

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜRESEL VANANIN SONLU ELEMANLAR ANALİZ YÖNTEMİ
KULLANILARAK OPTİMİZE TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Teymur MAMMAD

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

HAZİRAN 2024

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜRESEL VANANIN SONLU ELEMANLAR ANALİZ YÖNTEMİ
KULLANILARAK OPTİMİZE TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Teymur MAMMAD

İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Tijen Över ÖZÇELİK

HAZİRAN 2024

Teymur Mammad tarafından hazırlanan “Küresel Vananın Sonlu Elemanlar Analiz Yöntemi Kullanılarak Optimize Tasarımı” adlı tez çalışması 25.06.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İmalat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Unvan Adı SOYADI Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Unvan Adı SOYADI (Danışman) Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Unvan Adı SOYADI Sakarya Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “Küresel Vananın Sonlu Elemanlar Analiz Yöntemi Kullanılarak Optimize Tasarımı ve Bir İşletme İçin İşgücü, Ekonomik Verimliliğinin Ele Alınması” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(01/06/2024).

(imza)

Teymur MAMMAD



TEŞEKKÜR

Bu çalışmamı, bana üniversiteye gitme fırsatını veren ve her zaman tam ve koşulsuz destek sağlayan sevgili babam Şemsettin Mammadov'a ve annem İlhama Mammadova'ya ithaf ediyorum.

Rehberliği, güveni, sabrı ve özverisi için, her zaman bu çalışmanın başarısını hedefleyen ve ihtiyaç duyduğumda yardımını esirgemeyen değerli danışmanım Doç. Dr. Tijen Över Özçelik'e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Yıllar boyunca dostlukları ve arkadaşlıkları için, yardım aradığımda bana her zaman büyük bir memnuniyetle yardımcı olan Ömer Faruk Hazar'a ve Melike Çakır'a teşekkür ederim.

TEYMUR MAMMAD



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1. Vananın Tarihçesi	2
1.2. Literatür	3
2. KÜRESEL VANALAR	15
2.1. Küresel Vananın Çalışma Prensibi	15
2.2. Küresel Vanaların Uygulama Alanları	16
2.2.1. Rafinerilerde küresel vanalar	16
2.2.2. Kimyasal ve petrokimyasal komplekslerde küresel vanalar	17
2.2.3. Enerji endüstrisinde küresel vanalar	17
2.2.4. Gaz ve petrol üretiminde küresel vanalar	17
2.2.5. Kâğıt ve selüloz endüstrisinde küresel vanalar	18
2.2.6. Su arıtma sistemlerinde küresel vanalar	18
2.2.7. HVAC sistemlerinde küresel vanalar	18
2.2.8. Diğer uygulamalar	18
2.3. Küresel Vana Tipleri	18
2.3.1. V-portlu küresel vana	18
2.3.2. Yüzer (Floating) küresel vanalar	19
2.3.3. Trunnion küresel vanalar	21
2.3.4. Tek parçalı gövde tasarımı küresel vanalar	22
2.3.5. İki parçalı ve üç parçalı küresel vana tasarımı	22
2.3.6. Trunnion küresel vanalar	25
2.4. Küresel Vana Parçaları	25
2.4.1. Vana gövdesi	26
2.4.2. Küre	26
2.4.3. Kapaklar	26
2.4.4. O-Ring ve sızdırmazlık cihazları	27
2.4.5. Mil	28
2.4.6. Güç kaynağı	28
2.4.7. Küre tutucusu	28
2.4.8. Paketleme(Teflon)	31
2.5. Küresel Vana Standartları	31
3. MATERYEL VE YÖNTEM	33
3.1. Genel Gereklilikler	33
3.2. Malzeme	34

3.2.1. Küresel vana gövdesi ve kapakları için malzeme seçimi	34
3.2.2. Küresel vana küresi için malzeme seçimi	36
3.2.3. Küresel vana küre tutucusu için malzeme seçimi	37
3.2.4. Malzeme özelliklerini tanımlama	39
3.3. Özel Gereksinimler	40
3.4. Teknik Özellikler.....	40
3.4.1. API 6D.....	41
3.4.2. ASME B16.34	41
3.4.3. ASME B16.5	43
3.4.4. ASME VIII – Bölüm 2	44
4. YAPISAL ANALİZ.....	47
4.1. Sonlu Elemanlar Sabit Değerler	47
4.2. Vana Gövdesinin 3 Boyutlu Modellemesi	48
4.2.1. Analiz adımları	49
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ	65

KISALTMALAR

PTFE	: Politetrafloroetilen
ABS	: Acrylonitrile Butadiene Styrene
QFD	: Quality Function Deployment
FEA	: Finite Element Analysis
FEM	: Finite Element Method
CFD	: Computational Fluid Dynamics
ANOVA	: Analysis Of Variance
PEEK	: Polietereeterketon
TFM	: Tetrafloroetilen
API	: American Petroleum Institute
MSDS	: Material Safety Data Sheet
ASME	: American Society of Mechanical Engineers
ISO	: International Standarts Organisation
MSS	: Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry
BS	: British Standarts
CGA	: Compressed Gas Association
ANSI	: American National Standarts Institute
ASTM	: American Society for Testing Materials
CAE	: Computer Aided Engineering



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1. 304 ve 304L Paslanmaz Çelik Malzemelerinin Özellikleri.	36
Tablo 3.2. PTFE Malzeme Özellikleri	38
Tablo 3.3. Küresel Vana Parçaları Malzeme Seçimleri	39
Tablo 3.4. ASME B16.34 Minimum Et Kalınlığı (mm)	42
Tablo 5.1. Optimizasyon Öncesi ve Sonrası Küresel Vanada Deformasyon, Gerilme, Ağırlık Değişim Sonuçları	57





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Petrokimyasal Komplekslerde Küresel Vanalar.	17
Şekil 2.2. V-Portlu Küresel Vana Küresi.	19
Şekil 2.3. V-Portlu Küresel Vana Açık (Sol) ve Kapalı (Sağ) Konfigürasyonları. ...	19
Şekil 2.4. Tek Parçalı Gövde Yüzer Küresel Vana (İngiliz Standartları Enstitüsü)..	20
Şekil 2.5. Tam Geçişli Küresel Vanalar ve Azaltılmış Çaplı Küresel Vanalar.	24
Şekil 2.6. Küresel Vananın İç Parçaları.	26
Şekil 3.1. ANSYS Workbench Malzeme Ekleme Ekranı.	40
Şekil 3.2. ASME B16.5 Küresel Vana Kapak Flanşı.	43
Şekil 4.1. Optimizasyon Öncesi Vana Gövdesindeki Von Mises Gerilmesi.	51
Şekil 4.2. Optimizasyon Öncesi Vana Gövdesindeki Deformasyon.	51
Şekil 4.3. Optimizasyon Sonrası Küresel Vana Gövdesindeki Von Mises Gerilmesi.	51
Şekil 4.4. Optimizasyon Sonrası Küresel Vana Gövdesindeki Deformasyonu.	52
Şekil 4.5. Mevcut (Sol) ve Optimize Edilmiş (Sağ) Küresel Vana Gövdesinin Ağırlıkla Modellenmesi.	52
Şekil 4.6. Optimizasyon Öncesi Kapakdaki Von Mises Gerilmesi.	53
Şekil 4.7. Optimizasyon Öncesi Kapakdaki Von Mises Gerilmesi ve Deformasyon.	53
Şekil 4.8. Optimizasyon Sonrası Kapakdaki Von Mises Gerilmesi.	53
Şekil 4.9. Optimizasyon Sonrası Kapaktaki Von Mises Gerilmesi ve Deformasyon.	54
Şekil 4.10. Optimizasyon Öncesi (Sol) ve Sonrası (Sağ) Küresel Vana Kapağının İşleme Sonrası Ağırlıkla Modellenmesi.	54
Şekil 4.11. Optimizasyon Öncesi Küredeki Von Mises Gerilmesi.	55
Şekil 4.12. Optimizasyon Öncesi Küredeki Von Mises Gerilmesi ve Deformasyon.	55
Şekil 4.13. Optimizasyon Sonrası Küredeki Von Mises Gerilmesi.	55
Şekil 4.14. Optimizasyon Sonrası Küredeki Deformasyon.	56
Şekil 4.15. Optimizasyon Öncesi (Sol) ve Sonrası (Sağ) Kürenin Ağırlıkla Modellenmesi.	56
Şekil 5.1. Optimizasyon Öncesi (Sol) ve Sonrası (Sağ) Küresel Vana Montajı Modelleri.	57



KÜRESEL VANANIN SONLU ELEMANLAR ANALİZ YÖNTEMİ KULLANILARAK OPTİMİZE TASARIMI

ÖZET

Vana teknolojisi, endüstriyel süreçlerin temelini oluşturan ve birçok sektörde hayati bir rol oynayan önemli bir unsurdur. 19. yüzyıldan bu yana gelişen ve çeşitlenen vana modelleri, endüstriyel tesislerde, enerji santrallerinde, su ve atık su tesislerinde, kimyasal tesislerde, petrol ve gaz endüstrisinde ve daha birçok alanda kullanılmaktadır. Bu çeşitlilik, farklı uygulamalara ve gereksinimlere uygun olarak tasarlanmış vanaların mevcut olduğunu göstermektedir. Günümüzde kelebek, iğneli, küresel, soketli, flanşlı, monoblok gibi çeşitli modellerdeki vanalar, üretimin olduğu birçok sektörde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle küresel vanalar, boru hattı sistemlerinde akış hızını ve akış yönünü kontrol etmek veya akışı tamamen kesmek için sıklıkla tercih edilen akış kontrol bileşenleridir.

Küresel vana üreticileri, tasarımlarını Amerikan Petrol Enstitüsü'ne (API) bağlı olarak API 6D ve ASME 16.34 standartlarına uygun şekilde değiştirmekte ve aynı zamanda API Q1 kalite beklentilerine uyum sağlamaktadır. Bu standartlar, küresel vanaların performans, güvenlik ve dayanıklılık açısından en yüksek şartları karşılamasını garanti etmektedir.

Bu çalışmada, iç çapı 100 mm olan 600 sınıfı flanşlı trunnion küresel vana, belirlenen standartlar çerçevesinde sonlu elemanlar analizi yöntemiyle optimize edilerek tasarlanacak ve vananın performansı detaylı bir şekilde incelenecektir. Tasarım için SolidWorks, analiz için ANSYS yazılımı kullanılmıştır. Belirlenen koşullar ve optimizasyon kriterleri doğrultusunda, vananın yapısal bütünlüğü, dayanıklılığı özellikleri değerlendirilecektir. Bu analizler, işletmelerin doğru vana seçimi yaparak hem maliyetlerini düşürmelerine hem de operasyonel verimliliklerini artırmalarına katkı sağlayacaktır.

Tezin yapısı beş bölümden oluşmaktadır:

Birinci bölüm olan giriş kısmında, tezin yapısı, vanalarla ilgili tarihi, literatür taraması, problemin tanımı, gerekçe, konu, genel ve özel hedefler, tezin katkıları, kapsamı, sınırlamaları ve tezin gerçekleştirilmesi için benimsenen araştırma yöntemi ele alınmaktadır.

İkinci bölüm olan küresel vanalar kısmında, küresel tip endüstriyel vanalarla ilgili literatür taraması yapılmaktadır. Bu bölümde ilgili çalışmalar, küresel vana, küresel vana tipleri, tasarım ve standartlaşma konuları incelenmektedir.

Üçüncü bölüm olan materyel ve yöntemler kısmında, küresel vanalar için kullanılan standartları, tasarlanacak parçalardaki malzemelerin seçimleri ve bu malzemelerin karakteristik özellikleri detaylı incelenmektedir.

Dördüncü bölüm olan yapısal analiz bölümünde 3 parçalı trunnion tipi küresel vananın parçaları tasarlanarak analizler yapılmış ve 2 parçalı küresel vana tasarımı elde edilmiştir.

Beşinci bölüm olan sonuçlar kısmında, tezin sonuçları ve tezin araştırma projesine devam edecek gelecekteki çalışmalar için öneriler sunulmaktadır.

Bu yapıyla, çalışmanın bütünlüğü ve amacı net bir şekilde ortaya konacak, araştırma süreci ve bulgular detaylandırılacaktır.



OPTIMIZED DESIGN OF A BALL VALVE USING FINITE ELEMENT ANALYSIS METHOD

SUMMARY

Valve technology is a crucial element forming the foundation of industrial processes and playing a vital role across many sectors. Since the 19th century, evolving and diversifying valve models have been utilized in industrial plants, power stations, water and wastewater facilities, chemical plants, the oil and gas industry, and many other fields. This diversity indicates that valves are designed to meet different applications and requirements. Today, various models of valves, such as butterfly, needle, ball, socket, flanged, and monoblock, are widely used in many sectors where production occurs. Particularly, ball valves are frequently chosen as flow control components to control flow rate and direction or to completely shut off the flow in pipeline systems.

Ball valve manufacturers modify their designs in accordance with API 6D and ASME 16.34 standards related to the American Petroleum Institute (API) and adhere to API Q1 quality expectations. These standards ensure that ball valves meet the highest requirements for performance, safety, and durability.

In this study, a 600-class flanged trunnion ball valve with an internal diameter of 100 mm will be designed and optimized using finite element analysis within the framework of the specified standards, and the valve's performance will be thoroughly examined. SolidWorks was used for the design and ANSYS software for the analysis. The structural integrity and durability of the valve will be evaluated according to the specified conditions and optimization criteria. These analyses will help businesses make the right valve selection, reducing costs and increasing operational efficiency.

The thesis is structured into five chapters:

In the first chapter, the introduction, the structure of the thesis, the history of valves, literature review, problem definition, rationale, subject, general and specific objectives, contributions, scope, limitations, and the research method adopted for the thesis are discussed. This section lays the groundwork for understanding the significance of the study, outlining the key issues addressed and the expected contributions to the field of valve design and optimization.

The second chapter, ball valves, presents a literature review related to industrial ball valves. This section examines relevant studies, ball valve types, design, and standardization topics. It provides a comprehensive overview of the current state of ball valve technology, highlighting advances and identifying gaps in the existing body of knowledge. This chapter aims to set the stage for the subsequent research by contextualizing the problem within the broader scope of industrial applications and technological developments.

In the third chapter, materials and methods, the standards used for ball valves, the selection of materials for the designed parts, and the characteristic properties of these materials are examined in detail. This chapter delves into the technical aspects of ball

valve construction, providing a thorough analysis of the materials chosen for different components. It discusses the criteria for material selection, such as mechanical strength, corrosion resistance, and suitability for specific operating conditions. Additionally, the methods used for the structural analysis and optimization of the ball valve design are explained, including the computational tools and techniques employed.

In manual ball valves, when the ball's opening aligns with the inlet and outlet ports, flow continues uninterrupted, and if a full port ball is used, there is minimal pressure drop. However, if a reduced port ball is used, the pressure drop increases. When the manual operator is positioned parallel to the pipeline, the flow paths of the ball align with the flow paths of the body, providing full flow. When the manual operator is turned to the closed position, the ball's opening becomes perpendicular to the flow stream, blocking the flow.

In throttling applications, when the ball is in the middle-turn position, the flow experiences a double pressure drop as it passes through the valve. When a customizable ball is used, a specific opening in the ball is exposed to the flow at a certain position as the ball rotates from closed to open, providing 100% flow in the fully open position.

WCB cast steel valves can be divided into three categories: cast carbon steel, cast low alloy steel, and cast special steel. These categories are generally preferred for manufacturing parts with complex shapes that are difficult to forge or machine. The selection of this material offers significant advantages in design and optimization processes, particularly because it meets high strength and plasticity requirements, making it ideal for parts with intricate geometries. These reasons are among the important factors influencing the decision to choose WCB material in valve design.

In the ball valve material selection table, the valve body and cover are made from ASTM A216 Gr. WCB material. The ball holder is made from PTFE, while the body shaft is constructed from ASTM A182 Gr. F6a material. The bolts are ASTM A193 Gr. B7, and the bolt nuts are ASTM A194 Gr. 2H. The packing is composed of Teflon material with graphite braided end rings. The ball and lower bearing are manufactured from SS304 material, and the lower bearing flange is also made from ASTM A216 Gr. WCB material. The eye bolt nuts are made from ASTM A194 Gr. 2H material.

In the fourth chapter, structural analysis, the parts of the 3-piece trunnion ball valve were designed and analyzed, ultimately leading to a 2-piece ball valve design. Optimization studies were conducted to enhance valve performance and reduce costs. Pre-optimization analyses identified weaknesses in the existing design, evaluating parameters such as stress and deformation. Post-optimization analyses then evaluated the effectiveness of the design changes. In this process, optimizing the ball valve cover played a critical role in ensuring system safety and efficiency. Changes in the cover design post-optimization were assessed through stress and deformation analyses, resulting in a reduced weight and an optimized design for the valve.

The analysis concluded that transitioning from a 3-piece flanged ball valve to a 2-piece valve offers many opportunities for valve optimization. This transition can result in savings on components such as the lower bearing shaft and sealing elements. While the additional components and connections in 3-piece valves provide ease in maintenance and repair processes, they also pose a cost disadvantage. On the other hand, the fewer components in 2-piece valves reduce production costs and shorten assembly time due to fewer connecting elements.

In the fifth chapter, conclusions, the results of the thesis and recommendations for future studies in the research project are presented. These results show that the optimized design achieves weight reduction while maintaining safe operating conditions. In the numerical model, it is assumed that the material is homogeneous, free from pores and foreign matter, and does not contain residual stresses produced by the manufacturing process. However, the presence of foreign matter, pores, and residual stresses in the actual components of the valve can lead to differences between numerical and experimental analysis results. The placement of strain gauges can also cause significant differences between experimental and numerical results because the locations of these elements may not exactly match the points determined in the finite element software.

In this context, it has been proven that applying CAE (Computer-Aided Engineering) technology using the finite element method is suitable for the analysis of trunnion ball valves. This technology allows for the determination of deformations and stresses that occur due to various loads the valve will be exposed to throughout its service life. These analyses encompass assembly stages, approval tests, factory acceptance tests, and operational processes. Applying CAE technology through the finite element method emerges as an alternative tool for analyzing different shapes and applications of a specific valve, enabling optimization by focusing on value addition and eliminating waste.

With this structure, the integrity and purpose of the study will be clearly presented, and the research process and findings will be detailed.



1. GİRİŞ

Vanalar, tarih boyunca su yönetimi, buhar makineleri ve kimyasal işlemler gibi çeşitli alanlarda önemli rol oynamıştır. Modern endüstriyel uygulamalarda vanalar, özellikle petrol ve gaz gibi enerji sektörlerinde, yüksek basınç ve sıcaklık koşulları altında güvenilirliklerini sürdürmeleri gerekmektedir. Endüstriyel vanalar, özellikle yüksek performans gerektiren uygulamalarda kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, imalat mühendisleri bu vanaların tasarım ve üretim süreçlerini sürekli olarak geliştirmek zorundadır. Bu tez, rekabetçi endüstri ortamında önemli bir yere sahip olan trunnion küresel vana kapaklarının ve küresinin tasarımını optimize etmeye odaklanmaktadır.

Literatürde, özellikle yüzer küresel vana kapaklarının tasarımı ve optimizasyonu ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak, mevcut çalışmalar genellikle belirli tasarım özelliklerine veya malzemelerin seçimine odaklanmış, sistemsel bir yaklaşım eksikliği göstermektedir. Bu tez, mevcut boşluğu doldurmayı hedefleyerek, vana tasarımında karşılaşılan temel sorunları ve bu sorunların çözümlerini detaylı bir şekilde ele almaktadır. Vanaların tasarımında, kullanım güvenliği ve malzeme verimliliği gibi faktörler göz önünde bulundurularak, endüstriyel ihtiyaçlara cevap verebilecek yenilikçi çözümler geliştirilmek istenmektedir.

Tezin metodolojisi, hem teorik modeller geliştirilmesi hem de bu modellerin hesaplama yöntemleri ile doğrulanması üzerine kuruludur. Geliştirilen modeller, vana mekanizmasını ve yük altındaki davranışlarını anlamak için gerekli teorik temelleri sağlar. Bu teorik modeller, daha sonra gerçekçi hesaplama modelleri ile test edilerek, tasarım süreçlerinde karşılaşılabilecek potansiyel problemler önceden belirlenip çözümlenir. Ayrıca tez kapsamında, vanaların endüstriyel uygulamadaki performansını artırmaya yönelik pratik bir tasarım metodolojisi geliştirilmiştir. Bu metodoloji, çeşitli endüstriyel senaryolar altında vanaların tasarımını ve üretimini optimize ederek hem maliyet hem de operasyonel verimlilik sağlama potansiyeline sahiptir.

Sonuç olarak, bu tez, trunnion küresel vana kapaklarının tasarım ve optimizasyon süreçlerine yönelik kapsamlı bir yaklaşım sunarak, endüstriyel vanaların gelişimine önemli katkılarda bulunmayı amaçlamaktadır. Önerilen tasarım metodolojisi, vana

reticilerine, mühendislere ve tasarımcılara, daha güvenilir ve verimli vana çözümleri geliştirmede rehberlik edecek bilgiler sunmaktadır.

1.1. Vananın Tarihçesi

İnsanlık tarihi boyunca, büyük icatlar genellikle temel ihtiyaçlardan doğmuştur. Bu, vanaların icadı ve evrimi için de geçerlidir. Antik ağlarda sıvı akışını kontrol etmek için kullanılan yöntemlerle ilgili kesin bilgiler mevcut olmamakla birlikte, su yönetimi amacıyla kullanılan kapak veya benzeri düzeneklerin varlığına dair kabul görmüş varsayımlar bulunmaktadır. Bu ilk vana kullanımlarının, modern dönemde yaygın olarak kullanılan ek vanaların öncülleri olduğu düşünülmektedir. İlgili literatürde, bu vana türlerinin basit kelebek vanalar şeklinde olduğuna dair bilgiler bulunmakta olup, bu vanalar sonraki gelişmelerle günümüzdeki ek vanalarına evrilmiştir [1].

Sofistike vana tasarımlarının ilk örneklerinin, antik Yunan ve Roma dönemlerine tarihlendiği bilinmektedir. Bu dönemlerde, bu uygarlıklar tarafından geliştirilen çeşitli mekanik ve hidrolik makineler, su yönetimi ve dağıtımı amacıyla vanaların kullanımını zorunlu kılmıştır. Bu dönemde, özellikle bronz ve pirinç gibi malzemeler, Roma'da kamu ve özel binaların su tesisatlarında kullanılan temel vana malzemeleri olarak tercih edilmiştir [2].

Romalılar, kentlerine ve tarlalarına su taşımak için primitif vana formlarını kullanıyorlardı. Yıllar geçtikçe, karanlık ağlar boyunca vana tasarımları pek ilerleme kaydetmemiş, ancak Rönesans'la birlikte, Leonardo da Vinci gibi mucitler, sulama kanalları ve kentlerdeki sıvı yönlendirme üzerine önemli çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Bu projelerde vanalar sürekli olarak bahsedilmiş ve kullanılmıştır.

Sanayi devrimi sırasında, 1705 yılında Thomas Newcomen ilk endüstriyel ölçekte buhar makinesini icat etti. On sekizinci yüzyılın başlarında sanayi devriminin başlamasıyla birlikte, buhar makinelerinin gelişimi ön plana çıkmış ve James Watt'ın 1769 yılında kondansatörünü patentlemesi, buhar makinelerinin evriminde kritik bir dönüm noktası olmuştur. Watt'ın geliştirdiği buhar makineleri, çeşitli vana türlerini içermekte olup, bu vanalar arasında kelebek, macho ve daha sonraları geliştirilen kelebek vanalar bulunmaktadır. Bu makinelerin çalışması için buharın basıncının düzenlenmesi ve bir şekilde engellenmesi gerekiyordu, bu da vanalara sanayi sahnesinde yeni bir önem kazandırdı. İlk engelleme vanaları, günümüz kapak vanalarına benzer şekilde, ağaç kütüklerinden yapılıyordu. Kayıtlar, konvansiyonel

kapak vananın (katı takoz tipi) ilk olarak 1839 yılında İngiliz James Nasmyth tarafından geliştirildiğini göstermektedir.

On dokuzuncu yüzyılda, birçok mühendis vanalara yönelik inovasyonlara odaklanmıştır. Özellikle, Timothy Hackworth'un buhar güvenlik vanalarında ayarlanabilir yaylar kullanarak ağırlık sistemlerini değiştirmesi, bu dönemde gerçekleşen önemli yeniliklerden biridir. 1875 yılında, Dewrance & Co. tarafından piyasaya sürülen Macho tipi vana, modern vana tasarımlarının öncüsü olmuş ve Joseph Hopkinson'un 1886 yılında geliştirdiği guillotine tipi vana, bugün bile yüksek basınçlı buhar servislerinde kullanılmaktadır [2].

Buharın sanayi devriminde temel enerji kaynağı olarak kullanılmasıyla, buhar için tasarlanmış vanalar mühendislik alanında öncelikli hale gelmiştir. Bu durum, suyun, petrol ve doğalgazın yanı sıra kimyasal maddeler ve nükleer enerji gibi yeni enerji kaynaklarının kullanımının yaygınlaşmasıyla endüstriyel vanaların evrimini tetiklemiştir [1].

Yirminci yüzyılda, özellikle Sven Nordstrom tarafından Birinci Dünya Savaşı sırasında geliştirilen ve sızıntıyı minimize eden Macho tipi vanalar gibi yeniliklerle, vana tasarımlarında önemli gelişmeler kaydedilmiştir. İkinci Dünya Savaşı döneminde, uçak yakıt sistemlerinde kullanılmak üzere geliştirilen kelebek vanalar, James Watt'ın erken buhar makinelerinde kullandığı vana türlerinden biri olarak bilinir. Bu dönemde, polimer biliminde yapılan keşiflerle politetrafloroetilen (PTFE) gibi yeni malzemelerin vana mühendisliğinde kullanılması, vana tasarımlarında önemli bir dönüşümü tetiklemiştir [3].

Howard G. Freeman tarafından 1960 yılında patentlenen çift yönlü PTFE sızdırmazlıklı küre vana ve Jhon Warren tarafından 1871'de patentlenen, ancak pratikte başarısız olan metal-metal sızdırmazlık tasarımına sahip küre vana tasarımları, vana tasarımında yeni bir dönemi işaret etmiştir. Bu ve benzeri gelişmeler, vana teknolojisindeki inovasyonları sürekli kılmış ve bu alandaki normatif düzenlemelerle uluslararası standartların belirlenmesine zemin hazırlamıştır [3].

1.2. Literatür

Grant D. A. (1999) [4], bir vaka çalışmasında üretim sürecine dair dokuz adımlı bir yaklaşım ortaya koymuştur. Yaklaşım, güncel modelleme tekniklerine dayanan ve

birbirleriyle yakından ilişkili yedi kavramsal modelden oluşan bir modelleme sistemini içermektedir. Büyük bilgisayar üretiminde yapılan bir araştırma, ürün döngüsünün süresiyle ayrılmaz bir şekilde bağlantılı olan çeşitli operasyonel ve teknolojik sorunları ele almıştır. Araştırmanın bazı başarıları arasında döngü süresinde ve iş sürecinde %75 oranında azalma meydana gelmiştir.

Kumar L. ve ark. (2018) [5], araştırma çalışmalarında monoblok bileşenlerin maliyetini azaltmak için tasarımı ve malzemeleri değiştirerek değer mühendisliği tekniklerini uygulamışlardır. Ürünün çark, ana ve yardımcı sargı, adaptör ve kapak gibi bazı temel bileşenleri, kaliteden ödün vermeden maliyetleri düşük tutmak için iyi müşteri geri bildirimlerine sahip olma potansiyeline sahiptir. Çark malzemesinin, adaptörün ve kapak malzemesinin ayarlanması için tasarımda ve bobin sargısındaki sargı dönüşlerinde değişiklikler önerilmiştir. Değer katan yenilik stratejisi sonucunda, toplam maliyet düşüşü sağlanmıştır. Seçilen dört bileşen üzerinde yapılan değer mühendisliği sonucundaki bulgulara göre, 0.5 HP monoblok pompa için toplam üretim maliyetini yaklaşık %24,84 oranında azaltmıştır.

Kothurkar R. ve ark. (2016) [6], Evrensel Mobil Tutucu için değer mühendisliği prensibini, iş planını ve etkin uygulamasını ele almıştır. Uygunluk derecelendirme tablosundan, mevcut alternatifler için en uygun seçenek seçilmiştir. İşlevsellik ve estetik açısından maliyetleri sabit tutarak veya biraz artırarak, bu çalışma ürünlerin değerini artırmıştır. 3D modelleme ve değerlendirme SolidWorks araçlarıyla yapılmıştır. Bir ürünün nesnel olarak belirlenmiş değerinin, müşteriler veya kullanıcılar için gerçekten ilgi çekici hale gelmesinde ve beklentileri karşılama da çok önemli olduğu sonucuna varmıştır. Ürünün işlevleri arttıkça, ürünün değeri de artmıştır. Ayrıca, kelepçenin malzemesinin çelikten ABS plastiğe değiştirilmesi, ağırlığını 128 gramdan 72 grama düşürmüştür. Ayrıca, metal kelepçenin maliyeti 0,9 Dolar iken, plastik kelepçe 0,68 Dolar maliyetindedir. Top ve soket ekleminin ağırlığı da malzemenin çelikten ABS plastiğe değiştirilmesiyle 15 gramdan 2 grama düşürülmüştür.

Babu S. ve ark. (2016) [7], herhangi bir ürüne uygulanabilecek olan değer mühendisliğinin temel prensiplerine odaklanan bir maliyet düşürme stratejisi uygulamışlardır. Bu makale, bir tekerlekli yükleyici olarak bilinen yer hareketli ekipmanın bir alt montajı olan Kol Çapraz Barı'nı (ACB) konu almaktadır. Tekerlekli yükleyici, genellikle inşaat ve madencilik sektörlerinde kullanılan ağır bir ekipmandır.

Çoğunlukla malzemeleri depolamadan kamyonlara taşımak veya iş sahalarında malzemeleri taşımak için kullanılır. ACB, değer analizi yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve işlevsel parametrelerden ödün vermeden ağırlığı ve montaj maliyetlerini azaltabilecek alternatif tasarımlar belirlenmiştir. Bu, bir işletmenin çok düşük maliyetle ürün üretmesini sağlar. Bu da müşteri memnuniyetini artıracak, ürün satışlarını artıracak ve en önemlisi karbon emisyonlarını azaltacaktır.

Lawand P. ve ark. (2019) [8], makalesinde mekanik kurşun kalemin işlevselliğini artırmak ve maliyetini düşürmek için değer mühendisliği prensiplerinin uygulandığını belirtmiştir. Değer Analizi Yöntemleri kullanılarak ACB değerlendirilmiş ve işlevsel parametrelerden ödün vermeden ağırlığı ve montaj maliyetlerini en aza indirebilecek alternatif tasarımlar tanımlanmıştır. Bu, bir şirketin ürünü çok rekabetçi bir fiyata üretmesine olanak sağlar. Bu durum tüketici memnuniyetini artıracak, ürün satışlarını artıracak ve en önemlisi karbon ayak izini azaltacaktır.

Pratama Y. T. ve ark. (2019) [9], malzemenin ana işlevini gözden kaçırmadan, çeşitli cam cephe malzemelerinin maliyet analizini tartışmışlardır. Değer mühendisliği yöntemleri kullanılarak elde edilen maliyet tasarrufları, iş için maliyet geri kazanım bütçesinin %5.93'üne katkıda bulunmuştur. Bu araştırmanın bulgularına göre, değer mühendisliği cam malzemelere uygulanarak performansları artırılabilir ve cephe, başlangıç maliyetinin %5.93'ü oranında kalite verimliliğini azaltabilir. Değer mühendisliğinin diğer cephe bileşenlerine uygulanması üzerine daha fazla araştırma yapılabilir. Ayrıca, saha uygulama bulgularının, uygulama için kalite yönetim derecesini değerlendirerek birleştirilmesiyle daha fazla analiz yapılabilir. Yapılan LCC (Yaşam Döngüsü Maliyeti) hesaplamalarının sonuçlarına göre, cam içeriğinin değiştirilmesinin, lambaların daha maliyet etkin kullanılmasını %50'den fazla etkilediği gösterilmiştir.

Tao J. ve ark. (2018) [10], sürdürülebilir ürün gelişimi bağlamında, yaşam döngüsü yaklaşımlarına ve sürdürülebilir değer modelleme ve analiz tekniklerine dayanan yüksek değer mühendisliği için bir değer dizileri önermişlerdir. Ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan değer bütüncül bir bakış açısına dayalı olarak sürdürülebilir değer kavramı önerilmiştir. Sürdürülebilir değer parametrelerine dayalı yaşam döngüsü planına QFD tabanlı bir yaklaşım kullanılarak yüksek değerli toplam ürün fikirlerinin ve yaşam döngüsü planlarının geliştirilmesi önerilmiştir. Yaşam Döngüsü Simülasyonu, karmaşık kapalı döngü ürün yaşam döngülerini modellemek ve

değerlendirmek için kullanılmıştır. Önerilen yapı, ürün ve süreç mühendisliği, endüstriyel yönetim ve çevresel değerlendirme alanlarında uzmanların iş birliğini kolaylaştırmaktadır.

Kumar G. K. V. ve ark. (2017) [11], Değer Mühendisliği'nin temellerini ve bir ürünü iyileştirmek için kullanılabilecek farklı aşamaları açıklamaktadır. Değer Mühendisliği, ürünün gereksiz maliyetlerini azaltarak ürünün maliyetini artıracaktır. Makalenin anlatımı, daha bütünleşik ve tanınabilir hale getirilmek üzere üzerinde çalışılmıştır. Bu makale, çoğu endüstride hava sirkülasyonu için yaygın olarak kullanılan çatı egzoz fanlarıyla ilgili bir vaka çalışmasını ele almaktadır. Malzeme, kaliteden ödün vermeden ürünün maliyetini en aza indirecek şekilde seçilmiştir. Ürünün değeri korunurken kârlar en üst düzeye çıkarılmaktadır. Sonuçlar, tekniğin etkin uygulanması nedeniyle değer mühendisliğinin iyi bir örneği olarak görülmektedir.

Bhosale A. T. ve ark. (2013) [12], tüm şirketlerin, rekabet kapasitelerini ve güçlerini korumak için rakiplerinden daha düşük bir fiyata ve en kısa sürede yüksek kaliteli mal ve hizmetler sunmaları gerektiğini belirtmiştir. Vanalar, inşaat, boru hattı enerji santrali kurulumları ve malzeme taşıma sistemleri gibi birçok endüstride kullanılmaktadır. Vana ürünleri arasında karbon ve alaşımlı çelik, gri veya alaşımlı dökme demir ve diğer plastikler ve kauçuklar bulunmaktadır. Bu makale, kelebek vana gövdesinin sonlu elemanlar analizi ve ağırlık optimizasyonunu ele almaktadır. Ağırlığı azaltmak için diskin kalınlığını artırın. Çeşitli optimizasyon modelleri yardımıyla parametreler değiştirilmiş ve değerlendirilmiştir. Her segmentteki ortalama ağırlık azaltımı 2 kg olup, maksimum gerilme seviyesi 140 N/mm^2 uygulanan yük için sağlıklı kalmaktadır.

Rajkumar B. (2014) [13], yeni dünyada endüstrinin karşılaştığı yaygın sorunları belirlemiştir. Bu sorunlar arasında, daha yüksek vana torku nedeniyle zor manuel operasyon, tüm paslanmaz çelik ürünlerde mil bükülmesi problemleri, döner mil tasarımı nedeniyle ambalaj üretiminde bozulma, mil dişlerinde ve flanş cıvatalarında sürtünme sorunları ve düşük sıcaklıklarda göz cıvatalarının gland ambalajı bulunmaktadır. Flanş katmanının gövde kaplaması, disk kalınlığı ve akış geometrisi, FEA ve CFD yöntemleri kullanılarak ince ayar yapılmıştır. Bu yöntemler, vananın konfigürasyonunu optimize etmek için FEA ve CFD yazılımlarının nasıl kullanıldığını göstermektedir. Hemen, gövde kapak flanş kalınlığının kod tasarımı ve FEA tasarım optimizasyonu, teorik ölçüm sonuçlarının FEA test performansına kıyasla

muhafazakâr olduğunu göstermektedir. Bu süreçle flanş ağırlığı %50 azaltılmıştır. Ayrıca, FEA'nın doğasını doğrulayarak gerilme ve deformasyon yoğunluklarının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu garanti etmektedir.

Chem M. J. ve ark. (2007) [14], bir deneysel kurulum kullanarak kürelî vana çıkışı, akış desenleri ve kavitasyon olgularını incelemişlerdir. Vana açıklıkları ve giriş hızı ile ilgili olarak, Parçacık Takip Görselleştirme Yöntemi kullanılarak kürelî vanalardaki giriş ve çıkış akışının çeşitli desenlerini görselleştirmektedir. Bu arada, belirli koşullar altında bir kavitasyon etkisi gösterilmektedir. Basınç ve akış hızını hesaplamak, vananın performans katsayısını elde edebilir. Vanaların çıkışı ve ürettikleri akış desenleri tanımlanmış ve tartışılmıştır. Önerilen yaklaşım, hızlı etki değerlendirmesine olanak tanımaktadır.

Shridhar S. G. ve ark. (2014) [15], birkaç ağırlık optimizasyon testi ve deneysel gerilme analizi yaklaşımları gerçekleştirmiştir. Her sonuç, klasik ve deneysel sonuçların birbirine büyük ölçüde uyumlu olduğunu ve sürgülü vananın daha da optimize edilmesi için kullanılabileceğini göstermektedir. Sürgülü vanaları genellikle döküm yoluyla üretilir. Sürgülü vana gövdesi, montajın önemli bir ağırlığını (toplam ağırlığın yaklaşık %50'si) ekler. Sürgülü vananın gövdesini optimize etmek için gövdenin çekme gerilme desenini elde etmek önemlidir ve bunu başarmak için sonlu elemanlar analizi size yardımcı olabilir. Klasik teori ve ANSYS sonlu eleman analizi kullanılarak sürgülü vanalar için başka bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu iki yöntemle elde edilen bulgular neredeyse aynıdır. Sonuç olarak, bu bulgular gelecekteki araştırmalara uygulanabilir. Sürgülü vanayı, başka bir çalışmada klasik teori ve sonlu eleman analizi gerçekleştirmek için Ansys kullanmıştır. Bu iki yöntemle elde edilen bulgular neredeyse aynıdır. Sonuç olarak, bu sonuçlar daha geniş bir kapsamda uygulanabilir. Bu makale, laboratuvarla karşılık gelen anahtar ile gerilme incelemesini, ayrıca Von gerilmesi teorik ve pratik gerilme testlerini karşılaştırmakta ve sürgülü vananın ağırlık azaltma uygunluğunu kısaca ele almaktadır. Sonlu eleman analizi, sorunları çözmek için kullanılmaktadır ve vana gövdesinin ağırlık azaltımı nedeniyle basınç ve gerilme sonuçlarını açıklamaktadır.

Juthar K. H. ve ark. (2013) [16], sürgülü vananın kritik bileşen stresi incelenmiştir. Göbek, kapı mil ve levha kapısı sürgülü vananın tüm önemli bileşenlerdir. Bu makalede sürgülü vana için sonlu elemanlar analizi yer almaktadır. FEM yazılımı ve klasik analitik teorisinin bulguları tartışılmaktadır. Bulgulara dayanarak, klasik mekanik

teorisi ile elde edilen gerilme değerlerinin, Sonlu Elemanlar yaklaşımıyla elde edilen gerilme değerlerine neredeyse aynı olduğu açıktır. Sonuç olarak, bu sonuçları doğru bulunmuş ve sürgülü vanayı daha da iyileştirmek için kullanılabilir.

Jadhav S. S. (2012) [17], belirtmiş oldukları makalede sürgülü vananın yüksek basınç altında düzgün çalışması için gereken optimum kalınlık özelliklerini belirtmişlerdir. Makalede tasarımı önerilen vana M-Tipi sürgülü vanadır. Sürgülü vananın boyut ölçüsü (kalınlık) güvenli sınırlar içindedir. Elde edilen sonuçlardan ve klasik mekanik teorisinden elde edilen stres değerleri ile sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen gerilme değerlerinin yaklaşık olarak aynı olduğu açıktır, sonucun doğru olduğu ve bu sonuçları sürgülü vanayı daha da iyileştirmek için kullanmaya devam etmenin uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

Jun-Oh K. ve ark. (2012) [18], kelebek vananın şekil tasarımı sürecini açıklamışlardır. Tasarım aşamasında topoloji optimizasyonunun önemini vurgulamışlardır. Temel prensip, milli hassasiyet prensiplerinin uygulanabileceği alanları belirlemektir. Çift eksantrik kelebek vana diskinin topolojisini optimize etmenin ve disk şeklini tanımlamak için topoloji optimizasyonunu nasıl kullanacağını açıklar. Orijinal tasarım ile en iyi tasarım arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Basıncın düştüğü gözlemlenmiştir. Değişen birincil sonuç, ölçümlerde %8 azalma ve torkta %5 azalma olarak özetlenebilir.

a) Deneysel olarak tasarlanan ANOVA çift eksantrik kelebek vanayı ve duyarlılık analizi için, disk kalınlığının basınç düşüşü, hidrodinamik tork ve hacimdeki azalmaya diğer değişkenlere göre daha büyük bir etkisi olduğu gözlenmiştir.

b) Disk tasarımı, vananın verimliliğini karşılayacak etkili bir tasarım için hızlı ve doğru bir tasarım süreci gerektirir.

Song X. ve ark. (2009) [19], amaç eski bir contaı küreli vana içinde sabit olan yeni bir conta ile değiştirmektir. Yeni bir küreli vana conta konfigürasyonu tanıtılmıştır. Mevcut conta, orijinal contaı kıyasla iki avantaj sunmaktadır. Conta tasarım süreci iki aşamadan oluşmaktadır. İlk örnekte, amaçlanan conta, yüklü bir ortamda çalışırken uygun bir temas basıncı oluşturur; ilk contanın sisteme fazla baskı yapmadığı ve ikinci senaryoda, arayüz temas basıncı başlangıçtaki contaı göre daha tutarlıdır ve aşınmayı azaltır. Optimizasyon için, malzemenin doğrusal olmayan özelliklerini ve conta ile küre arasındaki sürtünmeli etkileşimi dikkate alan bir sonlu elemanlar modeli

oluşturulmuştur. Farklı kesitlerin sonuçlarını karşılaştırmak ve test etmek için, conta ve kürenin temas yüzeylerinde basınç uygulanmıştır.

Cui B. ve ark. (2016) [20], küreli bir vanayı dört açma ve kapama döngüsü boyunca hem deneysel hem de sayısal olarak test etmişlerdir. Vana açılıp kapanırken, giriş basıncı, çıkış basıncı ve akış hızının hesaplanması gerekmektedir. Deney süresince, giriş hızı ve çıkış basıncı, giriş ve çıkış sınır koşulları olarak kullanılmıştır. Açma ve kapama döneminde, UDF ve hareketli ağ teknolojisi kullanılarak zamana bağlı olmayan bir sayısal simülasyon gerçekleştirilmiştir. Akışkan, açıldıkça göreceli açılışta geçişin gerisinde kalmaktadır. Sonuçlar, geçici üretimin doğru olduğunu ve küreli vananın akış alanının başlangıç ve bitiş aşamaları arasında belirgin bir fark olduğunu göstermiştir. Açma veya kapama süresi arttıkça, iyileştirmeler önemsiz hale gelmiş ve durgun bir duruma yaklaşmıştır.

Song X. ve ark. (2009) [21], kelebek vananın optimizasyonu için bir metamodel önermiştir. Tasarım hedefi, vana disk ağırlığı olup, basınç kaybı katsayısı ve disk güvenliği de kısıtlamalar olarak belirlenmiştir. Geleneksel kelebek vananın optimize etmek amacıyla FEM ve CFD analizleriyle bir metamodel önerilmiştir. Bilgisayar analizi için ortogonal dizi bir araştırma paradigmasıdır ve kriging modeli hedeflerin belirlenmesi ve sınırların oluşturulması için kullanılır. Bu yaklaşım, uygun değişken kombinasyonlarını birleştirerek vana diski için en iyi sonuçları elde etmeyi kolaylaştırır. Ayrıca, yapısal ve akış testleri, toplanan değişkenlerin en iyi kombinasyonu kullanılarak gerçekleştirilir ve optimizasyon sürecinin kesinliği sağlanır. Sonuçlar, kriging modeli ile FEM ve CFD araştırmalarını birleştirerek kelebek vanayı optimizasyon problemini çözme yönteminin esnekliğini ve yeteneğini göstermektedir. Vana diskinin ağırlığı orijinal değerinden %7,05 oranında azaltılmıştır. İçerik ve maliyet tasarrufları nedeniyle, disk ağırlığı hedef özellik olarak değerlendirilmiştir. Ancak, hammadde maliyeti her zaman nihai tasarımın ağırlığına göre belirlenmez, aynı zamanda üretim sürecine de bağlıdır.

Kumar S. S. ve ark. (2017) [22], sürgülü vananın gövdesine gerilme analizi ve sıcaklık dağılımı uygulanmıştır. Sürgülü vananın gövde ve yatak halkası Solid Works kullanılarak modellenmiştir. Ardından, ANSYS analiz aracı kullanılarak toplam deformasyon, sıcaklık, toplam ısı akısı gibi çeşitli yönler incelenmiştir. Yönlendirilmiş ısı akışının sıcaklık dağılımı üzerindeki etkileri incelenmiş ve daha sonra çatlama, deformasyon ve alt kesme gibi kaynak hataları incelenmiştir. Vananın gövde

örtüşmeleri fırında ısıtılmış ve bu ısıtma sonlu elemanlar analizi kullanılarak incelenmiştir.

Mr.Mule A. ve ark. (2016) [23], bıçak vansıının, tasarım ve optimizasyon yöntemlerinin belirlenmesi için kapsamlı bir literatür taraması gerçekleştirmişlerdir. Farklı pozisyonlardaki vana üzerindeki gerilim dağılımını belirlemek için sonlu elemanlar analizini kullanmışlardır ve gerçek vana gövdesinin neden olduğu gerilim ve deformasyonu tespit etmek için deneysel doğrulama amacıyla gerinim ölçerlerin kullanılması planlanmıştır. Literatür taramasından elde edilen bilgilere göre, sonlu elemanlar analizi, deneysel doğrulama ve çeşitli vana türlerinin tasarımı için kullanılan metodolojiler dikkatlice incelenmiştir.

Mr. Katkar N. ve ark. (2017) [24], sürgülü vana tasarımı ve çalışması üzerinde çalışan birçok araştırmacının kullandığı çeşitli teknikleri ayrıntılı bir şekilde tanımlamıştır. Vana bileşenleri genellikle CATIA'da oluşturulmuş ve ardından ANSYS'de analiz edilmiştir. ANSYS ile birlikte FEM, sürgülü vananın gerilme analizini gerçekleştirmek için kullanılmıştır ve bu analiz, klasik mekanik temelli gerilim analizi ile kontrol edilebilmiştir. Vana araştırmaları alanında dikkat çekici çalışmalar yapılmıştır. Araştırmacılar, çeşitli bileşenlerin akış karakteristiklerini ve diğer performans ölçümlerini belirlemek için bilgisayar destekli yöntemleri kullanarak vanaların tasarımı ve analizi üzerine odaklanmıştır. Bilgisayar destekli yöntemlerin bulguları, klasik mekanik teorisi kullanılarak analitik olarak da test edilebilmektedir. Geleneksel olarak, sürgülü vananın analizi birçok araç, deney, zaman, fon ve diğer kaynakları içeren deneysel yöntemler kullanılarak yapılmıştır.

Oh S. H. ve ark. (2007) [25], sürgülü vananın optimizasyonunu sağlamak için Kriging destekli bir yaklaşık model kullanmışlardır. Bir fonksiyonun yaklaşık değerini elde etmek için vekil modelleme, DACE modelleme ve interpolasyonun Kriging modeli kullanılmıştır. Kriging yönteminin doğruluğunu doğrulama süreci, tahmin fonksiyonu ve algoritmalarla birlikte açıklamışlardır. Gerekli sapma ve doğal frekans sınırları karşılanarak, orijinal yineleme ile karşılaştırıldığında %21,6'lık bir ağırlık azaltımı sağlanmıştır. Kriging yöntemi ile optimizasyonun etkisini grafikte göstermiştir.

Mr. Mule A. ve ark. (2016) [26], bıçak vanası tasarımı ve optimizasyonunun çeşitli yöntemlerini açıklamışlardır. Farklı pozisyonlarda vana üzerindeki gerilim dağılımını belirlemek için sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Gerçek vana gövdesinde

Üretilen gerilim ve deformasyonu tespit etmek için gerinim ölçerlerin kullanımı ile deneysel doğrulama yapılacaktır. Tasarım, sonlu elemanlar analizinin sayısal yaklaşımları kullanılarak doğrulanmıştır. Tasarımda optimizasyon için bir alan olduğu gözlemlenmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak, optimize edilmiş bir tasarım elde etmek için kolayca etkileşimler yapılabilir.

Lokhande S. W. ve ark. (2007) [27], bir tesiste optimum çıktıının elde edilebilmesi için basınç düşüşü, hız ve viskozite gibi akış parametrelerini dikkate alarak vananın tasarımı üzerinde çalışmışlardır. CFD analizi, hedef vananın kapanma açısında (0°, 15°, 30°, 45°, 60°) vana verimliliğini ve endüstrideki vana ömrünü artırır. Bu çalışma, belirli açılarda basınç düşüşünü test ederek ve küresel vananın şeklini değiştirerek en iyi sonuçları elde etmeyi amaçlamaktadır. Güncellenmiş tasarım, istenilen sonuçları sağlamıştır; yani basınç düşüşü 2860,84 Pa'dan 2386,92 Pa'ya ve hız değişimi 0,395 m/s'den 0,369 m/s'ye düşmüştür, bu da daha yüksek akış kapasitesi sağlar.

Song X. ve ark. (2008) [28], vananın optimizasyon tekniğini uygulamış ve vana diskini, disk ağırlılığını minimize ederken gerilimi ve basınç kaybı katsayısını izin verilen sınırlar içinde tutmak için kullanmışlardır. Süreç üç bölüme ayrılmıştır: diskin mekanik özelliklerinin FEM analizi, basınç kaybı katsayısını belirlemek için sıvı analizi ve verilerin interpolasyonu ve minimum değerleri elde etmek için vekil bir fonksiyon oluşturmak amacıyla Kriging modelinin kullanımı. Bu yöntemlerle disk ağırlılığı optimizasyon öncesi ilk değerinin %7,05'ine kadar azaltılmıştır. Ortogonal dizilerin kullanılması, bilgisayar destekli deney sayısında önemli bir azalmaya yol açmış ve Kriging modeli, daha sonra doğrulama deneyi ile doğrulanmış oldukça doğru bir sonuç üretmiştir.

Raut L. B. ve ark. (2015) [29], plug vana gövdesinin ağırlık azaltımı için analiz ve optimizasyon üzerinde çalışmıştır. Tasarım parametrelerinin uyarlanması, çeşitli modellerin geliştirilmesine yol açmış ve bu modeller daha iyi sonuçlar için test edilmiştir. FEA (Sonlu Elemanlar Analizi) bulgularının aksine, vana gövdesinin gerçek basıncı, deneysel yapısal gerilmeleri ve stresleri belirler. İlgi noktasındaki gerilimi ölçmek için kullanılan strain gauge tekniği iyi sonuçlar verir. Sapmanın %9.75 olması nedeniyle, maksimum %9.75 ve minimum %6.23 sapma kabul edilebilir. Plug vana gövdesinin yapısal analizi sonuçları, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak elde edilen sonuçlarla çok benzerdir. Tasarım parametrelerini değiştirerek optimize edilmiş modeller geliştirilmiş ve analiz edilmiştir. Flanşın boyutlarını değiştirmek yerine,

duvar kalınlığı ve boyun boyutlarının sabit olduğu kabul edilmiştir. Duvar kalınlığını azaltmanın ve boyun boyutunu artırmanın etkisi, yalnızca duvar kalınlığını artırmaktan daha büyüktür. Ortalama gerilim seviyesi malzemenin stres değeriinden önemli ölçüde daha düşüktür. En iyi ayarlanmış model, boyun yarıçapı 180 mm'ye artırıldığında ve duvar kalınlığı 2 mm azaltıldığında, ağırlık azaltımının 9.95 kg (%7.11) olduğunu göstermektedir. Artan kaburga kalınlığı, bu mühendislik modeline göre FEA sonuçlarına göre kaburga gerilimini de azaltmıştır.

Shivaji D. S. ve ark. (2014) [30], sürgülü vananın kritik parçalarını stres açısından incelemiştir. Gövde, kapı sapı ve slab gate, sürgülü vananın temel bileşenleri olarak stres analizi için ele alınmıştır. Gerilimin ölçümü için her vana parçasının modeli CATIA'da oluşturulmuş ve ANSYS kullanılarak analiz edilmiştir. ANSYS ile stres analizi sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılmış ve klasik mekanik teorisi ile elde edilen sonuçlar doğrulanmıştır. Sonuç olarak, sonlu elemanlar yöntemi araçları ve klasik analitik teori kullanılarak hesaplanan stres değeri yaklaşıklık olarak belirlenmiştir.

Mandanakal P. ve ark. (2016) [31], nominal çapı 25 mm olan (DN 25 ve PN 350) yüksek basınçlı bir vananın özelliklerini sunmuştur. Yüksek basınçlı bilyalı vana bileşenlerinin tasarımı, basınç, sıcaklık derecelendirmeleri ve diğeri faktörleri tarafından etkilenir. Bu çalışmada, farklı conta malzemeleri için toplam gerilme ve deformasyon belirlenmiştir ve şu sonuçlara varılmıştır:

- Vana bileşenleri, halka ve conta kapları ölçülmüştür.
- PTFE (Poli Tetra Floro Etilen) gibi diğeri conta malzemelerine kıyasla, PEEK ve TFM malzeme kaplarının ideal çalışma koşulları altında 490 bar test basıncına dayanabileceği belirlenmiştir.
- PEEK içeriği olan conta kaplarında minimum deformasyon 0,0011 mm olarak tespit edilmiştir.
- ANSYS araçları kullanılarak conta kapları (PTFE, PEEK ve TFM) 490 bar test basıncında ölçülmüştür. ANSYS sonuçları teorik denklemlerle karşılaştırıldığında, ölçülen değeri benzer olduğu bulunmuştur.
- Akışkan sıcaklığı arttıkça ve yataktaki basınç yükseldikçe sıcaklık artar.

Yukarıdaki literatür incelemesi, ürün optimizasyonu ve ağırlık azaltma için birçok araştırmacının başarılı çalışmalar yaptığını, değeri mühendisliği ve değeri analizi

yaklaşımlarının kullanıldığını göstermektedir. Vana analizi ve optimizasyonu alanında dikkate değer çalışmalar yapıldığı sonucuna varılmıştır, ayrıca çeşitli vanaların çalışması ve optimizasyonu üzerine geniş bir literatür mevcuttur. Sürgülü vanaları, Kelebek vanaları, Tap vanaları ve Küresel vanaları bu vanaların bazı örnekleridir. Araştırmacının ana hedefi, vanaları tasarlamak ve analiz etmek için bilgisayar destekli yazılımları kullanmaktır. Finite Element Analizi (FEA), CFD ve bilgisayar destekli araçların sonuçları, klasik mekanik teorisi ve deneysel tasarımı kullanılarak analitik olarak doğrulanır. Ancak, değer mühendisliği kullanarak küresel vana optimizasyonunun yapılmadığı gözlemlenmiştir. Vanayı araştırmak için alan ve bu nedenle değer mühendisliği tekniklerinin ve Finite Element Analizi araçlarının (ANSYS) kombinasyonunun optimizasyon için ve sonuçların doğrulanması için Deney Tasarımının kullanıldığı bu araştırma çalışması için bir fırsat olduğu görülmektedir.

Bu nedenle, araştırmacı bu araştırma çalışmasını değer mühendisliği tekniği uygulayarak gerçekleştirmiştir. Uzun vadeli kullanılabilirlik için sonlu elemanlar analizi ve deney tasarımı kullanılarak vana optimizasyonu yapılmıştır. Araştırma çalışmalarının yürütüldüğü endüstride, çeşitli tipte vanalar üreten bir üretici bulunmaktadır. Araştırma çalışmaları ve analizler için küre vanaları gibi bir vana kullanılmaktadır. Analiz edilmesi gereken temel bileşenler vana gövdesi, yan bağlantı, gövde, küre, vs. SolidWorks, vananın tasarımı için kullanılabilirken sonlu elemanlar analizi (ANSYS), analiz için etkin bir şekilde kullanılabilir. Geleneksel olarak, küresel vana analizi, çeşitli ekipman, örnekler, daha fazla zaman, fon ve birçok başka kaynağın dahil olduğu deneysel yöntemler kullanılarak gerçekleştiriliyordu. Ayrıca, geleneksel yöntem, laboratuvar da herhangi bir vana prototipinin vanasını araştırmak için makul bir yol değildi, bu nedenle değer mühendisliği tekniklerinin ve bilgisayar destekli optimizasyon yöntemlerinin kullanılması gerekliliği vurgulanmaktadır.

Bu durumda, sonlu elemanlar analizi yöntemi, vana analizi için daha etkili bir yöntemdir ve geliştirme aşamasında maliyetleri ve zamanı azaltır. Bu çalışmada, araştırmacılar küre vanasının daha iyi bir tasarımı için çalışmışlar ve küre vanasının tasarım parametrelerini belirlemiştir. Küre vanasının performansını ve kalitesini arttırmak için, tasarım parametrelerinin optimize edilmesi ve geliştirilmesi gerekmektedir. Bu araştırma çalışması, küre vanasının tasarım parametrelerini

optimize etmek ve geliştirmek için değer mühendisliği ve sonlu elemanlar analizi tekniklerini kullanarak küre vanasının analizini gerçekleştirmiştir.



2. KÜRESEL VANALAR

Küresel vanalar, maliyet etkinliği nedeniyle bazen kontrol vanaları olarak kullanılır, ancak hassas kontrol ve ayar sağlamadıkları için tercih edilmezler. Küre, vana gövdesi içinde konumlandırılmıştır ve bir kol veya aktüatör, akış yönüne dik veya paralel olarak küreyi döndürerek akışın kontrol edilmesini sağlar. Küre deliği akış yönüyle hizalandığında vana açık konumdadır ve akışa izin verir. Küre deliği kapatacak şekilde döndürüldüğünde vana kapanır ve akış durdurulur[32].

2.1. Küresel Vananın Çalışma Prensibi

Tüm döner hareketli vanalar gibi, küresel vana 0° tam kapalı ve 90° tam açık olacak şekilde çeyrek tur hareketiyle çalışır. Aktüatör, bu döner hareketi sağlamak için manuel el kolu gibi bir tasarımla veya doğrusal hareketi döner harekete dönüştüren bir doğrusal aktüatör tasarımıyla yapılandırılabilir[32].

Manuel küresel vanalarda, kürenin deliği giriş ve çıkış portlarıyla hizalandığında akış kesintisiz devam eder. Küre olarak tam portlu küre kullanılıyorsa minimum basınç düşüşü yaşanırken azaltılmış portlu küre kullanıldığında ise basınç düşüşü artar. El operatörü boru hattına paralel konuma getirildiğinde, kürenin akış geçitleri gövdenin akış geçitleri ile hizalanarak tam akış sağlar. El operatörü kapalı konuma çevrildiğinde ise kürenin açılışı akış akımına dik konuma gelerek akışı engeller[32].

Kısmi uygulamalarında, küre orta tur pozisyonunda yer aldığı anda, akış vanadan geçerken çift basınç düşüşü yaşar. Özelleştirilebilir bir küre kullanıldığında, küre kapalıdan açığa döndükçe belirli bir pozisyonda belirli bir delik açılışı akışa maruz kalır, tam açık pozisyonda %100 akış sağlanır[33].

Tam açık olduğunda, tam portlu bir vana minimal basınç kaybı ve akışın vana boyunca hareket etmesi nedeniyle iyileşme sağlar. Bu, akış geçidinin, borunun iç çapıyla aynı çapa sahip olması ve orifislerdeki bazı geometrik varyasyonlar dışında akışı kısıtlayıcı bir engelin olmaması. Kısmi tam portlu vanaların çalışması, iki aşamalı bir basınç düşüşü süreci olarak anlaşılmalıdır. Küre boyunca delik uzunluğu nedeniyle, tam portlu vanalar, biri yukarı akış tarafında ve diğeri aşağı akış tarafında olmak üzere iki

orifise sahiptir. Vana orta strok pozisyonuna geçtiğinde, akış ilk daraltılmış orifisten geçerek bir basınç düşüşü yaşar ve küre içindeki daha büyük akış deliğine geçerek bir miktar basınç iyileşmesi sağlar. Akış daha sonra ikinci orifise geçer, burada başka bir basınç düşüşü yaşanır ve ardından başka bir basınç iyileşmesi olur. Bu iki aşamalı süreç, çamur uygulamalarında önemli olan daha düşük proses hızları yaratarak yararlıdır. Tam portlu bir vananın akış hızı, vananın çeyrek tur hareketi boyunca kürenin deliğinin azalmasıyla belirlenir ve bu, gerçek dairesel bir açılışla doğrudan bir eşit yüzde karakteristiği sağlar. Vana kapanmaya yaklaştıkça akış geçidinin alanı azalırken kürenin conta üzerindeki kayma hareketi makas benzeri bir kesme hareketi oluşturur. Bu hareket, kapanma sırasında uzun liflerin veya partiküllerin kesilmesi ve ayrılması için idealdir.

Tam kapalı pozisyonda, kürenin yüzeyi tamamen akışa maruz kalır, çünkü akış deliği artık akışa dik konumdadır ve küre akışın geçmesine izin vermez.

Karakterize edilmiş segmentli küre tasarımında, vanadan sadece basınç düşüşü orifisinde, conta ve küre birbirine temas ettiği yerde alınır. Segmentli küre tam açık pozisyonda iken akış, akış geçidinin şekli ile sınırlıdır. Bu, akış alanının azaltılmasıyla bir basınç düşüşü alındığından daha iyi bir kısma durumu yaratır. Segmentli küre çeyrek tur hareketi boyunca ilerlerken, V-çentiği veya parabolik portun şekli strok ile değişir ve akış karakteristiğini sağlar. Tam port tasarımı gibi, karakterize edilebilir kürenin kayar contası, çamurların kolayca ayrılmasını sağlayan bir kesme hareketi sağlar.

2.2. Küresel Vanaların Uygulama Alanları

Küresel vanalar, yönetebilme yetenekleri nedeniyle çeşitli sıvı türlerinin, aşındırıcı kimyasalların veya yüksek basınçlı gazların kullanıldığı endüstri sektöründe geniş bir kullanım alanı vardır. Başlıca uygulama alanları şunlardır:

2.2.1. Rafinerilerde küresel vanalar

Rafinerilerde, kule alt hatları ve termal çatlama üniteleri için kapatma ve izolasyon vanaları olarak; gaz/yağ ayırma hatları, gaz dağıtım ölçüm, metraj ve basınç düzenleme istasyonları, petrol yükleme kontrol istasyonları, pompa ve kompresör istasyonları, acil kapatma devreleri ve rafinaj üniteleri gibi çeşitli uygulamalarda

kullanılırlar. Bu uygulamalarda, yüksek sıcaklık ve basınçlara dayanıklı olmaları nedeniyle küresel vanalar tercih edilmektedir.

2.2.2. Kimyasal ve petrokimyasal komplekslerde küresel vanalar

Kimyasal ve petrokimyasal komplekslerde, küresel vanalar düşük diferansiyel basınç kontrolü, emisyon kontrolü, depolama tesislerinde yüksek viskoziteli sıvılar ve aşındırıcı çamurların işlenmesi için kullanılır. Aşındırıcı kimyasalları ve tehlikeli maddeleri yönetmek için uygundur ve bu nedenle kimyasal işleme tesislerinde tercih edilir. Bu vanalar, korozif maddelere karşı dayanıklı malzemelerden üretildiği için güvenli ve uzun ömürlüdür [34].



Şekil 2.1. Petrokimyasal Komplekslerde Küresel Vanalar.

2.2.3. Enerji endüstrisinde küresel vanalar

Enerji endüstrisinde, küresel vanalar, kazan besleme suyu kontrolü, brülör kapatma vanaları ve buhar kontrolü ve kapatma gibi uygulamalarda kullanılır. Yüksek basınç ve sıcaklık altında güvenilir performans sergileyen bu vanalar, enerji üretim tesislerinde kritik bileşenlerdir[34].

2.2.4. Gaz ve petrol üretiminde küresel vanalar

Gaz ve petrol üretiminde, küresel vanalar deniz altı izolasyon ve kapatma tesislerinde, petrol başı izolasyonu, boru hattı dalgalanma kontrolü, işleme ayırma, depolama, iletim ve dağıtım, ikincil ve gelişmiş petrol geri kazanımı gibi alanlarda kullanılır. Bu uygulamalarda, vanaların yüksek dayanıklılığı ve güvenilirliği, operasyonların kesintisiz ve güvenli bir şekilde devam etmesini sağlar[34].

2.2.5. Kâğıt ve selüloz endüstrisinde küresel vanalar

Kâğıt ve selüloz endüstrisinde, küresel vanalar selüloz değirmeni sindiricilerinde, parti-sindirici üfleme hizmetinde, likör dolum ve dolaşımında, kireç çamuru akış kontrolünde ve seyreltilmiş su kontrolünde kapatma vanaları olarak kullanılır. Bu endüstrilerde, vanaların kimyasal dayanıklılığı ve uzun ömürlülüğü önemlidir.

2.2.6. Su arıtma sistemlerinde küresel vanalar

Belediye su arıtma tesisleri, filtrasyon, klorlama ve dağıtım gibi çeşitli süreçlerde su akışını kontrol etmek için küresel vanalar kullanır. Bu vanalar, suyun temiz ve güvenli bir şekilde işlenmesini ve dağıtılmasını sağlar.

2.2.7. HVAC sistemlerinde küresel vanalar

Isıtma, havalandırma ve klima sistemlerinde, ticari ve konut binalarında su ve soğutucu akışını düzenlemek için küresel vanalar kullanılır. Bu vanalar, sistemlerin verimli ve güvenilir bir şekilde çalışmasını sağlar.

2.2.8. Diğer uygulamalar

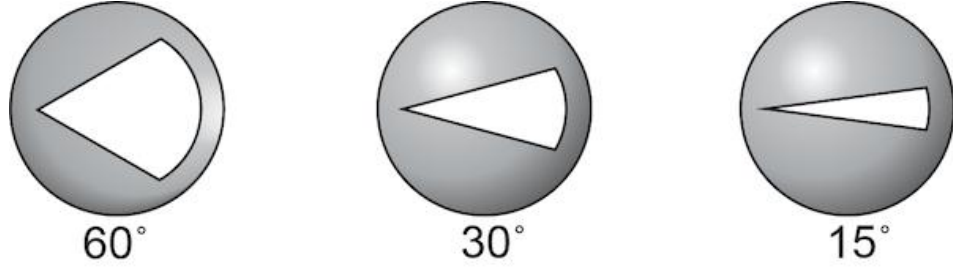
Küresel vanalar, ayrıca gıda endüstrisi, denizcilik ve kara taşımacılığı, su temini ve taşımacılığı, imalat gibi birçok farklı alanda kullanılır.

2.3. Küresel Vana Tipleri

2.3.1. V-portlu küresel vana

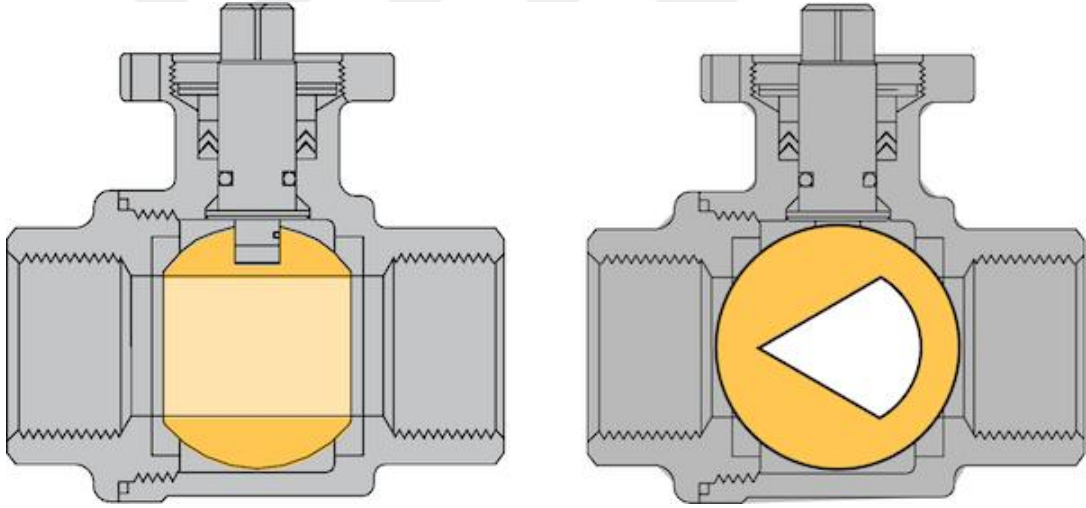
V-portlu küresel vana, v-şekilli contaya veya v-şekilli küreye sahip bir kontrol vanasıdır. 'V' şekli daha iyi sıvı kontrolü sağlar. Kalıplanmış v-deliği, v-portlu küresel vanaları diğer küresel vana tiplerinden ayırır. V deliği, Şekil 2.2'de görüldüğü gibi 15° , 30° , 60° açıda mevcuttur.

V-portlu küresel kontrol vanaları doğrusal akış karakteristiği ürettikleri için genellikle akışkan kontrolünde tercih edilir. V-portlu küresel vananın akış özellikleri standart portlu küresel vanalardan farklıdır. V-portlu küresel vanadan geçen sıvı akışı, şaft dönüşünün artmasıyla doğrusal olarak artar. V-portlu kontrol vanaları, vanalardan akan akışkanların yüksek hızına dayanacak kadar yüksek mukavemete sahiptir.



Şekil 2.2. V-Portlu Küresel Vana Küresi.

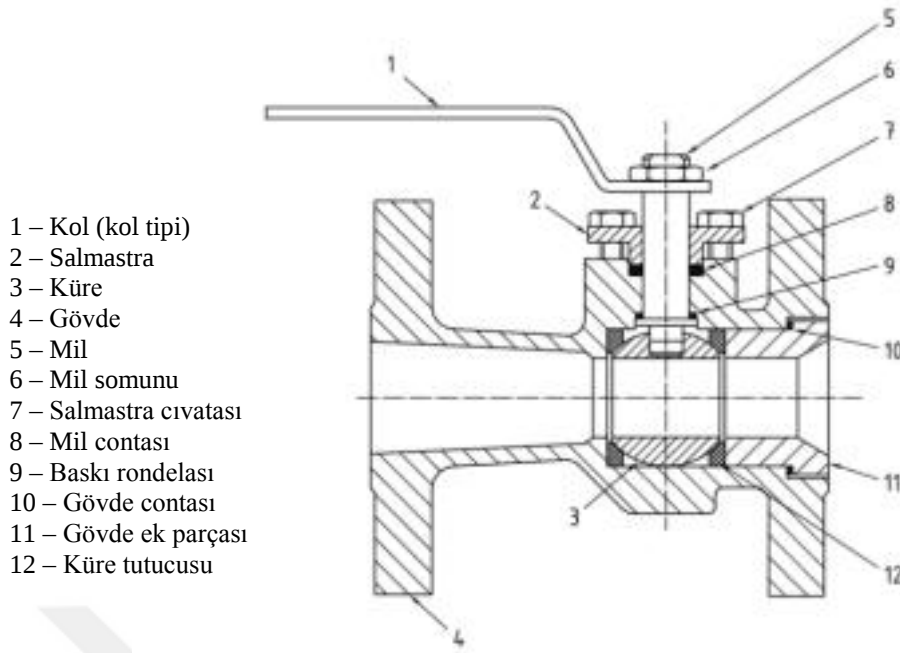
V-portlu küresel vana, v şeklinde bir deliğe sahip bir küre kullanır. Vana, bir kol kullanılarak manuel olarak veya bir aktüatör kullanılarak otomatik olarak çalıştırılabilir. Vana, aynı anda küreyi döndüren kolun döndürülmesiyle açılır veya kapanır. Küre açık konuma döndürüldüğünde ilk olarak v deliğinin küçük ucu açılır. Bu, bu noktada kararlı akış kontrolünü kolaylaştırır. Kürenin ters yönde döndürülmesi vanayı float kapatır (bkz. Şekil 2.3.). Vanayı açmak veya kapatmak için deliğin borularla hizalanması için kolun çeyrek tur döndürülmesi gerekir.



Şekil 2.3. V-Portlu Küresel Vana Açık (Sol) ve Kapalı (Sağ) Konfigürasyonları.

2.3.2. Yüzer (Floating) küresel vanalar

Yüzer küresel vana, ortasında silindirik bir port bulunan bir küreye sahiptir. Bu port, vana açık konumdayken sıvının vanadan geçişine izin verir. Kürenin her iki yanında yataklar yer alır. Yatakların temel işlevi, vananın kapalı konumundayken sıvının vanadan geçişini önlemek için küre bileşeni ile kendisi arasında bir sızdırmazlık sağlamaktır. Bu sayede, vana kapalı konumdayken sıvının akışı durdurulur ve sistemde istenmeyen kaçaklar önlenir.



Şekil 2.4. Tek Parçalı Gövde Yüzer Küresel Vana (İngiliz Standartları Enstitüsü).

Küreyi hareket ettiren mil, sap kısmına uygulanan yükü küreye ileterek vana'nın açık ve kapalı konumlar arasında hareket etmesini sağlar. Milin bu işlevi, vana'nın güvenilir ve doğru bir şekilde çalışmasını sağlar. Mili sızdırmaz hale getiren gland paketlenmesi, paketlenme takipçisi ve gland flanşı düzenlemesidir. Gland düzenlemesi, gland paketlenmesini sıkıştırarak gövde ve mil bileşenleri arasında bir sızdırmazlık oluşturur. Bu sızdırmazlık, sistemde basınçlı sıvının güvenli bir şekilde tutulmasını sağlar ve dışarıya kaçmasını engeller.

Küreyi, yatakları ve mili tutan parçalar, gövde ve kapama bileşenleridir. Bu bileşenler, basıncı içeren sınırı oluşturur. Basıncı içeren bileşenler, basınçlı sıvıyı vanaya uygulandığında açık veya kapalı konumda tutan parçalardır. Bu bileşenler, vana'nın dayanıklılığını ve basınç altında güvenli bir şekilde çalışmasını sağlar.

Gövdede yer alan conta, gövde ve kapama bileşenlerini sızdırmaz hale getirir. Contanın amacı, gövde ve kapama bileşenleri arasında bir sızdırmazlık oluşturarak sıvının vanadan atmosfere sızmasını önlemektir. Conta, sistemdeki basınçlı sıvının güvenli bir şekilde tutulmasını sağlar ve dışarıya kaçmasını engeller.

Mil yatağı, mil ile gövde arasında yer alır ve milin omzunun üzerinde hareket edeceği bir yüzey sağlar. Bu yüzey, bileşenlerin birbirine sürtünmesi durumunda aşınmayı önler. Mil yatağı, milin düzgün ve sorunsuz bir şekilde hareket etmesini sağlar, böylece vana'nın ömrünü uzatır ve bakım gereksinimlerini azaltır.

Sap, uygulanan mekanik kuvveti vana miline uygulanan bir torka dönüştürerek vanayı açık ve kapalı konumlar arasında hareket ettirir. Sapın bu işlevi, kullanıcının vanayı kolayca ve etkili bir şekilde çalıştırmasını sağlar. Sapın doğru kullanımı, vananın uzun ömürlü ve güvenilir olmasını sağlar.

Sonuç olarak, yüzer küresel vana, basınçlı sıvıların güvenli ve etkili bir şekilde kontrol edilmesini sağlar. Bileşenlerinin her biri, vananın genel performansını ve güvenilirliğini artırmak için özenle tasarlanmıştır. Bu vanalar, çeşitli endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılır ve sistemlerin güvenli ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlar.

2.3.3. Trunnion küresel vanalar

Trunnion montajlı vanalar, yüksüz yüzen veya tam gövdeli küre vanalarda karşılaşılan iki yaygın sorunu aşar: yüksek işletme torku ve akışkan basıncının akış yönüne doğru sızdırma halkasına olan aşınma. Yüzen küre ve tam gövdeli küre modellerinde, akışkan basıncı küreyi sızdırma halkasına doğru ittiğinde, trunnion tasarımında ise üst ve alt miller bu hareketi engeller, böylece akışkan basıncının vana işletme torku ve sızdırma halkası üzerindeki etkisini azaltır[32].

Trunnion tasarımındaki önemli bir fark da, kürenin hareketini sınırlayan üst ve alt millerin varlığıdır. Bu miller, kürenin aksiyel hareketini önleyerek, vananın içindeki akışkan yüklerini taşır ve aşınma halkaları ve keçeler üzerindeki torku ve aşınmayı azaltır.

Trunnion tipi küresel vanalar, iki otomatik aktive edilen yatakla donatılmıştır. Her bir yatak, vananın akışkanın yüksüz tarafından veya uçtan uca basınçlandırıldığında sızdırmazlık sağlar. Sızdırma sistemini oluşturan ana parçalar, yaylarla desteklenmiş kapı-yatak bileşenidir. Bu yaylar, yatak ve küre arasında sızdırmazlık sağlamak için temas basıncını garanti altına alır.

Farklı basınçlandırma şekilleri, trunnion tipi küre vanaların çeşitliliğini ve işlevlerini belirler. Farklı fonksiyonel konfigrasyonlar arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların net bir şekilde anlaşılması, boru sistemleri ve vanaların doğru şekilde tasarlanması için önemlidir.

2.3.4. Tek parçalı gövde tasarımı küresel vanalar

Tek parçalı tasarımda, vana gövdesi dökme veya dövme olarak tek parça halinde üretilir. Kürenin yerleştirilmesi, gövdenin ucundan yapılır ve gövde eki ile yerinde tutulur. Bu tasarım, cıvatalı gövde ek yerlerinden atmosfere dış sızıntı olasılığını ortadan kaldırarak benzersiz bir avantaj sunar.

2.3.5. İki parçalı ve üç parçalı küresel vana tasarımı

İki parçalı tasarım, azaltılmış çap ve tam çap tasarımları için 6" ve üzeri boyutlarda tek parçalı tasarımı tamamlar. İki parçalı tasarımda, gövde iki parçadan oluşur ve küre, gövde sapı tarafından yerinde tutulur. Bu yapıda tam çap veya azaltılmış çap tasarımı mümkündür. Üç parçalı tasarımda ise gövde, iki uç parça ve bir orta parçadan oluşur. Üç parçalı tasarım küresel vanalar, çevrimiçi bakım açısından en kolay olanlardır. Gövde cıvatalarından sadece birini tutarak diğerlerini çıkardığınızda, son cıvatayı merkez olarak kullanarak gövdeyi sallayarak vana üzerinde herhangi bir kurulum veya bakım işlemi yapabilirsiniz. Bu özellik, bakım süresini minimuma indirir. Daha büyük iki parçalı veya üç parçalı küresel vanalar için, gövde ile flanş arasındaki boyutların, cıvatalama için yeterli boşluğun sağlanması açısından kontrol edilmesi gerekir. Tedarikçi çizim inceleme aşamasında bu kontrol edilip sağlanmalıdır.

2.3.5.1. Tam geçişli küresel vanalar

Tam geçişli küresel vanalar, boru hatlarındaki akışı kontrol etmek için kullanılan önemli bir vana türüdür. Özellikle endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu vanalar, tam geçişli bir kürenin açılması sayesinde akışı kısıtlama olmaksızın sağlar. Bu özellik, doğal gaz, petrol, kimya, metalurji ve eczacılık gibi çeşitli endüstrilerde tercih edilmesini sağlar.

Tam geçişli küresel vanaların birçok avantajı bulunmaktadır. İlk olarak, düşük ağırlıkları ve sızdırmaz yapıları sayesinde endüstriyel tesislerde kolaylıkla taşınabilir ve kurulabilirler. Ayrıca, düşük işletme torku gerektirirler ve yangına karşı dayanıklı bir yapıya sahiptirler, bu da güvenlik açısından önemli bir avantajdır. Bu vanaların bir diğer önemli özelliği, çevrimiçi bakım ve işletmeye olanak tanıyan tasarımlarıdır. Bu, uzun boru hatı sistemleri için ideal bir seçenek yapar. Bakım gerektiğinde, vananın tamamen kapatılması veya tesisin durdurulması gerekmez, bu da üretkenliği artırır ve işletme maliyetlerini düşürür [35].

Ayrıca, tam geçişli küresel vanaların acil durumlarda kritik bir rol oynayabileceğini unutmamak önemlidir. Örneğin, yüksek basınçlı bir gaz boru hattının aniden patlaması durumunda, vananın hızla kapatılması gerekebilir. Bu tür acil durumlarda, tam geçişli küresel vanalar gibi güvenilir ve hızlı tepki verebilen vanalar, envanter salımını ve basınç dalgalanmalarını en aza indirmek için kritik öneme sahiptir [35].

Sonuç olarak, tam geçişli küresel vanalar, geniş endüstriyel uygulamalarda kullanılan önemli bir vana türüdür. Akış kontrolünde esneklik sağlamaları ve güvenilirlikleri sayesinde, endüstriyel tesislerin verimliliğini artırmak için vazgeçilmez bir araçtır. Bu nedenle, endüstriyel tesis sahipleri ve işletmecileri için önemli bir yatırım olabilirler.

2.3.5.2. Azaltılmış çaplı küresel vanalar

Azaltılmış çaplı küresel vanalar, kuruldukları boru çapına kıyasla daha küçük bir çap açıklığına sahip olan küresel vana kategorisinin belirli bir alt grubunu temsil eder. Bu bilinçli boyut azaltması, tam çaplı karşıtlarına göre kısıtlı bir akış kapasitesine doğal olarak yol açar[36].

Azaltılmış çaplı küresel vanaları karakterize eden önemli bir özellik, küre içindeki deliğin küçük çaplı olmasıdır, bu da akış geçidinde önemli bir kısıtlamaya neden olur. Sonuç olarak, bu tasarım özelliği, özellikle tam çaplı vanaların sağladığı engelsiz akışla karşılaştırıldığında, vana üzerinde artan bir basınç düşüşü ve buna denk gelen bir akış kapasitesinde azalmaya yol açar[36].

Pratikte, azaltılmış çaplı küresel vanalar, mekânsal kısıtlamaların daha kompakt bir vana düzeneği gerektirdiği senaryolarda fayda sağlar. Tam çaplı vanalara göre doğal olarak verimlilik eksiklikleri olmasına rağmen, daha küçük bir vana alanının zorunlu olduğu durumlarda pragmatik bir çözüm sunarlar.

Buna karşılık, tam çaplı küresel vanalar, küre açıklıklarının borunun tam çapıyla mükemmel bir şekilde hizalanmasıyla karakterize edilir, böylece kısıtlanmamış bir akış sağlar. Bu özellik, tam çaplı vanaları maksimum akış kapasitesi gerektiren durumlarda özellikle avantajlı kılar.

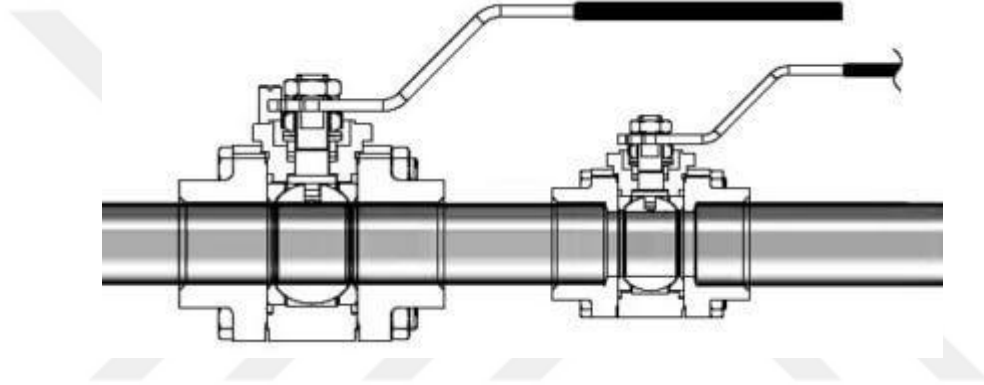
Azaltılmış çaplı ve tam çaplı yapılar arasındaki seçim ikilemi, uygulamanın ince gereksinimlerine bağlıdır. Mekânsal kısıtlamalar, hacimsel akış gereksinimleri ve izin verilen basınç düşüşü eşikleri gibi faktörler, bu karar sürecini etkiler. Tam çaplı vanalar, engelsiz akış gerektiren uygulamalar için temel öneme sahipken, azaltılmış

çaplı alternatifler, mekânsal kısıtlamaların daha küçük bir vana alanının kabul edilmesini gerektirdiği durumlarda yeterlidir, içsel akış kısıtlamasına rağmen.

2.3.5.3. Tam ve azaltılmış geçişli küresel vanaların farkları

Tam gövdeli vana ile azaltılmış gövdeli vana arasındaki tercih, akış kapasitesi ihtiyaçları ve alan kısıtlamaları gibi uygulamanın belirli gereksinimlerine bağlıdır [36].

Tam gövdeli vanaların, borunun tam çapına eşit bir açıklığı olan bir küreye sahip olduğu ve kısıtlanmamış akışı sağladığı belirtilmektedir [36]. Maksimum akış kapasitesi gerektiğinde tercih edilirler.



Şekil 2.5. Tam Geçişli Küresel Vanalar ve Azaltılmış Çaplı Küresel Vanalar.

Buna karşılık, azaltılmış gövdeli vanaların, boru çapına kıyasla daha küçük bir çap açıklığına sahip olduğu ve bu durumun akışı kısıtladığı ifade edilmektedir [36]. Bu tasarım, tam gövdeli vanalara göre daha yüksek basınç düşüşüne ve azaltılmış akış kapasitesine neden olmaktadır.

Tam gövde ve azaltılmış gövde arasında seçim yaparken dikkate alınması gereken bazı önemli hususlar:

- Tam gövde, maksimum akış kapasitesi gerektiren uygulamalar için idealdir
- Akış kısıtlamasına rağmen alan sınırlı olduğunda ve daha küçük bir vana gerektiğinde azaltılmış gövdeli vanalar tercih edilebilir,
- Azaltılmış gövdeli vanalar, tam gövdeli vanalara göre daha az verimli olabilir, ancak alan kısıtlamaları olan belirli uygulamalarda pratik bir seçenek olabilir [36].

Özetle, tam gövdeli vanalar akışı maksimize ederken, azaltılmış gövdeli vanalar akış kısıtlamalarına katlanılabilen bir alan tasarrufu seçeneğidir. Seçim, belirli uygulamanın akış ihtiyaçlarını kurulum alanı gereksinimleriyle dengelemeye bağlıdır.

2.3.6. Trunnion küresel vanalar

Trunnion montajlı vanalar, yüksüz yüzen veya tam gövdeli küre vanalarda karşılaşılan iki yaygın sorunu aşar: yüksek işletme torku ve akışkan basıncının akış yönüne doğru sızdırma halkasına olan aşınma. Yüzen küre ve tam gövdeli küre modellerinde, akışkan basıncı küreyi sızdırma halkasına doğru ittiğinde, trunnion tasarımında ise üst ve alt miller bu hareketi engeller, böylece akışkan basıncının vana işletme torku ve sızdırma halkası üzerindeki etkisini azaltır.

Trunnion tasarımındaki önemli bir fark da, kürenin hareketini sınırlayan üst ve alt millerin varlığıdır. Bu miller, kürenin aksiyel hareketini önleyerek, vananın içindeki akışkan yüklerini taşır ve aşınma halkaları ve keçeler üzerindeki torku ve aşınmayı azaltır.

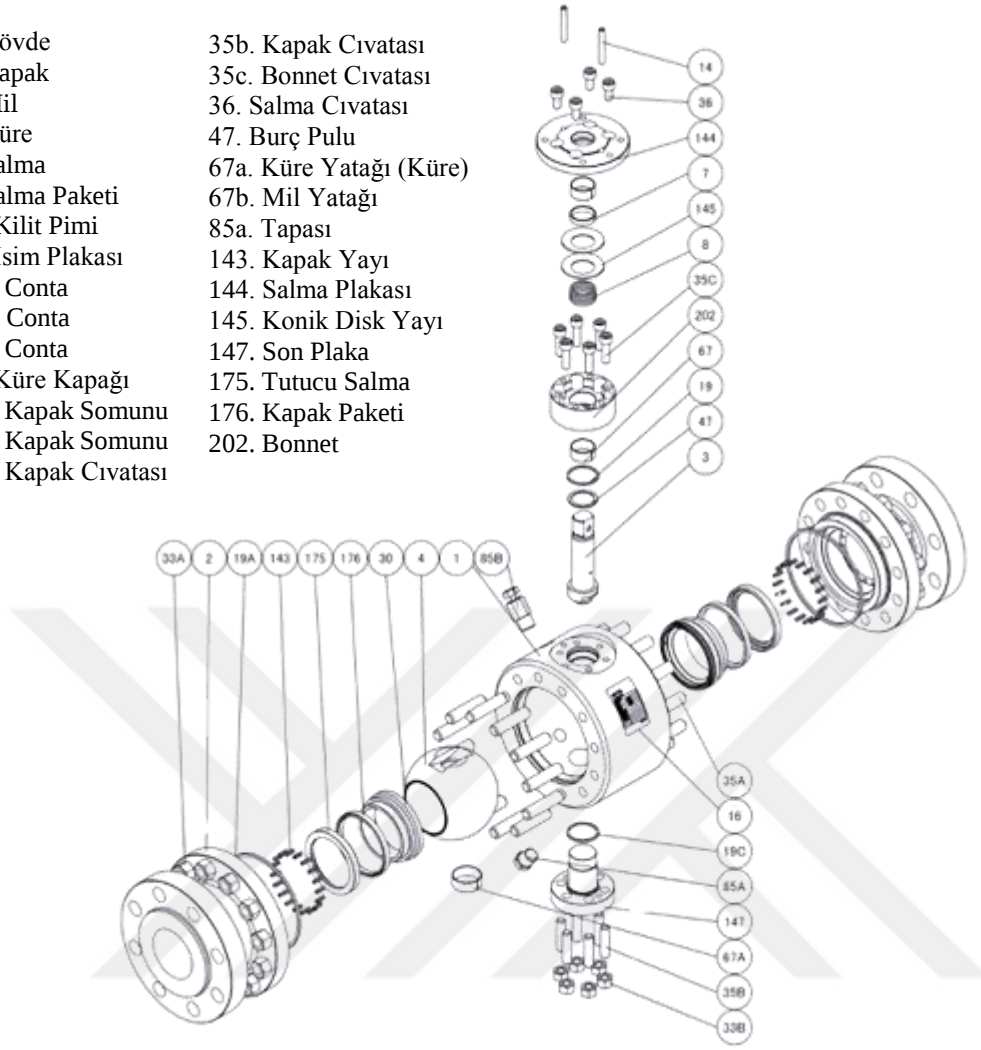
Trunnion tipi küresel vanalar, iki otomatik aktive edilen yatakla donatılmıştır. Her bir yatak, vananın akışkanın yüksüz tarafından veya uçtan uca basınçlandırıldığında sızdırmazlık sağlar. Sızdırma sistemini oluşturan ana parçalar, yaylarla desteklenmiş kapı-yatak bileşenidir. Bu yaylar, yatak ve küre arasında sızdırmazlık sağlamak için temas basıncını garanti altına alır.

Farklı basınçlandırma şekilleri, trunnion tipi küre vanaların çeşitliliğini ve işlevlerini belirler. Farklı fonksiyonel konfigrasyonlar arasındaki benzerliklerin ve farklılıkların net bir şekilde anlaşılması, boru sistemleri ve vanaların doğru şekilde tasarlanması için önemlidir.

2.4. Küresel Vana Parçaları

Standart bir küresel vananın ana parçaları: gövde, kapaklar, küre ve kürenin dönmesi için levye içerir. Aşağıdaki Şekil 2, bir küresel vananın iç parçalarını göstermektedir.

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| 1. Gövde | 35b. Kapak Cıvatası |
| 2. Kapak | 35c. Bonnet Cıvatası |
| 3. Mil | 36. Salma Cıvatası |
| 4. Küre | 47. Burç Pulu |
| 7. Salma | 67a. Küre Yatağı (Küre) |
| 8. Salma Paketi | 67b. Mil Yatağı |
| 14. Kilit Pimi | 85a. Tapası |
| 16. İsim Plakası | 143. Kapak Yayı |
| 19a. Conta | 144. Salma Plakası |
| 19b. Conta | 145. Konik Disk Yayı |
| 19c. Conta | 147. Son Plaka |
| 30. Küre Kapağı | 175. Tutucu Salma |
| 33a. Kapak Somunu | 176. Kapak Paketi |
| 33b. Kapak Somunu | 202. Bonnet |
| 35a. Kapak Cıvatası | |



Şekil 2.6. Küresel Vananın İç Parçaları.

2.4.1. Vana gövdesi

Küresel vananın ana parçası olan vana gövdesi, açma/kapama kontrolü için tüm iç bileşenleri içerir.

2.4.2. Küre

Ortasında medya akışının geçtiği bir delik bulunan küre, küresel vanaların diğer vana türlerinden ayırıcı ana özelliktir. Kürenin deliği, bir eksen boyunca girişi çıkışa bağlar. Sap, kürenin yönünü kontrol eder. Küre, serbest yüzer veya trunnion-monte edilebilir. Trunnion-monte edilmiş küresel vanalar, işletme torkunu serbest yüzen küresel vanaların yaklaşık 2/3'üne kadar azaltır.

2.4.3. Kapaklar

Kapaklar, kürenin her iki tarafında bulunur ve sızdırmazlık sağlamak için küre ile temas eder. Bu bileşenler, vananın kapalı konumdayken sızıntı yapmasını önler.

2.4.4. O-Ring ve sızdırmazlık cihazları

O-ringler ve diğer sızdırmazlık cihazları, küresel vanaların performansı ve güvenilirliği açısından kritik bileşenlerdir. Aşağıda, küresel vanalarda kullanılan O-ringler ve sızdırmazlık teknolojilerindeki çeşitli tasarımlar ve yenilikler detaylandırılmaktadır:

2.4.4.1. Kompozit O-ring

Bu tasarım, küresel vanadaki döner küre ile kullanılmak üzere özel olarak geliştirilmiş bir contalı halka tertibatıdır. L şeklinde bir destek ve bu desteğe güvenli bir şekilde bağlı toroidal bir elastomer contadan oluşur. Bu kompozit yapı, operasyonel stresler altında sızdırmazlık performansını ve dayanıklılığı artırmayı amaçlamaktadır.

2.4.4.2. Vana çubuğu sızdırmazlık cihazı

Vana çubuğu ile vana gövdesi arasındaki sızdırmazlık ihtiyacını karşılamak için bu cihaz, O şekilli bir yay enerjisi depolama contası, bir destek halkası ve V şekilli bir yay enerjisi depolama contası içerir. Bu kombinasyon, özellikle sık açma ve kapama işlemleri içeren koşullarda sızdırmazlık güvenilirliğini artırır ve böylece vananın hizmet ömrünü uzatır.

2.4.4.3. Yangına dayanıklı küresel vana

Bu tip küresel vana, yangın güvenliği gereksinimlerini karşılamak üzere tasarlanmıştır. İlk O şekilli conta halkası, bir grafit blok ve ikinci bir O şekilli conta halkası içerir. Bu elemanların entegrasyonu, vananın yüksek sıcaklık koşullarında bile sızdırmazlık bütünlüğünü korumasını sağlar ve yangına karşı dayanıklılık özelliklerini artırır.

2.4.4.4. Çift yörüngeli küresel vana

Çift yörüngeli küresel vana, üst ve alt vana milleri etrafında dönen bir küre ve çeşitli bileşenlerle donatılmış bir vana yuvası içerir. Bu tasarım, vananın anahtar değiştirme süreci sırasında sürtünmeyi en aza indirir ve bu da hizmet ömrünü uzatarak etkili sızdırmazlığın uzun süre korunmasına yardımcı olur.

2.4.4.5. Çift kapak halkalı ve tahliye vanalı yüksek basınçlı küresel vana

Bu tasarım, vananın hava geçirmezliğini ve sızdırmazlık verimliliğini artırmaya odaklanır. Açma ve kapama küresini bastırmak için bir yay ve akışkan dinamiğinin baskı kuvvetini kullanır. Bu vana içindeki kapak tertibatı, sızdırmazlık sağlamak için

kapak halkaları, ana yay ve O-ringler gibi çeşitli bileşenler içerir ve özellikle yüksek basınçlı ortamlarda etkili sızdırmazlık sağlar.

Bu farklı O-ring ve sızdırmazlık cihazı tasarımlarına yönelik yaklaşımlar, küresel vanaların işlevselliğini, güvenilirliğini ve dayanıklılığını artırmayı amaçlayan yenilikleri gözler önüne serer. Sızdırmazlık teknolojilerindeki sürekli gelişmeler, küresel vanaların yüksek basınçlı sistemlerden yangına dayanıklılık gerektiren ortamlara kadar çeşitli endüstriyel süreçlerin zorlu gereksinimlerini karşılayabilmesini sağlar.

2.4.5. Mil

Küresel vananın sapı, küreyi dış kontrol mekanizmasına bağlar. Bu bağlantı, kürenin döndürülmesi için gerekli olan hareketi sağlar[33].

2.4.6. Güç kaynağı

Küresel vananın sapını döndürmek için manuel veya aktüatörlü bir güç kaynağı enerji sağlar. Manuel çalıştırma, operatörün ihtiyaç duyduğu anda kollar ve kollar kullanarak kontrol ettiği yöntemdir. Otomatik aktüatörler ise elektrik, pnömatik veya hidrolik güç kaynaklarını kullanır[33].

2.4.7. Küre tutucusu

Küre tutucusu, küresel vanalarda küreyi doğru pozisyonda sabit tutan ve hareketini kontrol eden bir bileşendir. Bu, vananın açık ve kapalı konumlar arasında düzgün çalışmasını sağlar. Küre tutucusu, kürenin yanlış hizalanmasını önleyerek vananın düzgün çalışmasını sağlar, kürenin mil tarafından döndürülmesi sırasında kontrollü hareketini sağlar ve küre ile yataklar arasındaki sızdırmazlık yüzeylerini destekleyerek vananın kapalı konumdayken sızdırmaz olmasını temin eder. Genellikle vananın gövdesinin bir parçası olarak dayanıklı malzemelerden yapılan küre tutucusu, yüksek basınç ve sıcaklık koşullarına dayanabilir ve vananın genel performansı ile güvenilirliği açısından kritik öneme sahiptir. Küre Tutucusu olarak vanalarda PTFE, RPTFE malzemeleri kullanılmaktadır.

PTFE (Politetrafloroetilen), küresel vanalarda yaygın olarak kullanılan bir sızdırmazlık malzemesidir ve endüstriyel uygulamalarda kritik bir rol oynar. PTFE'nin üstün kimyasal direnci, düşük sürtünme katsayısı ve geniş sıcaklık aralığında çalışabilme yeteneği, onu çeşitli endüstriyel uygulamalarda tercih edilen bir malzeme

yapar. Bu metinde, PTFE'nin küresel vanalarda kullanımına dair önemli bulgular ve analizler ayrıntılı bir şekilde ele alınmaktadır.

PTFE sızdırmazlık halkalarının temel özellikleri ve performansı üzerine yapılan çalışmalar, dayanıklılık testlerine tabi tutulan endüstriyel vanalarda PTFE sızdırmazlık halkalarının çelik küreler ile birlikte kullanıldığını göstermektedir. Çalışmalarda üç farklı şekle sahip PTFE sızdırmazlık halkası varyantı incelenmiş ve bu varyantların performansları değerlendirilmiştir. Çelik Küre ve PTFE sızdırmazlık halkası arasındaki temas basıncını sayısal olarak simüle etmek için Sonlu Elemanlar Yöntemi (FEM) kullanılmıştır. Bu yöntem, temas basıncının daha doğru bir şekilde belirlenmesine ve sızdırmazlık performansının optimize edilmesine olanak tanır [37].

Deneysel testlerde, DN50 PN10 endüstriyel küresel vanada 1000 açma/kapama döngüsüne tabi tutulan PTFE sızdırmazlık halkaları incelenmiştir. Bu testler sırasında, üç PTFE sızdırmazlık halkası varyantı için vanayı açmak ve kapatmak için gereken sürtünme torku ölçülmüştür. Sürtünme torku, vananın etkinliği ve kullanım ömrü açısından önemli bir parametredir. Ayrıca, aşınma nedeniyle oluşan ağırlık kaybı belirlenmiş ve bu değer, makro ölçekte aşınma derecesini ölçmek için kullanılmıştır. Ağırlık kaybı, PTFE sızdırmazlık halkalarının uzun vadeli dayanıklılığını ve performansını değerlendirmek için kritik bilgiler sunar [37].

PTFE halkasının temas yüzeyindeki pürüzlülük parametresi, mikro ölçekte aşınma göstergesi olarak kullanılmıştır. Pürüzlülük parametresi, sızdırmazlık yüzeyinin kalitesini ve aşınma direncini doğrudan etkiler. Yüksek pürüzlülük, sızdırmazlık performansını olumsuz etkileyebilir ve vananın sızdırmazlık ömrünü kısaltabilir. Bu nedenle, PTFE sızdırmazlık halkalarının yüzey pürüzlülüğünün minimize edilmesi, vananın genel performansını artırmak için önemlidir. Mikro ölçekli aşınma analizi, PTFE sızdırmazlık halkalarının yüzeyde meydana gelen mikroskobik değişiklikleri izlemek ve değerlendirmek için kullanılır [38].

PTFE sızdırmazlık halkalarının tasarımını optimize etmek için yapılan çalışmalar, çeşitli mühendislik yöntemlerini ve analiz araçlarını içerir. Örneğin, PTFE sızdırmazlık halkalarının geometrik şekillerinin ve boyutlarının optimize edilmesi, temas basıncının homojen dağılımını sağlamak ve aşınma direncini artırmak için kritik öneme sahiptir. FEM analizleri, bu optimizasyon sürecinde önemli bir rol oynar ve mühendislerin en uygun tasarımı belirlemelerine yardımcı olur.

Ayrıca, PTFE sızdırmazlık halkalarının üretim süreci de performanslarını etkileyen önemli bir faktördür. Yüksek kaliteli üretim teknikleri ve sıkı tolerans kontrolü, PTFE sızdırmazlık halkalarının uzun ömürlü ve güvenilir olmasını sağlar. Üretim sırasında meydana gelebilecek herhangi bir kusur veya tolerans dışı durum, sızdırmazlık performansını olumsuz etkileyebilir ve vananın genel etkinliğini azaltabilir.

PTFE sızdırmazlık halkalarının performansı, küresel vanaların endüstriyel uygulamalardaki etkinliğini ve güvenilirliğini doğrudan etkiler. Bu nedenle, PTFE'nin özelliklerinin ve performansının detaylı bir şekilde incelenmesi, endüstriyel uygulamalarda daha güvenilir ve uzun ömürlü küresel vanaların geliştirilmesine katkı sağlar. PTFE sızdırmazlık halkalarının dayanıklılığı ve performansı üzerine yapılan araştırmalar, mühendislerin ve tasarımcıların en uygun malzeme ve tasarım seçeneklerini belirlemelerine yardımcı olur[39].

Sonuç olarak, PTFE, küresel vanalarda önemli bir sızdırmazlık malzemesi olarak kullanılmaktadır. Çelik küre ile temas ettiğinde aşınma davranışı, PTFE sızdırmazlık halkalarının tasarımını ve dayanıklılığını optimize etmek amacıyla hem sayısal simülasyon hem de deneysel testler kullanılarak incelenmektedir. Bu araştırmalar, PTFE'nin sızdırmazlık performansını ve dayanıklılığını artırmak için önemli bilgiler sağlamaktadır. PTFE sızdırmazlık halkalarının performansı, küresel vanaların endüstriyel uygulamalardaki etkinliğini ve güvenilirliğini doğrudan etkiler ve bu nedenle, PTFE'nin özelliklerinin ve performansının detaylı bir şekilde incelenmesi, endüstriyel uygulamalarda daha güvenilir ve uzun ömürlü küresel vanaların geliştirilmesine katkı sağlar[39].

PTFE küresel vanalar hakkında elde edilen araştırma sonuçlarına göre, bu vanaların önemli özellikleri ve kullanım alanları şu şekildedir:

- Endüstriyel Vanalarda PTFE Sızdırmazlık Halkaları: PTFE sızdırmazlık halkaları, dayanıklılık testlerine tabi tutulan endüstriyel vanalarda çelik kürelerle birlikte kullanılmaktadır. Bu testler, PTFE halkalarının uzun ömürlülüğünü ve performansını değerlendirmek için önemlidir.
- Arka Vana Kapağı ve Sızdırmazlık Fonksiyonu: PTFE ve diğer metal olmayan malzemelerden yapılmış arka vana kapağı, vananın kapalı olduğunda sızdırmazlık işlevini sağlar. Bu, PTFE'nin üstün sızdırmazlık

özelliklerinden yararlanarak vananın güvenilir bir şekilde kapanmasını ve sızıntı yapmamasını sağlar.

- Akış Ayarı ve Kontrol Yeteneği: Küresel vana gövdesinde dikdörtgen veya yelpaze şeklinde bir açıklık bulunması, vananın akışı ayarlamasına olanak tanır. Bu özellik, vananın sıvı, gaz, buhar ve diğer temiz medya için doğrusal veya eşit yüzdeli akış karakteristiklerine ulaşmasını sağlar. Bu sayede, PTFE küresel vanalar hassas akış kontrolü yapabilme yeteneğine sahip olur.
- Çeşitli Endüstriyel Uygulamalara Uygunluk: PTFE sızdırmazlık ve ayarlanabilir akış kontrolü kombinasyonu, PTFE küresel vanaların geniş bir endüstriyel uygulama yelpazesinde kullanılmasını sağlar. Özellikle kimyasal direnç gerektiren ve yüksek sıcaklık ile basınç altında çalışan sistemlerde tercih edilirler.

Bu bilgiler doğrultusunda, PTFE bileşenleri içeren küresel vanalar, özellikle arka vana kapağı olmak üzere, vananın kapalı olduğunda kritik sızdırmazlık fonksiyonunu yerine getirir. Küre tasarımıındaki spesifik açıklıklar, vananın çeşitli akışkanların akış hızını hassas bir şekilde kontrol etmesini sağlar. PTFE'nin üstün sızdırmazlık özellikleri ve ayarlanabilir akış kontrol yeteneği, bu vanaları geniş bir endüstriyel akış kontrol uygulamaları için uygun hale getirir.

2.4.8. Paketleme(Teflon)

Paketleme, medyanın kaçmasını önlemek için sapın etrafında bir sızdırmazlık sağlar. Bu bileşen, vananın güvenli ve sızdırmaz çalışmasını temin eder.

2.5. Küresel Vana Standartları

Küresel vana tasarımı için kullanılan uluslararası kodlar ve standartlar aşağıda belirtilmiştir:

Tasarım Standartları: API 6D / ISO 14313 / BS EN 17292 / BS 5351 / MSS SP 72

Test Standartları: API 6D / API 598 / BS 6755 Bölüm I / MSS SP 61

Yangın Test Standartları: API 6FA, API 607, ISO 10497 veya BS 6755 Bölüm II

Boyutsal Standartları: ASME B16.10 / API 6D



3. MATERYEL VE YÖNTEM

3.1. Genel Gereklilikler

Trunnion küresel vana optimizasyonu süreci, SolidWorks CAD uygulaması ve Ansys sonlu elemanlar analizi (FEA) uygulaması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu süreç, DN 100, 600 basınç sınıfı 3 parçalı, flanşlı trunnion küresel vana tasarımından 2 parçalı vana tasarımına optimizasyonu şeklinde ilerleyecektir. Küresel vanaların tasarımında ANSI/ASME B16.34, API 6D ve ISO 14313 gibi uluslararası standartlar dikkate alınmıştır. Bu standartlar, vanaların tasarım, malzeme, üretim ve test süreçlerine ilişkin kriterleri belirler ve vanaların güvenilir, emniyetli ve yüksek performanslı olmasını sağlamaktadır.

Ön işleme işlemleri, CAD model tasarımıyla bağlantılı tüm işlemleri kapsamaktadır. İhtiyaç belirlendikten sonra spesifikasyonlar ve kısıtlamalar (sınır koşulları, yük durumları) tanımlanarak ön işleme aşamasına geçilir. İlk olarak, küresel vananın CAD modeli SolidWorks kullanılarak oluşturulmuş ve bileşenler parçalara bölünmüştür (korunmuş geometri ve tasarım alanı). Bu aşama, modelin doğru şekilde oluşturulması ve analiz için hazırlanması açısından kritik öneme sahiptir.

Tasarım aşamasında oluşturulan bileşenlerin yük durumları altında nasıl davrandığını belirlemek için Ansys programı kullanılarak gerilme analizi yapılmıştır. Bu analizde, vananın çeşitli parçalarının (küre, kapak, gövde vs.) farklı yükler altındaki performansı değerlendirilmiştir. Gerilme analizlerinin tekrarlanmaları sonucunda, her bir bileşen için nihai tasarım elde edilmiştir. Bu tasarım, vananın güvenilir ve dayanıklı olmasını sağlamak için optimize edilmiştir.

Analiz sonuçları yeterli olduğunda, optimizasyon sürecine geçilmiştir. Optimizasyon sürecinin sonucu olarak, 2 parçalı DN 100 trunnion küresel vana katı modeli elde edilmiştir. Kritik faktörlerin yapıyı nasıl etkileyebileceğini ve arızaların meydana gelip gelmeyeceğini belirlemek için bu katı model tekrar analize tabi tutulmuştur. Bu süreçte, vananın performansı ve dayanıklılığı artırılmıştır.

Analiz sonuçları doğru olduğunda, son CAD modeli hazırlanmıştır. Bu model, üretime geçilmeden önce tüm standartlara ve spesifikasyonlara uygun olarak tasarlanmıştır. Son modelin hazırlanması, tasarımın nihai onayını ve üretime geçişini sağlamaktadır.

Trunnion küresel vana optimizasyonu süreci, uluslararası standartlara uygun olarak, SolidWorks ve Ansys kullanılarak başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu süreç sonunda, daha verimli, dayanıklı ve güvenilir 2 parçalı DN 100 trunnion küresel vana tasarımı elde edilmiştir. Bu optimizasyon, vananın performansını artırarak endüstriyel uygulamalarda daha etkin bir kullanım sağlamaktadır.

3.2. Malzeme

Malzeme seçiminde göz önünde bulundurulması gereken başlıca faktörler şunlardır:

- İşletim Koşulları: Sıcaklık, basınç ve diğer mekanik zorlamalar.
- Akışkanın Kimyasal Özellikleri: Korozyon özellikler, asidik ortamlar.

Bu faktörler, uygun malzemenin seçilmesinde belirleyici rol oynar. Örneğin, korozyon akışkanlar için paslanmaz çelik veya egzotik alaşımlar tercih edilirken, korozyon olmayan ve oda sıcaklığında olan akışkanlar için karbon çeliği en uygun maliyetli çözüm olabilir.

3.2.1. Küresel vana gövdesi ve kapakları için malzeme seçimi

Vana gövdesinin yaygın malzemeleri arasında karbon çelik, düşük sıcaklık karbon çeliği (ASTM A352 LCB/LCC), alaşımlı çelik (WC6, WC9), östenitik paslanmaz çelik (ASTM A351 CF8), dökme bakır alaşımı, titanyum alaşımlı alüminyum alaşımı vb. bulunmaktadır. Bu malzemeler arasında karbon çeliği en yaygın kullanılan gövde malzemesidir. ASTM A216 WCA, WCB ve WCC, -29 ila 425°C arasındaki çalışma sıcaklığına sahip orta ve yüksek basınçlı vanalar için uygundur. GB, 16Mn ve 30Mn, -40 ila 450°C arasındaki sıcaklıklar için kullanılır ve ASTM A105 gibi yaygın alternatif malzemelerdir. Her ikisi de 0,25 oranında karbon içerir. WCB ve A105 vanaları arasındaki farklar:

Malzeme ve Standartlar: Karbon çelik A105 vanaları, ASTM A105 standardındaki dövme çeliktir. A105, Amerika Birleşik Devletleri standardı ASTM A105/A105M ve GB/T 12228-2006'ya (temel olarak eşdeğer) ait yaygın bir malzemedir. Karbon çelik WCB vanası, WCA ve WCC derecelerine sahip ASTM A216 spesifikasyonuna aittir ve kimyasal ve mekanik özellikler açısından hafif farklar gösterir.

Farklı Şekillendirme Yöntemleri: A105 vanası, iç yapıyı iyileştirmek için plastik deformasyonla dövülebilir, iyi mekanik özellikler ve hatta tane boyutuna sahiptir. WCB vanaları, dokuları ayrışma ve kusurlara neden olabilen dökme sıvı şekillendirme ile yapılır ve karmaşık iş parçalarının dökülmesinde kullanılabilir.

Farklı Performans: A105 dövme çelik valflerinin dövme çelik dökümlerine göre süneklik, tokluk ve diğer mekanik özellikleri daha yüksektir ve daha büyük darbe kuvvetini taşıyabilir. Bazı önemli makine parçaları dövme çelikten yapılmış olmalıdır.

Malzemenin mekanik özellikleri açısından, aynı malzemenin dövme işlemleri, daha yoğun tane yapısı ve daha iyi hava geçirmezlik nedeniyle dökme işlemlerinden daha iyi performans gösterir ancak maliyet artar. Bu nedenle, yüksek gereksinimler veya 427°C'den düşük sıcaklık için uygundur. Küçük boyutlu vana veya yüksek basınçlı vana için A105 kaplama malzemesini, dövme kalıp açma maliyeti ve malzeme kullanım oranı nedeniyle büyük boyutlu vana veya orta ve düşük basınçlı vana için WCB malzemesi tercih ediliyor.

Sıcaklık dışında, vana malzemesi seçiminde diğer bir faktör iç akış medyasının kimyasal özellikleridir. Bazı uygulamalar, akış medyasının aşındırıcı özelliklerine dayanabilmesi için paslanmaz çelik veya egzotik alaşımların kullanılmasını gerektirebilir. Ancak, oda sıcaklığında aşındırıcı olmayan akış medyasını işleyen uygulamalarda, karbon çeliği en maliyet etkin çözümü sağlar.

Maliyet, malzeme seçiminde önemli diğer bir faktördür. Genellikle A105, daha yüksek karbon içeriği ve mekanik özellikleri nedeniyle A216'ya göre daha yüksek maliyetlidir. Ancak, her iki malzemenin uzun vadeli faydalarını ve risklerini değerlendirmek önemlidir.

WCB dökme çelik vanaları, dökme karbon çelik, dökme düşük alaşımlı çelik ve dökme özel çelik olmak üzere üçe ayrılabilir. Genellikle, şekil kompleks, dövülemeyen veya işlenmesi zor parçaların yapımında tercih edilirler. Bu malzemenin seçimi, tasarım ve optimizasyon süreçlerinde önemli avantajlar sunar. Yüksek mukavemet ve plastisite gereksinimlerini karşılayabilme özellikleri, özellikle karmaşık yapıdaki parçalar için idealdir. Bu nedenler tasarımda WCB malzemesini seçme kararını etkileyen önemli faktörlerden birkaçıdır.

3.2.2. Küresel vana küresi için malzeme seçimi

Küresel vana küresi için malzeme seçerken dikkat edilmesi gereken bazı önemli faktörler bulunmaktadır. Bu bağlamda, dövme çelikler ve paslanmaz çelikler en sık kullanılan malzemelerdir. İşte bu malzemelerin özellikleri ve hangi durumlarda tercih edileceği şunlardır:

- Paslanmaz çelikler, en az %10-20 oranında krom içeren demir alaşımlarıdır. Bu alaşımlar, demirin paslanmasını önler ve ısıya dayanıklı özellikler sağlar. Küresel vana küresi için yaygın olarak kullanılan paslanmaz çelik türleri şunlardır:
- 304L, 304 paslanmaz çeliğin düşük karbonlu bir varyasyonudur (%0.03 maksimum karbon içeriği). Bu düşük karbon içeriği, kaynak sırasında karbür çökmesini ortadan kaldırır ve böylece daha iyi kaynaklanabilirlik sağlar. 304L genellikle stres giderme işlemlerini gerektirmez ve 304'e kıyasla biraz daha düşük mekanik özelliklere sahiptir.

Tablo 3.1. 304 ve 304L Paslanmaz Çelik Malzemelerinin Özellikleri.

Element	304	304L
Karbon	0,07	0,03 max
Krom	17,5-19,5	17,5-19,5
Nikel	8,0-10,5	8,0-12,0
Manganez	2,00	2,00
Silikon	0,75	0,75
Nitrojen	0,10	0,10
Fosfor	0,045	0,045
Kükürt	0,030	0,030
Mukavemet Özellikleri		
Çekme Mukavemeti (Mpa)	600	530
Dayanım Mukavemeti (Mpa)	210	200
Uzama (%)	60	50

- 304L, 304 paslanmaz çeliğin düşük karbonlu bir varyasyonudur (%0.03 maksimum karbon içeriği). Bu düşük karbon içeriği, kaynak sırasında karbür çökmesini ortadan kaldırır ve böylece daha iyi kaynaklanabilirlik sağlar. 304L genellikle stres giderme işlemlerini gerektirmez ve 304'e kıyasla biraz daha düşük mekanik özelliklere sahiptir. 304 ve 304L paslanmaz çelikler, sürekli olarak 899°C sıcaklığa, kesintili olarak ise 816°C sıcaklığa kadar dayanabilir.

- 304 paslanmaz çelik maliyeti daha düşük olduğu için endüstride geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu malzeme, genel korozyon direnci ve mekanik dayanıklılığı ile bilinir, bu da birçok uygulama için uygun hale getirir. Vana küresi için sağlam ve güvenilir bir malzeme sunabilir.

3.2.3. Küresel vana küre tutucusu için malzeme seçimi

Küresel vanalar, sızıntının çevre veya ürün için kötü sonuçlar doğurabileceği petrokimya ve ilaç gibi sektörlerde de kullanılır. Bu nedenle, küresel vana yuvası, akışkanı mühürlemek ve oturma gerilimini eşit olarak dağıtmakla sorumlu olduğu için bu tür durumlarda kritik öneme sahiptir.

Bu nedenle, uygun küresel vana yuvası malzemelerini seçmek, vananın performansını ve ürün ile çevrenin güvenliğini sağlamak açısından hayati öneme sahiptir. En yaygın kullanılan küresel vana yuvası malzemeleri arasında PTFE, PEEK ve POM bulunmaktadır.

POM, Acetal, POM-C veya Delrin olarak adlandırılır ve 3M tarafından tescillidir. En uygun olanını seçmek için dikkate alınması gereken üç ana faktör vardır: akışkan uyumluluğu, sıcaklık aralığı ve basınç aralığı.

PTFE, Teflon olarak da bilinir, çok yüksek kimyasal uyumluluğa sahiptir, bu nedenle farklı uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Ayrıca, FDA sınıfında da üretilir, bu nedenle ilaç, gıda ve içecek ürünleriyle uyumludur. PTFE'nin tek uyumluluk sorunu, flor veya alkalilere maruz kaldığında ortaya çıkar. Ayrıca, 350 bara kadar olan basınçlar için PTFE yuvaları önerilmemektedir.

PEEK, PTFE'ye çok benzer özelliklere sahip bir malzemedir. Bu nedenle, akışkan uyumluluğu da benzerdir, FDA sınıflarını içerir. Ancak, sülfürik aside maruz kaldığında başarısız olabilir.

Son olarak, POM'un akışkan uyumluluğu geniş kapsamlıdır ve radyoaktif uygulamaları da içerir, ancak oksijen akışı ile iyi bir performans gösteremez.

Uygun küresel vana yuvası malzemelerini seçerken dikkate alınması gereken bir diğer kritik nokta, çalışabilecekleri sıcaklık aralığıdır. Birçok malzeme, sıcaklık değişikliklerine farklı tepki verir ve bazıları, normal çalışma aralıklarının üzerine çıktığında veya altına indiğinde özelliklerini kaybeder. Bir küresel vana yuvası

özelliklerini kaybeder veya termal deformasyon yaşarsa, sızdırmazlık gücü kaybolur ve istenmeyen sızıntılar meydana gelebilir.

PTFE'nin çalışma sıcaklığı -45°C ile 230°C arasında olabilir. Uygulamada bu sınırlar aşılsa, PEEK yuvalarını kullanılması daha uygun olacaktır. Çünkü bu malzeme -56°C ile 315°C aralığında iyi performans gösterebilir, buhar hizmeti dahil 260°C 'ye kadar (bu rakamlar teoriktir, çünkü bir güvenlik faktörü eklenmesi gerekmektedir.) POM, sıcaklık söz konusu olduğunda daha sınırlı bir malzemedir. Bu malzeme sadece -56°C ile 100°C arasında düşük sıcaklıklarda çalışabilir. Ancak, basıncın sıcaklıktan daha kritik olduğu uygulamalar için

Güvenlik faktörleriyle birlikte sıcaklık aralıkları: PTFE iyi anlaşılmış bir malzemedir, dolayısıyla tipik bir malzemenin malzeme özellikleri PTFE, malzemenin test edilmesine gerek kalmadan kolayca temin edilebilir. Bu malzeme özellikleri hesaplamalı modeldeki koltuk bileşenine uygulanacaktır. PTFE kullanımı, yüzer küresel vana yuvalarının kendisinden üretilmesi, çoğu akışkana karşı kimyasal olarak inert olması ve geniş bir çalışma sıcaklığı aralığına sahip olması nedeniyle PTFE'nin çoğu düşük basınçlı uygulamada kullanılmasına olanak sağlaması ve dolayısıyla onu uygun bir malzeme haline getirmesi nedeniyle seçilmiştir. Bu tezin analizlerinde koltuk malzemesi olarak kullanılacaktır.

Tablo 3.2. PTFE Malzeme Özellikleri

Özellik	Değer	Birimler
Elastik Modül	556,0	N/mm^2
Poisson Oranı	0,47	N/A
Kütle Yoğunluğu	$1,02 \times 10^{-5}$	kg.mm^3
Çekme Mukavemeti	34,3	N/mm^2
Basma Mukavemeti	34,3	N/mm^2
Akma Mukavemeti	20,05	N/mm^2

Trunnion küresel vana yuvasının analizinde kullanılan bileşenlere uygulanan gerçekçi malzeme özelliklerinin kullanılması, analizlerden elde edilen sonuçların gerçekçi olmasını ve dolayısıyla aynı yüklere maruz kalan fiziksel bir vanadaki bileşenlerin reaksiyonunun doğru bir temsilini sağlar.

Tablo 3.3. Küresel Vana Parçaları Malzeme Seçimleri

No.	Açıklama	Malzeme
1	Gövde	ASTM A216 Gr. WCB
2	Küre tutucusu	PTFE
3	Gövde Mili	ASTM A182 Gr. F6a
4	Kapak	ASTM A216 Gr. WCB
5	Civata	ASTM A193 Gr. B7
6	Civata Somunu	ASTM A194 Gr. 2H
7	Paketleme (Teflon)	Grafitle, örgülü uç halkaları
8	Küre	SS304
9	Alt yatak Flanşı	ASTM A216 Gr. WCB
10	Göz Civata Somunu	ASTM A194 Gr. 2H
11	Alt yatak	SS304

3.2.4. Malzeme özelliklerini tanımlama

ANSYS Workbench'te A216 WCB malzemesini eklemek için, öncelikle uygulama başlatılarak "Project Schematic" bölümünde "Engineering Data" ya erişilir. Engineering Data ekranında, "Engineering Data Sources" butonuna tıklanarak mevcut malzeme kütüphanelerinden "General Materials" veya "Custom Materials" kütüphanesi seçilip eklenir. Sol kısımdaki malzeme listesinde sağ tıklanarak "New Material" seçeneği ile "A216 WCB" adlı yeni malzeme oluşturulur. Bu malzeme için yoğunluk (7800 kg/m^3), elastik modül (200 GPa), Poisson oranı (0.3), çekme akma mukavemeti (250 MPa) ve çekme mukavemeti (485 MPa) gibi gerekli özellikler tanımlanır. Tanımlanan malzeme özellikleri kaydedilerek, A216 WCB malzemesi Workbench projelerinde kullanılabilir hale getirilir ve böylece mühendislik analizlerinde güvenilir sonuçlar elde edilmesi sağlanır.

Properties of Outline Row 4: ASTM A216WCB					
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Density	7820	kg m ⁻³	☒	☒
3	Isotropic Elasticity			☐	☐
4	Derive from	Young's M...			
5	Young's Modulus	2.1E+11	Pa	☐	☐
6	Poisson's Ratio	0.29		☐	☐
7	Bulk Modulus	1.6667E+11	Pa	☐	☐
8	Shear Modulus	8.1395E+10	Pa	☐	☐
9	Field Variables				
13	Tensile Yield Strength	2.8E+08	Pa	☐	☐
14	Compressive Yield Strength	2.8E+08	Pa	☐	☐
15	Tensile Ultimate Strength	5.7E+08	Pa	☐	☐
16	Compressive Ultimate Strength	5.7E+08	Pa	☐	☐

Şekil 3.1. ANSYS Workbench Malzeme Ekleme Ekranı.

3.3. Özel Gereksinimler

Vanalar, ANSI/ASME B16.5, B16.34, B31.3, API 598 ve API 607'ye uygun olmalıdır. Vanalar, anhidro amonyak hizmeti için uygun olan çelik veya diğer malzemelerden yapılmış olmalıdır. Çinko, bakır veya bu elementleri içeren alaşımlar kullanılmamalıdır.

Vana gövde boşluğu ve küre arasında sıkışan amonyağın tahliyesi için bir tahliye bağlantı noktası veya esnek dudak bulunmalıdır.

3.4. Teknik Özellikler

Küresel vanaların belirli standartlara uygun olması, güvenilirlik, güvenlik ve performans açısından son derece önemlidir. Belirtilen standartlar hakkında kısa bilgiler şunlardır:

- API 6D: Bu standart, boru hattı ve tesis vanaları için Amerikan Petrol Enstitüsü (API) tarafından belirlenen standarttır. API 6D, vanaların tasarımı, üretimi, test edilmesi ve dokümantasyonu için gereklilikleri kapsar. Bu standart genellikle petrol ve gaz endüstrisinde kullanılan vanalar için uygulanır[40].
- ANSI B16.34: Bu standart, Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI) tarafından belirlenmiştir ve vanaların flanşlı, dişli ve kaynak uç bağlantıları için malzeme, tasarım, basınç-sıcaklık derecelendirmeleri, boyutlar ve test

gereksinimlerini tanımlar. Yüksek basınçlı ve yüksek sıcaklıklı uygulamalar için geçerlidir.

- ANSI B16.10: Bu standart, vanaların yüz yüze ve uçtan uca ölçüleri için gereklilikleri tanımlar. Bu, vanaların montajı ve değiştirilmesi sırasında uyumluluğu sağlamak için kritik öneme sahiptir. Vanaların yerleştirileceği boru hattının boyutlarına ve tasarımına uygun olmasını sağlar.

Bu standartlara uygun küresel vanalar, petrol, doğalgaz, kimya ve enerji gibi endüstrilerde güvenli ve verimli bir şekilde kullanılabilir. Bu standartlara uyum, üreticilerin ürünlerinin kalite ve güvenilirliğini garanti ederken, kullanıcıların sistemlerinde en iyi performansı elde etmelerini sağlar.

3.4.1. API 6D

Bu standart, küresel, çekvalf, sürgülü ve tapa vanalarının tasarımı, üretimi, testleri ve dokümantasyonu için gereksinimleri belirtir ve önerilerde bulunur. Bu standarttaki gereksinimler, deniz altı vanalarının tasarımı için geçerli değildir[41].

Tasarım gereksinimlerini belirten 7. maddede, API 6D standardı, basıncı içeren elemanların tasarımı ve hesaplamalarının, boru hattı yükleri, işletme kuvvetleri vb. hususlar göz önünde bulundurularak uluslararası alanda tanınmış bir tasarım kodu veya standart ile uyumlu olmasını şart koşar. Standardın seçimi, müşteri ve üretici arasında karşılıklı anlaşma ile yapılmalıdır. Uluslararası alanda tanınmış kodlar olarak ASME VIII Bölüm 1 veya Bölüm 2 ve ASME B16.34 standartlarını örnek olarak gösterir.

3.4.2. ASME B16.34

Bu standart, flanşlı, dişli ve kaynak uçlu olarak tasarlanmış vanalar için faydalıdır. Yeni yapılar için geçerli olup, vanalar için basınç-sıcaklık derecelendirmeleri, boyutlar, toleranslar, malzemeler, tahribatsız muayene gereksinimleri, test ve işaretleme gibi konuları kapsar.

Bu standart ile ilgili olarak özellikle belirtilmesi gereken bir nokta ise, birçok hizmette genel olarak kullanılan vanalara ilişkin belirli gereksinimlerin, uygulaması bilinen ve bazı özelliklerin başarılı deneyimle kanıtlanmış olan bazı vanalara uygun olmayabileceğidir. Özellikle gaz ve petrol ürünleri boru hatlarında geliştirilen ve kullanılan vanaları içeren belirli bir durum söz konusudur. Bu tür vanaların mevcut API 6D'ye uyumu, Federal Ulaştırma Bakanlığı, Boru Hattı Güvenlik İşlemleri Ofisi

tarafından belirlen en federal kuralların ve düzenlemelerin gereksinimlerini karşılamak için yeterli olabilir.

Başka bir özel durum ise, ilgili boru hattı kodu altında kullanılan enstrüman sistemlerindeki vanaları içermesidir. Bu tür vanaların mevcut boru hattı kodu gereksinimlerine uyumu, yetki kurallarını ve düzenlemelerini karşılamak için yeterli olabilir.

Tablo 3.4. ASME B16.34 Minimum Et Kalınlığı (mm)

DN (mm)	Sınıf 150	Sınıf 300	Sınıf 600	Sınıf 900	Sınıf 1500	Sınıf 2500	Sınıf 4500
3	2,5	2,5	2,8	2,8	3,1	3,6	4,9
6	2,7	2,8	3,1	3,2	3,6	4,6	7,2
9	2,9	3,0	3,3	3,6	4,2	5,6	9,6
12	3,1	3,3	3,6	4,1	4,8	6,6	12,0
24	3,9	4,2	4,6	5,9	7,0	10,7	21,4
50	5,5	6,0	6,2	7,8	11,8	19,6	41,8
100	6,5	7,7	9,5	13,0	21,0	36,6	81,0
150	7,1	9,4	12,9	18,2	30,2	53,7	120,3
200	8,0	11,0	16,3	23,4	39,4	70,7	159,5
250	8,8	12,7	19,7	28,7	48,6	87,8	198,8
300	9,6	14,3	23,0	33,9	57,9	104,8	238,0
310	9,8	14,6	23,7	34,9	59,7	108,2	245,9

Bu ASME B16.34 baskısı, metrik SI ve Amerikan geleneksel ölçü birimlerinde değerleri belirtir. Bu ölçü birimleri ayrı ayrı ele alınmalıdır. Her bir sistemde belirtilen değerler tam karşılıkları değildir; bu nedenle her sistem, diğerinden bağımsız olarak kullanılmalıdır. İki sistemden değerlerin birleştirilmesi, bu standarda uyumsuzluk teşkil eder[42].

Bu standart, yeni vanaların yapımı için uygulanır ve aşağıdaki hususları kapsar:

Basınç-sıcaklık derecelendirmesi, iç geçiş çapı ve duvar kalınlığı gibi boyutlar, cıvata boyutlandırması, toleranslar, malzemeler, tahribatsız test gereksinimleri ve hidrostatik test basıncı ve test süresi gibi bazı test gereksinimleri. Bu standart, vanaların boyutlandırılması için en çok kullanılan standartlardan biridir.

İç Çapı 100mm 600 Sınıfı küresel vana tasarımı yaptığımız için kullanacağımız minimum et kalınlığı 9,5 mm olacak.

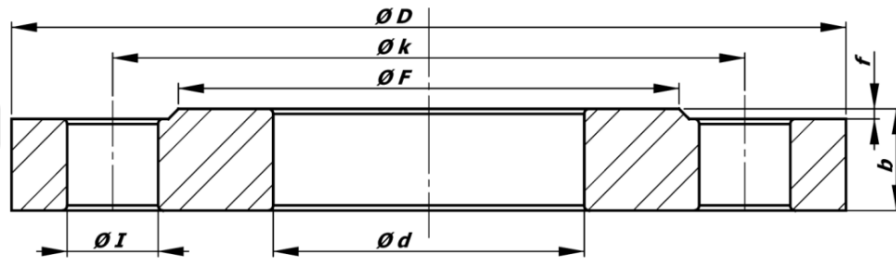
3.4.3. ASME B16.5

ASME B16.5, dökme ve dövme çelik boru flanşı ve flanşlı bağlantı parçalarının imalatı için en yaygın kullanım standardı spesifikasyonudur.

Bu standart, basınç-sıcaklık değerlerini, malzemeleri, boyutları, toleransları, işaretlemeyi, testleri ve boru flanşı ve flanşlı bağlantı parçaları için açıklıkların belirlenmesi yöntemlerini kapsar. ASME B16.5 standardı, 150 ila sınıf 2500 basınç sınıfında DN 15'den DN 600'e kadar çelik boru flanşlarını ve flanşlı bağlantı elemanlarını kapsar.

ASME B16.5 aşağıdakilerle sınırlıdır:

- Dökme veya dövme malzemelerden yapılmış flanşlar ve flanşlı bağlantı parçaları
- Dökme, dövme veya plaka malzemelerden yapılmış kör flanşlar ve bazı redüksiyon flanşları.
- Flanş cıvatalaması, contalar ve bağlantılar.



Şekil 3.2. ASME B16.5 Küresel Vana Kapak Flanşı.

Küresel vana flanşının yukardaki şekildeki $\varnothing D$, $\varnothing d$, $\varnothing k$, $\varnothing F$, $\varnothing I$, b , f değerleri ASME tarafından belirlenir. Bir flanş bağlantısının flanşları farklı basınç-sıcaklık derecelerine sahipse, flanş bağlantısı herhangi bir sıcaklıkta o sıcaklıktaki iki değerden düşük olanı için derecelendirilecektir.

3.4.3.1. Nominal sıcaklık

Nominal basınca karşılık gelen nominal sıcaklık, flanş ve flanş bağlantı parçalarının basınçlı kabının sıcaklığını ifade eder. Bu sıcaklık genellikle depolanan sıvının sıcaklığıyla aynıdır.

İçerdiği sıvının sıcaklığından farklı bir sıcaklığa karşılık gelen bir basınç değerinin kullanılması, geçerli yasa ve düzenlemelerin gerekliliklerine tabi olarak kullanıcının

sorumluluğundadır. -29°C'nin altındaki herhangi bir sıcaklık için, derecelendirme, -29°C için gösterilen derecelendirmeden büyük olmayacaktır.

Flanş bağlantılarının yüksek veya düşük sıcaklıklarda kullanılmasına bakılmaksızın, bağlı boru veya ekipmanın oluşturduğu dış kuvvetler ve momentlerden kaynaklanan sızıntılar dikkate alınmalıdır. Sızıntıyı önlemek için boru flanşları ve flanşlı bağlantı parçaları ciddi dış yüklerin ve keskin termal değişimlerin uygulanmasından kaçınılmalıdır.

3.4.3.2. Yüksek sıcaklık

Sürünme aralığındaki sıcaklıklarda uygulama, flanşların, cıvataların ve contaların gevşemesi nedeniyle cıvata yüklerinin azalmasına neden olacaktır. Termal değişimlere maruz kalan flanşlı bağlantılar benzer şekilde azalan cıvata yüklerine de maruz kalabilir. Azalan cıvata yükleri, flanşlı bağlantının yükleri sızıntı olmadan etkili bir şekilde sürdürme kapasitesini azaltır.

3.4.3.3. Düşük sıcaklık

Bazı malzemeler, özellikle bazı karbon çeliği malzemeler, düşük sıcaklıklarda kullanıldığında süneklikte önemli bir azalma gösterir ve bu nedenle darbe yüküne, ani gerilim değişikliklerine ve yüksek gerilim konsantrasyonlarına dayanamaz. Bazı düzenlemeler, sıcaklık -29 °C'nin üzerinde olsa bile darbe testi yapılmasını gerektirir.

3.4.4. ASME VIII – Bölüm 2

ASME kodu, 1911 yılında ASME Kazanlar Komitesi olarak oluşturulmuş ve ilk baskısı 1914-1915 yıllarında yalnızca sabit kazanlar için (Bölüm I) yayımlanmıştır. 1924'te, alevle temas etmeyen basınçlı kaplara ilişkin Bölüm VIII yayımlanmıştır [43].

1960'lı yıllara kadar kodlar, deneyimlerle belirlenmiş kriterlere dayalıydı, az teorik temele sahipti ve daha basit arıza mekanizmalarını içeriyordu. Ekipman kalınlığının, maksimum gerilimi destekleyecek yeterlilikte olması ve malzemenin, geometrik süreksizlik bölgelerinde oluşan tepe gerilimleri ve gerilimleri herhangi bir ani risk olmadan tolere edebilecek kadar sünek olması yeterli görülüyordu[43].

ASME Bölüm VIII, Bölüm 2'nin ilk baskısı 1968'de yayımlandı ve ilk kez farklı bir tasarım kriteri benimsendi:

- Standart ile Tasarım (önceki yıllarda mevcut olan): Bileşenlerin (gövde, kapak, nozullar vb.) geometrisi için standartlaştırılmış detaylarla basınçlı kapların boyutlandırılması için tanınmış analitik çözümler kullanır.
- Analiz ile Tasarım: Geleneksel olmayan geometrilere ve/veya yüklemelere sahip bileşenleri içerir; burada boyutlandırma, uygulanan gerilimlerin analizi ve sınıflandırılması ile kabul edilebilir değerlerle karşılaştırılmasına bağlıdır.

ASME VIII, Bölüm 2'nin kapsamı vanaları içermez. Ancak, ana vana standartları, gerilme analizi ve kabul edilebilir gerilme değerlerinin ASME Bölüm VIII, Bölüm 2'ye uygun olması gerekir. Vanalar için gerilme analizi prosedürleri ve kurallarını belirleyen özel bir literatür veya teknik standart bulunmamaktadır.

Analizle tasarım felsefesi 1960'larda Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkmıştır. Başlangıçta, daha ayrıntılı ve sofistike projelere, özellikle nükleer endüstrideki projelere olan ihtiyaç nedeniyle motive edilmiştir. O dönemde mevcut kodlarda öngörülme ve kapsamayan birçok türde basınçlı kap bulunmaktaydı. Bu durum, gerilme analizi metodolojilerinin derinlemesine incelenmesine yönelik büyük yatırımlara neden olmuştur.

Temelde, analizle tasarım, uygun bir gerilme analizi yapılabilirse, daha iyi bir değerlendirme ve dolayısıyla daha optimize edilmiş bir tasarım elde edilebileceği fikrine dayanmaktadır. Bu, daha muhafazakâr olan normlara göre tasarım yaklaşımının kullanılmasını önler [43].

ASME VIII Bölüm 2'nin 5. bölümü, gereksinimlerin analizine dayalı olarak tasarım parametrelerini tanımlar. Ayrıntılı bir tasarım prosedürünün kullanılması, plastik çökme, yerel arıza, burkulma ve döngüsel yükleme gibi durumlara karşı bileşenleri değerlendirmek için gerilme analizinden elde edilen sonuçları sağlar. Ayrıca, cıvatalar için ek analiz gereksinimleri de sunulur. Deneysel gerilme analizi ve kırılma mekaniği ile yapılan değerlendirmeler de tasarım analizleri için kullanılan prosedürlerdir.

Analizle tasarımda, daha fazla sayıda olası arıza modu göz önüne alınır. Güvenlik marjlarının daha rasyonel olarak belirlenmesi, arıza modlarının dikkate alınması ve daha ayrıntılı gerilme analizleri yapılması, daha fazla ekonomi sağlar. Analizle tasarım, gerilme limitlerini kaçınılmak istenen bazı arıza modlarıyla ilişkilendirir. Bu durumda, tasarım, bileşenlerin analizi yoluyla yapılır ve membran ve eğilme

gerilmeleri (kabuklardaki süreksizlik analizlerinde görülenler gibi) ile birincil, ikincil ve pik kategorilere ayrılır ve sınıflandırılır.



4. YAPISAL ANALİZ

Basit matematiksel modeller analitik olarak çözülebilirken, daha karmaşık modeller sayısal yöntemlerin kullanılmasını gerektirir. Sonlu Elemanlar Analizi, bu tür karmaşık matematik problemlerini çözmek için kullanılan sayısal yöntemlerden biridir.

4.1. Sonlu Elemanlar Sabit Değerler

Bu çalışmayı basitleştirmek amacıyla bazı değişkenler test sonuçlarını etkileyebileceğinden sabit tutuldu:

- Kürenin Küreselliği: Küre ile küre tutucu arasında sızdırmazlığın oluşması için bu son bileşenin izin verilen bir küresellik hatasına sahip olması gerekir. Çünkü hata çok büyükse, yuva kürenin deformasyonunu kopyalayamayacaktır. Ancak minimum küresellik hatasına sahip bir küre üretmek çok maliyetli olacaktır. Bu çalışmada küresellik hatası 0 olarak kabul edilmiştir, yani küre geometrik olarak kusursuzdur.
- O-Ring İmalat Hataları: Bu bileşen, montajı sırasında çatlak ve kusurları gösteremez, çünkü bu durum koltuk tutucunun piston etkisinin oluşmasını tehlikeye atabilir. Simülasyon, olağan durumu dikkate alarak yapılmıştır ve kusursuz bir O-ring'e karşılık gelir.
- Yuva Tutucunun Konumlandırılması: Vana'nın kullanım ömrü boyunca yatağın plastik deformasyonlar göstermemesini sağlamak için, düzeneğe, küreye göre yuva tutucunun konumunda büyük değişiklikler gösteremez. Simülasyonda yuva tutucu, konumlandırılmasında herhangi bir sapma dikkate alınmaksızın vana gövdesi/kapağı ile eş merkezli olarak hizalanır.
- Küre Tutucu Pürüzlülüğü: Bu öge, vana çalıştırma tork değerini doğrudan etkiler. Vana çalışma sırasında yuvada aşınma meydana gelir ve sızdırmazlık arayüz yüzeylerinin kaplaması iyi değildir; bu da erken aşınmaya neden olabilir. Bu durum, bu bileşenin başlangıç geometrisini değiştirir ve dolayısıyla

vana sızdırmazlığını tehlikeye atar. Bu çalışmada pürüzlülük 0,2 μm 'ye ayarlandı.

- **Malzeme Kusurları:** Bu çalışmada, bileşen malzemelerinin yapılarındaki kusurlardan arınmış olduğu, dolayısıyla aşırı durumlarda ekipmanın sızıntısına yol açabilecek herhangi bir gözeneklilik içermediği düşünülmüştür.

4.2. Vana Gövdesinin 3 Boyutlu Modellemesi

ANSYS yazılımında, parçayı parametrik modelleme ile modellemek, SOLIDWORKS gibi mevcut modelleme yazılımlarına göre daha zordur. Bu nedenle, tüm karmaşık geometrik detayları içeren 3 boyutlu vana gövdesi modeli oluşturmak için SOLIDWORKS yazılımı kullanıldı.

3 boyutlu modelleme süreci şu adımları içerir:

- **Geometrinin Tanımlanması:** Vana gövdesinin tüm detaylarıyla birlikte geometrisi Solidworks'de oluşturulur.
- **Ağ Yapısı:** Oluşturulan 3 boyutlu model, analiz için uygun ağ yapısına dönüştürülür.
- **Sınır Koşulları ve Yükler:** Model üzerinde uygulanacak sınır koşulları ve yükler belirlenir.
- **Analiz ve Çözüm:** ANSYS yazılımı kullanılarak model üzerinde analiz gerçekleştirilir ve sonuçlar değerlendirilir.

3 parçalı küresel vanalar, bakım kolaylığı ve hat içi servis imkânı sunarken, 2 parçalı küresel vanalar daha düşük maliyet ve basit yapı avantajı sağlar. Endüstriyel uygulamalarda kullanılacak vana tipi seçimi, bakım gereksinimleri, maliyet etkinliği ve operasyonel kesintilerin minimumda tutulması gibi faktörlere bağlı olarak yapılmalıdır. ANSYS kullanılarak yapılan yapısal analizler, her iki vana tipinin dayanıklılığını ve performansını değerlendirmede kritik rol oynar.

Küresel vananın ilk tasarımı, ASME B16.34, API 6D, ASME 16.5 kapsamında güncel olarak Türkiye sanayisinde de kullanılan 3 parçalı küresel vanalara dayanıyor. Bu önceki versiyonları, çelik ve karbon fiber parçalardan oluşan çok parçalı montajlardı (Şekil 6a) veya alüminyum alaşımı ve karbon fiber parçalar (Şekil 6b) perçinleme ve kaynaklama ile birleştirilir. Çelik-karbon fiber kavrama kolu yaklaşık 90 g, alüminyum alaşımı-karbon fiber kavrama kolu ise 52 g ağırlığındadır.

4.2.1. Analiz adımları

Bu analizde, tam basınç yükü aralığı küreye uygulanır ve bu basınç yükleri, hesaplamalı modeldeki temsilci küre bileşenine uygulanan bir yüke dönüştürülür. Hesaplamalı modelin analizinden elde edilen sonuçlar, küre ile temas noktasında oturma bileşeninde gelişen temas basıncını gösterir. Analiz kurulumunda, temas basıncı Solidworks Simulation'da Von Mises Gerilmesi olarak raporlanmaktadır. Solidworks Simulation, temas gerilmesini karşılık gelen gövde ile temas eden kenar boyunca Von Mises Gerilmesi olarak raporladığından, temas basıncını incelemek için temas alanındaki Von Mises gerilmesinin değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu gerilmeler görünür bir kontur üretmeyeceğinden, temas basıncının tam değerlerini göstermek için örnekleme ve değerlerin grafiğe dökülmesi gerekecektir.

Oturma bileşenine etki eden basınç-yükün sonlu elemanlar analizi sonuçları, sonuçların Von Mises Gerilme Grafikleri'nden alınmıştır ve sonraki sayfalarda gösterilmiştir. Bu sonuçlar, basınç yükünün oturma bileşeninde oluşturduğu temas basıncını doğrulayan mekanik modeli sağlar.

Sonlu elemanlar analizi, trunnion montajlı küresel vanaların oturma bileşenlerinin davranışını anlamak için kritik bir araçtır. Bu analiz, basınç yüklerinin oturma bileşenine etkilerini ve bu bileşenlerde oluşan temas gerilmelerini değerlendirmeye olanak tanır. Elde edilen veriler, teorik modellerin doğrulanmasına veya rafine edilmesine yardımcı olurken aynı zamanda daha güvenilir ve etkili vanaların tasarımına katkıda bulunur. Bu nedenle, bu tür mekanik analizler, mühendislik süreçlerinde vazgeçilmez bir role sahiptir.

4.2.1.1. Gövde ağırlık optimizasyonu

Küresel vanaların tasarımı ve bakım ihtiyaçları, endüstriyel süreçlerde önemli bir rol oynar. Üç parçalı küresel vanalardan iki parçalı küresel vanalara geçiş, maliyet ve bakım kolaylığı açısından dikkate değer avantajlar sunabilir. Bu analizde, her iki vana tipinin yapısal farkları, bakım ihtiyaçları ve maliyet etkinlikleri karşılaştırılacak ve ANSYS'le sonlu elemanlar analizi yapılarak vana gövdesinin dayanıklılığı değerlendirilecektir.

Üç parçalı küresel vana, bir ana gövde ve iki kapaktan oluşur. Bu parçalar cıvatalarla birleştirilir, bu da vananın boru hattından çıkarılmadan kolayca sökülüp bakıma alınmasını sağlar. Üç parçaya ayrılabilme özelliği, bakım, temizlik ve onarımı

kolaylaştırır. Parçalar bağımsız olarak çıkarılabildiğinden, hat içi bakım mümkündür ve boru hattı akışı kesintiye uğratılmadan gerçekleştirilebilir.

İki parçalı küresel vana ise tek bir gövde ve ona bağlanmış kapaktan oluşur. Daha basit bir tasarıma sahiptir ve genellikle daha düşük maliyetlidir. Entegre gövde tasarımı nedeniyle, bakım için vananın tamamen boru hattından çıkarılması gereklidir. Bu, daha zaman alıcıdır ve boru hattının kapatılmasını gerektirir.

Maliyet ve esneklik açısından, üç parçalı küresel vana ek bileşenler nedeniyle daha pahalıdır, ancak bakım ve özelleştirme için daha fazla esneklik sunar. Sık bakım gerektiren uygulamalarda tercih edilir. İki parçalı küresel vana ise daha basit bir yapıya sahip olup, maliyet açısından daha etkilidir. Bakım aralıklarının daha uzun olduğu ve vananın boru hattından hızlıca çıkarılmasının kritik olmadığı uygulamalar için uygundur.

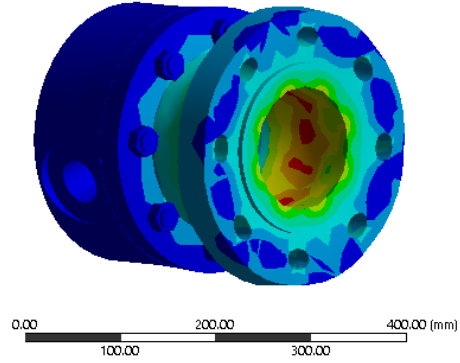
Bu değerlendirmeler ışığında, sonlu elemanlar analizi (FEA) kullanılarak her iki vana tipinin gövde dayanıklılığı detaylı olarak incelenecek ve endüstriyel uygulamalardaki performansları değerlendirilecektir.

Tüm vana bileşenleri, küresel vananın standartlarını ve işlevselliğini bozmayacak şekilde değiştirildi. Küresel vana gövdesinin dış çapı 214 mm'den 136,5 mm'ye indirildi. Ayrıca içi boş bir boşluk oluşturularak malzeme miktarı azaltıldı. Kürenin dış çapı 465 mm'den 460 mm'ye değiştirildi ve trunnionun kalınlığı 38 mm'den 34,5 mm'ye düşürüldü. Bunun yanında birkaç başka bileşende de değişiklikler yapıldı.

Tüm bileşenler, Solidworks yazılımı kullanılarak modellendi ve ardından küresel vana bileşenlerinin analizinde indüklenen stres, deformasyon ve ağırlık kaydedildi. ANSYS kullanılarak yapılan analiz ve optimizasyon süreci, küresel vana bileşeninin ağırlığının hesaplanması ve modellenmesiyle başlatıldı.

A: Static Structural
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 30/05/2024 02:02

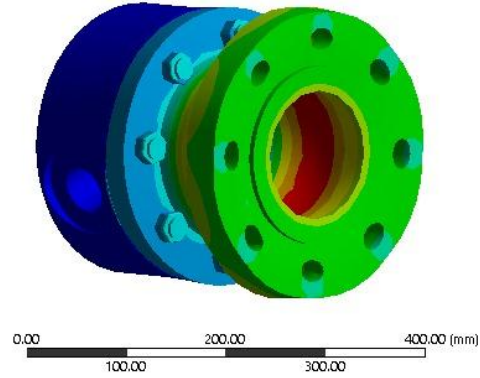
30.94 Max
 27.504
 24.068
 20.632
 17.196
 13.76
 10.324
 6.8876
 3.4514
0.015333 Min



Şekil 4.1. Optimizasyon Öncesi Vana Gövdesindeki Von Mises Gerilmesi.

A: Static Structural
 Total Deformation
 Type: Total Deformation
 Unit: mm
 Time: 1
 30/05/2024 02:01

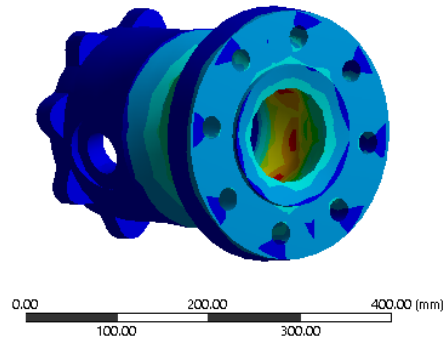
0.0064915 Max
 0.0057702
 0.0050489
 0.0043276
 0.0036064
 0.0028851
 0.0021638
 0.0014425
 0.00072127
0 Min



Şekil 4.2. Optimizasyon Öncesi Vana Gövdesindeki Deformasyon.

A: Static Structural
 Equivalent Stress
 Type: Equivalent (von-Mises) Stress
 Unit: MPa
 Time: 1
 28/05/2024 00:49

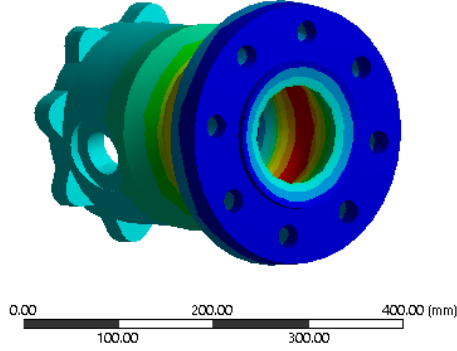
31.823 Max
 28.288
 24.752
 21.217
 17.681
 14.146
 10.61
 7.0747
 3.5392
0.0036704 Min



Şekil 4.3. Optimizasyon Sonrası Küresel Vana Gövdesindeki Von Mises Gerilmesi.

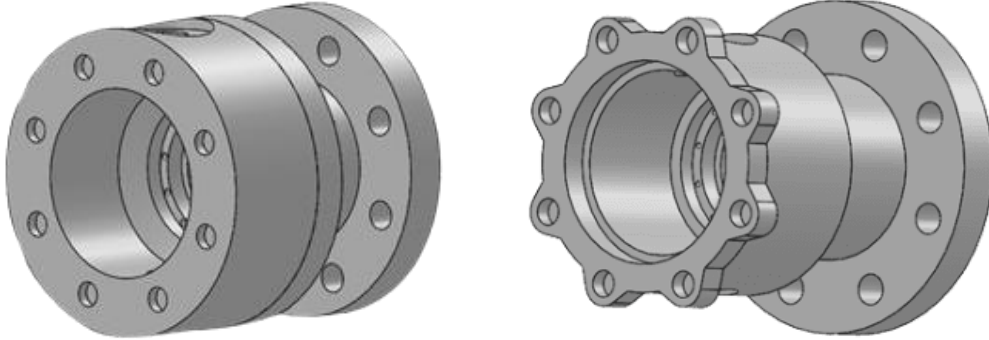
A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
28/05/2024 00:48

0.0064296 Max
0.0057152
0.0050008
0.0042864
0.003572
0.0028576
0.0021432
0.0014288
0.0007144
0 Min



Şekil 4.4. Optimizasyon Sonrası Küresel Vana Gövdesindeki Deformasyonu.

Yukarıdaki şekilde, mevcut ve optimize edilmiş küresel vana gövdesinin gerilme ve deformasyon karşılaştırması gösterilmektedir. Mevcut vana gövdesinin maksimum gerilme ve deformasyon değerleri sırasıyla 30,94 MPa ve 0,0064915 mm idi. Optimizasyon sonrası gerilme 31,823 MPa ve deformasyon 0,0064296 mm'dir.



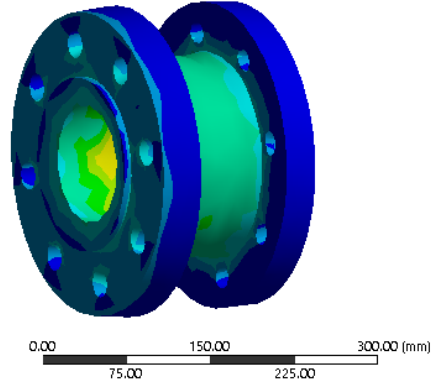
Şekil 4.5. Mevcut (Sol) ve Optimize Edilmiş (Sağ) Küresel Vana Gövdesinin Ağırlıkla Modellenmesi.

Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi, küresel vana gövdesinin dış çapı 214 mm'den 136,5 mm'ye indirildi böylelikle ağırlığı azaltıldı. 3 parçalı küresel vanada kullanılan tasarım yerine 2 parçalı küresel vanada gövde ve kapak parçaları birleştirildi, 3 parçalı küresel vanada 61,25 kg olan tasarım diğer şekilde 43,61 kg olarak hesaplandı.

4.2.1.2.Kapak ağırlık optimizasyonu

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
26/05/2024 17:50

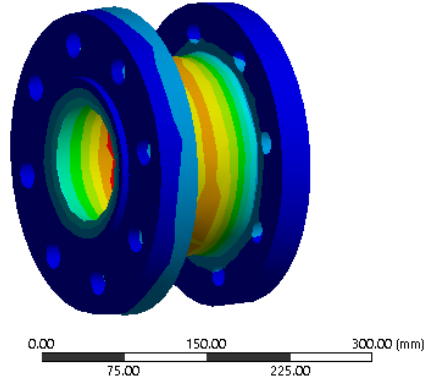
29.728 Max
26.45
23.172
19.895
16.617
13.34
10.062
6.7844
3.5068
0.22918 Min



Şekil 4.6. Optimizasyon Öncesi Kapaktaki Von Mises Gerilmesi.

A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
26/05/2024 17:50

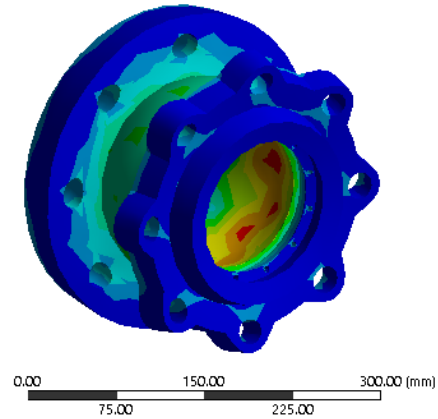
0.0057481 Max
0.0051094
0.0044707
0.0038321
0.0031934
0.0025547
0.001916
0.0012774
0.00063868
0 Min



Şekil 4.7. Optimizasyon Öncesi Kapaktaki Von Mises Gerilmesi ve Deformasyon.

A: Static Structural
Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
28/05/2024 00:53

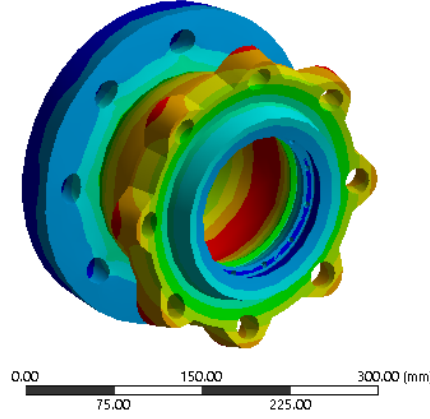
30.77 Max
27.359
23.948
20.536
17.125
13.714
10.302
6.8908
3.4795
0.068092 Min



Şekil 4.8. Optimizasyon Sonrası Kapaktaki Von Mises Gerilmesi.

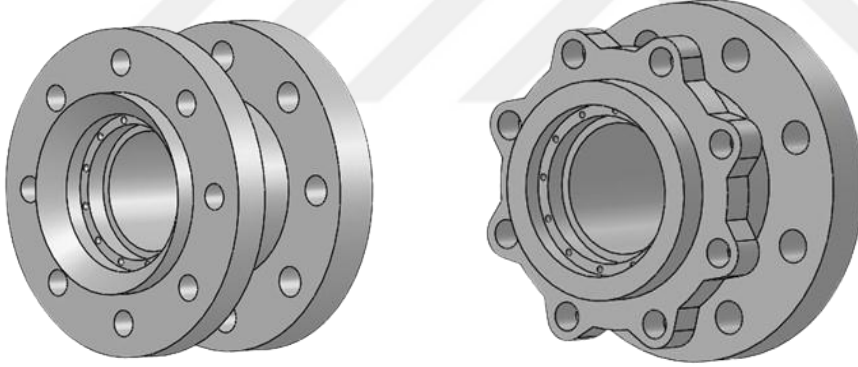
A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
28/05/2024 00:52

0.0062456 Max
0.0055517
0.0048577
0.0041637
0.0034698
0.0027758
0.0020819
0.0013879
0.00069396
0 Min



Şekil 4.9. Optimizasyon Sonrası Kapaktaki Von Mises Gerilmesi ve Deformasyon.

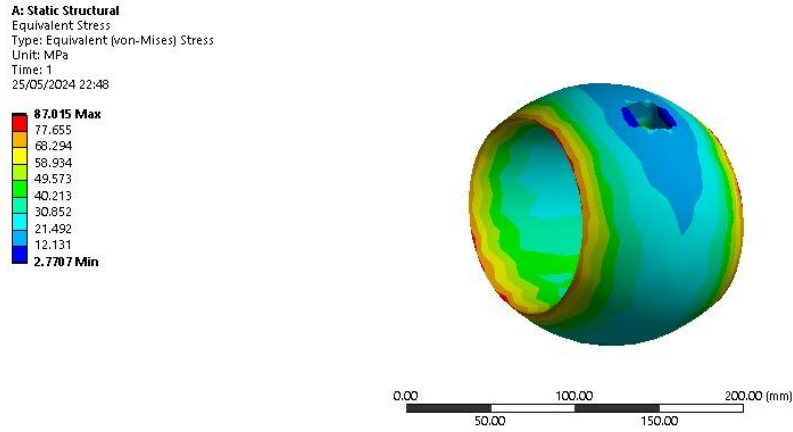
Yukarıdaki şekilde, mevcut ve optimize edilmiş yan bağlantının gerilme ve deformasyon karşılaştırması gösterilmektedir. Mevcut yan bağlantının gerilme ve deformasyonu sırasıyla 29,728 MPa ve 0,005748 mm idi. Optimizasyon sonrası stres 30,77 MPa ve deformasyon 0,006245 mm'dir.



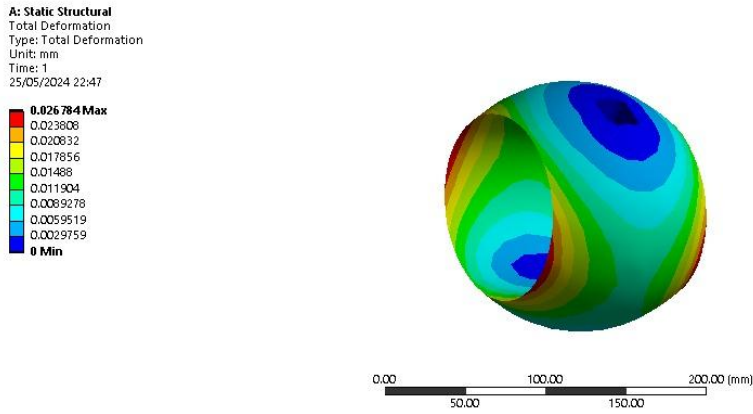
Şekil 4.10. Optimizasyon Öncesi (Sol) ve Sonrası (Sağ) Küresel Vana Kapağının İşleme Sonrası Ağırlıkla Modellenmesi.

Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi, küresel vana kapağına yapılan sonlu elemanlar analizi sonrası, çapı 214 mm'den 136,5 mm'ye indirildi, bu da ağırlıkta azalmaya yol açtı. Ayrıca sonlu elemanlar analizi sonrası, 3 parçalı küresel vanada 33,24 kg olan tasarım 2 parçalı küresel vanada 28,17 kg olarak hesaplandı.

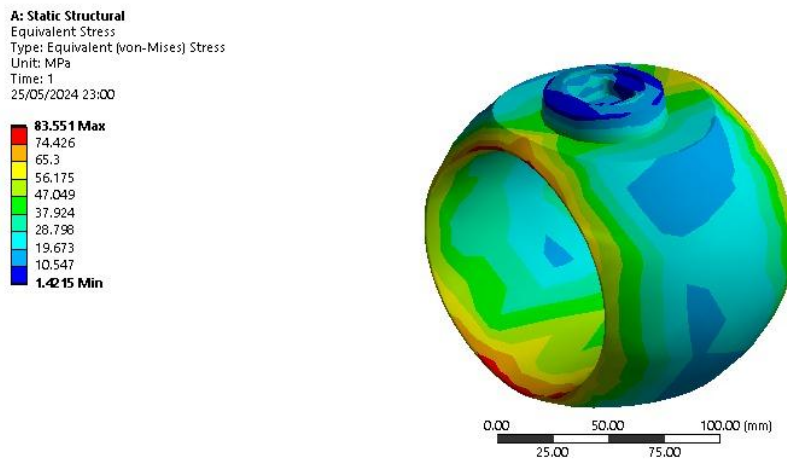
4.1.2.3. Küre ağırlık optimizasyonu



Şekil 4.11. Optimizasyon Öncesi Küredeki Von Mises Gerilmesi.



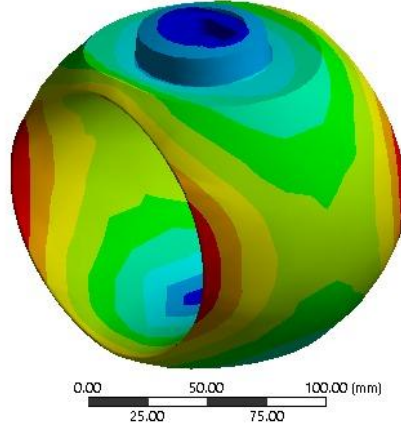
Şekil 4.12. Optimizasyon Öncesi Küredeki Von Mises Gerilmesi ve Deformasyon.



Şekil 4.13. Optimizasyon Sonrası Küredeki Von Mises Gerilmesi.

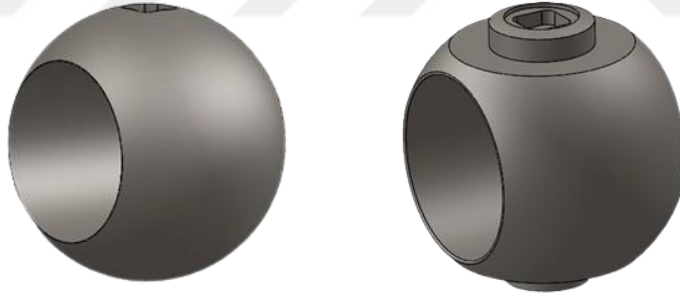
A: Static Structural
Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
25/05/2024 23:00

0.020601 Max
0.018312
0.016023
0.013734
0.011445
0.0091562
0.0068672
0.0045781
0.0022891
0 Min



Şekil 4.14. Optimizasyon Sonrası Küredeki Deformasyon.

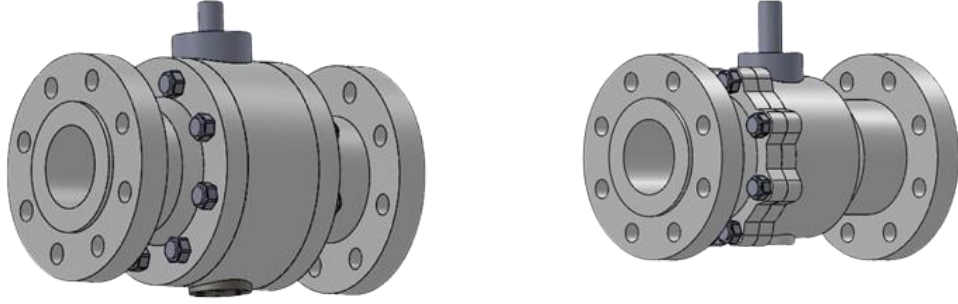
Yukarıdaki şekilde, mevcut ve Optimize edilmiş kürenin gerilme ve deformasyon karşılaştırması gösterilmektedir. Mevcut kürenin stres ve deformasyonu sırasıyla 87,015 MPa ve 0,026784 mm idi. Optimizasyon sonrası stres 83,551 MPa ve deformasyon 0,020601 mm'dir.



Şekil 4.15. Optimizasyon Öncesi (Sol) ve Sonrası (Sağ) Kürenin Ağırlıkla Modellenmesi.

Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi sonlu elemanlar analizi sonrası küre yeniden tasarlandı. Sonuç olarak optimizasyon sonrası kürenin ağırlığı 5,885 kg'dan 5,295 kg'a düştü.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER



Şekil 5.1. Optimizasyon Öncesi (Sol) ve Sonrası (Sağ) Küresel Vana Montajı Modelleri.

Yukarıdaki şekiller, optimizasyon öncesi ve sonrası küresel vanadaki Von Mises stres ve deformasyon karşılaştırmasını göstermektedir. Optimizasyon öncesi küresel vanadaki Von Mises gerilme değeri 67,985 MPa iken, deformasyon miktarı 0,0092932 mm olarak ölçülmüştür. Optimizasyon işlemi sonrasında ise stres değeri 74,35 MPa'a, deformasyon miktarı ise 0,001369 mm'ye yükselmiştir. Bu karşılaştırma, optimizasyon sürecinin vananın performansı üzerindeki etkilerini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Optimizasyon sonucunda stresin artması, malzemenin daha yüksek gerilimlere maruz kaldığını, ancak aynı zamanda deformasyon kapasitesinin de arttığını göstermektedir.

Yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi, küresel vananın tüm bileşenlerinin montajı modellenmiştir. Optimizasyon öncesi ağırlık 97,001 kg ve Optimizasyon sonrası 73,309 kg olup, ağırlık %24,3 azalmıştır.

Tablo 5.1. Optimizasyon Öncesi ve Sonrası Küresel Vanada Deformasyon, Gerilme, Ağırlık Değişim Sonuçları

Parça	Yapı	Deformasyon (mm)	Gerilme (MPa)	Ağırlık (kg)
Küre	3 Parçalı	0,026784	87,015	5,885
	2 Parçalı	0,020601	83,551	5,295
Kapak	3 Parçalı	0,005748	29,728	33,24
	2 Parçalı	0,006245	30,77	28,17
Gövde+Kapak	3 Parçalı	0,0064915	30,94	61,25
	2 Parçalı	0,0064296	31,823	43,61

Analiz sonucunda, 3 parçalı flanşlı küresel vanadan 2 parçalı vanaya geçiş yapmanın vana optimizasyonu için birçok olanak sunduğu belirlendi. Bu geçişle birlikte, vana alt yatak mili, sızdırmazlık elemanları gibi birçok konuda tasarruf sağlanabileceği görülüyor. 3 parçalı vanaların yapısındaki ek bileşenler ve bağlantıların, bakım ve onarım sürecinde kolaylık sağladığı ancak maliyet açısından dezavantaj oluşturduğu tespit edildi. Diğer yandan, 2 parçalı vanaların daha az bileşene sahip olması nedeniyle üretim maliyetlerini düşürdüğü ve daha az bağlantı elemanı kullanıldığı için montaj süresini kısaltacaktır.

Bu sonuçlar, optimize edilmiş tasarımın hem ağırlık azaltımı sağladığını hem de güvenli çalışma koşullarını koruduğunu göstermektedir. Sayısal modelde, malzemenin homojen olduğu, gözeneklerden ve yabancı maddelerden arınmış olduğu ve üretim süreci tarafından üretilen artık gerilimler içermediği kabul edilir. Ancak vananın gerçek bileşenlerinde yabancı maddeler, gözenekler ve artık gerilimlerin varlığı, sayısal ve deneysel analiz sonuçları arasında farklılıklara yol açabilir. Gerilim ölçerlerin yerleştirilmesi de deneysel ve sayısal sonuçlar arasında büyük farklılıklara neden olabilir, çünkü bu elemanların konumları, sonlu elemanlar yazılımında belirlenen noktalarla tam olarak örtüşmeyebilir.

Bu bağlamda, sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak CAE teknolojisinin uygulanmasının, Trunnion küresel vanaların analizi için uygun olduğu kanıtlanmıştır. Bu teknoloji, vananın kullanım ömrü boyunca maruz kalacağı çeşitli yüklere bağlı olarak ortaya çıkan deformasyonları ve gerilimleri belirlemeye olanak sağlar. Bu analizler, montaj aşamaları, onay testleri, fabrika kabul testleri ve işletme süreçlerini kapsamaktadır. CAE teknolojisinin sonlu elemanlar yöntemi aracılığıyla uygulanması, belirli bir vananın farklı şekillerini ve uygulamalarını analiz etmek için alternatif bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. Bu, değer katma ve israfı ortadan kaldırmaya odaklanarak optimizasyonunu mümkün kılar.

Ürün tipinin ve gereksinimlerinin kapsamının anlaşılması, yüzer küresel vananın sonlu elemanlar yöntemi tekniği kullanılarak değerlendirilmesi için temel unsurlardır. Trunnion tip endüstriyel vanalar söz konusu olduğunda, gereksinimlerin çoğu ulusal veya uluslararası standardizasyon kuruluşları tarafından bilinir ve tanımlanır. Bu durum, birçok durumda projenin başlangıç aşamalarını ve benimsenecek analiz türlerini basitleştirir. Bu çalışmada gerçekleştirilen yapısal analiz sayesinde vananın ana bileşenlerinin yapısal bütünlüğü doğrulanmıştır. Bu model, onay testleri ve/veya

işletme sırasında ortaya çıkabilecek sorunların çözümünde veya önlenmesinde etkili olduğundan, vana geliştirme sürecinde çok faydalı olduğunu kanıtlamaktadır.

Yukarıdaki tüm sonuçlar, vana gövdesinin optimize edilmesinin ardından elde edilen ağırlık tasarruflarının kabul edilebilir stres ve deformasyon seviyelerinde olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, vana bileşenlerinin üretimi sırasında maliyet ve malzeme tasarrufu sağlar.

Bu tez, gelecekteki araştırmalara duyulan ihtiyaı vurgulamaktadır. Aşağıda, bu alanda daha fazla ilerleme sağlanabilmesi için altı önemli öneri sunulmuştur:

- Vana alıştırma torkunu belirlemek için analitik formülasyonların geliştirilmesidir. şu anda kullanılan denklemler kesin ve güvenilir değildir ve çoğu zaman redüktörlerin ve aktüatörlerin aşırı ya da yetersiz boyutlandırılmasına yol açmaktadır. Bu çalışmanın, deneysel testlerle desteklenmesi ve doğrulanması gerekmektedir.
- Sızdırmazlık sisteminin boyutlandırılmasına yönelik daha yenilikçi yöntemlerin, tekniklerin ve prosedürlerin geliştirilmesidir. Özellikle, sızdırmazlık ara yüzünde sızdırmazlığın sağlanması için gereken minimum temas basıncı değerinin belirlenmesi önemlidir. Bu amaçla, farklı sızdırmazlık malzemeleri ve koltuk tutucu geometrileri kullanılarak, çeşitli yükleme kombinasyonları (basıncı, sıcaklık) altında temas basıncı davranışını değerlendirmek üzere testler yapılması önerilmektedir. Bu, bir vananın kullanım ömrü boyunca maruz kalabileceği durumları daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır.
- Vana performansının optimize edilmesi amaçıyla çok çeşitli işletme koşullarında deneysel ve sayısal analizlerin yapılmasıdır. Bu alışmalar, vana tasarımlarının daha verimli, dayanıklı ve güvenilir hale getirilmesine katkıda bulunacaktır. Aynı zamanda, vana performansını artırmak için kullanılabilecek yeni malzeme ve teknolojilerin keşfedilmesine de olanak tanıyacaktır.
- Ürünün döngüsel yükleme altında nasıl davrandığını doğrulamak amaçıyla vana yorulma testlerinin gerçekleştirilmesidir. Bu alışma, analitik yöntemler, sonlu elemanlar yöntemi ve farklı tipteki vanaların kırılma direncinin deneysel testleri kullanılarak yapılmalıdır. Bu sayede, vanaların dayanıklılığı ve güvenilirliği daha iyi anlaşılabilecektir.

- Vana tahrik sistemi üzerindeki akışkanlar dinamiği kuvvetlerini belirlemek için farklı akış hızları ve vana boyutları ile deneysel bir çalışmanın oluşturulması ve yürütülmesidir. Bu çalışma sonucunda elde edilen tork eğrisi, sayısal modeli doğrulamak ve farklı analiz teknikleri arasındaki yüzde farkını belirlemek için deneysel testin tork eğrisiyle karşılaştırılacaktır. Ayrıca, bu farkın oluşmasına katkıda bulunan faktörler de belirlenecektir.
- Vana sızdırmazlık sistemlerinde kullanılan polimerik malzemelerin özelliklerini karakterize eden bir çalışma yapılmasıdır. Bu tür bir çalışma, sonlu elemanlar yöntemi aracılığıyla polimerik contaların çok çeşitli çalışma durumlarındaki davranışını simüle etmeyi mümkün kılacaktır. Böylece, daha doğru ve güvenilir modeller geliştirilmesi sağlanacaktır.

Bu öneriler, vana sistemlerinin daha verimli, güvenilir ve dayanıklı hale getirilmesi için önemli adımlar sunmaktadır ve gelecekteki çalışmalar için yol gösterici nitelikte olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Pearson, G. H. (1972). Vana Tasarımı. 1. Baskı. Londra: Otomotiv Mühendisleri Derneği.
- [2] Lyons, J. L. (1982). Lyons'un Vana Tasarımcısının El Kitabı. 1. Baskı. New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- [3] Valve Manufacture Association Of America. (2013). 1938-2013 Anma Programı (VMA) 75 Yıl. Washington: VMA.
- [4] Grant, D. A. (1999). Using Existing Modeling Techniques for Manufacturing Process Reengineering: A case study. Computer in Industry, 40(1), 37-49.
- [5] Kumar, S. L., Nallusamy, S., Modak, R. (2018). Execution Of Value Engineering Approach For Design Development And Cost Reduction Of Monoblock Pump. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 13(5), 1734-1741. ISSN: 1819-6608
- [6] Kothurkar, R., Agrawal, R. K. (2016). Implementation of Value Engineering in Development of Universal Mobile Holder. International Journal of Electrical, Electronics and Computer Systems, 4(1). ISSN: 2347-2820
- [7] Babu, S., Rajenthirakumar, D., Omathinayagam, A., Nivas Krishnan, K. (2016) Cost Reduction of Arm Cross Bar of Wheel Loader through Value Engineering. International Journal of Engineering Research, 5(4), 299-302. ISSN: 2319-6890
- [8] Lawand, P., Gore, S., Suryawanshi, N., Prof.Patel, S. (2019). Optimization of Mechanical Pencil by using Value Engineering. International Research Journal of Engineering and Technology, 6(4), 936-939. e-ISSN: 2395-0056
- [9] Pratama, Y. T., Susetyo, B. (2019). Cost Analysis of Facade Work by Value Engineering Method. International Journal of Engineering Research and Advanced Technology, 5(7). E-ISSN: 2454-6135
- [10] Tao, J., Yu, S. (2018). Product life cycle design for sustainable value creation: methods of sustainable product development in the context of high value engineering. Procedia CIRP, 69, 25-30.
- [11] Vinay Kumar, G. K., Kumaraswamy, H. (2017). Implementation of Value Engineering in Rooftop Extractor. International Journal of Engineering and Management Research, 7(2), 280-284.
- [12] Bhosale, A. T., Dhekane, A. S. (2013). Finite Element Analysis Of Based Optimization Butterfly Valve Disc. International Journal of Engineering Research & Technology, 2(10), 496-499. ISSN: 2278-018
- [13] Rajkumar, B. (2014). Globe Valve Design Optimization & Trends. L&T Integrated Engineering Services, 1-11 (P728)

- [14] Chern, M. J., Wang, C. C., Ma, C. H. (2007). Performance test and flow visualization of ball valve. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 31(6), 505–512.
- [15] Shridhar, S. G., Dr.Patil, S. A. (2014). Weight Optimisation Of 12"-600 Gate Valve By Using Finite Element Analysis And Experimental Stress Analysis A Review. *International journal of engineering And Science*, 4(9), 31-32.
- [16] Jatkar, K. H., Dhanwe, S. S. (2013). Finite Element Analysis of Gate Valve. *International Journal of Engineering and Innovative Technology*, 2(10), 277.
- [17] Jadhav, S. S. (2012). Design of M-Type Gate Valve. *International Journal of Science and Research*, 3(11), 1264-1257.
- [18] Jun-Oh, K., Yang, S. M., Baek, S. H., Kang, S. (2012). Structural Design Strategy of double -Eccentric Butterfly Valve using Topology Optimization Techniques. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 6, 6-21.
- [19] Song, X., Wang, L., Park, Y. C. (2009). Analysis and optimization of nitrile butadiene rubber sealing mechanism of ball valve. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 19(1), 220-224.
- [20] Cui, B., Lin, Z., Zhu, Z., Wang, H., Ma, G. (2016). Influence of opening and closing process of ball valve on external performance and internal flow characteristics. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 80, 193-202.
- [21] Song, X., Wang, L., Park, Y. C. (2009). Analysis and optimization of a butterfly valve disc. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 223(2), 81-89.
- [22] Kumar, S. S., Hemanathan, R. (2017). Design And Analysis Of Gate Valve Body And Seat Ring. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 8(3), 131-141.
- [23] Mr.Mule, A., Mr.Patil, Y. R. (2016). Literature Review on Weight Optimization of the Knife Valve by using Finite Element Analysis and Experimental Stress Analysis. *International Journal of Science Technology & Engineering*, 3(1), 302-303. ISSN: 2349-784X.
- [24] Mr.Katkar, N. Y., Prof.Kulkarni, R. S. (2017). A Review on Design and Analysis of Gate valve using Various Computer Aided Techniques. *International Journal for Innovative Research in Science & Technology*, 3(10). ISSN(online): 2349-6010.
- [25] Oh, S. H., Kang, J. H. (2007). Optimization of a Gate Valve using Orthogonal Array and Kriging Model. *Key Engineering Materials*, 345-346, 901-904.
- [26] Mr.Mule, A., Mr.Patil, Y. R. (2016). Design of a Knife Valve and Stress Analysis using Finite Element Analysis. *International Journal of Science Technology & Engineering*, 3(2), 165-168. ISSN: 2349-784X
- [27] Lokhande, S. W., Dr.Langde, A. M. (2007). Optimization of Industrial Valve Design Considering Flow Parameter using CFD. *International Journal of Innovative Research in Science*, 5(6), 9476-9484.

- [28] Song X., Wang, L., Kang, J., Kim, S. G., Jo, Y. J., Park, Y. (2008). Optimization Of Valve Disc Using Orthogonal Array And Kriging Model" International Conference on power control and optimization, API Conference Proceedings, 1052, 315-320.
- [29] Raut, L. B., Parase, P. K. (2014). Weight Reduction of 12"-150 Class Plug valve Casting Body by Finite Element Analysis and Experimental Method. American Journal of Engineering Research, 4(4), 108-116 e-ISSN: 2320-0847
- [30] Shivaji, D. S., Sumit, D. (2014). Stress Analysis Of Gate Valve By Ansys. DAV International Journal of Science, 3(1), 33-41. ISSN: 2277-5536
- [31] Mandanakal, P., Tadvi, K. M., Prof. Raiyani, H. (2016). Modeling and FEA Analysis of Ball Valve. International Journal of Engineering Development and Research, 4(2), 1023-1026. ISSN: 2321-9939
- [32] Mathias, A. C. (2008). Vana: Endüstriyel, Güvenlik, Kontrol: Türleri, Seçimi, Boyutlandırma. São Paulo: Artliber.
- [33] Skousen, P. L. (1997). Valve Handbook. New York: McGraw-Hill.
- [34] <https://www.idexindia.in/why-ball-valves-are-the-backbone-of-the-chemical-plants/#:~:text=Ball%20valves%20play%20a%20pivotal,control%20and%20shut%2Doff%20capabilities>
- [35] Mahgerefteh, H., Saha, P., Economou, I. G. (1997). A Study of the Dynamic Response of Emergency Shutdown Valves Following Full Bore Rupture of Gas Pipelines, Process Safety and Environmental Protection, 75(4), 201-209.
- [36] Dhanraj, V., Prof. Kulkarni, R. R. (2021). Experimental Analysis & Optimization with Validation of Ball Valve Body of WCB Material, International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology, 9(8).
- [37] Romanik, G., Jaszak, P., Rogula, J. (2019). Cooperation Of The PTFE Sealing Ring With The Steel Ball Of The Valve Subjected To Durability Test, Open Engineering, 9(1), 321-328.
- [38] Niemczewska-Wójcik, M., Piekoszewski, W. (2017). The Surface Texture And Its Influence On The Tribological Characteristics Of A Friction Pair: Metal–Polymer, Archives of Civil and Mechanical Engineering, 17, 344-353.
- [39] Machine Design. (1993). Design Considerations for PTFE Seals. Machine Design, 156.
- [40] American Petroleum Institute. (2015). API 6D - Specification for Pipeline and Piping Valves. Washington: API Publishing Services.
- [41] American Petroleum Institute. (2008). API 6D - Specification for Pipeline Valves. Washington D.C., USA: API.
- [42] American Society of Mechanical Engineers. (2013). ASME B16.34-2013. New York: ASME.
- [43] American Society of Mechanical Engineers. (2017). ASME/BPVC VIII Division 1. New York: ASME.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Teymur MAMMAD

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2021, Hazar Üniversitesi, Doğa bilimleri ve Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2021 yılında SOCAR STP’de mühendis olarak çalıştı.