



IJEASED

INTERNATIONAL JOURNAL OF EASTERN ANATOLIA
SCIENCE ENGINEERING AND DESIGN

Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi
ISSN: 2667-8764 , 1(2), 212-227 , 2019
<https://dergipark.org.tr/tr/pub/ijeased>



Araştırma Makalesi / *Research Article*





AISI 51100 ve AISI 52100 Rulman Çelik Tüplerin ANSYS Paket Yazılımında Basınca Göre Gerilmelerinin İncelenmesi

Semih TAŞKAYA^{1*}, Bilgin ZENGİN², Kürşat KAYMAZ³, Muzaffer AŞKIN²

¹ Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, 23119, Elazığ, Türkiye .

² Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, 62000, Tunceli, Türkiye.

³ Munzur Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, 62000, Tunceli, Türkiye.

Yazar Kimliği / <i>Author ID (ORCID Number)</i>	Makale Süreci / <i>Article Process</i>
*Sorumlu Yazar / <i>Corresponding author</i> : muh.semihtaskaya@gmail.com  https://orcid.org/0000-0003-1524-4537 , S. Taşkaya  https://orcid.org/0000-0002-9355-8294 , B. Zengin  https://orcid.org/0000-0002-8346-8260 , K. Kaymaz  https://orcid.org/0000-0001-9172-6592 , M. Aşkın	Geliş Tarihi / <i>Received Date</i> : 30.09.2019 Revizyon Tarihi / <i>Revision Date</i> : 22.10.2019 Kabul Tarihi / <i>Accepted Date</i> : 14.11.2019 Yayın Tarihi / <i>Published Date</i> : 15.12.2019
Alıntı / <i>Cite</i> : Taşkaya, S., Zengin, B., Kaymaz, K., Aşkın, M. (2019). AISI 51100 ve AISI 52100 Rulman Çelik Tüplerin ANSYS Paket Yazılımında Basınca Göre Gerilmelerinin İncelenmesi, Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, 1(2), 212-227.	

Özet

AISI 51100 ve AISI 52100 rulman çelik tüpleri, sertleşmekte olan ve özellikle yatak olarak kullanılmak üzere dikkat çeken; yüksek alaşımlı karbon ve düşük alaşımlı çelik içeren kromdur. Yüksek karbonlu krom taşıyan çelikler, mühendislik çeliği, bazı paslanmaz çelikler, ısıya dayanıklı çelikler rulman malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu çeliklerdeki en önemli mekanik özellikler, yüksek aşınma direnci ve yuvarlanma yorulma mukavemetidir. ANSYS; mühendisler için fizik, yapısal, titreşim, akışkanlar dinamiği, ısı transferi ve elektromanyetik disiplinlerinin etkileşimlerini simüle etmek için kullanılan genel amaçlı bir yazılımdır. Bu çalışmada, AISI 51100 ve AISI 52100 rulman çelik tüpler, ANSYS yazılımında, 55x75 mm çapında ve 1000 mm derinliğinde delikli bir rulman silindir 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Modellenen rulman çelik tüplere, iç çapa 1000 MPa basıncında, y ekseninde sabitleme işlemi yapılarak; vektörel, deformasyon değişimleri, x,y,z eksenlerine ve von mises gerilmelerine bağlı analizler incelenmiştir. ANSYS simülasyon analizleri sonucunda, AISI 51100 rulman çelik tüpün, AISI 52100 rulman çelik tüpüne göre gerilmelerin arttığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AISI 51100-AISI 52100, ANSYS, Gerilme, Rulman çeliği.

Investigation of Stress by Pressure ANSYS Package Software of Tubes Bearing Steel AISI 51100 and AISI 52100

Abstract

The AISI 51100 and AISI 52100 bearing steel tubes are particularly attractive for use in hardening and bearing applications; chromium containing high alloy carbon and low alloy steel. High carbon chromium bearing steels, engineering steel, some stainless steels, heat resistant steels are used as bearing materials. The most important mechanical properties in these steels are high wear resistance and rolling fatigue strength. ANSYS is a general purpose software for engineers used to simulate the interactions of physics, structure, vibration, fluid dynamics, heat transfer, and electromagnetic disciplines. In this study, AISI 51100 and AISI 52100 bearing steel tubes were modeled as ANSYS software, a 3-dimensional roller bearing with 55x75 mm diameter and 1000 mm depth hole. Modeled bearing steel tubing, inner diameter of 1000 MPa pressure, y axis is done by fixing; stress strain due to vector, changes deformation, x, y, z axes and analyzes to stress von mises were investigated. As the result of ANSYS simulation analysis, it was observed that the stress stresses of the AISI 51100 bearing steel tube increased with respect to the AISI 52100 bearing steel tube.

Keywords: AISI 51100-AISI 52100, ANSYS , Stress, Rolling steel.

1. Giriş

Rulman çelikleri kaymalı yüzeyler ve birbiri üzerinde yuvarlanan hareketli kısımların sürtünmesiz olarak hareket etmesi gerektiği noktasal ve çizgisel temaslı parçaların imalatında kullanılır (URL-1, 2019). ANSYS, mühendisler için fizik, yapısal, titreşim, akışkanlar dinamiği, ısı transferi ve elektromanyetik etkileşimlerini simüle etmek için kullanılan genel amaçlı bir yazılımdır (URL-2, 2019). Blondé ve ark., (2012) ve Jimenez-Melero ve ark., (2013), TRIP ve 52100 yatak çelikleri üzerinde “in-situ synchrotron” radyasyonlarını kullanarak östenit stabilitesini muhafaza eden çok ayrıntılı termo-mekanik çalışmalar gerçekleştirmiştir. Alley ve Neu (2010); Alley ve Neu (2013) yüksek karbonlu çeliklerde haddeleme temaslı yorulma ömrünü tahmin etmek için bir hibrit kristal plastisite formülasyonu geliştirdiler. Alley ve Neu (2010) CPFE modelleri rulman çeliklerinin makro-mekanik tepkilerini çok iyi yakalayabildiğini bulmuşlardır. Çok fazlı yüksek karbonlu çeliklerin CPFE modellemesi için ampirik olarak nicelleştirilmiş bir malzeme modeline dayanan bir in-situ nötron kırınımı sunulur. In-situ nötron kırınımı kafes gerilme yanıtının sonuçları, Asaro (1983), Turteltaub ve Suiker (2005) (Esko) çalışmalarında, geliştirilen bir hibrit yapıcı formülasyona dayanan CPFE modellemesi kullanılarak yatak çeliği için bir malzeme modeli oluşturmuşlardır. Hesaplama çerçevesi ve modelleme şeması Voothaluru ve Liu'nun (2014) çalışmalarını takip eder. CPFE (kristal plastisite sonlu eleman) modeli, ABAQUS'ta bir kullanıcı malzeme alt programı (UMAT) kullanılarak uygulanmıştır. Voothaluru ve ark., (2018) yüksek karbon taşıyan çeliklerde tutulan östenitin kinematik stabilitesini incelemek için in-situ nötron kırınımını ve kristal plastisite sonlu eleman modellemesini entegre etmişlerdir. Gür ve ark., (2017)

izotropik bir çelik malzemeyi 3 boyutlu kafes çatı olarak tasarlayarak, ANSYS paket programında sonlu elemanlar yöntemine göre farklı yükler doğrultusunda kiriş eksenlerindeki mekanik gerilme etkilerini araştırmışlardır. Taşkaya (2018), ANSYS paket programında izotropik bir çelik malzemeye sahip 3D kafes çatı modeline, farklı yük ve sabit basınç uygulayarak, kiriş eksenlerindeki, deformasyon, mekanik ve elastik gerilme analizlerini araştırmıştır. Taşkaya ve ark., (2018) ANSYS yazılımında sonlu elemanlar yöntemine göre, St 70 çatı kafes çeliğinin St 37 çatı kafes çeliğine göre, kiriş eksenlerindeki hem kuvvet hem de moment etkisine göre deformasyon ve vektörel gerilmelerin arttığını gözlemlemişlerdir. Taşkaya (2017), ANSYS programında, St 37 levha çeliklerinde basınca bağlı levhaların mesnetlere göre tabakalarındaki mekanik gerilmelerin etkisini incelemiştir. Gür ve ark., (2017) ANSYS yazılımında farklı sıcaklık ve gerilme parametrelerinde Al malzemesi ile SİC metal matrisli kompozitin sürünme uzaması hareketi ile elastik gerilmeler arasındaki ilişkilendirmeleri araştırmışlardır. Gür ve ark., (2017) ANSYS paket programında iki farklı geometriye sahip sandviç kompozitlerin farklı mesnetlerde yüke bağlı analizler uygulayarak, mekanik gerilmeler arasındaki kıyaslamaları incelemişlerdir. AISI 52100 çeliği; % 1.3-1.6 Cr içerikli, yüksek C (%1-1.1) ve düşük alaşımlı ötektoid üstü bir çelik türüdür. Bu çelik türleri, ısıl işlem yöntemiyle malzemenin içeriğine doğru sertleştirilebilirler. Farklı ısıl işlem ile mikroskobik yapıları değişkenlik göstererek sertleştirilen bu çelik türleri; otomotiv, rulman, dişli ve kalıp endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. AISI 52100 çeliği genel olarak talaşlı imalat yöntemleri ile şekillendirilmektedir. Fakat, tavllanmış durumdaki ötektoid üstü çelikler, mikroyapılarda bulunan sert ve gevrek Fe₃C lamelleri sebebiyle talaşlı işlenmeye kullanışlı değildir (Çaydaş ve ark., 2017). Manco ve ark., (2010) araştırmalarında, AISI 52100 çeliğinin sert parça tornalanmasında içyapıda oluşan farklılıkları sonlu elemanlar yöntemiyle modellemesini yapmışlardır. Malzemenin sertlik ölçümlerine göre değişen akma dayanım değerleri; yüzey ve içyapıda oluşan siyah ve beyaz tabaka profilleri; kesme parametreleri ile istatistiksel olarak ilişkilendirilmiştir. Ghahramanzadeh Asl ve ark., (2015) kompleks geometriye sahip kalça protezinin dövme ile imalatı sonlu elemanlar yöntemi (FEM) kullanılarak modellenmiştir. Bu nedenle, kalça protezin 3 boyutlu modeli tasarlanmıştır ve sonraki aşama olarak, (FEM) analizleri MSC SIMUFACT 10 yazılımı kullanılarak incelenmiştir. Çalışma sonucunda, en ideal parametreler 500 °C sıcaklık, 2 mm/sn presleme hızı ve 0.05 sürtünme katsayısı olarak gözlemlenmiştir. Aynı zamanda (FEM) sonuçları regresyon analizi ile de incelenmiştir. Taskaya ve ark., (2019) çalışmalarında Ramor 500 çeliğini tozaltı kaynak yöntemiyle farklı parametrelerde birleştirme işlemi yapıp, ANSYS paket yazılımında modelleyip termal analizini yapmışlardır. Çalışma sonucunda kaynak gerilimi arttıkça sıcaklığın mesafe-zaman eğrilerinde simülasyon değişimleri

incelenmiştir. Taskaya ve Taskaya (2018), çalışmalarında 40 mm dış çapa sahip AISI 310 paslanmaz silindir çeliği ANSYS Workbench 12.0 modülünde tasarlamıştır. Çeliğin statik yapısal özelliği, çelik üst plaka bölgesinden -y eksenini yönünde 1000 N'lık bir kuvvet uygulanarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda, silindirik çeliğin statik yapısından etkilenen yük dağılımlarının üst ve alt bölgelerde yoğunlaştığı görülmüştür.

Bu çalışmada, uygulama sanayisinde (otomotiv, dişli, rulman, kalıp endüstrisi vs.) yaygın olarak kullanılan rulman silindirik çeliklerin sonlu elemanlar programları adı altında ANSYS yazılımında, malzeme üzerinde eksenlere bağlı olarak uygulanan basınç etkisiyle mekanik değişimlerin kıyaslamaları incelenmektedir.

2. Materyal ve Metot

ANSYS 12.0 paket yazılımında sonlu elemanlar yöntemiyle, 55x75 mm çapında ve 1000 mm derinliğinde olan AISI 51100 ve AISI 52100 rulman delikli silindir çelik tüp modelleri, 3 boyut olarak tasarlanmıştır. Modellenen çeliklere ait mekanik ve kimyasal özellikler birçok literatür kaynaklardan faydalanılarak ortak değer şeklinde Tablo 1 ve 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. AISI 51100 rulman çeliğinin mekanik ve kimyasal özellikleri (URL-3, 2019; URL-4, 2019; URL-5, 2019; URL-6, 2019).

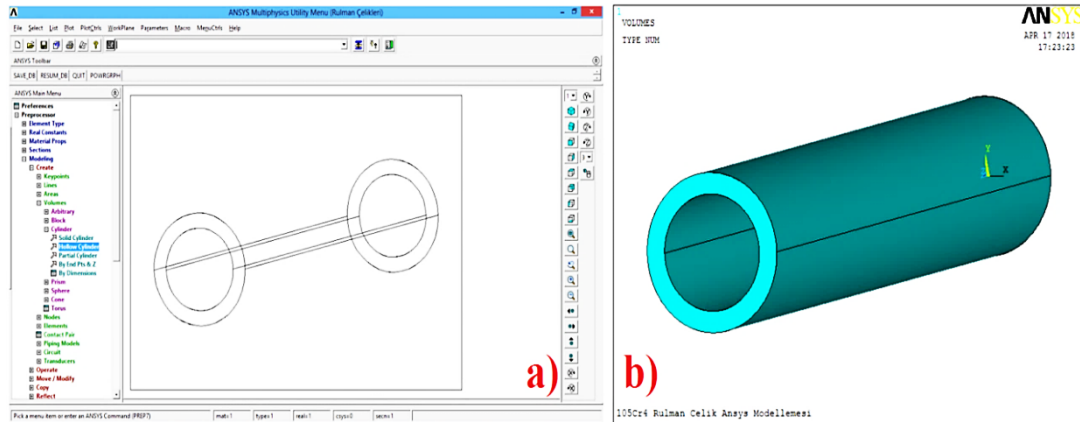
Mekanik Özellikler						
Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Sertlik (HV)	Çekme Gerilmesi (MPa)	Akma Gerilmesi (MPa)
AISI 5100	7.8	210000	0.3	450	484	350
Kimyasal Özellikler						
C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Diğ./Fe
1.05	0.25	0.33	1.03	-	-	Kalan

Tablo 2. AISI 52100 rulman çeliğinin mekanik ve kimyasal özellikleri (Çaydaş vd., 2017; URL-7, 2019; URL-8, 2019; URL-9, 2019).

Mekanik Özellikler						
Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı	Sertlik (HV)	Çekme Gerilmesi (MPa)	Akma Gerilmesi (MPa)
AISI 52100	7.83	190000	0.3	848	520	415
Kimyasal Özellikler						
C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Diğ./Fe
0.99	0.24	0.37	1.41	0.02	0.07	0.024/Kalan

2.1. Modelin oluşturulması

AISI 51100 ve AISI 52100 silindirik delikli rulman çelik tüplere ait model tasarımı için bir element türünde yalnız bir silindirik çelik tüp kullanılmıştır. Aynı model üzerinde ayrı ayrı analizler sonucunda mekanik özellikler tanımlanarak çözümlene gerçekleştirilmiştir. Uygulama sanayisinde kullanım dış çap oranına bağlı olarak ortalama bir değer kullanılıp tasarım oluşturulmuştur. Model oluşumunda ilk aşama olarak analiz türü “yapı analizi” olarak belirlenir. Modelin çözümlene aşamasında en önemli parametre olarak element türü belirlenir. Rulman çelik tüp modellemelerinde en çok kullanılan element türü olarak “Test 4 Node 285 (Solid285)” seçilir. Bu element türünün seçilmesindeki amaç, mekanik özelliklerin kolay birbirleriyle transferi sağlaması ve simülasyonu çözmeye yardımcıdır. Modele ait mekanik veriler Tablo 1 ve Tablo 2’ye göre malzeme özellikleri modülüne girilir. Tasarım aşamasında ise delikli silindir modülüne girilerek, modelin çap ve derinlik ölçüleri sisteme tanımlanır ve çelik delikli silindirik rulman tüp otomatik olarak oluşturulur (Şekil 1a-b).



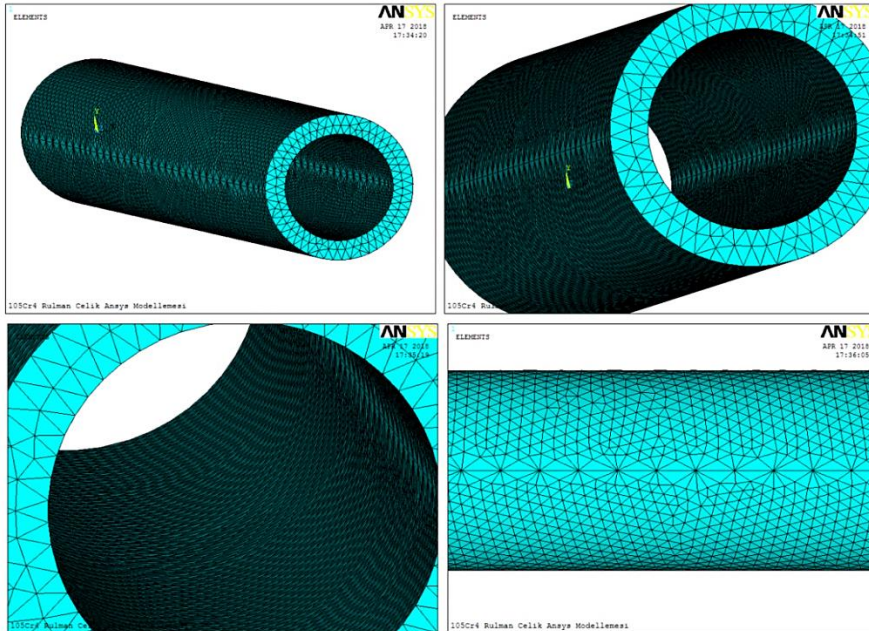
Şekil 1. Çelik rulman tüp modelinin oluşturulması a) çizgisel olarak tasarımı b) 3d boyut hacimsel tasarımı



Şekil 2. Çelik rulman tüplerin uygulama sanayisindeki ham hali ve ANSYS yazılımındaki modellemesi

2.2. Modelin meshlenmesinin (ağ örtüsünün) oluşumu

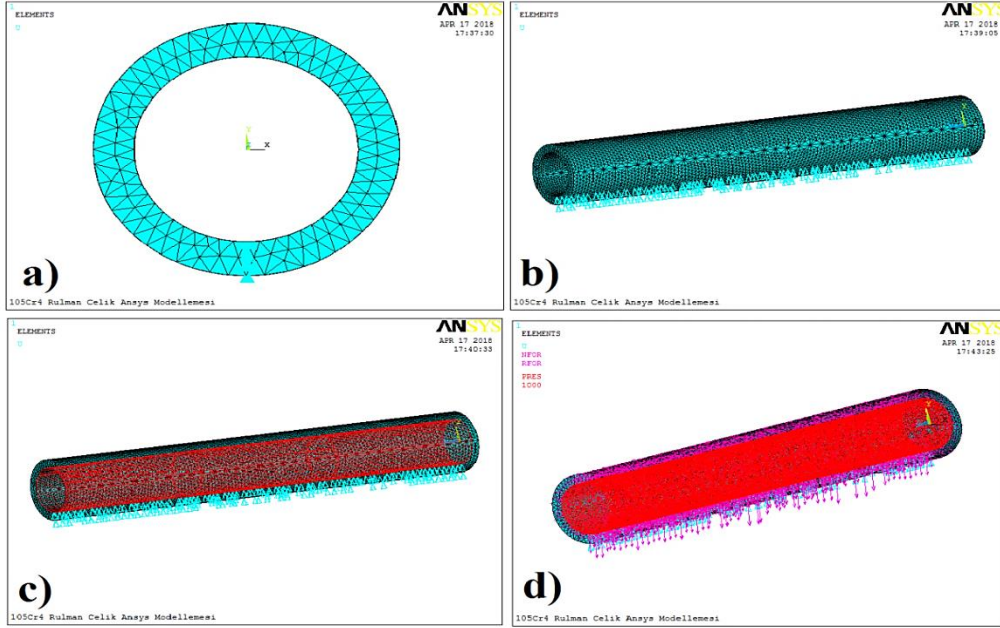
Silindirik çelik rulman tüp model oluşumundan sonra çözümün gerçekleşmesi ve mekanik simülasyonun dağılımı için bir mesh (ağ) tabakasının sağlanması gerekir (Şekil 3). Dolayısıyla ANSYS veri kütüphanesine ait “mesh size” modülünden ağ örtüsünün derecesi belirlenir. 1 minumuze olarak çelik tüp modeline ait en uygun derece seçilir. Sinirsel ağ tabakasındaki örtü, mekanik dağılımların gerçekleşmesinde en önemli aşamalardan biridir. Buradaki amaç, malzeme özelliklerinin birbirleriyle geçişini kolaylaştırmaktır.



Şekil 3. Çelik rulman tüplerin mesh ağının oluşturulması

2.3. Modelin sınır şartlarının girilmesi ve basınç uygulanması

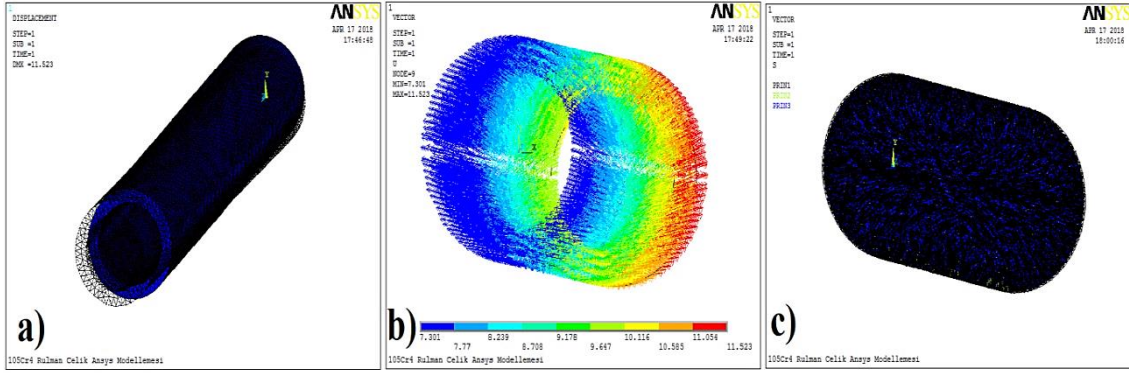
Çelik rulman silindirik tüpler y ekseninden sabitlenerek, iç çapa 1000 MPa basınç sınır şartı tanımlaması yapılmıştır (Şekil 4). Rulman çeliklerin iç yüzeyden dış yüzeye basınç etkisiyle gerilmelerin simülasyon dağılımları incelenmiştir.



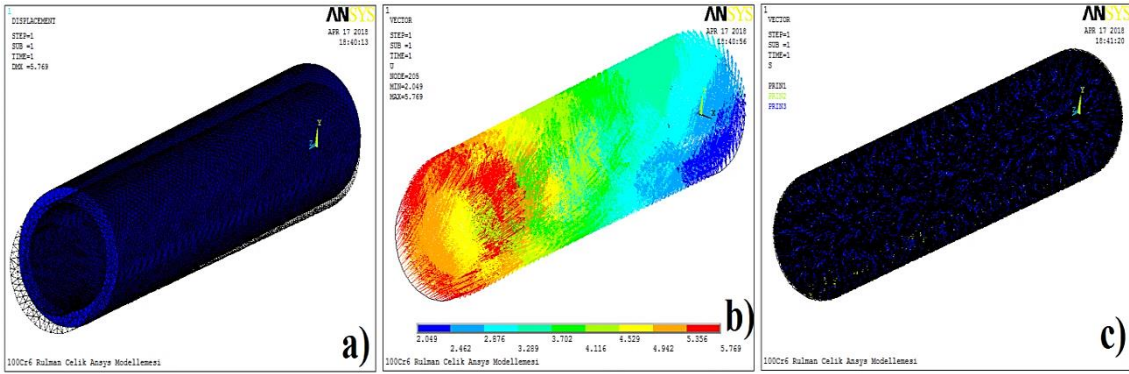
Şekil 4. Çelik rulman tüplerin a) y ekseninden sabitlenmesi (önden görünüş) b) izometrik perspektifden sabitleme görünüşü c) iç çapa basıncın uygulanması d) çözümlenmesi

3. Bulgular ve Tartışma

AISI 51100 ve AISI 52100 çelik rulman silindirik tüpler, basınç uygulanmasından sonra y eksenindeki sabitleme doğrultusunda çözümlendirilir. Çözümlenen model sonrasında rulman çelik tüpte 117383 eleman ve 26759 düğüm sayısı oluşmuştur. Bu durum malzemeler arasındaki konstrüktifliği olumlu yönde etkiler. Mekanik analizlerde simülasyon dağılımlarının doğru sonuç vermesinde, eleman sayısının düğüm sayısı ile paralellik göstermesi gerekir. Şekil 5 ve 6'da rulman çelik tüplerin basınca göre mekanik analiz etkisiyle deformasyon ve vektörel değişimleri incelenmiştir.

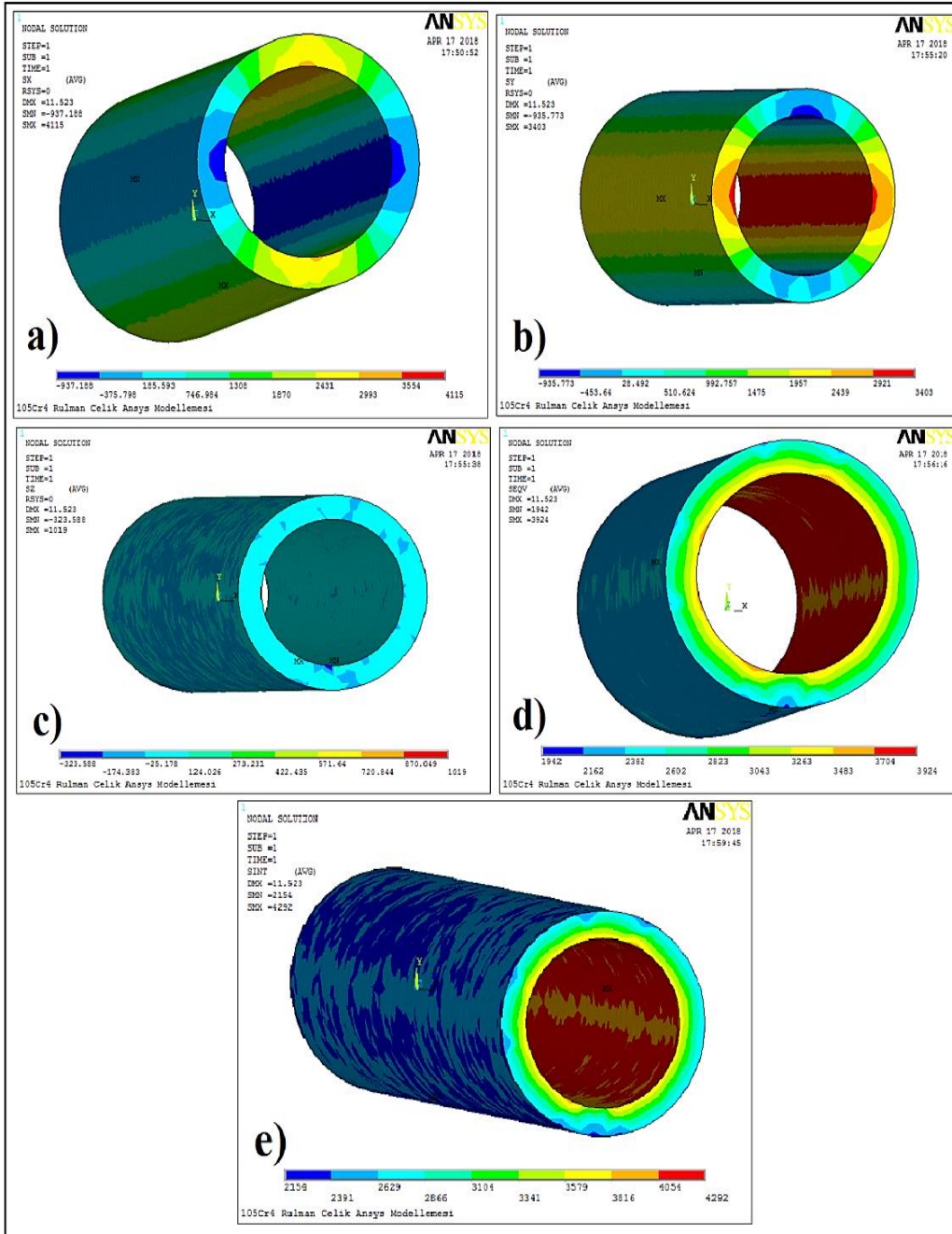


Şekil 5. AISI 51100 rulman çelik tüpün a) deformasyon değişimi b) vektörel analizi c) vektörel gerilme dağılımı

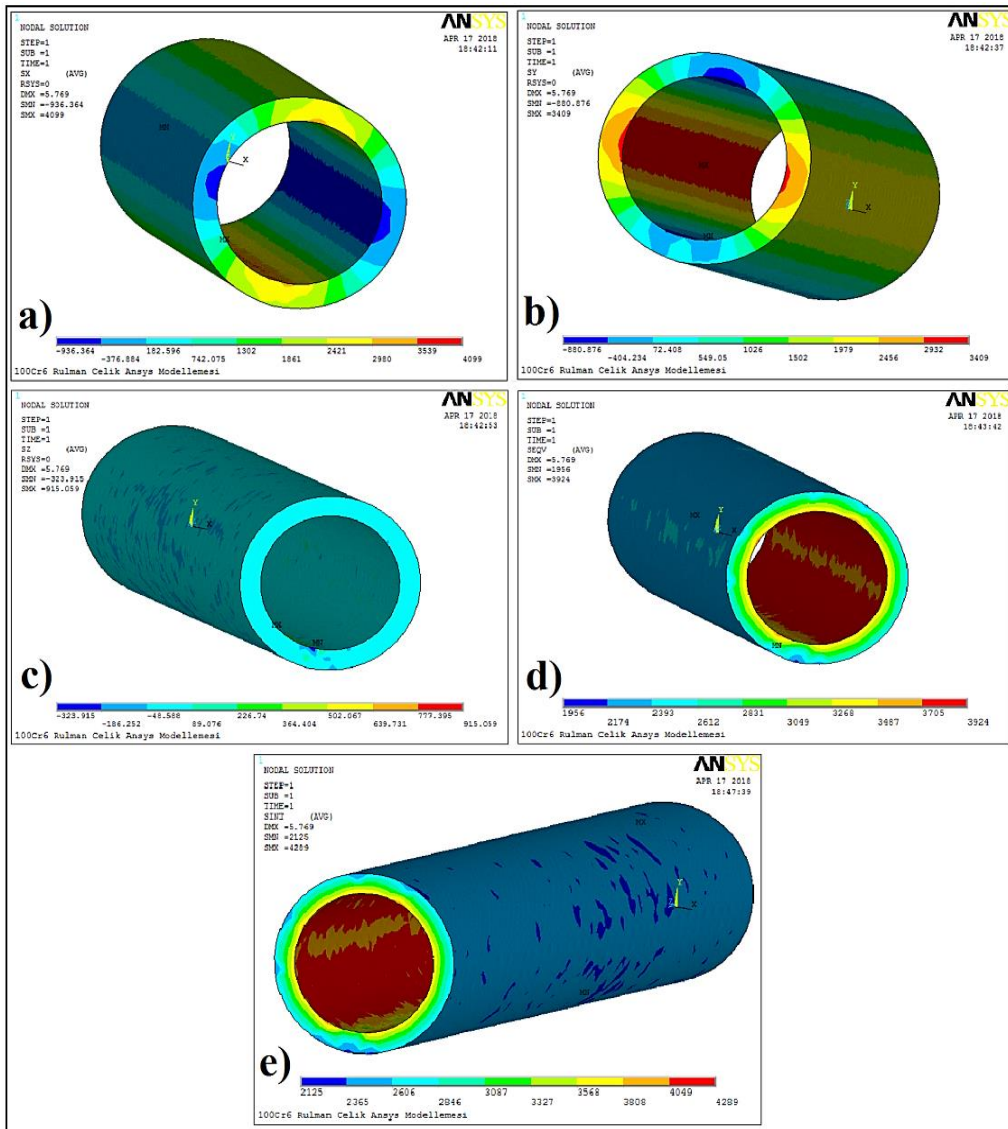


Şekil 6. AISI 52100 rulman çelik tüpün a) deformasyon değişimi b) vektörel analizi c) vektörel gerilme dağılımı

Deformasyon etkisinin ve vektörel değişiminin en büyük artışı AISI 51100 rulman çelik tüpünde görülmüştür. Mekanik özelliklere bakıldığında, AISI 51100 rulman çeliği elastiklik modülü AISI 52100 rulman çeliğine göre daha yüksektir ve kimyasal yapıda Cr-Ni oranı daha düşüktür. Dolayısıyla elastiklik modülü yüksek olan ve sertliği düşük olan çeliklerde malzemenin şekil değişimine karşı göstermiş olduğu direnç artar (Taşkaya, 2018; Taşkaya ve ark., 2018; Taşkaya, 2017; URL-10, 2018). Silindirik rulman çelikteki iç basıncın etkisiyle malzemede mekanik gerilmeler yani çekme ve basma etkileri yüksektir. Bu durumda AISI 51100 rulman çeliğinin deformasyon, vektörel ve gerilme dağılımlarında artış gözlemlenmiştir. Şekil 7 ve 8'de AISI 51100 ve AISI 52100 rulman çeliklere ait eksenlere bağlı gerilmeler incelenmiştir.



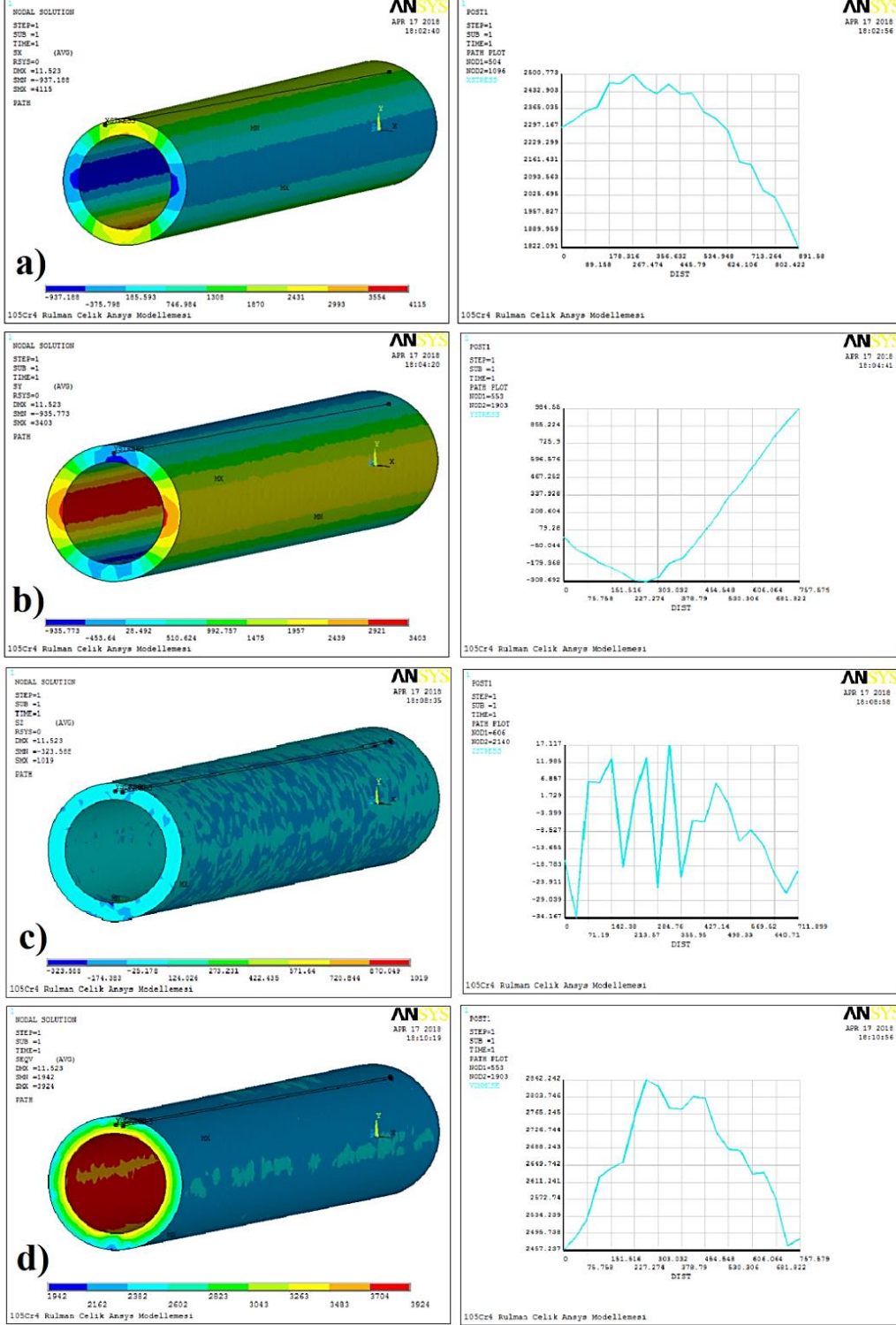
Şekil 7. AISI 51100 rulman çelik tüpün a) x eksenindeki gerilme dağılımı b) y eksenindeki gerilme dağılımı c) z eksenindeki gerilme dağılımı d) von mises (ortak kayma) gerilmesi e) gerilme yoğunluğu



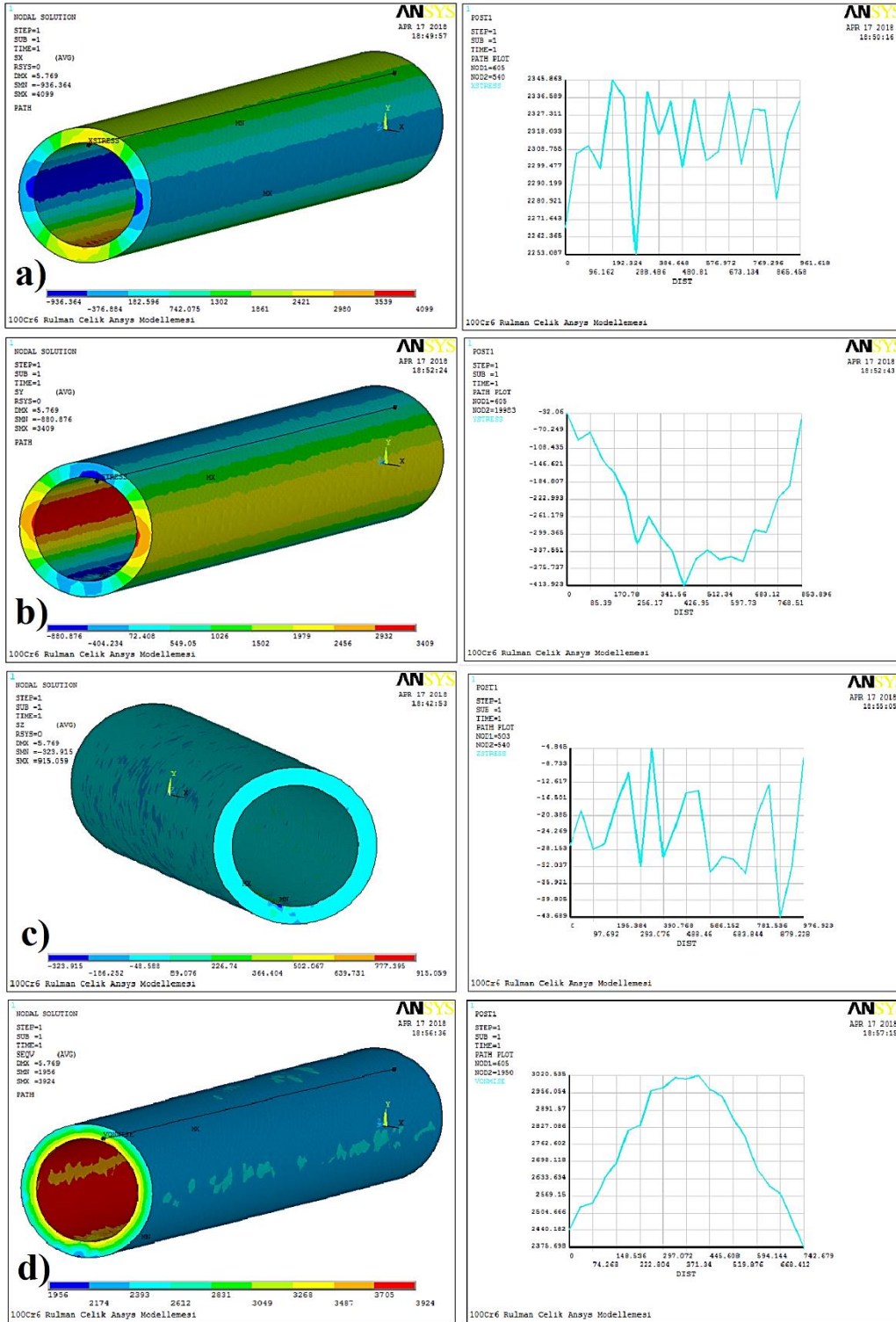
Şekil 8. AISI 52100 rulman çelik tüpün a) x eksenindeki gerilme dağılımı b) y eksenindeki gerilme dağılımı c) z eksenindeki gerilme dağılımı d) von mises (ortak kayma) gerilmesi e) gerilme yoğunluğu

Rulman çeliklerin aksenal gerilmelerinde, AISI 52100 rulman yatak çeliğinin AISI 51100 çeliğine göre çekme, akma, sertlik dayanımlarının yüksek olması ve elastiklik modülün düşük olması nedeniyle iç basınca karşı göstermiş olduğu gerilmeleri düşüktür. Bu durum AISI 52100 rulman çeliğinin basınca karşı göstermiş olduğu direncin artış göstermesidir. AISI 51100 rulman çeliği AISI 52100 çeliğine göre sertliği, akma ve çekme mukavemetleri daha düşük olduğu için iç basıncın etkisiyle aksenlerde oluşan gerilmeler daha yüksektir. Dolayısıyla bu durumda doğru orantılı olarak şekil değişiminde en yüksek artış AISI 51100 rulman çeliğinde gözlemlenmiştir. Von mises ortak kayma gerilmelerinde özellikle aksenal gerilmeler, çekme ve basma etkisinde en yüksek etki DMx (max. yer değiştirme) faktörü (11.523) AISI 51100 rulman çeliğinde analiz edilmiştir.

Şekil 9 ve 10'da ise bu rulman çeliklerine ait mesafeye bağlı eksenlerdeki gerilmeler grafiksel olarak incelenmiştir.



Şekil 9. AISI 51100 rulman çelik tüpün işaretlenen bölgelerdeki a) x eksenindeki gerilme grafiği b) y eksenindeki gerilme grafiği c) z eksenindeki gerilme grafiği d) von mises (ortak kayma) gerilme grafiği



Şekil 10. AISI 52100 rulman çelik tüpün işaretlenen bölgelerdeki a) x eksenindeki gerilme grafiği b) y eksenindeki gerilme grafiği c) z eksenindeki gerilme grafiği d) von mises (ortak kayma) gerilme grafiği

4. Sonuçlar ve Öneriler

AISI 51100 rulman çeliğinin AISI 52100 rulman çeliğine göre eksenlerdeki grafiksel analizleri kıyaslandığında; bütün eksenlerin üst yüzey düğüm noktalarından alınan mesafeye bağlı gerilmelerinde AISI 51100 rulman çeliğinde artış gözlemlenirken, AISI 52100 çeliğinde gerilmeler mesafeye bağlı yer değişimlerinde artış ve azalışlar yani titreşimli gerilmeler incelenmiştir. Bu durum akma ve çekme mukavemetlerinin malzeme üzerinde oluşturduğu etkiye bağlıdır. AISI 52100 rulman çeliği düşük alaşımli yüksek mukavemetli çeliklerdir. Özellikle yapılan analiz sonuçlarında gerilme dayanımları oldukça iyidir. Yüksek basıncın etkisiyle minimum gerilme dağılımı göstermiştir. İç basıncın etkisiyle deformasyon oranı düşük ve gerilmeleri AISI 51100 rulman çeliğine göre düşüktür. Eksenel koordinat mekanik etkilerde ve vektörel bileşke analizlerinde basınca bağlı olarak değişimler arasındaki farklar elastisite, gerilme ve akma dayanıma bağlı olmaktadır (Taşkaya, 2018; Taşkaya ve ark., 2018; Taşkaya, 2017). Bu tür simülasyon yazılımlarıyla literatür değerlerinin kıyaslanması sağlanmaktadır.

Çelikler arasındaki mesafeye bağlı gerilim ölçümleri farklı düğüm noktalarından da alınabilir. Uygulama aşamasında (hassas yataklar, otomotiv bileşenleri (frenler, direksiyon, transmisyon), bisikletler, teneke spreylere, elektronik aletler, çekmeceler için kılavuzlar, hızlı kaplinler, alet makineleri, kilit mekanizmaları, konveyörler, kızaklar vs.) çeliklere bağlı çekme ve basma testleri yapılarak ANSYS yazılım simülasyon sonuçlarıyla karşılaştırılabilir (Taşkaya ve Taşkaya, 2019; Taşkaya ve Taşkaya, 2019; Kaymaz ve ark., 2018). Farklı boyut ve kalınlık ölçülerinde çelik modellemeleri yapılarak, farklı mesnet ve yük miktarları değiştirilip; bunlar arasındaki mekanik sonuçlara göre gerilme, deformasyon ve vektör analizleri incelenip, mukayese edilebilir. Eksenel bölgelerde oluşan şekil değişimleri aynı zamanda farklı sonlu elemanlar programları ile (Apex, Nastran, Patran, ABAOUS gibi) test edilerek birbirleriyle kıyaslamalar yapılabilir (Taşkaya, 2018; Taşkaya ve Taşkaya, 2018; Taşkaya ve Taşkaya, 2018; Taskaya ve Taskaya, 2019).

Teşekkür

Bu çalışmanın sadeleştirilmiş özet bildirimini 14-17/11/2018 tarihinde Diyarbakır, Dicle Üniversitesi'nde düzenlenen "International Engineering and Natural Sciences Conference (IENSC 2018)" kongresinde sözlü sunum olarak sunulmuş olup, kongre üyelerine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alley, E.S., Neu, R.W. (2010). Microstructure-Sensitive Modeling of Rolling Contact Fatigue. *Int. J. Fatigue*, 32(5): 841-850.
- Alley, E.S., Neu, R.W. (2013). A Hybrid Crystal Plasticity and Phase Transformation Model For High Carbon Steel. *Comput. Mech.*, 1:1-9.
- Asaro, R.J. (1983). Micromechanics of Crystals and Polycrystals. *Adv. Appl. Mech. Dec.*, 31 (23): 1-15.
- Blondé, R., Jimenez-Melero, E., Zhao, L., Wright, J.P., Brück, E., Van Der Zwaag, S., Van Dijk, N.H. (2012). High-Energy X-Ray Diffraction Study on The Temperature-Dependent Mechanical Stability of Retained Austenite in Low-Alloyed TRIP Steels. *Acta Mater.*, 60(2): 565-577.
- Çaydaş, U., Kuncan, O., Çelik, M. (2017). AISI 52100 Rulman Çeliğinin İşlenebilirliğinin Yüzey Pürüzlülüğü, Takım Ömrü ve Sıcaklık Kriterlerine Göre Araştırılması. *Politeknik Dergisi*, 20(2): 409-417.
- Gür, A.K., Taşkaya, S., Katı, N., Yıldız, T. (2017). 3D Kafes Çatı Modelinin Ansys Yöntemiyle Mekanik Gerilmelerinin İncelenmesi. *2nd International Conference on Material Science and Technology in Cappadocia (IMSTEC'17)*, Nevşehir, Türkiye, Ekim 11-13.
- Gür, A.K., Taşkaya, S., Yıldız, T., Katı, N. (2017). Metal Matrisli Kompozit Malzemelerde Sıcaklığın Etkisiyle Sürünme ve Elastik Özelliklerin Ansys Yöntemiyle İncelenmesi. *2nd International Conference on Material Science and Technology İn Cappadocia (IMSTEC'17)*, Nevşehir, Türkiye, Ekim 11-13.
- Gür, A.K., Taşkaya, S., Katı, N., Yıldız, T. (2017). Investigation of Stress Analysis in Sandwich Composite Plates By Ansys Method. *8th International Advanced Technologies Symposium (IATS'17)*. Elazığ, Türkiye, Ekim 19-22.
- Ghahramanzadeh Asl, H., Sezek, S., Alsan, A. (2015). Analysis of Hip Prosthesis Production with Forging Using The Finite Element Method. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(1): 69-87.
- Jimenez-Melero, E., Blondé, R., Sherif, M.Y., Honkimäki, V., Van Dijk, N.H. (2013). Time-Dependent Synchrotron X-Ray Diffraction on The Austenite Decomposition Kinetics İn SAE 52100 Bearing Steel at Elevated Temperatures Under Tensile Stress. *Acta Mater.*, 61(4): 1154-1166.
- Kaymaz, K., Zengin, B., Aşkın, M., Taşkaya, S. (2018). Sandviç Kompozit Tabakalarında Mekanik Gerilmelerin Basınca Bağlı Olarak Ansys Yazılımı İle İncelenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (CMES sempozyum ek sayısı):79-93.
- Manco, G.L., Caruso, S., Rotella, G. (2010). FE modeling of microstructural changes in hard turning of AISI 52100 steel. *International Journal of Material Forming*, 3:447-450.
- Suiker, A.S., Turteltaub, S. (2005). Computational Modelling of Plasticity İnduced by Martensitic Phase Transformations. *Int. J. Numer. Methods Eng.*, 63(12): 1655-1693.

- Taskaya, S., Taskaya, S. (2019). Mapping of Stress Distributions of Hangar Roof Systems in Ansys Software. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 6(2): 82-89.
- Taskaya, S., Taskaya, S. (2018). Investigation of Static Structure Effect According to Axial Coordinates by Using Finite Element Method in Ansys Workbench Software of AISI 310 Austenitic Stainless Cylindrical Model Steel. *International Journal of Scientific Engineering and Science*, 2(11), 65-70.
- Taskaya, S., Gur, A.K., Orhan, A. (2019). Joining of Ramor 500 Steel by Submerged Welding and its Examination of Thermal Analysis in ANSYS Package Program. *Thermal Science and Engineering Progress*, 11, 84-110.
- Taşkaya, S., Taşkaya, S. (2019). Nitronic 60 Model Çeliğinin Ansys Yazılımında Dik Eksen Koordinatında Basınç Etkisinin Vektörel ve Eksenel Yer Değiştirme Simülasyonu. *III. Uluslararası Avrasya Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, Gaziantep, Türkiye, Nisan 04-07.
- Taşkaya, S., Taşkaya, S. (2019). İki Katlı Binanın Ansys Workbench Yazılımında Koordinat Noktalarının Ölçümlendirilmesi ve Kirişlerdeki Gerilmelerin İncelenmesi. *International Refereed & Indexed Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 9(3).
- Taşkaya, S., Taşkaya, S. (2018). St 52 Çelik Model Hacminin Ansys Yazılımında Eksenel Koordinatlara Göre Kuvvet ve Basınç İlişkisinin İncelenmesi. *I. Uluslararası Battalgazi Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, Cilt-I, Malatya/Türkiye, Aralık 07-09.
- Taşkaya, S., Taşkaya, S. (2018). Musluk Model Hacminin İçinden Geçen Akışkanın Ansys Yazılımında Global Koordinatlara Göre Dağılımının Simülasyonu. *I. Uluslararası Battalgazi Multidisipliner Çalışmalar Kongresi*, Cilt-I, Malatya/Türkiye, Aralık 07-09.
- Taşkaya, S. (2018). Investigation of Mechanical and Elastic Stresses in Ansys Program By Finite Elements Method of 3D Lattice Roof Model. *Mugla Journal of Science and Technology*, 4(1):27-36.
- Taşkaya, S., Zengin, B., Kaymaz, K. (2018). Investigation of Force and Moment Effect of St 37 and St 70 Roof Lattice Steels in Ansys Program. *Middle East Journal of Science*, 4(1):23-35.
- Taşkaya, S. (2017). St 37 Çeliğinin Ansys Programında Basınca Bağlı Olarak Mekanik Gerilmelerin İncelenmesi. *The Journal of International Manufacturing and Production Technologies*, 1(1): 39-46.
- URL-1, (2019). <http://izmircelik.com/index31fd.html?portfolio=rulman-celikleri>. İzmir Çelik. 20 Nisan 2019.
- URL-2, (2019). <http://www.figes.com.tr/english/ansys/ansys.php>. Figes Engineering. (Erişim Tarihi: 20 Nisan 2019).
- URL-3, 2019. <http://www.htsteelmill.com/mat-no-1-3503-din-105cr4.html> . Htsteelmill. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2019).
- URL-4, (2019). <http://www.steel-grades.com/Steel-Grades/Tool-Steel-Hard-Alloy/105Cr4.html>. Steel Grades. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2019).
- URL-5, (2019). <http://www.tool-die-steels.com/grades/Tool-Die-Steels/4/7575/105Cr4.html>. Tool&Die Steels. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2019).

- URL-6, (2019). <http://www.steelgr.com/Steel-Grades/Tool-Steel/105cr4.html>. China Steel. (Erişim Tarihi: 20 Nisan 2019).
- URL-7, (2019). <http://www.htsteelmill.com/mat-no-1-3505-din-100cr6-aisi-5210.html>. Htsteelmill. (Erişim Tarihi: 20 Nisan 2019).
- URL-8, (2019). http://www.lucefin.com/wp-content/files_mf/1.3505100cr6.pdf . Lucefin Group. (Erişim Tarihi: 20 Nisan 2019).
- URL-9, (2019). <http://www.astmsteel.com/product/52100-bearing-steel-aisi/>. Otai Special Steel. (Erişim Tarihi: 20 Nisan 2019).
- URL-10, (2018). <http://www.mekatronikmuhendisi.com/wp-content/uploads/2015/09/malzemelerin-deformasyonu.pdf>. Malzeme Bilgisi Muayenesi-Malzemelerin Deformasyonu. (Erişim Tarihi: 21Temmuz 2018).
- Voothaluru, R., Liu, C.R. (2014). A Crystal Plasticity Based Methodology For Fatigue Crack İnitiation Life Prediction İn Polycrystalline Copper. *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.*, 37(6): 671-681.
- Voothaluru, R., Bedekar, V., Xie, Q., Stoica, A.D., Hyde, R.S., An, K. (2018). In-Situ Neutron Diffraction And Crystal Plasticity Finite Element Modeling To Study The Kinematic Stability of Retained Austenite İn Bearing Steels. *Materials Science and Engineering: A*, 711: 579-587.