

KOCAELİ SANAYİ ODASI

PROSES
EMNİYETİ SEMPOZYUMU

ALÜMİNYUM BASINÇLI KAPLARDA SONLU ELEMENLAR YÖNTEMİ İLE YORULMA ANALİZİ

BURKA KÜRÜM / MAKİNE MÜHENDİSİ

AREL ÜNİVERSİTESİ

SERPİL KURT / DOÇ.DR.ÖĞRETİM ÜYESİ

KOCAELİ SANAYİ ODASI

10-11 Mayıs 2022

K O C A E L İ C H A M B E R O F I N D U S T R Y

1-AMAÇ

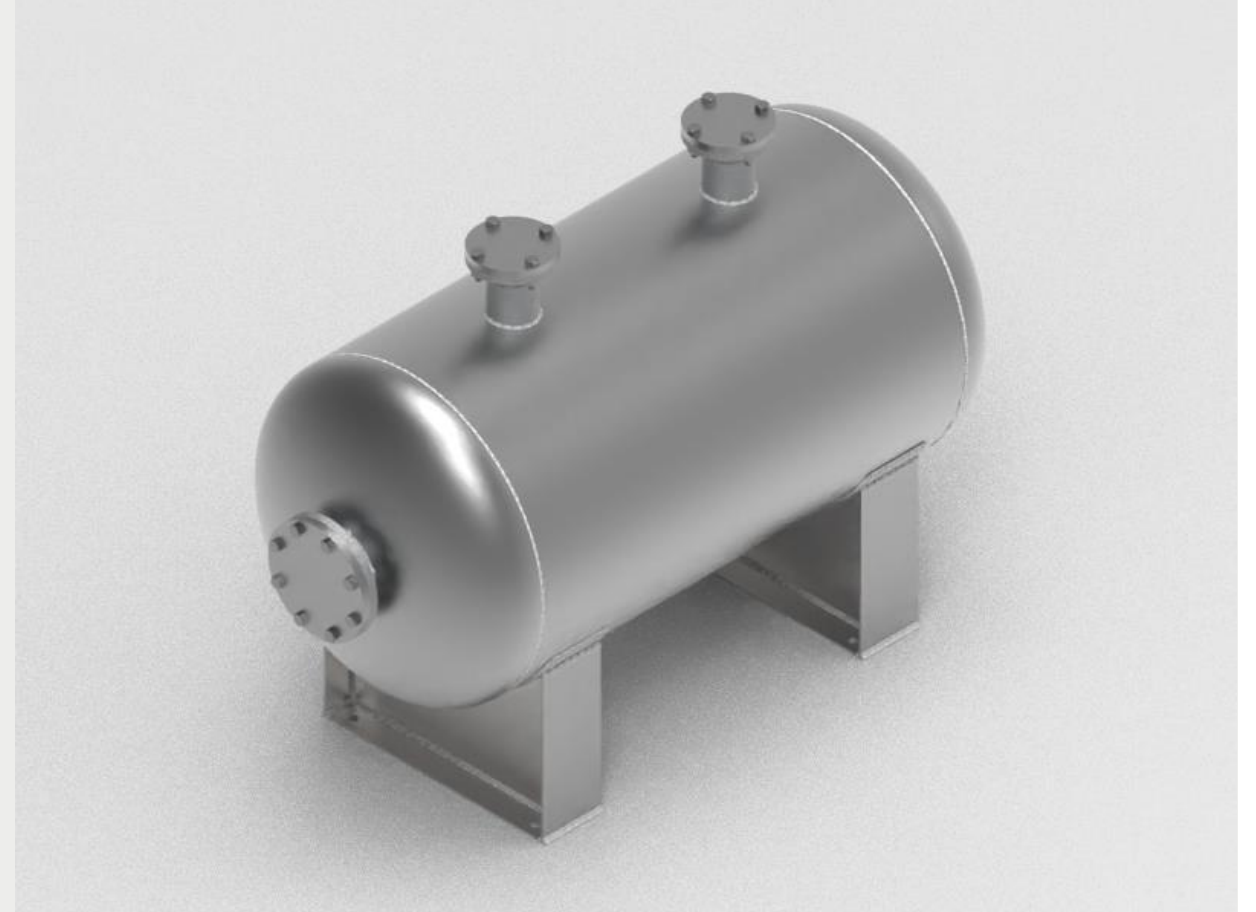
Bu çalışma, AREL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ Makine Mühendisliği Yüksek Lisans Programı adı altında , Yüksek Lisans Tezi olarak sunulmuştur.

Bu çalışmada, alüminyum malzemedен üretilen bir basınçlı kabın, basınca ve yorulmaya karşı gösterdiği direnç incelenmiştir. Çelik malzemeye göre yaklaşık olarak, üç kat daha hafif olan alüminyum malzemedен üretilmiş bir basınçlı kabın, çelik malzemedен üretilmiş bir basınçlı kap kadar emniyetli olmasının sağlanması hedeflenmiştir. Çelik ve alüminyum malzemelerden üretilmiş iki adet kap aynı şartlar altında incelenmiştir.

2-BASINÇLI KAP NEDİR?

Herhangi bir gücün, kendisine engel olan bir yüzey üzerine yaptığı zorlamanın yüzölçümü birimine düşen miktarına basınç denir.

0,5 bar' dan daha fazla etkili basınç uygulayan gaz, buhar veya sıvı akışkanları üzerine tasarlanan ya da geliştirilen sabit ya da hareketli kabı veya depoyu ifade eder.



2-BASINÇLI KAP NEDİR?

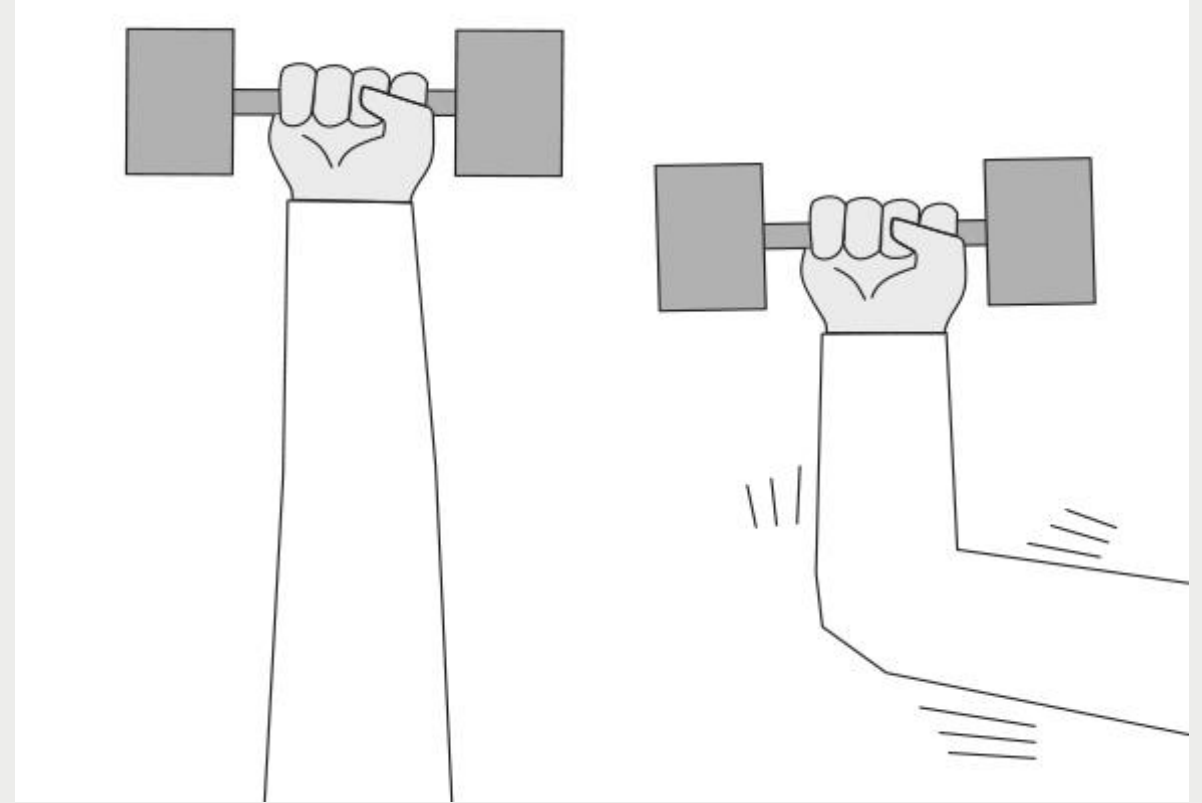
Çeşitli Endüstri tesislerinde önemli miktarda gaz, sıkıştırılmış, sıvılaştırılmış ve basınç altında çözülmüş şekilde kullanılmaktadır. Bu kullanılan gazların taşınması ve depolanması için basınçlı kaplar kullanılmaktadır.



3-BASINÇLI KAPLARDA YORULMA

Metal, Ametal ve türevlerinden üretilen her malzeme dinamik yük altında çalıştığında yorulmaktadır. Bunun sebebi malzemenin yükü belli zaman aralıklarında alıp tekrar eski formuna dönmesi veya tam aksi durumun gerçekleşmesidir. Buna örnek olarak, bir teli bir yönde büküp tersi yöne açarsak ve bu işlemi belli bir zaman sürekli olarak devam ettirdiğimizde, telde çatlama veya kırılma gerçekleşecektir.

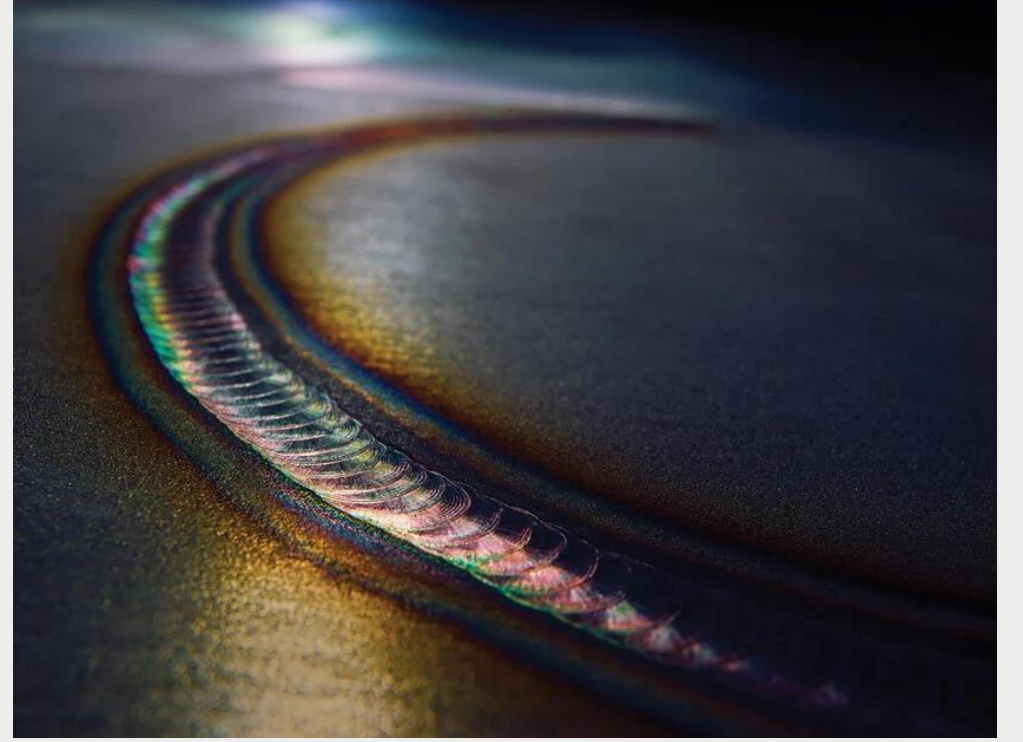
Basınçlı kaplarda dolum ve boşaltımda bu dinamik yüklere maruz kalmaktadır. Basınçlı kap eğer hareketli bir makine veya araca bağlı olarak çalışıyorsa aldığı titreşim ve içinde bulunan malzemenin hareket etmesi ile de yorulma gerçekleşir.



3-BASINÇLI KAPLARDA YORULMA

Kaynaklı yapılar statik yüke karşı gösterdiği mukavemeti, dinamik yüke karşı gösteremezler.

Dinamik yükler kaynaklı yapılar için yorulmayı arttıran faktörlerden biridir. Kaynak ısı olarak gerçekleşen bir yöntem olması sebebi ile, her ne kadar örtücü gaz ve uygun parametreler kullanılsa da malzemenin, mevcut yapısında farklılık olmaktadır. Dinamik yükler ise kaynakla dönüşmüş bu bölgede malzeme ile aynı özellikleri taşıyamaması sebebi ile gerilmelere karşı farklı tepki göstermektedir. İki farklı kısım arasında gerilmelere karşı gösterilen tepki anlaşmazlığı neticesinde, kaynakla dönüşmüş bölgede hasar meydana gelmektedir.



4-ÇELİK VE ALÜMİNYUM MALZEMELERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Mekanik Özelliklerin Karşılaştırılması

Tabloda çelik ve alüminyum malzemelerin mekanik özellikleri verilmiştir.

Özellik	Genel Yapı Çeliği	Alüminyum
	(EN 10025-2 S235JR)	(EN-AW-5083-H111)
Yoğunluk	7,85 g/cm ³	2,75 g/cm ³
Çekme Dayanımı	360-510 MPa	275-300 MPa
Akma Dayanımı	225-235 MPa	125-145 MPa
Uzama	25%	22%
Korozyon Direnci	Yok	Var, Sınırlamalarla
Elektrik İletkenliği	100%	400%
Isıl İletkenlik	100%	500%
Isıl Uzama	100%	200%

4-ÇELİK VE ALÜMİNYUM MALZEMELERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Kütlesel Özelliklerin Karşılaştırılması

Çeliğin yoğunluğu $7,85 \text{ Kg/dm}^3$ iken Alüminyumun yoğunluğu $2,75 \text{ Kg/dm}^3$ dür. Bu da ağırlık olarak $1/3$ oranı temsil etmektedir. Fakat ürünlerin ağırlığının $1/3$ oranında olması beklenemez. Bunun sebebi ise alüminyum malzemelerin mukavemet değerleri sebebi ile çelik malzemedен daha yüksek et kalınlığında kullanılmasıdır.

Mali Özelliklerin Karşılaştırılması

Çelik malzemelere göre Alüminyum malzemeler yaklaşık 3 kat fiyat farkı içermektedir. Fakat hafifliğin tasarruf sağladığı alanlarda kullanıldığında bu farkı kapatabilir.

5-BASINÇLI KAP TASARIMI

Tasarım Koşulları

TASARIM KOŞULLARI	
Tasarım Kodu	AD 2000
Tipi	Yatay, Silindirik
Tip Açıklaması	70 lt LPG Tank (Çelik)
Yoğunluk	0,6386 kg/l
PS: Çalışma Basıncı	7 bar
p: Tasarım Basıncı	7 bar
PT: Test Basıncı	10 bar
Tasarım Sıcaklığı	-40 °C / +50 °C
Radyografik Muayene	%100 Boyuna Kaynak / %25 Çevresel Kaynak / %100 T Kaynak
Penetrant Muayene	%100 Nozullar

5-BASINÇLI KAP TASARIMI

Hesaplamalar

Test Basıncının Hesaplanması

Tank tasarım hesaplamaları AD-2000 standardı çerçevesinde yapılmıştır.

1. Tasarım ve Test Basıncı		Çelik	Alüminyum	
Sem.	Açıklama	Değer	Değer	Birim
r	Tasarım basınç yoğunluğu	1000	1000	kg/m ³
H	Tank yüksekliği (Maksimum)	394	392	mm
P _h	Tanktaki mutlak hidrostatik basınç = $r \cdot H \cdot 10^{-7}$	0,039	0,039	bar
-	5 % (PS+1) (Ph ihmal)	0,4 bar, İhmal Ph		
PS	Kabul edilebilir maksimum basınç	7	7	bar
p	Tasarım basıncı	7	7	bar
PT	Test basıncı (AD-2000'e göre, HP30 4.17)= $\max\{1,43; 1,25 \cdot K_{20}/K_u\}p$	10,049	10,049	bar

5-BASINÇLI KAP TASARIMI

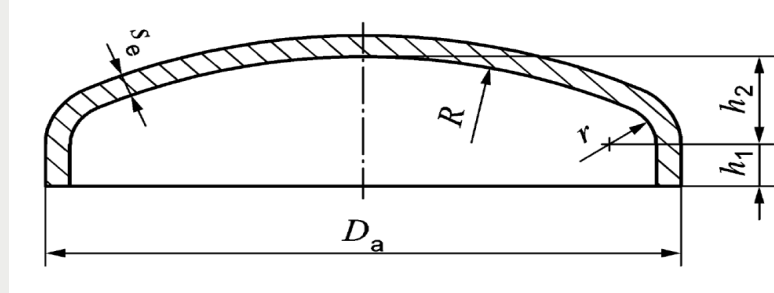
Tank Gövde Kalınlığı

2. Gövde Kalınlığı		Çelik	Alüminyum	
Sem.	Açıklama	Değer	Değer	Birim
D _a	Gövde dış çapı	400	400	mm
D _i	Gövde iç çapı	398,005	395,533	mm
K	Tasarım sıcaklığında tasarım dayanımı	247	110	N/mm ²
K	Test sıcaklığında tasarım dayanımı	275	125	N/mm ²
v	Kaynak faktörü	0,85	0,85	-
c ₁	Eksi kalınlık toleransı için pay	0	0	-
c ₂	Aşınma payı (eğer se ₂ ≥30mm veya içeriğe karşı korumalı ise ihmal edilebilir, B0/9.2.1)	0	0	-
S	Tasarım sıcaklığında malzeme için güvenlik faktörü	1,5	1,5	-
S'	Test basıncında güvenlik faktörü	1,05	1,05	-
s	Kabul edilebilirlik dahil gerekli duvar kalınlığı (tasarım koşullarında)	0,998	2,233	mm
s	Kabul edilebilirlik dahil gerekli duvar kalınlığı (test koşullarında)	0,896	1,967	mm
s	Kabul edilebilirlik dahil gerekli duvar kalınlığı (maks {tasarım; test})	1,049	2,23	mm

Not: AD2000'e göre minimum kalınlığı 3mm'den az olmamalıdır. Yani 3mm'den itibaren kullanılacaktır.

5-BASINÇLI KAP TASARIMI

Tank Bombe Kalınlığı



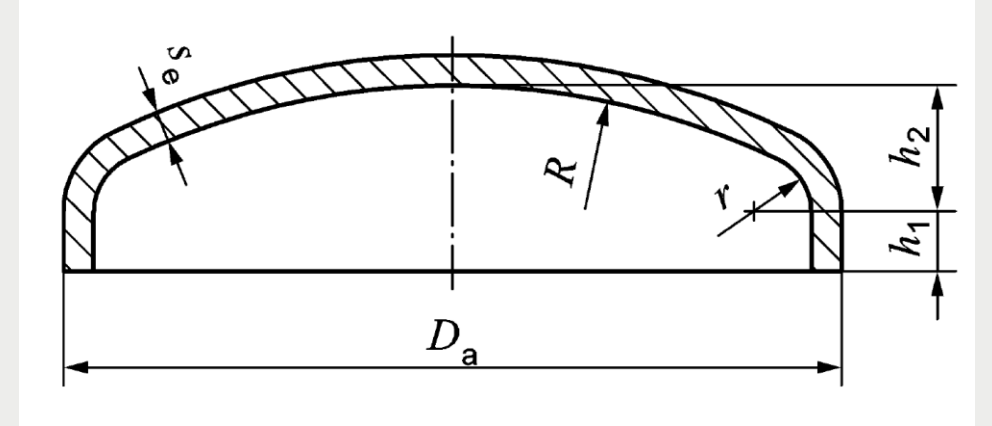
Torisferik Bombe		Çelik	Alüminyum	
Sem.	Açıklama	Değer	Değer	Birim
K	Tasarım sıcaklığında tasarım dayanımı	247	110	N/mm ²
K	Test sıcaklığında tasarım dayanımı	275	125	N/mm ²
C ₁	Bombeler için eksi kalınlık tolerans payı	0	0	-
C ₂	Aşınma payı (eğer $s_e \geq 30$ mm veya içeriğe karşı korumalı ise ihmal edilebilir, B0/9.2.1)	0	0	-
s	Kabul edilebilirlik dahil gerekli duvar kalınlığı (tasarım koşullarında)	1,69	2,72	mm
s	Kabul edilebilirlik dahil gerekli duvar kalınlığı (test koşullarında)	2,42	3,9	mm
s	Kabul edilebilirlik dahil gerekli duvar kalınlığı (maksimum {tasarım; test})	2,42	3,9	mm

Not: AD2000'e göre minimum kalınlığı 3mm'den az olmamalıdır. Yani 3mm'den itibaren kullanılacaktır.

5-BASINÇLI KAP TASARIMI

Tank Bombe Ölçüleri

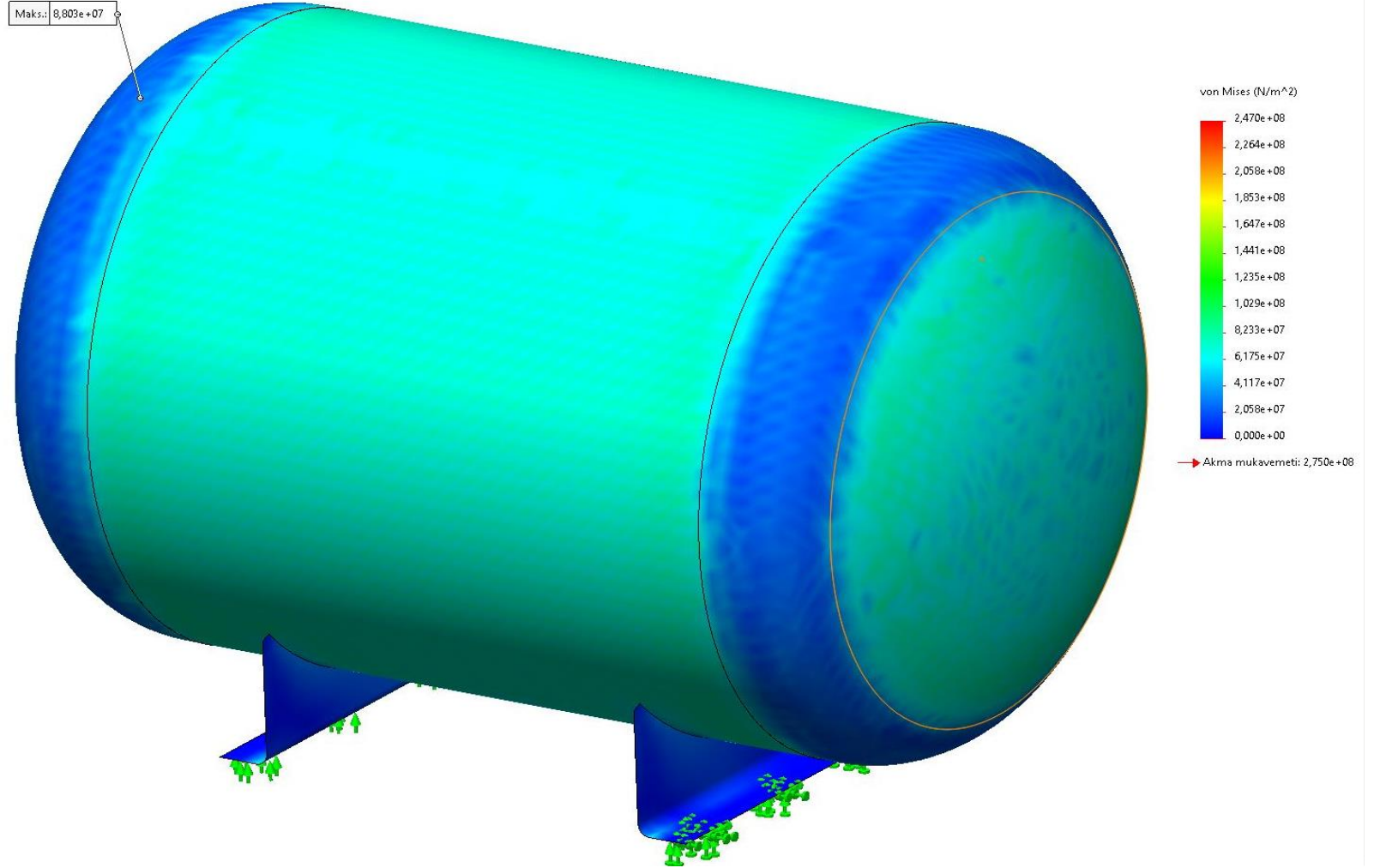
Bombe Tipi		Çelik	Alüminyum	
		Torisferik Bombe	Torisferik Bombe	
Sem.	Formül	Değer	Değer	Birim
R	$0,8 D_a$	400	400	mm
r	$0,154 D_a$	40	40	mm
h_1	$\geq 3,5 s$	14	17,5	mm
h_2	$0,1935D_a-0,455se$	76,7357	76,7357	mm
H	$h_1 + h_2$	90,7357	94,2357	mm



6-ANALİZ

Çelik Tank Statik Analiz Sonuçları Çelik Tank Gerilmeler

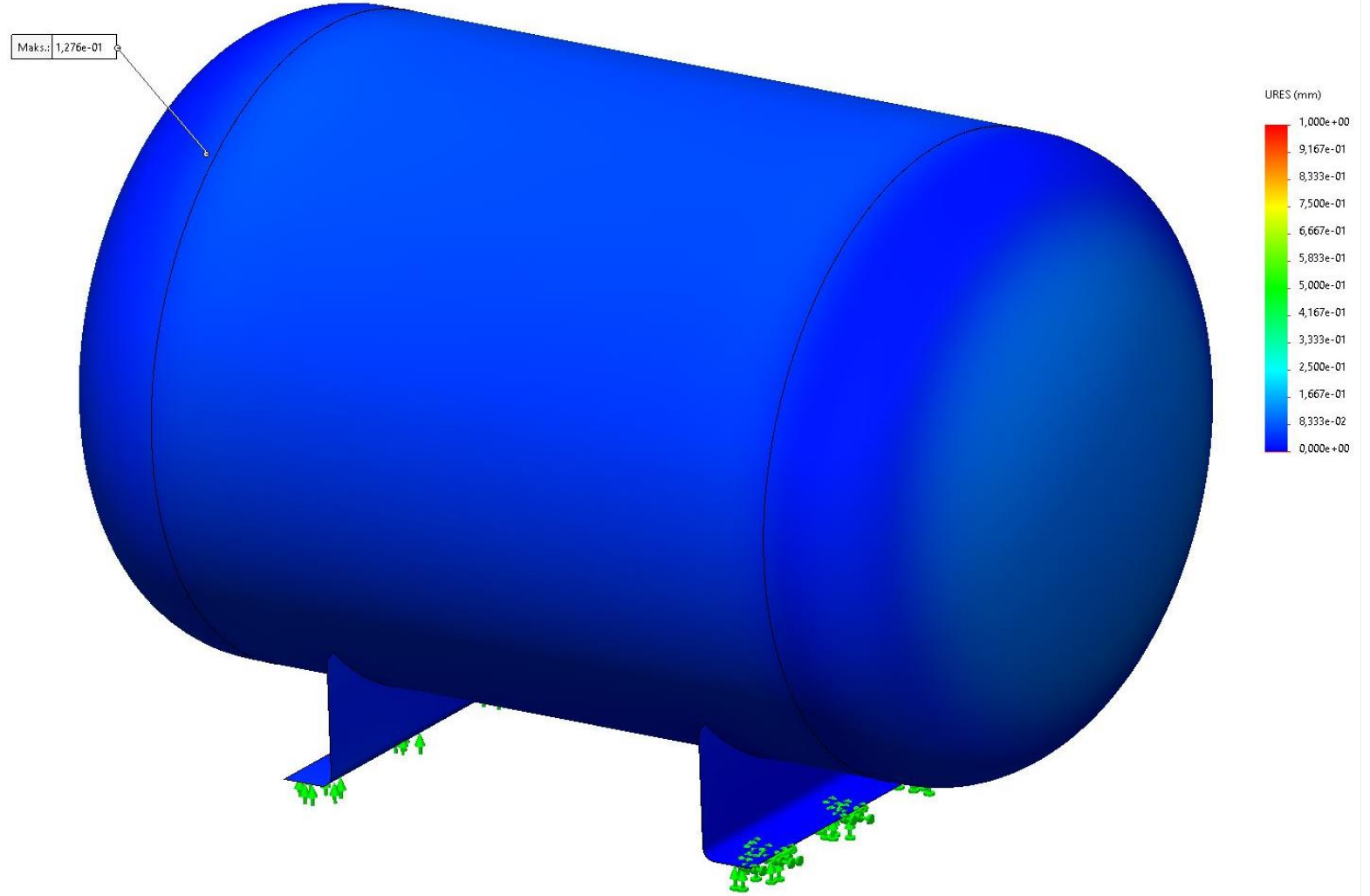
Çelik tankta maksimum gerilme $8,803 \times 10^7$ Pa'dır. Akma gerilmesi (P275NH) $2,750 \times 10^8$ Pa'dır. Oluşan gerilme akma gerilmesinden %68 daha düşüktür ve 3,124 kat emniyetlidir.



6-ANALİZ

Çelik Tank Genleşme

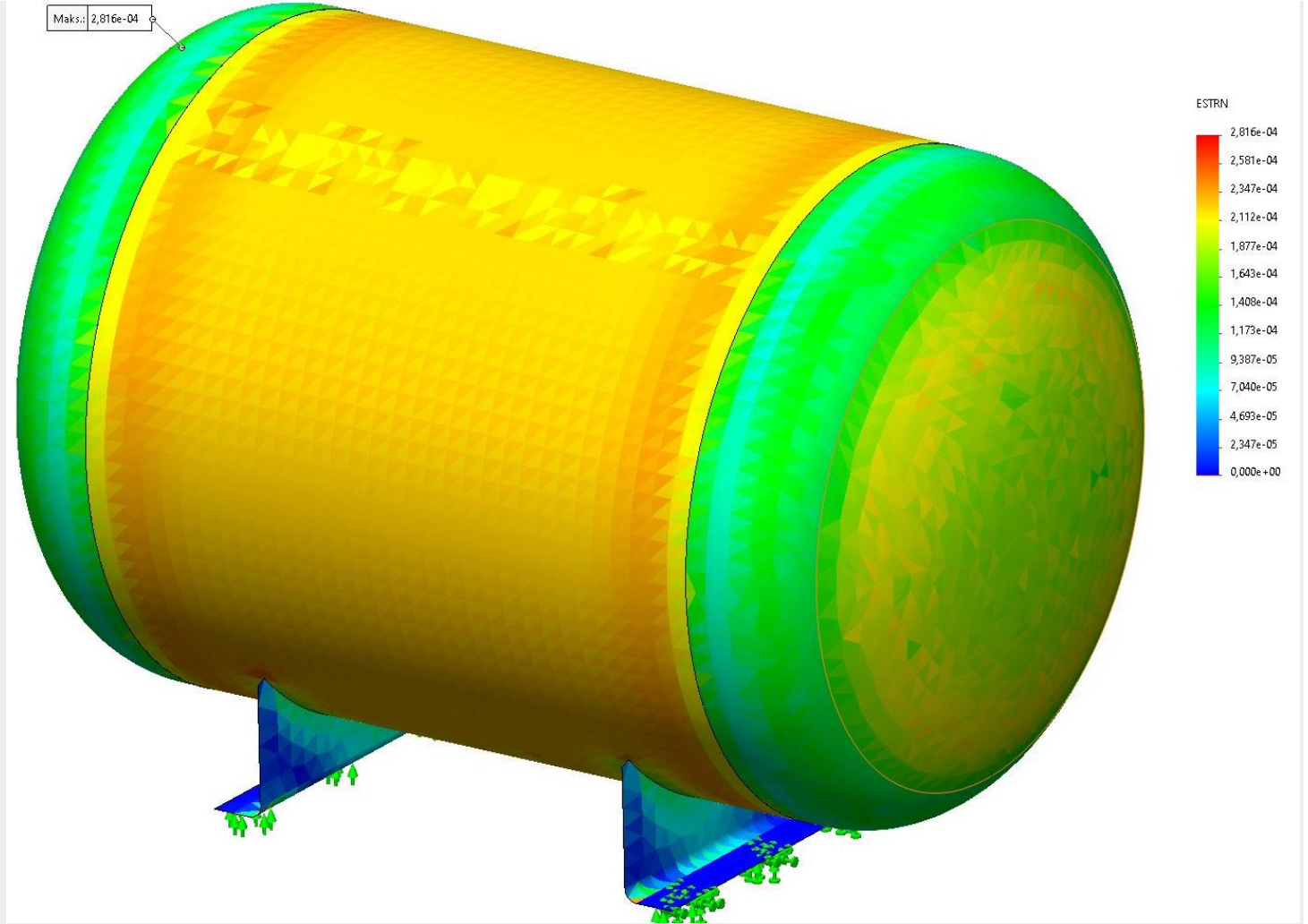
Çelik tankta maksimum yer değiştirme 0,1276mm'dir. Müsaade edilen uzamadan çok küçüktür. Kırmızı renk izlenmemiştir



6-ANALİZ

Çelik Tank Gerinim

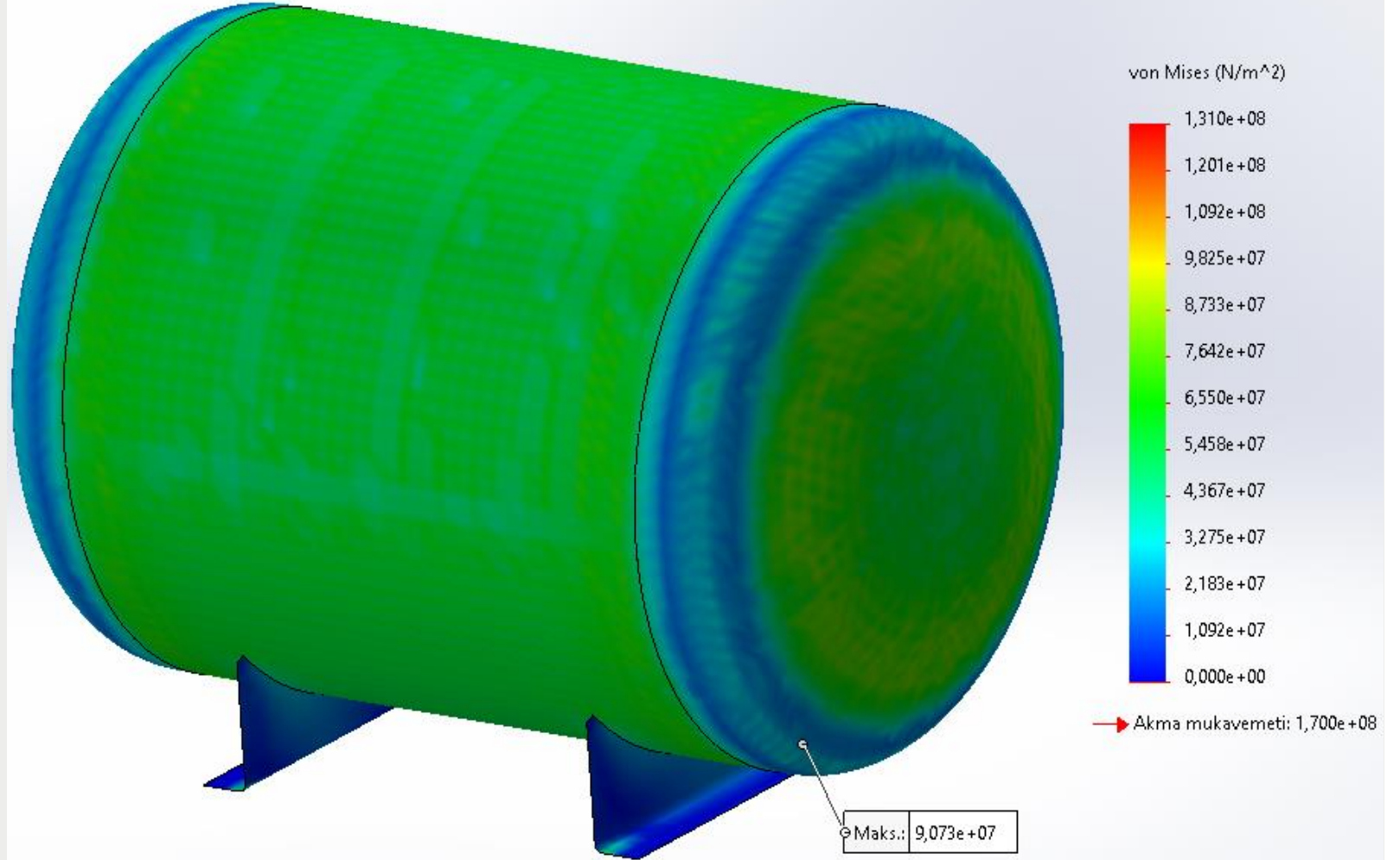
Gerinimde kırmızı renk görülmesi gerilme sonucu olan kalıcı deformasyonları işaret eder. Gerinim sonucunda yapıda kırmızı renk görülmemiştir.



6-ANALİZ

Alüminyum Tank Analiz Sonuçları Alüminyum Tank Gerilmeler

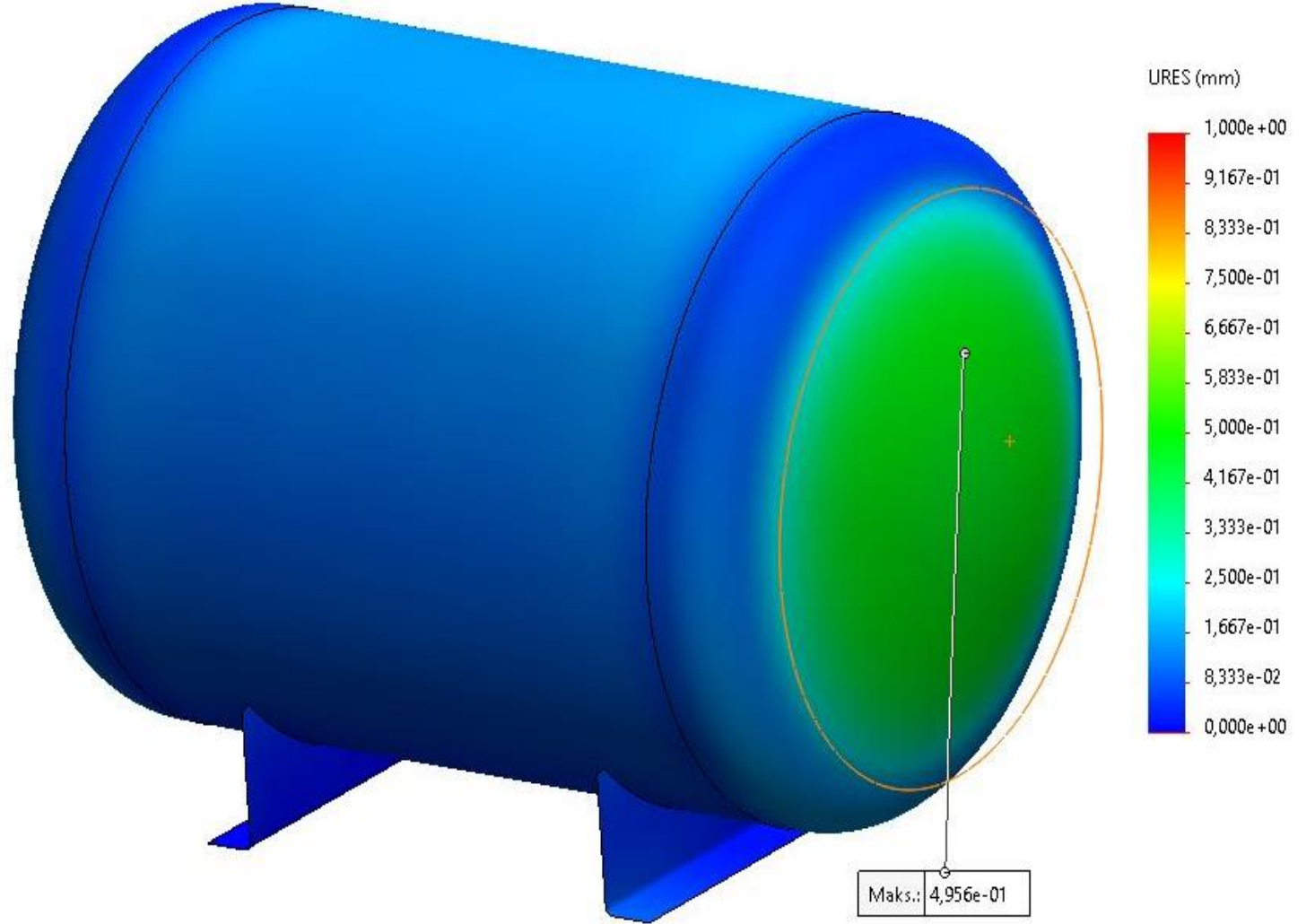
Alüminyum tankta maksimum gerilme $9,073 \times 10^7$ Pa'dır. Akma gerilmesi (5083-H111) $1,310 \times 10^8$ Pa'dır. Oluşan gerilme akma gerilmesinden %30 daha düşüktür ve 1,44 emniyetlidir.



6-ANALİZ

Alüminyum Tank Genleşme

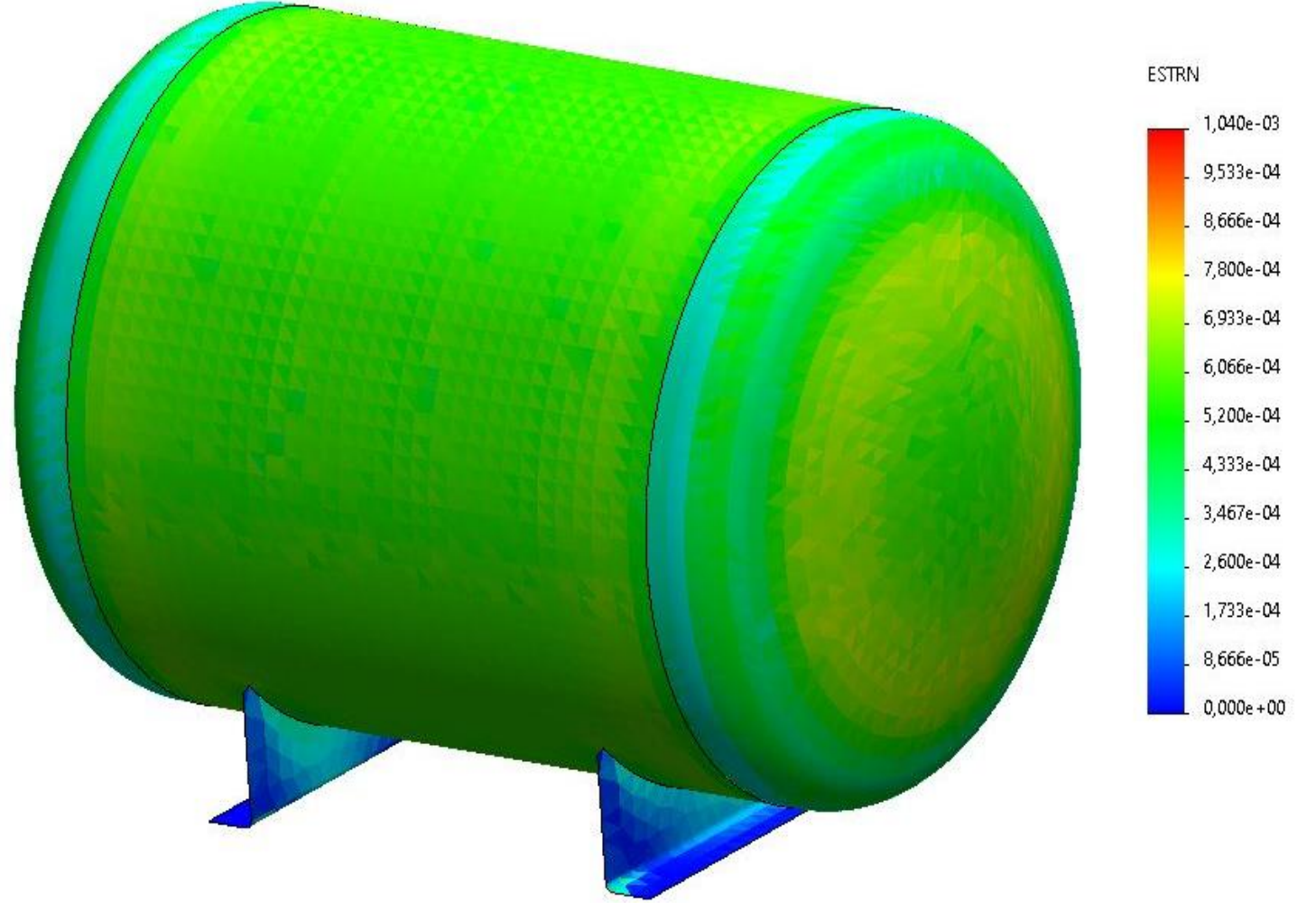
Alüminyum tankta maksimum uzama 0,495 mm 'dir. Müsaade edilen uzamadan çok küçüktür. Kırmızı renk izlenmemiştir.



6-ANALİZ

Alüminyum Tank Gerinim

Gerinim sonucunda yapıda kırmızı renk görülmemiştir.

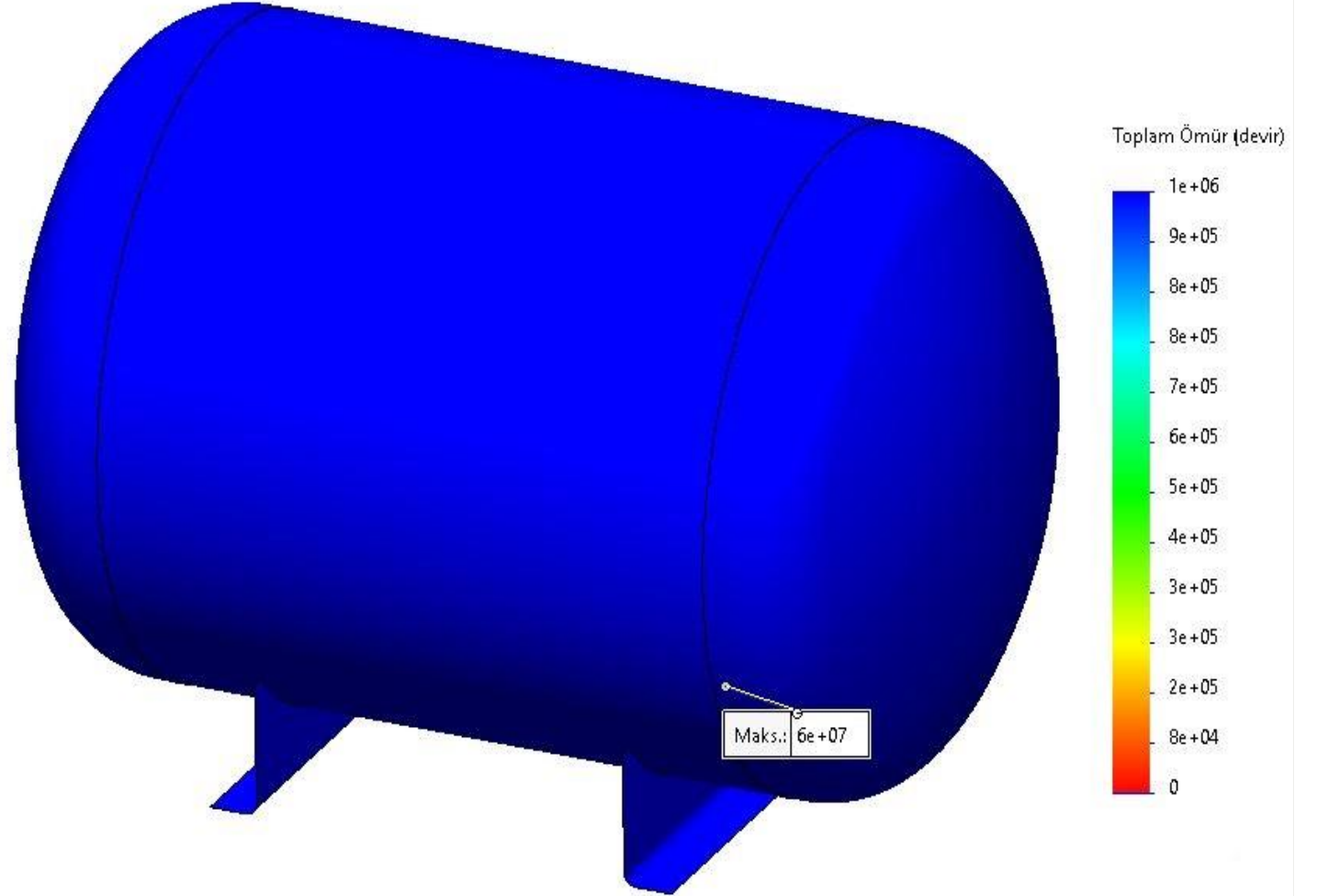


6-ANALİZ

Yorulma Analizi

Çelik Tank Yorulma Analizi Sonuçları

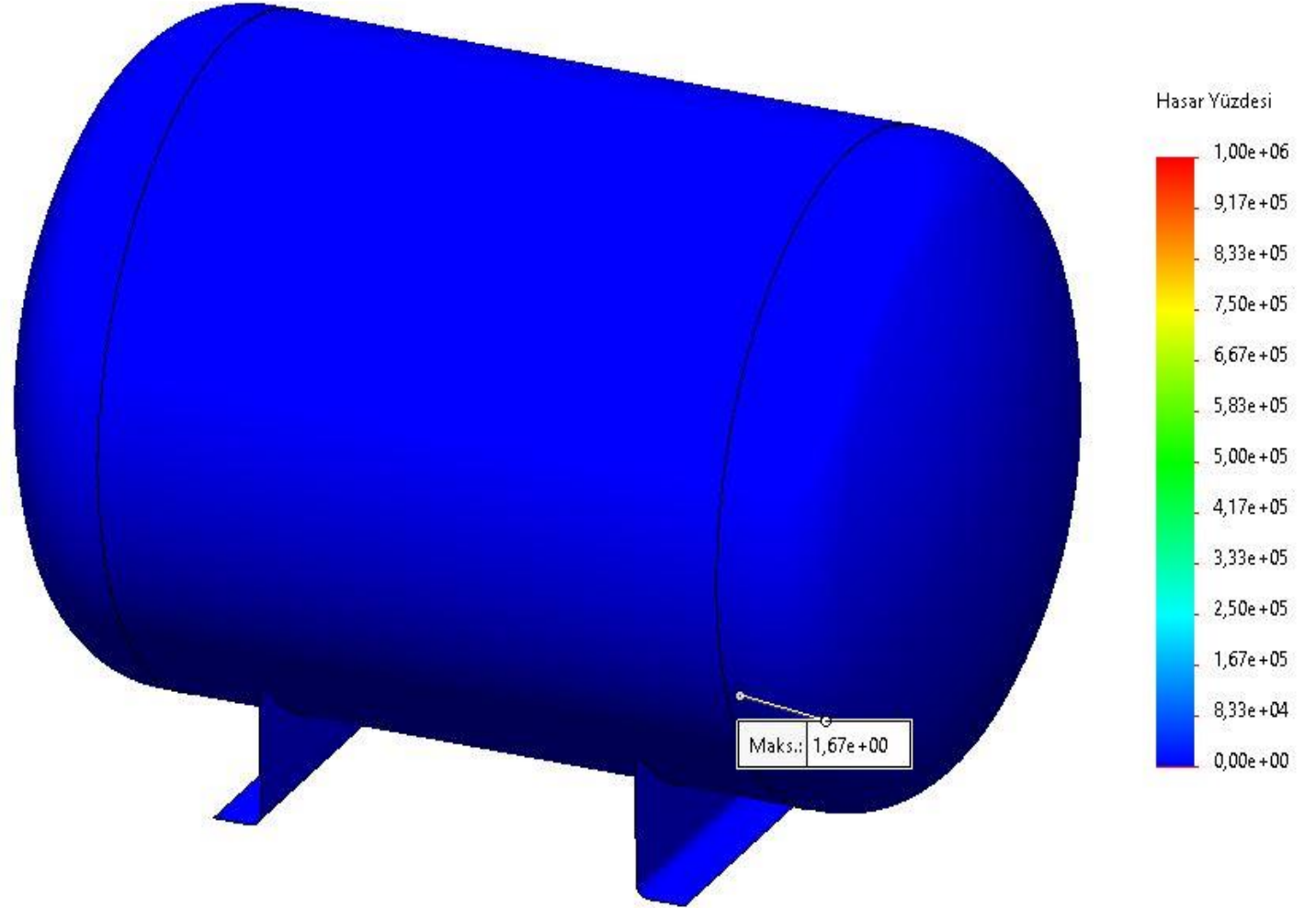
Çelik tank için yorulma analizi sonuçları yandaki resimde görülmektedir. Tankta yorulma gözlenmemiştir. Çelik tankta %1,67 hasar meydana geldiği görünmektedir. %1,67 kabul edilebilir bir hasardır.



6-ANALİZ

Çelik Tank Yorulma Analizi Sonuçları

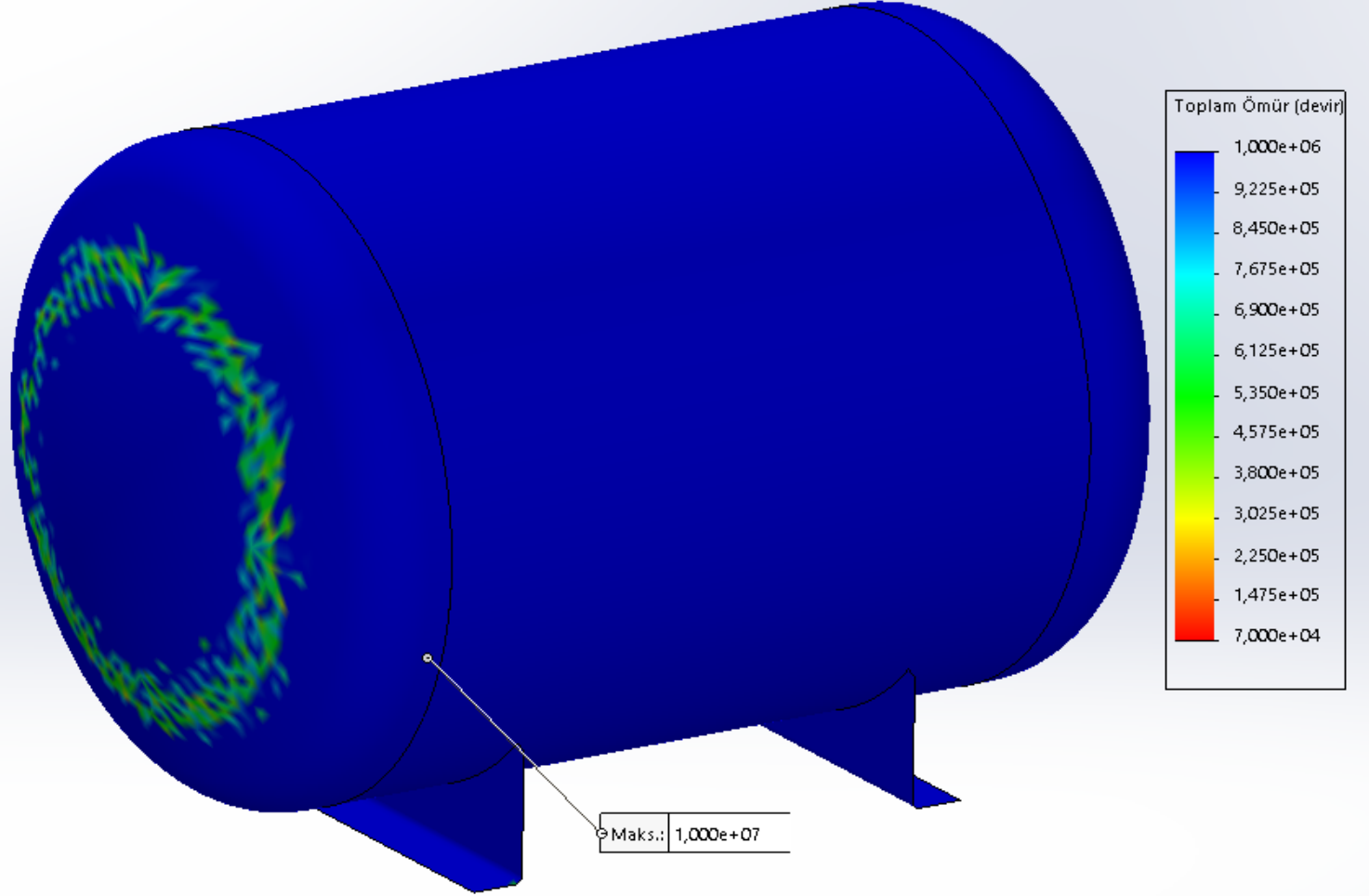
Çelik tank için yandaki resimde hasar yüzdesi verilmiştir.



6-ANALİZ

Alüminyum Tank Yorulma Analizi Sonuçları

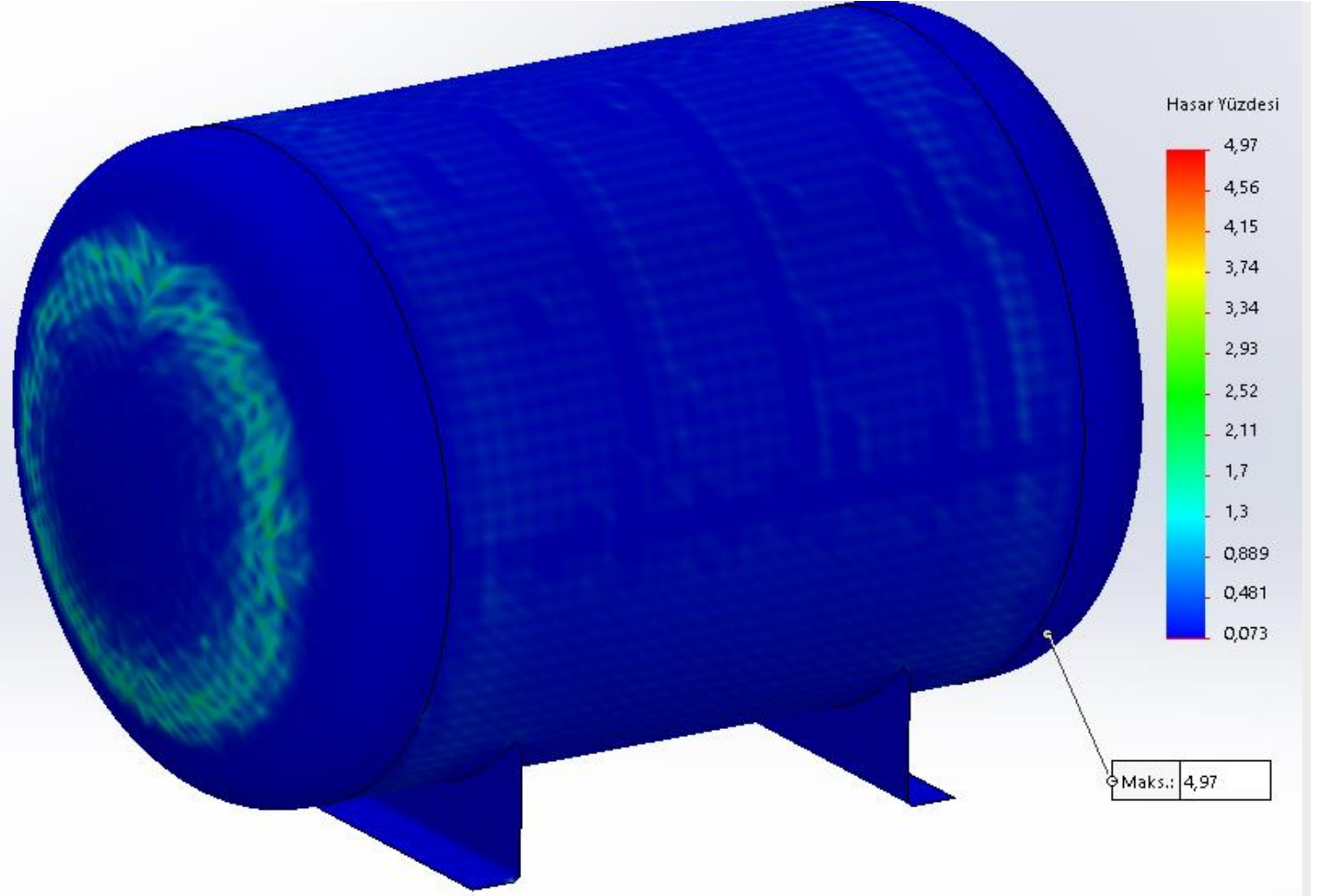
Alüminyum tank için yandaki resimde
 10^6 devir sonucu ömür grafiği
görülmeştir.



6-ANALİZ

Alüminyum Tank Yorulma Analizi Sonuçları

Alüminyum tank için yandaki resimde hasar yüzdesi verilmiştir. Maksimum hasar yüzdesi %4,97'dir.



7-SONUÇ

Analizden alınan sonuçlar çelik ve alüminyum tank için karşılaştırılmıştır. Analiz sonucu olarak aşağıdaki tablo elde edilmiştir.

	Çelik	Alüminyum
Gövde Kalınlığı	3 mm	4 mm
Müsaade Edilen Gövde Kalınlığı	1,05 mm	2,23 mm
Bombe Kalınlığı	4 mm	5 mm
Müsaade Edilen Bombe Kalınlığı	2,42 mm	3,90 mm
Ağırlık	27,3 Kg	11,5 Kg
Akma Mukavemeti (50°C)	247 MPa	110 MPa
Çekme Mukavemeti	390 MPa	275MPa
Maksimum Gerilme	88,03 MPa	90,73 MPa
Güvenilirlik Kat Sayısı	3,124	1,44
Maksimum Uzama	0,1276 mm	0,495 mm
Hasar Yüzdesi (10 ⁶ Yük Tekrar Sayısı için)	1,67	4,97

Alüminyum kaplarda da çelik kaplar kadar yorulma dayanımı yüksektir. Alüminyum malzeme, çelik malzemeye %30 oranla daha hafiftir. Alüminyum malzemenin tercih edilmesinin sebebi hafif olmasıdır. Fakat alüminyum esaslı malzemelerin gerilmeyi önleme yeteneği, çelik malzemeye nazaran azdır. Bunun sebebi ise çekme mukavemetinin düşük olmasıdır. Bu sebeple hafifliğin önemli olmadığı bir yapıda alüminyum malzeme kullanılması sadece maliyeti arttıracaktır. Alüminyum LPG tankı yorulma analizinden başarıyla geçmiş bulunmaktadır.

KOCAELİ SANAYİ ODASI

PROSES

EMNİYETİ SEMPOZYUMU

FUAR İÇİ 41040 İZMİT/KOCAELİ

TEL: +90 262 315 80 00

FAX: +90 262 321 90 70

WEB: www.kosano.org.tr

E-MAIL: kso@kosano.org.tr

