

VİRAJ DENGİ ÇUBUĞU ÜRETİM AŞAMALARINDA KAFA EZME PROSESİNDE BURKULMA PROBLEMİ ÇÖZÜMÜ İÇİN APARAT TASARIMI VE ÜRETİMİ

Anıl ŞEKER

anilseker@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7460-0151>

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya, Kütahya, Türkiye

Furkan DEĞİRMENCİOĞLU

furkandegirmencioglu45@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-4835-1842>

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Bursa, Türkiye

ÖZET: Otomotiv endüstrisi, dünya çapında ve ülkemizde sürekli olarak gelişme göstermekte ve bu gelişimle birlikte kalite beklentileri de artmaktadır. Artan kalite beklentileriyle beraber, kalite problemlerine çözüm yolları aranmaktadır. Bu bağlamda bulunan çözüm yollarından biri ise üretim süreçlerini iyileştirmektir. Geliştirilen üretim süreçleri, ürünlerin daha hassas bir şekilde işlenmesini mümkün kılarak daha dar tolerans aralıklarında üretim yapılmasına olanak tanımaktadır. Hassas bir üretim gerektiren ve sıkça otomobillerde kullanılan ürünlerden biri de stabilizatör, anti roll bar ve denge mili olarak da adlandırılan viraj denge çubuğudur. Aynı zamanda denge mili veya yanıl kontrol çubuğu olarak da adlandırılan viraj denge çubuğu, araç süspansiyon sisteminin kritik bir parçasıdır. Viraj denge çubuğu,, havalı süspansiyon körükleriyle koordineli bir şekilde çalışarak aracın virajlarda, dönme esnasında oluşan merkezkaç kuvveti nedeniyle yana yatmasını ve savrulmasını önler. Bu sayede aracın yol tutuş kabiliyetini artırarak sürüş güvenliğini iyileştirir. Bu çalışmada kafa ezme prosesinde viraj denge çubuğunda bulunan iki uç kafanın simetrik olmamasına sebep olan burkulma problemine modüler aparat tasarımı ve imalatı yapılarak çözüm aranmıştır.

ANAHTAR KELİMELEER: Viraj Denge Çubuğu, Denge Mili, Aparat Tasarımı, Sıcak Şekillendirme

DESIGN AND PRODUCTION OF APPARATUS FOR THE SOLUTION OF BUCKLING PROBLEM IN THE HEAD CRUSHING PROCESS IN THE ANTI-ROLL BAR PRODUCTION STAGES

ABSTRACT: The automotive industry is constantly developing around the world and in our country, and with this development, quality expectations are also increasing. With the increasing quality expectations, solutions to quality problems are sought. One of the solutions in this context is to improve production processes. The developed production processes make it possible to process the products more precisely, allowing production to be carried out within narrower tolerance ranges. One of the products that requires precise production and is frequently used in automobiles is the anti-roll bar, also called stabilizer, anti-roll bar and balance shaft. The anti-roll bar, also called the stabilizer shaft or lateral control bar, is a critical part of the vehicle suspension system. The anti-roll bar works in coordination with the air suspension bellows to prevent the vehicle from tilting and skidding due to centrifugal force during cornering. In this way, it improves driving safety by increasing the handling ability of the vehicle. In this study, a solution was sought by designing and manufacturing modular apparatus for the buckling problem, which causes the two end heads in the anti-roll bar to be unsymmetrical in the head crushing process.

KEYWORDS: Anti-Roll Bar, Balance Shaft, Apparatus Design, Hot Forming

Date of Submission: 13.11.2023
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10446674>

Date of acceptance: 19.12.2023

1. GİRİŞ

Genellikle yük taşımak için kullanılan ağır vasıta ticari araçların günümüzde kullanımı oldukça yaygındır. Ağır vasıta araçların güvenli bir şekilde gideceği yere ulaşması önem arz etmektedir. Bu yüzden araçların yol tutuş kabiliyetini iyileştirmek gereklidir. Yol tutuş kabiliyetini iyileştirmenin yollarından biri de süspansiyon sistemini geliştirmektir. Süspansiyon sistemi elemanlarından biri de viraj denge çubuğudur (Madhukumar v.d., 2023). Viraj denge çubuğu, dünya çapında “stabiliser bar” ve “anti-sway bar” ismiyle de geçmektedir (Mastura v.d., 2017). Viraj denge çubuğu, sağ ve sol süspansiyon elemanlarını birbirine bağlayan bir mil veya borudur (Bharane v.d., 2014). Ağır vasıta

araçların çoğunda, yuvarlanma stabilitesini artırmak için tüm akslarda viraj denge çubukları bulunmaktadır. Viraj denge çubuğu genellikle çelik malzemeden yapılır ve şasi gövdesi ile sağ ve sol tekerleklerle bağlanan bir yay görevi görmektedir (Vu v.d., 2016).

Viraj denge çubuğunun ana işlevi süspansiyon sisteminin rijitliğini artırarak virajlarda aracın devrilmeye olan eğilimini azaltmaktır. Ayrıca bir diğer işlevi, yoldaki bozukluklar sebebiyle araçta olan yalpalanmayı engellemektir. Viraj denge çubuğunun bir diğer faydası da kamber açısı değişimini sınırlayarak çekişi iyileştirmesidir (Bharane v.d., 2014). Viraj denge çubuklarından bazıları şiddetli gövde yuvarlanmalarında süspansiyona uygulanan toplam dikey yükün %30-40'ını alacak şekilde üretilebilmektedir (Bayrakçeken v.d., 2006). Viraj denge çubuğu, bu avantajlar sayesinde ağır vasıta araçların yol tutuşunun iyileştirilmesinde rol oynamaktadır.

Viraj denge çubuğunun avantajlarının yanında bazı dezavantajları da vardır. Örneğin araç tümsekler üzerinde hareket ederken viraj denge çubuğunun diğer tekerleği kaldırma eğiliminde olmasıdır. Bu durum araçta dengesizliğe neden olur. Ayrıca, bu kuvvet iticidir ve viraj denge çubuğu üzerinde büyük bir torka neden olan büyük bir büyüklüğe sahiptir. Bu nedenle, viraj denge çubuğunun çarpma sırasında darbeyi sürdürebilecek kadar burulma sertliğine sahip olması gerekir (Yadav, 2020). Bu yüzden tasarım ve imalat aşamasında bu özelliklerin viraj denge çubuğuna kazandırılması gerekmektedir.

Viraj denge çubuğunun kompleks olmayan bir işleve sahip olmasına rağmen araç ağırlık aktarımı yuvarlanma direnci, araç ve süspansiyon geometrileri gibi faktörlerden etkilenmektedir. Bu sebeple viraj denge çubuğu tasarım aşamasında homojen araç ağırlık dağılımı, kol kısımlarında esneme olmadığı ve viraj alma koşullarının sabit durumda olduğu koşullar varsayılmaktadır (Wheatley ve Zaeimi, 2022). Doğru tasarlanmış bir aktif süspansiyon sistemi ile işlevini iyi bir şekilde yerine getiren viraj denge çubuğu üretilebilir. Araç süspansiyonunun tasarımında sürüş konforu ve kontrol edilebilirlik kriterleri aynı anda sağlanamaz. Genel olarak tasarımcı iki parametre arasında göreceli bir ödünleşimle sonuçlanacaktır. Çözümlerden biri, sistemin özelliklerini yol ve sürüş koşullarına göre değiştirmek için süspansiyon sisteminde aktif elemanların kullanılmasıdır. Ciddi sürüş koşullarından biri, bir arabanın keskin bir dönüşü veya viraja yüksek hızla gelmesidir. Sınırlayıcı koşulların aşılması, aracın devrilmesine neden olabilir ve hasara ve yaralanmalara neden olabilir (Kurhe ve Daspute, 2018).

Patrak ve arkadaşları, yaptıkları çalışmada viraj denge çubuğu tasarım aşamasını belli kısıtları ele alarak tamamlamışlardır. Sonrasında belirli kısıtlar altında çalışacak viraj denge çubuğunun malzemesini belirlemek amacıyla viraj denge çubuğuna etki edecek burulma kuvvetleri içeren simülasyon çalışması yapmışlardır. Harshal ve arkadaşları, viraj denge çubuğunun sertliğine etki eden temel geometrik parametre değerlerini incelemişler ve viraj denge çubuğunun rijitliği, viraj denge çubuğunun daha az bölümünün bükülmeyesiyle elde edileceği ve viraj denge çubuğunun esnekliği açısından, burçların birbirinden uzak olması gerektiği sonucuna varmışlardır (Harshal v.d., 2014). Topaç ve arkadaşları, şehirlerarası yolcu otobüsü için tasarlanmış viraj denge çubuğunun büküm kısımlarındaki gerilim yoğunluğunu gidermek amacıyla viraj denge çubuğunda bulunan kritik bölgelerin şeklini optimize etmişler ve bu sayede gerilme yoğunlaşmasını azaltmışlardır (Topaç v.d., 2011).

Bu çalışma, viraj denge çubuğu üretim sürecinde karşılaşılan bir sorunu çözme amacı taşımaktadır. Söz konusu sorun, viraj denge çubuğu üretim aşamalarından biri olan kafa ezme prosesi ile ilgilidir. Bu proses sırasında, viraj denge çubuğunun kafa kısmı ısıtılarak presle şekil verilirken, çubuğun iyi bir şekilde sabitlenmediği durumlarda burkulma sorunu meydana gelmektedir. Bu sorunun sonucunda, denge çubuğunun araçlara sağladığı yol tutuş performansının azalması ve süspansiyon sistemine montajının yapılamaması gibi olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Burkulma problemini engellemek amacıyla, operatör etkisi azaltılarak ve iki uç kafanın simetrik olmasını sağlayarak, modüler bir aparatın tasarlanması hedeflenmektedir. Bu aparat, viraj denge çubuğu kafa ezme prosesinde daha güvenilir ve tekrarlanabilir sonuçlar elde etmeyi amaçlamaktadır. Bu sayede yol tutuş performansının düşmesi ve montaj sorunları gibi olumsuz etkilerin önlenmesi amaçlanmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Viraj denge çubuğunun burkulma problemini gidermek amacıyla, Solidworks CAD yazılımı kullanılarak modüler aparatın tasarımı başlatılmıştır. Bu tasarım aşamasında, aparatın her bir parçasının detaylı 2D ve 3D modellenmesi yapılmıştır. CAD tasarımı tamamlandıktan sonra, üretim süreçlerini

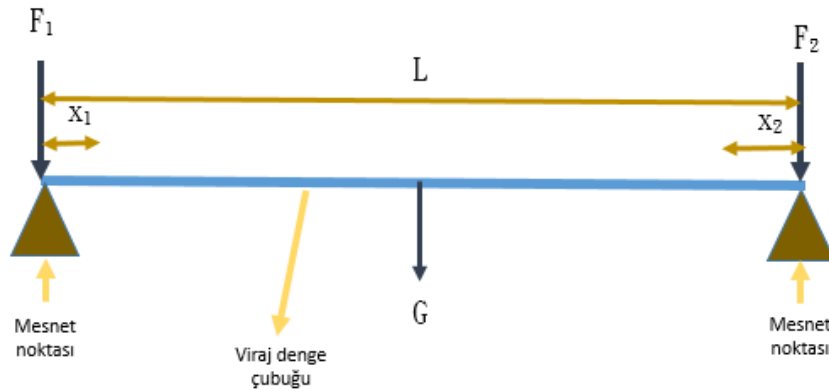
yönlendirebilmek için bu tasarımlar CAM yazılımına aktarılmıştır. Ayrıca, her parçanın teknik çizimleri oluşturulmuş ve standartlara uygunluğu sağlanmıştır. Parçaların üretimi için, CNC torna ve CNC freze tezgahları kullanılmıştır. Bu makineler, hassas işleme sağlamak amacıyla CAD/CAM verilerini kullanmıştır. Ham malzemeler bu tezgahlarda işlenerek parçalar elde edilmiştir. Üretilen parçalar, modüler aparatın son montajı için bir araya getirilmiştir. Bu aşamada, ayrıca standart malzemeler de kullanılmıştır. Modüler aparat, mevcut kafa ezme prosesine entegre edilmiştir. Bu sayede, viraj denge çubuğu kafa ezme prosesine tabi tutulabilmektedir. İşlem gören viraj denge çubuğunun kalitesi, kumpas, mihengir ve fiyestür gibi hassas ölçüm araçları kullanılarak kontrol edilmiştir. Son olarak, ürünün tasarımı, üç boyutlu lazer tarayıcı ile taranmış ve orijinal CAD tasarımı ile karşılaştırılmıştır.

2.1. Modüler Aparatın Tasarımı

Modüler aparatın viraj denge çubuğunun burkulma problemini engellemesine ilişkin tasarımı Solidworks ortamında yapılmıştır. Modüler aparatın tasarımına başlanmadan önce 250 ton pres yükü ve viraj denge çubuğunun mesnet noktalarının piston basma ve pres basma noktalarına olan uzaklıklarından yararlanılarak tutma kuvveti 2500 N olarak hesaplanmış ve bu tutma kuvvetine göre uygun pnömatik klempt seçilmiştir. Hesaplamalarda kullanılan viraj denge çubuğu serbest cisim denge diyagramı Şekil 1’ de verilmiştir. Seçilen pnömatik pistonun teknik özellikleri ise Tablo 1’ de verilmiştir. Kafa ezme prosesinde pnömatik klempt seçiminde emniyet katsayısı hesabı da yapılmıştır.

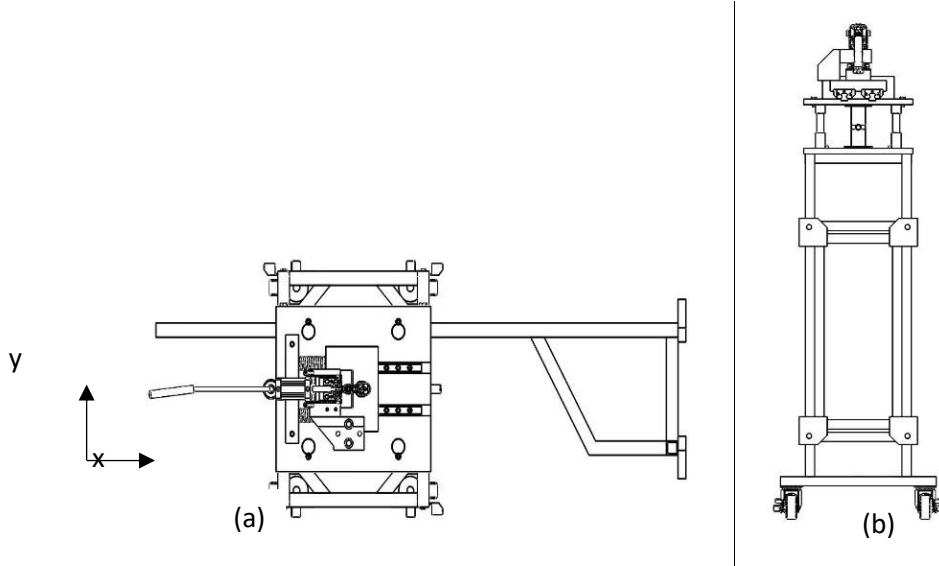
Tablo 1. Kullanılan pnömatik klempt teknik özellikleri

Baskı Kuvveti	Tutma Kuvveti	Çalışma Açısı
2000 N	2500 N	95°



Şekil 1. Viraj denge çubuğuna serbest cisim denge diyagramı

Sonrasında, şirket içerisinde üretilen viraj denge çubuklarının uzunluk ve çap ölçüleri referans alınarak, modüler aparatın boyutları belirlenmiştir. Tasarım aşaması, toplam tasarım kütleline uygun tekerlek seçimi ile tamamlanmıştır. Burkulma problemini önlemek amacıyla, pnömatik pistonun ucuna sabitlenmesine yardımcı olan bir parça eklenmiştir. Viraj denge çubuğunda, kafa ezme işlemi sırasında pres baskı kuvveti nedeniyle meydana gelen uzamaya, izin veren kayar yataklı ve yay tamponlu bir mekanizma kullanılmıştır. Modüler aparatın farklı viraj denge çubuklarına uyum sağlayabilmesi için uzunluk ve yükseklik ayarı yapılabilen bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’de, modüler aparat tasarımının farklı açılardan görüntüleri sunulmuştur.



Şekil 2. Modüler aparat tasarımının üstten (a) ve önden (b) görünümü

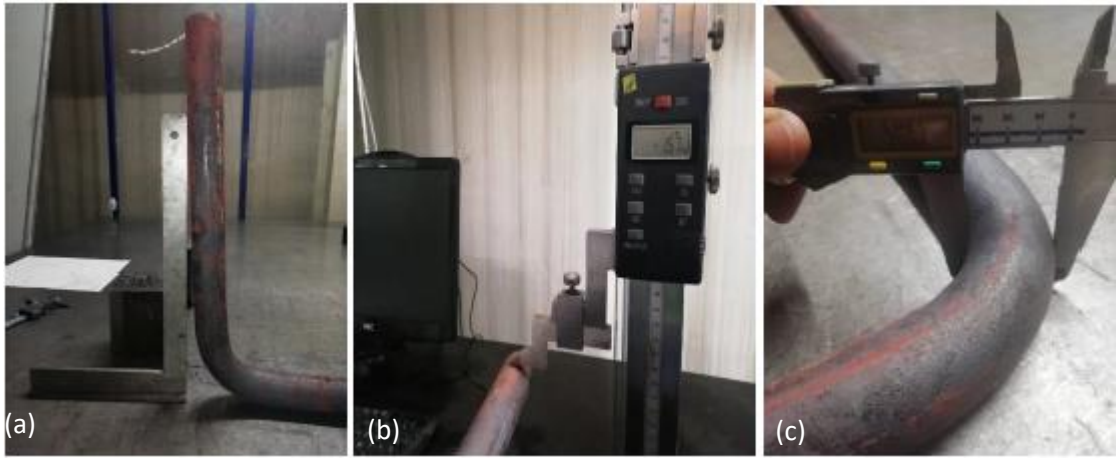
Şekil 2’de görülmekte olduğu üzere karkas yapı, sistemin ana taşıyıcı görevini üstlenmektedir. Karkas yapı belirli bölgelerinden atkı olarak isimlendirilen parçalarla desteklenerek rijitliği artırılmıştır. Alt ve üst plakalar sayesinde üst grup karkas yapıya montajlanmıştır. Alt ve üst plakaya bağlı kolonlar, modüler aparatta yükseklik ayarı yapılırken kılavuzlama görevi görmektedirler. Pnömatik silindir ve ucuna bağlanan parça, viraj denge çubuğu kafa ezme prosesi esnasında sabitleme görevini üstlenmektedir. Lineer kızaklar ve 43,8 N/mm rijitlik oranı ve 13.3 mm stroke mesafesine sahip çelik yaylar sayesinde viraj denge çubuğunun, lineer kızakların yataklandığı ekseninde ($-x$) yönünde yapacağı harekete tepki kuvveti oluşturulmuş ve tek ekseninde serbestlik verilmesiyle viraj denge çubuğunun uzamasına izin verilerek kafa ezme işleminin daha verimli gerçekleşmesi sağlanmıştır. Tekerlekler sayesinde modüler aparatın pres tezgahına olan uzaklığı rahat bir şekilde ayarlanabilmektedir. Tasarım aşamasından sonra imal edilecek ürünlerin teknik resimleri çizilip üretim ve montaj aşamasına geçilmiştir.

2.2. Modüler Aparat Parçalarının Üretimi ve Montajı

Tasarlanan modüler aparatta ham malzemeden işlenerek kullanılan ürünler; karkas yapı, plakalar, viraj denge çubuğunu sabitlemeye yardımcı parça ve kolonlardır. Plakalar St-37 malzemesinin lazer kesimiyle elde edilmiştir. Viraj denge çubuğunu sabitlemeye yardımcı parça ve proses sırasında viraj denge çubuğuyla sürekli temas halinde olan plaka ise AISI 4140 çeliğinden imal edilmiştir. Sonrasında bu parçalara, sıcak şekillendirme prosesi boyunca viraj denge çubuğuyla sürekli temas halinde olacağından, aşınmalarını için ısıtma işlemi uygulanmıştır. Plakaların lazer kesimi yapıp CNC freze tezgahında montaj delikleri açılmış ve sonrasında oksidasyon işlemine tabi tutularak korozyona karşı dirençli hale getirilmiştir. Dişi ve erkek kolonlar AISI 4140 malzemesinin CNC torna tezgahında işlenmesiyle imal edilmiştir. Kolonlar kendi içlerinde birbirleriyle temas halinde olacağından işlendikten sonra ısıtma işlemine tabi tutularak sertleştirilmiştir. Standart malzemeler temin edildikten sonra montaj aşamasına geçilmiştir. Montajı tamamlanan modüler aparatın viraj denge çubuğunun kafa ezme prosesinde saha denemeleri yapılmıştır.

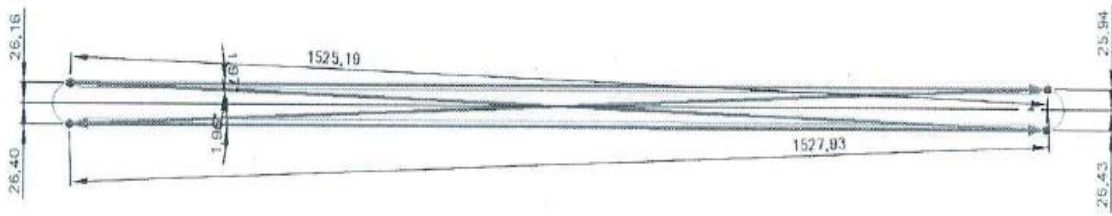
3. BULGULAR

Modüler aparatın montaj aşaması tamamlandıktan sonra, kafa ezme prosesine entegre edilerek deneme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Sahada yapılan bu çalışmaların sonuçları, kafa ezme prosesi tamamlanan viraj denge çubuğunun fiziksel ve bilgisayar tabanlı kontrolleri ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, modüler aparatın kafa ezme prosesi üzerindeki etkisi ve performansı analiz edilmiştir. Kontroller, viraj denge çubuğunun istenilen kalite ve spesifikasyonlara uygun olarak üretildiğini doğrulamak amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmaların sonuçlarına dayanarak, modüler aparatın kafa ezme prosesi entegrasyonunun, viraj denge çubuğu üretiminde olumlu bir etkiye sahip olup olmadığına dair kararlar verilmiştir. Şekil 3’te viraj denge çubuğunun fiziksel kontrolüne yer verilmiştir.



Şekil 3. Diklik kontrolü (a), mihengir ile ölçüm (b) ve kumpas ile ölçüm (c)

Modüler aparat ile kafa ezme prosesi tamamlanan viraj denge çubuğu 3B lazer tarayıcı ile taranmıştır. 3B tarama sonucundan alınan ölçüler Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 3B tarama verisinden alınan ölçüler

Şekil 4'teki viraj denge çubuğunun açı ve sehim değerlerinden görülmektedir. Tarama işlemi, ürünün geometrik doğruluğunu teyit etmek amacıyla gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler, modüler aparatın üretim prosesi üzerindeki olumlu etkilerini kanıtlamıştır.

4. TARTIŞMA

Çalışmada, otomotiv sanayisinde çoğunlukla ağır vasıta taşıtlarda kullanılan viraj denge çubuğunun kafa ezme prosesinde yaşanan burkulma probleminin nasıl önüne geçileceği araştırılmış ve bu problem için mevcut prosese modüler aparat entegre edilmesi uygun görülmüştür. Modüler aparat ile kafa ezme prosesi gerçekleşen viraj denge çubuğunun, sadece operatör etkisinde olan kafa ezme prosesine göre burkulma miktarı istenen tolerans seviyelerine çekilmiştir. Bu kapsamda, viraj denge çubuğunun kafa ezme prosesinde modüler aparat ile işlem görmesinin gerekliliği tartışılmıştır.

5. SONUÇ

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, modüler aparat ile tamamlanan kafa ezme prosesinde işlenen viraj denge çubuğunun, fiziksel ölçümler ve 3B tarayıcı işlemi sonucu elde edilen verilere dayanarak, viraj denge çubuğunun, kafa ezme prosesi sırasında modüler aparatın etkisiyle uygun tolerans aralıklarında işlem gördüğü sonucuna varılmıştır. Üretimi ve montajı yapılan modüler aparat sayesinde;

- Viraj denge çubuğunun kafa kısımlarının simetrik olması sağlanmıştır,
- Kafa ezme prosesinde meydana gelen burkulma sorununa çözüm bulunmuştur,
- Operatörden kaynaklı hata oranları azalmıştır,
- Hata oranlarının azalmasıyla birlikte ürün kalitesinde artış meydana gelmiştir,
- Kafa ezme prosesi daha verimli hale getirilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu proje Demircioğlu Group Ar-Ge Merkezi tarafından desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı Demircioğlu Group yönetimi ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1]. Bayrakçeken H., Taşgetiren S. ve Aslantaş K. (2006). Fracture of An Automobile Anti-Roll Bar. Engineering Failure Analysis 13 (2006) 732–738
- [2]. Bharane P., Tanpure K. ve Kerkal G. (2014). Optimization of Anti-Roll bar using Ansys Parametric Design Language (APDL). International Journal of Engineering Research and General Science Volume 2, Issue 5.
- [3]. Bharane P., Tanpure K., Patil A. ve Kerkal G. (2014). Design, Analysis and Optimization of Anti-Roll Bar. Int. Journal of Engineering Research and Applications, 9(4), 137-140.
- [4]. Harshal B., Rushikesh K. ve Baskar P. (2014). Finite Element Analysis of Anti-Roll Bar to Optimize the Stiffness of the Anti-Roll Bar and the Body Roll. International Journal Of Modern Engineering Research, Volume 4 , Issue 5 11-23.
- [5]. Kurhe N.M. ve Daspute D.H. (2018). Dynamic Analysis of Anti Roll Bar. Materials Today: Proceedings 5, 5(5), 12490-12498.
- [6]. Madhukumar K., Rajkumar M.T., Vishvakarma A. ve Pokale R. (2023). Design and Analysis of Anti-Roll Bar in Formula Vehicle. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology. Volume 11 Issue 5, 5135-5141.
- [7]. Mastura M.T., Sapuan S.M., Mansor M.R. ve Nuraini A. A. (2017). Conceptual Design of a Natural Fibre-Reinforced Composite Automotive Anti-Roll Bar Using a Hybrid Approach. Int J Adv Manuf Technol (2017) 91:2031–2048.
- [8]. Topaç M. M., Enginar H. E. ve Kuralay S.N. (2011). Reduction of Stress Concentration at The Corner Bends Of The Anti-Roll Bar By Using Parametric Optimisation. Mathematical and Computational Applications, Vol. 16, No. 1, pp. 148-158.
- [9]. Vu V. T., Senane O., Dugard L. ve Gaspar P. (2016). Active Anti-Roll Bar Control Using Electronic Servo Valve Hydraulic Damper On Single Unit Heavy Vehicle. 8th IFAC International Symposium on Advances in Automotive Control, 49(11), 418-425.
- [10]. Wheatley G. ve Zaeimi M. (2022). Anti-Roll Bar Design For A Formula Sae Vehicle Suspension. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2022, 116, 257-270.
- [11]. Yadav A. (2020). Design of High Strength Anti-Roll Bar Using Centrifugal Casting Process to Improve Mechanical Properties. International Research Journal of Engineering and Technology, 7(1).