SETSCI Conference Indexing System,
Volume 3 (2018), 1331-1334

ISAS 2018-Winter

2nd International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies

November 30 – December 2, 2018, Samsun, Turkey

LATTICE STRUCTURE OPTIMIZATION for ADDITIVE MANUFACTURING

Büşra Aslan[1*], Ali Rıza Yıldız [2]

[1] Department of Automotive Engineering, Uludağ University, Bursa, Turkey
[2]Department of Mechanical Engineering, Bursa Technical University, Bursa, Turkey
[*]Corresponding author: busra.aslan@btu.edu.tr
[+]Speaker: busra.aslan@btu.edu.tr
Presentation/Paper Type: Oral / Full Paper

Abstract – One of the major problems encountered designers working in the developing industry is how product can get better designs in the first stages. There are many structural optimization methods for weight reduction operations. One of them is the lattice structural optimization method. First, topology optimization process is applied on the model, then lattice structural optimization method is applied. The goal of topology optimization is to distribute the material for the best structural performance. Then the unnecessary material is removed from the model and the lattice structure is applied. The lattice contains complicated structures using minimal material to fill the volume while maintaining rigidity of the model. After optimization, the structure has a complicated geometry that it can't be produced by conventional methods. In this case, the 3d printer/additive manufacturing is used for producing.

The statically analysis of the final model, obtained from the optimization, was conducted using the finite element method and the results was compared with the initial design of the model. Positive results is obtained as a result of the comparison and it is show that topology optimization and lattice structural optimization can be used in the design of vehicle elements.

Keywords – *Topology Optimization, Additive Manufacturing, Lattice Structure Optimization, Size Optimization, Finite Element Method.*

I. Introduction

Günümüzde firmalar, daha düşük maliyet ile daha kaliteli ürünleri kısa zamanda üretemedikçe üstünlük sağlayamazlar. Üretim boyunca bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve üretim (CAM) etkin bir şekil de kullanmalıdırlar. Bu konu da 3D yazıcı ya da diğer adıyla eklemeli üretim dijital ortamdan tasarımı alıp katman katman ekleyerek üretme işlemidir. Son 20 yıldır otomotiv, medikal, havacılık, endüstri, eğitim, mimari gibi birçok sektör de kullanılmaktadır. Özellikle mühendislik ve tıp alanın da birçok araştırmalar yapılmaktadır. Katmanlı üretim metodunun (3D yazıcılar) en önemli özelliklerinden biri verimli, detaylı ve karmaşık parçaları üretebilme yeteneğidir.(e.g.[1],[2])

Mühendislik tasarımların da hem düşük kütleli hem de yüksek mekanik özelliklere sahip parçalar üretmek, endüstride önemli bir yer almaktadır. Tasarımlarda optimizasyon için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan biri yapısal optimizasyondur. Yapısal optimizasyon topoloji, topografı, boyut ve şekil optimizasyonu olarak sınıflandırılmaktadır. Modele belirli yüklemeler ve sınır koşulları uygulanarak, model de ki malzeme dağılımı ya da belirlenen bölgelerdeki şekil, boyut gibi parametreler değiştirilerek, optimum tasarım elde edilmeye çalışılmaktadır. Yapısal optimizasyon üç adımda uygulanabilmektedir.[3]

1. Öncelikle var olan yöntemler kullanılarak en iyi başlangıç topolojisi oluşturulur.
2. Oluşturulan bu topoloji bilgisayar destekli yazılımlar kullanılarak tasarımlara dönüştürülür.
3. Daha sonra modele lattice (kafes) yapısı işlenir ve boyut optimizasyonu da uygulanarak lattice (kafes) sistem de bulunan kirişler için en iyi kalınlık belirlenir.[3]

II. Materials and Method

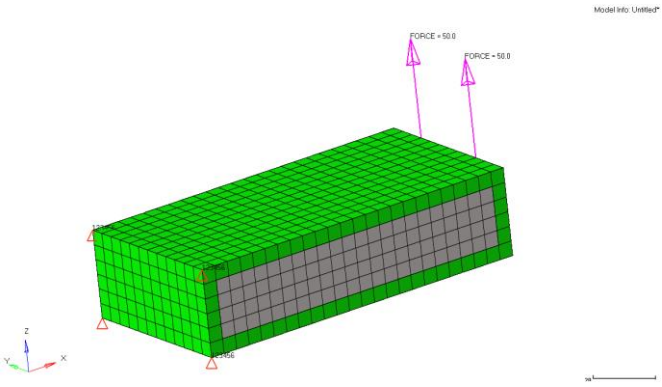
Hemen hemen her alan da ürün geliştirme sürecinin başlangıcı önemlidir. Çünkü ürün performansı ve maliyeti gibi faktörler başlangıçta dikkate alınarak üretim yapıldığında firma daha uygun üretilebilen ve daha iyi geometrik özelliklere sahip yani en iyi tasarıma ulaşabilmektedir.[4]

Yapıda bulunan kiriş ve deliklerin sayısı ve bağlantı noktaları yapının topolojisini belirtmektedir. Bu yapıdaki deliklerin sayısı değiştirilmeden, şeklinde değişiklikler yapılırsa yapının topolojisinde herhangi bir farklılık oluşmaz kısacası her iki modelde aynı topolojiye sahip olmaktadır denilmektedir.[5]

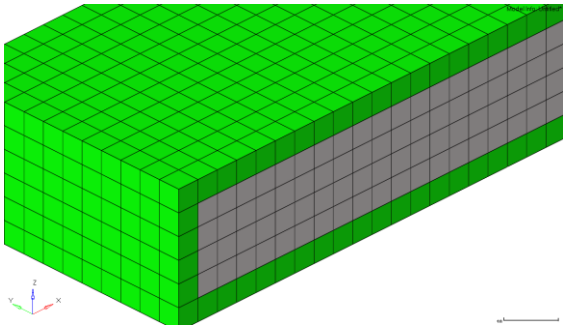
Topoloji optimizasyonu, uygulanabilecek bütün düzenlemeleri içeren ve tasarımcı tarafından belirtilen yükleme ve sınır koşulları dikkate alınarak en uygun özelliklere sahip modeli oluşturmayı amaçlamaktadır. [6]

Bu çalışma da sonlu eleman ve mekanik sistem dinamiğine dayanmakta olan yapısal optimizasyon yazılımı Hypermesh-OptiStruct ara yüzü kullanılmıştır. Mevcut tasarımın ağırlığının azaltılması ve dayanıklılığının artırılması amaçlanmıştır.

Şekil 1 ‘de gösterilen örnek kirişin, topoloji optimizasyonu uygulanmadan önce ki durumunun saptanması ve kütle çıkarılabilecek bölgelerinin belirlemesi doğrultusun da sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak statik analizi yapılmıştır. Sonlu elemanlara bölünmesinin ardından, sınır koşulları ve yükleme noktaları tanımlanmıştır.

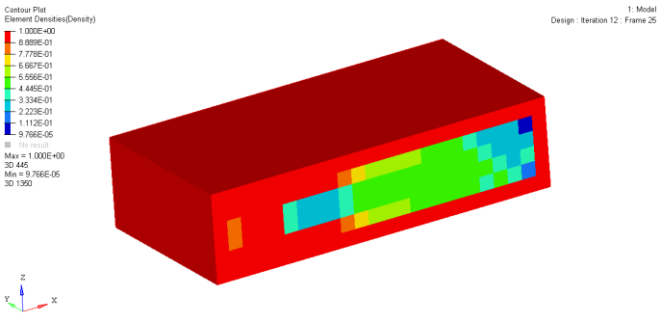


Şekil 1. Mevcut tasarıma ait 3 boyutlu model ve kısıtlamalar



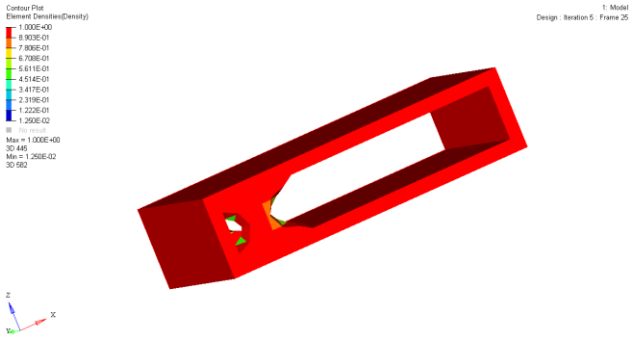
Şekil 2. Kullanılan mesh yapısı

Altair Optistruct modülü kullanılarak hazırlanan tasarımın statik analizi yapılmıştır. Daha sonra ulaşılan sonuçlar, görüntüleme modülü olan Altair Hyperview kullanılarak incelenmiş ve bölgelerdeki yoğunluk değerleri belirlenmiştir. Şekil 3’ de mevcut tasarımın yoğunluk dağılımı gösterilmiştir.



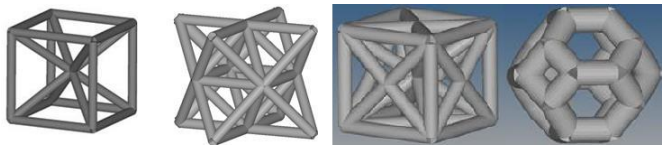
Şekil 3. Analiz sonucu

Statik analiz çalışmaları sonucunda elde edilen yoğunluk dağılımına göre kütle çıkarılan bölgeler Şekil 4'de gösterilmiştir.



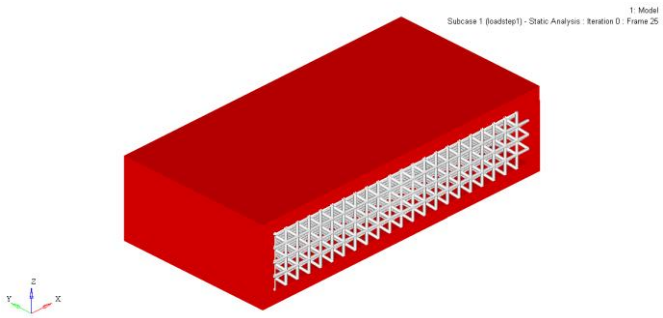
Şekil 4. Topoloji optimizasyon sonucu model

Topoloji optimizasyon sonucu elde edilen model üzerinde, 4 farklı lattice (kafes) yapısı kullanılarak optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon yöntemi olarak size (Boyut) optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. Size (boyut) optimizasyonu en iyi malzeme kalınlığını bulmaya çalışır. Boyut optimizasyonun da oluşturulan lattice yapısında bulunan kiriş (beam) kesit özellikleri ve kalınlıkları optimum değere getirilmeye çalışılmıştır.

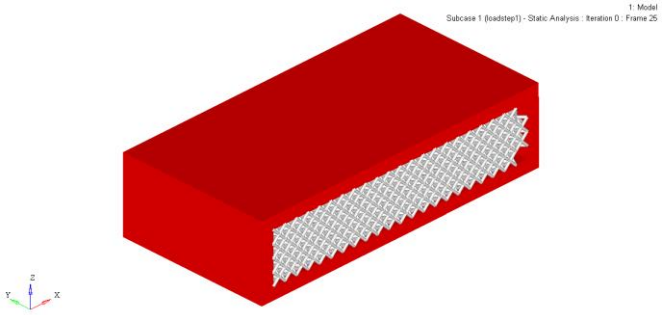


LT=1 LT=2 LT=3 LT=4

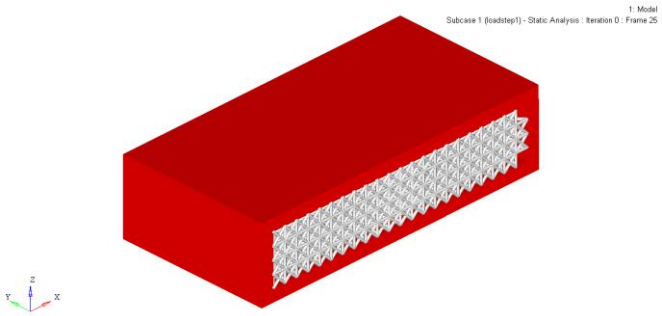
Şekil 5. Seçilen 4 farklı kafes yapısı



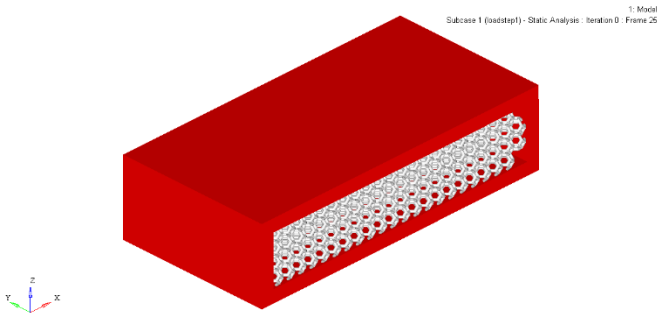
Şekil 6.a Lattice (Kafes) Tip 1



Şekil 6.b Lattice (Kafes) Tip 2



Şekil 6.c Lattice (Kafes) Tip 3



Şekil 6.d Lattice (Kafes) Tip 4

Şekil 6. .Lattice optimizasyon uygulanmış model

III. RESULTS

Tablo 1. Optimizasyon öncesi ve sonrası analiz sonuçları

	Kütle (Kg)	**Değişim (%)**	**Yer Değiştirme (mm)**	**Gerilme(VonMises) (MPa)**
Başlangıç	1.6	-----	0.014	12.6
Lattice tip 1	1.064	-33.5	0.045	12.09
Lattice tip 2	1.178	-26.3	0.038	12.14
Lattice tip 3	1.055	-34.06	0.038	12.21
LAttice tip 4	1.114	-30.37	0.054	12.15

Kiriş modelinin optimizasyon öncesi ve sonrası elde edilen sonuçları Tablo l' de gösterilmiştir. Sonuç olarak modelinin başlangıç değerlerine göre kütlesi, lattice (kafes) yapı ile azalmıştır ve maksimum gerilme değeri belli bir miktarda artmıştır. Artan gerilme değeri akma gerilmesinin altındadır. Bu sebeple ihmal edilebilir.

IV. DISCUSSION

Bu çalışmada belirli bir yükleme ve kısıtlamalara göre en az ağırlığa sahip kafes yapısının oluşturulması anlatılmıştır. Kafes yapıları içeren modellerin statik ve dinamik davranışlarına ait bulgular sonlu eleman yöntemi kullanılan Hypermesh-Optistruct ara yüzü ile elde edilmiştir. Farklı kafes tiplerinin ve geometri parametrelerinin, yapılar üzerinde mekanik özelliklerin de ve ağırlığın da etki gösterdiği saptanmıştır.

V. CONCLUSION

Örnek olarak yapılan kiriş uygulaması, kullanılan malzemenin, üretim süresinin ve maliyetinin azaltılması için yapılan yöntemin işlem aşamalarını ve sonuçlarını göstermeye yöneliktir. Kullanılan boyutlar ve değerler gerçek değerler değildir. Bu nedenle, daha sonraki çalışmalar da var olan modeller üzerin de çalışmalar yapılacaktır ve belirlenen kriterler doğrultusunda malzeme boşaltma işlemi yapılacak, elde edilen modelin piyasada var olan ürün ile aynı doğrultu da işlev göstereceği düşünülmektedir.

REFERENCES

[1] Çelik, İsmet, et al. "HIZLI PROTOTİPLEME TEKNOLOJİLERİ VE UYGULAMA ALANLARI." *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 031 (2013): 53-70.

[2] http://www.acikbilim.com/2014/09/dosyalar/daha-hafif-daha-cevreci-arabalar-cagi-2.html.

[3] Işık, Efe. *Topoloji optimizasyonu: Çatallı flanş uygulaması*. Diss. DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

[4] Yıldız, A. R., N. Kaya, and F. Öztürk. "Taşıt elemanlarının optimum topoloji yaklaşımı ile tasarımı." *Mühendis ve Makina*44.516 (2003).

[5] http://blog.s-t.com.tr

[6] http://analizsimulasyon.com/2015/01/06/yapisal-optimizasyon

[7] Wong, Kaufui V., and Aldo Hernandez. "A review of additive manufacturing." *ISRN Mechanical Engineering* 2012 (2012).

[8] Li, Qiang, Ibrahim Kucukkoc, and David Z. Zhang. "Production planning in additive manufacturing and 3D printing." *Computers & Operations Research* 83 (2017): 157-172.

[9] Thompson, Mary Kathryn, et al. "Design for Additive Manufacturing: Trends, opportunities, considerations, and constraints." *CIRP annals* 65.2 (2016): 737-760.

[10] Guo, Nannan, and Ming C. Leu. "Additive manufacturing: technology, applications and research needs." *Frontiers of Mechanical Engineering* 8.3 (2013): 215-243.

[11] Hyperworks 14.0 Optistruct Tutorials and Examples