
Araştırma Makalesi / Research Article

Gofret Pişirme Kalıplarının Tasarım İyileştirilmesi: Termo-mekanik Yaklaşım

Ayşe Nur ÖZTEKİN^{1*}, Anıl KORKMAZ²

¹ Tüfekçioğlu Gıda Makinaları A.Ş. Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Karaman, TÜRKİYE
aysenur.o@nefamak.com.tr, anilkorkmaz1508@gmail.com

Received/Geliş Tarihi: 04.11.2024

Accepted/Kabul Tarihi: 06.12.2024

Özet: Bu çalışmada, gıda sektöründe gofret pişirme fırınlarında kullanılan farklı geometrilere sahip üç pişirme maşasının ısıl gerilme analizleri yapılacaktır. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak her bir maşanın ısı dağılımı ve malzeme deformasyonu incelenecek, bu işlem sırasında meydana gelen ısıl gerilme etkileri karşılaştırılacaktır. Elde edilen sonuçların maşa tasarımının optimizasyonu, üretim verimliliğinin artırılması ve ürün kalitesinin iyileştirilmesi için önemli veriler sağlaması hedeflenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gofret pişirme maşası, Tasarım geliştirme, Termo-mekanik gerilme

Design Improvement of Wafer Baking Molds: A Thermo-mechanical Approach

Abstract: In this study, thermal stress analyses of three cooking molds with different geometries used in wafer baking ovens in the food sector will be conducted. Using the finite element method, the heat distribution and material deformation of each mold will be examined, and the effects of thermal stresses occurring during this process will be compared. The results obtained aim to provide important data for the optimization of mold design, enhancing production efficiency and improving product quality.

Keywords: Wafer baking die, Design enhancement, Thermo-mechanical stress

1. Giriş

Gıda endüstrisi, gelişen teknolojiler ve değişen tüketici talepleri doğrultusunda sürekli olarak yenilikçi üretim yöntemleri aramaktadır (Galanakis, 2024). Özellikle gofret üretimi, yüksek sıcaklık ve hassas kontrol gerektiren bir süreç olarak öne çıkmaktadır. Popüler bir atıştırmalık olan gofretler, özellikle çocuklar ve gençler arasında yaygın olarak tüketilen bir ürün haline gelmiştir. Bu talep, üretim sürecinin verimliliğini ve ürünün kalitesini artırma gerekliliğini de beraberinde getirmektedir (Sundara, 2012).

Gofret pişiriminde kullanılan maşaların geometrik yapısı, üretim sürecinin verimliliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Maşaların tasarımı, ısı dağılımını, malzeme deformasyonunu ve nihayetinde ürün kalitesini belirleyen ana faktörlerden biridir. Bu işlem sırasında, malzemelerdeki sıcaklık değişimlerinden kaynaklanan termal gerilmeler maşada iç gerilime yol açmaktadır. Isı uygulandığında malzeme genişler ve soğutma sırasında büzülerek maşa içinde gerilme oluşturmaktadır. Farklı maşa geometrileri ısı transfer özelliklerini etkileyerek pişirme sürecinde farklı sonuçlara yol açabilmektedir.

Termal gerilme oluşumu birkaç temel nedene dayanmaktadır. Bunlar arasında malzemenin ısıl iletkenliği, sıcaklık farklılıkları ve maşa geometrisinin etkileri yer almaktadır. Örneğin, malzemenin çeşitli bölgelerindeki sıcaklık farklılıkları gerilme dağılımının eşit olmamasına neden olabilmektedir. Ayrıca, malzemenin fiziksel özellikleri deformasyon davranışını etkileyerek aşırı gerilme oluşumuna

yol açabilmektedir. Bu nedenle, termal gerilme analizleri maşa tasarımını optimize etmek için kritik öneme sahiptir (Boley ve Weiner, 2012).

Sonlu elemanlar yöntemi, karmaşık geometrileri ve malzeme özelliklerini değerlendirmek için etkili bir yaklaşım sağlamaktadır. Bu yöntem, yapıların ve malzemelerin davranışını simüle etmek için mühendislikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Termal analizde, bu teknik sıcaklık dağılımının ve ortaya çıkan gerilme değerlerinin hesaplanmasını sağlamaktadır. Gıda mühendisliği bağlamında, maşa tasarımını optimize etmek için sonlu elemanlar yöntemini kullanmak enerji tüketimini azaltabilmekte ve ürün kalitesini artırabilmektedir.

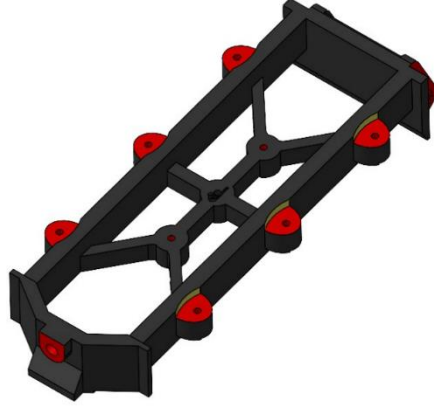
Literatürde, aynı veya farklı tasarımlara ait aynı veya farklı malzemeler kullanılarak üretilen parçaların sonlu elemanlar analizi kullanılarak karşılaştırılmasına dair literatürde birçok çalışma vardır. Steinbach vd. (2023), gofret pişirme fırınlarında kullanılan pişirme plakaları için sonlu elemanlar modeli türeterek tasarım optimizasyonu yapmışlar ve optimum pişirme plakası kalınlığını bulmuşlardır. Tazegül ve Mayda (2020), gofret fırını şaseleri üzerine gelen yükleri sonlu elemanlar yöntemi ile analiz ederek ağırlık hafifletme çalışması gerçekleştirmiştir. Mevcut şase tasarımı üzerinde yapılan analizler sonucunda gerilmenin az olduğu fazla bölgelerde tasarım değişikliği yaparak, mevcut şasenin kütlesini %29.6 azaltmışlardır. Şahin vd. (2020), gofret pişirme fırınlarında kullanılacak farklı döküm malzemelerden (EN-GJS-400, EN-GJS-450, EN-GJL-25, EN-GJV-350) yapılmış gofret pişirme kalıplarının pişirme yüzeylerinde pişirme işlemi sırasında oluşan mekanik gerilmeleri ve pişirme yüzeylerindeki sıcaklık dağılımlarını sayısal olarak incelemişlerdir (Tazegül ve Mayda, 2020). Vijayalakshmi vd. (2012), implant üzerine oblik ve dikey yönlerde ortodontik ve ortopedik kuvvet uygulayarak kemikteki değişiklikleri analiz etmek için sonlu elemanlar yöntemini kullanmışlardır. Carzino vd. (2022), daha az ısı ile daha kısa sürede ve daha kaliteli gofret yaprağı üretmek için gofret pişirme plakalarının pişirme yüzeylerinin termal tasarımı ile ilgili sonlu elemanlar yöntemini kullanarak çalışma yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre 17 lamelli pişirme plakasının, 3 lamelli pişirme plakasına kıyasla daha iyi bir ısı dağılımı ve 20 °C'lik bir artış sağladığı, böylelikle %10'luk toplam kazanç sağladığını gözlemlemişlerdir (Carzino vd., 2022). Sonlu elemanlar yöntemi, literatürden de görüldüğü üzere birçok mühendislik alanında uygulamaları olan kabul görmüş bir sayısal yöntemdir.

Bu çalışma, gofret pişirme fırınlarında kullanılan üç farklı maşa geometrisinin termal gerilme davranışlarını karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Her bir maşa için belirlenen geometrik özellikler, üretim sürecindeki sıcaklık dağılımını ve malzeme deformasyonunu etkileyerek farklı sonuçlara yol açacaktır. Çalışma sonunda elde edilen veriler, gıda mühendisliği uygulamalarında maşa tasarımı için önemli bir referans oluşturacak, sektördeki üretim süreçlerinin iyileştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak bu araştırma, gofret üretiminde maşa geometrisinin önemini vurgulamakta ve termal gerilme analizlerinin üretim verimliliği üzerindeki etkisini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Geliştirilen yöntem ve bulgular, sektördeki maşa tasarım süreçlerine yeni bir bakış açısı sunacak ve gelecekteki çalışmalara zemin hazırlayacaktır. Bu bağlamda, gıda mühendisliği alanındaki yenilikçi yaklaşımların hem maliyetlerin düşürülmesi hem de ürün kalitesinin artırılması için önemli fırsatlar sunması beklenmektedir.

2. Materyal ve Metot

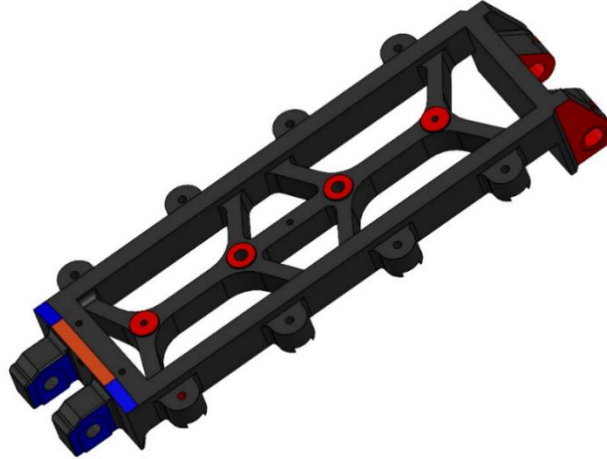
Bu çalışmada, üç farklı geometriye sahip gofret pişirme takımının maşasının mekanik yükler altındaki davranışını incelemek için sonlu elemanlar yöntemi kullanılmıştır. Kullanılan maşaların geometri görselleri aşağıda verilmiştir (Şekil 1, Şekil 2, ve Şekil 3).



Şekil 1. Model-1 kalıp maşa tasarım geometrisi



Şekil 2. Model-2 kalıp maşa tasarım geometrisi



Şekil 3. Model-3 tip kalıp maşa tasarım geometrisi

Şekil 1, 2 ve 3'te verilen üç farklı geometrinin GGG-45 ve GGG-60 malzemeleri için ağırlıkları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Maşaların GGG-45 ve GGG-60 malzemeleri için kütle özellikleri

Geometri	Malzeme	Ağırlık (kg)
Model-1 kalıp maşa tasarımı	GGG-60	59.77
	GGG-45	59.77
Model-2 kalıp maşa tasarımı	GGG-60	68.86
	GGG-45	68.86
Model-3 kalıp maşa tasarımı	GGG-60	68.86
	GGG-45	68.86

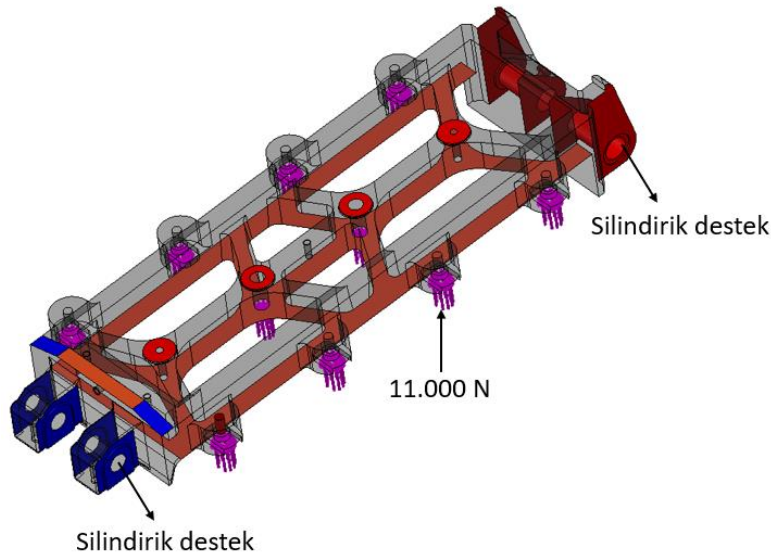
Çalışmada GGG45 VE GGG60 olmak üzere iki farklı malzeme kullanılmıştır. GGG-45 ve GGG-60 malzemelerinin mekanik özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. GGG-45 ve GGG-60 malzemelerinin mekanik özellikleri

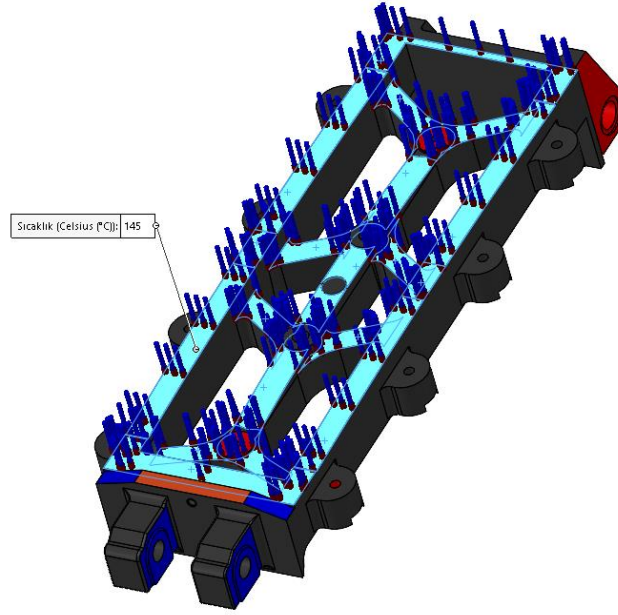
Özellik	Birim	GGG-45	GGG-60
Isı iletim katsayısı	W/(m.K)	36.2	58
Yorulma sınırı	MPa	220	662
Esneklik katsayısı	GPa	169	174
Çekme mukavemeti	MPa	450	600
Akma mukavemeti	MPa	310	370
Isıl genişleme katsayısı	$10^{-6}(1/^{\circ}\text{C})$	12.5	12
Özgül ısı	J/(kg.K)	494	460
Poisson oranı	-	0.28	0.26
Yoğunluk	kg/m ³	7250	7250

Üç farklı gofret pişirme kalıp maşasının üç boyutlu tasarımlarının sonlu elemanlar analizinde sabit bölgeleri, ankastre menteşe bölgeleri, kuvvet değerleri ve bölgeleri belirlenerek sınır koşulları tanımlanmıştır.

Gofret pişirme maşasının pişirme plakasına civata bağlantı noktalarına maşa yüzeylerinde oluşan 1.5 bar’lık maksimum basınç nedeniyle oluşan kuvvete karşılık gelen 11.000 N kuvvet uygulanmıştır. Gofret pişirme maşasına uygulanan yük ve sınır koşulları Şekil 4’te gösterilmiştir.

**Şekil 4.** Uygulanan yük ve sınır koşullarının gösterimi

Gofret pişirme maşasının dış yüzeyinin fırın içerisinde alevlere temas etmesi nedeniyle, maşanın Şekil 5’te gösterilen dış yüzeylerine 145 °C sıcaklık yükü uygulanmıştır.



Şekil 5. Sıcaklık yükü uygulanan yerin gösterimi

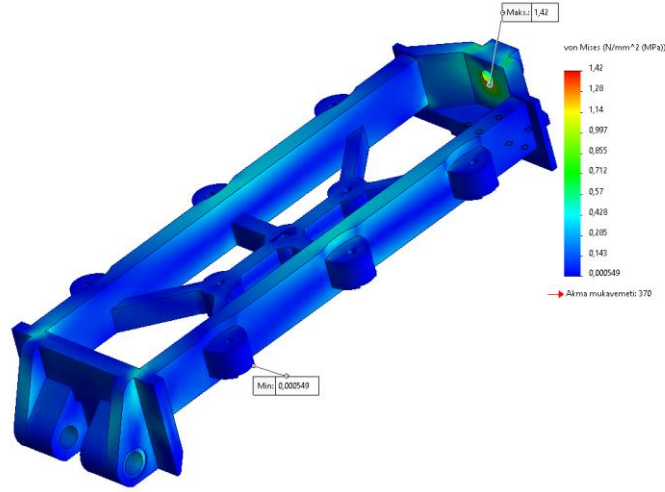
Sonlu elemanlar analiz yazılımında (SolidWorks Simulation) her bir tasarım için yapılan her analizde karışık eğrilik tabanlı mesh kullanılmıştır. Gofret pişirme kalıp iskeletinin düğüm sayısı 249.993, ağ-desen kalitesi yüksek ve toplam eleman sayısı 160.835 olacak şekilde mesh yapısı oluşturulmuştur.

3. Sonuç ve Tartışma

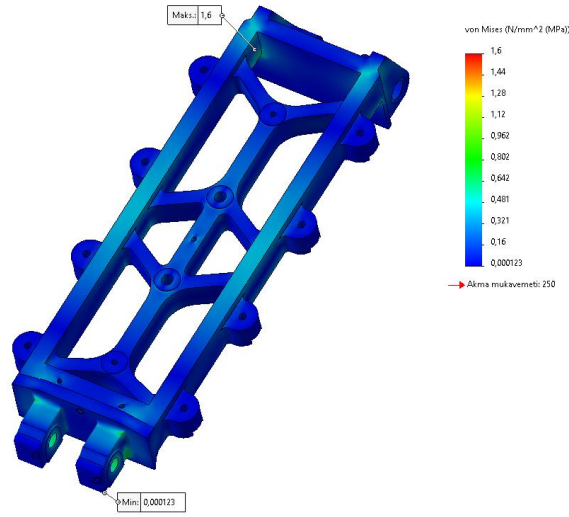
Aynı sınır koşullarına sahip üç farklı fırın kalıp maşasının yapısal analizi sonucunda maksimum eşlenik gerilme (Von-misses) ve yer değiştirme (mm) değerleri elde edilmiştir.

Model-1, Model-2 ve Model-3 maşa tasarımlarının yapısal analizi için ilk olarak sadece ağırlık dahil edilerek analiz yapılmıştır. Daha sonrasında hem ağırlık hem de gofret pişirme maşasının pişirme plakasına bağlantı noktasında oluşturduğu basınç uygulanarak analiz yenilenmiştir. Son olarak, gofret pişirme maşasının fırın içerisinde maruz kaldığı sıcaklık da dahil edilerek analiz yapılmıştır. Tüm sonuçlar kaydedilerek ağırlığın, basıncın ve sıcaklığın kalıp üzerindeki etkisi incelenmiştir.

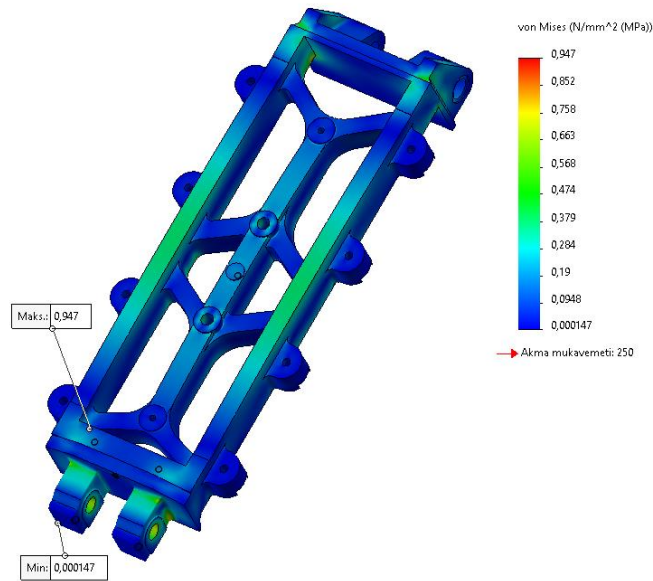
Model-1, Model-2 ve Model-3 maşa tasarımlarının sadece ağırlık dahil edilerek yapılan yapısal analiz sonucunda maksimum eşlenik gerilme değerleri GGG-60 ve GGG-45 malzemeleri için sırasıyla 1.42 MPa, 1.6 MPa ve 0.947 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8). Farklı kullanılması durumunda da eşlenik gerilme sonucunu etkilenmemiş ve her iki malzemede de eşlenik gerilme değeri aynı bulunmuştur.



Şekil 6. Model-1 maşa tasarımı Von-misses gerilme dağılım grafiği (GGG-45 ve GGG-60)

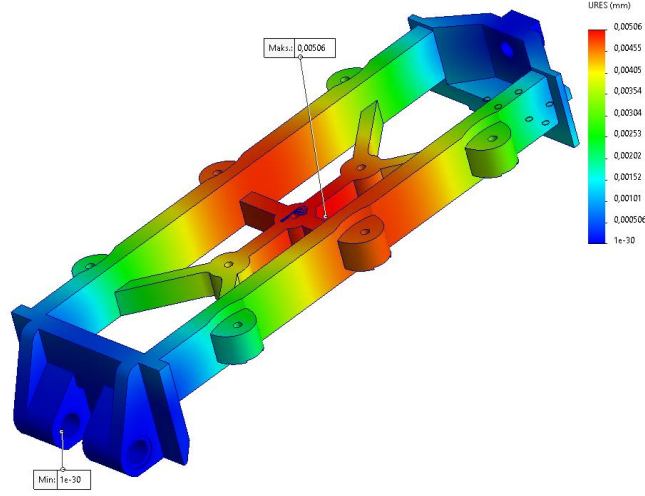


Şekil 7. Model-2 maşa tasarımı Von-misses gerilme dağılım grafiği (GGG-45 ve GGG-60)

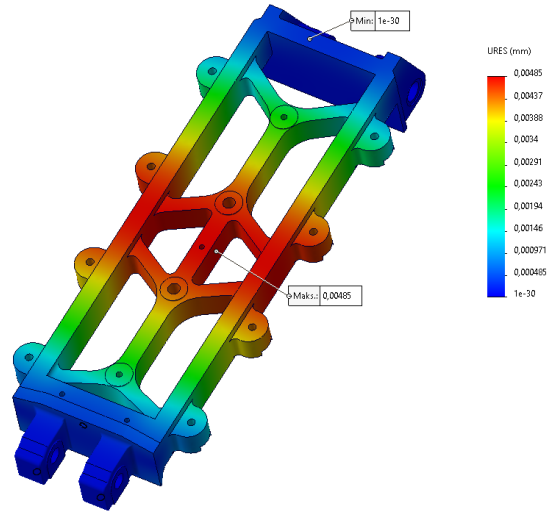


Şekil 8. Model-3 maşa tasarımı Von-misses gerilme dağılım grafiği (GGG-45 ve GGG-60)

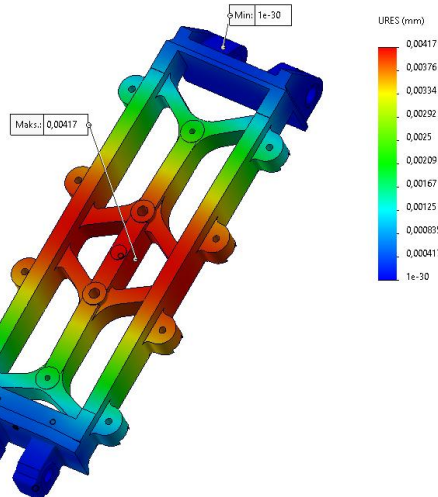
Şekil 9, 10 ve 11’de üç farklı kalıp maşa tasarımının sadece ağırlık dahil edilerek yapılan yapısal analiz sonucunda GGG-45 malzemesi için elde edilen yer değiştirme analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil 9. Model-1 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-45 malzemesi için)



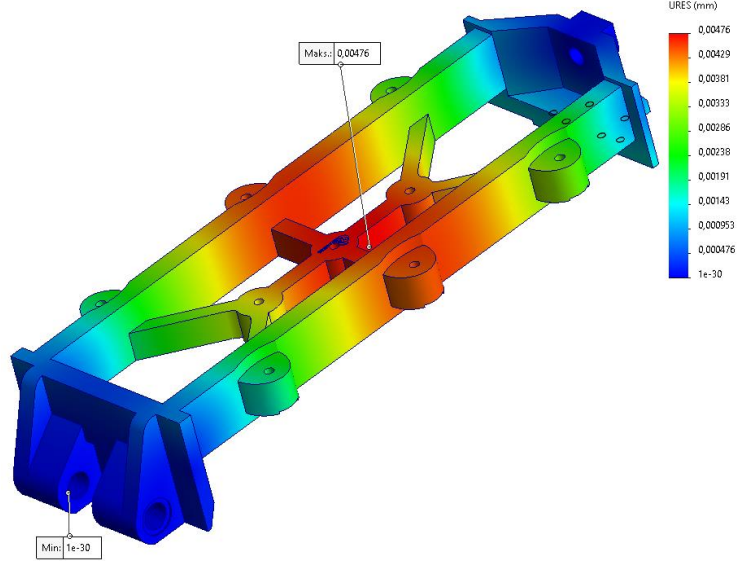
Şekil 10. Model-2 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-45 malzemesi için)



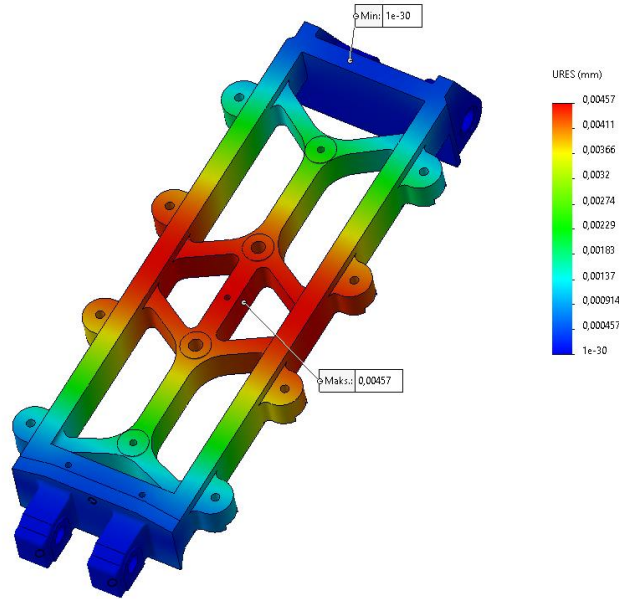
Şekil 11. Model-3 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-45 malzemesi için)

Model-1, Model-2 ve Model-3 kalıp maşa tasarımının GGG-45 malzemesi için maksimum yer değiştirme değerleri sırasıyla 0.00506 mm, 0.00485 mm ve 0.00417 mm olarak bulunmuştur (Şekil 9, Şekil 10 ve Şekil 11).

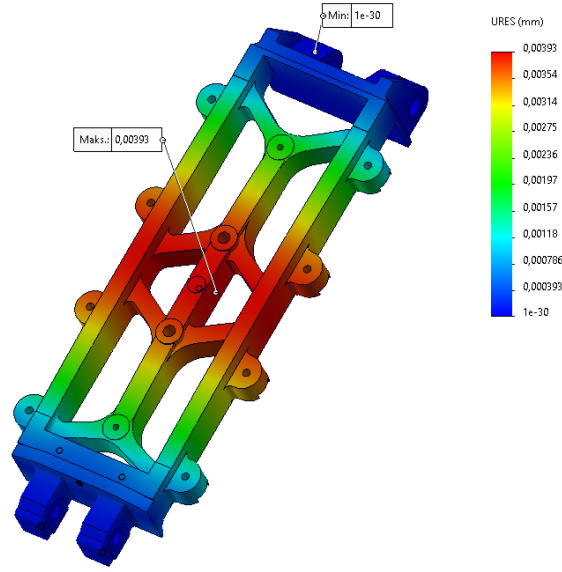
Şekil 12, 13 ve 14'te üç farklı kalıp maşa tasarımının sadece ağırlık dahil edilerek GGG-60 malzemesi için yapılan yapısal analiz sonucunda elde edilen yer değiştirme sonuçları verilmiştir.



Şekil 12. Model-1 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-45 malzemesi için)



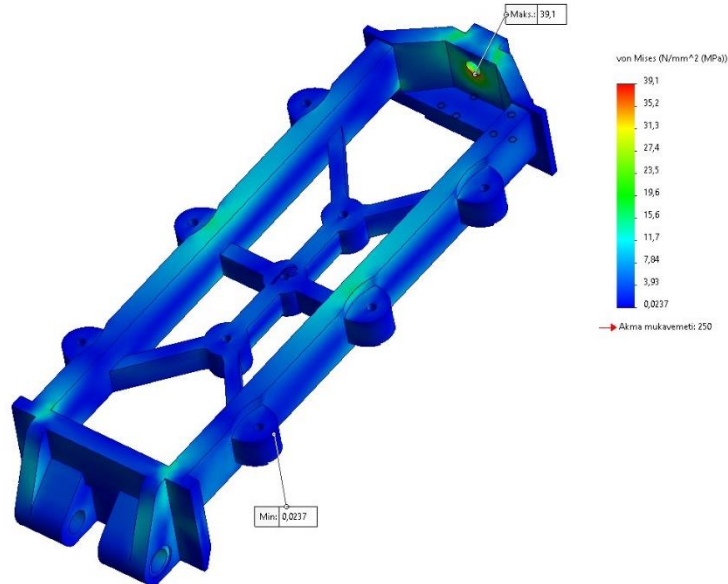
Şekil 13. Model-2 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-60 malzemesi için)



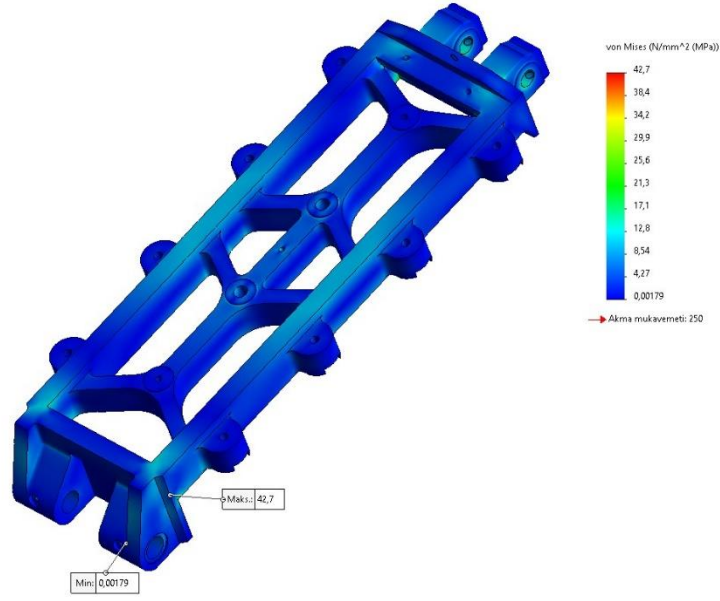
Şekil 14. Model-3 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-60 malzemesi için)

Model-1, Model-2 ve Model-3 kalıp maşa tasarımının GGG-60 malzemesi için maksimum yer değiştirme değerleri sırasıyla 0.00476 mm, 0.00457 mm ve 0.00393 mm olarak bulunmuştur (Şekil 12, Şekil 13 ve Şekil 14).

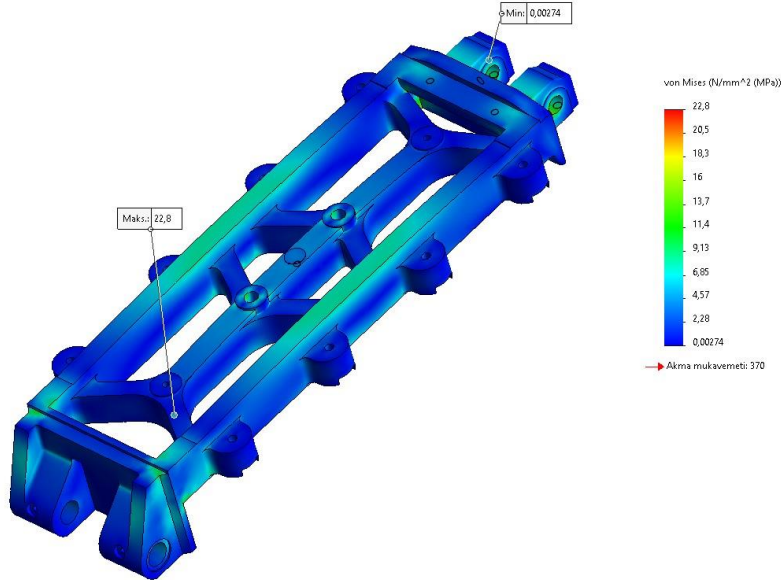
Model-1, Model-2 ve Model-3 maşa tasarımlarının hem ağırlık hem de basınç dahil edilerek yapılan yapısal analiz sonucunda maksimum eşlenik gerilme değerleri GGG-60 malzemesi için sırasıyla 39.1 MPa, 42.7 MPa ve 22.8 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17). Malzeme olarak GGG-45 kullanılması durumunda da eşlenik gerilme sonucunu etkilememiş ve her iki malzemede de eşlenik gerilme değeri aynı bulunmuştur.



Şekil 15. Model-1 maşa tasarımı Von-misses gerilme dağılım grafiği (GGG-45 ve GGG-60)

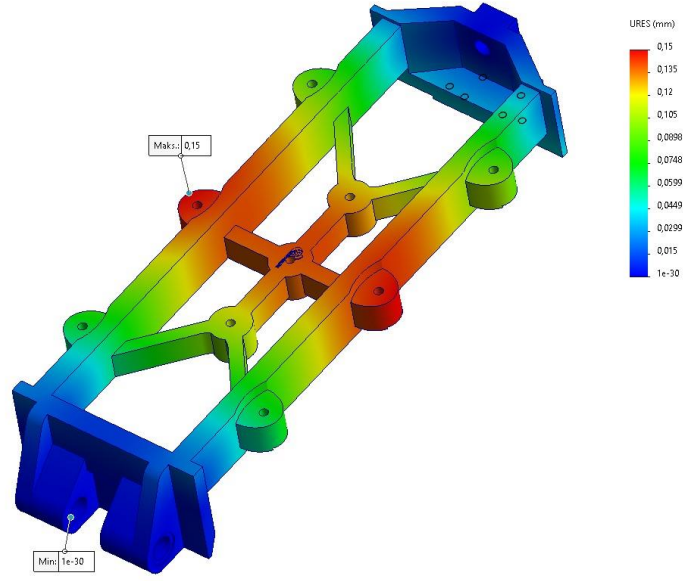


Şekil 16. Model-2 maşa tasarımı Von-misses gerilme dağılım grafiği (GGG-45 ve GGG-60)

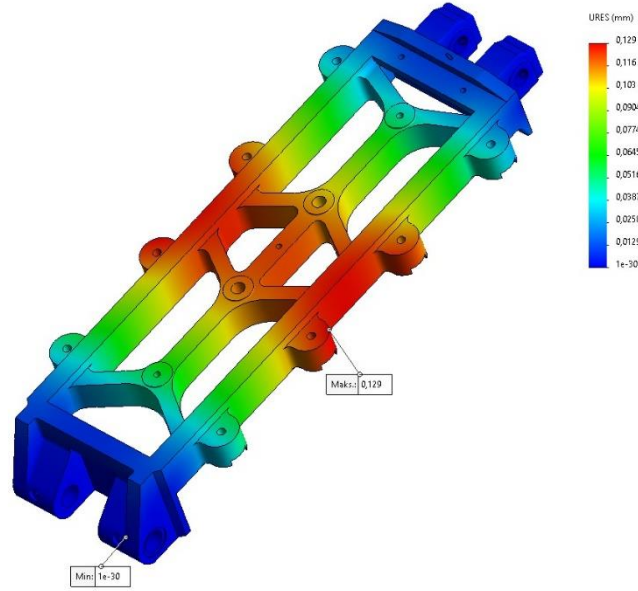


Şekil 17. Model-3 kalıp maşa tasarımı Von-misses gerilme dağılım grafiği (GGG-45 ve GGG-60)

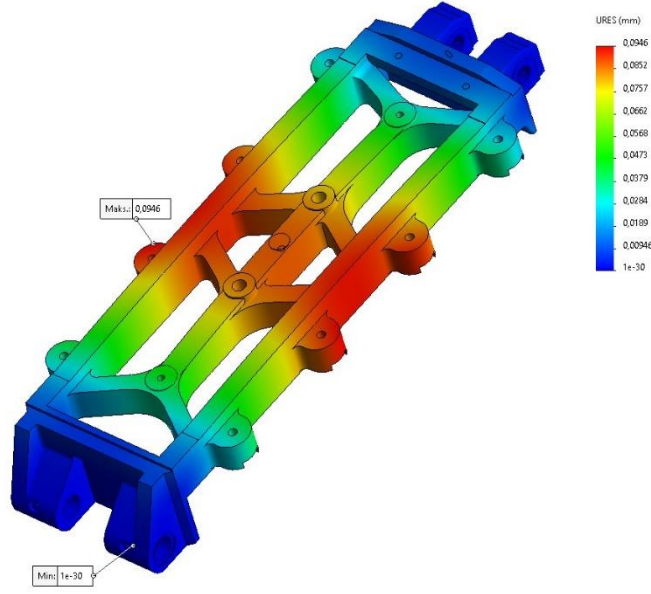
Şekil 18, 19 ve 20’de üç farklı kalıp maşa tasarımının hem ağırlık hem de basınç dahil edilerek yapılan yapısal analiz sonucunda GGG-45 malzemesi için elde edilen yer değiştirme analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil 18. Model-1 kalıp maşa tasarımı yer değıştirme analiz görseli (GGG-45 malzemesi için)



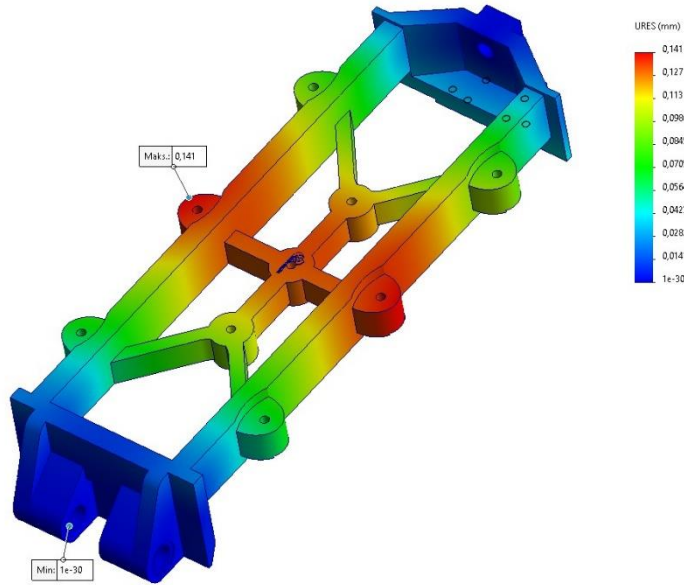
Şekil 19. Model-2 kalıp maşa tasarımı yer değıştirme analiz görseli (GGG-45 malzemesi için)



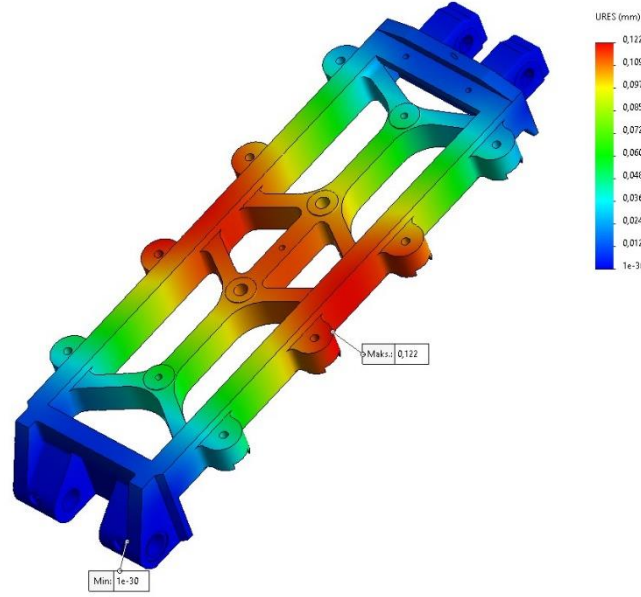
Şekil 20. Model-3 tip kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-45 malzemesi için)

Model-1, Model-2 ve Model-3 kalıp maşa tasarımının GGG-45 malzemesi için maksimum yer değiştirme değerleri sırasıyla 0.15 mm, 0.129 mm ve 0.0946 mm olarak bulunmuştur (Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20).

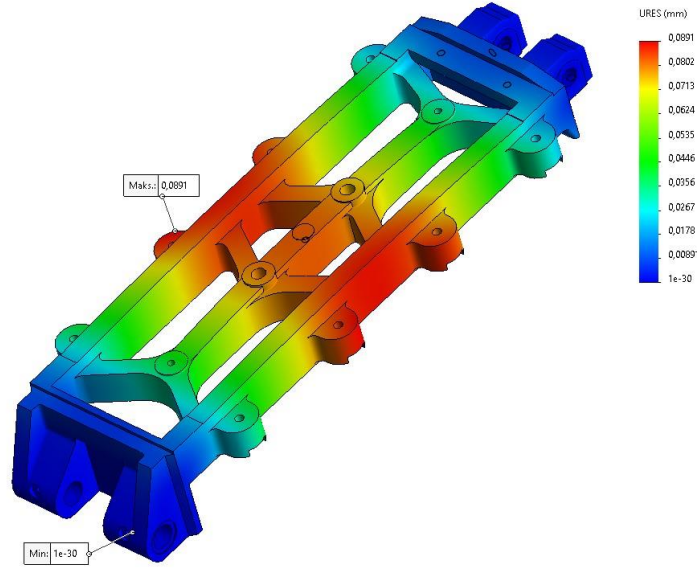
Şekil 21, 22 ve 23'te üç farklı kalıp maşa tasarımının hem ağırlık hem de basınç dahil edilerek GGG-60 malzemesi için yapılan yapısal analiz sonucunda elde edilen yer değiştirme sonuçları verilmiştir.



Şekil 21. Model-1 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-60 malzemesi için)



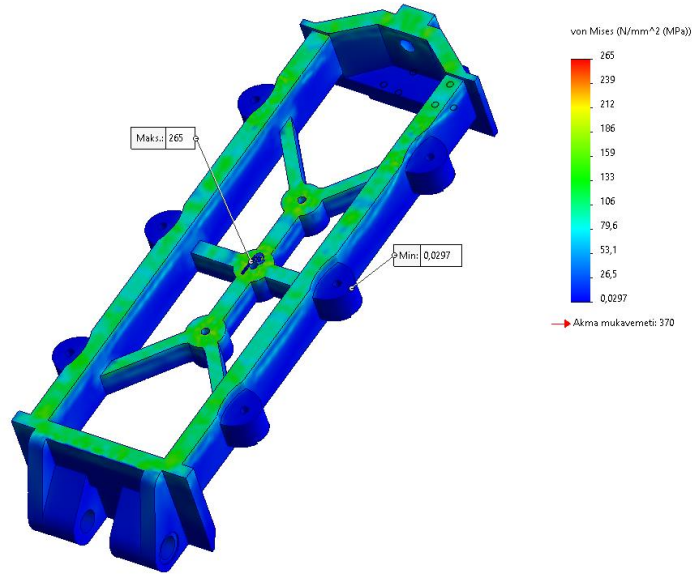
Şekil 22. Model-2 kalıp maşa tasarımı için yer değiştirme analiz görseli (GGG-60 malzemesi için)



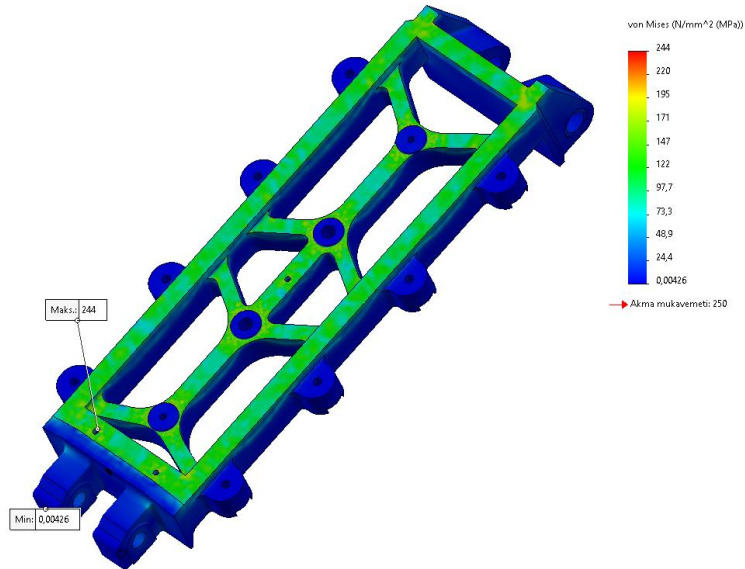
Şekil 23. Model-3 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-60 malzemesi için)

Model-1, Model-2 ve Model-3 kalıp maşa tasarımının hem ağırlık hem de basınç dahil edilerek GGG-60 malzemesi için yapılan yapısal analiz sonucunda maksimum yer değiştirme değerleri sırasıyla 0.141 mm, 0.122 ve 0.0891 mm olarak bulunmuştur (Şekil 21, Şekil 22 ve Şekil 23).

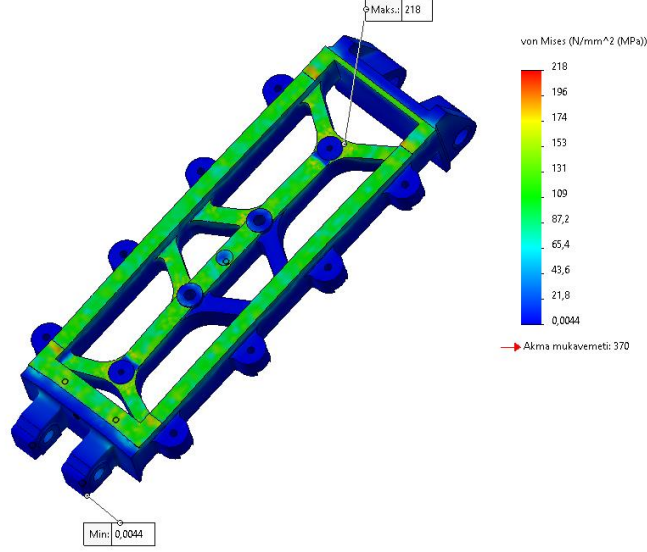
Model-1, Model-2 ve Model-3 maşa tasarımlarının hem ağırlık hem basınç hem de sıcaklık dahil edilerek yapılan yapısal analiz sonucunda maksimum eşlenik gerilme değerleri GGG-60 ve GGG-45 malzemeleri için sırasıyla 265 MPa, 244 MPa ve 218 MPa olarak bulunmuştur (Şekil 24, Şekil 25 ve Şekil 26). Farklı malzeme kullanılması durumunda da eşlenik gerilme sonucunu etkilenmemiş ve her iki malzemede de eşlenik gerilme değeri aynı bulunmuştur.



Şekil 24. Model-1 kalıp maşa tasarımı için Von-misses gerilme dağılım görseli (GGG-60 malzemesi için)

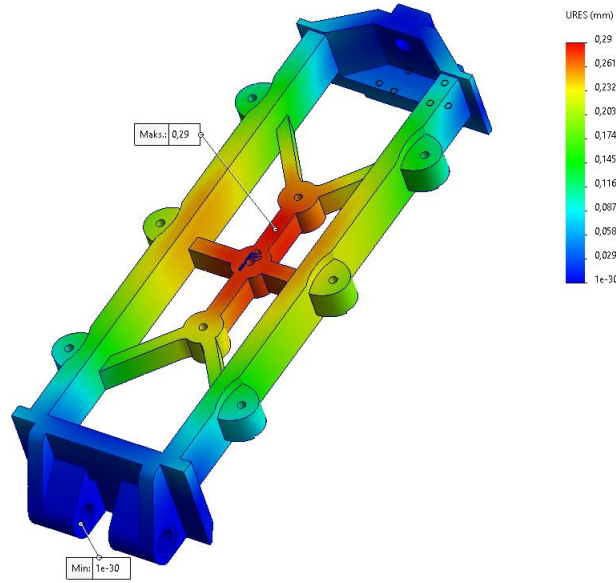


Şekil 25. Model-2 kalıp maşa tasarımı için Von-misses gerilme dağılım görseli (GGG-60 malzemesi için)

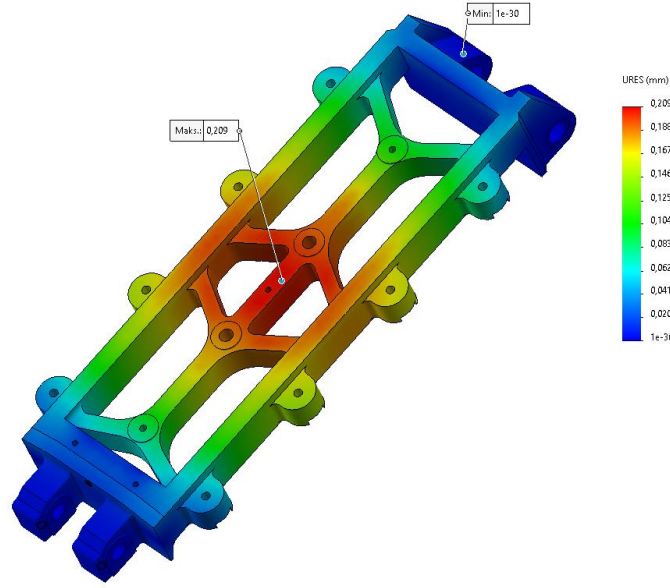


Şekil 26. Model-3 kalıp maşa tasarımı için Von-misses gerilme dağılım görseli (GGG-60 malzemesi için)

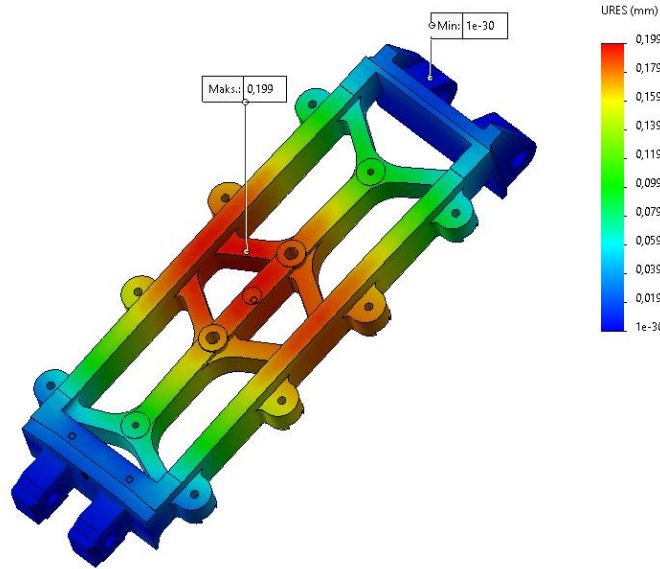
Şekil 27, 28 ve 29’da üç farklı kalıp maşa tasarımının hem ağırlık hem basınç hem de sıcaklık dahil edilerek yapılan yapısal analiz sonucunda GGG-45 malzemesi için elde edilen yer değiştirme analiz sonuçları verilmiştir.



Şekil 27. Model-1 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-45 malzemesi için)



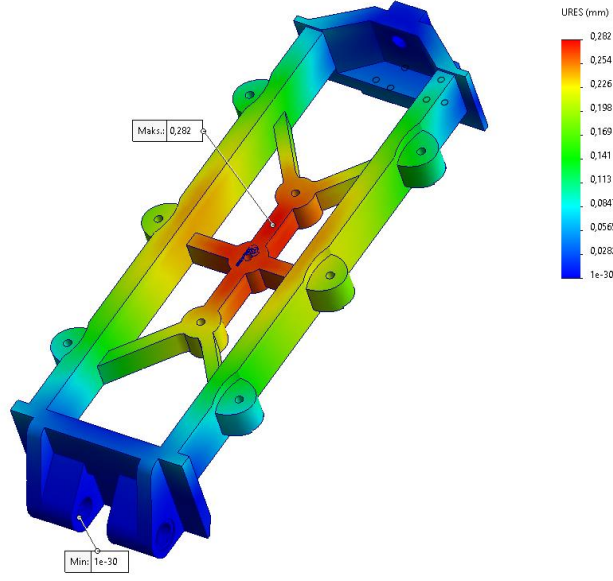
Şekil 28. Model-2 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-45 malzemesi için)



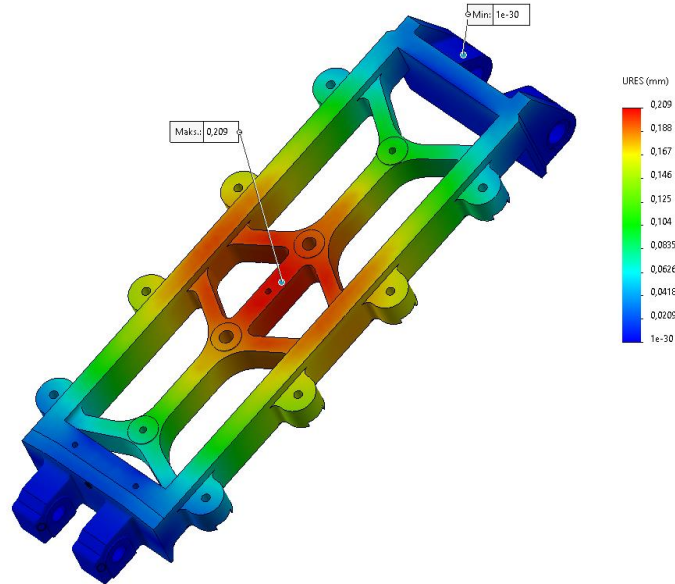
Şekil 29. Model-3 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-45 malzemesi için)

Model-1, Model-2 ve Model-3 kalıp maşa tasarımının hem ağırlık hem basınç hem de sıcaklık dahil edilerek GGG-45 malzemesi için yapılan yapısal analiz sonucunda maksimum yer değiştirme değerleri sırasıyla 0.29 mm, 0.209 mm ve 0.199 mm olarak bulunmuştur (Şekil 27, Şekil 28 ve Şekil 29).

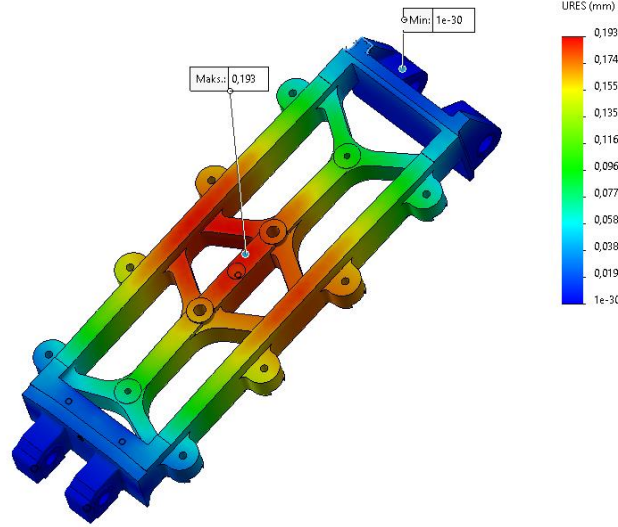
Şekil 30, 31 ve 32’de üç farklı kalıp maşa tasarımının hem ağırlık hem basınç hem de sıcaklık dahil edilerek GGG-60 malzemesi için yapılan yapısal analiz sonucunda elde edilen yer değiştirme sonuçları verilmiştir.



Şekil 30. Model-1 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-60 malzemesi için)



Şekil 31. Model-2 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-60 malzemesi için)



Şekil 32. Model-3 kalıp maşa tasarımı yer değiştirme analiz görseli (GGG-60 malzemesi için)

Model-1, Model-2 ve Model-3 kalıp maşa tasarımının hem ağırlık hem basınç hem de sıcaklık dahil edilerek GGG-60 malzemesi için yapılan yapısal analiz sonucunda maksimum yer değiştirme değerleri sırasıyla 0.282 mm, 0.209 mm ve 0.193 mm olarak bulunmuştur (Şekil 30, Şekil 31 ve Şekil 32).

4. Sonuçlar

- Model-1, Model-2 ve Model-3 tasarıma sahip kalıp maşasının eşlenik gerilme değeri her iki malzeme (GGG-45 ve GGG-60) içinde değişiklik göstermemiştir.
- Model-3 tasarıma sahip kalıp maşasının eşlenik gerilme değeri Model-1 tasarıma sahip kalıp maşa tasarımının gerilme değerinden %41.7 daha az iken, Model-2 tasarıma sahip kalıp maşasının gerilme değerinden %46.6 daha azdır.
- Model-3 tasarıma sahip kalıp maşa tasarımının GGG-45 malzemesi için maksimum yer değiştirme değeri Model-1 kalıp maşa tasarımının yer değiştirme değerinden %36.9 ve Model-2 maşa tasarımının yer değiştirme değerinden %26.7 daha azdır.
- Model-3 tasarıma sahip kalıp maşa tasarımının GGG-60 malzemesi için maksimum yer değiştirme değeri Model-1 kalıp maşa tasarımının yer değiştirme değerinden %36.8 ve Model-2 maşa tasarımının yer değiştirme değerinden %26.9 daha azdır.
- Üç farklı geometri tasarımı içinde farklı malzeme kullanımı ağırlıkları önemli derecede etkilememiştir.
- Model-1 tasarıma sahip kalıp maşasının GGG-45 malzemesi için sadece ağırlık dahil edilerek yapılan analizi sonucunda yer değiştirme değeri 0.00506 mm bulunmuş olup kuvvet dahil edildiğinde yer değiştirme değeri %96.41 artış gösterirken, ağırlık, kuvvet ve sıcaklık beraber dahil edildiğinde yer değiştirme değeri %98.26 artmıştır.
- Model-1 tasarıma sahip kalıp maşasının GGG-60 malzemesi için sadece ağırlık dahil edilerek yapılan analizi sonucunda yer değiştirme değeri 0.00506 mm bulunmuş olup kuvvet dahil edildiğinde yer değiştirme değeri %96.62 artış gösterirken, ağırlık, kuvvet ve sıcaklık beraber dahil edildiğinde yer değiştirme değeri %98.31 artmıştır.

İleriki çalışmalarda yapılan teorik yapısal analizlerin yanında farklı malzemelerin farklı yükler altında tasarım optimizasyonu ve beraberinde deneysel doğrulaması yapılabilir.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

Boley, B. A. & Weiner, J. H. (2012). *Theory of Thermal Stresses*. Wiley, ISBN:0-486-69579-4, New York, ABD.

Carzino, M., Stanescu, G. & Errera, M. (2022). Finned wafer baking plates for heat transfer and distribution. *Seatific Journal*, 2(2), 80-89.

Galanakis, C.M. (2024). The future of food. *Foods*, 13, 506.

Sundara, R. (2012). The science behind the flat wafer baking process. *New food Magazine*, 15(4), 56-60. <https://hdl.handle.net/10779/lincoln.24362278.v3>

Şahin, O. S., Aksoy, M. H. & Tazegul, A. S. (2020). Numerical investigation of thermal and mechanical behavior of wafer mold. *X International Conference Industrial Engineering and Environmental Protection*, 08-09 October 2020, Zrenjanin, Serbia.

Steinbach, J., Jadachowski, L., Kugi, A. & Steinböck, A. (2023). Optimal design of baking plates for an inductive wafer baking oven, *COMSOL 2023 Conference*, 25-27 October 2023, Munich, Germany.

Tazegül, A.S. & Mayda, M. (2020). Gofret fırınlarındaki şaselerin sonlu elemanlar yöntemi ile hafifletilmesi, *6th International Congress on Engineering, Architecture and Design*, 17-18 December 2020, İstanbul, Türkiye.

Vijayalakshmi, P. S., Veereshi, A. S., Jayade, V. P., Dinesh, M. R. & Kumar, M. (2012). Finite element analysis of stress and strain distribution in the bone around the implants used for orthodontic anchorage. *Journal of Indian Orthodontic Society*, 46(4), 175-182.