



Yükleyici İş Makinelerinde Z-Bar Tasarımı ve Yapısal Analizi

Mehmet Can Katmer^{1*}, Sami Gökberk Biçer²

¹ HİDROMEK A.Ş., Ankara, Türkiye, Orcid ID: 0000-0002-4610-8178, mehmet.katmer@hidromek.com.tr

² HİDROMEK A.Ş., Ankara, Türkiye, Orcid ID: 0000-0002-1835-9674, gokberk.bicer@hidromek.com.tr

* Sorumlu Yazar: mehmet.katmer@hidromek.com.tr; Tel.: +90 312 267 1260 / 1973

(First received October 07, 2022 and in final form December 12, 2022)

2nd International Conference on Design, Research and Development
December 14 - 17, 2022

Reference: Katmer, M. C., Biçer, G. Yükleyici İş Makinelerinde Z-Bar Tasarımı ve Yapısal Analizi. Orclever Proceedings of Research and Development,1(1), 120-129.

Özet

Bu çalışmada HİDROMEK lastik tekerlekli yükleyici makine için bir Z-Bar tasarımı yapılmıştır. Yapılan tasarımda HİDROMEK iş makinesinin çalışma koşullarında maruz kaldığı kuvvet ve momentler değerlendirilerek Z-Bar için en uzun çalışma ömrü hedeflenmiştir. Creo Parametric paket programı kullanılarak hazırlanan alternatif tasarımların sonlu elemanlar yöntemi ile analizi MSC Marc paket programı ile gerçekleştirilmiştir. Z-Bar parçasının en fazla zorlandığı senaryoda sınır şartları tanımlanmış ve oluşan tepki kuvvetleri parçaya uygulanmıştır. Daha sonra alternatif yapılara ait analiz çözümleri değerlendirilmiş ve nihai ürün için tasarım iyileştirmeleri yapılmıştır. Çalışmaların sonucunda; lastik tekerlekli yükleyici makineler için en kritik parçalardan biri olan Z-Bar parçasının üretimi tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Lastik tekerlekli yükleyici, z-bar, yapısal analiz

Z-Bar Design and Structural Analysis in Loader Construction Equipment

Abstract

In this study, a Z-Bar design was made for the HİDROMEK wheel loader machine. In the design, the forces and moments that the HİDROMEK construction machine is exposed to under working conditions were evaluated and the longest working life was aimed for the Z-Bar. Alternative designs were prepared using the Creo Parametric package program and analyzed using the MSC Marc package program with the finite element method. In the scenario where the Z-Bar part is most stressed, boundary conditions are defined and the resulting reaction forces are applied to the part. Afterwards, analysis solutions of alternative structures were evaluated and design improvements were made for the final product. As a result of the studies; The production of the Z-Bar part, which is one of the most critical parts for wheel loader machines, has been completed.

Keywords: Wheel Loader, Z-Bar, Structural Analysis

1. Giriş

Önden yükleyici veya kepçeli yükleyici olarak da bilinen tekerlekli yükleyici, günümüzde endüstriyel uygulamalar ve inşaatla en yaygın kullanılan makinelerden biridir. Çok yönlülüğü ve düşük maliyetle birden fazla görevi gerçekleştirmeye yönelik taşıma kapasitesi ile dikkat çekmektedir. Tekerlekli Yükleyici, esas olarak malzeme taşıma (material handling), kazma (digging), yükle ve taşı (load-and-carry), yol yapımı (road construction) ve saha hazırlığı (site preparation) için kullanılan kendinden tahrikli ağır ekipmandır (Babu, Rajenthriakuma, Gomathinayagam & Krishnan, 2016, ss. 299-302). Tekerlekli yükleyicinin ana yapısal bileşenleri Şekil 1'de gösterilmektedir. Bu bileşenler; kova, z-bar mekanizması, ön şase, arka şase ve kabin'den oluşmaktadır.

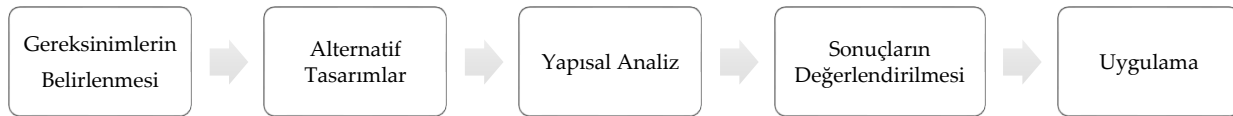


Şekil 1 Lastik Tekerlekli Yükleyici

Yükleyici makinelerde devamlı yük altında çalışan en kritik parçalar arasında Z-Bar linki de bulunmaktadır. Bu parça, makine yükü girdiğinde koparma kuvvetinin oluşturduğu tepki kuvveti ile zorlanmaktadır. Dolayısıyla parçanın yapısal tasarımı mukavemet açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada Z-Bar tasarımı için gereksinimler belirlenmiş, yapı analiz edilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. Metot ve Yöntemler

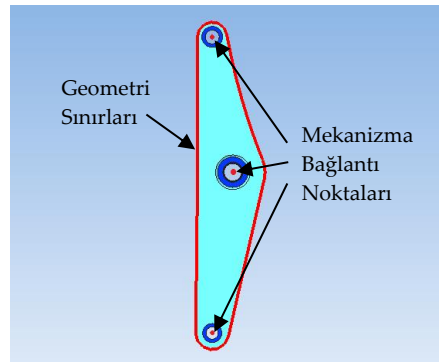
Bu bölümde Z-Bar ürününü geliştirmek için kullanılan metot ve yöntemler detaylı olarak paylaşılacaktır. HİDROMEK lastik tekerlekli yükleyici için tasarlanacak Z-Bar için öncelikle gereksinimler belirlenmiştir. Daha sonra ihtiyaca uygun olarak alternatif tasarımlar hazırlanmış ve yapısal analizleri yapılmıştır. Akabinde analiz sonuçları detaylıca incelenmiştir. Tüm çalışmaların sonucunda mukavemet başta olmak üzere üretim, maliyet vs. kriterleri sağlayan en uygun tasarımın üretimi yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2 Z-Bar linki tasarım aşamaları

2.1. Tasarım Gereksinimlerinin Belirlenmesi

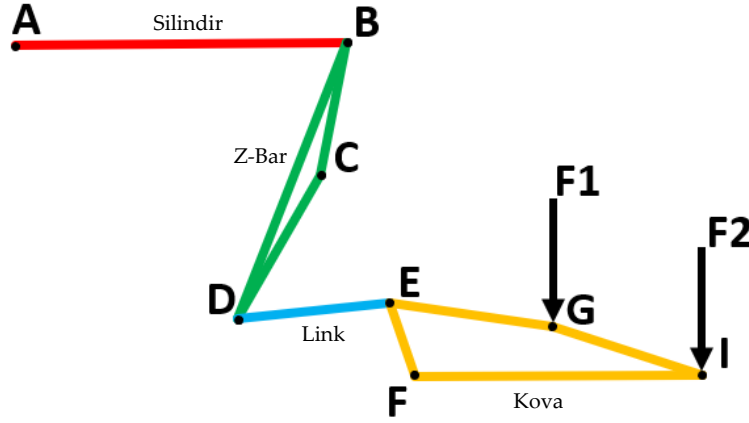
Söz konusu çalışma hali hazırda üretimi devam eden HİDROMEK lastik tekerlekli yükleyici için yapılmıştır. Bu sebeple mekanizma noktaları sabittir. Yapılan çalışmada, Z-Bar yan kesit alanının sınırlarına çıkılmamış ve iç kesit geometrisi değişken olarak kabul edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3 Z-Bar geometrisi sınırları ve bağlantı noktaları

Bahsedilen geometrik sınırlar dahilinde, ISO 14397-2 standardı ile hesaplanan koparma kuvvetine dayanlı bir tasarım hedeflenmiştir. Koparma kuvvetinin hesaplanması için

kullanılan kinematik model Şekil 4’de gösterilmiştir. Burada F1 kova ağırlığını, F2 ise koparma kuvvetine eşit tepki kuvvetini ifade etmektedir. Diğer elemanların ağırlıkları ihmal edilmiştir.



Şekil 4 Lastikli yükleyici kinematik modeli

250 Bar çalışma basıncına göre F_{silindir} kuvveti hesaplanmış, daha sonra sırasıyla Z-Bar, Link ve Kovadaki kuvvetler belirlenerek en sonunda F_{koparma} kuvveti hesaplanmıştır.

$$F_{\text{silindir}} = D_{\text{silindir}} * P \quad (1)$$

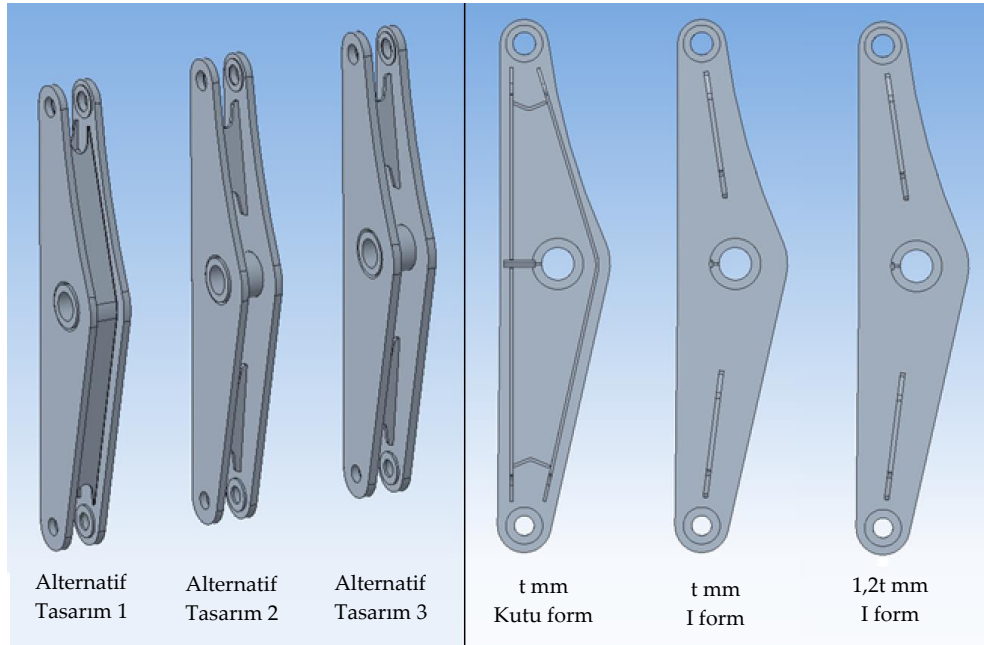
$$F_{\text{silindir}} * BC = F_{\text{link}} * CD \quad (2)$$

$$(F_{\text{link}} * EF) - (F1 * FG) = F_{\text{koparma}} * FI \quad (3)$$

$$F_{\text{koparma}} = F2 = 19975 \text{ kgf} \quad (4)$$

2.2. Alternatif Tasarımlar

Z-Bar tasarımı için iş makinesi sektöründe tercih edilen Kutu ve I profil kesitine sahip yapılar değerlendirilmiştir. Kutu forma sahip “Alternatif Tasarım 1 (AT-1)” modeli tamamen kapalı bir tasarım olup, yan duvar kalınlıkları t mm olarak tercih edilmiştir. I forma sahip “Alternatif Tasarım 2 (AT-2)” modeli açık tip olarak modellenmiş olup, yan duvar kalınlıkları t mm olarak tercih edilmiştir. Son olarak “Alternatif Tasarım 3 (AT-3)” modeli ise yine I forma sahip ancak yan duvar kalınlıkları $1,2t$ mm olarak tercih edilmiştir. Tüm tasarımlar Creo Parametric paket programında modellenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5 Alternatif tasarımlara ait görünümüler

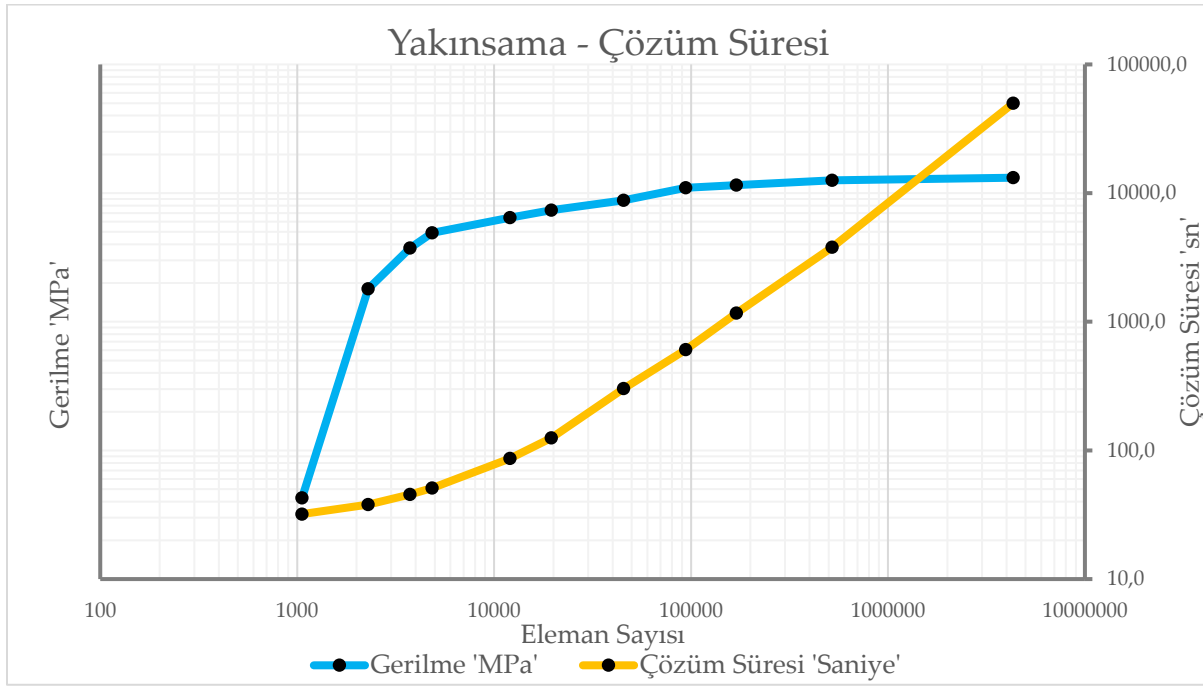
Tüm tasarım alternatiflerinde ham malzeme olarak -iş makinelerinde yaygın olarak kullanılan- S355J2C+N çeliği seçilmiştir. Z-Bar parçaları gaz altı kaynak yöntemiyle birleştirilmiş ve bu çalışmalarda SG2 kaynak teli kullanılmıştır. S355J2C+N çeliği ve SG2 kaynak teline ait mekanik özellikler Tablo 1’de paylaşılmıştır.

Tablo 1 S355J2C+N (ERDEMİR, 2020, s. 59) ve SG2 mekanik özellikleri (ASKAYNAK, 2022)

	Akma Dayanımı	Çekme Dayanımı	Uzama
S355J2C+N	345 N/mm ²	470-630 N/mm ²	-
SG2	440 N/mm ²	540 N/mm ²	30 %

2.3. Yapısal Analiz

Tasarımları tamamlanan katı modellerin ağ yapısı MSC Apex programında oluşturulmuştur. Ağ yapısı olarak HEX8 eleman tipi tercih edilmiştir. Gerçeğe yakın ve tutarlı analiz sonuçları elde etme amacıyla en uygun eleman boyutu için çalışma yapılmıştır. ISO14397-2 standardına göre hesaplanmış olan 19975 kgf koparma kuvveti uygulanan analiz, farklı eleman boyutları için çözdürülmüştür. Analizler MSC Marc programında gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları; çözüm süresi, elde edilen gerilmelerin yakınsaması ve kullanılan eleman sayısı göz önünde bulundurularak kıyaslanmıştır (Şekil 6). Bu değerlendirmelere göre en uygun ağ boyutu belirlenmiştir.

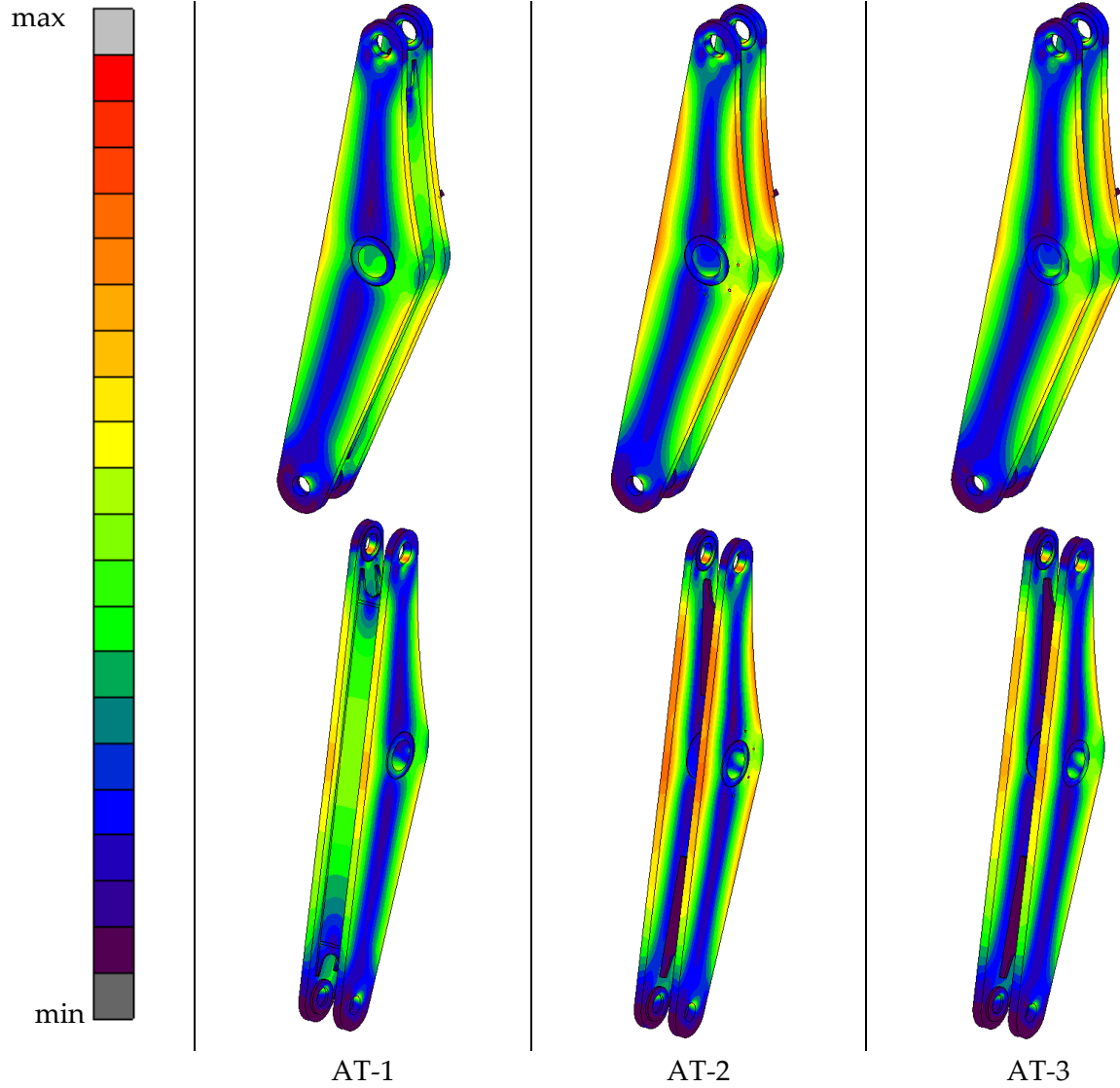


Şekil 6 Yapısal analiz mesh yakınsama grafiği

Hazırlanan modelde mekanizmanın serbestlik derecelerine uygun bağlantı tanımlamaları yapılmıştır. Bu bağlamda yapının pim merkezlerinin dönme eksenini serbest bırakılmıştır ve kuvvet silindirden uygulanarak link sabitlenmiştir.

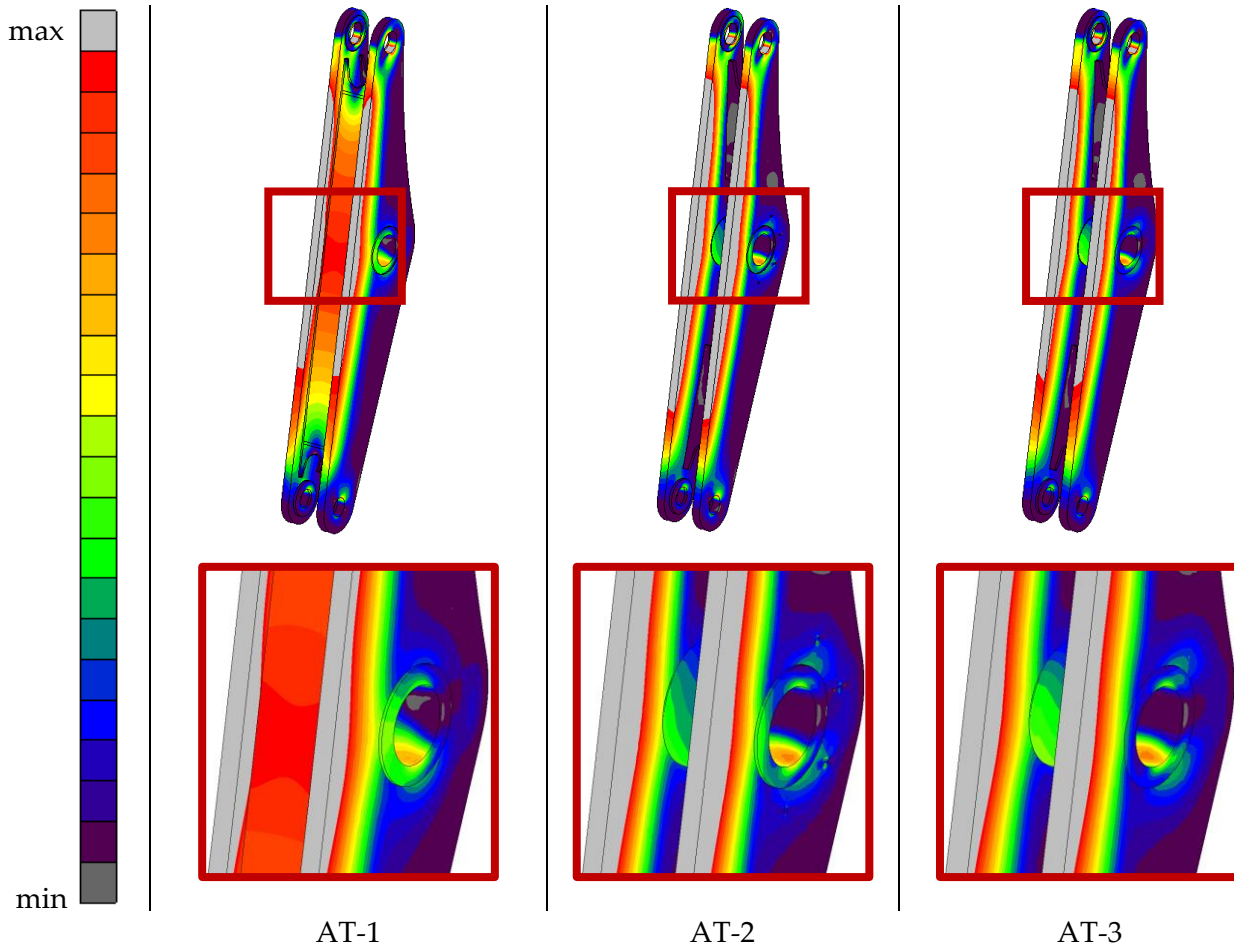
3. Bulgular ve Sonuçlar

Gerçekleştirilen analiz sonuçları öncelikle Von Mises gerilme teoremi ile incelenmiştir. Tüm yapıların pim bağlantı bölgelerinde yüksek gerilmeler gözlemlenmemiştir. Fakat tasarımların kesit ataletlerine de bağlı olarak tarafsız eksene en uzak olan kenar bölgelerde daha yüksek Von Mises gerilmeleri okunmuştur. Elde edilen gerilme sonuçlarına ait görseller Şekil 7'de paylaşılmıştır.



Şekil 7 Alternatif tasarımlara ait Von Mises gerilmeleri

Sonrasında kaynak bölgelerinin değerlendirilmesinde tercih edilen Maksimum Principle gerilme sonuçları incelenmiştir. Silindirin itme yönünde kuvvet uygulaması sebebiyle yapının şasi tarafında çekme gerilmeleri okunurken kova tarafında basma gerilmeleri okunmuştur. Elde edilen gerilme sonuçlarına ait görseller Şekil 8’de paylaşılmıştır.



Şekil 8 Alternatif tasarımlara ait Maksimum Principal gerilmeleri

4. Tartışma ve Sonuç

Söz konusu çalışma kapsamında HİDROMEK lastik tekerlekli yükleyici için bir Z-Bar linki tasarımı, analizi ve üretimi yapılmıştır. Tüm çalışmalar değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Z-Bar üretiminde kullanılan ham maddenin mekanik yüklemeler altında sünek davranış göstermesi sebebiyle ana yapı Von Mises gerilme teoremi ile değerlendirilmiştir. Yapısal analiz sonuçlarına göre ham malzeme üzerindeki en düşük Von Mises gerilmesi “Alternatif Tasarım-1” modelinde elde edilmiştir. Bunun nedeni tasarımın kutu forma sahip olması yani kesit ataletinin diğer alternatiflere kıyasla daha yüksek olmasıdır.
- Z-Bar üretiminde kaynak işlemi sırasında oluşan termal etkiler sebebi ile kaynak ve ısıl etkiye maruz kalmış ham malzeme bölgesi gevrek davranış sergilemektedir. Bu sebeple ısıl etkiye maruz kalmış bölge Maximum Principal gerilme teoremi ile

değerlendirilmiştir. Yapısal analiz sonuçlarına göre kaynak bölgesinde en düşük Maximum Principal gerilmesi "Alternatif Tasarım-3" modelinde elde edilmiştir. Bunun sebebi ise açık form tasarımında kaynak bölgesinin tarafsız eksene yakın olmasıdır.

- İdeal Z-Bar üretimi için hem gerilme hem de maliyet ve hafiflik göz önünde bulundurulmuştur. Bu kapsamda; "AT-1" modelinde elde edilen asal gerilmelerin yüksek olması sebebi ile tercih edilmemiştir. "AT-2" ve "AT-3" modellerinde ise gerilme açısından herhangi bir risk görülmemiştir. Bu sebeple maliyet ve hafiflik konuları ön plana çıkmıştır. Değerlendirmeler sonucunda "AT-2" modelinde yaklaşık %15'lik kütle avantajı bu modeli tercih edilir kılmıştır.

Prototip üretimleri gerçekleştirilen "AT-2" Z-Bar modeli Şekil 9'da paylaşılmıştır.



Şekil 9 Üretilen Z-Bar modeli

5. Teşekkür

Tasarım, analiz, test ve üretim olmak üzere tüm aşamalardaki desteklerinden dolayı HİDROMEK firmasına ve çalışma arkadaşlarımıza teşekkür ederiz.

Referanslar

- [1] Babu, S., Rajenthriakuma, D., Gomathinayagam A. & Krishnan, N. (2016). Cost Reduction of Arm Cross Bar of Wheel Loader through Value Engineering. *International Journal of Engineering Research*, 5(4), 299-302. doi: 10.17950/ijer/v5s4/418.
- [2] İnternet: ERDEMİR (2020). *Yassı Ürün Kataloğu 2020*, 59. Web: https://www.erdemir.com.tr/Sites/1/upload/files/Yassi_Urun_Katalogu_2020_TR-4649.pdf, Son Erişim Tarihi: 16.11.2022.



- [3] İnternet: ASKAYNAK (2022). *AS MIG SG2 Performance*. Web: [https://www.askaynak.com.tr/urunler/kaynak-elektrodlari-telleri-ve-tozlari/gazalti-\(mig-mag\)-kaynak-telleri/as-mig-sg2-performance.pdf](https://www.askaynak.com.tr/urunler/kaynak-elektrodlari-telleri-ve-tozlari/gazalti-(mig-mag)-kaynak-telleri/as-mig-sg2-performance.pdf), Son Erişim Tarihi: 14.06.2022.