

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KELEBEK VANA TASARIMINDA YAPISAL OPTİMİZASYON VE
ALTERNATİF MALZEME KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Metin KARAASLAN

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Malzeme ve İmalat Programı

AĞUSTOS 2023

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY★ GRADUATE SCHOOL

**STRUCTURAL OPTIMIZATION AND EVALUATION OF ALTERNATIVE
MATERIAL USAGE IN BUTTERFLY VALVE DESIGN**

MASTER THESIS

**Metin KARAASLAN
(503201327)**

Mechanical Engineering Department

Material and Manufacturing Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Mustafa BAKKAL

AUGUST 2023

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 503201327 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Metin KARAASLAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “KELEBEK VANA TASARIMINDA YAPISAL OPTİMİZASYON VE ALTERNATİF MALZEME KULLANIMIN DEĞERLENDİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Mustafa BAKKAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Turgut GÜLMEZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Umut KARAGÜZEL
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **16 Ağustos 2023**
Savunma Tarihi : **22 Haziran 2023**





Kıymetli aileme,



ÖNSÖZ

Yapılan bu çalışma boyunca bilgi birikimini ve deneyimini benimle paylaşan, çalışmanın her aşamasında yol gösteren çok değerli danışmanım Prof. Dr. Mustafa BAKKAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez aşamasında yürüttüğüm çalışmalar boyunca bana destek olan, değerli bilgilerini ve yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Ali Taner KUZU ve Doç. Dr. Umut KARAGÜZEL'e teşekkürü borç bilirim.

Konu ile alakalı araştırma ve incelemelerimde bana destek olan ve motive eden arkadaşlarım Eren ÇELİK, Burcu GÖRMÜŞ, Zeynep DOĞAN ve Berkcan YARAR'a ayrıca teşekkür ederim.

Deneyisel çalışmalarla ilgili yardımlarından dolayı Araştırma Görevlisi İsmail Cem AKGÜN, Araştırma Görevlisi Aysu Hande YÜCEL ve İTÜ Makina Fakültesi'nin değerli teknisyenlerine teşekkür ederim.

Çalışmalarım için gerekli olan bilgi, belge ve numuneleri sağlayıp, sektörel tecrübesi ve birikimi ile desteklerini esirgemeyen Cem ÇAPANOĞLU, Yakup EGE ve Duyar Vana ARGE birimine teşekkürlerimi iletmek isterim.

Son olarak, bugünlere gelmemde üzerimde büyük emekleri olan sevgili anneme, babama ve kız kardeşime şükranlarımı sunarım.

AĞUSTOS 2023

Metin KARAASLAN
İmalat Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Kelebek Vanaların Genel Yapısı	2
1.2 Kelebek Vanaların Basınç ve Çap Sınıfları.....	7
1.3 Kelebek Vanaların Üretimi ve Montajı	9
1.4 Kelebek Vana Çeşitleri.....	10
1.4.1 Lug tipi kelebek vanalar.....	10
1.4.2 Wafer tipi kelebek vanalar	11
2. LUG KELEBEK VANA TASARIMI VE YAPISAL OPTİMİZASYON.....	13
2.1 Mevcut Tasarımın İncelenmesi ve Değerlendirilmesi.....	14
2.1.1 Tasarım optimizasyon sürecinin sistematığı	15
2.1.2 SEA yardımı ile vana mekanik davranışının incelenmesi	16
2.1.3 TO ile ağırlık azaltılacak noktaların belirlenmesi	19
2.2 Optimize Edilmiş Tasarımın İncelenmesi ve Değerlendirilmesi	20
2.3 Analiz Sonuçlarının İncelenmesi ve Doğrulanması	21
2.3.1 Klape ve üst mil analiz sonuçları	21
2.3.2 Gövde analiz sonuçları.....	22
2.3.3 Gövde TO sonuçları	23
2.3.4 Optimize edilmiş vana gövdesi analiz sonuçları.....	24
2.3.5 Test Aşaması	25
3. ALTERNATİF MALZEME İNCELEMESİ VE GELİŞTİRİLMESİ	27
3.1 Giriş	27
3.2 Proses Atıklarından Malzeme Üretiminin Değerlendirilmesi	30
3.2.1 Numunelerin üretimi	31
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	45
4.1 Basma Testi	47
4.2 Numunelerin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması	51
5. SONUÇLAR	59
6. ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ.....	65



KISALTMALAR

AISI	: Amerikan demir ve elik enstitüsü
CGI	: Kompakt grafitli dökme demir
DIN	: Alman standartlar enstitüsü
DN	: Nominal ap
NPS	: Nominal boru apı
PDD	: Pik dökme demir
PN	: Nominal basınç
SDD	: Sfero dökme demir
SEA	: Sonlu elemanlar analizi
SF	: Emniyet katsayısı
TO	: Topoloji optimizasyonu
PVC	: Poli vinil klorür
PTFE	: Poli tetraflor etilen



SEMBOLLER

ρ	: Yoğunluk
E	: Young modülü
ν	: Poisson Oranı
σ_a	: Akma dayanımı
σ_t	: Çekme dayanımı
ϵ_t	: Maksimum birim uzama



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Kelebek vana standart çap ölçüleri [17].	8
Çizelge 1.2 : Kelebek vana basınç sınıfları ve gövde malzemeleri [17].	8
Çizelge 2.1 : Parça isimleri ve malzeme bilgileri.	14
Çizelge 2.2 : Üst mil ve klapenin malzeme özellikleri.	17
Çizelge 3.1 : Numunelerin kütle ve yüzde olarak içerikleri.	31
Çizelge 3.2 : Presleme ile üretilen numuneler ve operasyon parametreleri.	35
Çizelge 4.1 : Döküm yöntemi ile üretilen numunelere ait bilgiler.	45
Çizelge 4.2 : Döküm numunelerin mekanik özellikleri.	52
Çizelge 4.3 : SDD ve SDD-araldit kompozit karşılaştırması [16].	52
Çizelge 4.4 : Preslenmiş numunelerin mekanik özellikleri.	57



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Kelebek vananın genel yapısı ve parçaların gösterimi [16].	3
Şekil 1.2 : Ayna/kol takımının gösterimi [16].	4
Şekil 1.3 : Üst milin genel görünüşü [16].	4
Şekil 1.4 : Baskı pulunun genel görünüşü [16].	5
Şekil 1.5 : Klapenin genel görünüşü [16].	6
Şekil 1.6 : Alt milin genel görünüşü [16].	6
Şekil 1.7 : Vana gövdesinin genel gösterimi	7
Şekil 1.8 : Montaja hazır yarı mamul [16].	9
Şekil 1.9 : Lug tipi vulkanize kelebek vana [16].	11
Şekil 1.10 : Wafer tipi vulkanize kelebek vana [16].	11
Şekil 2.1 : a) Ön Görünüş b) A-A kesit görünüşü.	14
Şekil 2.2 : Tasarım optimizasyon sürecinin akış diyagramı.	16
Şekil 2.3 : Klap ve üst mil yapısına sanal topoloji uygulanması.	17
Şekil 2.4 : Klap ve üst mil ağ modeli.	17
Şekil 2.5 : Klap ve mil için kuvvet ve yataklama kabulleri.	18
Şekil 2.6 : Vulkanizasyon süreci için pres kuvvetlerinin gösterimi.	19
Şekil 2.7 : Vana gövdesinde sınır koşullarının gösterimi.	19
Şekil 2.8 : Optimize edilecek ve edilmeyecek bölgelerin belirlenmesi.	20
Şekil 2.9 : Klap ve üst mil bölgesindeki toplam deformasyon.	22
Şekil 2.10 : Klap ve mil üzerindeki gerilme dağılımı.	22
Şekil 2.11 : Gövde üzerindeki toplam deformasyon.	22
Şekil 2.12 : Gövde üzerindeki gerilme dağılımı.	23
Şekil 2.13 : Mevcut tasarımda %20 kütle azaltılacak bölgeler.	23
Şekil 2.14 : Mevcut tasarımda %40 kütle azaltılacak bölgeler.	24
Şekil 2.15 : Optimize edilmiş gövde üzerindeki deformasyon dağılımı.	24
Şekil 2.16 : Optimize edilmiş gövde üzerindeki gerilme dağılımı.	25
Şekil 2.17 : 20 mm inceltilmiş vana gövdesi.	25
Şekil 2.18 : a) Alt mil b) Üst mil delik çapları.	26
Şekil 3.1 : Balya presleme makinesi [29].	28
Şekil 3.2 : Briketlenmiş dökme demir örnekleri [32].	29
Şekil 3.3 : Bilyalı öğütme makinesinin temel gösterimi [36].	30
Şekil 3.4 : Döküm yöntemi ile üretilen numuneler.	32
Şekil 3.5 : SDD talaşlarından üretilmiş briket numuneleri.	33
Şekil 3.6 : Briket numunesinin talaşlı işlenmesi.	34
Şekil 3.7 : 100 ton ve 25°C’de preslenmiş PDD talaşları.	35
Şekil 3.8 : 300 ton ve 25°C’de preslenmiş PDD talaşları.	36
Şekil 3.9 : 500 ton ve 25°C’de preslenmiş PDD talaşları.	36
Şekil 3.10: 300 ton ve 260°C’de preslenmiş PDD talaşları.	37

Şekil 3.11 : 100 ton ve 25°C’de preslenmiş SDD talaşları.....	38
Şekil 3.12 : 300 ton ve 25°C’de preslenmiş SDD talaşları.....	38
Şekil 3.13 : 500 ton ve 25°C’de preslenmiş SDD talaşları.....	39
Şekil 3.14 : 300 ton ve 260°C’de preslenmiş SDD talaşları.....	40
Şekil 3.15 : Preslenmiş talaşlar için çekme testi numunesi.	40
Şekil 3.16 : 300 ton 260°C’de preslenmiş PDD talaşlarının işlenmesi.	41
Şekil 3.17 : 300 ton 260°C’de preslenmiş SDD talaşlarının işlenmesi.	42
Şekil 3.18: SDD talaşlarının testere ile kesilmesi.....	43
Şekil 3.19: Mengenede parçalanmış SDD talaş numunesi.	43
Şekil 4.1 : Döküm ile üretilen numunelere ait görseller.	46
Şekil 4.2 : C1 numunesinin ilk hali.....	47
Şekil 4.3 : C1 numunesinin basma hasarına uğraması.....	48
Şekil 4.4 : B1 numunesinin ilk hali.....	48
Şekil 4.5 : B1 numunesinin basma hasarına uğraması.....	49
Şekil 4.6 : A1 numunesinin ilk hali.	50
Şekil 4.7 : A1 numunesinin basma hasarına uğraması.	50
Şekil 4.8 : Döküm numunelerin gerilme-birim şekil değişimi grafiği.....	51
Şekil 4.9 : 100 ton ile preslenmiş SDD ve PDD numuneler.....	53
Şekil 4.10 : PDD 300 ton sıcak numune basma grafiği.	53
Şekil 4.11 : PDD 300 ton soğuk numune basma grafiği.....	54
Şekil 4.12 : PDD 500 ton soğuk numune basma grafiği.....	54
Şekil 4.13 : SDD 300 ton sıcak numune basma grafiği.	55
Şekil 4.14 : SDD 300 ton soğuk numune basma grafiği.....	55
Şekil 4.15 : SDD 500 ton soğuk numune basma grafiği.....	56
Şekil 4.16 : Numunelerde çentik etkisi sonucu oluşan hasarlar.	57
Şekil 4.17 : Pres numunelerinin gerilme-birim şekil değişimi grafiği.....	58

KELEBEK VANA TASARIMINDA YAPISAL OPTİMİZASYON VE ALTERNATİF MALZEME KULLANIMININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Günümüz dünyası ve endüstriyel koşullarında, enerji ve hammadde fiyatlarında tasarrufa gidebilmek ciddi önem arz etmekte ve makine-imalat sanayisindeki üreticileri bu konuda araştırma yapmaya teşvik etmektedir. Talaşlı imalat sonucu ortaya çıkan hurda talaşlar ve diğer prosesler sonucu ortaya çıkan malzemeler, ciddi bir malzeme kaybı ve bertaraf problemi oluşturmaktadır. Bunun için, özellikle dökme demir ve çelik talaşlarının yeniden kullanılabilmesini sağlayacak metotlar geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmada, kelebek vana üretiminde sıklıkla kullanılan SDD talaşları ve araldit malzeme kullanılarak, alternatif malzeme üretimleri yapılmış, ayrıca var olan tasarım optimize edilerek, malzeme kullanımı azaltılmak istenmiştir.

Kelebek vanalar, basınç ve çap sınıflarına göre tanımlanırlar, bu sınıfların belirlenmesi ise, vananın kullanılacağı sektör ve çalışma koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir. Standart bir kelebek vananın çalışma sıcaklık aralığı -10°C ile 110°C arasındadır. Basınç ve çap sınıfları ise, kullanılacak olan alana ve akışkan basınç değerine göre çok sayıda alternatif içermektedir. Kelebek vanaların geniş kullanım alanından dolayı, özellikle sıvı dağıtım sistemleri, gemicilik, petrol endüstrisi ve diğer çok sayıda alanda akışkan kontrol maliyetleri ciddi oranda artırmaktadır. Bu sebepten, mümkün ise kelebek vana üretim maliyetlerini azaltmak, yapısal tasarım optimizasyonu sağlamak ve alternatif malzemeleri değerlendirmek bu sektörler için ciddi önem arz etmektedir, ancak kelebek vananın yapısal bütünlüğü bozulmamalıdır.

Standart bir kelebek vana temel olarak gövde, klape, ayna-kol takımları, sızdırmazlık elemanları, üst ve alt mil bölümlerinden oluşmaktadır. Özellikle, malzeme kullanım miktarının fazla olduğu gövde, klape ve üst-alt mil bölümlerinde optimizasyon sağlamak önemli bir adım olacaktır.

Bu çalışmada, özellikle su arıtma sistemleri ve kâğıt endüstrisinde geniş bir kullanım alanı olan, maksimum 16 bar basınçta çalışabilen ve 65 mm anma çapına sahip olan, DN65 vulkanize kelebek vana inceleneyecektir. Sızdırmazlık elemanı olarak, vulkanizasyon ile elde edilmiş polimer contalar kullanıldığından, kelebek vana bu şekilde adlandırılmaktadır.

Çalışma sistemi belirlenirken, iki farklı tip çalışma yürütülmüştür. İlk çalışmada, hali hazırda var olan kelebek vana tasarımı incelenmiş ve bu tasarıma sonlu elemanlar analizi metodları uygulanarak, yapı üzerine gelen yükler ve gerilme değerleri belirlenmiştir. Sınır koşulları ve yapısal bütünlüğü bozmamak amacı ile değişiklik yapılmayacak bölgeler tanımlanmış, topoloji optimizasyonu ile kalınlık azaltılacak alanlar tespit edilmiştir. Temel olarak, kelebek vana gövdesi, klape ve üst-alt mil bölümlerinde çalışmalar yürütülebileceği belirlenmiş, inceltilmiş tasarıma tekrar sonlu elemanlar yöntemleri uygulanarak, sonuçların doğruluğu teyit edilmiştir. Literatürde

yapılan benzer çalışmalardan farklı olarak, inceltilmiş vana numunesinin üretimi gerçekleştirilmiş, üretim koşullarında maruz kalınan kuvvetler ile vana test edilmiş, gövdede ortaya çıkan deformasyon değerleri ve yapısal bütünlük konusu teyit edilmiştir. Yapılan bu ilk çalışmada ortaya çıkan temel bir konu ise, özellikle üst-alt mil ve klape kısmında yapılabilecek optimizasyon çalışmalarının, üretim yöntemi ve tasarım kısıtları sebebi ile deneysel olarak gerçekleştirilememiş olmasıdır. Bu bölüm, ileride üzerine çalışılabilecek bir konu olarak belirlenmiştir.

İkinci çalışmada ise, kelebek vana üretim süreçlerinde kullanılan veya atık olarak ortaya çıkan malzemeler kullanılarak, deney numuneleri hazırlanmış, bu numunelere çekme ve basma testleri uygulanarak mekanik özellikleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Burada ilk olarak, döküm ile üretilen kelebek vana gövdesi için, döküm modeli yapmakta kullanılan ve termoset bir malzeme olan araldit kullanılmıştır. Döküm yöntemi ile araldit malzemeden basma testi numuneleri oluşturulmuş ve mekanik özellikleri deneyler ile belirlenerek, gövde üretiminde kullanılabilirliği tartışılmıştır. Daha sonrasında ise, talaşlı imalat süreçleri sonucunda ortaya çıkan sfero dökme demir talaşları ve araldit malzeme karıştırılarak, polimer matrisli bir kompozit malzeme üretimi denemesi yapılmış ve basma testi numuneleri üretilmiş, deneyler sonucunda mekanik özellikler elde edilerek, vana gövdesinde kullanılabilirliği tartışılmıştır. Buna ek olarak, araldit-sfero dökme demir talaşı ve dolgu kumu karışımından basma testi numuneleri üretilerek deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu üç malzeme üretim denemesinde, test standardı olarak DD695-15 kullanılmıştır. Üretilen malzemelerin yapısında gözenek bulunması, homojen olmaması ve numunelerinin silindirik olmasından kaynaklı olarak, basma testi tercih edilmiştir.

Bu çalışmanın bir kapsamı olarak, üretim aşamaları sonucunda ortaya çıkan ve pik dökme demir talaşları, herhangi bir yüzey temizleme ve ayrıştırma işlemine tabi tutulmadan, bağlayıcı kullanımı olmaksızın farklı kuvvetlerdeki soğuk/ılık presleme sonucunda briket numuneleri haline getirilmiştir. Son olarak, sfero dökme demir ve bağlayıcı malzeme kullanımı ile, soğuk/ılık presleme metodları kullanılarak, kübik numuneler elde edilmiştir. Tüm testler için, ASTM D3039 standardı kullanılarak basma testi gerçekleştirilmiştir. Basma testinin tercih edilme sebebi ise, elde edilen numunelerin homojen olmayan ve gözenekli yapısıdır.

İkinci çalışmada ortaya çıkan temel sorunlar, genel olarak üretilen malzeme ve numunelerin çoğunun ilk defa deneniyor olması ve literatürde örneğinin olmamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca hurda talaşların malzeme içindeki yönlenmesinin farklı olması ve yöne bağlı olarak numune dayanımının etkilenebilmesi, standart bir ölçüm yapmayı zorlaştırmaktadır. İlk aşamada, alternatif malzeme denemelerinin seri üretime uygun bir şekilde üretilmemesi de ayrı olarak araştırılması gereken bir konudur. Elde edilen bulgulara, özellikle soğuk/ılık presleme ile elde edilen numunelerin, bazı proses iyileştirmeleri ile vana gövdesi olarak kullanılabileceği görülmüştür. Diğer yöntemler sonucu üretilen malzemeler ise, vana gövdesi olarak kullanılamasa da kuvvete maruz kalmayan vana elemanlarının üretiminde kullanılabilir.

Yapılan iki farklı tip çalışma sonucunda, vulkanize kelebek vana yapısal tasarım optimizasyonu ve alternatif malzeme geliştirilmesine yönelik bir metodoloji elde edilmiş, bunun sonucu olarak da gerek var olan tasarımın iyileştirilmesi, gerekse tasarım malzemelerinin değiştirilmesi hususunda belirli bir birikim oluşturulmuştur. Yapılan incelemelerin, endüstrideki seri üretime uygunluğu, elde edilen malzemelerin ekonomik olarak üretilip üretilmeyeceği, farklı sektörlerdeki uygulamaları

konusunda pratik oluşturulması, ileride incelenebilecek konular olarak tespit edilmiştir.

Buna istinaden, akışkan kontrolü sağlayan vanalar üzerinde yapılacak optimizasyon ve alternatif malzeme belirleme çalışmalarına yönelik bir sistematik oluşturma amacı güdülmüştür. DN65 vana için uygulanan çalışmalar, diğer vana tipleri için de benzer koşullarda sürdürülebilir.





STRUCTURAL DESIGN OPTIMIZATION AND EVALUATION OF ALTERNATIVE MATERIAL USAGE ON BUTTERFLY VALVE DESIGN

SUMMARY

In today's world and industrial conditions, energy saving and raw material prices are very important and encourage manufacturers in the machinery-manufacturing industry to do research on this subject. Scrap chips resulting from machining and materials resulting from other processes constitute a serious material loss and disposal problem. For this, it is important to develop methods that will enable the reuse of cast iron and steel chips. In this study, alternative materials were produced by using SDD chips and araldite material, which are frequently used in butterfly valve production, and it was aimed to reduce material usage by optimizing the existing design.

Butterfly valves are elements that allow or prevent the passage of fluids and determine the direction, quantity, pressure and temperature properties of fluids. Because of this, butterfly valves are used in many sectors where fluid flow and pressures need to be controlled. Heating and cooling systems, oil drilling and production facilities, water distribution facilities and food production plants can be given as examples of the main areas where butterfly valves are used. In previous years, while there was the use of slide gate valves in these areas, the simple and light design of butterfly valves, the ability to adjust the fluid flow rate precisely and the better sealing properties, increased their usage areas.

Butterfly valves are defined according to their pressure and diameter classes, and the determination of these classes may vary depending on the sector and working conditions in which the valve will be used. The operating temperature range of a standard butterfly valve is between -10°C and 110°C. Pressure and diameter classes, on the other hand, include many alternatives according to the area to be used and the fluid pressure value. Due to the wide range of uses of butterfly valves, fluid control costs increase significantly, especially in fluid distribution systems, shipping, the oil industry and many other areas. For this reason, reducing butterfly valve production costs, optimizing structural design and evaluating alternative materials, if possible, have great importance for these sectors, but the structural integrity of the butterfly valve should be compromised.

A standard butterfly valve basically consists of body, plug, chuck-arm assemblies, sealing elements, upper and lower shaft parts. It will be an important step to optimize especially in the body, flap and upper-lower shaft sections where the amount of material usage is high.

In this study, the DN65 vulcanized butterfly valve, which has a wide usage area especially in water treatment systems and paper industry, can operate at a maximum pressure of 16 bar and has a nominal diameter of 65 mm, will be examined. Since

polymer seals obtained by vulcanization are used as the sealing element, the butterfly valve is called this way.

While determining the study systematic, two different types of studies were carried out. In the first study, the existing butterfly valve design was examined and the loads and stress values on the structure were determined by applying FEA methods to this design. In order to sustain the boundary conditions and structural integrity, the regions that will not be changed were defined, and the regions to be reduced in thickness with TO were determined. Basically, it was proved that, studies can be carried out on the butterfly valve body, plug and upper-lower shaft sections, and the accuracy of the results was confirmed by applying the refined design again FEM methods. Unlike similar studies in the literature, the thinned valve sample was produced, the valve was tested with the forces exposed under production conditions, the deformation values in the body and the fact that the structural integrity was not deteriorated were confirmed. One of the main issues that emerged in this first study is that optimization studies can be made especially in the upper-lower shaft and plug section could not be carried out experimentally due to the production method and design constraints. This section has been determined as a subject that can be studied in the future.

In the second study, test samples were prepared by using materials used in butterfly valve production processes or produced as waste, and their mechanical properties were tried to be determined by applying tensile and compression tests to these samples. Here, araldite, a thermoset material used to make casting models, was first used for the butterfly valve body produced by casting. With the casting method, compression test specimens from araldite material were produced and their mechanical properties were determined by experiments, and their usability in body production was discussed. Afterwards, a polymer matrix composite material production trial was carried out by mixing spheroidal cast iron chips and araldite material that emerged because of machining processes and compression test samples were produced, mechanical properties were determined as a result of the experiments and its usability in the valve body was discussed. In addition, compression test specimens were produced from the mixture of araldite-spheroidal cast iron composite and filler sand, the tests were carried out. In these three material production trials, DD695-15 was used as the test standard. The compression test was preferred due to the presence of pores in the structure of the produced materials, their inhomogeneity, and the cylindrical nature of the samples.

As the final scope of this study, spheroidal and cast iron chips that emerged because of the production stages were turned into briquette samples as a result of cold/warm pressing at different strengths without the use of binders, without any surface cleaning and separation processes. Using the ASTM D3039 standard, the compression test carried out due to test specimen's mechanical properties. The reason why the compression test is preferred in this experiment is that the sample structure obtained is non homogenous and porous.

The main problems that emerged in the second study stem from the fact that most of the materials and samples produced in general are being tried for the first time and there are no examples in the literature. In addition, the fact that the orientation of scrap chips in the material is different and the strength of the sample can be affected depending on the direction makes it difficult to make a standard measurement. In the first stage, the inability to produce alternative material trials in accordance with mass production is an issue that needs to be investigated separately. In the findings, it was seen that the samples obtained by cold/warm pressing can be used as valve body with some process improvements. The materials produced as a result of other methods, on

the other hand, can be used in the production of valve elements that are not exposed to force, although they cannot be used as a valve body.

As a result of two different types of studies, a methodology for vulcanized butterfly valve structural design optimization and alternative material development has been obtained, and as a result, a certain knowledge has been created in terms of both improving the existing design and changing the design materials.

The suitability of the examinations for mass production in the industry, whether they obtained materials can be produced economically, and the practical creation of their applications in different sectors have been identified as topics that can be examined in future studies. The aim of this thesis is to develop design optimization of lug type butterfly valves and also examine the basic understanding of producing composite materials from cast iron chips and production wastes. In future, this work may help to figuring out the importance of waste material usage in mechanical engineering industry, decreasing the carbon footprint and reducing the manufacturing costs thanks to waste management systems on production line. Design and material optimization methodology which was explained for DN65 lug vulcanized butterfly valve on this thesis, can be used for any other valve types or machine elements due to procedure similarity.



1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında, özellikle enerji-hammadde fiyat artışları ve zararlı gaz üretimindeki artışa bağlı olarak, üretim sonucunda ortaya çıkan malzemelerin ve atıkların yeniden kullanılabilmesi konusu ciddi önem kazanmıştır [1]. Metallerin geri dönüşümünde endüstri, kaynakların yeniden kullanımını ve atık azaltmayı teşvik eden metotlar sunmaktadır [2]. Talaşlı işlemenin yaygın olarak kullanıldığı imalat sektörlerinde, üretim sonucu ortaya çıkan metal talaşlarının neden olduğu malzeme kaybı ve bunların bertaraf edilmesi sorunu uzun yıllardır araştırılmaktadır. ABD’de 2020 yılında yapılan bir araştırmada, ülke çapında yıllık yaklaşık 100 milyon ton dökme demir ve çelik talaşının ortaya çıktığı belirtilmiştir [3]. Bu sebepten, özellikle makine-imalat endüstrisinde çok yaygın olarak kullanılan dökme demir ve çelik esaslı talaşların uygun bir şekilde tekrar üretime kazandırılabilmesi çok önemlidir. Bunun için literatürde en çok yer alan yöntemler briketleme ve soğuk/ılık preslemedir. Briketleme, en temel malzeme yoğunlaştırma ve sıkılaştırma yöntemlerinden olup, malzemenin istenilen boyut ve yığın yoğunluğa getirilmesini sağlar [4]. Bu sayede, nakliye maliyetlerinde ciddi azalmalar görülürken, aynı zamanda metal malzemelerin tekrar kullanımında büyük kolaylıklar elde edilir [5]. Talaşlı imalat operasyonları sonucunda ortaya çıkan talaşların çoğunun spiral yapısı, küçük yüzey alanı, makine yağlarından kaynaklı kirlilikleri nedeni ile, klasik yöntemlerle geri kullanımları çok zor olmaktadır [6]. Bu sebepten, briketleme ve soğuk/ılık presleme yöntemlerinin önemi artmaktadır. Briketleme yönteminde, presleme işlemi bağlayıcı malzeme olmadan ve soğuk şekillendirme olarak gerçekleşmektedir. Soğuk/ılık presleme metodu ise, toz ya da talaş halindeki malzemenin talaşlı işleme ya da sinterleme öncesinde daha yoğun ve dayanımı yüksek bir hale getirilmesini kapsamaktadır [7]. Briketleme ve soğuk presleme metotları, hurda talaşların herhangi bir ergitme işlemine maruz kalmadan, kompozit malzemelerde fiber olarak da kullanılabilmesini sağlamaktadır [8]. Son dönemlerde sıklıkla adı duyulan, “Yeşil İmalat”, enerji tasarrufu ve emisyon azaltma çalışmaları için önemli bir kavramdır [9]. “Yeşil İmalat”, çevre dostu uygulamaların sadece ürünün geri dönüşümü aşamasında değil, tasarım,

imalat ve ürünün yaşam döngüsünün tüm aşamalarında yer alması gerektiğini belirtmektedir. Bu sebeple, sadece imalat sırasında ortaya çıkan hurda ve talaşlar değil, ürün tasarımının minimum malzeme ve enerji harcanarak da yapılması önemlidir.

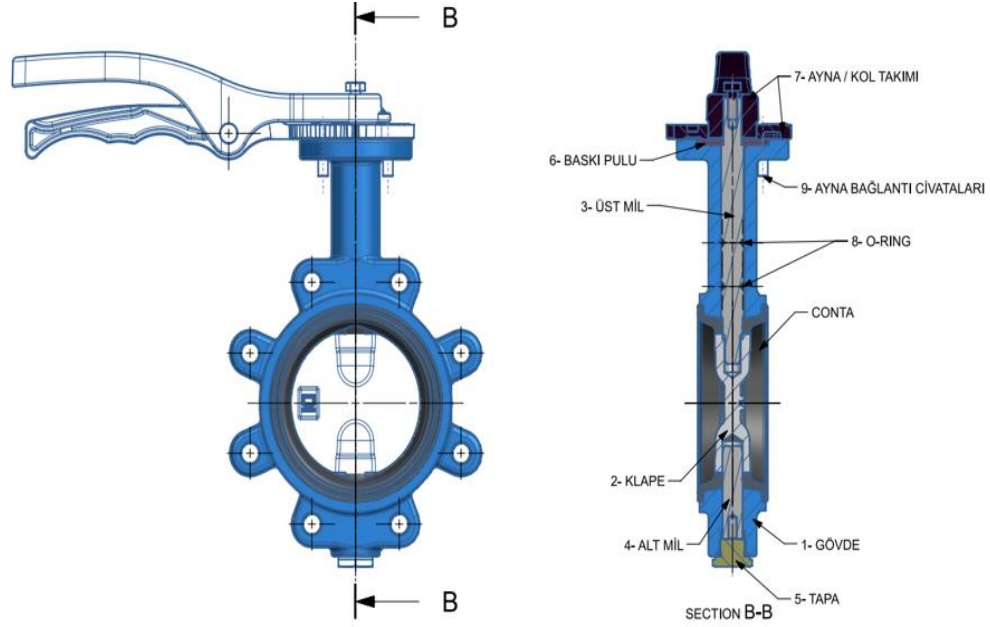
Bu çalışmada incelenen kelebek vananın üretiminde, büyük oranda SDD ve araldit esaslı malzemeler kullanılmaktadır. SDD, yüksek süneklik ve mekanik özellikleri sebebi ile tercih edilen popüler bir mühendislik malzemesidir [10]. Gövdenin istenilen son şekle getirilmesi amacı ile, SDD malzemeye talaşlı işlemler uygulanmakta ve ortaya çıkan talaşlar hurda olarak ayrılmaktadır. Araldit ise, gövde döküm kalıplarının modelinin yapımında kullanılan termoset bir malzemedir. Yapılan çalışmalar, proses sırasında veya sonucunda ortaya çıkan malzemelerin daha etkili kullanılmasına yönelik olmakla birlikte, aynı zamanda var olan kelebek vana tasarımının optimize edilmesini de içermektedir. Tasarım optimizasyonu, ürünün tasarım gerekliliklerini sağlayacak şekilde yapılan ağırlık azaltma, şekil ve boyut düzenlemelerinin yapılmasıdır [11]. SEA ve TO yöntemleri, ürünlerin konsept tasarımı ve analizi için büyük önem taşımaktadır [12]. Bu yöntemleri kullanmak için, kelebek vananın 3 boyutlu modeli oluşturulmalı, stres ve birim şekil değişimini belirlemek için ise uygun bir metot olarak ANSYS kullanılmalıdır [13].

Bu çalışmada, DN65 PN16 lug tipi vulkanize kelebek vanalarda çevre dostu bir üretim sağlayabilmek amacı ile, imalat süreçlerinde kullanılan ya da ortaya çıkan malzemeler kullanılarak, alternatif malzeme üretimleri yapılmış ve bunların vana malzemesi olarak kullanılıp kullanılamayacağı tartışılmıştır. Buna ek olarak hali hazırda var olan vana tasarımına, SEA ve TO yöntemleri uygulanmış, malzeme azaltılabilecek bölgeler test edilerek yapısal olarak optimize edilmiş bir vana tasarımı elde edilmek istenmiştir.

1.1 Kelebek Vanaların Genel Yapısı

Kelebek vanalar, dairesel bir klape kullanan ve klapenin 0° ile 90° arasında dönüş sağlayabildiği çeyrek turlu vanalardır. Klape tamamen açıldığında, boru eksenine paralel hale gelir ve en fazla akışkan geçişi bu durumda sağlanır [14]. Kelebek vanalar genel olarak hafif yapıları, düşük maliyetleri, geniş çalışma ve boyut aralıkları ile geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu tip vanaların kontrolü genel olarak dişliler, otomatik aktüatörler ya da manuel yöntemler ile sağlanır [15]. Kelebek vanalar, montaj alanının sınırlı olduğu bölgeler için iyi bir alternatiftir [16].

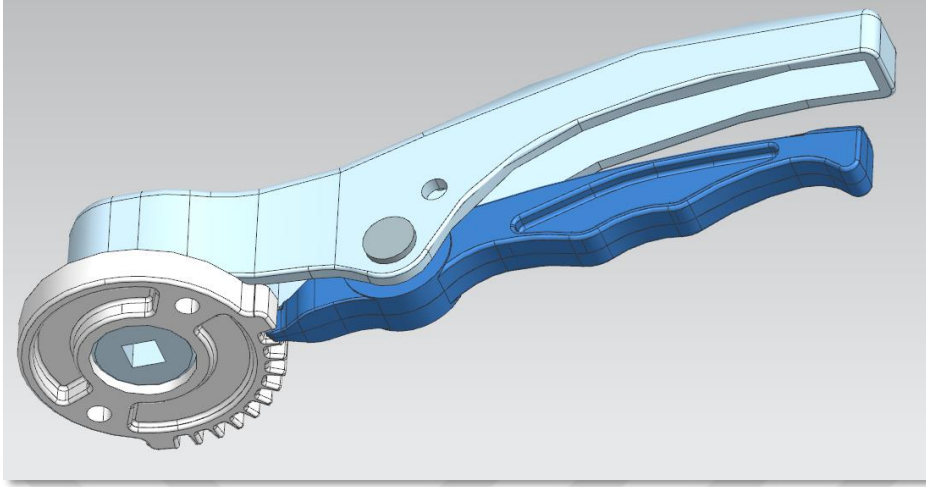
Bir kelebek vana, çok sayıda ana ve alt parçalardan oluşur, fakat bunların en temel olanları gövde, klape, üst ve alt miller, conta, tapa, ayna/kol takımı ve baskı puludur. Bu elemanlara ait kesit çizimi Şekil 1.1’de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 : Kelebek vananın genel yapısı ve parçaların gösterimi [16].

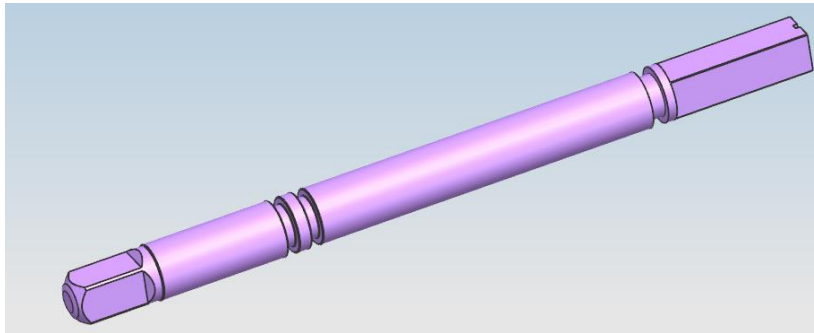
Bu çalışmada incelenen kelebek vana tipi, manuel olarak tahrik edilen lug tipi bir vulkanize vanadır. Vana çalışma aşaması, ayna kol takımından bir dönme momentinin üst mile aktarılması ile başlar. Ayna takımı üzerinde, klapeyi istenilen açıklığa ayarlamak amacı ile diş boşlukları bulunur, bu sayede kelebek vana kolu uygun diş açıklığına oturarak, klapeyi açılma miktarını belirler. Her bir diş boşluğu, klapeyi 9° daha açılması sağlar, 10 diş sonunda kelebek vana klapesi 90° açılmış olur ve maksimum akışkan debisi elde edilir. Ayna/kol takımından aktarılan döndürme momenti, üst mile doğrudan iletilir ve milin klape ile sıkı geçme bağlantısı sayesinde, klapeyi açılması ya da kapanması sağlanır. Ayna/kol takımının yapısı Şekil 1.2’de gösterilmiştir. Üst milin klapeye bağlanan kısmı, kare şeklinde işlenmiştir, böylece delik içinde daha fazla temas alanı sağlanarak, moment iletim hassasiyeti artırılmaya çalışılmıştır. Üst milin yapısı Şekil 1.3’te gösterilmiştir. Şekil 1.1’de, 6 numara ile gösterilen baskı pulunun temel işlevi ise, klape üzerine gelen ani sıvı ve darbe basınçlarının etkisi ile, üst milin yukarı yönde yerinden oynamasını ve merkezlemesinin bozulmasını engellemek amacı ile bir baskı ve yatak görevi görmesidir. Üzerine açılan 2 adet havşa başlı delik ile ayna takımının flanşına

bağlanmıştır. Baskı pulunun görseli Şekil 1.4'te gösterilmiştir. Ayna kol takımının yerine , bazı tasarımlar aktüatörlü yapılar mevcuttur.



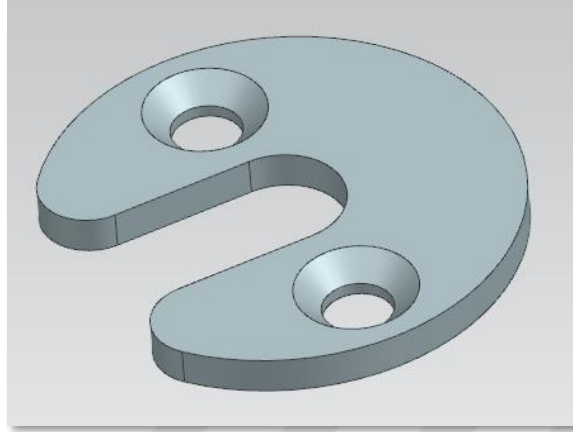
Şekil 1.2 : Ayna/kol takımının gösterimi [16].

Üst mile, ayna/kol tarafından ya da klapa tarafından gelebilecek bir sıvı temasını önlemek amacı ile, üst mile bir o-ring monte edilerek, sızdırmazlık sağlanmaya çalışılmıştır. Üst mil tarafından iletilen döndürme momenti, klapenin istenilen açılarda açılıp kapanmasına yardımcı olur. Klapa, vulkanize sızdırmazlık elemanı içerisine gömülmüş olarak monte edilmektedir, böylece klapa etrafında yaşanabilecek sızdırmazlık sorunlarının önüne geçilmiştir. Klapa üzerine hem üst hem de alt milin yataklanmasını sağlayacak şekilde, kare yapılı delikler işlenmiştir. Klapeye ait genel gösterim, Şekil 1.5'te gösterilmiştir. Klapenin doğru şekilde merkezlenebilmesi, sızdırmazlık problemlerini engellemek için önem teşkil etmektedir. Ayrıca klapenin sızdırmazlık elemanı üzerinde rahat hareket edebilmesi, debi kontrolü için önemlidir.



Şekil 1.3 : Üst milin genel görünüşü [16].

Klapenin konumunun doğru ayarlanabilmesi için, sadece üst mil ile yataklanması yeterli bir çözüm önerisi değildir, bu sebepten ayrı olarak alt mil ile de yataklama yapılarak, klapenin doğru bir şekilde merkezlenmesi sağlanır.

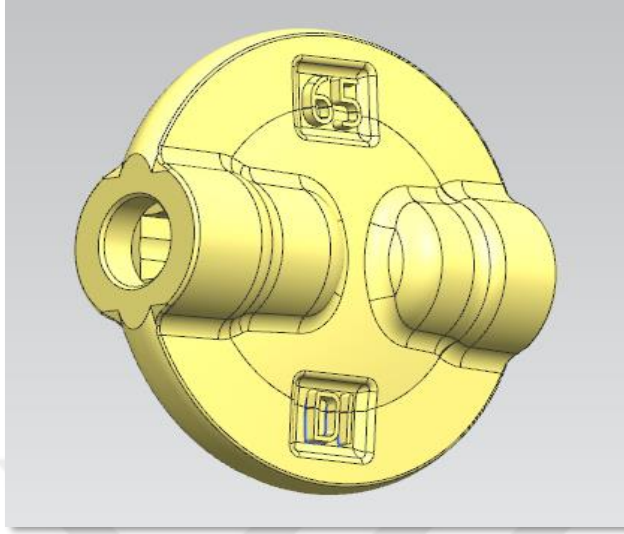


Şekil 1.4 : Baskı pulunun genel görünüşü [16].

Alt milin bu tasarımdaki temel işlevi, klapa yataklamasını yapmaktır. Üst mil yapısındaki gibi, alt milin de uç kısımları kare şeklinde işlenmiştir ve klapeye açılan bir kare delik sayesinde yataklanması sağlanmaktadır. Alt milin genel yapısının gösterimi Şekil 1.6’da gösterilmiştir. Alt milin dış etkenlere karşı sızdırmazlığının sağlanabilmesi için, vananın alt tarafından bir tapa monte edilir ve alt mil korozyondan korunmaya çalışılır.

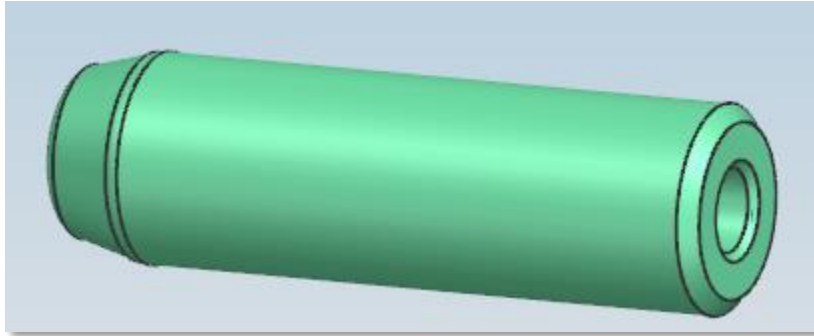
Yukarıda anlatılan tüm elemanların, üzerine monte edildiği ve bu yapıyı bir arada tutan ana parçası ise kelebek vana gövdesidir. Vana üzerine etki eden bütün akışkan basıncı ve darbe yüklerinin karşılanması gövdenin temel işlevini oluşturmaktadır. Üzerine açılan flanş delikleri sayesinde, monte edileceği parçaya bağlantısı sağlanır. Sıklıkla boru ve diğer akışkan dağıtım yapılarına bağlanır. Bu sebepten, vanayı oluşturan diğer elemanlardan daha kalın ve dayanıklı olacak şekilde imal edilerek, güvenli bir tasarım oluşturulması amaçlanmaktadır. Gövdenin yapısı, kelebek vananın tipine göre değişebilmektedir, genel olarak flanş bağlantı yapısı ve delik adedinde çeşitlilik görülebilmekle beraber, gövde elemanının ana işlevinde bir değişiklik olmamaktadır. Burada önem arz edecek nokta, kelebek vana tipine göre değişiklik göstermeyen temel elemanların optimizasyonunu sağlamak ve elde edilen birikimin tüm kelebek vana tiplerine uygulanabilmesini sağlamaktır. Buna ek olarak, vanalardaki klapa yapıları ve tasarımları da birbirine benzerlik göstermekte, kalınlık ve klapa üzerindeki form

değişkenlik arz edebilmektedir. Buna rağmen, bu eleman için uygulanacak optimizasyon da, diğer vana tiplerine uyarlanabilir.



Şekil 1.5 : Klapenin genel görünüşü [16].

Kelebek vana gövdelerine ait, temel bir gösterim Şekil 1.7’de verilmiştir. Tasarlanan kelebek vanaların, istenilen çalışma koşullarına uygun olup olmadığını test edebilmek ve flanş bağlantılarını tanımlayabilmek için belirli standartlar uygulanmaktadır. Bağlantı standardı olarak TS EN 593 kullanılırken, test standardı olarak ise TS EN 12266-1 kullanılmaktadır. Bu standartlar, dünya genelinde üretilen standart boru ve diğer akışkan dağıtım elemanlarına uyumlu vanalar üretebilmek için gereklidir.



Şekil 1.6 : Alt milin genel görünüşü [16].

Bu çalışmada, 65 mm nominal çapa sahip, maksimum 16 bar basınç altında çalışabilen, manuel tahrikli lug tipi vulkanize kelebek vana incelenmiştir. Klapenin üzerine monte edildiği sızdırmazlık elemanı, vulkanizasyon yöntemi ile sertleştirildiğinden dolayı, vanaya vulkanize kelebek ismi verilmiştir. Bunun dışında geçme conta olarak tabir edilen, sökölüp takılabilir sızdırmazlık elemanı içeren kelebek vanalar da mevcuttur,

fakat bu vana tiplerinde akışkan kaçaqları problem yaratabilmektedir, avantajı ise contanın çok kolay bir şekilde değiştirilmesi ile, kelebek vana ömrünün uzatılabilmesidir.



Şekil 1.7 : Vana gövdesinin genel gösterimi

1.2 Kelebek Vanaların Basınç ve Çap Sınıfları

Kelebek vanalar, çalışacakları basınç koşullarına ve sahip oldukları nominal çapa göre sınıflandırılırlar. Burada nominal çap değeri, temel olarak borunun iç çapını ifade etmekle beraber, boruya bağlanacak olan vananın flanş çapını da temsil etmektedir. Çalışmada “DN65” olarak gösterilen çap değeri, kelebek vananın, borunun iç çapına bağlanan flanş ölçüsünü ifade etmektedir. “PN16” olarak ifade edilen nominal basınç değeri ise, boru içerisinde geçen akışkanın oluşturduğu sıvı basıncını belirtir, kelebek vananın ise maksimum bu basınç değeri içerisinde çalışması gerektiğini ifade etmektedir. Çizelge 1.1’de, standart kelebek vana nominal çap değerleri inç, parmak ve mm birimlerinde gösterilmiştir. Çap değerleri, 350 mm nominal çapa kadar verilmiştir, piyasada 1800 mm nominal çapa kadar kelebek vanalar mevcuttur. Bu çalışmada, 65 mm nominal çapa sahip kelebek vana kullanılacaktır. Benzer şekilde, kelebek vanaların nominal basınç sınıflarına ilişkin bir sınıflandırma da mevcuttur. Bu basınç değerlerinde, kelebek vananın sorunsuz çalışabilmesi için, sıcaklık değerlerinin belirli bir aralık içerisinde olması gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılacak olan kelebek vana, 16 bar nominal basınç altında, -10°C ile 110°C arasında çalışmaktadır. Bu sıcaklık aralığının dışındaki değerlerde, kelebek vananın 16 bar basınçta sorunsuz çalışacağının garantisi verilememektedir. Piyasa uygulamalarında, basınç sınıfları ve sıcaklık değerleri için kullanılacak vana tipleri, gövde malzemeleri, yüksek sıcaklıklarda dayanım sağlanabilecek maksimum basınç değerleri standartlaştırılmıştır ve Çizelge 1.2’de verilmiştir. Kelebek vanaların standart çap ölçüleri üreticilere göre

farklılık göstermekle beraber, tüketici firmaların ihtiyaçları doğrultusunda benzer ürünler üretilmektedir.

Çizelge 1.1 : Kelebek vana standart çap ölçüleri [17].

Nominal Boyut, NPS	NPS	Nominal Çap, DN
İnç	Gösterim	Milimetre
2,00	2 “	50
2,50	2 1/2 “	65
3,00	3 “	80
4,00	4 “	100
5,00	5 “	125
6,00	6 “	150
8,00	8 “	200
10,00	10 “	250
12,00	12 “	300
14,00	14 “	350

Piyasada yaklaşık 400 bar basınç değerine kadar dayanım gösterecek şekilde kelebek vanalar mevcuttur.

Çizelge 1.2 : Kelebek vana basınç sınıfları ve gövde malzemeleri [17].

GÖVDE MALZEMESİ	BASINÇ	-10° C / +	120° C	200° C	250° C	300° C	350° C
DIN	AISI	SINIFI					
GG-25	0:6025	PN 16	16	13	11	10	0
		PN 16	16	13	11	10	(9)
GGG-40	0.7043	PN 25	25	20	18	16	(14)
		PN 40	40	32	28	24	(21)
		PN 16	16	14	13	11	10
		PN 25	25	22	20	17	16
		PN 40	40	35	32	28	24
GP 240 GH C 22.8	1.0619 1.0460	PN 63	63	50	48	40	36
St 35.8	1.0305	PN 100	100	80	70	60	56
		PN 160	160	130	112	96	90
S 35SJ2G3	1.0570	PN 250	250	200	175	150	140
		PN 320	320	250	225	192	180
		PN 400	400	320	280	240	225
		PN 40				40	38
		PN 63				63	61
		PN 100				100	95
G17CrMo5-5	1.7357	PN 160				160	153

Burada ifade edilen gövde malzemeleri, yukarıdan aşağıya olarak pik dökme demir, sfero dökme demir, çelik döküm ve paslanmaz çeliği ifade etmektedir. Bu çalışmada, tabloda 16 bar basınçta, -10°C ile 110°C arasında çalışan, SDD gövdeye sahip olan kelebek vana incelenecektir. Ayrıca çizelgede, daha yüksek sıcaklık değerlerinde elde edilebilecek maksimum çalışma basınçları da ifade edilmiştir. Sıcaklık arttıkça

dayanım gösterilebilecek maksimum basınç değerlerinin ciddi anlamda düştüğü görülmektedir.

1.3 Kelebek Vanaların Üretimi ve Montajı

Kelebek vanaların üretimi, birden çok sayıda parçanın ayrı bir şekilde üretilerek daha sonra montajlanması esasına dayanmaktadır. Bunlar içerisinde en çok üretim prosesine sahip kısım, kelebek vana gövdesidir. İlk olarak, vana gövde modeli kullanılarak, dökümhanede üretim yapılır. Döküm yolu ile elde edilen gövdeler kumlanarak, gövde üzerindeki yüzey pürüzlülükleri ve süreksizlikler giderilir. Daha sonrasında ise, taşlama yöntemi ile, kelebek vana gövdesini üretmek için gerekli olan yollu ve besleyiciler yapıdan uzaklaştırılır. Son olarak da torna ya da freze yardımı ile, gövde üzerindeki fazla malzeme kaldırılarak, parça istenen ölçülere getirilir. Bütün bu aşamalar tamamlandıktan sonra, enjeksiyon pres veya kompresyon pres makinalarında vulkanizasyon operasyonu ile gövde üzerine kauçuk kaplama işlemi yapılır. Bu sayede, montaja hazır halde bir yarı mamul üretilmiş olur. Yarı mamule ait bir görsel Şekil 1.8’de gösterilmiştir.



Şekil 1.8 : Montaja hazır yarı mamul [16].

Klape üretiminde ise, döküm, kumlama ve taşlama operasyonları gövde üretimine benzer şekilde gerçekleştirilir. Talaşlı imalat operasyonlarında ise, milden tahrik işleminin gerçekleşmesi için, kare formunda delikler oluşturulur. SDD’den üretilen klapeelerde korozyon etkisini azaltmak amacı ile vibrasyon ve nikel kaplama prosesleri uygulanır. Klapeeler, mümkün olduğu kadar yüzey pürüzlülüğü düşük olacak şekilde üretilmelidir, bu sayede sızdırmazlık kolaylaşır ve açma – kapama tork değerleri düşük olur. Üst ve alt miller, talaşlı imalat operasyonları ile üretilerek, klapeenin alt ve üstündeki kare formu deliklere sıkı geçme ile bağlanırlar. Şekil 1.4’te gösterilen baskı

sacı, lazer kesim yöntemi ile üretilir ve üzerine havşa başlı delikler açılarak, gövde üzerine sabitlenir ve üst milin hareketini sınırlar. Son olarak ise , ayna ve kol takımı, alüminyum enjeksiyon yöntemi ile üretilerek, kelebek vana klapesinin istenilen açılarda açılıp kapanması sağlanır. Burada kol parçası açma ve kapama işlevini gerçekleştirirken, manivela parçası ayna ile bir dişli kilit mekanizması oluşturarak vananın oransal olarak açılabilmesine olanak sağlar. Manivela ve kol arasında bulunan yay ise, manivelanın, müdahale edilmeyen durumlarda kapalı ve kilitli kalması için bir ön yükleme işlevi görür. Pim ve segman ise, kol ile manivelayı birbirine sabitler.

1.4 Kelebek Vana Çeşitleri

Piyasada genel olarak, çok farklı sayıda çap ve basınç sınıfına ait kelebek vanalar kullanılsa da genel olarak kelebek vanaları lug ve wafer tipi kelebek vanalar olmak üzere 2 sınıfa ayırmak mümkündür.

1.4.1 Lug tipi kelebek vanalar

Lug vulkanize kelebek vanalar, genellikle diğer vana tasarımlarına göre daha ucuzdurlar, ayrıca hafif olduklarından, sisteme monte edilirken daha kolay ve daha az destekli bir bağlantı tipi sağlarlar. Kelebek vana, klape merkezi boru merkezi ile çıkışacak şekilde monte edilir. Daha sonrasında ayarlanmak istenen akışkan debisine göre, ayna kol sistemi yardımı ile klappenin açıklığı ayarlanır. Kolun hareketine göre, klape akışa paralel ya da dik hale gelebilir. Lug gövdeleri tesisata bağlamak için, bağlantı eksenlerine metrik dişler açılır, tek flanş bağlantısı ile sisteme bağlanabilirler. Genel olarak tesisat sonu bağlantısı olarak kullanılırlar. Şekil 1.9’da , lug tipi bir vulkanize kelebek vananın görseli verilmiştir. Genel olarak SDD gövdeden üretilirler. Bunun yanı sıra, klape malzemeleri SDD ya da paslanmaz çelik olabilir. Paslanmaz çelik klapeye sahip kelebek vana gövdelerine, herhangi bir kaplama işlemi uygulanmaz. Genellik HVAC sistemleri, arıtma tesisleri, kağıt endüstrisi ve tatlı su tesisatları alanlarında geniş kullanım alanlarına sahiptirler. Kelebek vanalar sadece sıvı malzemelerin basınç ve debisinin ayarlanması hususunda değil, aynı zamanda yığın katıları depolamaya yarayan silo tasarımlarında da önemli rol oynamaktadır. Özellikle kum, buğday vb. yapıdaki malzemelerin akışlarının tamamen ya da kısmi olarak engellenmesi de mümkün olmaktadır. Burada önem arz eden husus ise, gıda elemanlarının depolanması durumunda kontaminasyonu önleyecek şekilde insan

sağlığına zararlı olmayan uygun tasarım malzemelerinin seçilmesini sağlamaktır. Lug ve wafer tipteki vanalar ise boru flanşlarının bağlantı tiplerine göre değişkenlik göstermekte olup, boru tasarım parametrelerine göre uygun bir vana seçilebilir. Lug tipi vanalarda bağlantı standartları, EN ve TSE standartları ile güvence altına alınmıştır ve üreticiler bu standartlara uymakla yükümlüdür.



Şekil 1.9 : Lug tipi vulkanize kelebek vana [16].

1.4.2 Wafer tipi kelebek vanalar

Wafer tipi kelebek vanalar da, aynı lug tipi kelebek vanalar gibi, klape eksenleri boru eksenini ile çakışacak şekilde monte edilirler. Bu tip kelebek vanalar da basit yapılı ve küçük boyutludur. Lug tipi kelebek vanalardan tek farkı ise, bu vanaların sisteme montajı yapılırken, iki flanş arasına sıkıştırılması gerekmektedir, bu sebepten piyasada sandviç tip kelebek vanalar olarak da bilinirler. SDD gövdeye sahip olarak üretilirler, klape malzemesi olarak ise SDD ya da paslanmaz çelik tercih edilebilir. Şekil 1.10'da wafer tipi vulkanize kelebek vananın görseli görülmektedir.



Şekil 1.10 : Wafer tipi vulkanize kelebek vana [16].

Önceki bölümlerde belirtilen kelebek vanalar dışında, piyasada çok sayıda üreticinin kataloglarında yer alan farklı boyut ve tasarımlarda kelebek vanalar mevcuttur. Bu çalışmada Duyar Vana tarafından üretilmiş olan bir kelebek vana örneği kullanılmıştır. Kullanılan malzemeler ve tasarım parametreleri de, şirket kataloglarından alınarak çalışmada kullanılmıştır. Şirket ürünler içerisinde, gövde ve mil malzemesi olarak farklı çelik ve dökme demir tiplerinin kullanıldığı alternatifler de mevcuttur.



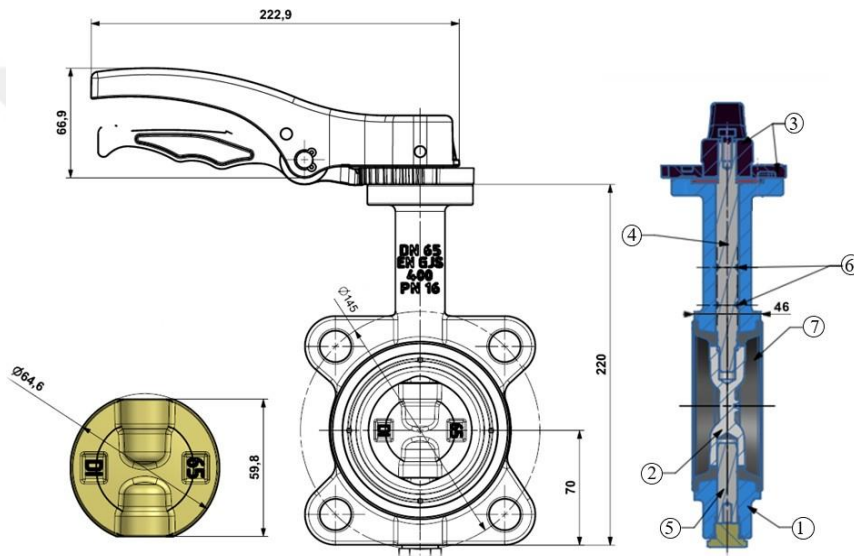
2. LUG KELEBEK VANA TASARIMI VE YAPISAL OPTİMİZASYON

Bu çalışmada, DN65 PN16 lug tipi vulkanize kelebek vanaların yapısal optimizasyonu incelenmiş ve tespit edilen bölgelerde ağırlık azaltma çalışması yapılmıştır. Yapısal analiz, kelebek vana gövdesi, klapesi ve milleri için uygulanmıştır. Çalışmalarda ANSYS 18.2 yazılımı kullanılmıştır. Vanaların endüstriyel pazarı incelendiğinde, en önemli parametrelerin valf açma kapama torku, sızdırmazlık ve boyut optimizasyonu olduğu görülmektedir [15]. Buna istinaden yapılan çalışmalarda, Song, Wang ve Park, kelebek vananın yapısal performansının, ağırlık azaltma operasyonlarından nasıl etkilendiğini incelemiştir [18]. Daha sonrasında ise, Prabu ve arkadaşları 7 farklı kelebek vana tasarımı için SEA uygulamış ve en hafif olan tasarımın en iyi dayanımı göstermesinin mümkün olduğunu göstermiştir, böylece üretim maliyetleri de düşmektedir [19]. Draghiciu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, kelebek vana SEA yöntemine yönelik olarak, klapeyi üst ve alt milin girdiği deliklere göre hareketsiz olarak tanımlamış, buna göre bir analiz yapmıştır [20]. Lug tipi vulkanize kelebek vanaların optimizasyonunu , sadece kalınlık azaltarak çalışmak yerine, tasarımdaki malzeme değişiklikleri açısından da incelemek faydalı olacaktır. Sambireddy ve Lakshmaiah, optimizasyon çalışmalarının sadece SEA ve TO yöntemleri ile değil, malzeme değişiklikleri yaparak da sürdürülmesi gerektiğini ifade eder. Bunun için gövde malzemesi olarak, karbon çeliği, paslanmaz çelik ve bronz kullanmışlardır [21]. Lee ve Son ise yaptıkları çalışmalarda, klape açısının kelebek vananın yapısal bütünlüğünü ve sismik yükleri nasıl etkilediğini göstermiştir. Çalışma koşulları olarak ise 0,5 MPa basınç ve 600°C'yi kullanmışlardır [22]. Bir yapısal analiz çalışmasının doğruluğunu etkileyen en önemli parametre, iç kuvvetleri, momentleri, gerilme ve birim uzamaları doğru tanımlamak ve değerlendirmektir [23]. Makine ve inşaat mühendisliği uygulamalarında, topoloji optimizasyonu genel olarak kullanılan malzeme miktarını azaltmak, aynı zamanda da yapısal bütünlüğü korumak amacı ile uygulanır [24]. Bu bölümün devamında, daha önce literatürde yapılmış ve yukarıda bahsedilen çalışmaların çıktılarından da yararlanarak, bir vana optimizasyon metodolojisi oluşturulacak ve sonuçları değerlendirilecektir. İlk olarak tasarım

optimizasyon sürecinin sistematığı ele alınarak, buna göre oluşturulan kelebek vana ağırlık azaltma operasyonlarının detayı incelenecektir.

2.1 Mevcut Tasarımın İncelenmesi ve Değerlendirilmesi

Üzerinde çalışılacak olan kelebek vananın nominal çapının 65 mm ve çalışma basıncının 16 bar olduğu bilinmektedir. Şekil 2.1’de, lug tipi vulkanize kelebek vananın temel parçalarının ölçüleri , ön görünüşü ve A-A kesit görünüşü verilmiştir. Vana kalınlığı, ön flanş yüzeyinden itibaren olacak şekilde 46 mm’dir. Mevcut tasarımda, klape, gövde ve üst-alt mil parçaları incelenmiş ve değerlendirilmiştir.



Şekil 2.1 : a) Ön Görünüş b) A-A kesit görünüşü.

Bu parçalara ait malzeme bilgisi ise Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Parça isimleri ve malzeme bilgileri.

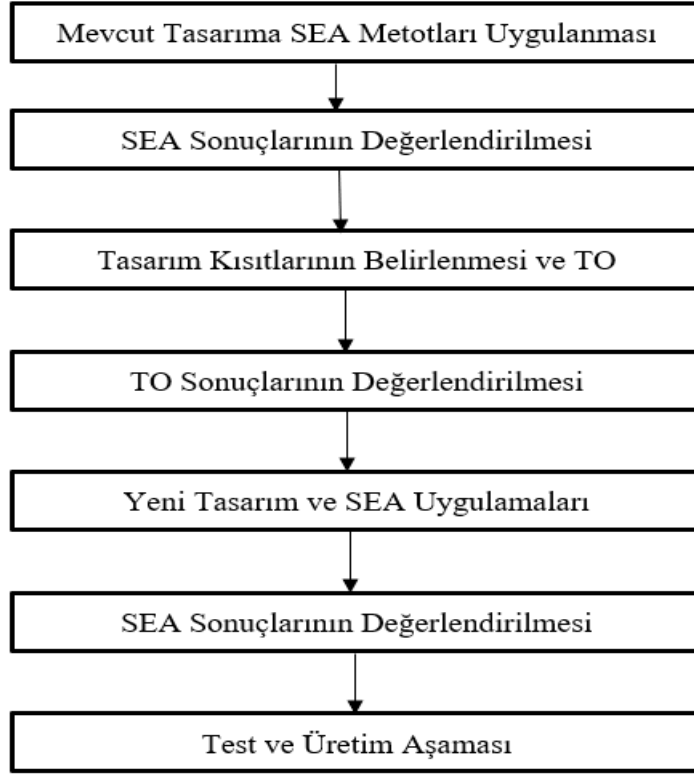
Parça Numarası	Parça Adı	Malzeme
1	Gövde	EN GJS 400 -15
2	Klape	EN GJS 400 -15
3	Ayna	EN GJS 400 -15
4	Üst Mil	X20Cr13
5	Alt Mil	X20Cr13
6	O Ring	EPDM
7	Conta	EPDM

Burada gövde, klape ve ayna parçaları , SDD malzemeden oluşmaktadır ve akma dayanımı 400 MPa’dır. Üst ve alt mil malzemesi ise X20Cr13 olarak adlandırılan martenzitik paslanmaz çeliktir. O ring ve conta malzemesi ise kauçuktur. İlk olarak,

Şekil 2.1 ve Çizelge 2.1’ de detayları verilen lug vulkanize kelebek vana üzerinde SEA ve TO metotları uygulanarak, daha sonrasında iyileştirme yapılacak bölgeler tespit edilecektir. İncelenecek kelebek vana, 16 bar basınçta çalışmasına rağmen, güvenli tarafta kalabilmek adına testler 18 barda gerçekleştirilmektedir [16]. Bu sebeple klapeye 18 barlık bir basınç etkidiği varsayılacaktır. Ayrıca üst mile, ayna kol takımı tarafından etkileyen yaklaşık 20000 Nmm’lik bir burulma momenti mevcuttur. Buna ek olarak, sızdırmazlık elemanının gövdeye montajında, kelebek vana gövdesinde yaklaşık 50 ton (490000 N) değerinde bir basma kuvveti mevcuttur. Tanımlanan bu sınır koşulları altında analizler gerçekleştirilecektir. Gövde, mil ve klape için analizler ayrı ayrı yapılmıştır.

2.1.1 Tasarım optimizasyon sürecinin sistematığı

Bir tasarımın yapısal optimizasyonu yapılırken, belirli adımlar takip edilerek sonuca ulaşılmalıdır. İlk olarak , hali hazırda var olan tasarım incelenmeli ve bu tasarımın gerçekten optimum olup olmadığı belirlenmelidir. Bunu anlayabilmek için ise, öncelikle var olan tasarıma SEA metotları uygulanmalı, parça üzerine etki eden kuvvetler, momentler, gerilmeler ve birim uzama değerleri incelenerek, bu değerler tasarım malzemesinin dayanım değerleri ile kıyaslanmalıdır. Buna istinaden, kalınlık azaltılabilecek noktalar var ise, diğer adımlarla sürece devam edilmelidir. Tasarım kısıtları ve iyileştirme yapılamayacak noktalar belirlenerek, elde edilen bilgiler ve değerler ile, parçaya TO uygulanmalıdır. Üzerinde çalışılabilecek noktalar netleştirildikten sonra, gerekli tasarım değişiklikleri uygulanarak yeni bir model oluşturulmalı, daha sonrasında ise bu modele tekrar SEA yöntemleri uygulanarak, çalışmaların doğruluğu teyit edilmelidir. Son olarak ise, elde edilen yeni tasarımın fiziki bir modeli oluşturulmalı, bilgisayar ortamında tanımlanan kuvvet, moment ve gerilme değerleri, deneysel olarak parçaya uygulanmalı ve optimizasyon süreci tamamlanmalıdır. Burada anlatılan, sürecin sistematığına ait görsel Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2 : Tasarım optimizasyon sürecinin akış diyagramı.

Elde edilen bu sistematik yaklaşım, sadece kelebek vana optimizasyonu için değil, diğer bütün makine parçalarına uygulanabilecek bir yaklaşımı içermektedir. Sürecin doğru işleyebilmesi için, sınır koşulları doğru bir şekilde tanımlanmalı ve akışın her adımında gerekli kontroller yapılmalıdır.

2.1.2 SEA yardımı ile vana mekanik davranışının incelenmesi

Bu bölümde, hali hazırda var olan tasarımın, SEA yöntemleri ile incelenmesi yapılacak ve sonuçlar değerlendirilecektir.

2.1.2.1 Üst mil ve klape davranışının modellenmesi

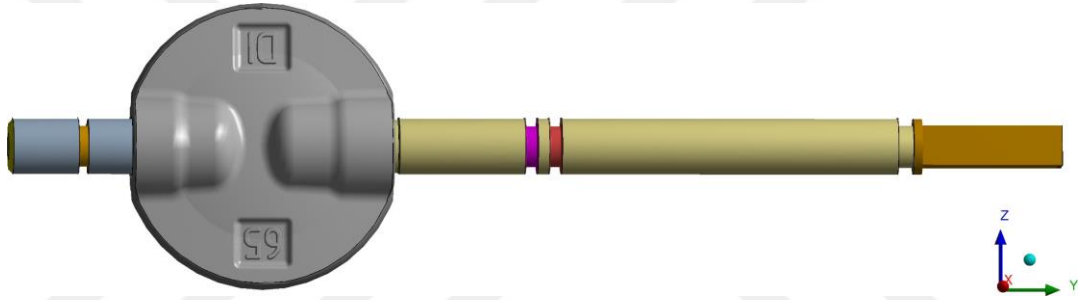
Kelebek vananın montajı, analiz yapmak için ANSYS Static Structural modülüne aktarılır. Montaj geometrisini içe aktardıktan sonra, valf tertibatının disk ve gövdeler dışındaki tüm diğer parçaları gizlenir. Analiz, disk ve gövdelerin malzemesi tanımlanarak gerçekleştirilir. Çözüm süresini kısaltmak ve ağ kalitesini artırmak için modele yüzey sadeleştirme uygulanmıştır. Analizi gerçekleştirilen mevcut malzeme klape için EN GJS-400-15 ve alt ve üst miller için X20Cr13'tür. EN GJS-400-15, bir küresel grafitli dökme demir türüdür. Analizde kullanılan malzeme özellikleri Çizelge

2.2’de verilmiştir. Verilen bu malzemeler, bu çalışma özelinde incelenen kelebek vana için geçerlidir, farklı malzeme tipine sahip tasarımlar da mevcuttur.

Çizelge 2.2 : Üst mil ve klape nin malzeme özellikleri.

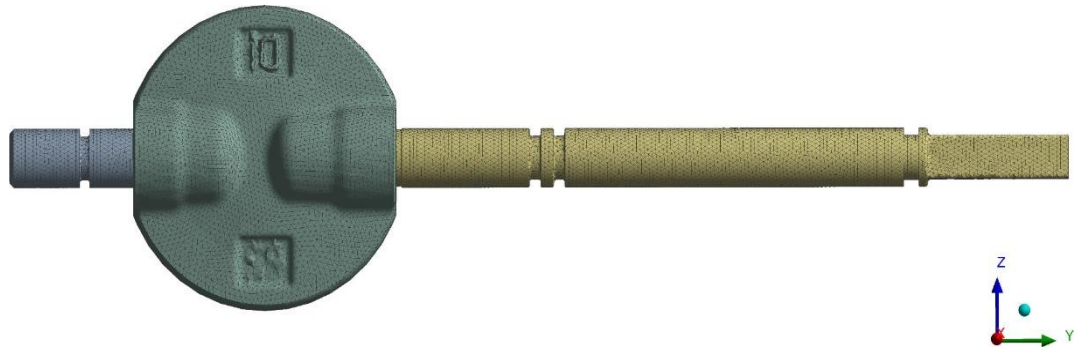
Malzeme Özellikleri	EN-GJS-400-15	X20Cr13
ρ , yoğunluk (kg/m^3)	7300	7800
E, Young Modülü (GPa)	169	200
ν , Poisson Oranı	0.275	0.25
σ_a , Akma Dayanımı (MPa)	250	600
σ_t , Çekme Dayanımı (MPa)	400	800
ϵ_m , Maksimum Birim Uzama	0.15	0.10

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi, daha iyi ağ kalitesi ve daha güvenilir analiz için sanal topoloji süreçleri uygulanmış ve disk ve gövde yüzeyleri basitleştirilmiştir. Bu sayede disk ve gövde yüzeylerindeki süreksizlikler giderilmiştir.



Şekil 2.3 : Klap e ve üst mil yapısına sanal topoloji uygulanması.

Modeli meshlemek için tetrahedron yöntemi kullanılmıştır. Şekil 2.4’te görüldüğü gibi yaklaşık 450 bin ağ oluşturulmuştur. Ağ modeli için ortalama çarpıklık değeri 0,218’dir.



Şekil 2.4 : Klap e ve üst mil ağ modeli.

Klap e, üst ve alt mil tarafından merkezlenerek sabit tutulur. Alt milin tek işlevi, klapeyi merkezlemektir ve bu yüzden sabit klape nin alt mil ile birleştiği nokta sabit mesnet olarak tanımlanabilir. Alt ve üst milin hareketi gövde tarafından kısıtlandığından ve

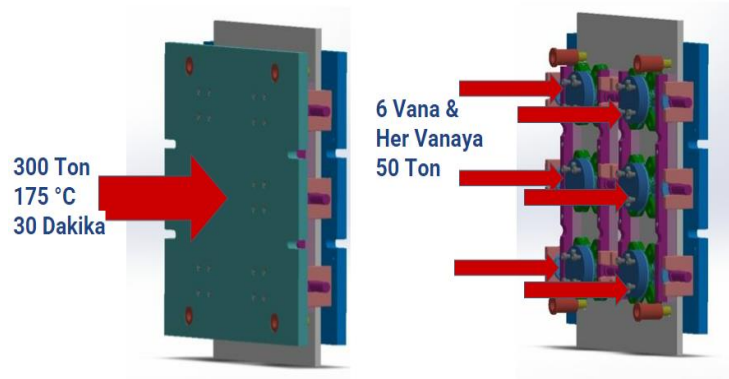
A Gerilme : 1,8 Mpa
B Moment : 20000 Nmm
C Sabit Mesnet
D Basıncı Yatak

The figure shows a 3D model of a mechanical shaft assembly. The shaft is blue and has a central red section with a circular flange. The flange has two rectangular cutouts, one labeled '10' and the other '59'. The shaft is supported by a fixed support (C) on the left and a roller support (D) on the right. The shaft is subjected to a moment (B) and a stress (A). A coordinate system (x, y, z) is shown at the bottom right corner.

Şekil 2.5'te , A ile gösterilen klape yüzeyine 1.8 MPa statik basınç tanımlaması yapılmış, B ile gösterilen, üst milin ayna ile yatakladığı noktaya 20000 Nmm burulma momenti tanımlanmış, C ve D noktalarına da sırası ile sabit ve sadece basınç yataklanması uygulanmıştır.

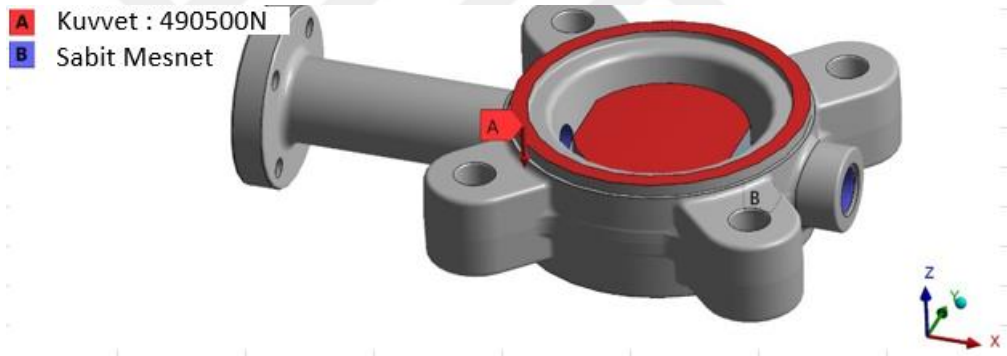
18

kalıp işleminin görseli Şekil 2.6’ da görülebilir. Optimize edilecek vananın, görselde tanımlanmış olan pres kuvvetlerine dayanması gerekmektedir.



Şekil 2.6 : Vulkanizasyon süreci için pres kuvvetlerinin gösterimi.

Pres kuvveti, vananın ortasındaki klape deliğinin etrafındaki alana tanımlanmalıdır, çünkü kuvvete maruz kalabilecek tek alan burasıdır. Klape deliğinin içerisine ise, contanın kalıbı oturmaktadır. Bu durumun gösterimi Şekil 2.7’de bulunabilir.



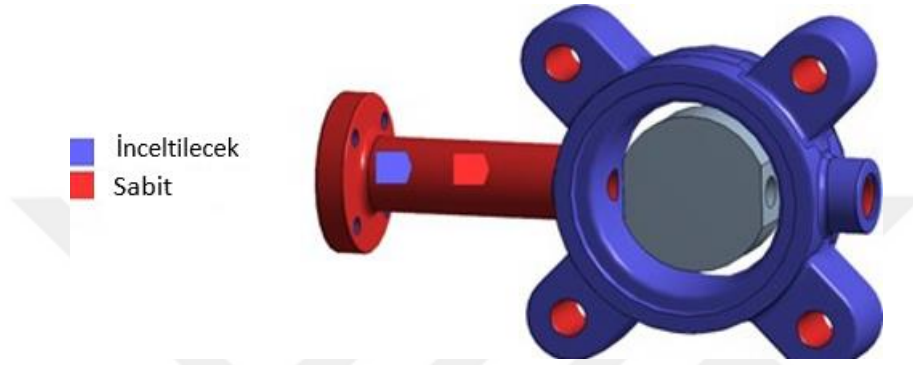
Şekil 2.7 : Vana gövdesinde sınır koşullarının gösterimi.

Gövdenin herhangi bir hareketi söz konusu olmadığından, Şekil 2.7’ de B ile gösterilen alana sabit mesnet tanımlaması yapılabilir. Pres kuvveti ise, A ile gösterilen bölgeye 490 kN olarak tanımlanmıştır.

2.1.3 TO ile ağırlık azaltılacak noktaların belirlenmesi

Topoloji çalışması ilk olarak gövdeye ve klapeye etki eden kuvvet sonucunda gövdede olası kütle azalmalarının oluşabileceği bölgeleri belirlemek için yapılmıştır. Yapısal performans açısından en iyi malzeme dağılımını belirlemek için konsept tasarım aşamasında topoloji optimizasyonu kullanılır [26]. FEM analizi, kelebek vana tasarımına ne tür bir optimizasyon yönteminin uygulanacağına karar vermek için çok önemlidir. Son olarak, topoloji optimizasyonu FEM analizi ve fiziksel test

yöntemleriyle doğrulanmalıdır. Mevcut tasarımın yapısal analizinden sonra, topoloji optimizasyon modülü yapısal analiz ile aynı şartlarda uygulanır. Sınır koşulları, malzeme özellikleri ve ağ yapısı aynı tutulur. Topoloji optimizasyon modülünde tasarım kısıtlamaları tanımlanmıştır. Şekil 2.8’de görüldüğü gibi, değişiklik yapılması istenmeyen bölgeler kırmızı ile belirlenmiştir. Flanş bağlantı standartları ve zemin bağlantılarını bozmamak amacı ile, bu bölgeler optimizasyon dışı bırakılmıştır. Optimize edilmesi istenen bölgeler mavi ile gösterilmiştir.



Şekil 2.8 : Optimize edilecek ve edilmeyecek bölgelerin belirlenmesi.

%20 ve %40 ağırlık azaltılması için topoloji optimizasyonları yapılmış ve her adımda tasarımın sağlamlığı ve işlevselliği kontrol edilmiştir. Burada, ağırlık azaltma işleminin uygulanacağı nokta, çoğunlukla kelebek vana gövdesini içermektedir.

2.2 Optimize Edilmiş Tasarımın İncelenmesi ve Değerlendirilmesi

Topoloji optimizasyonu sonucunda, olası kütle azaltma ve optimizasyon alanları belirlenerek, bu yaklaşım yeni tasarım çalışmalarına entegre edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, kelebek vana gövdesinde 20 mm lik bir inceltme yapılabileceği görülmüş, inceltmiş vana üzerinde tekrar SEA metodları uygulanarak süreç doğrulanmıştır. Daha önce ifade edildiği gibi, ilk durumdaki tasarım yaklaşık 46 mm gövde kalınlığına sahip iken, topoloji optimizasyonu sayesinde yeni tasarım 26 mm kalınlığa sahip olacaktır. Sınır koşulları, malzeme özellikleri ve destek koşulları daha önce yapılan modellemeler ile aynı tutulmuştur. Sanal topoloji modülü, bu tasarım üzerinde de uygulanarak, basitleştirme yapılmıştır. Şekil 2.8’de de görüldüğü üzere yeni gövde modeli 136 bin ağ elementinden oluşmaktadır. Maksimum çarpılma oranı 0.94’tür.

Test ve üretim süreci, FEM çalışmalarında ve topoloji optimizasyonunda düzeltmeler yapmak için çok önemlidir. Bu bölümde, vana numunesi yeni tasarlanan ve analiz edilen tasarımına göre talaşlı olarak işlenmiştir. Daha önce bahsedildiği gibi, 20 mm inceltilmiş bir numune elde edilmiştir. Gövde üzerindeki bağlantı delikleri ve gövde deformasyonu gibi kritik boyutların mevcut tasarımla aynı olması gerektiğini anlamak önemlidir. Bu amaçla, mevcut fonksiyonların analiz ve optimize edilmiş bir tasarımla gerçekleştirilebileceğini kanıtlamak için bazı ölçümler yapılmıştır. İşleme için First NC (Numerical Control) ünitesine sahip bir manuel freze tezgâhı kullanılmıştır. Vana gövdesi bir kelepçe ile sabitlenip istenilen kalınlıklarda işlenmiştir. Her adımda 1 mm talaş kaldırma yapılmıştır. İnceltme işlemi Ø50 çapında karbür kesici takım ile yapılmıştır. İşlem yaklaşık 400 mm/dk ilerleme hızı ve 1000 devir/dk iş mili hızı ile gerçekleştirilmiştir. Test aşaması, optimize edilmiş gövde analizinin doğrulanmasını sağlamak için büyük öneme sahiptir. Ölçüm stratejisi ve üretim simülasyonları, anlamak ve değerlendirmek için önemli adımlardır. İlk olarak standart vulkanize kelepçe vana imalat sürecinde, vana gövdesine presleme yöntemi ile sızdırmazlık elemanları monte edilmiştir. Conta montajını simüle etmek için bu aşama yeni üretilen vulkanize kelepçe vana gövdesine de uygulanmıştır. Ardından kumpas ile ölçümler yapılarak vana gövdesi üzerindeki deliklerde deformasyon olup olmadığı tespit edilmiştir. Ölçüm işlemlerinde kullanılan kumpas Mitutoyo marka 200 mm dijital iç çap kumpastır.

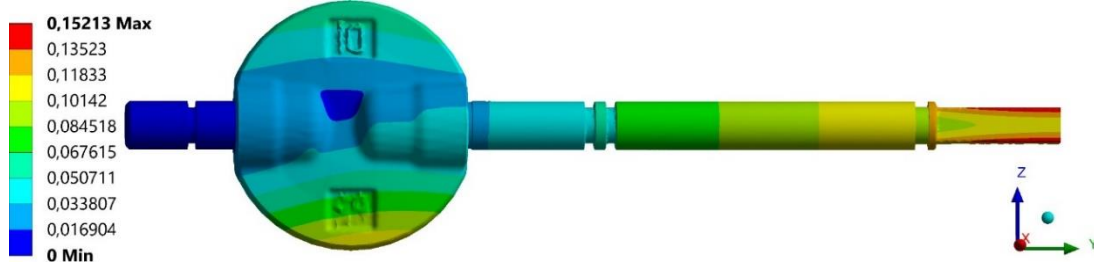
2.3 Analiz Sonuçlarının İncelenmesi ve Doğrulanması

Yukarıda daha önce bahsedilen SEA modellerinin oluşturulması ve topoloji optimizasyonunun yapılması aşamalarından sonra, analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ve yapılan tasarım optimizasyonu çalışmalarının doğru olup olmadığı tartışılmalıdır. Bunun için, öncelikle klape, üst mil ve gövde bölgelerinin SEA sonuçları değerlendirilecek, daha sonrasında ise optimize edilmiş tasarımın analiz sonuçları incelenerek güvenli olup olmadığı tespit edilecektir. Son aşamada ise, inceltilmiş gövde numunesi üzerinde test yapılarak, çalışmalar sonlandırılacaktır.

2.3.1 Klape ve üst mil analiz sonuçları

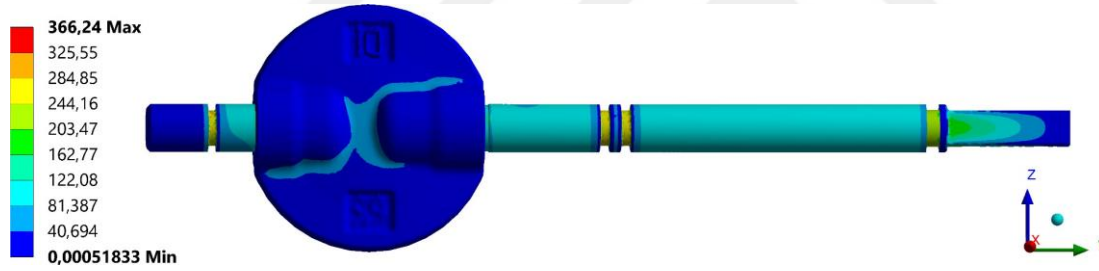
Ön yüzeydeki toplam deformasyon dağılımı Şekil 2.9'da görülmektedir. Maksimum deformasyon 0,152 mm'dir ve beklendiği gibi uygulanan moment nedeniyle ayna-kol

bölgesinde meydana gelmektedir. Ayrıca alt mil sabit ve destekli olduğu için minimum deformasyon meydana gelmiştir. Deformasyon dağılımı üst gövde boyunca kademeli olarak azalmaktadır.



Şekil 2.9 : Klap ve üst mil bölgesindeki toplam deformasyon.

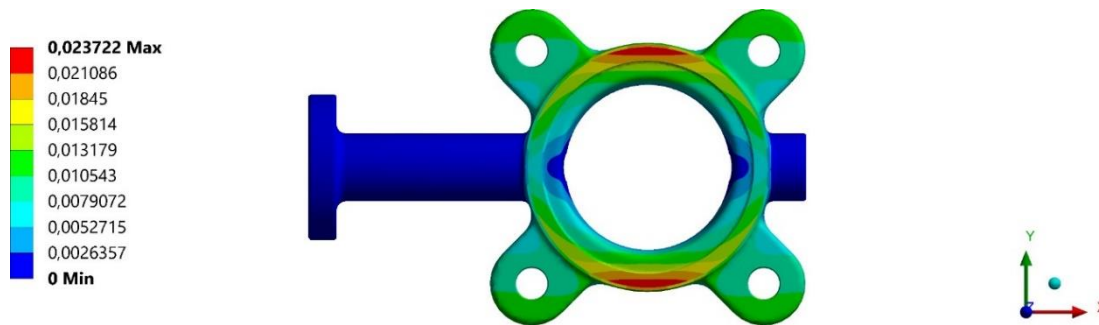
Von-Mises gerilim dağılımı Şekil 2.10'da gösterilmiştir. Maksimum gerilme gövdede 366 MPa ve klapede 125 MPa'dır; bu nedenle, gövde için güvenlik faktörü 1,6 ve klap için güvenlik faktörü 2'dir. Beklendiği gibi, milin monte edildiği yerde maksimum gerilmeye ulaşılır, çünkü mil üzerindeki kademeler çapın azalmasına neden olur. Ayrıca, klap üzerindeki stres dağılımı simetriktir ve bu da analizi doğrulamaktadır.



Şekil 2.10 : Klap ve mil üzerindeki gerilme dağılımı.

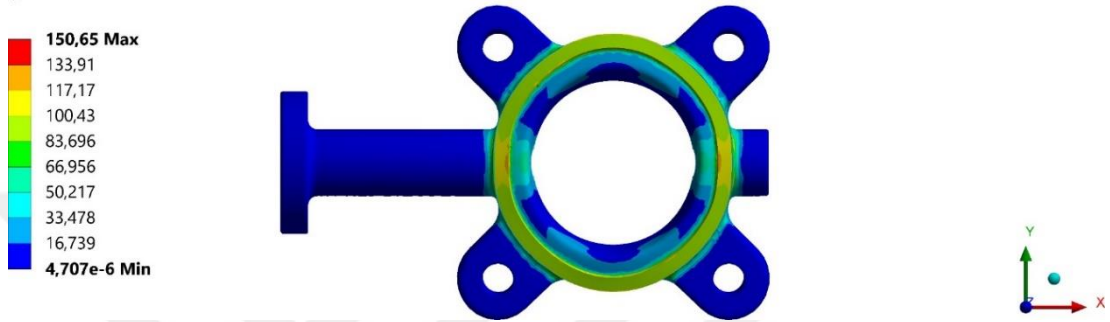
2.3.2 Gövde analiz sonuçları

Toplam deformasyon dağılımı Şekil 2.11'de görülmektedir. En fazla deformasyon 0,023 mm gibi ihmal edilebilir bir değerdedir ve gövdenin dış kısımlarında meydana gelmektedir. Gövde üzerindeki deformasyon dağılımı simetriktir.



Şekil 2.11 : Gövde üzerindeki toplam deformasyon.

Von-Mises gerilme dağılımı Şekil 2.12’de gösterilmiştir. Kuvvet uygulanan gövde yüzeyinde yüksek gerilmeler oluşur. En düşük kalınlık bölgesi, 150 MPa olan en yüksek gerilim değerine sahiptir. Bu yüzeyin ortalama gerilme değeri 90 MPa civarındadır. İç gerilmeler, gerilme dağılım koşullarının homojenliğini gösterir. Ayrıca valf gövdesi üzerindeki gerilim dağılımı simetriktir. Güvenlik faktörünün çoğu bölgede 5’in üzerinde olduğu, minimum güvenlik faktörünün ise genel olarak 1,66 olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 2.12 : Gövde üzerindeki gerilme dağılımı.

2.3.3 Gövde TO sonuçları

Tasarıma başlangıçta %20 kütle azaltma işlemi uygulanmıştır ve sonuçlar Şekil 2.13’te görülebilir. Turuncu bölgeler tasarımda mümkün olan en iyi kalınlık azaltma alanlarını göstermektedir. Gri alanlar, genel olarak malzeme çıkarmanın mümkün olmadığı yerleri belirtmektedir. Gri bölgeler, deliklerin ve bağlantı yerlerinin varlığı sebebi ile, kütle azaltılması yapılması istenmeyen bölgeleri tanımlamaktadır.



Şekil 2.13 : Mevcut tasarımda %20 kütle azaltılacak bölgeler.

Kelebek vana gövdesinde %40 kütle azaltımı için topoloji optimizasyonları da yapılmıştır. Şekil 2.14’te gösterildiği gibi, olası kalınlık azaltma alanları hem flanş hem de gövde bölgelerini içerir. Bu nedenle optimizasyon çalışmalarında gövdenin

inceltmesi işlemi temel alınmıştır. Uygun inceltme boyutunun belirlenmesi için topoloji optimizasyon modülü kullanılmıştır.



Şekil 2.14 : Mevcut tasarımda %40 kütle azaltılacak bölgeler.

Daha sonra klape ve flanş-gövde etkileşimi ile ilgili talaş kaldırma süreçleri ve tasarım kısıtlamaları tartışılmıştır. Tasarımın ve bağlantı sağlamlığının korunması için gövde yüzeyinin her iki tarafında kütle azaltma işlemleri yapılmalıdır. Ayrıca yaklaşık 20 mm kalınlıktan daha fazla yapılacak inceltmelerde, klape vana gövdesinden dışarı çıkabileceğinden ötürü, daha fazla malzeme kaldırılması mümkün olmamaktadır. Bu tasarım kısıtlaması nedeniyle, 20 mm optimize edilmiş vana gövdesi için SEA yapılmasına karar verilmiştir.

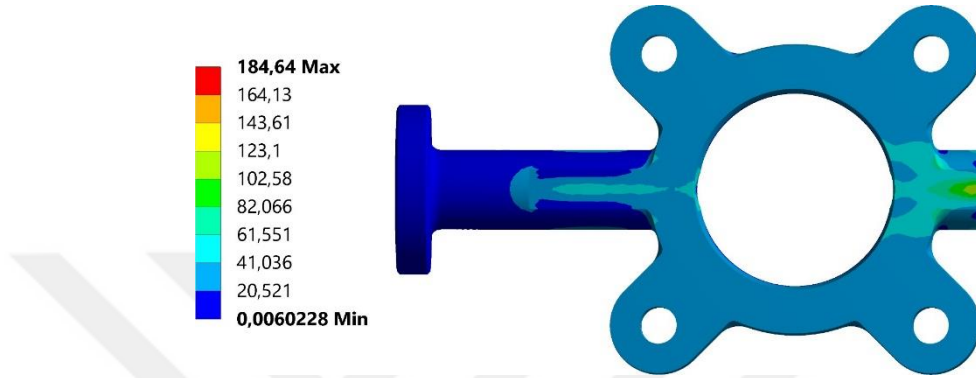
2.3.4 Optimize edilmiş vana gövdesi analiz sonuçları

İlk olarak mevcut vana gövdesinin her iki tarafında toplam 20 mm malzeme kaldırma işlemi gerçekleştirilerek bu tasarımın 3 boyutlu modeli oluşturulmuştur. Şekil 2.15'te gösterildiği gibi, maksimum toplam deformasyon, gövdenin mil deliği nedeniyle minimum kalınlığa ulaştığı yerde oluşmaktadır ve deformasyon 0,021 mm'dir. Gövde üzerindeki deformasyon dağılımı simetriktir.



Şekil 2.15 : Optimize edilmiş gövde üzerindeki deformasyon dağılımı.

Şekil 2.16’da gösterildiği gibi, maksimum gerilme, malzemenin akma dayanımından daha düşük olan 185 MPa’dır. Gerilmelerin çok düşük olduğu ve güvenlik faktörünün 1,35 olduğu görülmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi bu güvenlik faktörü sadece vulkanizasyon aşaması için önem arz etmektedir. Bu nedenle, optimize edilmiş vana gövdesinin test süreci, mevcut durumdaki vana gövdesinin test ve üretim aşamaları kullanılarak yapılabilecektir.



Şekil 2.16 : Optimize edilmiş gövde üzerindeki gerilme dağılımı.

2.3.5 Test Aşaması

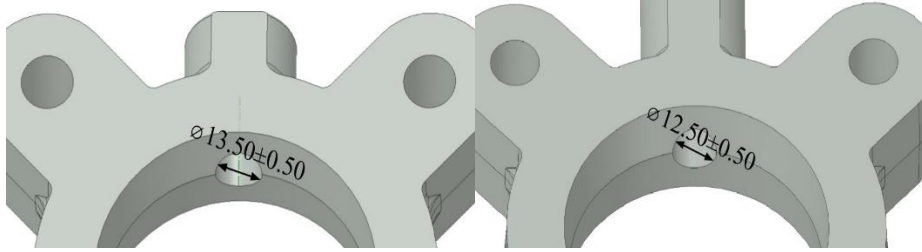
Topoloji optimizasyonları ve yapısal analiz çalışmalarından sonra elde edilen sonuçlardan yola çıkılarak, 20 mm inceltilmiş vana gövdesi üretilmiş ve bu numune üzerinde, vana üretim aşamasında ortaya çıkan conta basma kuvvetleri uygulanarak, yeni tasarımın güvenilirliği doğrulanmıştır. 20 mm inceltilmiş vana gövdesi Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



Şekil 2.17 : 20 mm inceltilmiş vana gövdesi.

Numune yüzeyine 50 kN kuvvet uygulandıktan sonra optimize edilmiş vana gövdesi deliklerindeki deformasyonlar araştırılır. Bu ölçüm, deliklerin preslemeden dolayı deforme olmuşsa gövdede oluşabilecek deformasyonları da gösterdiğini gösterir. Deformasyon bölgelerinde, gövde delikleri deformasyonlar nedeniyle eliptik formlar

alıyor olabilir, bu durum delik çapını ve şeklini değiştirir. Bu aşamada, delik formunun kabul edilebilir olduğunu ve ayrıca gövde deformasyonlarının olmadığını kanıtlamak için ölçüm stratejisi ve yöntemi önemlidir. Şekil 2.18’de bu ölçüm alanları görülmektedir.



Şekil 2.18 : a) Alt mil b) Üst mil delik çapları.

Yeni tasarlanan vana gövdesi için yapılan ölçümlerde delik çapının aynı kaldığı ve herhangi bir eliptik yüzeyin gözlenmediği görülmüştür. Akabinde üst gövde deliği için, o bölgede deformasyon oluşmadığını göstermek için başka bir ölçüm yapılmıştır. Mevcut tasarımda üst gövde deliği çapı 12,50 mm, alt gövde deliği çapı 13,50 mm’dir. Bu alanda herhangi bir deformasyon veya hata olmamıştır. Her bir delik için deformasyon olup olmadığını gösterecek şekilde ölçüm yapılmış ve delik yüzeylerinde eliptik alanlar oluşmamıştır. Bu aşama sonucunda 26 mm vana gövdesi test sonuçlarının, analiz ve topoloji çalışmaları ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır.

3. ALTERNATİF MALZEME İNCELEMESİ VE GELİŞTİRİLMESİ

Kelebek vana tasarımının iyileştirilmesi sürecinde, analiz ve topoloji çalışmalarından sonra ele alınacak bir diğer kısım ise, alternatif malzemelerin incelenmesi ve mümkün ise geliştirilmesidir. Bu amaçla, mümkün ise kelebek vana gövdesini hafifletecek ve daha az malzeme kullanılmasını sağlayacak alternatifler incelenmiştir.

3.1 Giriş

Bu bölüm incelenirken, çalışmalar temel olarak 2 kısımda toplanmıştır. Bunlar genel olarak piyasada kullanılan alternatif malzeme örneklerinin neler olduğu ve hali hazırdaki kelebek vana üretim sürecinde ortaya çıkan atık veya yan ürünlerin kullanılması ile bir malzeme elde edilmesidir. Piyasada kullanılan malzemeler genel olarak metal ve metal olmayan malzeme sınıflarına dahil olmaktadır. Gövde malzemesi kullanımı için yapılan alternatif incelemelerinde, genel olarak paslanmaz çelik, SDD ve PDD kullanımının yaygın olduğu görülmüştür. 16 bar ve DN65 çap sınıfı incelendiğinde, metal malzemelerin kullanımı yaygın bir şekilde önerilmesine rağmen, alternatif olarak sunulan paslanmaz çelik ve PDD ciddi bir fiyat avantajı ve ağırlık azaltma avantajı oluşturmamaktadır. Bu sebeple, bölümün devamında metal olmayan malzemelerin kullanılabilirliği üzerine incelemeler yapılacaktır. Alternatif malzeme geliştirme kısmında ise, genellikle kelebek vana üretim sürecinde kullanılan ya da yan ürün olarak ortaya çıkan, döküm model kalıbı yapımında kullanılan epoksi SDD ve PDD talaşları ile dolgu kumu malzemeleri ya tek olarak ya da birbirleri ile karıştırılarak, vana gövdesi yapımında kullanılabilir olup olmadıkları incelenecektir. Piyasada yaygın olarak kullanılan, metal olmayan gövdeye sahip kelebek vanaların çoğunluğu 10-12 bar basınç sınıfında çalışmaktadır. Yaklaşık 40 adet firma ürününe yönelik yapılan incelemelerde, bu basınç sınıfına ait vanalara ait gövdelerde en çok kullanılan malzemeler PVC ve PTFE malzemeleridir. Bunun yanı sıra, Emerson isimli bir vana üreticisi tarafından, patentini almış oldukları “Composeal” isimli bir malzemedan üretilmiş ve 16 bar basınç sınıflarında da çalışabilen, metal olmayan bir kelebek vana tipi mevcuttur [27]. Yukarıda sayılan sebeplerden ve kelebek vana

üretiminde kullanılan yan ürün ve atık malzemelerden de yararlanabilmek amacı ile, alternatif malzeme üretimleri yapılarak sonuçlar irdelenecektir. Üretim sonucunda oluşan ve kullanılan malzemeler, genel olarak araldit, SDD, PDD ve dolgu kumundan oluşmaktadır. Özellikle talaşlı imalat sonucu oluşan SDD ve PDD talaşlarının yeniden üretime kazandırılabilmesi, ekonomik açıdan ciddi bir önem arz etmektedir. Duyar Vana'dan alınan bilgiye göre, bir kelebek vana üretiminde kullanılan SDD ve PDD malzemelerin %12 si hurda talaş olarak ayrılmaktadır. Bu sebepten, özellikle SDD ve PDD malzemelerden, bir bağlayıcı malzeme yardımı ile yeni bir üretim yapılıp yapılamayacağı konusunda literatür ve deney çalışmaları yapılmıştır. Bunun için öncelikle, ortaya çıkan demir talaşları, uygun boyuta getirilmelidir. Javaid ve Essadiqi'ye göre, balya şeklinde presleme ve briketleme, bu amaç için uygulanabilir yöntemlerdir [28]. Balya şeklinde presleme, genel olarak bir hidrolik pres yardımı ile, hurda metallerin sıkıştırılarak uygun boyutlara getirilmesi sağlar. Daha sonrasında, parçalar istenilen boyutlara kesilebilir. Şekil 3.1'de, bir balya presleme makinesi örneği görülmektedir. Bu makineler sayesinde, atık ürünlerin kapladığı alanlar azalmakta ve daha mukavemetli yapılar elde edilebilmektedir.



Şekil 3.1 : Balya presleme makinesi [29].

Buna ek olarak, briketleme yöntemi de, talaşlı imalat atıklarının tekrar kullanılabilmesi ve uygun yerlere naklinin sağlanabilmesi açısından ciddi bir önem arz etmektedir. Sıkıştırılmak istenen malzeme, bir vidalı besleyici yardımı ile pres sistemi beslenir ve daha sonra yüksek basınç altında, herhangi bir bağlayıcı malzeme kullanılmadan sıkıştırılarak, istenilen forma getirilir [30]. Bu sayede hurda malzemelerin taşınması kolaylaştırılmakta ve yapı içindeki boşluklar ortadan kaldırılmaktadır. Demir ve çelik endüstrisinde, hurda malzemeleri değerlendirmek için, briketleme yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır [31]. Şekil 3.2'de, briketlenmiş dökme demir örnekleri

görülmektedir. Bu malzemeler, eğer istenirse hurda olarak satılabilir, ya da döküm işleminde tekrar kullanılmak amacı ile üretime dahil edilebilir. Tekrar imalat işlemlerinde kullanılabilmesi için, briket numuneleri istenilen saflıkta ve yabancı maddelerden arındırılmış olmalıdır.

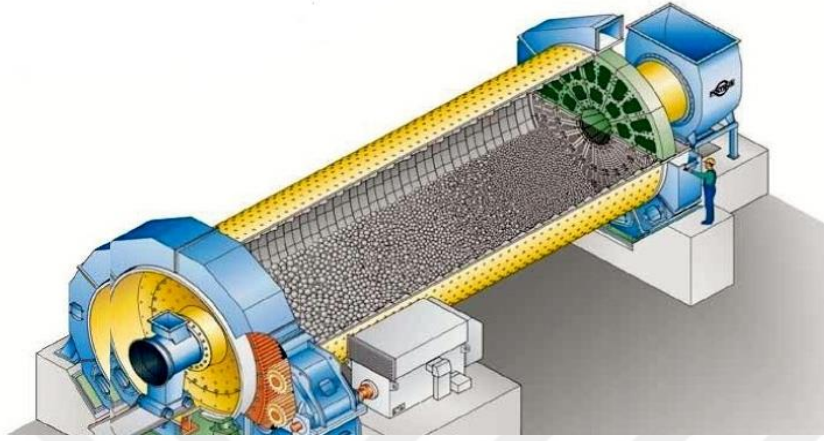


Şekil 3.2 : Briketlenmiş dökme demir örnekleri [32].

Aslan ve diğerlerine göre, bu tip hurda talaşlar için en yaygın geri dönüşüm metodu eritme ve yeniden dökümdür. Hurda talaşların oksitlenmesi sonucu termal ve elektrik iletkenlik özelliklerinin azalması, eritme için gereken enerji ve eritme sonucu ortaya çıkan zararlı gazlar, bu prosesleri olumsuz hale getirmektedir [33].

Bir diğer önerilen yöntem ise, bilyalı öğütme yöntemidir. Fullenwider'a göre, talaşlı imalat sonucu ortaya çıkan talaşlardan, bilyalı öğütme yöntemi ile talaş tozları elde edilerek, toz metalurjisi yöntemi ile yeniden istenilen malzemeler üretilebilir [34]. Şekil 3.3'te, bilyalı öğütme yöntemi yardımı ile üretilen bir toz numunesi örneği gösterilmiştir. Öğütme için gereken kuvvetler ve devir sayıları, toz üretilcek malzemenin tipine ve boyutlarına göre değişiklik göstermektedir. Bilyalı öğütmede performans, kapasite, ürün boyutu, enerji ve malzeme maliyetleri ile ölçülmektedir [35]. Yukarıda anlatılan yöntemlerden hangisinin uygulanacağı, işletme koşulları ve maliyet analizlerine göre belirlenebilir. Seçilecek yöntemin endüstriyel işlemlere uygulanabilirliğinin analizi yapılmalı, bu hususta müşterilerin de beklentileri dikkate alınarak uygun çalışmalar başlatılmalıdır. Ayrıca bu yöntemler ile uluslararası kalite

standartlarının nasıl sağlanabileceği konusu da, özellikle cevaplanması gereken bir konu olarak yer almaktadır.



Şekil 3.3 : Bilyalı öğütme makinesinin temel gösterimi [36].

Bu çalışmada, sadece araldit malzeme, SDD ve araldit karışımı, araldit ve dolgu kumu karışımı, SDD talaşlarının soğuk/ılık preslenmesi ve PDD talaşlarının soğuk/ılık preslenmesi incelenerek, kelebek vana gövdesi için bir alternatif malzeme elde edilmek istenmiştir.

3.2 Proses Atıklarından Malzeme Üretiminin Değerlendirilmesi

Vulkanize kelebek vana üretiminde, kelebek vana gövdesinin döküm kalıbı modelini yapmak amacı bir termoset malzeme kullanılmaktadır. Kelebek vana gövdesi için ise genel olarak SDD ve PDD malzemeleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada ele alınan DN65 PN16 lug tipi kelebek vanada gövde malzemesi olarak SDD kullanılmıştır ve döküm sonrası talaşlı imalat operasyonlarında ciddi bir hurda talaş üretimi söz konusudur. Dolgu kumu malzemesi ise hem kum kalıba döküm operasyonlarında hem de maliyet düşürmek amacı ile döküm kalıbı modelinde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, özellikle araldit ve dökme demir talaşları kullanılarak bir kompozit malzeme elde edilmeye çalışılmış, hem de atık malzemeler ayrı ayrı ele alınarak alternatif malzemeler üretilmeye çalışılmıştır. Çalışmada döküm ve presleme yöntemleri kullanılmıştır.

3.2.1 Numunelerin üretimi

Önceki bölümlerde de bahsedildiği üzere, çalışmalara ilk olarak araldit, dolgu kumu ve SDD talaşlarının kullanımı ile alternatif bir malzeme üretimi denemesi yapılarak başlanmıştır. Bunun için, araldit, dolgu kumu ve hurda talaşlar belirli oranlarda karıştırılarak kompozit malzeme üretimleri yapılmıştır. Üretilen numuneler içerisinde yer alan bu malzemelerin gram ve yüzde olarak kütle değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 : Numunelerin kütle ve yüzde olarak içerikleri.

MALZEMELER	NUMUNE 1	NUMUNE 1	NUMUNE 2	NUMUNE 2	NUMUNE 3	NUMUNE 3
	[gram]	% Kütle	[gram]	% Kütle	[gram]	% Kütle
Araldit	73,25	23%	55,53	21%	84	50%
Sertleştirici	73,25	23%	55,53	21%	84	50%
Dolgu Kumu	-	-	149,94	57%	-	-
Sfero Talaşı	166,5	53%	-	-	-	-
Toplam Kütle	313	100%	261	100%	168	100%

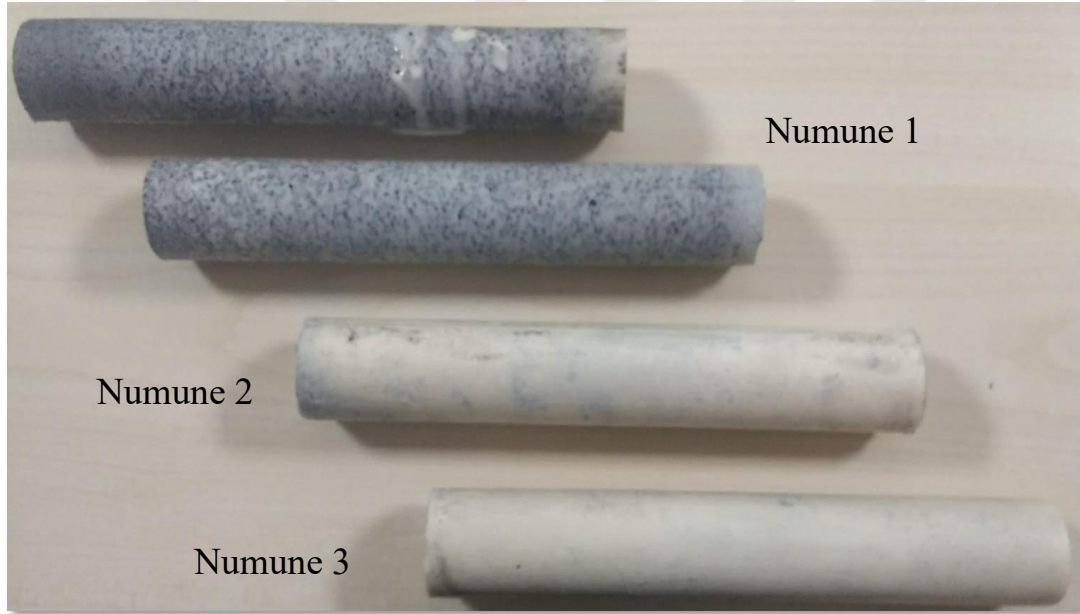
Burada ilk olarak üretilen numune, Çizelge 3.1’de numune 1 olarak gösterilen araldit ve SDD talaşlarının karışımı ile oluşturulan bir kompozit malzemedir. Burada araldit malzeme bağlayıcı olarak kullanılmış, SDD talaşları ise fiber görevi görmüştür. Araldit malzemenin kürlenebilmesi ve dayanımının artırılabilmesi için, “SG200” isimli ticari bir sertleştirici malzeme kullanılmıştır. Tedarik edilen araldit malzemenin basma dayanımı yaklaşık olarak 45 MPa değerindedir. Üretim aşamasında ilk olarak, talaşlı imalat operasyonları sonucu ıslak ve kısmen düzgün formda olmayan SDD talaşları, içerisindeki nemi giderebilmek ve daha iyi bir form verebilmek adına, alev ile 250°C sıcaklığına ısıtılmıştır. Daha sonrasında ise, araldit ve sertleştirici karışımının içerisinde, herhangi bir ergitme işlemi uygulanmadan karıştırılmıştır. Oluşan karışım, döküm kalıbına dökülerek yaklaşık 45 dakika kürlenmeye bırakılmıştır. Karışımında yaklaşık 73,25 gram araldit – sertleştirici ile 166,5 gram SDD talaşı kullanılmıştır. Üretilen numunenin toplam kütlesi yaklaşık olarak 313 gramdır. Toplam 2 adet numune üretilmiştir.

Üretilen ikinci numune ise, araldit ve dolgu kumu karışımından oluşan bir malzemedir. Burada araldit malzeme bağlayıcı olarak kullanılmış ve yapıya dolgu kumu ilave edilmiştir. Kelebek vana üretim aşamalarında, maliyeti de düşürebilmek adına, kum kalıba döküm işlemlerinde ve kalıp modellerinin oluşturulmasında dolgu kumu sıklıkla kullanılmaktadır. Bu işlemde de, numune 1 üretimine benzer olarak, araldit ve

sertleştirici malzeme karışımına, dolgu kumu ilave edilerek, karışım döküm kalıbına dökülmüş ve yaklaşık olarak 45 dakika kürlenmeye bırakılmıştır. Burada yaklaşık olarak 55,53 gram araldit-sertleştirici ve 150 gram dolgu kumu kullanılmıştır. Üretilen malzemenin kütlesi yaklaşık olarak 261 gramdır.

Bu aşamada son olarak, sadece araldit malzeme ve sertleştirici kullanılarak bir numune üretimi gerçekleştirilmiştir. Her iki malzemeden de 84 gram kullanılmıştır ve oluşan karışım döküm kalıbına dökülmüştür. Kürlenme süresi yaklaşık olarak 45 dakikadır.

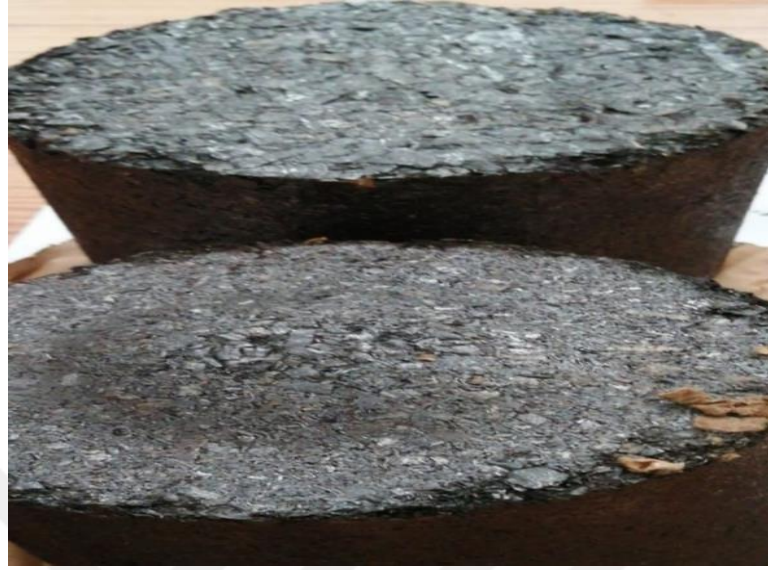
Üretilen 3 adet numune de, yaklaşık olarak 30 mm çap ve 200 mm boy değerine sahip silindirik numunelerdir. Daha sonrasında deney aşamaları için, bu malzemeler basma testine uygun olacak şekilde talaşlı imalat operasyonları ile işlenmiştir. Numunelerin görselleri Şekil 3.4'te görülebilmektedir.



Şekil 3.4 : Döküm yöntemi ile üretilen numuneler.

Döküm yöntemi ve karıştırma işlemleri ile elde edilen numunelerden sonra, eritme ve karıştırma işlemlerinden kaynaklı oluşan maliyetleri düşürebilmek amacı ile, hali hazırda var olan SDD talaşlarına herhangi bir ısıtma işlemi uygulamadan, sadece sıkıştırılarak malzeme üretilebilirliği incelenmiştir. Bu hususta, mevcut bir briketleme makinası ve kalıbı ile bir numune üretimi gerçekleştirilmiştir. İşlemden önce SDD talaşı kullanılmış, yaklaşık 120 mm çapında ve 120 mm yüksekliğinde silindirik bir kalıba 250 tonluk bir pres kuvveti ile talaşlar basılmıştır. Operasyonlar sırasında talaşlara ve

sisteme herhangi bir ısı girdisi uygulanmamış, işlemler tamamen soğuk şekillendirme ile gerçekleştirilmiştir. Ortaya çıkan numunenin görseli Şekil 3.5'te yer almaktadır.



Şekil 3.5 : SDD talaşlarından üretilmiş briket numuneleri.

120 mm çapa ve 120 mm yüksekliğe sahip silindirik numuneler, içerisinde büyük oranda gözenekli ve düzensiz bir yapı barındırmaktadır. Numunenin hesaplanan yaklaşık yoğunluğu 5 g/cm^3 civarındadır. Düzensiz ve poroziteli iç yapı ile, malzemenin işlenirken dağılma eğilimi sebebiyle, numuneye basma testi uygulanmasına karar verilmiş ve buna yönelik tornalama operasyonları gerçekleştirilmek istenmiştir. 400 devir/dk ilerleme hızı ile, her adımda 1 mm talaş kaldırılacak şekilde gerçekleştirilmiştir. İşlem sonucunda, briket numunesinin homojen olmayan yapısından kaynaklı olarak, tornalama operasyonları sırasında parça yüzeyinden kopmalar gerçekleşmiş, bundan kaynaklı olarak da parçada çap ve boy azaltma işlemleri uygulanamamıştır. Buna ait bir görsel Şekil 3.6'da görülebilmektedir. Bu sebeple, hali hazırda parçanın sürekli olmayan yapısından, talaşların boy-şekil yapısının birbirlerinden farklı olmasından ve işlenebilirliğin çok düşük olmasından dolayı, basma testi uygulanacak numuneler elde edilememiştir. Daha farklı pres kuvvetleri ve tipleri altında elde edilebilecek çeşitli numuneler bu sorunu ortadan kaldırabilir. Buna ek olarak, talaşların birbirine bağlanabilirliğinin artırılması amacı ile, epoksi benzeri yapıştırıcı malzemelerin kullanılması da gündeme getirilebilir, fakat konsept olarak elde edilmek istenen, proses atıklarından ortaya çıkan malzemelerin direkt kullanılmasını kapsadığından, bu kapsam devre dışı bırakılmıştır.

Bu konuda yapılacak ileriki çalışmalarda ele alınacak konulardan biri olarak düşünülmüştür.



şekil 3.6 : Briket numunesinin talaşlı işlenmesi.

Son alternatif olarak, talaşların soğuk olarak sıkıştırılmasından kaynaklı ortaya çıkan bağlanma ve homojenite problemleri sebebi ile, işlemin ılık bir şekilde farklı pres kuvvetlerinde gerçekleştirilmesinin de etkileri incelenmek istenmiştir. Bu işlemlerde de SDD ve PDD talaşları kullanılmıştır.

Dökme demir talaşlarını, yüksek sıcaklıklara ısıtarak tekrar kullanmak, özellikle nispeten daha ince yapılı talaşların kolay korozyona uğramasını sağlayabilir [37]. Bu sebepten, sıcaklıkları fazla yükseltmeden, SDD ve PDD talaşları hem oda sıcaklığında hem de 260°C’de farklı pres kuvvetleri ile sıkıştırılarak, 60mmx60mmx60mm boyutlarında kübik yapıda numuneler elde edilmiştir. Presleme sıcaklığı artırılarak, talaşların birbirine daha iyi bağlanması ve böylece daha homojen bir yapı elde edilmesi hedeflenmiştir. İşlemler 100 ton, 300 ton ve 500 ton pres kuvvetleri altında gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.2’de, kullanılan talaş tipleri ve operasyon parametreleri belirtilmiştir. Bu talaş tipleri, firma tarafından üretilen standart kelebek vana ürünlerinden ortaya çıkan talaşlar olup, ilk durumda kesme sıvılarına maruz kalmaktadır. Daha sonrasında ise su ile yıkanarak bu sıvılardan arındırılmıştır. Burada ortaya çıkan en önemli konu ise, talaşların homojen bir şekilde sıkıştırılmasını

sağlayarak mümkün olduğu kadar üniform bir yapı elde etmektir. Çalışmanın devamında, bu durumun mümkün olup olmadığı ve elde edilen yapıların dayanım değerlerinin, istenilen özellikleri ne kadar karşıladığı ve vananın herhangi bir noktasında kullanılıp kullanılamayacağı araştırılacaktır.

Çizelge 3.2 : Presleme ile üretilen numuneler ve operasyon parametreleri.

Talaş Tipi	Pres Kuvveti	İşlem Sıcaklığı(°C)
PDD	100 Ton	25°C
PDD	300 Ton	25°C
PDD	500 Ton	25°C
PDD	300 Ton	260°C
SDD	100 Ton	25°C
SDD	300 Ton	25°C
SDD	500 Ton	25°C
SDD	300 Ton	260°C

İlk olarak, PDD talaşları, 100 ton pres kuvveti ve 25°C altında, kare bir kalıp yardımıyla sıkıştırılmış ve kübik bir numune elde edilmiştir. Elde edilen numune, pres kuvvetinin ve işlem sıcaklığının düşük kalması, ayrıca farklı boyuttaki talaşlar sebebi ile süreksizlikler tespit edilmiştir. Bu işleme ait görsel, Şekil 3.7’de görülmektedir.



Şekil 3.7 : 100 ton ve 25°C’de preslenmiş PDD talaşları.

Devamında ise, PDD talaşları, 25°C sıcaklığında 300 ton ve 500 ton pres kuvvetleri ile sıkıştırılarak, numunenin yapısı gözlemlenmek istenmiştir. Burada, pres kuvveti

artırılarak, talaşların daha fazla sıkıştırılması ve boyut farklarından kaynaklı homojen olmayan iç yapının ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’da, sırasıyla 300 ton ve 500 ton kuvvet altında preslenmiş numunelerin görselleri yer almaktadır.



Şekil 3.8 : 300 ton ve 25°C’de preslenmiş PDD talaşları.

Sıcaklık sabit tutulduğunda, presleme kuvvetinin artışı ile, talaşların daha iyi sıkıştırıldığı ve boyutsal olarak büyük talaşların ufalandığı gözlemlenmiştir. Buna istinaden, bu gözlemi pekiştirebilmek adına, PDD talaşlarının 500 ton kuvvet altındaki davranışları da incelenmiştir.



Şekil 3.9 : 500 ton ve 25°C’de preslenmiş PDD talaşları.

PDD talaşlarının 500 ton altında preslenmesi işlemi, sıcaklık sabit tutulduğunda, 100 ton ve 300 tonluk operasyonlara göre daha iyi sonuç vermiş ve talaşlar yapı içerisinde daha homojen dağılmıştır. Yukarıda, PDD talaşlarına uygulanan bütün presleme işlemlerinde, sıcaklık değeri sabit tutulmuş ve pres kuvvetleri değiştirilmiştir. Son aşamada ise, 300 ton pres kuvveti 260°C’de uygulanarak, aynı kuvvetin 25°C’de uygulandığı duruma göre ortaya çıkan farklar incelenmek istenmiştir. Şekil 3.10’da bu numunenin görseli yer almaktadır.



Şekil 3.10: 300 ton ve 260°C’de preslenmiş PDD talaşları.

Pres kuvveti sabit tutulup, sıcaklık artırıldığında, talaşların yapıya daha üniform olarak yayıldığı görülmüştür. Ayrıca numunelerin ilk incelenmesinde, 300 ton ve 260°C’de preslenmiş olan PDD talaş numunesinin, diğer numunelere nazaran daha sert ve tok bir yapıda olduğu yorumu yapılabilmektedir.

Yukarıda anlatılan, PDD talaşları için uygulanan bütün aşamalar, SDD talaşları için de tekrar edilmiş, pres kuvveti ve sıcaklığın, talaşların dağılımı ve dayanımına etkisi burada da incelenmek istenmiştir. SDD malzemeler, küresel yapıda grafitlere sahip olduğundan, daha yüksek tokluk ve süneklik gösterebilmektedir [38]. Bu sebepten, SDD talaşlarından üretilen numunelerde daha az çatlama ve kırılma beklenmektedir. İlk olarak, 100 ton ve 25°C’de denemeler yapılmış ve elde edilen numune Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Şekil incelendiğinde, özellikle talaşların düşük pres kuvvetleri

sebebi ile tam anlamıyla birbiriyle iç içe geçmediği, bu sebepten üniform bir yapının elde edilemediği görülmüştür.



Şekil 3.11 : 100 ton ve 25°C’de preslenmiş SDD talaşları.

Şekil 3.11’de görüldüğü üzere, pres kuvveti ve operasyon sıcaklığı, talaşların homojen dağılması için tam anlamıyla yeterli olmamış, ayrıca daha büyük boyuttaki talaşların ufalanmasını sağlayamamıştır. Bundan kaynaklı olarak, sırası ile 300 ton ve 500 ton pres kuvvetleri, SDD talaşları için de uygulanmış, elde edilen numunelerin resimleri sırası ile Şekil 3.12 ve Şekil 3.13’te sunulmuştur.



Şekil 3.12 : 300 ton ve 25°C’de preslenmiş SDD talaşları.

300 ton yük uygulanan SDD talaşlarının, 100 ton kuvvet altında preslenmiş SDD talaşlarına göre daha homojen bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Ayrıca numune yapısı daha tok ve serttir.



Şekil 3.13 : 500 ton ve 25°C’de preslenmiş SDD talaşları.

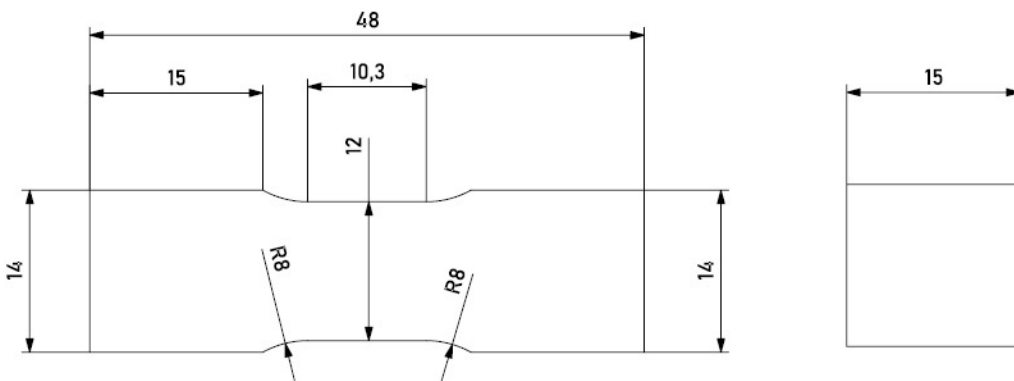
SDD talaşları ile yapılan işlemlerde de aynı PDD talaşlarında olduğu gibi, sıcaklık sabit tutulduğunda ve pres kuvveti artırıldığında, numunenin daha homojen ve bütünsel bir yapı gösterdiği görülmektedir. Ayrıca artan kuvvetten kaynaklı olarak, talaşların daha kuvvetli bir şekilde birbirine yapışması sağlanmış, böylece 100 ton ve 300 ton kuvvet uygulanan numunelere göre daha sıkı bir yapı elde edilmiştir. Yapılan bu işlemlerde, sıcaklık 25°C olarak sabit tutulmuş, sadece pres kuvvetlerinde bir artış yapılmıştır. Sıcaklığın numuneler üzerindeki etkisini incelemek amacı ile, SDD talaşları 300 ton kuvvet ve 260°C altında preslenerek, 300 ton ve 25°C’de üretilmiş numuneden farkları incelenmek istenmiştir. 260°C’de preslenmiş SDD talaşlarının görseli Şekil 3.14’te görülebilmektedir. Burada ise, hem pres kuvvetleri hem de sıcaklık artırılarak, talaşların birbirine daha iyi bağlanması sağlanmak istenmiş ve Şekil 3.14’te yapılan incelemelerde bu denemenin başarılı olduğu görülmüştür. Sıcaklık düzenli olarak artırıldığında daha iyi sonuç elde edilebilecektir, fakat bu durum enerji maliyetleri ve karbon ayak izi sebebi ile çalışmanın özüne aykırı bir durum oluşturabilecektir. İleride incelenmesi gereken bir çalışma olarak, daha yüksek

sıcaklık ve kuvvet koşullarında talaşların birbirine nasıl bağlandığı incelenecek ve alternatif malzeme geliştirme olanakları araştırılacaktır.



Şekil 3.14 : 300 ton ve 260°C’de preslenmiş SDD talaşları.

PDD ve SDD talaşları ile yapılan presleme denemelerinde, numunelere herhangi bir test uygulamadan elde edilmiş ilk gözlemler sonucunda, 300 ton kuvvet ve 260°C’de preslenmiş PDD ve SDD talaşlarının, diğer numunelere istinaden daha tok ve sert bir yapısının olduğu sonucuna varılmıştır. Daha sonrasında ise, üretilmiş bu numunelere, çekme testi uygulayabilmek amacı ile talaşlı işleme yapılması ön görülmüştür. Üretilen malzemelere de uygun olacak şekilde, belirlenen çekme numunesi boyutları Şekil 3.15’te gösterilmiştir.



Şekil 3.15 : Preslenmiş talaşlar için çekme testi numunesi.

Bunun için, presleme işlemleri sonucunda üretilmiş numuneler, talaşlı işleme ile çekme numunesi boyutlarına getirilmek istenmiştir. Bu sebeple, en yüksek tokluk değeri ve homojeniteye sahip olduğu düşünülen, 300 ton ve 260°C’de preslenmiş numuneler, tornalama operasyonu için aynaya bağlanmıştır. Parçaları sabit tutabilmek için, punta ile küçük bir baskı uygulanmasına rağmen, punta başı parça içerisine girmeye devam etmiştir. Numune, farklı noktalarından punta ile tutturulduğunda ise, aynı sorun yine devam etmiştir. Parça içerisinde yer alan boşluklar ve düzensizliklerin, buna sebebiyet verdiği düşünülmektedir. PDD ve SDD numunelerine ait görseller, sırası ile Şekil 3.16 ve Şekil 3.17’de görülebilmektedir.



Şekil 3.16 : 300 ton 260°C’de preslenmiş PDD talaşlarının işlenmesi.

Numunelerin mekanik özellikleri, homojen olmayan yapılarından kaynaklı olarak, kuvvetin uygulandığı noktaya göre ciddi değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple, elde edilen numunelere, herhangi bir talaşlı işleme operasyonu uygulamadan, el testeresi ile kesme yapılması düşünülmüş, böylece lazer kesim operasyonu ile çekme numunesi elde edilebileceği ön görülmüştür. Shin ve arkadaşlarına göre, 100 mm kalınlığa kadar etkin bir şekilde lazer kesim yapmak mümkündür [39]. Buna rağmen, SDD ve PDD talaşlarından elde edilen numuneler için piyasadan alınan bilgilere göre, maksimum 25 mm’ye kadar kesim yapılabilir. Ayrıca lazer kesim prosesinin nispeten maliyetli olması ve hali hazırdaki fabrika koşullarına uygun olmaması sebebi ile bu opsiyon devre dışı bırakılmıştır. Alternatif olarak, bu tarz numunelerin talaşlı

işlenebilirliğinin nasıl artırılacağına yönelik çalışmalar ileride yapılmalı ve elde edilen sonuçlar irdelenmelidir.



Şekil 3.17 : 300 ton 260°C’de preslenmiş SDD talaşlarının işlenmesi.

Presleme operasyonu ile üretilmiş diğer tüm numuneler için yapılan talaşlı işleme operasyonlarında, numunelerden parçalar halinde talaş kopmaları gözlemlenmiş, birbirine iyi kenetlenmiş talaşların olduğu kısımlarda ise bir miktar kesme yapılabilmiştir. Bu sebeple, kesme yapılırken operatörün parça hassasiyetini algılayabilmesi ve lazer kesim için uygun olabilecek bir kalınlıkta kesim yapabilmesi amacı ile, 0,62 mm kalınlığında bir bıçaklı demir testere kullanılarak kesme operasyonları gerçekleştirilmek istenmiştir.

Yüzeyi ve yapısı daha mukavemetli olarak gözüken, 300 ton 260°C’de preslenmiş SDD talaşlarından üretilen numune, testere ile kesilmeye çalışıldığında, yaklaşık 10 mm’lik bir kesim işleminden sonra, mengene ile tutturulan yerden parça ikiye ayrılmış, bazı talaş parçalarının parlak yüzeyli olup testere ile kesilebildiği, bazılarının ise kopma şeklinde parçadan ayrıldığı gözlemlenmiştir. Kesilen parçanın kesiti Şekil 3.18’de görülebilmektedir. Buna ek olarak, tel erozyon ile çekme numunesi elde edilmek istendiğinde ise, 6-8 bar su basıncı altında, parçanın yaklaşık 35 saniye sonra koptuğu gözlemlenmiştir. Bu sebepten, bu numunelerin eldeki mevcut geleneksel imalat yöntemleri ile işlenemeyeceği belirlenmiş, bu sebeple en temel yöntemlerden

olan testere ile kesme metodu uygulanarak üniform kesim yapılıp yapılamayacağı anlaşılmak istenmiştir.



Şekil 3.18: SDD talaşlarının testere ile kesilmesi.

Şekil 3.18’de , kırmızı ile gösterilen bölgede koyu renkli olarak görülen talaşlar, yüzeyden koparak ayrılmıştır. Bu sebepten, düzgün bir kesme işlemi yapılamamış ve lazer kesim ile işlenebilecek oranda bir yüzey formu elde edilememiştir. Mengenede sıkıştırılan ve iki parçaya ayrılan numunenin genel görünüşü Şekil 3.19’da yer almaktadır.



Şekil 3.19: Mengenede parçalanmış SDD talaş numunesi.

Yukarıda bahsedilen tüm çalışmaların sonucu olarak, sadece döküm yöntemi ile elde edilen örneklerden basma testi standartına uygun boyutlarda silindirik numuneler elde edilebilmiştir. Soğuk ve sıcak presleme ile elde edilen numuneler, önceki bölümlerde açıklanan sebeplerden kaynaklı olarak, silindirik numue haline getirilemediğinden, üretildiği kübik şekli ile basma testine tabi tutulmuştur. Talaş boyutları, pres kuvvetleri

ve sıcaklık değerlerinin daha optimum hale getirilmesi ile, daha üniform yapıların elde edilmesi mümkün olabilir. Buna rağmen, özellikle sıcaklık değerlerinin fazla artırılması durumunda, talaşlarda korozyon meydana gelebilir ve bu durum alternatif malzeme denemelerine olumsuz etkide bulunabilir. Bu sebepten, uygun sıcaklık değerlerinin belirlenmesi için denemeler yapılmalıdır.



4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere, deneysel çalışma için uygun olabilecek numuneler, döküm yöntemi ve presleme ile üretilen numunelerden oluşmaktadır. Briketlenmiş numunelerin, homojen olmayan yapısı, presleme kuvvetleri ve sıcaklıklara bağlı olarak talaşların bazı noktalarda tam olarak birbirine yapışmaması ve talaşlı işlemeye uygun olmamaları gibi sebeplerden kaynaklı olarak, mekanik özelliklerini belirlemek için deneysel olarak test edilmeleri mümkün olmamıştır. Döküm yöntemi ile elde edilen numunelere, içerdikleri boşluklu ve homojen olmayan yapılarından kaynaklı olarak, basma testi uygulanmasına karar verilmiştir. Kelebek vananın çalışma prensibi de düşünüldüğünde, özellikle gövde, klape ve baskı pulu elemanları genellikle basmaya karşı çalışan elemanlardır. Bu sebepten, bu numuneler için yapılacak testlerin, çalışma koşullarına da uygun olacağı ön görülmüştür. Deneylerde, standart olarak literatürde rijit plastiklerin basma özelliklerinin belirlenmesine dair standart olarak geçen ASTM DD695-15 standardı kullanılmıştır. Buna göre, numunelerin çap/boy oranı 0,5 değerini geçmemelidir. Basma hızı ise 1 mm/dakika olarak alınabilir. Standartın dışına çıkmak istenmediğinden, deney yapılan döküm numunelerde çap/boy oranı 0,5 değerini geçmeyecek şekilde belirlenmiştir. Böylece başlangıçta 200 mm boyunda gelen numuneler üç parçaya bölünmüş, bir tanesi basma testleri için kullanılmış, kalan iki tanesi ise ileride yapılabilecek olan sertlik testi ve diğer çalışmalar için saklanmıştır. Üretilen numunelere ait bilgilerin yer aldığı tablo ve görsel sırası ile Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de görülebilmektedir.

Çizelge 4.1 : Döküm yöntemi ile üretilen numunelere ait bilgiler.

Numune Adı	Çap(mm)	Boy(mm)	İçerik
A1	29	46	SDD-Araldit
A2	29	57	SDD-Araldit
A3	29	57	SDD-Araldit
B1	28	47	Araldit-Kum
B2	28	55	Araldit-Kum
B3	28	56	Araldit-Kum
C1	28	56	Araldit
C2	28	48	Araldit
C3	28	55	Araldit
D1	28	57	SDD-Araldit
D2	28	48	SDD-Araldit
D3	28	46	SDD-Araldit

Çizelge 4.1’de verilen numunelerin yüzde ve kütle olarak içerikleri, daha öncesinde Çizelge 3.1’de verilmiştir. Burada incelenen numunelerde A1-A2-A3 olarak gösterilenler ile, D1-D2-D3 olarak belirtilenler içerik olarak aynı oranda SDD ve araldit malzeme içermektedir. Aralarındaki tek fark, D1-D2 ve D3 numunelerindeki talaşlar, aralditin kûrlenme sürecinin çok başında kalıba döküldüğünden, zaman içerisinde kalıbın dibine doğru çökmüştür, bu sebepten homojen bir karışım elde edilememiştir. A1-A2-A3 ile gösterilen numuneler ise, daha homojen bir dağılıma sahiptir.

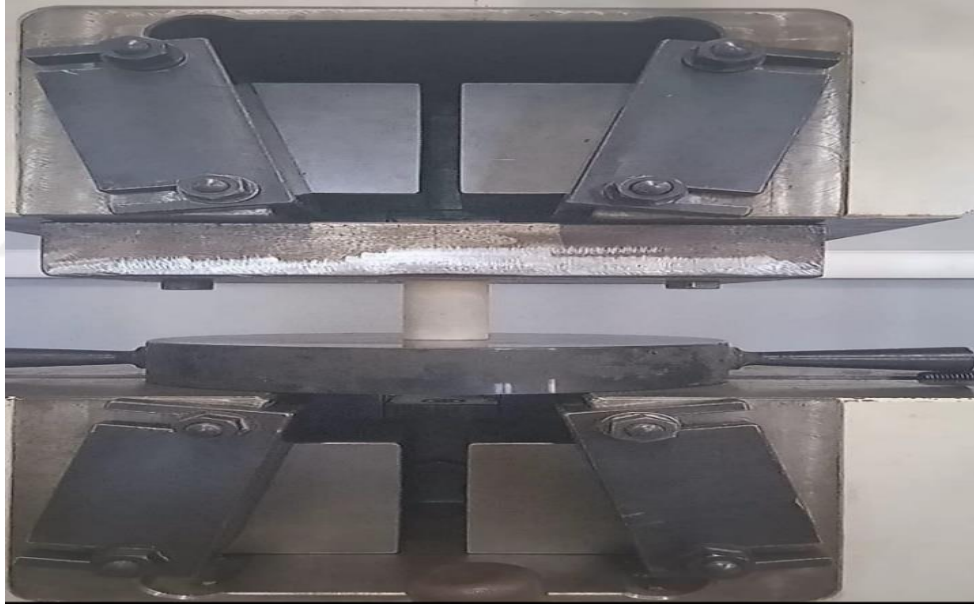


Şekil 4.1 : Döküm ile üretilen numunelere ait görseller.

Buna istinaden, Şekil 4.1’de, A1-B1-C1 ile gösterilen numunelere, ASTM DD695-15 standardına göre basma testi uygulanmıştır. Deneysel çalışmalardan, bu numunelere ait basma dayanımı ve tokluk değeri gibi mekanik özelliklerin elde edilmesi beklenmektedir. Daha sonrasında ise, elde edilen değerlere göre, kelebek vananın herhangi bir bölgesinde kullanılıp kullanılamayacağı irdelenecektir. Presleme ile elde edilen numuneler ise, 60x60x60 mm boyutlarında olup, numuneler ile ilgili görseller bölüm 3’te verilmiştir.

4.1 Basma Testi

Önceki bölümlerde bahsedildiği gibi, Çizelge 4.1’de detayları verilen A1, B1 ve C1 numunelerine basma testi uygulanmıştır. Test standardı olarak, rijit plastiklerin basma özelliklerinin belirlendiği ASTM D695-15 kullanılmıştır. Bu standarda göre, test edilecek numunenin boy/çap oranı 2’yi aşmamalı ve numune basma hızı olarak da 1 ile 1.6 mm/dk aralığında bir değer seçilmelidir. Test cihazına bağlı olarak, deneylerde bu değer 1mm/dk olarak alınmıştır. Bu deneylerdeki amaç, malzeme örneklerinin akma dayanımı, elastiklik modülü gibi kritik değerlerini tespit ederek, kelebek vananın herhangi bir noktasında kullanılabilir olup olmadığının anlaşılmasıdır. Numunelerin gerilme-birim uzama grafikleri birlikte verilecektir. Öncelikli olarak, C1 numunesi basma testine alınmıştır, deformasyona uğramadan önceki hali Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 : C1 numunesinin ilk hali.

C1 numunesi, kompozit olmadığından ve sadece araldit malzeme içerdiğinden, malzeme hasara uğrarken, süreksizlik barındırmaması nedeni ile herhangi bir malzeme kopması ya da boşluk oluşumu görülmemiştir. Numune üniform olarak basma hasarına uğramıştır. İlgili görsel, Şekil 4.3’te görülebilmektedir. Özellikle numunenin dış çeperlerinde ortaya çıkan deformasyon, klasik basma testlerinde ortaya çıkan duruma benzer şekilde olmuş, herhangi bir noktada çentik etkisi sebebi ile bir çatlak ilerlemesi gözlemlenmemiştir. Bu durumun temel sebebi ise, numunenin tek tip malzemeden oluşması ve bu sebepten diğer numunelerde ortaya çıkan kusurları

barındırmamasından kaynaklanmaktadır. Diğer numunelerden temel fark bu şekildedir. Gerekli detaylar çalışmanın devamında mevcuttur.



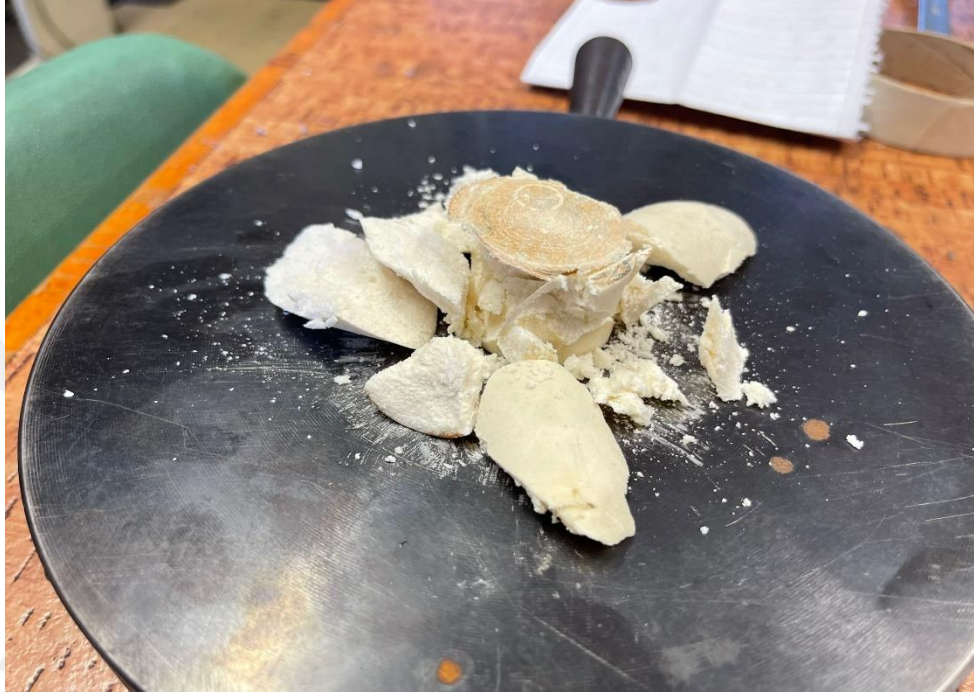
Şekil 4.3 : C1 numunesinin basma hasarına uğraması.

Daha sonrasında ise, B1 numunesinin basma testi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere, B1 numunesi araldit ve dolgu kumu karışımından oluşan kompozit bir malzemedir. Döküm işlemi esnasında, araldit eriyik durumda kürlenirken, dolgu kumu döküm kalıbına dökülmüş ve özellikle kalıbın kenar noktalarına dolgu kumu yapışmıştır. B1 numunesinin deney öncesindeki hali Şekil 4.4’te gösterilmiştir.



Şekil 4.4 : B1 numunesinin ilk hali.

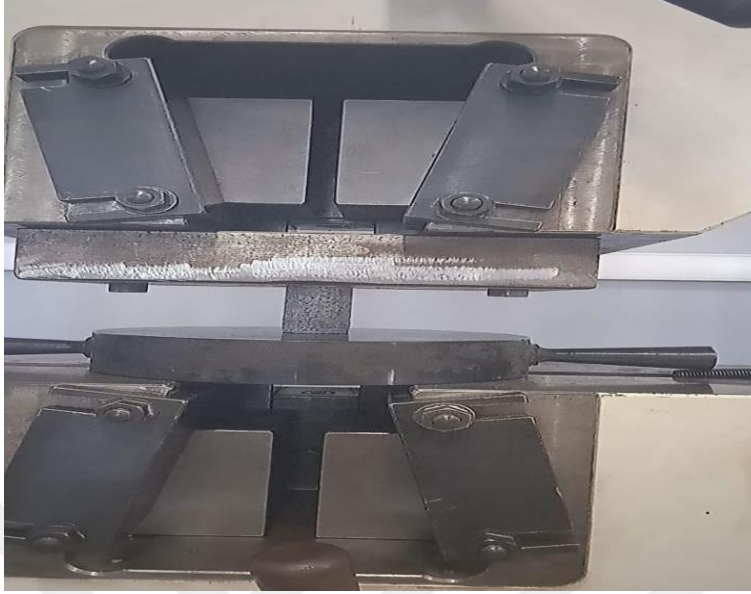
Basma testi sonrasında ise, özellikle numunenin dış yüzeyinden parça kopmaları gerçekleşmiş ve malzeme hasara uğramıştır. Basma hasarı, dolgu kumu yoğunluğunun araldit malzeme yoğunluğundan fazla olduğu yerlerde kopma olarak gerçekleşmiş, parçanın içerdiği süreksizliklerden ötürü dış yüzeyde çatlak ilerlemesi görülmüştür. Bu duruma ait görsel, Şekil 4.5'te görülmektedir.



Şekil 4.5 : B1 numunesinin basma hasarına uğraması.

Son olarak, A1 numunesine basma testi uygulanmıştır. Bu numune, araldit malzemenin matris, SDD talaşlarının ise fiber olarak davrandığı bir kompozit yapıdır. Döküm ile üretilen araldit numunesine, eriyik halde iken SDD talaşları ilave edilmiş ve parça bu şekilde oluşturulmuştur. SDD talaşlarının büyük bir kısmının, yoğunluğundan ötürü kalıbın alt kısımlarına doğru düştüğü, küçük bir parçasının ise kalıbın yan duvarlarına ve malzemenin ortasına yapıştığı görülmüştür. Kalıbın alt kısmında yer alan SDD talaşları ise kalıptan ayrılmıştır. Numunenin ilk hali Şekil 4.6'da görülmektedir. Basma işlemi gerçekleştirilmeden önce, parça üzerinde düzensizlik ve porozite içeren noktalar gözlemlenmiş ve bu noktalardan parçanın hasara uğrayabileceği tahmininde bulunulmuştur. Buna istinaden gerçekleştirilen deneye süreci sayfanın devamında görülebilmektedir. A1 numunesi basma çeneleri altında 1 mm/dk basma hızı ile basılmıştır ve ortaya çıkan numunenin hasar profili ise temel olarak süreksizliklerden kaynaklanan çatlak ilerlemesidir. Daha homojen bir

malzeme dağılımı sağlamak amacı ile alternatif çalışmalar yapılmalı ve sonuçları irdelenerek değerler belirlenmelidir.



Şekil 4.6 : A1 numunesinin ilk hali.

Basma testinin ilerleyen sürelerinde, özellikle malzemenin dış yüzeyinde 45 derecelik çatlak ilerlemeleri görülmüş ve devamında numune bu noktalardan parça kopması sureti ile hasara uğramıştır. Hasara dair görsel Şekil 4.7’de görülebilmektedir.

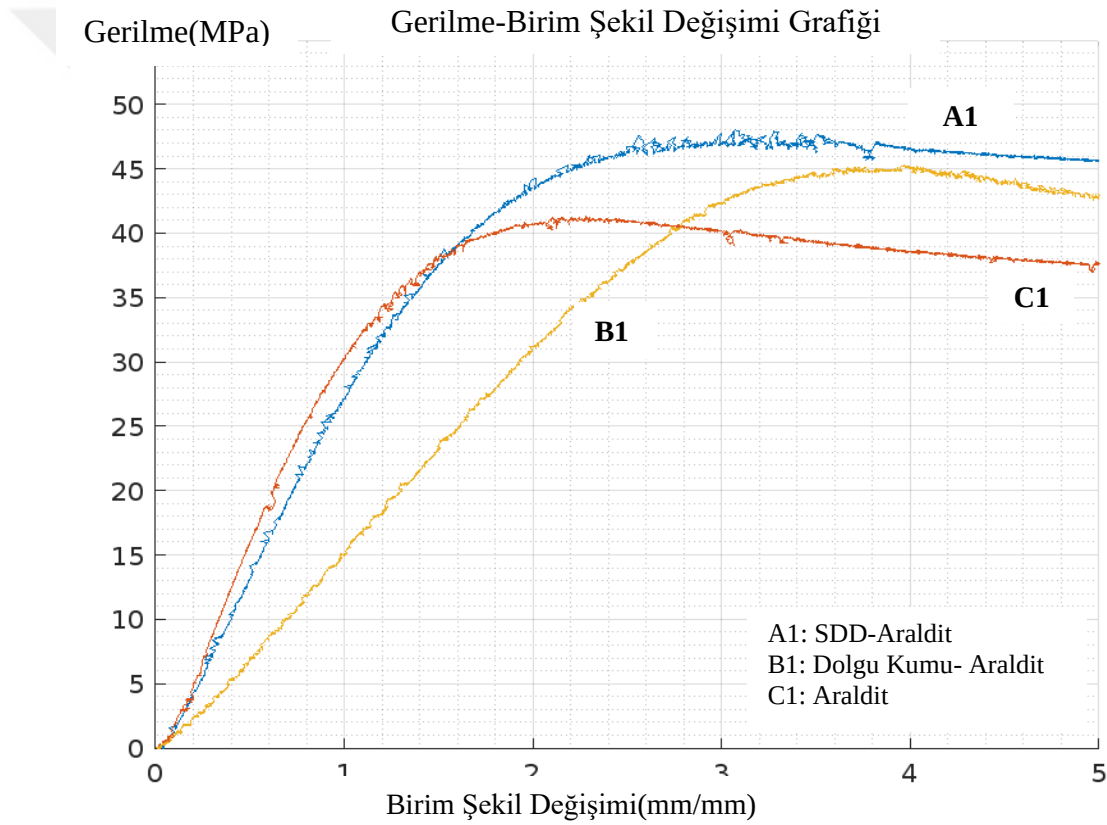


Şekil 4.7 : A1 numunesinin basma hasarına uğraması.

Sonraki bölümde, numunelerin gerilme-birim şekil değişimi eğrileri ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması yer almaktadır. Deney sonuçlarına istinaden, bu malzemelerin herhangi bir şekilde vana elemanı olarak kullanılıp kullanılmayacağı anlaşılabacaktır.

4.2 Numunelerin Mekanik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Daha önce Bölüm 4.1’de ifade edildiği gibi, A1, B1 ve C1 numunelerinin basma testleri gerçekleştirilmiş ve deneyler sonucun bu malzemelerin gerilme-birim şekil değişimi grafikleri elde edilmiştir. Elde edilen grafikler Şekil 4.8’de görülebilmektedir.



Şekil 4.8 : Döküm numunelerin gerilme-birim şekil değişimi grafiği.

Şekil 4.8’den görüldüğü üzere, SDD talaşları ve araldit malzeme karışımlarından oluşan numune, en yüksek basma dayanımına ve tokluğa sahiptir. İkinci olarak ise sadece araldit malzemeden oluşan numunenin dayanım ve tokluk değerleri gelmektedir. Bu çalışmada elde edilen en düşük mekanik özellikleri ise araldit ve dolgu kumu karışımı göstermektedir. İfade edilen bu özelliklerin sayısal değerleri Çizelge 4.2’de görülebilmektedir.

Bu veriler dikkate alındığında, ileride yapılacak çalışmalar için, SDD talaşlarının kullanıldığı kompozit yapılara daha fazla ağırlık verilmesi gerektiği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2 : Döküm numunelerin mekanik özellikleri.

Numune	Basma Dayanımı [MPa]	Tokluk [J/m³]
A1	48	17,2
B1	40	13,8
C1	45	18,3

Özellikle elde edilen SDD talaşı ve araldit malzeme karışımı ile oluşturulan kompozit malzeme, düşük dayanım ve rijitliği yanında, kabul edilebilir bir tokluk ve sızdırmazlık özelliğine sahiptir. Bu malzemenin , kelebek vana gövdesine kullanılan SDD ile özelliklerinin karşılaştırıldığı tablo, Çizelge 4.3'te yer almaktadır.

Çizelge 4.3 : SDD ve SDD-araldit kompozit karşılaştırması [16].

Özellikler	SDD	SDD-Araldit Kompozit
Yoğunluk	7300 kg/m ³	2400 kg/m ³
Young Modülü	169 GPa	2,2 GPa
Basma Dayanımı	250 MPa	48 MPa

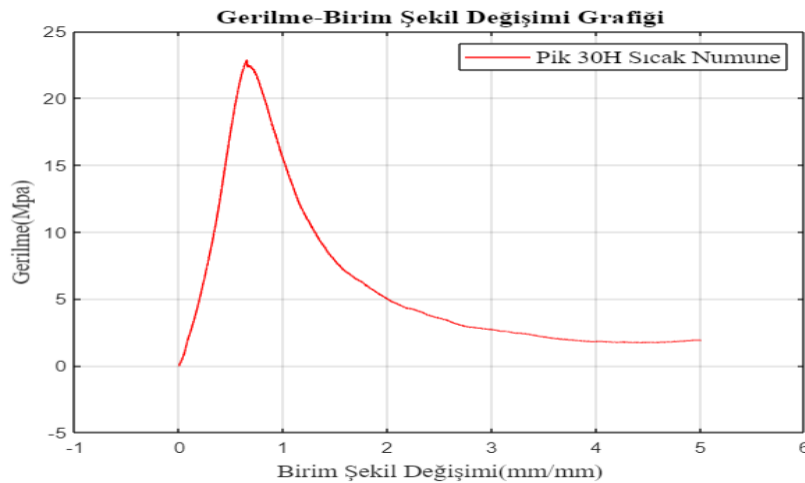
Çizelge 4.3 incelendiğinde, elde edilen kompozit malzemenin, gövde malzemesi olarak kullanımının mümkün olmadığı görülmektedir. Bu duruma, hem kompozit malzemenin dayanımının düşük olması, hem de elde edilen yapının süreksizlikler içermesi neden olmaktadır. Bu numunenin kullanılabilmesi, ancak kelebek vana üzerinde yüke maruz kalmayan noktalarda mümkün olabilmektedir. Bu hususta, özellikle lazer işleme ile elde edilen ve nispeten fazla maliyete sahip olan baskı pulu akla gelmektedir. SDD-araldit kompozitinin, baskı pulu olarak kullanılabilmesi teorik olarak mümkün gözükmemektedir. Ayrıca, elde edilen numunenin talaşlı işlenebilirliğinin kötü olması, bu malzemenin üst-alt mil ve diğer bölgelerde kullanılmasını engellemektedir. Bu sebepten, yukarıda belirtilen mekanik özelliklere göre, kompozit malzemenin baskı pulu olarak kullanılması daha uygundur, yine pul üzerinde yer alan cıvata bağlantıları ile ne kadar sızdırmazlık sağlayabileceği irdelenmelidir.

Diğer yapılan bir çalışmada ise, soğuk ve görece olarak sıcak koşullarda gerçekleştirilmiş presleme işlemleri ile elde edilen numuneler incelenmiştir. Numunelerin üretim parametreleri ve içerikleri ile ilgili bilgiler Çizelge 3.2’de verilmiştir. Bu örneklerden soğuk preslenen ve 100 ton ile preslenen SDD ve PDD örnekleri, presleme kuvvetinin azlığı ve bağlayıcılık sağlayamaması nedeni ile, basma testinin hemen başında parçalanmış ve bir grafik dağılım elde edilememiştir. Bu duruma ait bir görsel Şekil 4.9’da görülebilmektedir.



Şekil 4.9 : 100 ton ile preslenmiş SDD ve PDD numuneler.

Geriye kalan tüm numuneler, kübik yapıda olup, bu numunelere 1mm/dk hızda basma testi uygulanmış ve gerilme-birim uzama grafikleri elde edilerek kritik mekanik özellikler tespit edilmeye çalışılmıştır. İlk olarak 300 ton kuvvet altında sıcak preslenmiş PDD talaşları teste tabi tutulmuş ve elde edilen grafik Şekil 4.10’da gösterilmiştir.



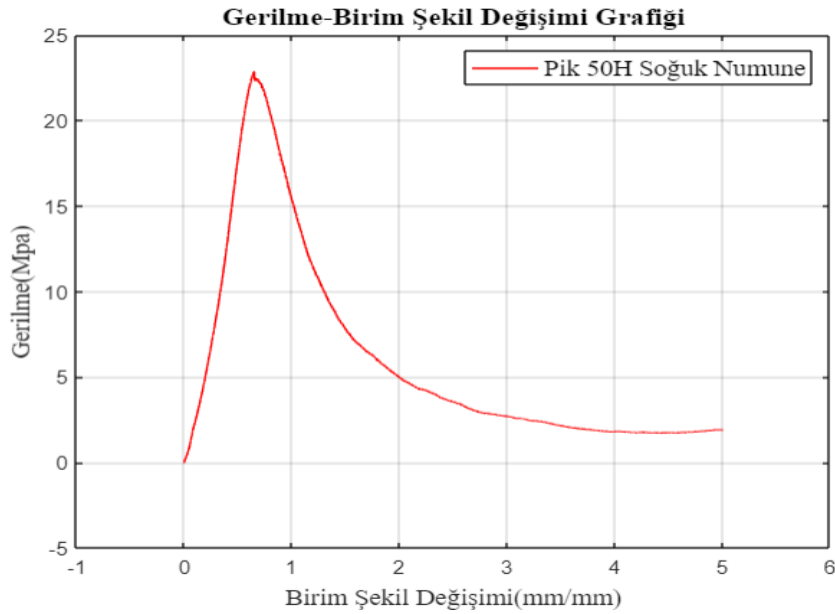
Şekil 4.10 : PDD 300 ton sıcak numune basma grafiği.

Daha sonrasında, yine aynı koşullarda fakat bu sefer soğuk preslenmiş olan PDD numuneleri incelenmiş ve elde edilen grafik Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 : PDD 300 ton soğuk numune basma grafiği.

Burada, malzemelerin homojen olmayan yapısından kaynaklı olarak, test esnasında bazı noktalarda kuvvet düşüşü ve düzensizlikler görülebilmekte, buna rağmen basma dayanımının maksimum olduğu nokta tespit edilebilmektedir. PDD numunelerinde son olarak soğuk şekilde 500 ton ile basılmış örnekler teste sokulmuş ve bunun sonucunda elde edilen basma grafiği Şekil 4.12’de gösterilmiştir.



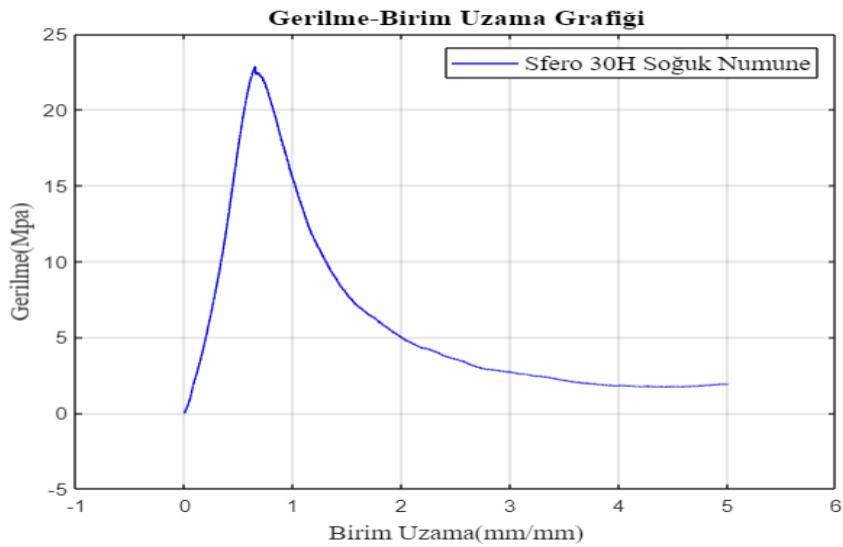
Şekil 4.12 : PDD 500 ton soğuk numune basma grafiği.

PDD numuneler ile yapılan deneyler tamamlandıktan sonra, SDD talaşları içeren numunelere aynı basma hızları ve koşullarında test uygulanmıştır. Burada da ilk olarak 300 ton kuvvet altında 260°C’de sıkıştırılmış numune ile işleme başlanmıştır. Elde edilen grafik Şekil 4.13’te gösterilmiştir. Elde edilen grafikte, basma dayanımı açık bir şekilde elde edilmiş fakat malzemenin üniform olmamasından kaynaklı olarak dalgalanmalar ortaya çıkmıştır. Bu durum malzemenin izotropik özellik göstermesini engellemektedir.



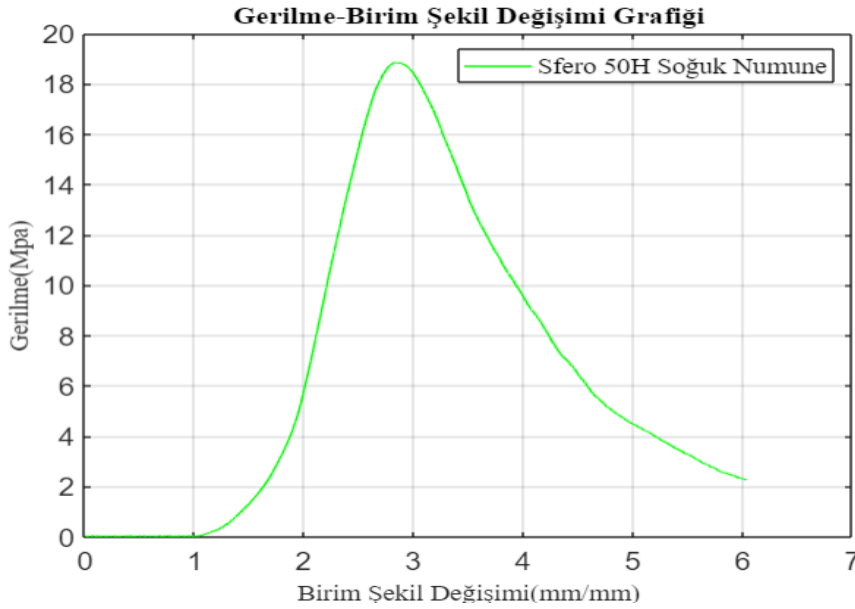
Şekil 4.13 : SDD 300 ton sıcak numune basma grafiği.

Devamında, 300 ton ile soğuk koşullarda preslenmiş SDD numuneleri test edildikten sonra, elde edilen basma grafiği Şekil 4.14’te gösterilmiştir.



Şekil 4.14 : SDD 300 ton soğuk numune basma grafiği.

Şekil 4.14'te de görülebileceği üzere, üretilen numunelerdeki düzensizlikler ve soğuk presleme koşullarında talaşların tam olarak birbirine yapışamamasından kaynaklı olarak, test esnasında bazı noktalarda parça kopması gözlemlenmekte ve bu durum grafikte ani kuvvet düşmeleri olarak gözükmemektedir. Burada son olarak, soğuk koşullarda 500 ton altında preslenmiş SDD talaşları incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4.15'te gösterilmiştir. Burada elde edilen temel sonuç, kuvvet ne kadar artırılrsa da, talaşların bağlanmasını artıracak sıcaklık değerleri sağlanmadığında elde edilen dayanım değeri sınırlı olmaktadır. Bu nedenle uygun kuvvet ve sıcaklık kombinasyonunun sağlanması önem arz etmekte, malzemenin dayanımına ciddi oranda etki etmektedir. İlgili durum tüm numuneler için geçerlidir.



Şekil 4.15 : SDD 500 ton soğuk numune basma grafiği.

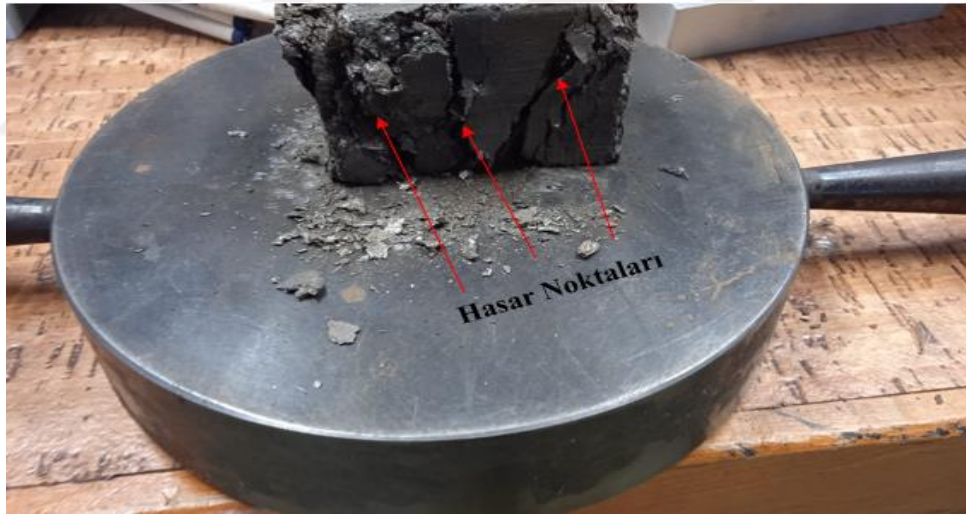
Toplamda 6 adet preslenmiş numunenin basma testi gerçekleştirilmiş, numunelerin homojen olmayan yapısından kaynaklı olan davranışları elimine edildiğinde ortaya çıkan mekanik özelliklerin yaklaşık değerleri Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Numunelerde ortaya çıkan hasarlar, genellikle fiçilaşma kaynaklı olmamış, daha çok porozite içeren bölgelerde gerilme yığılması sonucu parça ayrılmasından kaynaklanmıştır. Döküm numuneler ile kıyaslama yapıldığında, özellikle talaş dağılımının üniform olmamasından kaynaklı olarak, preslenmiş numunelerde çentik etkisi daha belirgin hale gelmiş, çatlaklar numuneler üzerindeki farklı bölgelerde ilerleyerek hasara sebep olmuşlardır. Mekanik özellikler, üretilen numuneler aynı ürün

içeriğine sahip olsalar bile, değişkenlik gösterebilir. Burada önemli olan husus, her numune üretiminde talaşların benzer oranda karıştığından emin olmaktır.

Çizelge 4.4 : Preslenmiş numunelerin mekanik özellikleri.

Numuneler	Basma Dayanımı[Mpa]	Şekil Değişimi[mm/mm]
PDD 30H Sıcak	22	5
PDD 30H Soğuk	17	4,5
PDD 50H Soğuk	12	4
SDD 30H Sıcak	40	4
SDD 30H Soğuk	26	4
SDD 50H Soğuk	19	5,5

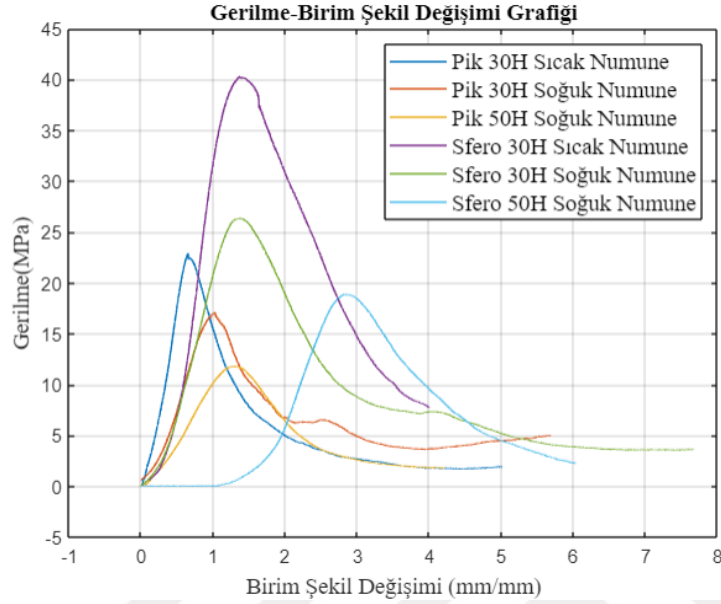
Ortaya çıkan numune hasarlarına yönelik bir görsel Şekil 4.16’da verilmiştir ve örneklerin hepsinde ortaya çıkan durum hep bu şekilde gerçekleşmiştir.



Şekil 4.16 : Numunelerde çentik etkisi sonucu oluşan hasarlar.

Bu bölümde yapılan tüm çalışmalar incelendiğinde, döküm ve presleme ile edilmiş numuneler, hali hazırda kullanılmakta olan SDD vana gövdesinin dayanım değerlerine ulaşamamaktadır, bu sebepten gövde malzemesi olarak kullanımı mümkün gözükmemektedir. Döküm ve preslenmiş numuneler kıyaslandığında, döküm ile üretilmiş malzemelerin daha yüksek dayanım sağladığı görülmektedir. Presli numunelerde ise, operasyon sıcaklığı artırıldığında, talaşlar birbirine daha iyi bağlandığından, dayanım değerleri buna paralel olarak artmaktadır. Numunelerin

gerilme-birim şekil değişimi grafiklerinin toplu gösterimi Şekil 4.17’de yer almaktadır. Elde edilen tüm numuneler incelendiğinde, sıcaklık ve kuvvet kombinasyonunun düzenli olarak artırıldığı durumlarda, malzeme dayanımında artış ve aynı şekilde malzeme dağılımında daha üniform bir yapı elde edilmektedir.



Şekil 4.17 : Pres numunelerinin gerilme-birim şekil değişimi grafiği.

Buna istinaden, ileride yapılacak çalışmalarda farklı sıcaklık ve kuvvet değerleri altındaki mekanik davranışlar incelenebilir ve numunelere sertlik testi uygulanabilir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, DN65 PN16 lug tipi vulkanize kelebek vananın yapısal tasarım optimizasyonu gerçekleştirilmiş ve tasarımda, üretim proseslerinde kullanılan ve oluşan malzemelerin kullanılıp kullanılmayacağı değerlendirilmiştir. Bunun için, öncelikle hali hazırda var olan tasarım detaylı olarak incelenmiş, sonrasında ise SEA ve TO yöntemleri ile, vana gövdesi üzerinde inceltme yapıp yapılamayacağı tespit edilmiştir. Kontrol amacı ile, elde edilen yeni tasarıma da SEA metotları uygulanarak, yaklaşım teyit edilmiştir. İnceltilmiş vana gövdesi, talaşlı imalat operasyonları ile üretilmiş ve maruz kaldığı kuvvetler fiziki olarak uygulanarak, vananın kabul edilebilir deformasyonlara uğrayıp uğramadığı anlaşılmak istenmiş ve sonuçlarda herhangi bir sorun ortaya çıkmamıştır. Bu çalışmaların sonucunda, kelebek vana gövdesinin 20 mm inceltilmesinin, yapısal bir hasar ve soruna neden olmadığı anlaşılmıştır. Yine de bu çalışmaların akabinde, kelebek vana gövdesinin bağlantı rijitliği ve mekanik titreşimlere karşı olan davranışı irdelenmelidir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise, kelebek vana üretim prosesleri sırasında ve sonucunda ortaya çıkan malzemeler kullanılarak, alternatif malzemelerin üretilip üretilmeyeceği değerlendirilmiştir. Bu hususta, öncelikli olarak talaşlı işleme operasyonları sonucunda ortaya çıkan SDD talaşları, gövdenin dökümü sırasında kullanılan araldit ve dolgu kumu malzemelerine öncelik verilmiştir. İlk olarak, döküm kalıbına dökülen araldit malzeme ; saf, dolgu kumu ile karıştırılmış ve SDD talaşları ile karıştırılmış olarak üretilmiştir. Devamında, SDD talaşları, herhangi bir bağlayıcı malzeme kullanılmadan, oda sıcaklığında 250 ton pres kuvveti ile sıkıştırılmış ve briket numuneleri elde edilmiştir. Son olarak SDD ve PDD talaşları, soğuk ve ılık presleme yöntemleriyle, herhangi bir bağlayıcı olmaksızın, 100 , 300 ve 500 ton kuvvetler altında, oda sıcaklığı ve 260°C’de preslenmiş ve kübik numuneler elde edilmiştir.

Elde edilen bu numunelerden, briketleme yöntemleri ile elde edilen numuneler, içerdikleri süreksiz yapı ve talaşlı işlenebilirliklerinin kötü olması nedeni ile, basma

numunesi haline getirilememiş ve mekanik özellikleri elde edilememiştir. Yapılan ilk incelemede, özellikle soğuk/ılık presleme numunelerinin, belirli bölgelerde yüksek dayanıma sahip olabileceği görülmüştür. İleride yapılacak çalışmalarda, bu yöntemin üzerine gidilerek daha üniform ve dayanımı yüksek numunelerin elde edilebileceği ön görülmektedir. Briketleme numuneleri ise, dağılmaya müsait ve süreksiz yapıları nedeni ile, vana malzemesi olarak kullanılmaya uygun bulunmamasına rağmen, nakliye kolaylığı ve talaşların döküm potasına tekrar atılmasında sağladığı kolaylık nedeni ile, belirli noktalarda kullanılabilir.

Basma testine uygun hale getirilebilen ve döküm yöntemi ile elde edilen numunelerden, SDD-Araldit karışımı olan numunenin, diğerlerine göre daha yüksek basma dayanımı ve tokluk gösterdiği görülmektedir. Yine de bu numunenin özellikleri vana gövdesinde kullanılan SDD ile karşılaştırıldığında, dayanım olarak yaklaşık 1/5'i kadardır. Bu sebepten, elde edilen bu numunenin vana gövdesi malzemesi olarak kullanılması mümkün değildir. Aynı zamanda, talaşlı işlenebilirliğinin çok iyi olmaması ve içerdiği süreksizliklerden ötürü, özellikle moment aktaran üst ve alt mil malzemesi olarak da kullanılması uygun bulunmamıştır. Kelebek vana alt parçaları içerisinde, lazer kesim yöntemi ile üretilen, herhangi bir kuvvet ve moment aktarımı yapmayan baskı pulu, elde edilen bu numuneden yapılabilir. Kullanılacak bu malzemenin, yeterli bağlantı rijitliğini sağladığı teyit edilmelidir. Test edilen soğuk/ılık preslenmiş numunelerde ise, özellikle 300 ton altında sıcak preslenmiş SDD numunenin en yüksek dayanıma sahip olduğu görülmüş, bu tip numunelerde sıcaklık arttıkça talaşların bağlanması kolaylaştığından, dayanımlarda da artış görülmüştür. Buna rağmen, döküm ile elde edilen numunelerin dayanımı daha yüksek görülmektedir.

Yapılan bu çalışma sonucunda, DN65 PN16 lug tipi vulkanize kelebek vanalarda yapısal tasarım optimizasyonu ve tasarımda alternatif malzeme kullanımına yönelik bir çalışma sistemi oluşturulmak istenmiştir. Daha hafif ürünler elde etmek, imalatla enerji tasarrufu sağlamanın önemli aşamalarından biridir [40]. Herhangi bir ısı uygulanmadan, soğuk presleme ile elde edilen numunelerle alakalı yöntemler daha fazla araştırılır ise kelebek vananın önemli parçalarının çevreci bir şekilde imalatı mümkün olabilecektir. Ayrıca hammaddeye harcanan para miktarı ve çevreye yapılan olumsuz etkiler azalacaktır [41].

6. ÖNERİLER

Yapılan çalışmalar ve incelemeler neticesinde, özellikle çalışmanın daha ileriye götürülebilmesi için bazı öneriler yapılacaktır. İlk olarak, metal ve metal ile ilişkili sektörlerde yapılan üretimler neticesinde, çok fazla miktarda hurda talaş ortaya çıkmakta ve bu durum verimi düşürmekle birlikte, ciddi bir bertaraf sorunu ve ekonomik kayıp yaratmaktadır. Elde edilen talaşların, her fabrikaya göre değişebilecek olan proses malzemeleri ile kombine edilmesiyle, dayanımı daha yüksek ya da eşit derecede yeni malzemelerin ortaya çıkması muhtemeldir. Ilık ve soğuk presleme ile elde edilen numuneler ile alakalı, daha yüksek sıcaklık ve talaş miktarlarında yapılacak deneyler, ilerisi için dayanımı daha yüksek malzemelerin elde edilmesine imkân verecek olması açısından heyecan vericidir. Ek olarak, bu tip hurda talaşların, saçılmış fazlı kompozit malzeme üretiminde kullanılabilirliği ve yığın üretime uygunluğu da araştırılması gereken bir diğer önemli konudur.

KAYNAKLAR

- [1] **Karadağ, H., Bahtlı, T. ve Kara, M.** (2016). The recycling of steel and brass chips to produce composite materials via cold pressing and sintering. *The International Journal of Engineering and Science (IJES)*, 5(5), 2319-1805.
- [2] **Park, H., Nam, K. ve Lee, L.** (2022). Lessons from aluminum and magnesium scraps fires and explosions: Case studies of metal recycling industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 80(4), 104872.
- [3] **Tuck, C.** (2020). Iron and steel scrap (Rapor No. 978-1-4113-4362-7). Amerika Birleşik Devletleri : Mineral commodity summaries.
- [4] **Cosgrove-Davies, M.** (t.y.). Understanding briquetting. *The VITA Understanding Technology Series*.
- [5] **Brožek, M.** (2010). Briquetting of chips from nonferrous metal. *9th International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, 9, 236-241.
- [6] **Fogagnolo, J. B., Ruiz-Navas, E. M., Simón, M. A. ve Martinez M.A.** (2003). Recycling of aluminium alloy and aluminium matrix composite chips by pressing and hot extrusion. *Journal of Materials Processing Technology*, 143-144 (2003), 792-795.
- [7] **Morris, K. J.** (1991). Cold isostatic pressing. R. J. Brook (Ed.), *Concise Encyclopedia of Advanced Ceramic Materials*. 02.03.2023 tarihinde, <https://www.sciencedirect.com/sitesinden edinilmiştir>.
- [8] **Pugaa, H., Barbosaa, J., Soares, D., Silva, F. ve Riberio, S.** (2009). Recycling of aluminium swarf by direct incorporation in aluminium melts, *Journal of Materials Processing Technology*, 209, 5195-5203.
- [9] **Zhu, J., Lu, Y., Song, Z., Shao, X. ve Xiao-Guang, Y.** (2023). The choice of green manufacturing modes under carbon tax and carbon quota, *Journal of Cleaner Production*, 384, 135336
- [10] **Yeşiltepe, S. ve Şeşen, M. K.** (2017). Heat treatment effect on spheroidal graphite, microstructure and mechanical properties of Ni-resist ductile cast iron. *Journal of Engineering Sciences and Design*, doi:10.21923/jesd.2724226
- [11] **Mallick, P. K.** (2020). Designing Lightweight Vehicle Body. *Materials , Design and Manufacturing for Lightweight Vehicles*. İngiltere. : Woodhead
- [12] **Karaçam F. ve Can, A. Ö.** (t.y.). Topology optimization of the load-carrying element under a concentrated load. *Trakya University Journal of Engineering Sciences*. www.dergipark.gov.tr adresinden edinilmiştir.

- [13] **Faijanahemad, H., Satyajit, P., Sabale, R., Naik, S., Patil, R. ve Chittewar, S.** (2020). Optimisation of butterfly valve by using simulation software. *International Journal of Innovative Studies in Sciences and Engineering Technology (IJISSET)*, 6 (7).
- [14] **Skousen, P. L.** (2011). *Valve Handbook* (3.bs.). New York: McGraw-Hill.
- [15] **Yuvaraj, K. ve Kumar, G.** (2022). Study on characteristics and performance of butterfly valve using numerical methods. *AIP Conference Proceedings*, (s.2460). doi: 10.1063/5.0095622
- [16] **Çapanoğlu, C.** (2021). *Duyar vana DN65 vulkanize kelebek vana* [PowerPoint sunumu].
- [17] **Tokay, S.** (2013). *Vanalar ve vana uygulamaları*. İstanbul: Duyar Akademi.
- [18] **Song, X. G., Wang, L. ve Park, Y. C.** (2009). Analysis and optimization of a butterfly valve disc, *Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 223, 81-89. doi:10.1243/09544089JPME236
- [19] **Prabu, S., Rameshkumar, S. ve Jose, S. A.** (2016). Stress analysis on disc of a butterfly valve in ansys, *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3 (4), 2907-2912.
- [20] **Draghiciu, M., Korka, Z. ve Gillich, G. R.** (2017). Modal-based design improvement of a butterfly valve disc, *Analele Universitatii "Eftimie Murgu" resita. Fascicula de Inginerie*, 24, 80-87.
- [21] **Sambireddy, E. ve Lakshmaiah, V. M.** (2017) . Structural design and FEM analysis of large butterfly valve. *International Journal of Research*, 4 (7).
- [22] **Lee, M. ve Son, I.** (t.y). Structural stability of high-temperature butterfly valve using interaction analysis. 2 Mart 2023 tarihinde koreascience.kr/article/JAKO20200706037233.pdf sitesinden edinilmiştir.
- [23] **Chang, K. H.** (2015). Structural Analysis Design. S. Merken, C. Johnston (Editörler), *Computer Aided Engineering Design* (1.Baskı, s.325-390). Londra: Academic Press.
- [24] **Inês P. R.** (2015). Computer Aided Chemical Engineering, *12th International Symposium on Process Systems Engineering and 25th European Symposium on Computer Aided Process Engineering*, 37, 1463-1468.
- [25] **He, X., Zhang, C. ve Tian, D.** (2019). Strength Analysis and Structure Optimization of Gate Valve Body Based on Finite Element Software. *E3S Web of Conferences*, (s. 136). doi:10.1051/e3sconf/2019136030
- [26] **Caraballo, S. C., Rodríguez, J. L. O., Ruiz, J. A. L. ve Fernández, R. A.** (2017). Optimization of a butterfly valve disc using 3D topology and genetic algorithms. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 56, 941-957. doi:10.1007/s00158-017-1694-4
- [27] **Emerson** (2017). *Keystone composedal resilient seated butterfly valves* [Broşür].
- [28] **Javaid, A. ve Essadiqi, E.** (2003). Final report on scrap management, sorting and classification of steel (Rapor No. 2003-23CF). Canada.

- [29] **Url-1** <https://www.alibaba.com/product-detail/Y81F-250-cast-iron-scrap-hydraulic_1600153244362.html>, erişim tarihi 01.03.2023.
- [30] **Seetharaman, S.** (Ed.). (2014)., *Industrial Processes* (3.Cilt). İngiltere.: Elsevier. doi:10.1016/C2010-0-67121-5
- [31] **Battle, T. ve McClelland, J.** (2014). *Treatise on Process Metallurgy: Industrial Processes* (3.Cilt, s.89-90). İngiltere.: Elsevier
- [32] **Url-2** <<http://toroid-unicore.com/scrap-briquetting/>> erişim tarihi: 01.03.2023.
- [33] **Aslan, A., Güneş, A., Salur, E., Şahin, M. S., Karadağ, H. B., & Akdemir, A.** (2018). Mechanical properties and microstructure of composites produced by recycling metal chips. *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*, 25 (9), 1070–1079. doi:10.1007/s12613-018-1658-8
- [34] **Fullenwider, B., Kiani, P., Schoenung, J.M. ve Ma, K.** (2019) From recycled machining waste to useful powders for metal additive manufacturing. G. Gaustad vd. (Editörler), *The Minerals, Metals & Materials Series*, 101, 1-5. Rewas, Cham.: Springer. doi:/10.1007/978-3-030-10386-6_1
- [35] **Dökme, F. ve Güven, O.** (2014). Bilyalı değirmenlerde hızın performansa olan etkilerinin deneysel olarak incelenmesi. *Mühendis ve Makine*, 55, ss.38-50
- [36] **Url-3**<https://www.karakayatech.com/bilyali_degirmenler > erişim tarihi: 01.03.2023.
- [37] **Ping, L., Li, X. ve Li, F.** (2020). A novel recycling and reuse method of iron scraps from machining process. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121732.
- [38] **Url-4** <<https://cdn.bartın.edu.tr/metalurji/d7ee7cd9-f063-4669-8e1c-393503ed6ffb/14.-hafta-dokum-teknolojisi.pdf>> erişim tarihi: 01.03.2023.
- [39] **Shin, J. S.** (2018). Laser cutting of steel plates up to 100 mm in thickness with a 6-kW fiber laser for application to dismantling of nuclear facilities. *Optics and Lasers in Engineering*, 100, 98-104. doi:10.1016/j.optlaseng.2017.08.001
- [40] **Tekkaya, A. E.** (2018). Energy saving by manufacturing technology. *15th Global Conference on Sustainable Manufacturing , Procedia Manufacturing*, 21. Cilt, (s. 392–396).
- [41] **Atlas, M. ve Florida, R.** (t.y.). Green manufacturing. 1 Mart 2023 tarihinde <https://ranaflorida.com/articles/13%20Green%20Manufacturing/> sitesinden edinilmiştir.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Metin KARAASLAN

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2020, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine, İmalat Müh.

