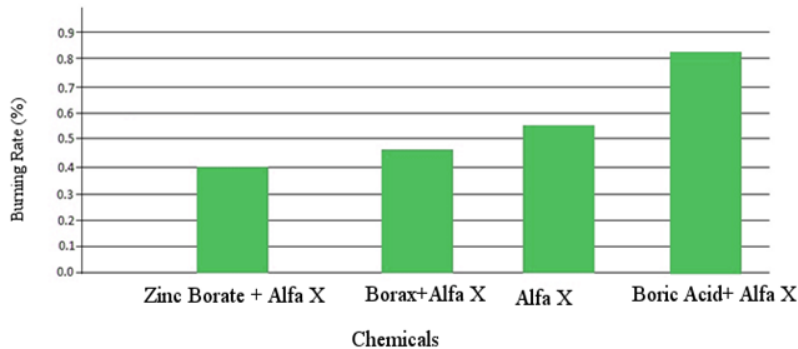


Figure 5. Burning rates of cotton fabrics(Kalın, 2008).

In consequence of burning tests, it was observed that the raw fabric not treated with finishing agents was burned completely. Besides the fabric samples treated with finishing agents provide high effective flame retardancy. Fire retardant chemicals used in this research were easily washed away from the fabric (Kalin, 2008).

In another study, flame retardancy properties of boric acid in the cotton fabric were investigated and 45° oblique burning test was applied to the samples. Changes in the strength of the samples were examined. As a result of this study it was determined that flame retardancy of the samples had no washing resistance and tensile strength values of samples were decreased (Akarslan, 2015).

Diammonium phosphate, ammonium sulfamate and ammonium bromide are commercially used for giving flame retardancy to cotton (Tomasino, 1992; Schindler & Hauser, 2004). Non-durable, semi-durable or durable flame retardant properties can be obtained with phosphorus compounds. Nitrogen is not effective when it used alone, however it acts synergistically with phosphorus (Tomasino, 1992).

3.2. Durable Flame Retardants For Cellulose

Although inorganic salts have positive effects on flame-retardant properties of cellulose, they have no washing durability. The most durable flame retardants for cellulosic fibers are phosphorous- and nitrogen based chemical systems. These systems form cross linked structures on the fiber or can react with the fiber. One of the most important ingredients of this finish is tetrakis (hydroxymethyl) phosphonium chloride (THPC) which reacts with urea to make an insoluble structure on cellulosic fibers (Tomasino, 1992; Gürü et al., 2010; Schindler & Hauser, 2004). Eventough the THPC-Urea system gives durable flame retardancy, treated cellulosic fabrics become stiffer and weaker. Their tensile strength values decrease as well as releasing formaldehyde during the finishing treatment. Then, THPC-urea system variations were developed for producing finishes that give fibers to less stiffness and damage (Proban process). Many other approaches were tried. In one of these studies, using of *N*-methylol dimethylphosphonopropionamide (PYROVATEX CP) to obtain durable flame retardant finishing in cellulose fibers was investigated (Figure 6). This agent is applied to the fabric with melamine resin using a phosphoric acid as a catalyst (Tomasino, 1992; Dehabadi, 2012; Schindler & Hauser, 2004).

The other flame retardant named Fyrol 76 is an oligmeric phosphonate and it is applied with *N*-methylol acrylamide and potassium persulphate. Many flame retardant finishing agents were applied with padding, drying, curing and oxidizing (Tomasino, 1992).

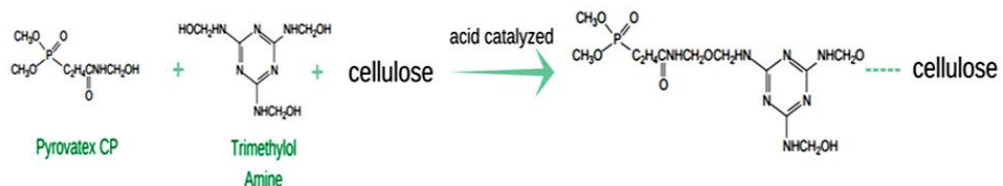


Figure 6 Reaction of Pyrovatex CP with cellulose with trimethylol amine (Dehabadi, 2012; int 3, int 4, 2017)

Textile fabrics blended with cotton could be treated with Tetraethoxysilane (TEOS) by sol-gel method with inorganic precursor of silica phases. These samples were evaluated with

cone calorimeter. SEM images of fabric samples treated with TEOS are given in Figure 7 (Alongi et al., 1961).

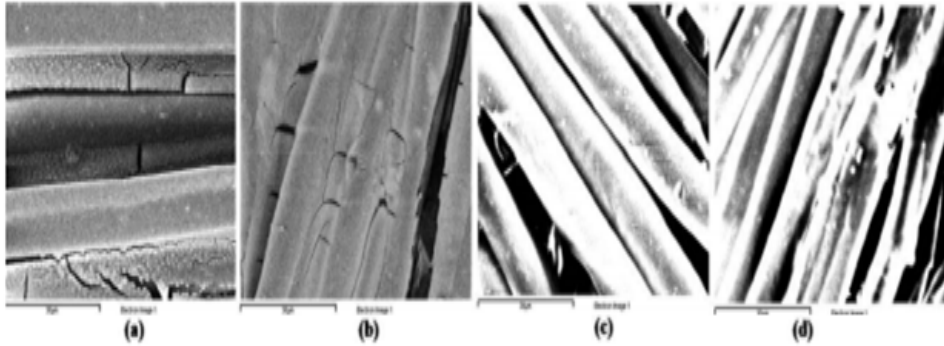


Figure 7 energy dispersive spectroscopy (EDS) mapping of (a) PET, (b) COT, (c) containing 15% COT (COT15), and (d) containing 35% COT (COT35) with TEOS3 (Alongi et al., 1961)

LOI test results of the treated samples are given in Table 3.

Table 3 Combustion results from Cone Calorimetry and LOI Tests (Alongi et al., 1961).

Formulation	TTI(s)	δ TTI(%)	LOI(%)
COT*35	14	-	21
COT35-TEOS1	26	+86	22
COT35-TEOS2	27	+93	22
COT35-TEOS3	24	+71	22
COT15	59	-	22
COT15-TEOS1	47	-20	23
COT15-TEOS2	46	-22	23
COT15-TEOS3	67	+14	23
COT	14	-	20
COT-TEOS1	16	+7	22
COT-TEOS2	9	-40	22
COT-TEOS3	18	+20	22
PET**	164	-	21
PET-TEOS1	78	-52	22
PET-TEOS2	72	-57	22
PET-TEOS3	62	-62	22
*Coton, **Polyester			

It was observed that silica films deposited on the fabric formed a protective layer against thermal degradation in the air (Alongi et al., 1961). Many flame-retardant finishing agents can be applied by filling, drying, curing and oxidizing (Tomasino, 1992). Because of inorganic structure of boron, it is not durable to wash. When sol-gel method implement boron layers on cotton fabric, samples gain wash strength. (Tomasino, 1992).

Tetraethoxysilane with a triple flame retardant could be applied to the silk fabric. The results were evaluated according to test results such as micro calorimeter combustion, smoke density, LOI (Zheng et al., 2017). Cross linking mechanism of the boron silica gel and silk fibers can be seen on Figure 8.

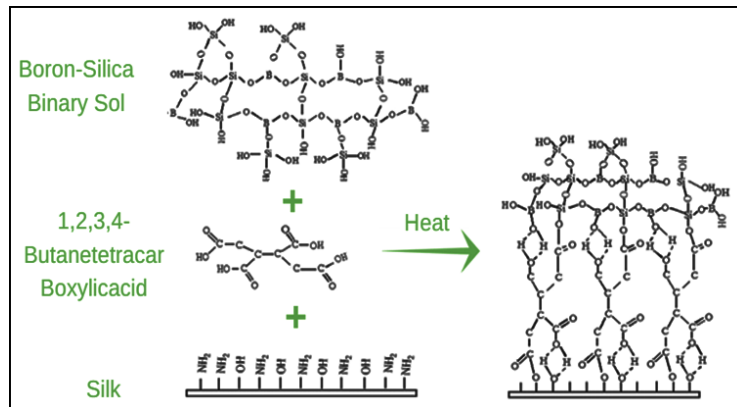


Figure 8 Cross linked silk fabric with boron-silica binary sol by BTCA (1,2,3,4-butanetetracarboxylic acid) (Zheng et al., 2017).

After sol-gel application the samples were washed 10 times and the durability of finish were evaluated. Applied method showed good flame retardancy with LOI value of over 34.5% on silk fabric. BTCA left on coating and increased the durability of washing on silk fabric but had a negative effect on LOI values (Zheng et al., 2017).

Polycarboxylic acid can be used to improve the wash fastness of the cellulosic fabrics. Formaldehyde-based N-methylol compounds including dimethylethylenedi-hydroxyethyl-urea (DMDHEU) have been used in the textile industry. However, studies have been initiated to develop formaldehyde-free crosslinking agents instead of formaldehyde releasing N-methylol compounds which are carcinogenic during production and storage. Polycarboxylic acids can strengthen the organic-inorganic bond by attaching a silica coating on the cellulosic fabric and also by forming an ester bridge with the ester bond between the silica layer of the cellulosic Sol precursor. (Succinic acid, glutaric acid adipic acid, maleic acid, dl-malic acid and tartaric acid have recently been used for providing durability in the cotton (Campbell & Francis, 1996; Gagliardi & Shippee, 1963; Kang et al., 1998; Mahlting et al., 2005; Huang, 2011).

4. NANOTECHNOLOGICAL APPROACHES FOR FLAME RETARDANTS (FR) TODAY

The history of cotton flame retardation is based on very prolonged life. New approaches are developed over the last five years have led more environmentally friendly systems. Therefore, the attention of the scientific world has turned to nanotechnology. There is a common consensus that nano objects created a very thin layer on the fabric surface may be the key to new FRs (Alongi et al, 2013; Selcen Kiliç, 2013; Liang et al., 2013). Among the nanotechnology approaches, nanoparticle adsorption, the derived Layer by Layer (LbL) assembly, sol-gel and dual-cure processes seem to deserve further investigations to achieve the best performances (Alongi & Malucelli, 2015).

4.1. Nano Particle Adsorption

Nanoparticle adsorption can be considered to place nanoparticles on the fabric surface. A nanoparticle suspension should be applied onto the fabric to create a nanometric distribution acting as a physical flame barrier. It is considered that, this approach is not stable in comparison to the systems in which the cross linker between cotton and nanoparticles is used, since the approach is based on ionic interactions between the substrate and the fabric. Table 4 summarises the collected data for treated cotton with different nanoparticles (Alongi et al., 2015).

Table 4. Nanoparticles investigated and collected results for treated-cotton by cone calorimetry (Alongi et al., 2015).

Nanoparticle	Formula	Results
Carbonate hydrotalcite	$Mg_6Al_2(CO_3)(OH)_{16}.4(H_2O)$ carbonate salt	pkHRR reduction, TTI increase
Octapropylammonium POSS®	$R(SiO_x)$	pkHRR reduction, TTI increase
Silica	SiO_2	pkHRR reduction
Sodium cloisite	$M_x[Al_{4-x}Mg_x](Si)_8O_{20}(OH)_4$	pkHRR reduction, TTI increase
Sulphonate bohemite	AlO(OH) p-toluenesulphonate salt	pkHRR reduction, TTI** increase
Titania (anatase form)	TiO_2	pkHRR* reduction

*peak of heat release rate, ** time to ignition

4.2. Layer by Layer (LbL) assembly

LbL was discovered in 1966 by Iler. It is a simple process consisting of a gradual accumulation of films based on self-assembled coatings and electrostatic interactions (Iler, 1966). Through electrostatic interactions, the LbL apparatus must be immersed in a water-based solution with a counter-charged polyelectrolyte of the substrate. Thus, the positively and negatively charged layers formed on the surface are combined using the inversion of total surface charge in each immersion step (Figure 9) (Lawden & Hull, 2013).

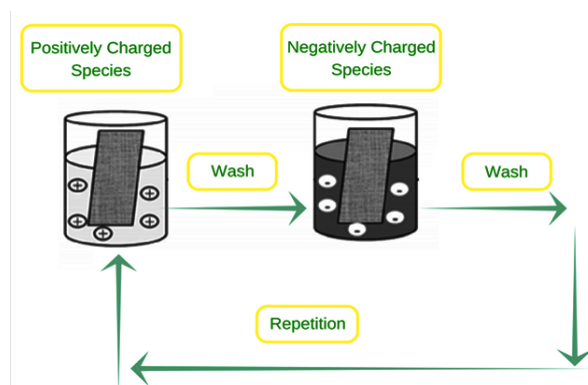


Figure 9 Scheme of LbL assembly (Alongi & Malucelli, 2015; Lawden & Hull, 2013).

LbL was thought to be an evolution of the nano particle adsorption processing. By taking advantage of this approach, two types of structures can accumulate as solid or inorganic

coatings on the surface (Alongi & Malucelli 2015; Lawden & Hull, 2013). Silica based materials were put on cotton fibers by Layer by Layer technique to improve their flame retardant properties. For this purpose, three different sedimentation procedures (dip, vertical and horizontal sprayers) were considered and compared (Alongi et al., 2013). SEM micrographs were presented in Figure 10 and cone calorimeter results are given in Table 5. As seen on Figure 10, different application methods exhibit different results.

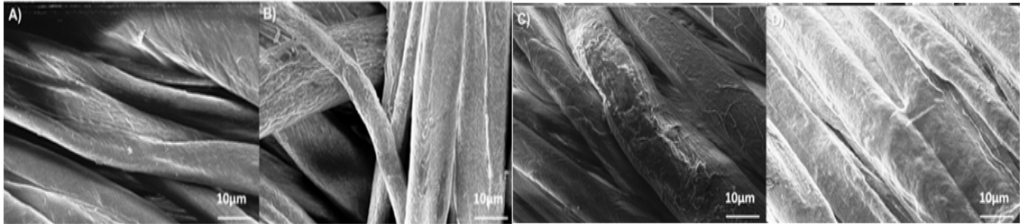


Figure 10. SEM micrographs of cotton fabrics: neat (A) and LbL-treated by dipping (B), vertical (C) and horizontal spray (D) (Alongi et al., 2013).

Table 5 Cone calorimetry data of neat and LbL-treated fabrics [41].

Sample	TTI(s)	RSR		Residue(g)
		Peak(1/s)	Time(s)	
COT	22	1.1	30	0.01
COT, silica, horizontal spre	28	0.9	36	0.03
COT, silica, vertical spre	20	0.8	34	0.04
COT, silica, dipping	20	0.8	28	0.04

As seen on Table 5 evaluating combustion tests have been proven that the horizontal spray provides the best flame resistance and a significant increase in the total burn time and amount of char. Cone calorimetry measurements have shown a significant increase in the duration of the ignition and a significant reduction in heat release rate and total heat release for fabrics treated with horizontal spray (Alongi et al., 2013).

The cotton fabric is treated with other flame retardant coatings consisting of branched polyethyleneimine (BPEI) and sodium montmorillonite (MMT) clays prepared by laminated (LbL) assembly (Figure 11) (Li et al., 2010).

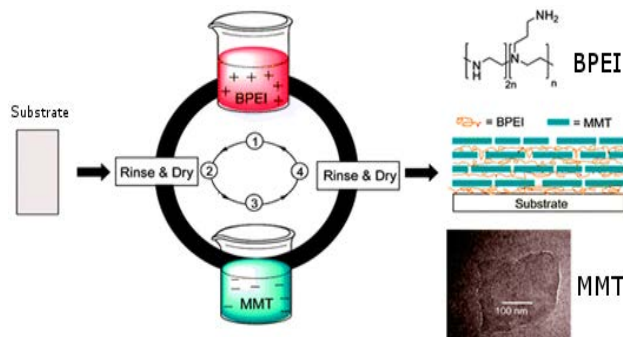


Figure 11. Schematic image of the LbL deposition process used to prepare clay-BPEI assemblies (Li et al., 2010).

All covered fabrics were exhibited a mesh structure and a fiber shape. Microcombustion calorimeter test results showed that all coated fabrics were exhibited reducing total heat release (Li et al., 2010).

4.3. Sol-gel and Dual-core Processes

Sol-gel technology enables the production of glassy materials added as porous dry gel or condensed materials. Starting with aqueous solutions of process precursors, they can be immobilized (even if they are as fragile as proteins in glass-like materials) (int 1, 2017). The sol-gel method has shown its potential in terms of synthesis of new materials with high homogeneity at the molecular level and exceptional physical and chemical synthesis. The sol-gel is a versatile synthetic route based on a two-step reaction (hydrolysis and condensation), starting from (semi) metal alkoxides (usually tetraethoxysilane, tetramethoxysilane, titanium tetraisopropoxide, aluminium isopropoxide). This leads the formation of completely inorganic or hybrid organic-inorganic coatings at or near room temperature (as seen on Figure 12) (Sakka, 2003).

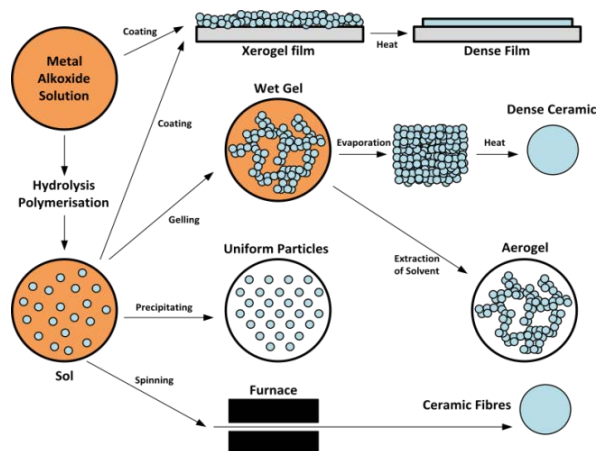


Figure 12. Sol-gel process overview (int 1, 2017; int 6, 2017)

Nature of (semi)metal atom and alkyl/alkoxide groups, structure of the (semi)metal alkoxide, water/alkoxide ratio, pH (acidic or basic conditions), temperature, reaction time and presence of co-solvents. All these parameters were used to determine the structure/morphology of the resulting oxidic networks (Sakka, 2003). In the sol-gel technique, both silane and phosphate-containing alkoxides such as TEOS (tetraethoxysilicate), TMOS (tetramethylortho silicate) alkoxides or DPTES (diethylphosphatoethyltriethoxysilane) are frequently used as the left precursor (Alongi & Malucelli, 2015; Sakka, 2003).

It is also important for textiles. Chloride, bromide, phosphorus, antimony, boron, based materials are used for providing flame retardant effects on textile surfaces. The combination of antimony-halogen or phosphorus nitrogen leads synergistic effects. The higher chemical concentration (about 300-500 g / L) used in conventional techniques can be significantly reduced by using sol-gel method. Additionally, this method provides non-halogen, ecological and economic flame retardant activity (Camlibel & Arik, 2017).

In order to provide flame retardant properties on the cotton fabrics, it is necessary to prepare inorganic silica thin films and to investigate the effect of the films on thermal and burning behavior, as well. Modification of fabrics with the pure silica solgel precursor (3-

Aminopropyl)triethoxysilane (APTES) and three different sols were studied to examine the effect of APTES and hybrid sols consisting of phosphorus-conjugated diethylphosphite. Cotton fabrics were impregnated with soles by a filling process (Figure13). The thermal behaviors of the treated cotton samples were investigated by thermogravimetric / differential scanning calorimetry analysis (TGAeDTG / DSC) and compared with untreated cotton samples. Flame retardancy properties were tested according to the ASTM D 1230 standard method (Brancatelli et al., 2011).

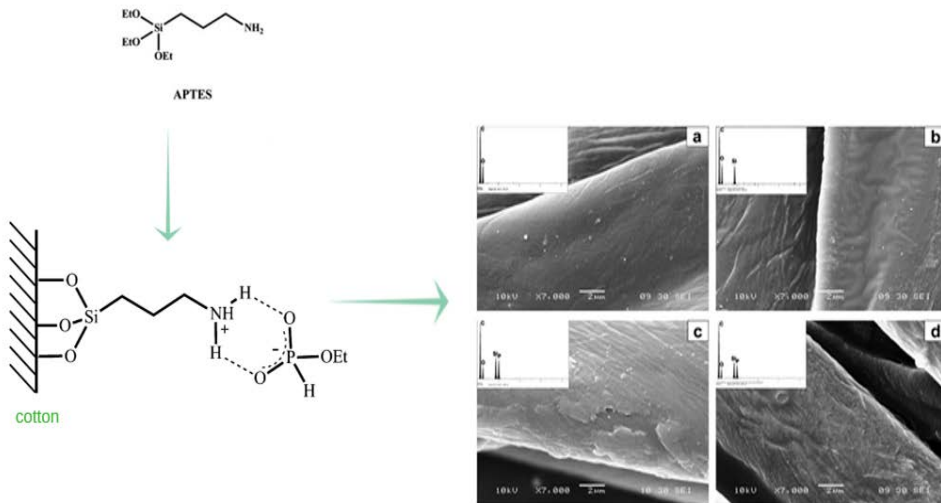


Figure 13 Chemical structures of the sol-gel precursor APTES, proposed interaction between the hydrolyzed APTES and DEP and SEM micrographs of cotton fabrics untreated (a), and treated with Silica (Si) (b), Silica-Phosphorus (Si-P) (c) and Silica-Phosphorous-Carbon (Si-S-P-C) (d) sols (Brancatelli, et al., 2011).

The results exhibited that coal residue properties and flame retardancy are a significantly improved by modifying fabrics with thin layers. Unfortunately, recommended coatings do not exhibit a high washing fastness. Thus, these fabrics are not proper for clothing (Brancatelli et al., 2011).

5. TEST METHODS FOR FLAME RETARDANTS.

There are a number of features that are taken into consideration in the evaluation of the flammability process. Burning behavior of the material is related to the surface structure of the materials. Many test methods developed depending on the variables that are included in the standards. Common standards are as follows according to the location of the material (Table 6);

Table 6 Selected tests for textiles (Alongi & Malucelli, 2015).

Test type	Nature of test	Standard	Textile type	Ignition source
Textile composite and product tests	Apparel not for protective clothing UK small-scale composite test for furnishing fabric/fillings	BS EN 1103	Vertical clothing fabrics	Small flame
		BS 5852 Parts 1 and 2	Furnishing fabrics	Cigarette and simulated match flame
		BS 5852 or ISO 8191 Parts 1 and 2		Small flames and wooden cribs applied

Test type	Nature of test	Standard	Textile type	Ignition source
		BS EN 1021 Parts 1 and 2		to small and full scale tests Cigarette and simulated match flame
		BS 6807	Bedding (mattresses)	Cigarette and match ignition tests
		BS EN 597 Parts 1 and 2		
		BS EN ISO 12952 Parts 1 and 2		International standard for cigarette and match ignition testing
		BS 6307 and ISO 6925	Carpets	Methenamine pill ignition source BS EN ISO 9239 Part 1 Reaction to fire test using a radiant source at 30° (~10 kW m ²)
		BS EN ISO 9239 Part 1		
		BS EN 13772	Curtains	Uses EN ISO 6941 fitted with an additional radiator source
		BS 5867 Part 2		Uses BS EN ISO 6941 for domestic and ISO 15025 for contract fabrics
		BS EN 1102		Uses EN ISO 6941 with 10 s ignition time
Simple fabric strip tests	Vertical strip method tests	BS 5867 Part 2	Curtains and drapes	Small flame
		BS 5722	Nightwear	Small flame
	Vertical strip method	BS EN ISO 6940 Part 1	Vertical fabrics	Small flame
		ISO 15025		
US strip tests	ASTM D6413	Vertical fabrics	Small flame	
	FMVSS 302	Horizontal fabrics	Small flame	
Thermal protection (including protective clothing and manikin tests)	Protective clothing: general requirements	BS EN 340		Design, comfort, durability and labelling requirements.
	Resistance to radiant heat	BS EN ISO 6942		Exposure to radiant source
	Resistance to convective heat (flame)	BS EN 367		Determine heat transfer index
	Resistance to molten metal splash	BS EN ISO 9185		Molten metal
	Gloves against thermal risks	BS EN 407		Composite standard (including fire-fighters' and welders' gloves)

	Fire-fighters clothing	BS EN 469		Composite standard
	Welders' and allied industrial clothing	ISO 11611		Composite standard
Tests undertaken with the addition of radiant heat including reaction to fire tests	Protective clothing against heat and flame			
	Use of radiant flux plus specified ignition	EN ISO 9239 Part 1	Carpets: fabrics/composites of use in seatings	Irradiate with 30 gas heated panel (~10 kW m ⁻²) with small burner
		NF 92503, French 'M test'		
		ASTM E906 and FAR 25.853 Part 4	Aircraft seat assemblies, so-called 'Boeing' test	Irradiate under 35 kW m ⁻² with small flame ignite
	Protection against limited heat and flame	BS EN ISO 15025		Small flame
	Protective clothing – protection from limited flame spread	BS EN ISO 14116		Damage definition enables fabric classification
Test type	Nature of test	Standard	Textile type	Ignition source
	Contact heat transmission	BS EN 702		Contact temperatures 100–500 °C
	Fire-fighters' hoods	EN 131911		
	Instrumented manikin testing of whole garments	BS ISO 13506		Prediction of burn injury in terms of 1st, 2nd and 3rd degree burn propensity
Durability tests	Cleansing and wetting procedures for use in flammability tests	BS 5651	All fabrics	Used on fabrics prior to submitting for standard ignition tests
	Commercial laundering	BS EN ISO 10528		
	Domestic laundering and dry cleaning	BS EN ISO 12138		
		BS EN ISO 6330		

6. CONCLUSION

The flame-retardant properties of cotton fabrics are rather weak and need to be improved. Boron compounds are used to improve these properties of cotton fabrics. In this review, boron compounds used to improve the flame retardant properties of cotton fabrics and their application methods have been investigated and summarized. This study is related to the R & D center's own equity project. This project investigated the use of boron and boron compounds to impart flame retardant properties to cotton fibers. Although the literature suggests that these compounds are not stable, low costs make boron compounds attractive. As is known, Turkey's boron reserves are huge and we want to use these resources as our flame retardant textile products. Further studies should be necessary on this issue.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is related to the Ozanteks Textile R&D Center's 17U05 Equity Project and was presented at the 1. International University-Industry Cooperation, R&D and Innovation Congress, 18-19 December 2017.

7. LITERATURE

- [1] Akarslan F., Investigation on fire retardancy properties of boric acid doped textile materials, *Acta Physica Polonica A*, 128, 403-404, 2015
- [2] A.R. Horrocks, Flame retardant challenges for textiles and fibres: New chemistry versus innovatory solutions, *Polym. Degrad. Stab.* 96 (2011) 377–392
- [3] Alongi , J , Ciobanu , M , and Malucelli , G (2011d) , ‘ Cotton fabrics treated with hybrid organic – inorganic coatings obtained through dual-cure processes ’ , *Cellulose* , 18 , 1335 – 1348 .
- [4] Abou-Okeil, A., Ei-Sawy, S. M., & Abdel-Mohdy, F. A. (2013). Flame retardant cotton fabrics treated with organophosphorus polymer. *Carbohydrate Polymers*, 92, 2293–2298.
- [5] Alongi, J., Ciobanu, M., & Malucelli, G. (2011). Novel flame retardant finishing systems for cotton fabrics based on phosphorus-containing compounds and silica derived from sol–gel processes. *Carbohydrate Polymers*, 85, 599–689
- [6] Alongi, F. Carosio, A. R. Horrocks and G. Malucelli, Update on Flame Retardant textiles: State of the art, Environmental Issues and Innovative Solutions, Smithers Rapra, Shawbury, Shrewsbury, Shropshire, UK, 2013
- [7] Alongi J, Malucelli G. Cotton flame retardancy: state of the art and future perspectives. *RSC Advances*. 2015;5(31):24239–24263. DOI: 10.1039/C5RA01176K
- [8] Alongi,J.,Carosio,F.,Franche,A.,Malucelli,G. Layer by Layer coatings assembled through dipping, vertical or horizontal spray for cotton flame retardancy. *Carbohydrate Polymers* 92 (2013) 114–119.
- [9] Bellini, F. P., Franzetti, E., & Vago, S. (2001). “Textile reference book for finishing”. *Fondazione Acimit*, 139.
- [10] B. Mahltig, H. Haufe, H. Bottcher, J. Mater. Chem. 15 (2005) 4385–4398
- [11] Bozacı, E., (2018)“Borlu Bileşiklerin Çevre Dostu Yöntemlerle Poliakrilnitril Kumaşlara Uygulanması” *BORON* 3 (1), 17 – 23.
- [12] Bilgiç M., & Dayık, M. (2013). “Borun Özellikleri ve Tekstil Endüstrisinde Kullanımıyla Sağladığı Avantajlar”. *Electronic Journal of Vehicle Technologies/Tasit Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(2).
- [13] Campbell, H. J., and Francis, T., The Cross-linking of Cotton Cellulose by Aliphatic Dicarboxylic Acids, *Textile Res. J.* 35, 260-270 (1965).
- [14] Dehabadi, V. A. (2012). *Novel possibilities in chemical pretreatment and finishing of cotton fabrics*, (Doctoral dissertation, Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Chemie).
- [15] D. Klemm, B. Philipp, T. Heinze, U. Heinze and W. Wagenknecht, in *Comprehensive Cellulose Chemistry: Fundamentals and Analytical Methods*, Volume 1, ed. I., John Wiley & Sons, 2004, vol. 1, pp. 9–29.
- [16] D. Battagazzore, S. Bocchini, J. Alongi, A. Frache and F. Marino, *Cellulose*, 2014, 21, 1813–1821.
- [17] D. Davies and A. R. Horrocks, *J. Appl. Polym. Sci.*, 1986, 31, 1655–1662
- [18] E.W.T. Ngaia, S. Penga, P. Alexanderb, Decision support and intelligent systems in the textile and apparel supply chain: an academic review of research articles, *Expert Syst. Appl.* 41 (2014) 81–91.

- [19] Gürü M, Ayar B, Çakanyıldırım Ç, Özmen L. Alev ve yüksek sıcaklığa dayanıklı boya ve üretim yöntemi incelemeli Patent TR 2007 02470 B, 21.10.2010
- [20] Gemci, R., & Gülşen, G. (2010). Güç Tutuşur Kumaş Üretiminde Bor Bileşiklerinin Kullanılması. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(1), 1-10.
- [21] G. Brancatelli, (2011), C. Colleoni, G. Rosace and M. Massafra, *Polym. Degrad. Stab.*, 6, 483–490
- [22] Gagliardi, D. D., and Shippee, F. B., (1963), Crosslinking of Cellulose with Polycarboxylic Acids, *Am. Dyest. Rep.* 52(4), 74-77
- [23] Horrocks, A. R., Kandola, B. K., Davies, P. J., Zhang, S., & Padbury, S. A. (2005). "Developments in flame retardant textiles—a review". *Polymer Degradation and stability*, 88(1), 3-12.
- [24] Horrocks, A.R., Price, D. (2001). *Textiles, Fire Retardant Materials*, 128-181.
Holme, Innovative technologies for high performance textiles, *Color. Technol.* 123 (2007) 59–73
- [25] Hou, A., Zhang, C., & Wang, Y. (2012). Preparation and UV-protective properties of functional cellulose fabrics based on reactive azobenzene Schiff base derivative. *Carbohydrate Polymers*, 87, 284–288
- [26] Int1, http://www.immt.pwr.wroc.pl/~maruszewski/index_en.php?sub=activity
- [27] Int2, <https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Cellulose#/media/File:Cellulose-lbeta-from-xtal-2002-3D-balls.png>
- [28] Huang,W.,Xing,Y.,Yu,Y.,Shang,S.,Dai,J.Enhanced washing durability of hydrophobic coating on cellulose g-fabric using polycarboxylic acids.*Applied Surface Science*,257(2011),4443-4448
- [29] Int 3, https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Cellulose#/media/File:Cellulose_Haworth.svg
- [30] Int 4, <https://chem.nlm.nih.gov/chemidplus/rn/20120-33-6>
- [31] Int 5, <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/21287791>
- [32] Int 6, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SolGelTechnologyStages.svg>
- [33] J. Alongi, F. Carosio, A. R. Horrocks and G. Malucelli, Update on Flame Retardant textiles: State of the art, Environmental Issues and Innovative Solutions, Smithers Rapra, Shawbury, Shrewsbury, Shropshire, UK, 2013.
- [34] J. Alongi, A. Frache, G. Malucelli and G. Camino, in *Handbook of Fire Resistant Textiles*, ed. F. Selcen Kilinc, Woodhead Publishing Ltd, Cmbridge, UK, 2013, pp. 68–93.
- [35] J. Alongi, J. Tata, F. Carosio, G. Rosace, A. Frache and G. Camino, A Comparative Analysis of Nanoparticle Adsorption as Fire-Protection Approach for Fabrics. *Polymers* 2015, 7, 47-68
- [36] J. Alongi, M. Ciobanu, J. Tata, F. Carosio and G. Malucelli, *J. Appl. Polym. Sci.*, 2011, 119, 1961–1969
- [37] Kang, In-Sook, Yang, C. Q., Wei, W., and Lickfield, G. C., Mechanical Strength of Durable Press Finished Cotton Fabrics, *Textile Res. J.* 68, 865-870 (1998).
- [38] Kalın, M. B. (2008). "Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması". *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş.*
- [39] Kilinc, F. S. (Ed.). (2013). *Handbook of fire resistant textiles*. Elsevier.
- [40] K. Iler, *J. Colloid Interface Sci.*, 1966, 21, 569–594
- [41] Lessan, F., Montazer, M., & Moghadam, M. B.(2011). A novel durable flame-retardant cotton fabric using sodium hypophosphite, nano TiO₂ and maleic acid. *Thermochimica Acta*, 520, 48–54
- [42] Lu, S., & Ian, H. (2002). Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers. *Progress in Polymer Science*, 27, 1661–1712.

- [43] L. A. Lowden and T. R. Hull, *Fire Sci. Rev.*, 2013, 2, 4–19
- [44] Mercimek, H. (2010). “Effect of Chemicals and Binders on the Durability of Flame Retardant Treated Cotton Nonwovens”.
- [45] No Camlibel, B Arık - Recent Applications in Sol-Gel Synthesis, 2017 - intechopen.com
- [46] Omerogullari, Z., & Dilek, K. U. T. (2012). “Tekstilde Güç Tutuşurluk”.
- [47] Sricharussin, W., Ryo-Aree, W., Intasen, W., & Poungraksakirt, S. (2004). “Effect of boric acid and BTCA on tensile strength loss of finished cotton fabrics”. *Textile Research Journal*, 74(6), 475-480.
- [48] S. Gordon and Y. L. Hsie, *Cotton: Science and Technology*, Woodhead Publishing Limited and CRC Press, Boca Raton, FL, 2007
- [49] S. Liang, N. M. Neisius and S. Gaan, *Prog. Org. Coat.*, 2013, 76, 1642–1665
- [50] Schindler, W. D., & Hauser, P. J. (2004). *Chemical finishing of textiles*. Elsevier
- [51] Sakka, *Sol-gel Science and Technology. Topics and Fundamental Research and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, 2003.
- Sol containing boron and nitrogen. *Applied Surface Science*, 421,50-60.
- [52] Tomasino C., (1992) “Chemistry And Technology Of Fabric Preparation And Finishing”, Department Of Textile Engineering, Chemistry And Science College Of Textiles North Carolina State University
- [53] Xie, K., Gao, A., & Zhang, Y. (2013). Flame retardant finishing of cotton fabric based on synergistic compounds containing boron and nitrogen. *Carbohydrate polymers*, 98(1), 706-710.
- [54] Wu, W. (2004). “*Flame retardant finishing for cotton using a hydroxy-functional organophosphorus oligomer*” (Doctoral dissertation, uga).
- [55] [Int 7, web.hitit.edu.tr/dersnotlari/ibrahimbilici_12.04.2014_4E1P.pdf](http://web.hitit.edu.tr/dersnotlari/ibrahimbilici_12.04.2014_4E1P.pdf)
- [56] Yaman, N. (2009). Preparation and flammability properties of hybrid materials containing phosphorous compounds via sol–gel process. *Fibers and Polymers*, 10, 413–418.
- [57] Yılmaz Aydın ,D.,Gürü,M.,Ayar, B.,Çakanyıldırım Ç. Bor bileşiklerinin alev geciktirici ve yüksek sıcaklığa dayanıklı pigment olarak uygulanabilirliği. *BORON 1* (1), 33 - 39, 2016
- [58] Y.C.Li, J. Schulz, S. Mannen, C. Delhom,B. Condon, S, Chang, M. Zammarano and J.C. Grunlan. Flame retardant behavior of polyelectrolyteclay thin film assemblies on cotton fabric. *ACS Nano* 4, 3325–3337, 2010.
- [58] Zheng,Q.,Chen,G.,Xing,T.(2017).Silk flame retardant finish by ternary silica

THE COMPARISON OF QUICK DRYING CHARACTERISTICS OF LIGHT-WEIGHT WARP KNITTED TOWELS

F. Filiz YILDIRIM¹, Esra GELGEÇ¹, Abdullah Can DENİZ¹,
Mustafa ÇÖREKÇİOĞLU¹, Sema PALAMUTCU²

"Bu çalışma Uluslararası Üniversite-Sanayi İşbirliği Ar-Ge ve İnovasyon Kongresinde sunulmuştur"

ABSTRACT

Towels can be produced in the range of 300 to 900 g/m² weight and they are generally desired to have high water absorption ability and softness. Although high weighted towels absorb more water, they need too much time for washing and drying processes which cause more energy consumption. Light-weighted towels are washed and dried easily compared to their high weighted counterparts. In this study, light weight warp knitted towels were produced and their quick drying characteristics were investigated and compared to the other medium weighted towels. These fabrics had different fiber blend ratios such as 100% polyester (PES), 90% cotton (CO)-10% polyester (PES), 80% cotton (CO)-20% polyester (PES), 50% cotton (CO)-50% polyester (PES), and 100% cotton. Two different liquid absorbency measurement tests and one drying rate test were carried out to determine the wetting and drying performance properties of warp knitted towel samples. The results exhibit that, all types of towels exhibited good liquid absorption properties except one sided velvet and one sided terry towel types. All warp knitted towels displayed excellent to good drying rates due to their polyester yarn content. 100% polyester fabrics displayed excellent drying rates and excellent liquid absorption properties. Thus, these fabrics can be used as quick drying bathrobes, beach wear and any other applicable product design.

Keywords: warp knitting, light-weight towels, quick drying, absorbency

ÖZET

Havlular genellikle 300 ile 900 gr/m² aralığında üretilir ve genellikle yüksek su emme yeteneğine sahip olması ve yumuşak olması istenir. Yüksek gramajlı havlular daha fazla su emer, ancak yıkamak ve kurutmak için çok fazla zaman gerekir ki buda daha fazla enerji tüketimine neden olur. Bu çalışmada hafif gramajlı çözümlü örme havlular üretilmiş ve bu kumaşların kuruma özellikleri araştırılmış ve diğer orta gramajlı havlular ile karşılaştırılmıştır. Bu kumaşlar, %100 poliester, %90 pamuk - %10 poliester, %80 pamuk - %20 poliester, %50 pamuk - %50 poliester ve %100 pamuk oranlarında üretilmiştir. Numunelerin ıslanma ve kuruma özelliklerini belirlemek için iki su emicilik ve bir kuruma testi uygulanmıştır. Sonuçlar, tek tarafın kadife tek tarafı bukle havlular dışında hepsinin iyi su emicilik özelliği sergilediğini göstermiştir. Tüm çözümlü örme havlular polyester iplik içerdikleri için mükemmel kuruma oranı özelliği göstermiştir. %100 poliester kumaşlar mükemmel kuruma oranı ve su emicilik özellikleri sergilemiştir. Böylece, bu kumaşların hızlı kuruyan bornozlar, plaj kıyafetleri ve benzer ürünlerde kullanılabilir olacağı ön görülmüştür.

¹ Ozanteks Tekstil R&D Centre, Denizli, Turkey, Email: filiz@ozanteks.com.tr

² Pamukkale University Textile Engineering Department, Denizli, Turkey

Anahtar Kelimeler: çözümlü örme, düşük gramajlı havlular, hızlı kuruma, su emicilik

1. INTRODUCTION

Terry fabrics are important and popular fabrics that use from hats to socks, handkerchiefs to beach towels, bathrobes to baby cloths etc. These fabrics belong to the group of pile fabrics which have loop piles on one or both sides covering the entire surface (Petrlyte et. al. 2008; Singh and Swadesh, 2016). Although they can be produced by both weaving and knitting, the woven terry fabric still holds the major share in the market. Towels are the type of the terry fabrics and terry fabrics, also towels are known as their high water absorbency properties (Petrlyte et. al. 2008). Although many other factors are very important for towels such as softness or dimensional stability, hydrophilicity is the most significant one. There are a lot of factors that are related to the absorbency of the towels and many researchers investigated these factors (Petrlyte et. al. 2008; Durur and Oner, 2013; Kakde et. al., 2017; Holland, 1943; Swani et. al., 1984; Lord, 1974; Sekerden, 2012; Zervent and Koc, 2006; Ramachandran, 2006). For improving the absorbency, zero twist yarn, low twist yarn, etc., have been used (Petrlyte et. al. 2008).

In one of these researches, researchers investigated the water absorption properties of the towels manufactured of ring and open end yarns. The rate of water absorption was found the same in towels produced by open end and ring yarns. However, maximum water uptake of open-end yarn towels with lower fabric density and same weight was higher than those produced by ring yarns (Swani et. al., 1984; Uyanik et. al. 2013). In another study, the structural properties affecting the hydrophilicity of the towels were examined (Uyanik et. al. 2013; Goksel, 1987). Another researcher determined that the hydrophilicity was not affected by yarn count and weight of the fabric. Therefore, hydrophilicity affected positively from density and pile length of the fabric (Uyanik et. al. 2013; Bozgeyik, 1991). The softener type is also affected on the hydrophilicity of the towels. Hydrophilicity properties of the printed towels are lower than that of dyed towels (Zervent and Koc, 2006; Uyanik et. al. 2013). Towels made from doubled yarn have the lowest water absorption values due to the twisting properties of the yarns. Increasing warp and weft densities cause decreasing in water absorption percentage. Additionally, while the pile height is increased, water absorption property of the towels is getting increased (Uyanik et. al. 2013; Karahan and Eren, 2006). In studying the dynamic water absorption properties of the towel, one of the most effective factors on water absorption was the type of yarn. Single yarns absorb water faster than double yarns (Uyanik et. al. 2013; Karahan, 2007). In another study, the effect of absorption properties of zero and low twist yarns on the towels was investigated. The results exhibited that, zero twist yarns increases the water absorbency. On the other hand, this yarn type decreases the warp tensile strength (Uyanik et. al. 2013).

The customers prefer comfortable and fresh towels and bathrobes which have light in weight and soft in touch, quick in drying time, and hygienic. For the customers, comfort is an important property and the comfort properties of the towels should be specific. Some of these properties are air permeability, drying time or water absorption (Durur and Oner, 2013). However, many problems are related to the traditional towels. They are designed strictly to absorb water quickly without considering longer drying time requirements. Furthermore, these towels take longer drying times and bacterial growth is induced by moisture in the fabrics and this cause undesired odour (Hanes, 2006). Traditional towels are high-weighted and there are considerably differences between the washing of 450 gr/m² towels and 750 gr/m² towels in terms of drying time and energy cost. While low-weight towels may be needed to be washed in

one cycle, high-weight towels may need to be washed in two cycles in a washing machine. This means that there is a significant amount of electricity, water and washing and softening chemical consumption. In other words, heavy towels do not just increase your procurement cost, but they also significantly increase your energy costs (int, 2017). Having quick-dry and good absorption properties, the towels can be produced with cotton fibers on the pile and polyester fibers on the ground (Waite, 2000).

Polyester yarn use in the towel construction bring the capillarity and wicking terms in to the stage. It is well known that liquid absorption level of polyester fiber is quite low comparing to the cotton fiber inherent absorption property (Kissa, 1996). In case of water transport on polyester yarn or polyester fabrics capillarity phenomenon is used to explain the liquid migration through the fibers. Capillarity is the ability of liquids to penetrate into fine pores with wettable walls and be displaced from those with nonwetable walls (Zhud et.al, 2000). Capilar wetting occurs through the narrow gaps between fibres and yarns in warp and weft directions, especially in the interstitial area (Knittel and Schollmeyer, 2000). Wicking is explained as ability of a fibre to transfer moisture from one section to another. Transfer of the moisture or liquid is usually occurs along the fibre surface. And it may also happen that, some portion of the liquid is absorbed through the fibre depending on the absorption capacity of the fiber.

Along the penetration of the synthetic fibers in to the market there are more works carried out about the moisture and liquid transfer mechanisms of synthetic fiber based textile products. In the work of Wang (Wang et.al., 2008) polyester filament yarns are evaluated to understand their wicking properties. Yarns, as the semi-finished product between fibers and fabrics are used to explain their moisture transition property, where wicking is often employed to express the moisture transition of yarns (Wang et.al., 2008). In the work of Sarıçam and Kalaoglu (Saricam and Kaloglu, 2014) wicking and drying behaviour of polyester woven fabrics are investigated. The effects of yarn type, weft density, weave structure, thickness and air permeability were evaluated by the application of vertical wicking, transfer wicking and drying tests. Correlation analysis and two sided independent t-tests of the data obtained from experiments and the evaluations reveal that the texturizing process - the alteration of the arrangement and packing of yarns by changing the weft density and weave type, are influential with respect to the wicking performance. Moreover the drying behaviour is influenced by the thickness of the fabric (Saricam and Kaloglu, 2014).

Das studied moisture transmission through textile structure and claims that the liquid transfer involves two sequential processes: wetting and subsequently wicking (Das et. al, 2007). Oztürk has studied wicking properties of cotton-acrylic yarns and knitted fabrics and claim that wetting is defined as the initial behaviour of the fabric when it comes into contact with liquid (Ozturk et. al, 2010) Drying is another important characteristic of fabric in terms of time, energy, environmental influences and comfort, The time required for drying is related to the amount of water held originally, which is dependent on the moisture affinity and water holding capacities of the fibre (Cil et. al, 2009) The liquid transfer mechanism consists of water diffusion and capillary wicking determined by effective capillary pore distribution, pathways and surface tension. The drying rate, on the other hand, is related to the macromolecular structure of fibre (Fanguerio et. al, 2010). Jhanji has studied (Jhanji et al, 2017) moisture management and wicking properties of polyester –cotton knitted fabrics from the view of yarn lineer density. Outer surface and inner surface of the knitted fabric are designed using different yarn thicknesses to search the influence of the yarn linear density on the fabric wicking and moisture management properties.

In this study, cotton, polyester, cotton-polyester woven and warp knitted towel fabric samples were manufactured and analyzed according to their absorbency and quick drying properties. Then, the absorbency and quick-drying properties of these towels were compared.

2. MATERIALS AND METHODS

Twelve warp knitted and seven woven fabrics were used in this study. The warp knitted fabrics were manufactured in KSFB Z4 Mayer warp knitting machine and woven fabrics were manufactured in Vamatex dobby terry weaving machines. The weight values of the fabrics are in the range of 140 to 520 gr/m².

The absorbency and quick-drying properties were explored. The absorbency tests were performed according to EN ISO 14697 and AATCC 79 protocol. For determination of drying behavior, 5*5 cm sized samples were prepared. Their faces were placed on top of the sensitive scale and their weights were recorded as dry weight (m_k). 1 ml of water was dropped on the dry sample at a distance of 10 mm and measured weight was recorded as wet weight (m_y). After wetting of the sample fabric is kept at its horizontally laying down position and the change in weight (m_p) with respect to the drying of the fabric was measured and recorded at 10 minute intervals. The water content (K_s) remaining on the fabric after one hour was calculated with Formula 1 [20].

$$K_s \% = \frac{m_f - m_k}{m_y - m_k} \times 100 \quad [1]$$

3. RESULTS AND DISCUSSION

It should be noted that all samples have different yarn types, densities and constructions (warp knitting and weaving). However, we evaluated the impact of yarn type (polyester or cotton) and density on the absorbency and quick drying properties of these samples. Owing to this reason, the comparisons have been made among these fabrics. Absorbency and quick-dry values of the samples are shown in Table 1 and Figure 1-3.

Table 1. Absorbency and drying properties of fabrics samples

Construction	Fabric Type	Weight (gsm)	No	Absorption Time (sec) AATCC 79	Absorption Time (sec) (EN ISO 14697)	Remained Water Ratio (%) (FTTS-FA-04)
Warp Knitted	100% Polyester	140	1	0,5	1,3	1,3
	100% Polyester	160	2	0,4	1	0
	80 % Cotton- 20% Polyester	160	3	1,4	4,4	23
	80 % Cotton- 20% Polyester	180	4	0,7	1,7	16,7
	80 % Cotton- 20% Polyester	185	5	0,7	1,9	27,5
	80 % Cotton- 20% Polyester	200	6	0,9	1,7	20,8
	90% Cotton-10% Polyester	160	7	0,5	1,3	24,4
	90% Cotton-10% Polyester	190	8	0,9	1,5	32,3
	90% Cotton-10% Polyester	200	9	0,9	1,5	25,1
	50% Cotton-50% Polyester*	190	10	15	42	14,2
	50% Cotton-50% Polyester*	210	11	17,8	15,6	18,1
	50% Cotton-50% Polyester*	230	12	18,3	17,2	20,8
Woven	100% Cotton Woven	230	13	2,4	6,2	46,5
	100% Cotton Woven- White	300	14	1,8	3,8	33,3
	100% Cotton Woven- Beige	300	15	1,2	3,5	30,9
	100% Cotton Woven- Violet	300	16	1,2	4,5	58,4
	100% Cotton Woven- Dark Green	400	17	0,6	1,8	28,5
	100% Cotton Woven- Green	450	18	1,1	2	34,4
	100% Cotton Woven- Black	520	19	2,1	5,1	42,1

* one sided velvet, one sided terry

There are different test methods used for evaluating the water absorption of towels such as, aqueous immersion and drop tests (Sekerden, 2012; Ala, 2017). In these methods, the shorter time in the tests exhibit the higher water absorption values (Zervent and Koc, 2006). Therefore, 100% polyester warp knitted fabric samples are found to be most water absorbent towels and the water absorbency values of these samples are in the range of 0,4 seconds to 1,3 seconds. The micro-polyester yarns are used in the pile of 100% polyester warp knitted fabric samples. Using the micro polyester yarns in the pile provides more water absorbency and shorter absorption times.

A. Absorption Properties

As seen on Figure 1 and Figure 2, all woven samples and some warp knitted samples exhibited very good absorbency values, except one sided velvet-one sided terry towels. As it is known, absorbency values of the uncut pile towels are better than that of velvet ones (Zervent and Koc, 2006). Besides, all absorbency values of the samples, except velvet ones, exhibit very good degrees and these values are commercially acceptable. The highest absorption time value is 18,3 seconds for AATCC 79 test and 42 seconds for EN 14697 test. The lowest absorption time value is 0,4 seconds and 1 seconds according to AATCC 79 and EN 14697, respectively.

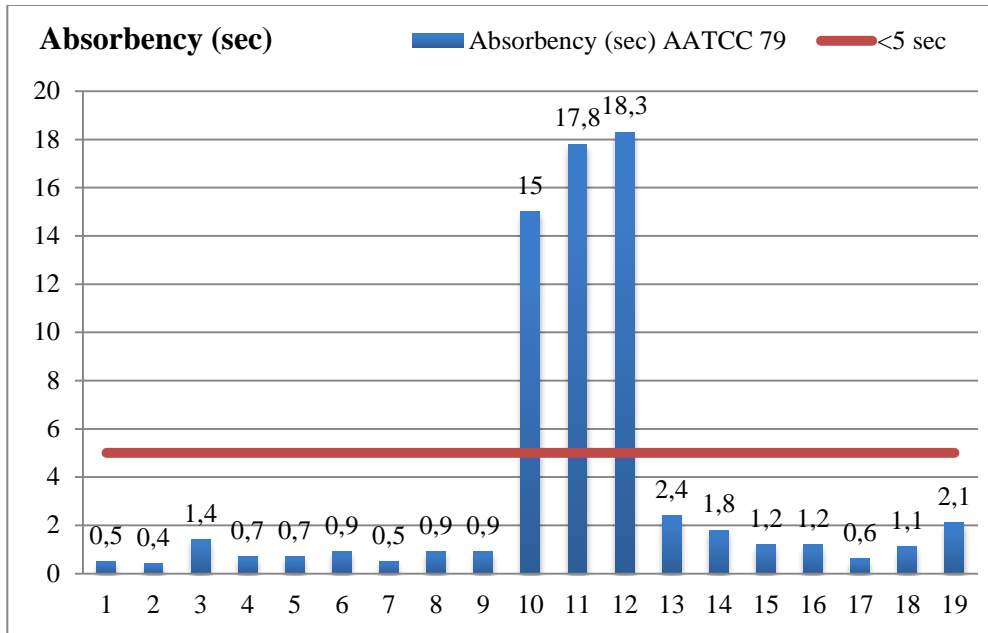


Figure 1. Absorption time of samples according to AATCC 79

100% polyester towel fabrics exhibited maximum absorption due to their micro polyester yarns content in piles. Micro polyester yarns provide piles that allow entering air and moisture into the yarn. These micro polyester yarns increase the softness and absorbency of towels and provide quick drying after washing. The action of splitting microfibrils produces polyester fibrils which substantially the same volume and create hydrophilic areas. Thus, the total adjoining surfaces of all the existing fibers increase and this provides a higher amount of water absorption (Uyanik et. al. 2013; El-Hady, 2018). As seen on Figure 1 and 2, Woven fabrics exhibit a bit higher measurement values than that of warp knitted towels except, velvet ones. Wetting depends on the arrangement of fiber surface and wetting liquid (Singh and Behera, 2014).

As seen on literature, absorption properties of the towels depend on various factors. The weight and pile length of the towel affect the absorption properties of the towels. As the weight and pile length of the towel increase, absorption capacity of the towel increases. Yarn type is the one of the most important factors on the towels absorption properties (Uyanik et. al. 2013; Stoyanova Germanova-Krasteva et al. 2013; El-Hady, 2018).

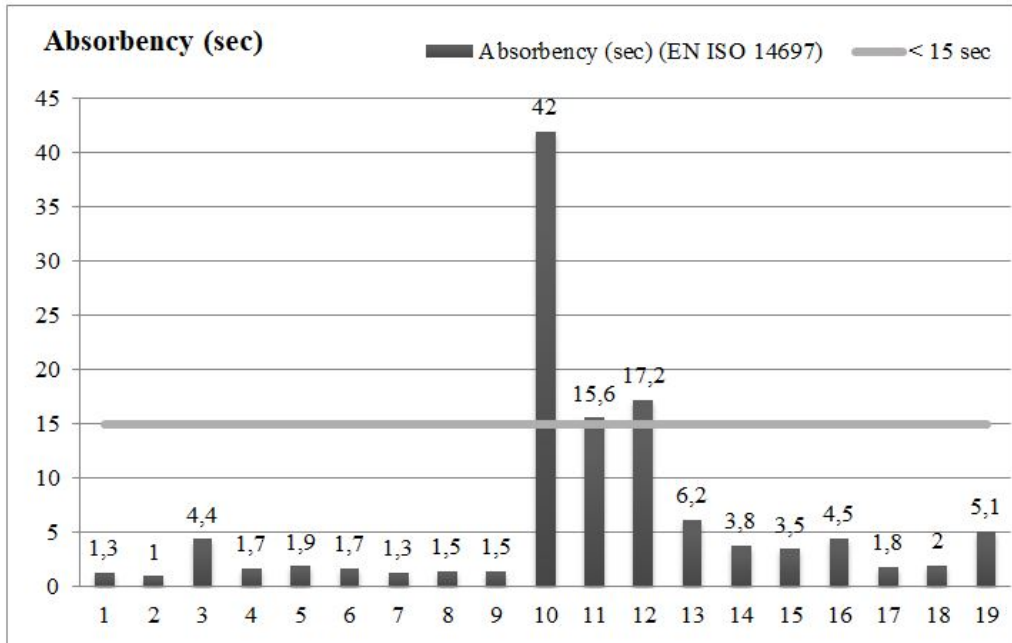


Figure 2. Absorption time of samples according to EN ISO14697

B. Drying Rate Properties

The remained water ratio test results are given in Figure 3. According to this test, when the amount of remaining water in the fabrics within 40 minutes is less than 5%, the fabric exhibits very good drying values.

As seen on Figure 3, 100% polyester warp knitted fabric samples are exhibited less than 5% water remaining ratios. Thanks to the micro-polyester yarns in the pile and polyester yarns on the ground, these fabrics exhibited best drying properties. And also the weights of these fabrics are the lowest. As it is well known, the polyester fibers are hydrophobic and dry quickly (El-Hardy and El-Barky, 2015). Therefore, using these fibers on the towel ground ensures towels to gain quick drying properties. All woven fabrics exhibited good to moderate drying properties. In woven terry towels, cotton fibers were used as ground yarn. Cotton is a hydrophilic yarn, absorbs water and not dries quickly. Hence, all woven fabrics showed worse drying properties than that of warp knitted fabrics. Polyester yarns were used on the ground of in almost all warp knitted samples.

In addition to all these above, it is seen on literature that the fabrics, which consist of synthetic fibers, produced from filament yarns show better drying performance than textiles produced from textured yarns. Additionally, thickness has related to the rate of drying (Saricam and Kaloglu, 2014). In this study, woven towel fabrics are thicker than the warp knitted towel fabrics and their drying properties are generally worse than warp knitted towel fabrics. This result is in parallel with the literature, which states that the drying time is positively correlated with the thickness of the fabric (Saricam and Kaloglu, 2014).

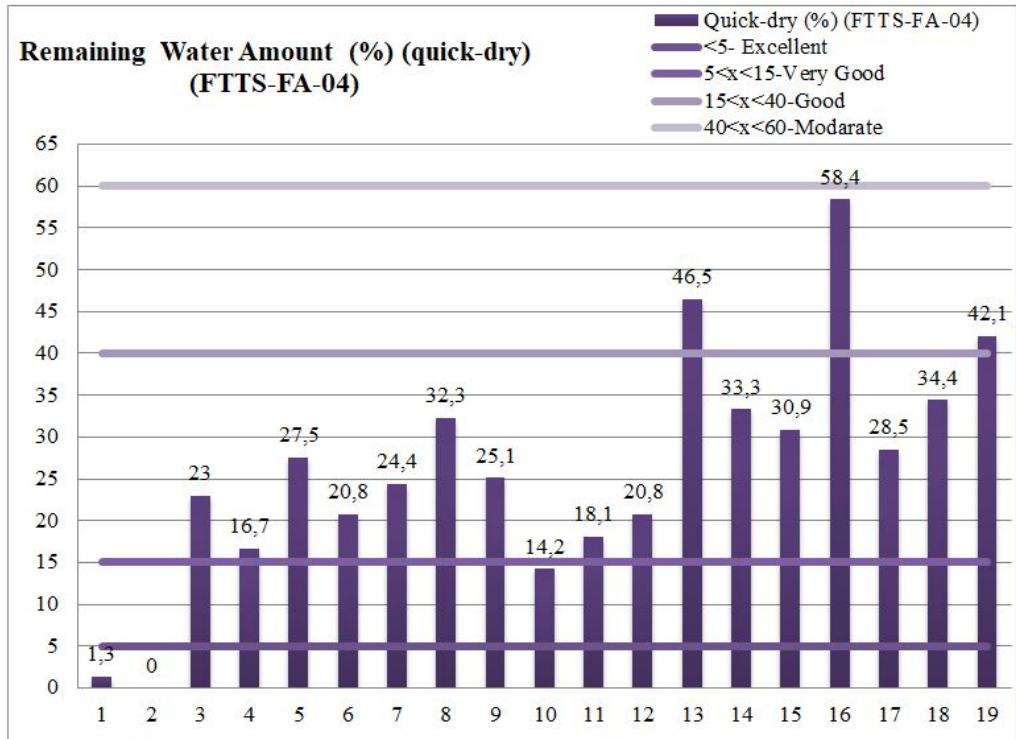


Figure 3. Remained water ratio of samples according to FTTS-FA-004

4. CONCLUSION

Towels are generally desired to have high water absorption ability and softness. Although high weighted towels absorb more water, they need too much time for washing and drying. Therefore they cause more energy consumptions. Light-weight terry towels are washed and dried easily. In this study, light weight warp knitted towels are manufactured and their water absorption and quick drying characteristics are investigated. Then these properties are compared to the other medium weighted towels. 100% polyester warp knitted fabric samples are found to be most water absorbent towels and the water absorbency values of these samples are in the range of 0,4 seconds to 1,3 seconds. And also, 100% polyester warp knitted fabric samples are exhibited less than 5% water remaining ratios.

With this study, it is aimed to develop terry towel fabrics which can absorb water highly and dry easily. Additionally, these fabrics decrease the energy and water consumption because they wash and dry easily. Thus, this study can have a positive impact on the environment. In addition, new bathrobe models will be developed using these terry towel fabrics.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is related to the R&D Center's 17U001 Equity Project and was presented at the 1. International University-Industry Cooperation, R&D and Innovation Congress, 18-19 December 2017.

5. LITERATURE

- [1] Ala, D.M, (2017), Investigaiton of wetting and drying properties of cotton woven fabrics, *Ulusal Çukurova Tekstil Kongresi, UCTEK'2017*, 28-29 Eylül 2017, Adana, Türkiye
- [2] Bozgeyik, K., (1991). Havlularla İlgili Kalitatif Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir, 1991.
- Çil MG, Nergis UB, Candan C. (2009), An experimental study of some comfort-related properties of cottonacrylic knitted fabrics. *Textile Res. J.* 2009; 79, 10: 917–923.
- [3] Das B, Das A, Kothari VK, Fanguiero R, Araujo M., (2007) Moisture transmission through textiles. Part I: processes involved in moisture transmission and the factors at play. *AUTEX Res. J.*; 7, 2: 194– 216.
- [4] Durur, G., & Öner, E. (2013). The Comfort Properties of the Terry Towels Made of Cotton and Polypropylene Yarns, *Journal of Engineered Fabrics & Fibers (JEFF)*, 8(2)
- [5] Fanguiero R, Filgueiras A, Soutinho F, Meidi X., (2010) Wicking behavior and drying capability of functional knitted fabrics. *Textile Res. J.*; 80, 15: 1522–1530.
- [6] Goksel, I., (1987). Havlu Dokuma Kumaşların Yapısı, *Tekstil ve Teknik Dergisi*, S:30-36
- [7] El-Hady, R. A. (2018), Factors Influencing The Performance Characteristics of Terry Warp-Knitted Towels.
- [8] El-Hady, R. A., & El-Baky, R. A. (2015). Performance characteristics of warp knitted lining fabrics used for sportswear. *Life Science Journal*, 12(3).
- [9] Holland, V. B. (1943). A comparison of methods for the determination of water absorbency by terry towels. *Textile Recorder*, 61, 38-42.
- [10] Hanes, L.. (2006), Wicking quick-dry anti-microbial towel. *U.S. Patent Application No 11/503,738*, 2006.
- [11] Int, 2017, <https://www.beltatex.com/faydali-bilgiler/kaliteli-havlu-nasil-anlasilir>
- [12] Jhanji, Y., Gupta, D., & Kothari, V. K. (2017). Moisture management and wicking properties of polyester-cotton plated knits. *Indian Journal of Fibre & Textile Research (IJFTR)*, 42(2), 183-188.
- [13] Karahan, M, Eren, R., (2006). Experimental Investigation of the Effect of Fabric Parameters on Static Water Absorption in Terry Fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, April /June, Vol: 14, No: 2 (56) P: 59-63
- [14] Karahan,M., (2007). Experimental Investigation of the Effect of Fabric Construction on Dynamic Water Absorption in Terry Fabrics, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, July/ September, Vol: 15, No: 3 (62), P: 74-80,
- [15] Kakde, M. V., More, H., Magarwadia, B., & Kejkar, V, (2017), Effect of Pile Density on Physical Properties of Terry Towel Fabric.
- [16] Kissa, E., (1996), Wetting and wicking, *Textile Research Journal*, vol. 66, no. 10, pp. 660-668,
- [17] Knittel D. and Schollmeyer E., (2000) Notes on future developments for textile finishing processes, *The Journal of The Textile Institute*, vol. 91, part 3, pp. 166–167.
- [18] Lord, P. R. (1974). A comparison of the performance of open-end and ring spun yarns in terry toweling. *Textile Research Journal*, 44(7), 516-522.
- [19] Ozturk MK, Nergis B, Candan C. A, (2010) study of wicking properties of cotton-acrylic yarns and knitted fabrics. *Textile Res. J.*; 81, 3: 324-328.
- [20] Petruelyte, S., and Renata B, (2008). Investigation into the wetting phenomenon of terry fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, 16.4, 62-66.
- [21] Ramachandran, M. (2015). Application of Natural Fibres in Terry Towel Manufacturing. *International Journal on Textile Engineering and Processes*, 1(1), 87-91.
- [22] Saricam, C., & Kalaoğlu, F. (2014). Investigation of the wicking and drying behaviour of polyester woven fabrics. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*.

- [23] Singh, J. P. and Behera B.K., (2014). Performance of terry towel-a critical review. Part I: water absorbency. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 9(1)
- [24] Singh, Jitendra Pratap, and Swadesh Verma, (2016), Woven Terry Fabrics: Manufacturing and Quality Management. *Woodhead Publishing*,
- [25] Sekerden, F. (2012). Effect of pile yarn type on absorbency, stiffness, and abrasion resistance of Bamboo/Cotton and cotton terry towels. *Wood and Fiber Science*, 44(2), 189-195.
- [26] Stoyanova Germanova-Krasteva, D., Dimitrova Kandzhikova, G., & Grigorov Bochev, A. (2013). Influence of terry fabrics structure on dynamic sorption. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 25(4), 243-256.
- [27] Swani, N. M., Hari, P. K., & Anandjiwala, R. (1984). Performance Properties of Terry Towels Made from Open-end and Ring-spun Yarns.
- [28] Uyanik, S., Ünal, B. Z., & Çelik, N. (2013). Farklı Büküm Tiplerine Sahip Hav İpliklerinin Havlu Performans Özelliklerine Etkisi.
- [29] Waite, C. L.. (2000.), "Absorbent towel having quick-dry properties." *U.S. Patent No. 6,062,272. 16 May 2000.*
- [30] Wang N., Zha A., and Wang J., (2008) Study on the Wicking Property of Polyester Filament Yarns, *Fibers and Polymers*, Vol.9, No.1, 97-100.
- [31] Zervent, B., & KoC, E. (2006). An Experimental Approach on the Performance of Towels-Part II. Degree of Hydrophilicity and Dimensional Variation. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14(2), 64.
- [32] Zhmud B. V., Tiberg F., and Hallstensson K., (2000) "Dynamics of capillary rise," *Journal of Colloid and Interface Science*, vol. 228, no. 2, pp. 263–269.,.

AĞIR TİCARİ KAMYONLAR İÇİN TASARIMI YAPILMIŞ TEK KATLI PARABOLİK YAPRAK YAYIN ÜRETİMİ VE FİZİKSEL DOĞRULAMASI

Göksel Tokgönül¹, Gediz Kulaç¹, Çiler Şenocak¹, Emine Başalan^{1*}

"Bu çalışma Uluslararası Üniversite-Sanayi İşbirliği Ar-Ge ve İnovasyon Kongresinde sunulmuştur"

ÖZET

Bu çalışmada ağır ticari kamyonlar için daha önce tasarımı yapılmış tek katlı parabolik yaprak yayın üretimi ve fiziksel doğrulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında 52CrMoV4 malzemesinden lamalar, tasarımda belirlenen ölçülere göre (aracın tam yüklü durumunda ön kol boyu 925 mm, tam boy değeri ise 1850 mm) şekillendirilmiştir. Şekillendirme işlemi sonrası gerçekleştirilen ısıl işlem ile iç yapının martenzite dönüşümü sağlanmış ve kumlama işlemine tabi tutulmuştur. Üretilen numunelerin yorulma testleri öncesinde, gerinim ölçümleri gerinim ölçer yardımı ile gerçekleştirilmiş ve analitik bulgularla korelasyonu sağlanmıştır. Gerinim ölçümlerine dayalı analitik sonuçların korelasyonunun bir sonucu olarak, yorulma testleri başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Parabolik yaprak yay, yay katılığı, gerilme, yorulma

SINGLE LAYER PARABOLIC LEAF SPRING PRODUCTION AND PHYSICAL VERIFICATION FOR HEAVY COMMERCIAL VEHICLES

ABSTRACT

In this study, single-layered parabolic leaf spring production and physical verification has been performed for heavy commercial vehicles. In this context, the raw material, manufactured from 52CrMoV4, was formed according to the design requirements (in the case of the full load of the front arm length 925 mm, full length 1850 mm). After the forming process, martensite structure was obtained by heat treatment and shot peening was performed. Before the fatigue tests of the produced samples, strain measurements were carried out with the help of strain gauges and correlation with the analytical findings. As a result of the analytical results' correlation based on stress measurements, fatigue tests have been carried out successfully.

Keywords: Parabolic leaf spring, stiffness, stress, fatigue

¹ Olgunçelik Firması Hasan Türek Bulvarı Organize Sanayi Bölgesi 45030 Manisa- 0(236) 233 04 44-e-mail: goksel.tokgonul@olguncelik.com.tr, gediz.kulac@olguncelik.com.tr, ciler.senocak@olguncelik.com.tr, emine.basalan@olguncelik.com.tr *iletişimden sorumlu yazar.

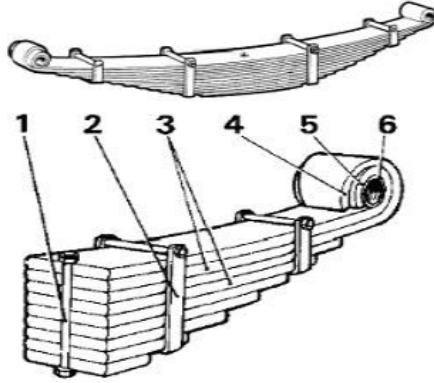
1. GİRİŞ

Süspansiyon kolları, yaprak yaylar ve amortisörlerden oluşan otomotiv süspansiyon sistemleri tekerlekler ve araç sistemleri arasında bağlantıdan sorumlu elemanlardır. Aynı zamanda yoldaki düzensizlikler kaynaklı titreşimleri sönmölemekle görevli bu sistemler aracın sürüş konforuna da doğrudan etki etmektedir (Craig, K. (b.t.), Scuracchio B.G., 2013,672-676). Ana bileşenleri yaprak yay, tampon ve stabilizatör olan bu sistemlerde stabilizatör, virajlarda aracın kontrolünden sorumluyken yaylar araç ağırlığını destekleyen elemanlardır ve sürüş sırasındaki düzensizlikler kaynaklı ana parçaların ürettiği enerjiyi sönmölemeye yardımcı olmaktadır. Tamponlar ise sönmölenen bu enerjiyi dağıtarak, düzensiz yollarda bile aracı sürmeyi mümkün kılmaktadır (Scuracchio B.G., 2013,672-676).

Pinömomatik yay, helezon yay, burulma yayları gibi araçlarda farklı şekillerde bulunabilen yaylardan helezon yaylar tercihen hafif araçlarda kullanılmaktayken, yaprak yaylar yaygın olarak daha ağır olan ticari araçlarda kullanılmaktadır (Crolla D.A., 2009). Genellikle bir veya daha fazla parabolik şekil verilmiş lamanın ısıl işleminden sonra bir merkez cıvatası ve kelepçelerle montajı ile elde edilen yaprak yaylar bası ve çeki kuvvetlerini karşılayacak şekilde tasarlanmaktadır (Childs P., 2014).

Yaprak yaylarda boy olarak en uzun katın uç kısımlarının kıvrılması ile meydana gelen gözün iç bölgesine, kauçuk malzemeden imal edilmiş burç parçaları takılarak yayın araca montesi sağlanmaktadır. Burçlar aynı zamanda oluşan kuvvet ve titreşim değerlerini bağlantı bölgelerinde üzerlerine alarak kendi içlerinde yok etmekte ve şasiye iletilmesine engel olmaktadır. Yaprak yaylar, frenleme kuvvetine, yüklerin oluşturduğu kuvvetlere ve tahrik kuvvetine dayanacak şekilde aşağı yukarı hareket etmektedirler. Burçlar yay üzerine gelen bu kuvvetler sebebi ile eğilmeye çalışırken gözün ileri ve geri bükülmesine müsaade ederek yay boyunun uzayıp kısılmasına da olanak tanımaktadır (Society of Automotive Engineers (SAE), 1990, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2005, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2011).

Konvansiyonel yaprak yaylar, farklı boylarda kesilmiş çeliğin üst üste konularak merkez cıvatası ile bağlanması sonucu meydana gelirler. Ana kattan diğer katlara doğru gidildikçe kat boylarında kılma gerçekleşmektedir ve yaylarda taşınacak yük miktarı arttıkça kat sayısı da doğrudan etkilenmektedir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2011). Parabolik yaprak yay ise ismini katların formundan almaktadır. Konvansiyonel yaprak yaylara göre yorulma ömrünün uzunluğu, ağırlığının azlığı, tek tabakalı oluşu sebebiyle tabakalar arası sürtünmenin olmayışı ve korozyon direncinin yüksekliği açısından avantajlıdır. Şekil 1'de çok tabakalı konvansiyonel yaprak yay için merkez cıvata (1), kelepçe (2), yaprak katları (3), göz sarması (4), göz çapı (5) ve burç (6) numara ile gösterilmektedir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2011).



Şekil 1. Konvansiyonel yaprak yay (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2011)

Yaprak yayda mekanik özelliklerin istenilen aralıkta sağlanabilmesi için malzemenin doğru seçilmesinin yanı sıra özelliklerin iyileştirilmesi için uygulanan ısıl işlem de oldukça önemlidir (TS EN 10089, 2005). Yaprak yay tasarımında ise yay katılığı ve yay kalınlığı maruz kalacağı kuvvetlere bağlı olarak yapacağı sehim değerine göre hesaplanmaktadır.

Otomotiv endüstrisinin performans iyileştirme, ağırlık azaltma ve maliyet tasarrufu konusundaki artan talepleri, yeni tasarım konseptlerine ve yeni malzeme geliştirmelerine duyulan ihtiyacı arttırmıştır. Bu kapsamda ağırlık azaltımı yalnız maliyet düşüşü için değil yakıt tüketimi ve CO₂ salınımını azaltışı bakımından da oldukça büyük önem arz etmektedir (Podgornik B., Leskovsek V., Godec M., Sencic B., 2014,81-86).

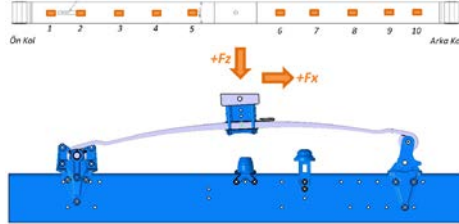
Bu çalışmada daha önce ağır ticari kamyonlar için bilgisayar destekli tasarımı yapılmış tek katlı parabolik yaprak yayın (Kelebek O., Kuralay N.S., Karaoğlan M.U., 2018) üretimi ve hedeflenen isterlere göre fiziksel doğrulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda yaprak yay toplam ağırlığının hafifletilmesi ve ömür artışının sağlanması hedeflenmiş, yapısal analizler ve hasar analizleri ile fiziksel doğrulanmasının yapılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada yaprak yay malzemesi olarak 52CrMoV4, tek katlı yaprak yayın kalın olması ve sertleşebilme özelliğinin sağlanabilmesi amacıyla seçilmiştir. 52CrMoV4 malzemesinden lamalar 900-1000°C'lik fırınlarda belli sürelerde ısıtılarak, tasarımda belirlenen ölçülere göre (aracın tam yüklü durumunda ön kol boyu 925 mm, tam boy değeri ise 1850 mm) şekillendirilmiştir. Haddelme sonrası göz kıvrıma işlemleri ön ve arka kol için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Beklenen mekanik özelliklerin gerçekleştirilebilmesi için ilk olarak yaprak yay 900°C sıcaklığında 56 dakika tavlansak östenitik yapı oluşturulmuş sonrasında 30-40 dakika boyunca yağda soğutulmuştur. Ani su verme işlemi sonrası mikro yapının martenzite dönüştürülmesi sağlanmıştır. Yaprak yayın kullanım yerine bağlı olarak daha tok yapıda olması istenildiğinden gevrek martenzit yapısı 450-500°C'de 150 dakika süreyle temperlenerek toklaştırılmıştır. Ardından yaprak yay stresli kumlama işlemine tabi tutulmuştur. Üretilen yayda gerilme değerinin 1600-1700 MPa, sertlik değerinin ise 467-493 HB aralığında olması beklenmektedir.

Daha önce CAE çalışmaları ile (Kelebek O., Kuralay N.S., Karaoğlan M.U., 2018) tasarım parametreleri belirlenen tek katlı parabolik yaprak yayın üretimi sonrasında gerinin

ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 5 adet ön kol 5 adet arka kolda olmak üzere toplam 10 adet gerinim ölçer (HBM, 350Ω ± 0.35%) yay üzerine yapıştırılmıştır. Şekil 2’de fikstüre yerleştirilmiş yaprak yay ve gerinim ölçerlerin yaprak yay üzerindeki konumlarını gösterilmektedir. Ölçümler ile sanal ortamda yaprak yay üzerinde meydana gelen gerilme değerlerinin fiili parça üzerinde sağlanıp sağlanmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 2. Tek katlı parabolik yaprak yayın test fikstürü üzerindeki görseli ve gerinim ölçerlerin yaprak yay üzerindeki yeri

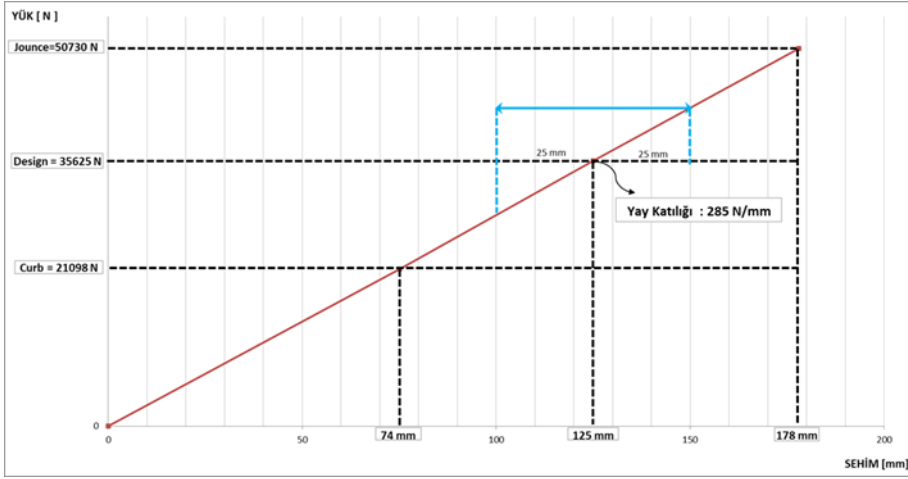
Tablo 1’de kötü yol, frenleme, geri frenleme ve viraj durumlarında yaprak yaya uygulanması gereken yük değerleri ve her bir senaryonun kaç kez uygulanacağı (çevrim sayısı) gösterilmiştir. Toplam 16 adet senaryonun belirlenen çevrim sayısı kere koşması sonucunda yaprak yay blok yükte 1 çevrim ilerlemiş sayılacaktır. Söz konusu tek katlı parabolik yaprak yayın testteki başarı kriteri minimum %100 çevrim olmasıdır.

Tablo 1. Tek katlı parabolik yaprak yayın fiziksel doğrulaması için uygulanacak yük bilgisi

Senaryo	Çevrim Sayısı	Fz - kN		Fy - kN		Fx - kN		My - kNm	
		Min	Mak	Min	Mak	Min	Mak	Min	Mak
Kötü Yol 1	3	0.0	62.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kötü Yol 2	30	0.0	52.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kötü Yol 3	100	3.4	51.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kötü Yol 4	267	7.7	49.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kötü Yol 5	280	10.7	46.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Kötü Yol 6	300	12.4	45.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Frenleme 1	6	30.5	62.0	0.0	0.0	0.0	57.8	0.0	-28.8
Frenleme 2	8	30.5	60.4	0.0	0.0	0.0	53.8	0.0	-26.8
Frenleme 3	30	30.5	58.1	0.0	0.0	0.0	50.1	0.0	-25.0
Frenleme 4	75	30.5	56.5	0.0	0.0	0.0	47.7	0.0	-23.8
Geri Frenleme 1	5	30.5	25.0	0.0	0.0	0.0	-23.1	0.0	11.5
Geri Frenleme 2	15	30.5	27.0	0.0	0.0	0.0	-17.7	0.0	8.8
Viraj 1	4	22.6	46.8	14.0	-30.3	0.0	0.0	0.0	0.0
Viraj 2	30	25.4	41.8	11.1	-24.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Viraj 3	75	23.8	42.5	9.5	-19.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Viraj 4	108	25.4	39.8	7.2	-14.5	0.0	0.0	0.0	0.0

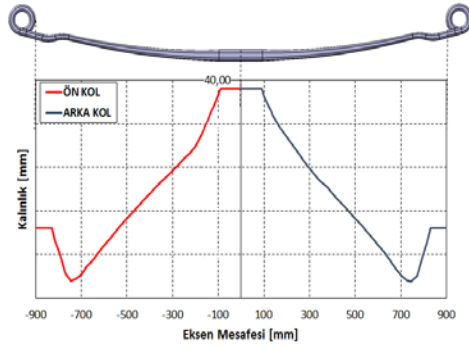
3. TEST VE DEĞERLENDİRMELER

Tek katlı parabolik yaprak yayın kesit kalınlığı, çalışma sınır şartlarına bağlı olarak yayın maruz kalacağı kuvvetler doğrultusunda yapacağı sehim değerlerine bağlı olarak hesaplanmaktadır. İstenen yay katılığı için tasarım aralığı Şekil 3’teki kuvvet-sehim grafiği üzerinde gösterilmiştir.

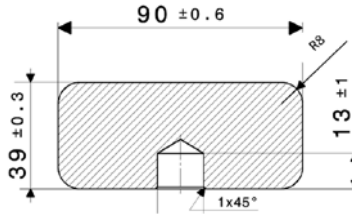


Şekil 3. Tek katlı parabolik yaprak yayın kuvvet-sehim grafiği

Buna göre farklı kesitlerde (90x39, 90x37, 90x35, 90x32, 90x30) ve kesit ölçülerine bağlı olarak değişen parabolik yay kalınlıklarında yapılan hesaplamalar sonucunda, yay katılığı istenen aralıkta olan tasarım 90x39 kesit ölçüsüne (Şekil 5) sahip yay olup bu kesit için yay katılığı 290.94 N/mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 4'te tek katlı yaprak yayın belirlenen kesit ölçüsü ve kol boylarınca değişen kalınlık değerleri yer almaktadır.



Şekil 4. Tek katlı parabolik yaprak yayın kalınlık dağılımı



Şekil 5. Tek katlı parabolik yaprak yayın kesit ölçüsü ve profili

Gerilme analizi için belirlenen düşey, fren ve yanıl yükler fikstüre takılı yaprak yay üzerine uygulanması sonrasında 10 adet gerinim ölçerden okunan gerilme değerleri ve CAE çalışmasında tespit edilen gerilme değerlerini gösteren sonuçlar Tablo 2'deki gibidir.

Tablo 2. Gerinim ölçer ve bilgisayar destekli analiz sonuçları

	Düşey Yükleme		Fren Yüklemesi		Yanal Yükleme	
	Bilgisayar Destekli Analiz	Test	Bilgisayar Destekli Analiz	Test	Bilgisayar Destekli Analiz	Test
Gerinim Ölçer 1	1085	1078	-	-	1031	1021
Gerinim Ölçer 2	1091	1103	-	-	1041	1047
Gerinim Ölçer 3	1125	1114	-	-	1066	1055
Gerinim Ölçer 4	1154	1147	-	-	1087	1081
Gerinim Ölçer 5	1225	1201	-	-	1121	1106
Gerinim Ölçer 6	1214	1193	1401	1396	1106	1087
Gerinim Ölçer 7	1178	1175	1404	1407	1067	1063
Gerinim Ölçer 8	1174	1161	1400	1421	1061	1054
Gerinim Ölçer 9	1163	1157	1421	1432	1050	1040
Gerinim Ölçer 10	1096	1112	1480	1471	987	996

Gerinim ölçümleri dikkate alındığında, her bir yüklemde bilgisayar destekli analiz ve test fişküründe meydana gelen gerilme sonuçları birbirini yakınsadığı için, tasarımda belirlenen parametrelerin üretilen yaprak yaydaki isterler ile örtüştüğü görülmektedir. Yani, tasarlanan ile üretilen yaprak yay birbirine oldukça benzerdir.

Toplamda 5 adet numunede Tablo 1’de verilen değerlere bağlı olarak yapılmış yorulma test sonuçları Tablo 3’te verilmektedir. Testler sonunda her bir numunenin ulaştığı çevrim değeri %100 üzeri olduğu görülmüş ve üretilen numunelerin fiziksel doğrulama çalışmaları başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

Tablo 3. Tek katlı parabolik yaprak yayın fiziksel doğrulama sonuçları

Tek Katlı Yaprak Yay Projesi Blok Yük Test Sonuçları			
Numune No #	Ulaştığı Çevrim Değeri	Hasar Yeri	Yorulma Test İsterini Geçti mi?
#2	%113	Merkezden 350 mm mesafede (ARKA KOL)	Evet
#25	%102	Merkezden 220 mm mesafede (ARKA KOL)	Evet
#4	%123	Merkezden 230 mm mesafede (ARKA KOL)	Evet
#17	%110	Merkezden 630 mm mesafede (ÖN KOL)	Evet
#21	%122	Merkezden 300 mm mesafede (ÖN KOL)	Evet

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada ağır taşıtlar için çok katlı konvansiyonel yaprak yay yerine daha hafif tek katlı parabolik yaprak yayların kullanılabilirliğinin fiziksel doğrulaması yapılmıştır. Üretim sonrası gerçekleştirilen gerinim ölçümleri ve yorulma testleri neticesinde tasarım aşamasında yaprak yayda belirlenen parametrelerin doğruluğu teyit edilmiştir. Farklı yükleme koşulları ve farklı çevrim sayıları numuneler üzerine uygulanarak yaprak yayın fiziksel doğrulaması yapılmış ve 5 adet numune yaprak yayda alınan pozitif sonuçlar ile yaprak yayın üretim ve test süreçleri tamamlanmıştır.

Tek katlı parabolik yaprak yayların devreye alınması ile yay ağırlığının azaltılması ve bunun bir çıktısı olarak maliyet düşüşünün yanı sıra yakıt tüketimi ve CO₂ salınımını azalması çalışma için hedefi oluşturmaktadır. Çalışma ile tek bir yaprak yay için ağırlıkta 31.35 kg’lık bir azalış elde edilerek planlanan hedefe ulaşılmış bunun yanı sıra konvansiyonel yaya göre belirli miktarda ömür artışı da elde edilmiştir.

5. TEŞEKKÜR

Çalışmaya olan katkılarından dolayı Onur KELEBEK'e teşekkür ederiz.

6. KAYNAKLAR

- [1] Childs P., 2014, "Mechanical design engineering handbook", Butterworth-Heinemann,.
- [2] Craig, K. (b.t). "Automotive suspension systems" Motivation for the Study of Mechanical System Physical & Mathematical Modeling, Rensselaer Polytechnic Institute.
- [3] Crolla D.A., 2009, "Automotive engineering: powertrain, chassis system and vehicle body", Elsevier, USA.
- [4] Kelebek O., Kuralay N.S., Karaoğlan M.U., 2018, "Ağır taşıtlar için çok katlı konvansiyonel yaprak yay yerine tek katlı parabolik yaprak yay tasarımı ve analizi", Dokuz Eylül Üniversitesi- Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 20 (59).
- [5] Podgornik B., Leskovsek V., Godec M., Sencic B., 2014, "Microstructure refinemant and its effect on properties of spring steel", Materials Science and Engineering, A599, 81-86.
- [6] Scuracchio B.G., 2013, "Role of residual stresses induced by double peening on fatigue durability of automotive leaf spring", Material and Design, 47, 672-676.
- [7] Society of Automotive Engineers (SAE), 1990, "Spring Design Manual".
- [8] T.C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI (MEB), 2005. "Süspansiyon sistemleri" MEGEP (Mesleki Eğitim ve Öğretim Sistemini Güçlendirme Projesi), Ankara.
- [9] T.C. MİLLİ EĞİTİM BAKANLIĞI (MEB), 2011, "Hareket ve kuvvet iletme elemanları", Ankara.
- [10] TS EN 10089, 2005, "Su verilmiş ve temperlenmiş yaylar için sıcak haddelenmiş çelikler – Teknik teslim şartları.

T.C. MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOMA MESLEK YÜKSEKOKULU TEKNİK BİLİMLER DERGİSİ
YAZIM KURALLARI VE YAYIN İLKELERİ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi**, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu tarafından yılda iki kez yayımlanır. Dergide, Meslek Yüksekokulları Teknik Programlarında yer alan anabilim dallarıyla ilgili konularda özgün ve nitelikli çalışmalar, yabancı dillerden Türkçe'ye çeviriler ve güncel tez özetleri yayımlanabilir.

Dergiye gönderilen eserlerde aranacak yayın ilkeleri ve yazım kuralları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

1-) Dergiye gönderilen yazı ve makaleler daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış ve yayın hakları verilmemiş olmalıdır.

2-) Dergide yayınlanacak yazı ve makaleler Türkçe, İngilizce, Fransızca ve Almanca'dan herhangi biriyle yapılabilir. Ancak Türkçe hazırlanan çalışmalarda Türk Dil Kurumunun belirlediği kurallar esas alınmalıdır. Çalışmanın başında Türkçe başlık ve en fazla 200 sözcükten oluşan Türkçe ve İngilizce özet ile en fazla 10 tane anahtar sözcük verilmelidir.

3-) Dergide yayımlanacak çalışmaların biçim sırası

- Türkçe başlık
- Özet
- Anahtar sözcükler
- İngilizce özet
- İngilizce anahtar sözcükler
- Metin
- Kaynaklar
- Ekler

şeklinde olmalıdır.

4-) Çalışmanın başlığı sol üst kenardan 6 cm. aşağıdan yazılmalıdır. Başlığın sağ alt tarafına yazar veya yazarların adları akademik ünvanlarla birlikte yazılmalı çalıştığı kurum, iletişim ve elektronik posta adresleri ise adların yanına konulacak dipnot işaretleriyle sayfa altına verilmelidir. Eğer çalışma başka bir kurumdan destek aldıysa başlık yanına verilecek dipnotla sayfa altına ilgili kurum yazılmalıdır.

5-) Dergiye gönderilecek yazı ve makaleler MS Word programında yazılmış üç kopya olarak eposta veya kargo yoluyla gönderilmelidir.

6-) Çalışmalar ekleriyle birlikte 15 sayfayı geçmemelidir.

7-) Metin yazımı A4 boyutundaki kağıda tek aralıklı olarak times new roman tur karakteriyle 10 punto, dipnot ve açıklamalar 8 punto ile yazılmalıdır. Başlıklar 12 punto koyu, özet ve dipnotlar tek ara ile yazılmalıdır. Sayfa boyutları sol 5 cm, sağ 4 cm, üst 7 cm ve alt 5 cm. olacak şekilde ayarlanmalıdır.

8-) Metin içindeki alıntı ve aktarma yoluyla kullanılan kaynaklar; parantez sistemine göre soyadı, yılı ve sayfası olacak şekilde metin içinde cümle bitiminde gösterilmeli ve ayrıca kaynakçada da yer almalıdır. Açıklama ve diğer dipnotlar numaralandırma esasına göre metnin sonuna eklenmelidir.

9-) Manisa Celal Bayar Üniversitesi Soma Meslek Yüksekokulu **Soma MYO Teknik Bilimler Dergisi** ulusal hakemli bir dergidir. Dergiye gönderilen yazı ve makaleler ilgili alandaki en az iki hakeme gönderilir. Oy birliği sağlanamazsa üçüncü bir hakeme gönderilerek sonuca karar verilir. Yazı ve makalelerin içeriğinden yazarlar ve hakemler sorumludur.

10-) Yazı ve makalesi yayımlanan her yazara derginin ilgili sayısından 1 adet gönderilir. Ayrıca telif ücreti ödenmez.

11-) Dergi yayın ilkelerine, yazım kurallarına ve bilimsel araştırma yöntemlerine uygun olmayan yazı ve makaleler yayın kurulunca dikkate alınmaz.