



## Klozet Kapakları Üretiminde Yeni Nesil Kapak Teknolojilerinin Geliştirilmesi

### Development of New Generation Cover Technologies in The Production of Toilet Seats

Elif Gürel Özyurt<sup>1\*</sup>, Erden Soner Erkilic<sup>1</sup>, Özgül Kocabaş<sup>1</sup>, Can Alp Terzioğlu<sup>1</sup>  
Abdullah Tuğrul Seyhan<sup>2</sup>, Arif Kayapınar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Matel Hammadde San. Ve Tic. A.Ş, Serel Seramik, 45125 Manisa, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, 26000 Eskişehir, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Tarel Teknolojik Araştırma Sanayi Ticaret A.Ş, 45125 Manisa, TÜRKİYE

**Başvuru/Received:** 28/02/2022

**Kabul / Accepted:** 29/07/2022

**Çevrimiçi Basım / Published Online:** 31/07/2022

**Son Versiyon/Final Version:** 31/07/2022

#### Öz

Seramik sağlık gereçlerinde kullanılan klozet kapakları büyük çoğunlukta ürefoormaldehit bazlı hammaddelerden üretilmektedir. Yenilikçi tasarımlar daha fonksiyonel, daha ince kapaklara doğru gitmektedir. Ancak ürefoormaldehit gerek işlenebilme zorluğu gerekse mukavemetin yeterli olmamasından dolayı günümüz ihtiyaçlarını karşılayacak özelliklerdeki kapak modellerinin tasarım ve üretimine olanak sağlayamaması, farklı özellikleri bir arada barındıran kompozit malzemelere olan talebi günden güne arttırmaktadır. Bu çalışmada ürefoormaldehit yerine uzun yıllardır otomotiv başta olmak üzere elektrik, inşaat, ev cihazları gibi sektörlerde yaygın kullanılan SMC (Sheet Moulding Compound) yöntemi ile üretilmiş kompozit malzemeler değerlendirilmiştir. İstenen ürün özelliklerini sağlayan uygun SMC kompozisyonlarının belirlenmesi konusunda çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca Ansys yazılım programı kullanılarak klozet kapakları için maksimum deformasyon ve gerilme değerleri bulunmuştur. Bu sayede ürefoormaldehit ile yapılan klozet kapakları ile kıyaslandığında, daha yüksek darbe dayanımı (145 MPa), daha ince ürün kesiti (4 mm) elde edilmiştir.

#### Anahtar Kelimeler

*“Sheet Moulding Compound (SMC), Kompozit Malzemeler, Ansys Sonlu Elemanlar Analizi, Sayısal Simülasyon”*

#### Abstract

Toilet seat covers used in ceramic sanitary ware is currently produced from urea formaldehyde-based raw materials. Innovative designs are moving towards more functional; tinner covers. However, the demand for composite materials with different properties is increasing day by day, as urea formaldehyde cannot allow the design and production of cover models that meet today's needs due to both the difficulty in processing and its insufficient strength. In this study, instead of urea-formaldehyde, composite materials were produced with SMC (Sheet Moulding Compound) method, which has been widely used in sectors such as electricity, construction, and household appliances and especially in automotive many years, were evaluated. Studies have been carried out to determine suitable SMC compositions that provide the desired product properties. In addition, maximum deformation and stress values of toilet seat covers were found in the Ansys software program. In this way, higher impact strength (145 MPa) and thinner product cross-section (4 mm) were obtained when compared to toilet seat covers made with urea-formaldehyde.

#### Key Words

*“Sheet Moulding Compound (SMC), Composite Materials, Ansys Finite Elements Analysis, Numerical Simulation”*

## 1. Giriş

Son zamanlarda seramik sağlık gereçlerinde kullanılan klozet kapaklarında yenilikçi tasarımlara olan ilgi giderek artmıştır. Artan talebi karşılamak adına teknoloji de sürekli gelişim halindedir. Yeni nesil tasarımlarda, geleneksel malzemelerin mekanik ve termal özelliklerinin yetersiz kalması ve tasarımı zorlaştırdığı için kompozit malzemelere olan talep artmıştır. Kompozit malzemeler ile üretim maliyetlerinin, buna bağlı olarak satış fiyatlarının düşmesi sağlanabilmektedir. Kompozitlerin işlenmesinde geleneksel yöntemlere kıyasla daha az enerji kullanımı enerji tasarrufu açısından son derece önemlidir. SMC yöntemi 1960'lı yıllara dayanmaktadır. Termoset polimer içeren süreksiz fiber takviyeli kompozit malzemeler SMC yönteminin temelini oluşturur. Düşük maliyetli üretim süreci, üretim sırasında şekillendirmenin kolay olması ve yüksek sertlik ve mukavemet sağlaması SMC yöntemini birçok endüstri alanında popüler hale getirmiştir (Trauth, vd., 2018). SMC iki basamakta gerçekleştirilir. İlk basamakta özel olarak hazırlanan cam fiber, doymamış polyeester, dolgu ve katkı malzemeleri bir araya getirilip karıştırılarak pestil (prepreg) haline getirilir (Voorn, vd., 2001). İkinci basamakta, hazırlanan pestil bir süre olgunlaşması için bekletilir. Daha sonra pestiller yüksek basınçlı homojen ısıtılmalı kalıplarda istenilen şekle getirilir (Tröster, vd., 2002). SMC üretim aşamalarını başarılı bir şekilde tamamlamak için prosesin hem kimyasal hem de mekanik kontrolünün sağlanması gerekir (Watanabe, vd., 1982). Üretim sürecindeki hatalardan dolayı malzeme yüzeyinde ya da içerisinde boşluk olursa yüzey kalitesi düşecek, mekanik özellikleri ise olumsuz etkilenecektir (Marissen, vd., 1999). Yine matris ve fiber arasındaki etkileşimler ile fiber oranı homojen dağılımı düzgün sağlanmazsa mekanik özellikler ile yüzey kalitesi olumsuz etkilenecektir (Feuillade, vd., 2006). Bunun yanı sıra, SMC yönteminin malzeme özelliklerini geliştirmek için son zamanlarda reçine formülasyonuna odaklanan çalışmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalarda dolgu malzemesi miktarını azaltıp fiber hacmi arttırıldığı mukavemetin de arttırdığı gözlemlenmiştir (Oldenbo, vd., 2003).

SMC yönteminde kullanılan pestil şeklinde üretilen levhaların içinde matris malzemesi olarak polyeester reçine (%28), takviye malzemesi olarak cam fiber (%30), inorganik dolgu malzemeleri (%37) ve katkı malzemeler (%5) olarak katalizörler, kalıp ayırıcılar ve kalınlaştırıcılar bulunur (Pickering, vd., 2006). SMC yönteminde, ilk aşamada bileşenler mikserde karıştırılarak hamur şekline getirilir. Macun şeklini alan karışım konveyör bant hattında ilerlerken cam fiberler kırılarak pestile yerleştirilir ve üzerine tekrar hamur haline getirilmiş macun eklenir. Bu pestil biçimindeki malzeme yığımlı naylon veya polietilen taşıyıcı rulolar vasıtasıyla sıkıştırılır. Bu sayede reçinenin uçuculuğu önlenmiş olur. Kalıplara aktarılmadan önce pestilin uygun viskoziteye ulaşması için sıcaklık kontrolü olan bir ortamda bekletilmesi gerekir (Bruderick, 2002).

Literatürde SMC metodunun klozet kapaklarının üretiminde kullanılması ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürde patent çalışmalarına bakılmıştır. Bir patentte içi boş bir dolgu malzemesi içeren bir termoset reçine ile oluşturulan katman, bu katmanın bez tabakalar vasıtasıyla yapıştırıldığı güçlendirilmiş fiberli bir termoset reçine ile hazırlanmış dış katmandan oluşan hafif bir kalıpla bileşimi üretilmiştir. Elde edilen bu bileşik boyama için uygun bir yüzeye sahip olduğu görülmüştür (Narita, 1995). Diğer bir patent çalışmasında SMC pestilinde kullanılan reçinelerin en az iki tabaka halinde dokuma takviyeli kumaş ile güçlendirilerek hazırlanması ile daha düzgün yüzeyli ürün elde edilmesinin mümkün olduğu görülmüştür (Green, 2001.)

## 2. Materyal ve Yöntemler

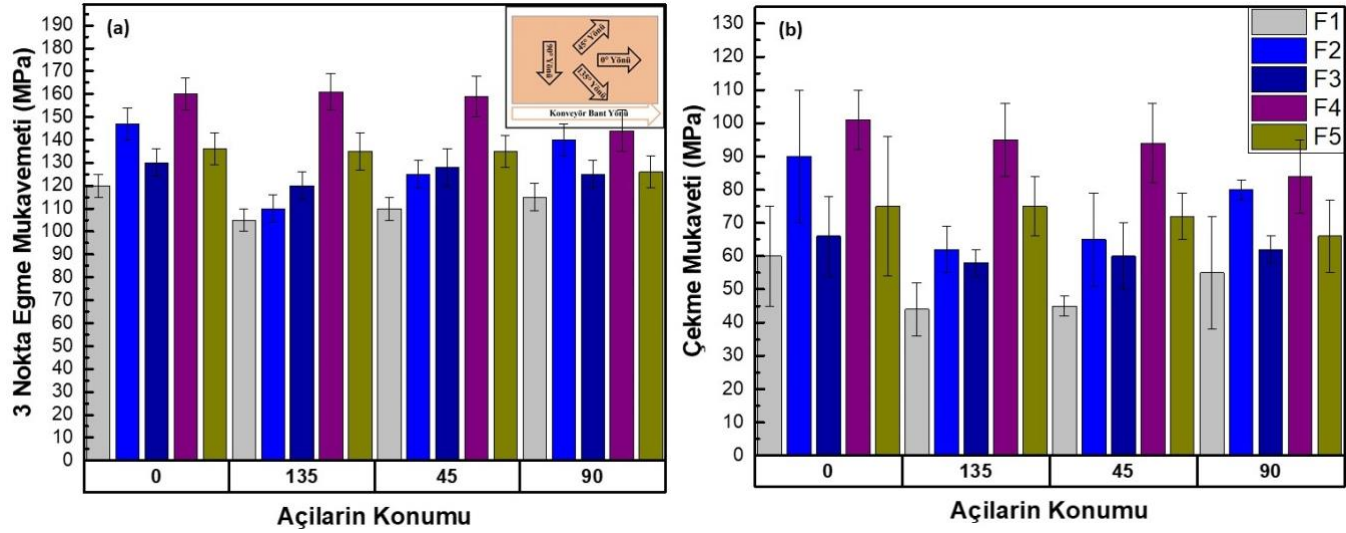
İlk olarak reçete çalışmaları yapılmıştır. Seçilen doymamış polyeester reçine içerisine dolgu maddesi ile destek sağlanmıştır. Cam fiber uzunlukları istenilen mukavemete göre belirlenmiştir. Hızlı kürlenme ve kimyasal bağların oluşması için radikal polimerizasyonu sağlayan katalizörler kullanılmıştır. Mukavemeti yüksek ve yüzey görüntüsü en iyi formülasyonu bulmak için reçeteler ile hazırlanan numunelerin gerilme ve 3 nokta eğilme mekanik testleri DIN ISO 527-4 ve 14125 standardına göre Instron marka test cihazı ile gerçekleştirilmiştir. SMC yöntemine uygun kalıp hazırlanması, kalıp içi rezistanların yerinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak kalıp içindeki sıcaklık dağılımını öngörmek adına ANSYS sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılmıştır. Klozet kapağı ve oturak kısmında oluşacak maksimum deformasyon ve gerilme değerleri ANSYS sayesinde bulunmuş, kalıp bu değerler baz alınarak optimize edilmiştir.

## 3. Tartışma ve Sonuçlar

### 3.1 SMC Hamurlarının Formülasyon Çalışması

Çalışmaya ilk olarak SMC de kullanılacak olan hamur kompozisyonunu oluşturmakla başlanmıştır. SMC kompozit reçetesini oluşturmak için reçine, cam fiber ve katkı maddeleri incelenmiştir. Bu çalışmada, fiberlerin uzunlukları ve ağırlıkça hacimleri değiştirilerek 5 farklı formülasyon denenmiştir. İlk olarak laboratuvar tipi bir mikserin içerisinde belirlenen reçine konulmuştur. Dolgu malzemesi de reçinenin içine eklenerek karıştırılmıştır. Katalizör dışındaki maddeler eklenerek karıştırılmaya devam edilmiştir. En son katalizörün eklenmesiyle hamur belli bir kıvama getirilmiştir. Mikserden alınan hamur yatay konveyör bant hattında ilerlerken üzerine 25 mm boyunda cam fiberler yerleştirilmiştir. Elde edilen pestil 30°C'de birkaç gün bekletilerek viskozitesi sabit tutulup olgunlaştırılmıştır. Olgunlaştırılan pestiller 1500 kN basınç uygulanarak sıkıştırılıp yarı mamül haline getirilmiştir. Konveyör akış yönüne dik olarak konulan fiberler, bantın hareket yönüne doğru bir yönelme göstermektedir. Bu nedenle oluşan bu anizotropik yapının araştırılması önemlidir. Çalışılan reçete formülasyonlarında kırılmış fiber uzunlukları ve hacimce oranları değiştirilerek son numunelerin mekanik testleri yapılmıştır. Formülasyonda iki farklı uzunluğa sahip kırılmış fiber (25.0 mm ve 50.0 mm) ve onların ağırlıkça oranlarını değiştirerek nihai ürünler elde edilmiştir. Çekme ve 3 nokta eğme mukavemeti testleri DIN ISO 527-4 ve 14125 standartlarına göre farklı açılarda test edilmiştir. 5 farklı reçete kombinasyonu ile hazırlanan reçeteler konveyör akış yönüne göre

belirlenmiş 4 farklı yönde (0, 45, 90 ve 135 derecelik açılarla) test edilmiştir. Parçalar 3 eksen CNC makinesi ile işlenmiştir. 5 farklı reçete için elde edilen 3 nokta eğme mukavemeti sonuçları ve çekme mukavemeti sonuçları Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. a) 3 nokta eğme mukavemeti sonuçları; b) çekme mukavemeti sonuçları.

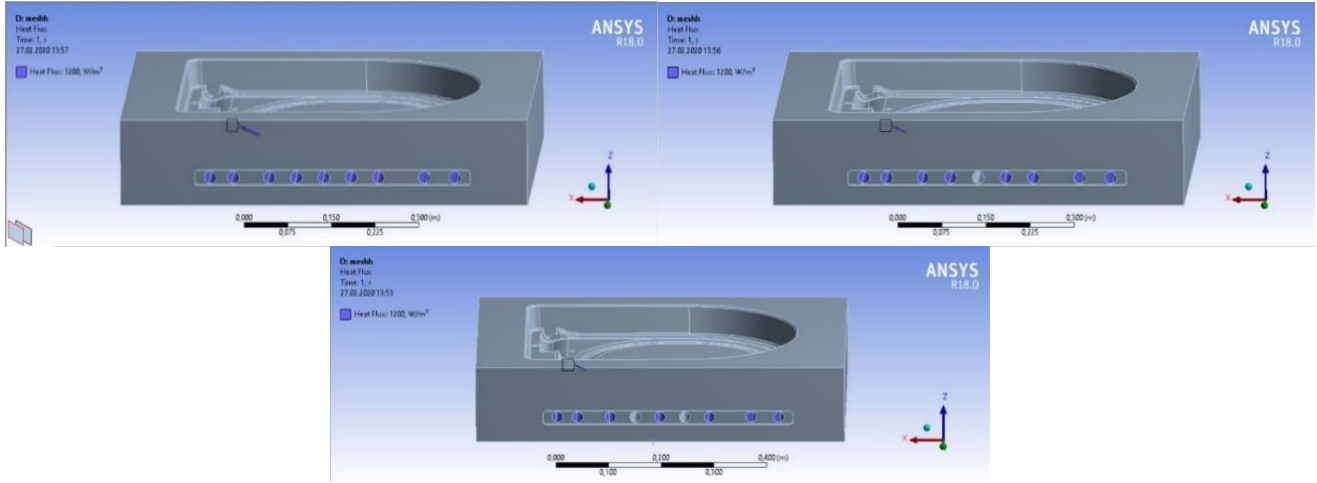
3 nokta eğme ve çekme mukavemeti için uygulanan açılar grafik üzerinde gösterilmiştir. F3, F4 ve F5 formülasyonlarında cam fiber miktarı hacimce iki katına çıkartılmıştır. Grafikler göz önüne alındığında F4 mukavemet olarak en yüksek değere sahiptir. 50.0 mm cam fiber boyutuyla birlikte hacimce fiber oranı da 2 kat arttırılmıştır. Hacimsel oran ve fiber boyutu arttırıldığında mukavemet değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Fakat uzun fiberlerin mukavemeti arttırmasına rağmen son ürün için gerekli olan yüzey kalitesi konusunda problemler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Hacimsel fiber oranının %30, fiber boyutunun ise 25.0 mm olduğu F5 reçetesi çalışmaların geri kalan kısmı için seçilmiştir. Ayrıca her formülasyon için anizotropik davranış gözlemlenmiştir. F5 reçetesinde anizotropik davranışı azaltmak için akışkanlık artırıcı kimyasal ilavesi yapılmıştır. Kullanılan reçete formülasyonu Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. SMC reçetesinin içeriğini oluşturan hammaddeler ve kullanım oranları

İçerik	Oran (%)
Doymamış polyester	15
Düşük profil katkı	7
İnhibitör	0.05
Katalizör	0.7
Kalıp ayırıcı ajan	0.8
Pigment	0.05
Cam fiber	30
Kıvam artırıcı	0.2
Dolgu maddesi	47

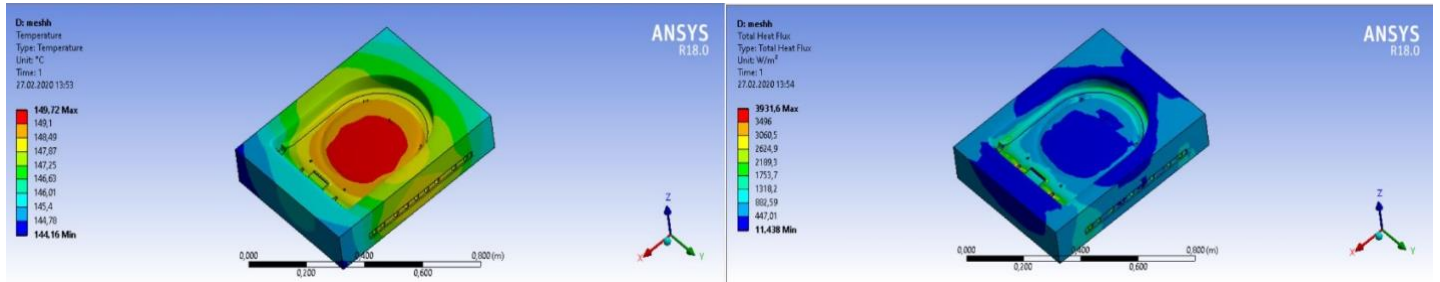
### 3.2. SMC Kalıplarının Hazırlanması

Projenin önemli hedeflerinden biri olan ürün kesitinin mevcut ürünlere göre daha ince (min 4 mm) olmasıdır. Bu amaçla, SMC prosesinde kullanılacak kapak modeli belirlenip, kapak tasarımı doğrultusunda mevcut presler için yeni iş kalıbı yaptırılmıştır. İlk olarak kalıp içerisinde sıcaklık dağılımı incelenmiştir. Sonlu eleman metodu ile termal analizler gerçekleştirilmiştir. ANSYS Workbench Steady State termal analiz modülü kullanılmıştır. Rezistans yerleşiminde 3 adet alternatif analiz yapılmıştır. Kalıbı ısıtılmak adına tüp rezistanslar kullanılması düşünülmüştür. Tüp rezistansların kalıp içerisindeki yerleşimi ve ısıyı en homojen şekilde dağıtması için ANSYS sonlu elemanlar analiz yöntemi kullanılarak tüp rezistansların dağılımına karar verilmiştir. Yapılan 3 çalışma Şekil 2’de gösterilmiştir. ANSYS termal analizinde mavi renk ile belirtilen rezistanslar aktif, gri renk ile belirtilen rezistanslar ise pasif şekildedir.



Şekil 2. ANSYS termal analiz ile incelenen rezistans dağılımları.

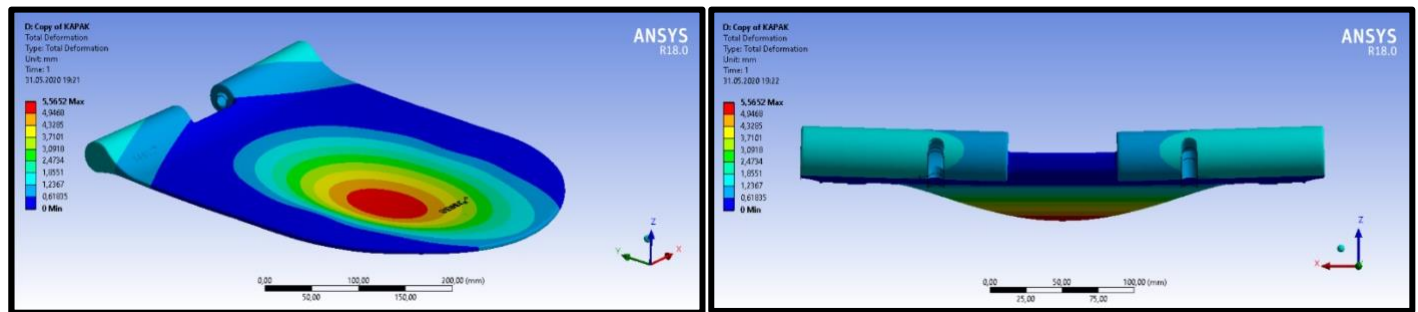
ANSYS heat flux analiz sonuçlarına göre 9 rezistansın aktif olarak çalıştığı modelde en yüksek sıcaklık değerine ulaşıırken, kalıbın içerisinde homojen sıcaklık dağılımı 2 tüp rezistansın kapalı konumunda olduğu modelde elde edilmiştir. SMC kalıplama sürecinde ısınan son ürünün belirli noktalarındaki kalınlık değerlerine bağlı olarak genel anlamda homojen olması tercih edilmektedir. Bu nedenle yapılan prototip kalıp çalışmalarında 2 rezistansın kapalı olduğu model tercih edilmiştir. Seçilen modelin kalıp içi sıcaklık dağılımı ve toplam heat flux dağılımı Şekil 3'te verilmiştir.



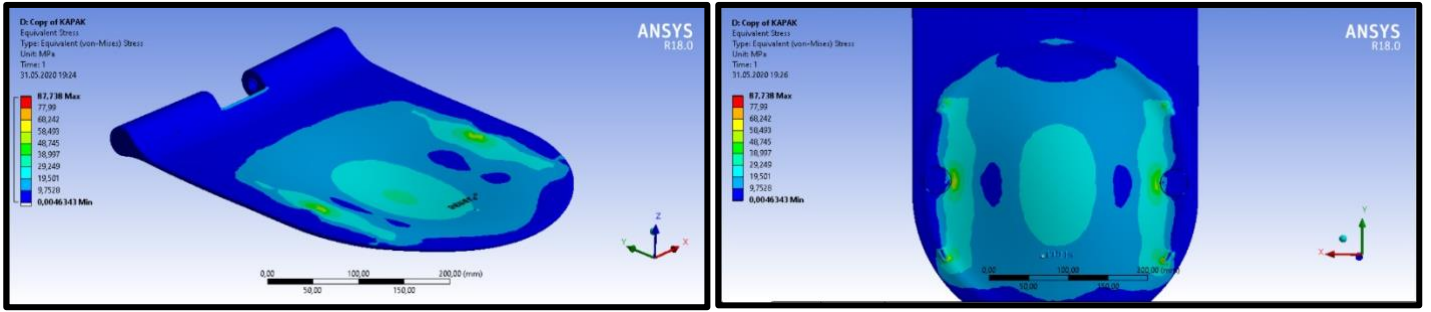
Şekil 3. 2 rezistansı kapalı konumda olan modelin kalıp içi sıcaklık ve heat flux dağılımı.

### 3.3. Son Ürün Mukavemet Analizleri

Kalıplama işleminin ardından ortaya çıkan son ürüne bazı standartlar kapsamında mukavemet testleri uygulanmaktadır. Mukavemet testlerine öngörü oluşturması ve SMC yöntemi ile slim klozet kapağının minimum incelik değerini belirleyebilmek açısından sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Mukavemet testleri klozet kapağı ve oturak kısmı olarak iki şekilde yapılmıştır. Her iki kısım için de ağ örgüsü (mesh) işlemi üzerine çalışılarak optimum eleman sayısı ile çözümü yakınsayacak modeller oluşturulmuştur. Analiz tanımlaması yapılırken Türk Standartları Enstitüsü TS 13694 nolu 'Klozet oturakları-Plastik' standardı baz alınmıştır. Bu standarda göre test edilmesi gereken kuvvet uygulanmış ve standardda belirlenen noktalardan ürün mesnetlenmiştir. Standard doğrultusunda kapağın geometrik orta noktasına 175 kg ağırlığında bir yük uygulanmış, kapağın altındaki noktalardan ve destek takozlarından sabitlenmiştir. Kuvvetin uygulandığı noktada maksimum 5,56 mm deformasyon oluşmuştur. Kuvvetin uygulanmasıyla sabit mesnetlenen noktalarda maksimum gerilme 87,73 MPa değerine ulaşmıştır. Klozet kapağının toplam deformasyon dağılımı Şekil 4, toplam gerilme dağılımı Şekil 5'te verilmiştir.

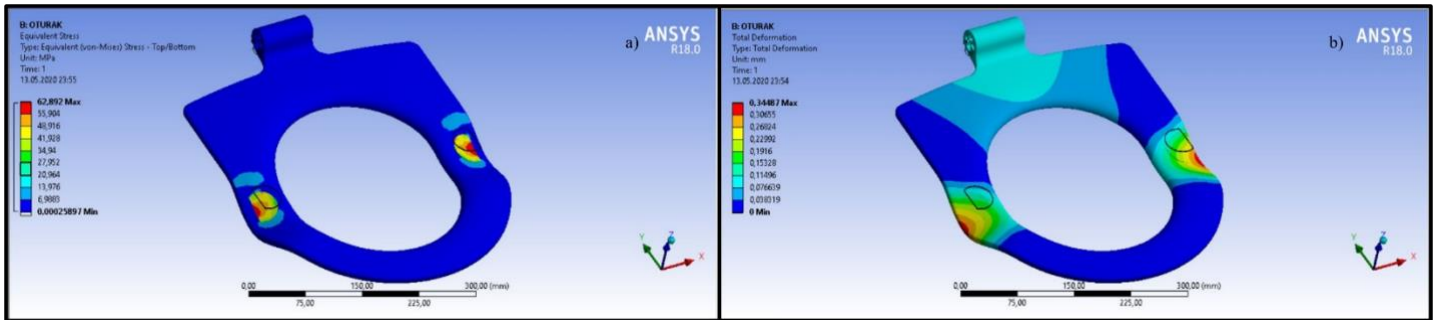


Şekil 4. Klozet kapağı toplam deformasyon dağılımı.



Şekil 5. Klozet kapağı toplam gerilme dağılımı.

Standard gereği oturağın belirtilen noktasına 150 kg ağırlığında bir yük uygulanmış ve oturağın altındaki noktalardan sabitlenmiştir. Kuvvetin uygulandığı noktada maksimum 0,34 mm deformasyon oluşmuştur. Sabit mesnetlenen noktalarda ise maksimum gerilme 62,89 Mpa değerine ulaşmıştır. Oturak kısmına uygulanan toplam deformasyon ve gerilme dağılımı Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Klozet oturağı için a) toplam gerilme; b) toplam deformasyon değerleri.

Standardın koşullarında yapılan analizler sonucunda kapak ve oturak ayrı ayrı incelenmiştir. Bunun sonucunda kapak üzerinde 87,73 Mpa olan maksimum gerilme ve 5,56 mm deformasyona neden olmuştur. Oturak üzerinde ise 62,8 Mpa olan maksimum gerilme 0,34 mm deformasyona yol açmıştır.

Yapılan ANSYS sonlu elemanlar analizlerinden sonra, toplam deformasyon ve toplam gerilme değerlerine karar verilmiştir. Bu değerler baz alınarak SMC presleme cihazının hidrolik ayarları optimize edilmiştir. Bu doğrultuda, pestil miktarı, pestile uygulanan basınç (bar), basınç uygulama süresi (sn) ve kalıbın alt üst termostat sıcaklığı değiştirilerek denemeler yapılmıştır. Yapılan optimizasyon çalışmaları Tablo 2'de gösterilmiştir. Yapılan denemeler neticesinde yüzeyi düzgün kapak; 240 sn boyunca 230 bar basınç altında; termostat üst sıcaklığı 145°C, alt termostat sıcaklığı 140 °C ayarlanarak elde edilmiştir. Tablo 2' de görüldüğü üzere, kalıba konulan pestilin en az 2 tabaka halinde konulması yüzey pürüzlülüğü açısından oldukça önemlidir.

Tablo 2. SMC presleme deneyleri.

Pestil miktarı (gr)	Toplam süre (sn)	Basınç (Bar)	Üst sıcaklık (°C)	Alt sıcaklık (°C)	Sonuç
2000	300	190	150	145	Yüzeyde yanma ve boşluk oluştu. Menteşe kısımlarında kopmalar oldu.
2000	300	190	145	150	Yüzeyde yanık yok fakat boşluklu görüntü devam ediyor.
2100	300	190	145	140	Pestil 2 kat olacak şekilde yerleştirildi, yüzeyde boşluk miktarı az.
2200	300	190	145	140	Pestil 3 kat yerleştirildi. Menteşe bölümünde kopma az fakat devam ediyor.
2200	300	220	145	140	Menteşe bölgesine 4, kapağın kalan kısmına 3 kat konuldu. Yüzeyler düzgün.
2200	240	230	145	140	Süre 1 dakika uzatıldı. Yüzey ve menteşe bölgesi düzgün.

#### 4. Sonuç

Bu çalışma sırasında belirlenen hedefler, SMC kullanımı ile klozet kapaklarında yüksek mukavemet elde edilmesi ve ürün kesitinin mevcut ürünlere göre daha ince olmasıdır. Üretilen kapaklarda ürün kesiti 6 mm'nin altına indirilemezken SMC yöntemi ile 4 mm incelikte ürün elde edilmiştir. Üretilen klozet kapaklarının mukavemet değeri 93 Mpa iken SMC

yöntemiyle yapılan kompozit klozet kapağının mukavemeti 145 MPa olarak ölçülmüştür. Ayrıca üretim süresinin %31,25 oranında azaldığı da görülmektedir. Mevcut üreormaldehit esaslı kapak üretimi esnasında ortalama 3,8 kg hammadde de kullanılırken SMC esaslı kapak üretiminde hammadde miktarı 2.2 kg'dır. SMC yöntemiyle üretilen kapak için gerekli hammadde miktarı %42 oranında azalmıştır.

## Referanslar

Bruderick M, Denton D, Shinedling M, Kiesel M. Applications of carbon fiber SMC for the dodge viper. Proc. Second S.P.E. Automot. Compos. Conf. Exhib. 2002; 1:1–10.

Feuillade V., Bergeret, A., Quantin, A., Crespy, J., C., Relationships Between the lass Fibre Sizing Composition and the Surface Quality of Shett Moulding Compounds (SMC) Body Panels: Composites Science and Tecnology, 66 115-127, (2006).

Green E. G. (2001). Fibre Reinforced Resin Composite Products. US Patent No. 6,242,090 B1.

Marissen, R., Linsen, J., Variability of thr Flexural Strenght of Sheet Moulding Componds: Composites Science and Technology, 59 2093-2100, (1999).

Narita M. (1995). Sheet molding compound. US patent No. 5,431,995.

Oldenbo M., Fernberg S. P., Berglund L. A., Mechanical Behaviour of SMC Composites with Toughening and Low Density Additives: Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 875-885, (2003).

Pickering, S.J., Recycling Technologies for Thermoset Composite Materials-Currentb Status: Composites, Part A 37 1206-1215, (2006).

Trauth, A., Weidenmann, K., Continuous- Discontinuous Sheet Moulding Compounds-Effect of Hybridisation on Mechanical Material Properties: Composite Structures, 1087-1098 (2018).

Tröster, S., Henning, F., Eyerer, P., A New Process Tecnology for Cost Reduction of Large Scale Production of Fiber Reinforced Thermoplastic Components: 15th Annual Technical Conference of the American Society of Composires Collage Station, Texas, USA, 689-698.

Voorn, B.V., Smith, H.H.G., Sinke, R.J., Klerk B D., Natural Fibre Reinforced Sheet Moulding Compound, Composites, Part A 32 1271-1279, (2001).

Watanabe T., Yasuda M., Fracture Behaviour of Sheet Moulding compounds Part 1. Under Tensile Load: Composites, 13:54 (1982).