



Konferans Bildirisi

Yatak Cidar Kalınlığının Eksenel Boşluk Üzerine Etkisi

Mucahit Çevik^{1*}, Mustafa Ata Afyon², Özer Akman³

¹ Teknorot Otomotiv Ürünleri San. Tic. A.Ş., <https://orcid.org/0009-0000-0876-6287>
mucahit.cevik@teknorot.com

² Teknorot Otomotiv Ürünleri San. Tic. A.Ş., <https://orcid.org/0009-0008-6440-8984>
mustafa.afyon@teknorot.com

³ Teknorot Otomotiv Ürünleri San. Tic. A.Ş., <https://orcid.org/0009-0004-0327-7475>
ozler.akman@teknorot.com

* Sorumlu Yazar: mucahit.cevik@teknorot.com; +905456134356

(First received September 11, 2023 and in final form December 19, 2023)

**3rd International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2023)
December 13 - 15, 2023**

Reference: Çevik, M., Afyon, M. A., Akman, Ö. Yatak Cidar Kalınlığının Eksenel Boşluk Üzerine Etkisi. Orclever Proceedings of Research and Development, 3(1), 331-342.

Özet

Taşıtlarda sürüş konforunun ve güvenliğinin sağlanması için ön düzen ve süspansiyon bileşenlerinin belirli bir uyum içinde çalışması gerekmektedir. Bileşenlerin kusursuz çalışabilmesi için bir çok farklı tipte küresel mafsalları kullanılmaktadır. Bu mafsallardan birtanesi de rotillerdir. Rotiller temel olarak üç ana parçadan oluşmaktadır. Bu üç ana parçadan biri yataklama görevi yapan POM (polioksümetilen) malzemeden imal edilmiş yatak parçasıdır. Yataklar bilyalı pim ve gövde arasındaki sürtünme katsayısını azaltarak parçaların daha sessiz çalışmalarını ve salınım hareketlerini daha kolay gerçekleştirmelerini sağlarlar. Yataklar boşluksuz olarak ve bazı durumlarda belirli sıklık oranında birleştirilerek ilgili sisteme montajları yapılır. Bu sıklık durumu fazla ya da az oluşu durumlarda ise yüksek moment değerlerine veya eksenel boşluklara sebebiyet vererek taşıt konforunu olumsuz etkiler. Eksenel boşluk yataklarda meydana gelen elastik ve plastik deformasyonlar sonucu bilyalı pim ile yatak arasındaki mesafe olarak tanımlanır. Eksenel boşluk oluşumu sıklık durumu fazla ya da az oluşu durumlarda gerçekleşeceği gibi yatak geometrilerinden kaynaklı ölçülerden de gerçekleşebilmektedir. Bu çalışmada 5000 N'luk tam değişken eksenel çeki-bası yükü altında yatak geometrisinde yer alan 3 farklı cidar kalınlıklarına sahip yatak kullanılmıştır. Yatak parçasının geometrik özellikleri değiştirilirken yatak iç cidarı sabit tutulup dış yüzeyden ölçü değişimi yapılmıştır. Gövde parçası için yatak ile gövdenin birleştiği alanı yatak dış cidarında meydana gelen değişim kadar offset yapılmıştır ve sıvama kapağı ile rotill geometrik özellikleri sabit tutulmuştur. Çalışmada sonlu elemanlar metodu kullanılmıştır. Yatağa 5000 N yük altında 11



tekrarlı çeki-bası yükü uygulanarak eksenel boşluk testi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde yatak cidar kalınlığındaki değişimin eksenel boşluğu etkilediği görülmüştür.

Anahtar: Bilyalı Pim, Yatak, Eksenel Boşluk, Cidar Kalınlığı

Conference Article

Effect of Bearing Wall Thickness on Axial Clearance

Abstract

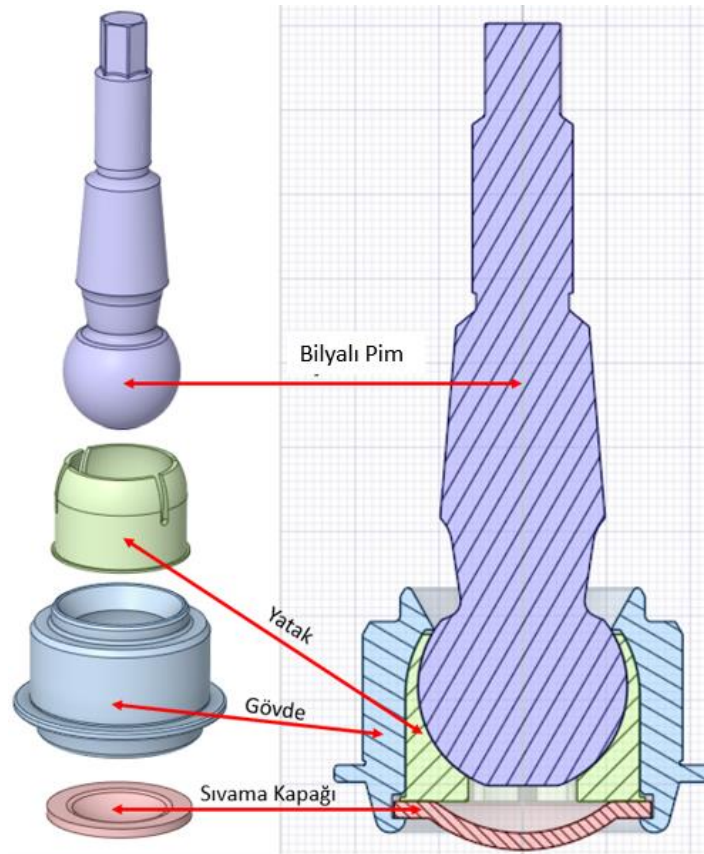
To ensure driving comfort and safety in vehicles, front alignment and suspension components must work in a certain harmony. Different types of ball joints are used to ensure excellent operation of the components. One of these joints is the ball joints. Ball joints basically consist of three main parts. One of these three main parts is the bearing made of POM material. Bearings reduce the friction coefficient between the ball-pin and the body, allowing the parts to operate more quietly and perform oscillatory movements more easily. Generally, the bearing is assembled to systems in press-fit without any gaps, but even with residual forces. In cases where this tightness is too much or too less, it negatively affects vehicle comfort by causing high moment values or axial clearance. Axial clearance is defined as the distance between the ball-pin and the bearing because of elastic and plastic deformations occurring in the bearings. Axial clearance can also occur due to measurements resulting from bearing geometries. In this study, bearings with 3 different wall thicknesses in the bearing geometry were used under a fully variable axial tension-compression load of 5000 N. While the geometric properties of the bed part were changed, the inner wall of the bearing was kept constant, and the dimensions were changed from the outer surface. For the body part, the area where the bearing and the body meet was offset as much as the change in the outer wall of the bed, and the geometric features of the plastering cover and ball joint were kept constant. Finite element method was used in the study. Axial clearance test was performed by applying 11 repeated tensile - compression loads to the bearing under a load of 5000 N. When the results are evaluated, wall thickness affects the axial clearance.



Keywords: *Ball-pin, Bearing, Axial Clearance, Wall Thickness*

1. Giriş

Yönlendirme ve süspansiyon sistemleri, taşıtların sürüş güvenliğini ve sürüş konforunu sağlayan elemanlardır. Bu sistem mekanizmalarının kusursuz çalışabilmesi için farklı işlevlere sahip birçok tipte küresel mafsalları içerir. Bu küresel mafsallardan birtanesi de rotillerdir. Bu küresel mafsallar nominal çalışma koşullarında genellikle sadece dönme eksenlerindeki harekete izin veren parçalardır. Temel olarak üç ana parçadan ve kullanım yerine göre ise ek komponentlerden oluşurlar (Şekil 1). Bu üç ana parçadan biri yataklama görevi yapan POM (polioksietilen) malzemeden imal edilmiş 'yatak' parçasıdır. [1]



Şekil 1: Rotil (Küresel Mafsal)

Yataklar işlev olarak rotillerin parçalarının üzerine gelen yüklerin ve titreşimlerin sönümlenmesini sağlayarak taşıt sürüş konforu ve güvenliğini artırırlar. Ek olarak aşık ve gövde arasındaki sürtünme katsayısını azaltarak bu parçaların daha sessiz çalışmalarını ve salınım hareketlerini daha kolay gerçekleştirmelerini sağlarlar.



Bilyalı pimler ve yataklar boşluksuz olarak hatta gerekli durumlarda belirli bir sıklık oranında birleştirilirler. Bu sıklık durumu fazla ya da az oluşu durumlarda ise yüksek moment değerlerine veya eksenel boşluklara sebebiyet vererek taşıt konforunu olumsuz etkiler.

Rotil parçalarındaki eksenel boşluk montaj koşul ve parametrelerinden kaynaklanabileceği gibi, bu parçaların çalışma koşulları gereği zaman içerisinde de oluşabilmektedir. Bu yüzden Rotil parçalarındaki eksenel boşluğun tasarım ve prototip aşamasındaki değerlerinin optimum değerde tutulup analiz edilmesi gerekmektedir. Bu analizlerdeki test parametreleri küresel mafsal tiplerine göre değişebileceği gibi analiz sonuçlarıda küresel mafsallardaki komponentlerin geometrilerine göre farklılık gösterebilir.

Küresel bağlantılara değişik doğrultularda ve boyutlarda yükler gelir. Bu yüklerden etkilenebilecek en zayıf parça ise POM malzemeden imal edilmiş Şekil 1.'de gösterilen “yatak” parçasıdır. Yatak parçasına eksenel olarak gelen çekme ve basma kuvvetleri sonucunda yatak üzerinde elastik ve plastik deformasyonlar meydana gelmektedir. Bu deformasyonların birikimi sonucunda bilyalı pim ve yatak arasında eksenel boşluk oluşmaktadır.

Bu çalışmada 5000 N'luk tam değişken eksenel çeki-bası yükü altında yatak geometrisinde yer alan cidar kalınlıkları değiştirilerek yatak üzerindeki birikmiş plastik ve elastik şekil değişimi sonucu oluşan eksenel boşluk sonlu elemanlar analizi ile incelenecektir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, yatak cidar kalınlığının değiştirilmesi durumunda yatak ve bilyalı pim arasındaki eksenel boşluğu ve diğer analiz çıktılarını gösterebilmek için kendi süreç ve uygulama yöntemlerine sahiptir. Tüm bileşenler NX Unigraphics 12.0. programında tasarlanmış olup ANSYS Workbench 2022 R2 programı içine aktarılmıştır.



2.1. Materyaller

Analiz rotili oluşturan dört farklı parçadan (gövde, bilyalı pim, yatak ve sıvama kapağı) oluşmaktadır. Parçalar analiz içerisine; gövde SAE 1040 (dövme), bilyalı pim AISI 5140 (28-32 HRC), yatak POM ve sıvama kapağı ise St37-2 malzemeden olacak şekilde tanıtılmıştır. Tanıtılan malzemelerin özellikleri Teknorot Otomotiv Ürünleri San. Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi'ndeki malzeme testleri sonucunda elde edilmiştir ve Tablo 1.'de belirtildiği gibidir.

Özellikler	Fiziksel	Materyaller			
		SAE 1040 (Dövme)	AISI 5140	POM	St37-2
Mekanik	Yoğunluk (kg/m ³)	7850	7850	1420	7850
	Poisson Oranı	0,29	0,29	0,35	0,29
	Elastik Modül (MPa)	2,00E+05	2,10E+05	3100	2,00E+05
	Akma Dayanımı (MPa)	417,5	860	72	235
	Kopma Dayanımı (MPa)	627	1027		340-470
	Sertlik	Min. 143 HV	28-32 HRC		102-139 HB
	Akma Gerinimi (%)	Min. 24	Min. 23	26	25

Tablo 1: Rotil Materyal Özellikleri[4]

2.2. Sınır Koşulları

Analiz hazırlanırken çözüm süresinin iyileştirilmesi ve daha doğru hesap yapılabilmesi için modeller basitleştirilmiştir. Analizi yapılan parçalar aksisimetrik olduğu için analizler 2D modellenmiştir. Şekil 2’de analizi yapılan parçanın kesit alınmış görünümüyle basitleştirilmiş 2D modeli birlikte gösterilmiştir. Bu yöntem tüm değiştirilmiş yatak cidar kalınlığındaki parçalar için aynı kullanılmıştır.

H: FO-1145 -0,8 5000N (10 Cycle)

Static Structural

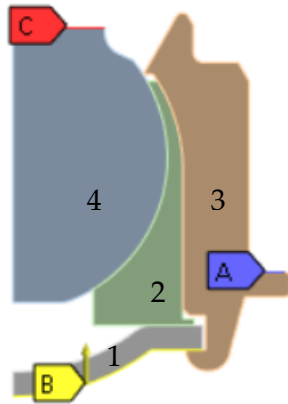
Time: 1, s

29.11.2023 09:50

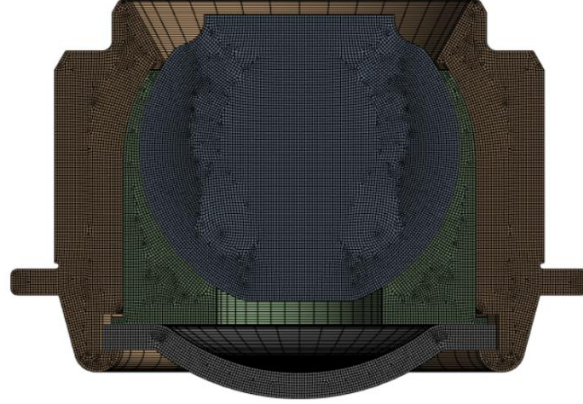
A Fixed Support

B Displacement

C Force: 0, N



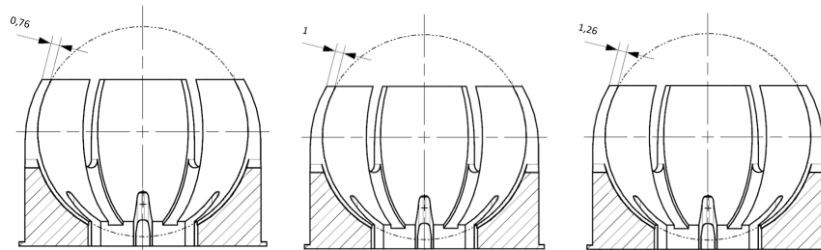
(a)



(b)

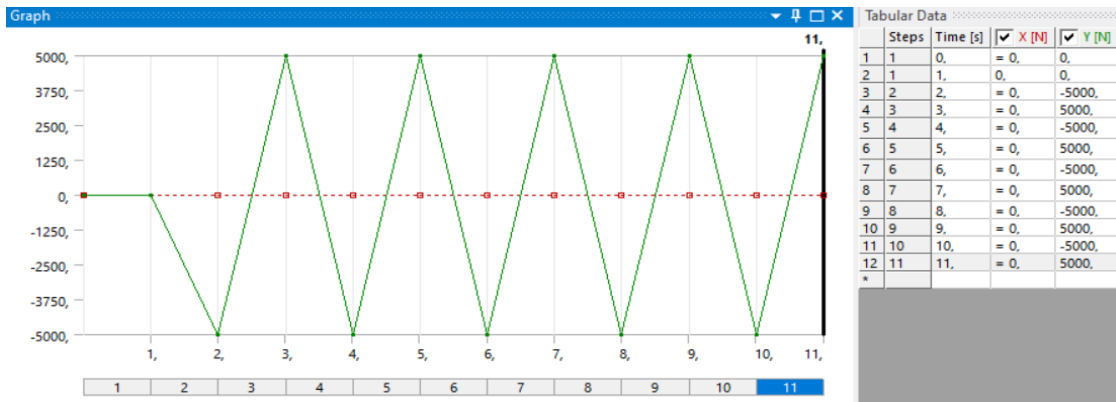
Şekil 2: (a) 2D Aksisimetrik Model, (b) Mesh Model

Bu çalışmada, Şekil 3’te de gösterilen ve cidar kalınlıkları sırasıyla 0,76 mm, 1 mm ve 1,26 mm olan yataklarda çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu analizde Şekil 2 (a)’da “1,4” numara ile gösterilen parçaların geometrik özellikleri sabit tutulmuştur. Şekil 2 (a)’da “2” numara ile gösterilen POM yatağın aşıkla birleştiği iç yüzeyi sabit tutulup, dış yüzeyinden ofset yapılmıştır. Şekil 2 (a)’da “3” numara ile gösterilen gövde parçasının iç yüzeyi ise yatağın dış yüzeyinin ofsetlendiği oranda ofsetlenmiştir. [2]



Şekil 3: POM Yatak Cidar Kalınlıkları

Sonlu elemanlar analizi yapılırken tüm parçalarda mesh elemanlarının boyutları 0,4 mm olarak belirlenmiştir. Parçalara eksenel boşluk analizi 11 adımda gerçekleştirilmiştir. Analizin tüm basamaklarında parçalar Şekil 2 (a)'da "A" kenarından sabitlenmiştir. Analizin 1. basamağında yatağın montaj sebebi ile maruz kaldığı ön gerilmeyi hesaba katabilmek için sıvama kapağı parçası Şekil 2 (a)'da "B" yüzeyinden yukarı yönde 0,3 mm yukarı bastırılmıştır. Bu işlem sonrasındaki yatak üzerindeki analiz sonuçları Tablo 2'de belirtilmiştir. Daha sonra parçaya Şekil 4'te de gösterildiği gibi tam değişken olarak Şekil 2 (a)'da "C" kenarından 5000 N'luk eksenel kuvvet 10 defa uygulanmıştır.



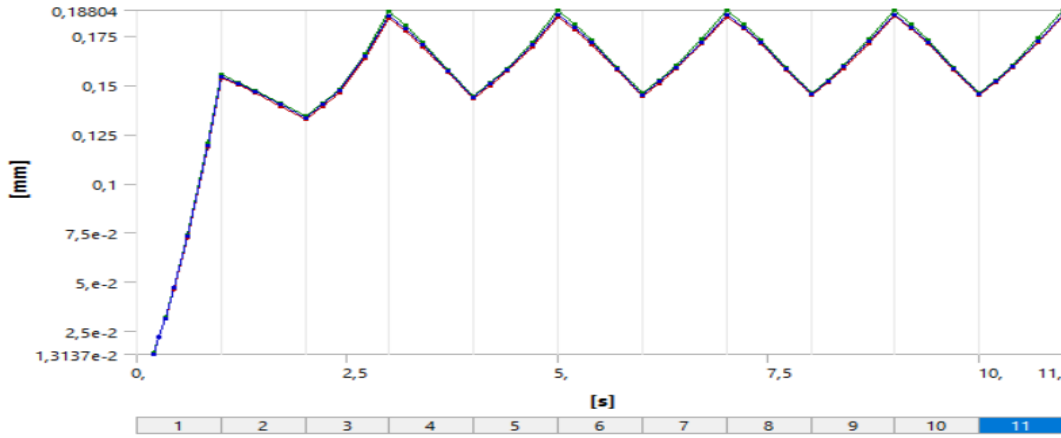
Şekil 4: Zamana Bağlı Kuvvet Değişimi Verileri

Sonuç Tipi Cidar Kalınlığı	von-Mises Gerilimi (MPa)	Plastik Gerinim (mm/mm)
0,76 mm	102,42	0,25182
1 mm	89,131	0,12873
1,26 mm	99,582	0,2249

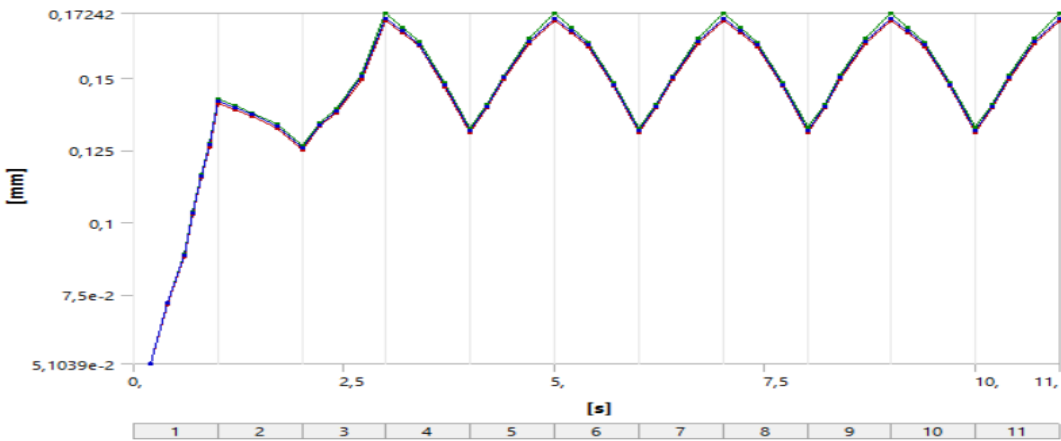
Tablo 2: Sıvama İşleminin Yatak Üzerine Etkileri

2.3. Analiz Sonuçları

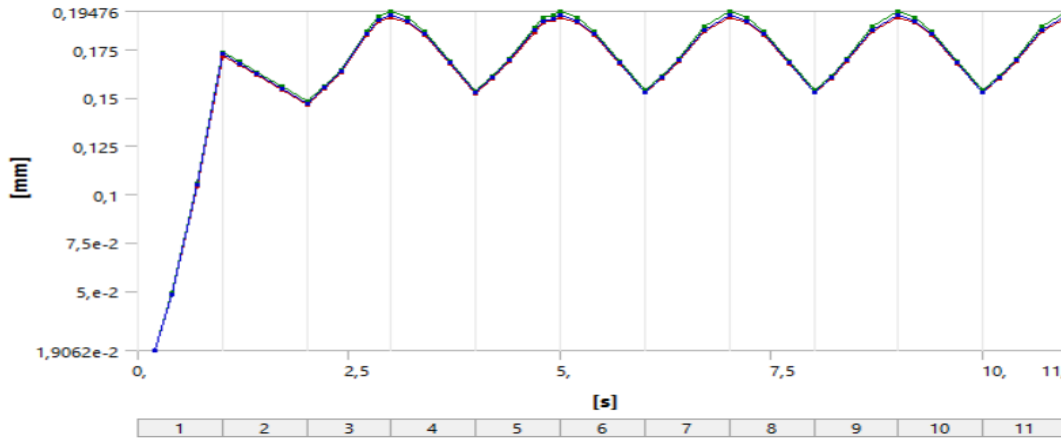
Analiz sonucunda bilyalı pim parçası üzerindeki toplam yer değiştirme değeri zamanın türevi olarak grafiğe dökülmüştür. Grafik 1, Grafik 2 ve Grafik 3'te farklı cidar kalınlığındaki yatakların bulunduğu bilyalı pimlerin bu sınır koşullarındaki zamana bağlı yer değiştirme miktarları verilmiştir.



Grafik 1: 0,76 mm Yatak Cidar Kalınlığı Eksenel Boşluk Sonucu



Grafik 2: 1 mm Yatak Cidar Kalınlığı Eksenel Boşluk Sonucu



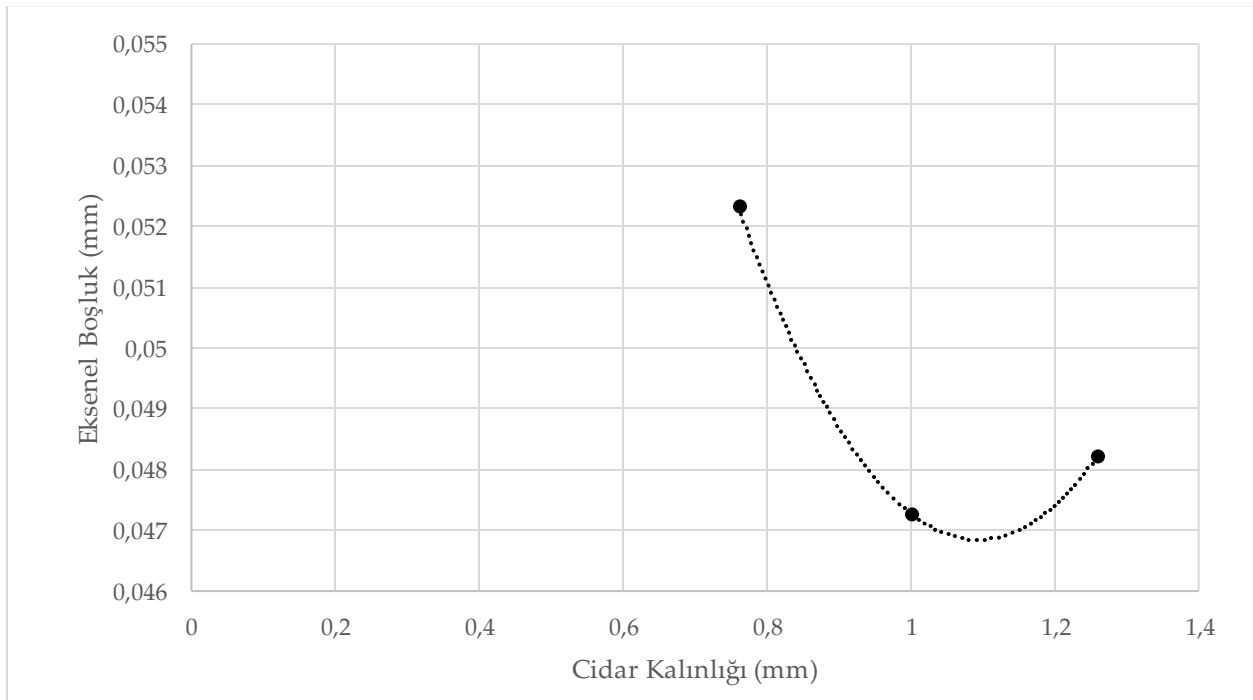
Grafik 3: 1,26 mm Yatak Cidar Kalınlığı Eksenel Boşluk Sonucu

Analiz sonucundaki grafikler incelendiğinde eksenel boşluk değeri son adımdaki maksimum aşık yer değiştirme değeri ile 2. Adımdaki minimum bilyalı pim yer değiştirme değerinin arasındaki farka eşittir.

Analiz sonuçları incelendiğinde 0,76 mm cidar kalınlığına sahip yatağın bulunduğu rotil parçasındaki eksenel boşluk değeri 0,05232 mm, 1mm cidar kalınlığına sahip yatağın bulunduğu parçanın eksenel boşluk değeri 0,04727 mm, 1,26 mm cidar kalınlığına sahip yatağın bulunduğu parçanın eksenel boşluk değeri 0,04823 mm olarak bulunmuştur.

3. Sonuçlar

- Sonlu elemanlar metodu ile yapılan analiz sonuçları değerlendirildiğinde yatak cidar kalınlığındaki değişimin eksenel boşluğu etkilediği (Grafik 4) görülmüştür.
- Yataklarda meydana gelen deformasyonların birikimi sonucu açığa çıkan eksenel boşluk için ilk ve en büyük etken sıvama işleminde meydana gelen ön gerilmedir.
- Yatak cidar kalınlıkları değiştirildiğinde sıvama işlemi esnasında yatak üzerinde meydana gelen ön gerilme miktarı değişiklik göstermektedir. Bu durum eksenel boşluğu doğrudan etkilemektedir.



Grafik 4: Yatak Cidar Kalınlığının Eksenel Boşluk Üzerindeki Etkisi



4. Teşekkür

Bu çalışma Teknorot Otomotiv Ürünleri San. Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi tarafından desteklenmiştir. Bu projeye teknik destek ve teşvikleri için Global Ar-Ge Direktörümüz Sn. Murat ARSLANOĞLU'na, Ar-Ge Proje Müdürümüz Sn. Fatih ÇAĞIRANKAYA'ya ve dokümanı hazırlamaya yardımcı olan Rotil-Rot Başlı Ürün Geliştirme Sorumlumuz Sn. Adem ÇARKACI'ya ve Ürün Geliştirme Teknikerimiz Sn. Yaser AKPINAR'a teşekkür ederiz.

Referanslar

- [1] K.T. Gürsel, S. Çakır Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 17(3) (2011) 143.
- [2] Kırılı, O. 2009. Yönlendirme Sistemlerinin Yataklarında Kullanılan Acetal/Polyoxymethylene (POM) Malzemesinin Farklı Sıcaklarda, Bası Yüğü Altında Mekanik Özelliklerinin Değişiminin DeneySEL ve Sayısal Simülasyonu, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi.
- [3] ANSYS Contact Technology Guide
- [4] M.A. AFYON, H. ŞAHİN: Aşık Çıkma Güvenlik Kanalınnn aşık Çıkma Kuvvetine Etkisi. International Symposium On Automotive Science and Technology. 2023; 8; 7-8