



# Seramik Sırlama Makinesi Pnömatik Eyleyici Sisteminin Tasarımı ve Sistemin İmalatı

**Erhan AÇIKGÖZ\***

Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa  
[501610008@ogr.uludag.edu.tr](mailto:501610008@ogr.uludag.edu.tr) ORCID: 0000-0001-7528-9193, Tel: (542) 629 93 18

**Elif Erzan TOPÇU**

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa  
[erzan@uludag.edu.tr](mailto:erzan@uludag.edu.tr) ORCID: 0000-0002-6115-3110, Tel: (224) 294 1990

Geliş: 15.07.2019, Revizyon: 04.09.2019, Kabul Tarihi: 20.09.2019

## Öz

Seramik malzeme üzerine sırlama işlemi genellikle estetik veya mukavemeti iyileştirici sebeplerden dolayı yapılmaktadır. Elle veya otomasyon sistemiyle gerçekleştirilen bu işlem günümüzde yerini daha çok otomasyon sistemlerine bırakmıştır. Otomasyon sistemiyle yapılan sırlama işleminde malzemeyi çalkalama aşamasında kullanılan tahrik sistemlerinde genellikle elektrik motorları veya pnömatik pistonlara sahip mekanizmalar kullanılmaktadır. Belirli bir çalkalama periyodunda sırlama işlemini gerçekleştirmek için pnömatik eyleyici sisteminin kullanılması ise sırlama makinesinin üretim maliyetini azaltıcı bir unsurdur.

Bu çalışmada seramik klozet sırlama makinesinin pnömatik eyleyici sisteminin tasarımı, sistem üzerinde montajı ve prototip imalatı incelenmiştir. Önce Solidworks programında makinenin kaynaklı montajı yapılarak, eyleyici sisteminin tasarımı için gerekli olan yükler belirlenmiştir. Tahrik sistemindeki mil, tork kolu, pnömatik piston ve konik kilit gibi elemanların boyutlandırılması ve seçimi yapılmıştır. Tahrik milinin, tork kolunun ve konik kilit parçasının yük altındaki gerilmeleri Solidworks Simulation programı ile incelenmiştir. Bu şekilde üretim öncesinde sistemdeki hatalar ve arıza oluşturabilecek durumlar tespit edilerek zaman ve üretim maliyeti açısından avantaj sağlanmış ve sonrasında imalatı gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Bilgisayar destekli tasarım, Seramik sırlama makinesi, Sonlu elemanlar yöntemi, Solidworks simülasyon, Pnömatik eyleyici

\* Yazışmaların yapılacağı yazar

## Giriş

Seramik malzemeler kil, kaolin ve benzeri maddelerin yüksek sıcaklıkta pişirilmesiyle elde edilirler.

Seramik malzeme yüksek sıcaklık dayanımına sahip olması, yapısının sert ve metallere hafif olması, hammadde olarak bol miktarda bulunması, pahalı ve stratejik metallere ihtiyaç göstermemesi, erozyon, oksitlenme ve aşınmaya karşı direncinin yüksek olması, sürünme katsayısının düşük olması, basma mukavemetinin yüksek olması gibi özelliklerinden dolayı tercih edilmektedir. Bütün bu üstün özelliklerine rağmen, seramik malzemelerin istenmeyen özelliği ise bu malzemelerin gevrek karakterde olmalarıdır.

Seramik ürünler günümüzde yapı işlemlerinde, ev eşyalarında, elektrik malzemelerinde, uzay araçlarında, tıp alanında, aşındırıcı malzeme yapımında vb. pek çok alanda kullanılmaktadır .

Seramik malzemenin üzerinde parlak ve kaygan bir yüzey oluşturmak, çamura etki eden mekanik güçlere dayanma gücünü arttırmak, malzemeyi sıvı ve gazlardan korumak, seramik yüzeyine renk ve doku özellikleri getirerek estetik değerini arttırmak gibi sebeplerden dolayı sırlama işlemi yapılır. Sır, seramik çamurunu ince bir tabaka şeklinde kaplayarak onun üzerinde eriyen cam veya camsı oluşumdur. Seramik sırlarının üzerine çekildiği çamur ile normal koşullarda fiziksel ve kimyasal bağ kurması istenir. Bu bağın iyi veya zayıf olması sırların başarısını belirler. Seramik malzemenin sırlama işlemi için daldırma, püskürtme, akıtma, fırça ve benzeri malzemelerle sırlama gibi farklı teknikler kullanılmaktadır. Günümüzde bu işlemlerin gerçekleştirilmesi için sırların hazırlanması endüstriyel olarak yapılmakta ve üretim daha çok otomasyon sistemleri kullanılarak gerçekleşmektedir. Sırlama makinelerinde çalkalama hareketindeki tahrik işlemi ise elektrik motorları veya pnömatik eyleyicilerle gerçekleştirilmektedir. Gelişen robot teknolojisi ile robotlar da sırlama işlemi için kullanılmaya

başlanmıştır. Robotlar bilgisayarlarla kontrol edilerek oldukça fazla miktarda sırlama yapabilmektedirler .

Bu çalışma kapsamında pnömatik eyleyici sistemine sahip bir seramik sırlama makinesinin tasarımı ve imalatı incelendiğinden literatür araştırmasında da bilgisayar destekli makine tasarımı ve analizi üzerine inceleme yapılmıştır. Bao ve diğerleri (2007) sırlama hatalarının giderilmesi için makine vizyonuna dayalı olarak seramik kap yüzeyinde sır incelemesi yöntemi önermişlerdir. Çalışmalarında seramik kapların ortak kusurlarının görüntü işleme algoritması tanıtılarak, çevrimiçi test platformu oluşturulmuştur. Deneysel sonuçlar sistemin seramik kap ürünlerinin yüzeyindeki kusurları etkili bir şekilde parlatabildiğini göstermiştir. Balaquer ve diğerleri (2009) boyutsal analiz kullanarak seramik fayans sırlarının modellenmesini ve kontrolünü yapmışlardır. Simülasyon örnekleri, sadece sır sıcaklığını ölçerek birikmiş sır kütlesini kontrol etmenin mümkün olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte sır akışının ölçümü biriken kütle üzerinde kritik bir değişken olmuştur. Bilgisayar destekli makine ve parça tasarımı ve analizi uzun yıllardır endüstrinin pek çok farklı alanında uygulanmaktadır. Açıkgöz ve Topçu (2018) çalışmalarında sırlama makinesinin yüke maruz kalan, tasarımda önem arz eden tahrik mili ve seramik malzeme yükünü taşıyan çeşitli parçalarının yük altındaki davranışlarını “Solidworks Simulation” programında sonlu elemanlar yöntemiyle incelemişlerdir. Eren ve Kaftanoğlu (2001) çalışmalarında altı serbestlik dereceli bir endüstriyel robotun tasarımı, imalatı ve montajını yapmışlardır. Çalışmada fiziksel montajdan önce bilgisayar ortamında yapılan üç boyutlu sanal montaj işlemi ile oluşabilecek montaj problemleri önceden çözümlenebilmiştir. Fetvacı ve İmrak (2004) evolvent profilli düz dişli çarkların sonlu elemanlar yöntemiyle incelemişler ve dişdibi bölgesinde yorulma çatlağını tetikleyen gerilme yığılmasını yükleme şartlarına göre inceleyen model kullanmışlardır. Zeytinoğlu M. (2006) araştırmasında 3.5 tonluk tek dingilli bir tarım arabasının çeki halkasını incelemeye almıştır.

Çalışmada sistem üzerine etkiye kuvvetler belirlenerek mukavemet analizi yapılmıştır. Lekesiz (2018) yarı-hermetik bir kompresörün krank milinin yapısal analizi için alternatif bir yaklaşım sunmuştur. Sistemin yapısal analizi sanki-statik yaklaşımla sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Atalet etkileri kinematik analize dayandırılarak tespit edilmiştir ve yapısal analizde sınır koşulları bu analizlere göre belirlenmiştir. Çalışma sırasında oluşan atalet etkileri de hesaba katılarak, kinetik analiz neticesinde ortaya çıkan kuvvetler statikmiş gibi tatbik edilerek yapısal analiz yaklaşımı uygulanmıştır. Topaç ve Bahar (2019) dört tekerlekten çekişli bir hizmet taşıtının sabit ön süspansiyonunda kullanılan parabolik yaprak yayların yük-şekil değişimi karakteristiğini doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizi ile incelemişlerdir. Yayların ayrıntılı sonlu elemanlar modeli kurularak, sistemin doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizi yapılmış ve yayın düşey kuvvete göre şekil değişimi incelenmiştir. Analiz sonuçlarının test sonuçlarıyla uyumlu çıktığı ve maksimum sapmanın % 3.3 olduğu tespit edilmiştir. Doğan ve diğerleri (2018) diş dibinde oluşan eğilme gerilmesinin hesabı için grafik ve sonlu elemanlar yöntemini kullanılarak karşılaştırmalı bir çalışma yapmışlardır. Standart olmayan dişli çarklar için diş dibinde oluşan gerilmeler üzerinde hangi parametrenin daha etkili olduğu araştırmışlardır.

Bu çalışmada sırlanacak seramik ürün olan klozeti önce “hareketli sırlama kompleksi” yardımıyla akıtma yöntemine göre sırlayan sonra da sırrın homojen olarak dağılması için pnömatik eyleyici sistem ile ürünü istenilen zaman-adım profiline uygun şekilde çalkalayan bir makine incelenmiştir. İlk aşamada “Solidworks” programında makinenin kaynaklı montajı yapılarak, eyleyici sisteminin tasarımı için gerekli olan yükler belirlenmiştir. Elde edilen değerlere göre eyleyici sistemindeki tahrik mili, tork kolu, pnömatik piston ve konik kilit gibi elemanların boyutlandırılması ve seçimi yapılmıştır. İkinci aşamada tahrik milinin, tork kolunun ve konik kilit parçasının yük altındaki gerilmeleri “Solidworks Simulation”

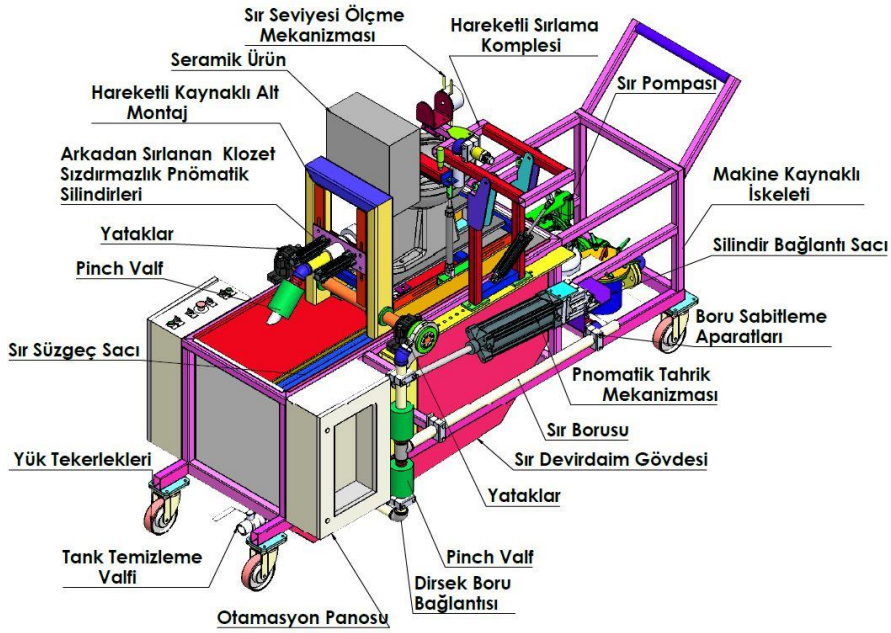
programında elde edilmiştir. Bu şekilde üretim öncesinde sistemdeki hatalar ve arıza oluşturabilecek durumlar tespit edilerek zaman ve üretim maliyeti açısından avantaj sağlanmıştır. Üçüncü ve son aşamada da sistemin imalatı gerçekleştirilerek satışa uygun hale getirilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

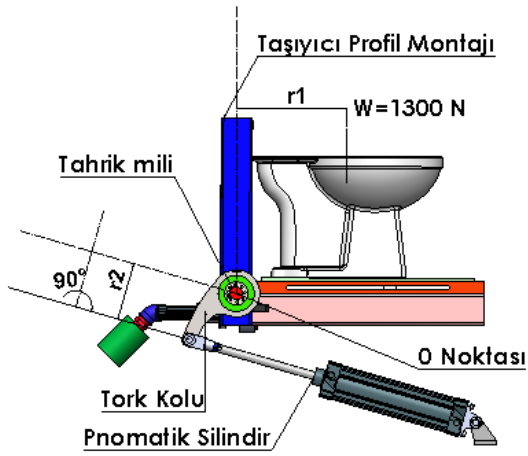
### Sistemin tasarımı ve boyutlandırılması

Günümüz sistemlerinin tasarım ve analizinde kullanılan bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve bilgisayar destekli mühendislik (CAE) yazılımları gerek parça gerek makine için üretim aşamasında ortaya çıkabilecek hataların önceden tespit edilerek bu hataların en aza indirilmesini sağlamaya yardımcı olmaktadır. Bu çalışmada da CAD ve CAE yöntemleri kullanılarak çalışmalar yapılmıştır.

Sırlama işlemine tabi tutulacak yapı alttan sırlama boşaltma deliğine sahip iç kısmı sırlanacak bir klozetdir. Makine tasarımında arkadan ve alttan delikli klozetleri sırlayabilecek şekilde tasarım yapılmıştır. İç kısmı sırlanan klozetler daha sonra dış yüzeylerini sırlayan hatlardan geçirilerek dış yüzeyleri de sırlanmaktadır (Açıkgöz ve Topçu, 2018). Şekil 1’ de makinenin üç boyutlu izometrik görüntüsü ve bileşenleri gösterilmiştir. Ürüne “hareketli sırlama kompleksi” yardımıyla sır akıtıldıktan sonra bu sırrın homojen dağılımını sağlamak amacıyla yapılan çalkalama hareketi 6 bar işletme basıncı ile çalışan bir adet çift etkili pnömatik silindir ve tork kolu vasıtasıyla sağlanmaktadır. Çalkalama işlemindeki zaman-adım profili ise otomasyon sistemi üzerinden tanımlanmaktadır. Şekil 2’ de bu tahrik sisteminin temel elemanları gösterilmiştir. Silindirin boyutları sırlama işlemi gerçekleştirilecek klozetin makine üzerine montajı yapıldıktan sonra piston üzerine gelen yüklerin belirlenmesiyle hesaplanmıştır.



Şekil 1. Makinenin üç boyutlu izometrik görüntüsü



Şekil 2. Pnömatik eyleyici ve tahrik sistemi bileşenleri

Çalkalama hareketi dakikada iki kere tekrarlanmaktadır ve bir strokta 105°'lik açı ile ürün döndürülmektedir. Şekil 3' de çalkalama sisteminin dönme hareketi, Şekil 4' de de sistem hareketinin zaman-konum grafiği gösterilmiştir. Şekil 3' de X ve Y eksenlerinde görüldüğü gibi 15° olacak şekilde yatay ile toplamda 105°'lik sır çalkalama hareketini gerçekleştirmektedir. Bu

hareketin profili, açısı sırrın özelliklerine göre yazılan otomasyon programından değiştirilebilmektedir. Hareket boyunca açısal hız değişimi ileri ve geri hareket sırasında sabittir ve bekleme halinde de sıfırdır. Bu sebeple açısal ivme değeri de sıfır olmaktadır. Sistemi çalıştıracak piston kuvvetinin tespiti için Şekil 2' de gösterilen O noktasına göre moment alınarak Newton' un II. Hareket yasası uygulanacak olursa;

$$\sum M_o = I \frac{d\omega}{dt} \quad (1)$$

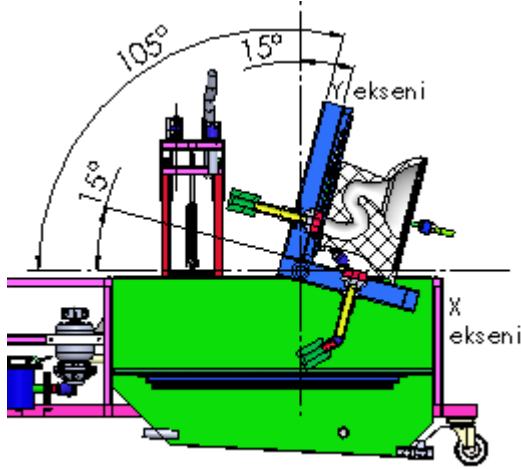
$$F_{piston} = W \frac{r_1}{r_2} \quad (2)$$

denklemlerinden piston kuvveti  $F_{piston} \cong 2527,17$  N olarak hesaplanır. Piston çapı ise 6 bar işletme basıncı için

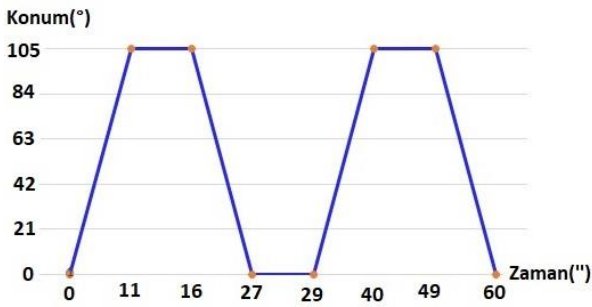
$$P_{işletme} = \frac{F_{piston}}{A} \quad (3)$$

formülü yardımıyla yaklaşık  $d_{piston} \cong 74$  mm olarak hesaplanır. Elde edilen bu değerlere göre pnömatik silindir kataloglarından piston çapı 100

mm olan standart çift etkili pnömatik silindir seçilmiştir. Solidworks programında yapılan montaj çalışmasıyla, yapılacak iş ve tahrik sisteminin sistem üzerindeki yerleşimi açısından



Şekil 3. Çalkalama sisteminin hareketi



Şekil 4. Çalkalama işleminin zaman-konum grafiği

325 mm piston stroğunun yeterli olduğu görülmüştür.

Çalkalama işlemindeki tahrik mili çalışma sırasında burulmaya maruz kalmaktadır. Milin emniyetli çalışabileceği minimum mil çapı burulma momenti

$$M = \tau_{em} W_p \quad (4)$$

ve atalet momenti

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} \quad (5)$$

denklemleri yardımıyla hesaplanmıştır. Çalışma sırasında tahrik milinde maksimum 455 Nm burulma momenti oluşmaktadır. Mil malzemesi olarak AISI 304 malzeme kullanılmıştır ve bu malzemenin kayma gerilmesi değeri malzeme tablolarından  $\tau_r = 170 \text{ N/mm}^2$  olarak okunmuştur. Emniyet katsayısı 5 alınarak yapılan hesaplamalarla mil çapı  $d = 40 \text{ mm}$  olarak tespit edilmiştir.

Makinede tahrik mili ve tork kolu bağlanırken kamalı bağlantı yerine konik kilit kullanılmıştır. Konik kilitin geleneksel kama bağlantısına göre mil üzerinde istenen konumda hassas sabitleme, zaman ve işçilikten kazanım, takma ve sökme işlemi yapılırken sistemin zarar görmemesi, takarken veya sökerken çakma işlemine gerek duymaması, çektirme sistemi sayesinde kolay çıkarılması gibi avantajları vardır. Makinenin maruz kaldığı maksimum tork değerine göre konik kilit kataloğundan uygun konik kilit seçilmiştir. Seçilen konik kilitin 3 boyutlu izometrik görüntüsü Şekil 5’ de verilmiştir. Konik kilit makinenin maksimum iletmesi gereken torktan yaklaşık 3 kat daha emniyetli seçilmiştir ve 40 mm’ lik montajlanacak mil çapı için 1450 Nm olarak katalog üzerinden okunmuştur.

### Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Sistemin Analizi

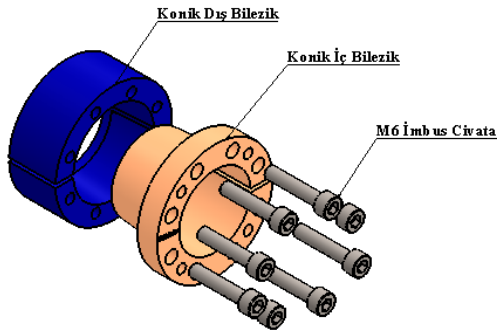
Sistemin tasarım, boyutlandırma ve montajlama işlemlerinin tamamlanmasından sonra gerçekleştirilen analiz çalışması “Solidworks Simulation” programı ile yapılmıştır. “Solidworks Simulation” programı ile bilgisayarda çizilen katı model üzerinde analiz yapıldığında, en yüksek von-Mises gerilmelerinin yanı sıra gerilmelerin yoğunluk dağılımı, gerilmelerin buldukları yerler ve gerinimler grafiksel olarak elde edilebilmektedir. Ayrıca sistemlerin gerçek çalışma şartlarının benzetimi de yapılabilmektedir.

Çalışmada konik kilidin analizini gerçekleştirebilmek için montajlanmış katı

model üzerinden sıkma civataları çıkarılmış ve model daha basit hale getirilerek analiz

**Tablo 1.** Malzemelerin mekanik özellikleri

	AISI 304	Ck45 (1.1191)	Birim
Elastisite Modülü	19000	210000	N/mm <sup>2</sup>
Poison Oranı	0.29	0.28	-
Yoğunluğu	8000	7800	kg/m <sup>3</sup>
Çekme Dayanımı	517.017	750	N/mm <sup>2</sup>
Akma Dayanımı	206.807	565	N/mm <sup>2</sup>

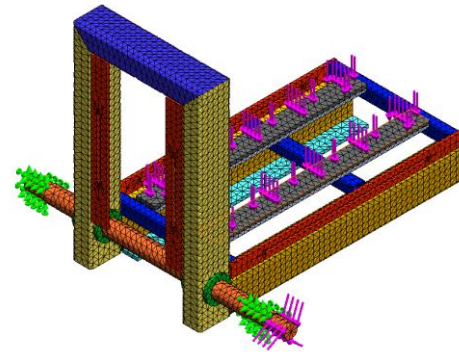


*Şekil 5. Rexnord TLK 130 Konik Kilit Katı Modeli Görünümü*

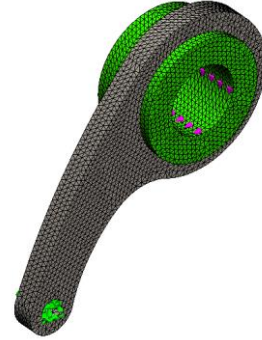
gerçekleştirilmiştir. Analizi yapılacak parçalar “Solidworks Simulation’a” alınıp malzeme atamaları yapılmıştır. Sonra sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur.

“Solidworks Simulation” kütüphanesinden atanan malzemelerin mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Şekil 6a’da gösterilen taşıyıcı profil sonlu elemanlar modeli sistemin çalışma koşullarına göre yataklanmasıyla oluşturulmuştur. Seramik ürünü taşıyacak bölümlere şekilde görüldüğü gibi 500 N yayılı kuvvet ve pnömatik silindirin tahrik ettiği mil kademesine etki eden moment CAE programına tanıtılmıştır. Taşıyıcı profilin ve Şekil 6b’de verilen tork kolunun malzemesi AISI 304 paslanmaz çelik malzeme seçilmiştir. Tork kolu pnömatik tahrik silindirinin bağlanacağı delikten sabitlenmiş, makine çalışırken oluşabilecek maksimum tork değeri olan 455 Nm analiz programına tanıtılmıştır.

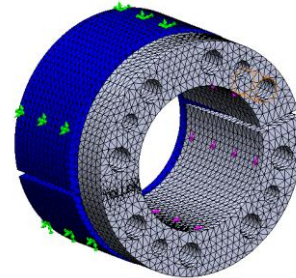
Konik kilit malzemesi olarak Ck45 malzeme kullanılmıştır. Ck45 malzemesinin mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. Konik kilit Şekil 6c’de gösterildiği gibi dış yüzeyden sabitlenmiş ve iç delik yüzeyine makine çalışma esnasında maksimum tork değeri olan 455 Nm tanıtılarak analizler yapılmıştır. Çalışmada tahrik sisteminin bu üç temel elemanı için analizler yapılmıştır. Taşıyıcı profil montajın, konik kilidin ve tahrik torku kolunun yük altındaki



a)



b)



c)

*Şekil 6. Sonlu elemanlar modelinin oluşturulması*

*a)Taşıyıcı profil Montajı*

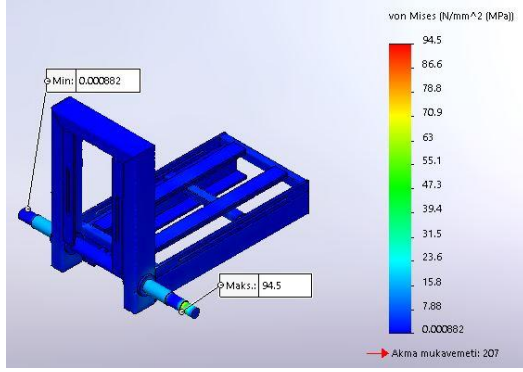
*b)Tork kolu*

*c)Konik kilit*

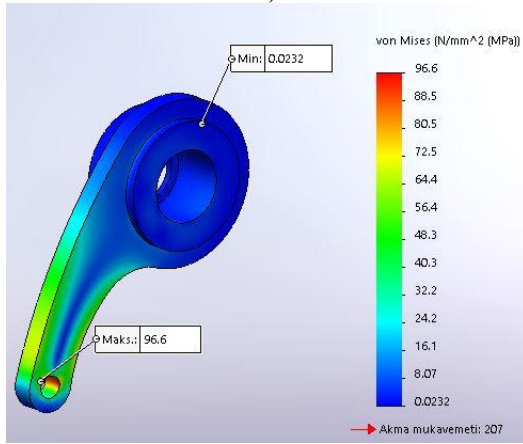
gerilmeleri sonlu elemanlar yöntemi ile ayrı ayrı analiz edilerek incelenmiştir.

Şekil 7’de yapılan analizlerin sonuçları grafik olarak verilmiştir. Taşıyıcı profil montajın analizinde maksimum von Mises gerilmesi 94.5

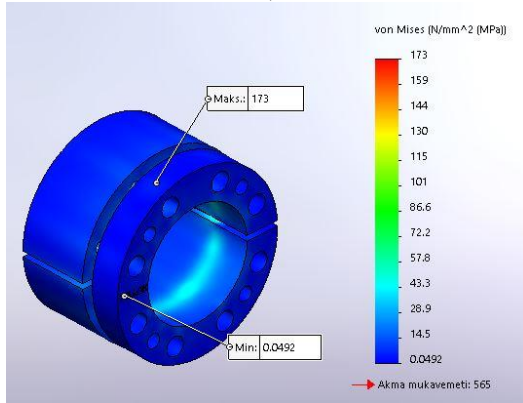
MPa, tork kolunda maksimum von Mises gerilimi değerinin ise 96.6 MPa olduğu tespit edilmiştir. İki malzemenin akma dayanımı olan 207 Mpa’yı geçmediği için sistemin çalışmasında bir sorun olmayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Konik kilit malzemesinde maksimum von Mises gerilmesi 173 MPa bulunmuştur. Ck45 malzemenin akma dayanımı



a)



b)



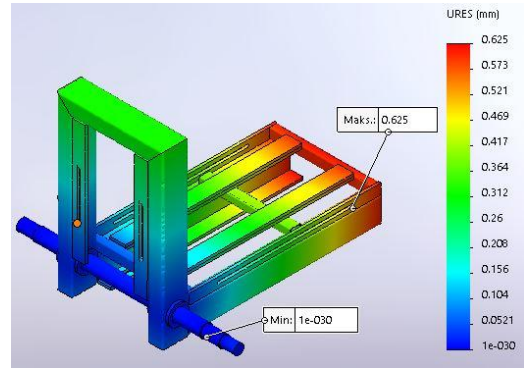
c)

Şekil 7. Analiz sonuçları von Mises gerilmeleri

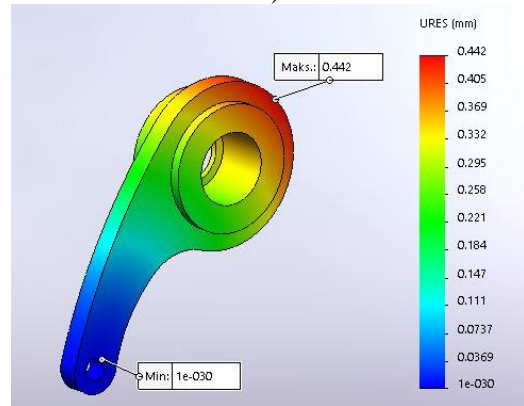
a) Taşıyıcı profil montajı von Mises gerilmeleri

b) Tork kolu von Mises gerilmeleri

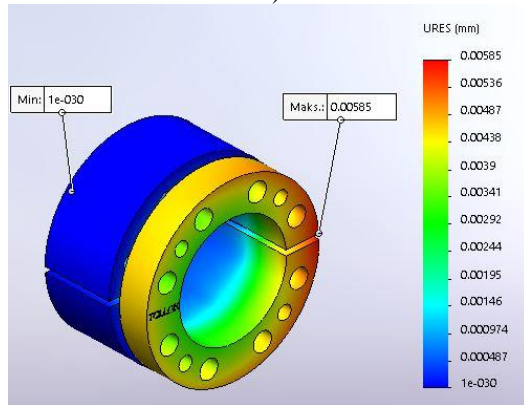
c) Konik kilit von Mises gerilmeleri



a)



b)



c)

Şekil 8. Analiz URES(mm) yer değiştirme Sonuçları

a) Taşıyıcı profil montajı URES(mm)

b) Tork kolu URES(mm)

c) Konik kilit URES(mm)



Şekil 9. Üretimi yapılan seramik sırlama ve çalkalama makinesi

565 MPa'ı aşmadığı için konik kilidin deformasyona uğramadan düzgün bir şekilde çalışabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Makine çalışırken müsaade edilebilecek maksimum sehim 1.2 mm'dir. Şekil 8'de yapılan analizlerin maksimum sehim grafik sonuçları verilmiştir. Taşıyıcı profilde maksimum sehim 0.625 mm, tork kolunda maksimum sehim 0.442 mm, konik kilit de maksimum sehim 0.005 mm olduğu ve makine çalışırken istenen sehim miktarını aşmayacağı görülmüştür. Yapılan analizlerin sonuçları Tablo 2'de bir bütün olarak belirtilmiştir.

Tablo 2. Analiz Sonuçları

	Maksimum von Mises Gerilmesi(Mpa)	Maksimumum Sehim (mm)
Taşıyıcı Profil	94.5	0.625
Tork Kolu	96.6	0.442
Konik Kilit	173	0.005

### Üretimi yapılan makina

Şekil 9' da üretimi yapılarak satışa sunulmaya başlanmış olan makinenin çalışma anındaki resmi verilmiştir. Sırlama makinesinde ürünün iç yüzeyi önce sır ile doldurulma/ boşaltma işlemi yapılarak sırnın homojen dağılması için makinenin pnömatik eyleyici sistemi yardımıyla çalkalama hareketi gerçekleştirilmektedir.

## Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada 6 bar işletme basıncında çalışan pnömatik silindirler ile tahrik edilen seramik sırlama makinesi bilgisayar destekli modelleme ve analiz yöntemleri kullanılarak tasarlanmış, montajlanmış ve makinenin çalışabilirliği bu şekilde tespit edilmiştir. Yapılan Ar-Ge çalışmalarında makinenin elektrik motoru ile tahrik edilen modeli üzerine de çalışılmış, analizi yapılmış ve bilgisayar ortamında montajı gerçekleştirilmiştir. Ancak pnömatik silindir ile tahrik edilen makinenin elektrik motoru ile tahrik edilen makine sisteminden daha az maliyet ile imal edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sebeple pnömatik tahrikli sırlama makinesi montajlanmış ve üretimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan analiz çalışmaları sonucunda makinenin yapılan tasarımla güvenli bir şekilde çalışabileceği tespit edilmiştir. Üretilen makinenin birçok adet satışı yapılmıştır. Makinenin üretim maliyetlerini ve montajlama süresini düşürmek için Ar-Ge çalışmaları devam etmektedir.

## Teşekkür

Bursa Beril Makine' ye vermiş olduğu destekten dolayı teşekkür ederiz.

## Semboller

A=Alan (m<sup>2</sup>)

F<sub>piston</sub>=Kuvvet (N)

M= Moment (Nm)

W= Ağırlık kuvveti (N)

W<sub>p</sub>=Polar mukavemet momenti (m<sup>3</sup>)

d= Mil çapı (m)

r<sub>1</sub>,r<sub>2</sub>= O noktasına olan uzaklık (m)

τ<sub>em</sub>= Emniyet gerilmesi (N/m<sup>2</sup>)

τ<sub>t</sub>= Kayma gerilmesi (N/m<sup>2</sup>)



## Kaynaklar

- Açıkgöz, E., Topçu. E., Kayaoğlu. Ö., (2018). Seramik Sırlama Makinesi Parçalarının Tasarımının Sonlu Elemanlar Yöntemi ile İncelenmesi, International Symposium Industrial Design Engineering, ISIDE 18, 189-195.
- Balaguer, P., Sanchis, R., Romero, J., Penarrocha I., Arino C., (2009). Modeling and control of ceramic tile glazing using dimensional analysis, 35th Annual Conference of IEEE Industrial Electronics, DOI: 10.1109/IECON.2009.5414755.
- Bao, N., Ran, X., Wu, Z., Xue, Y., Wang, K., (2007). Design of inspection system of glaze defect on the surface of ceramic pot based on machine vision, 2 IEEE 2nd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC) , 1486 – 1492.
- Doğan, S., Güven, C., Karpat, F., Yılmaz, T., Doğan, O., (2014). Experimental Verification and Finite Element Analysis of Automotive Door Hinge, ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings, Vol: 11, doi:10.1115/IMECE2014-39295.
- Doğan, O., Yılmaz, T. G., Karpat, F., Farklı parametrelere sahip evolvent düz dişli çarkların sonlu elemanlar yöntemi ve grafik metot ile gerilme analizi. (2018). *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, [S.1.], v. 33, n. 4, ISSN 1304-4915.
- Eren, O., Kaftanoğlu B., (2001). Altı Serbestlik Dereceli Bir Endüstriyel Robotun Tasarımı İmalatı ve Çalıştırılması, *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 4(2), 103 – 111.
- Fetvacı, M.C., İmrak, C.E., (2004). Düz Dişli Çarkların Sonlu Elemanlar Metodu ile Modellenmesi, *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 2, 46-54.
- Lekesiz, H., (2018). Pistonlu yaro-hermetik soğutma kompresörü krank milinin sanki-statik yaklaşımla sonlu elemanlar analizi, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 23 (1), 97-110. DOI: 10.17482/uumfd.301655
- MEGEP, (2007). Sır Hazırlama, Seramik ve Cam Teknolojisi , Ankara.
- MEGEP, (2007). , Sırlama ve Pişirim, Seramik ve Cam Teknolojisi , Ankara.
- MEB, (2003). Metal Mesleğinde Tablolar, İstanbul.
- Mercan, M., (1999). Sırlama Teknikleri, *Metalurji Dergisi*, 121.Sayı: Seramik, Sayfa 18-22.
- Topaç M. M., Bahar İ., (2019). Bir askeri hizmet taşıtında kullanılan parabolik yaprak yayın yay karakteristiğinin doğrusal olmayan sonlu elemanlar analizi yardımıyla belirlenmesi, *Politeknik Dergisi*, 22(1): 115-120.
- Toplan, Ö., (2008). Geleneksel Seramikler, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Lisans Ders Notları.
- Zetinoğlu, M., (2006) . Sonlu Elemanlar Yöntemiyle 3.5 Tonluk Tek Dingilli Bir Tarım Arabasına Ait Çeki Halkasının Gerilme Analizi , *U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, Sayı: 2(21),21-24.
- Seramik ve porselen nedir, özellikleri, kullanım alanları.  
<http://www.hurbilgi.com/index.php/2015/05/08/s-eramik-ve-porselen-nedir-ozellikleri-kullanim-alanlari>. Yayın tarihi Mayıs 8, 2015. Erişim tarihi Temmuz 12, 2019.
- Konik kilit sisteminin üstünlükleri.  
[http://www.konikkilit.com/konik\\_kilit\\_nedir.asp](http://www.konikkilit.com/konik_kilit_nedir.asp). Erişim tarihi Temmuz 12, 2019.
- Locking assembly - self-centering TLK 131.  
<https://www.traceparts.com/tr/product/rexnord-tollok-srl-element-de-serrage-autocentrant-tlk-131?Product=10-13062016-067657>. Erişim tarihi Temmuz 12, 2019.
- Rexnord Tollok Assemblies Katalog.  
[https://www.rexnord.com/contentitems/techlibrar y/documents/pt2-001\\_catalog](https://www.rexnord.com/contentitems/techlibrar y/documents/pt2-001_catalog). Erişim tarihi Temmuz 12, 2019.
- Seramiğin kullanım alanları.  
<http://seramikevi.blogspot.com.tr>, Yayın tarihi Şubat 8, 2008. Erişim tarihi Temmuz 12, 2019.

## **The Design of a Pneumatic Actuator System for Ceramic Glazing Machine and Manufacturing of the System**

### **Extended abstract**

*Glazing is carried out for reasons such as creating a shiny and slippery surface on the ceramic material, increasing its resistance to mechanical forces affecting mud, protecting the material from liquids and gases, increasing the aesthetic value by bringing color and texture properties to the ceramic surface. This process, which is mainly performed by hand or automation system, has now been replaced by more automation systems. The drive system used in the glazing process in automation systems is generally made by mechanisms with electric motors or pneumatic pistons. The use of a pneumatic actuator system to perform the glazing process in a particular agitation period is a factor that reduces the production cost of the glazing machine.*

*In this study, the design, assembly and prototype manufacturing of a ceramic toilet glazing machine pneumatic actuator system is examined. First, the welds of the machine in Solidworks program were determined and the loads required for the design of the actuator system were determined. Sizing and selection of elements such as shaft, torque arm, pneumatic piston and conical lock in the drive system has been made. The product has been selected from conical lock product catalogs with maximum torque and safe shaft diameter determined in the system. The stresses of the shaft, torque arm and conical lock part under load were examined with Solidworks Simulation program. In this way, faults in the system and situations that could cause malfunctions were determined before production and advantage was provided in terms of time and production cost and then production was realized.*

**Keywords:** *Computer aided analysis, Ceramic glazing machine, Finite element method, Solidworks Simulation, Keyless locking devices*