

Erhan Özkan* 

Dikkan Group A.Ş.
İzmir

Kelebek Vanaların Simülasyon Destekli Deney Düzeneği Tasarımı ve Prototip Üretimi

Vana sektöründe tesisatların çabuk açılıp kapanmasını sağlamak ve bu şekilde su ve enerji kaybını azaltmak amacıyla tasarlanan kelebek vanalar isimlerini klape ve milin yerleşim şekillerinden almaktadır. Yaygın olarak kullanılan sfero döküm klape malzemelerin düşük korozyon direncini arttırmak amacıyla rılsan veya epoksi kaplama gibi alternatif yöntemlere başvurulsa da bu opsiyonlarla istenilen korozyon dayanıma ulaşmak mümkün olmamakla birlikte vananın sızdırmazlık fonksiyonlarını da tam olarak yerine getiremediği tespit edilmiştir. Korozyon direncini arttırmak ve sızdırmazlık fonksiyonlarını iyileştirmek amacıyla kullanılan paslanmaz çelik klape ise uzun tedarik süreleri, yüksek maliyetleri ve talaşlı imalat işleme zorlukları sebebiyle çok tercih edilememektedir. Bronz klape düşük maliyetleri, kısa termin süreleri ve kolay talaşlı imalat özellikleri sebebiyle kritik bir öneme sahiptir. Diğer yandan sfero dökme demir gövde malzemelerinin korozif ortam ile temas eden kısımlarının kauçuk malzeme ile kaplanarak korozyon dirençlerinin artırılması ve sızdırmazlık fonksiyonlarını yerine getirmesi de sektörde yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu çalışmada literatürde ilk defa Lug-Wafer tipi kelebek vanaların sfero dökme demir gövde tasarımı, bronz klape sıcak dövme yöntemi ile üretiminin simülasyon destekli tasarımları ile prototip üretim aşamaları ele alınmış, uygulamada ise özgün bir gövde tasarımının ve klape temas yüzeylerindeki sızdırmazlığı sağlamak amacıyla plastik pres ile EPDM kaplama ölçülerinin ıslak torka etkileri deney tasarımı ile araştırılmış ve sistemin optimum ıslak tork değeri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kelebek Vana, Simülasyon Destekli Tasarım, Bronz, Islak Tork

Makale Bilgisi:

Araştırma Makalesi

Gönderilme: 1 Şubat 2023

Kabul: 16 Kasım 2023

*Sorumlu Yazar: Erhan Özkan

Email: erhanozkan81@icloud.com

DOI: <https://doi.org/10.56193/matim.1245809>

Atıf şekli/How to cite: Özkan E., Kelebek Vanaların Simülasyon Destekli Deney Düzeneği Tasarımı ve Prototip Üretimi. Makina Tasarım ve İmalat Dergisi, 2023; 21(2): 89-98

GİRİŞ

Güncel araştırmalara göre su tüketiminin yıllık 800 m³/kişi oranında olduğu tespit edilmiştir. 1,4 milyar insan içme suyundan yeterli oranda faydalanamamaktadır bu da toplam dünya nüfusunun %20'si oranına tekabül etmektedir. 2,3 milyar insan ise içme suyundan tamamen mahrum bir şekilde yaşamlarını sürdürmeye gayret etmektedir. Araştırma sonuçlarına göre 2050 yılına gelindiğinde içme suyu konusunda sorun yaşayacak ülkelerin sayısının 54'e ulaşacağı ve bu şartlarda yaşamını sürdürmek zorunda kalacak kişi sayısının 3,76 milyara kadar yükseleceği ön görülmektedir. Buna göre 2050 yılında 9,4 milyar insan olması beklenen dünya nüfusunun yaklaşık %40'ı içme suyundan faydalanamayacak anlamı çıkmaktadır. Bu durumda

su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması ve su israfının önüne geçilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu amaçla akışkan taşıma ve depolama sistemlerinde su kaybının minimum seviyelere indirilmesi zorunludur. Bunu sağlamak amacıyla tasarlanan vana sistemlerinde korozyon direncinin artırılması büyük önem taşımaktadır. Yapılan araştırmalar neticesinde korozyon kayıplarının gayri safi milli hasılamızın %5'i mertebelerinde olduğu tahmin edilmektedir. Bu kayıpların da %50'si önlenemez nitelik taşımaktadır. Parça tasarımının doğru yapılması ile boşluk ve yarık korozyonu, doğru malzeme seçimi ile galvanik ve üniform korozyon, doğru yüzey işlemleri ile çukurcuk ve kazımalı korozyon, doğru mekanik aksamların sisteme adaptasyonu ile gerilmeli ve

yorulmalı korozyon hasarları engellenebilir. Bunu önlemek amacıyla yaygın olarak kelebek kullanılan vanalarda Ar-Ge çalışmaları hız kazanmıştır. Kelebek vanalar ismini mekanik aksamalarının şeklinin kelebeğe benzemesinden almaktadır. Vanaların iç ve dış çapları birbirine çok yakın olmaktadır, bu yakınlıktan dolayı akış kontrolü bir disk ve dikey eksenli boyunca da mil ile desteklenerek tasarlanmıştır. Suyun tasarrufunu sağlayabilmek adına iki yönlü akışa izin verecek şekilde geliştirilmiştir [1-3].

Boru sistemleri için uygun vananın seçilmesi, enerji ihtiyacının azaltılmasında önemli rol oynamakta dolayısıyla işletme maliyetinin de düşmesini sağlamaktadır. Açma-kapatma kontrolü, akış hızının modülasyonu, sistem geri akışın önlenmesi ve basınç tahliyesi gibi güvenlik cihazları için çeşitli vanalar kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan vanalardan bir tanesi olan kelebek vanaların temel amacı akış hızını düzenlemektir. Sistem içerisindeki akış özellikleri ile kelebek vanaların içerisindeki akış farklı davranışlar sergiler. Bunun sebebi ise kelebek vanalardaki klapelerin hareket edebilir olmasıdır. Bir kelebek vananın performansı, klape açıklığından doğrudan etkilenmektedir [4-7].

Karakteristiği lineer akış olarak tasarlanan vanalarda stroktaki en ufak bir değişiklikte vananın pozisyonuna bağlı olmadan akışkanda eşit değişimler meydana gelmektedir. Bu karakteristiğe sahip vanaların kullanım yerleri genellikle kayıp basınçların vananın boyu oranında gerçekleştiği uygulama sistemleridir. Lineer akış karakteristiğine sahip vanalar tüm strok değerlerine göre oransal karakteristiklere kıyasla daha iyi bir akış kapasitesine sahiptirler [8,9].

Kelebek vanalar akışkan sistemlerin kontrol parametrelerinde belirlenen zaman içerisinde akışkanın hareketini engellemek üzerine tasarlanmıştır. Vanadaki olası bir hasar sızıntı, malzeme kontaminasyonu ve kaybı ile patlama risklerini barındırmaktadır. Daha da önemlisi sistemdeki sızıntılar zehirlenme ve yangın gibi tehlikeli durumların meydana gelmesine sebep olabilmektedir. Metal-metale sızdırmazlık yüzeylerine göre çalışan sistemlerde yüksek yüzey pürüzlülüğü sebebiyle ideal seviyede sızdırmazlığı sağlamak çok kolay değildir. Bu sebeple metal yüzeyleri elastik malzemeler ile kaplanmak suretiyle sızdırmazlık elde edilmektedir. Bu malzemelerin dezavantajı ise sıcaklık, akışkan pH'ı ve içeriğine göre yaygın bir uygulama alanına sahip olmamasıdır. Sızdırmazlığı sağlayan bileşenlerin uygulama basıncı ve sıcaklığında yükler altında deformasyona uğramaması beklenmektedir [10].

Kelebek vana, çeyrek tura göre çalışan vanaların grubunda yer almaktadır. Genellikle merkezden veya kullanım amacına göre eksantrik olarak yataklanan bir diskin akışkanın geçeceği alan içerisinde 90° dönecek şekilde akışkan hareketini engelleme prensibiyle çalışmaktadır. Akışkanın geçtiği borunun merkezinde daire şeklinde bir plaka bulunmaktadır. Kullanım alanına ve yüküne göre bu plaka manuel veya aktüatör yardımıyla akışı engellemek adına dik, akışı sağlamak adına da paralel konuma getirilir. Akışkan hızını ayarlayabilmek amacıyla vana küçük oranlarda da açılabilir. Bu kontrolü sağlamak amacıyla klape 15°-75° aralığında hareket ettirilmektedir.

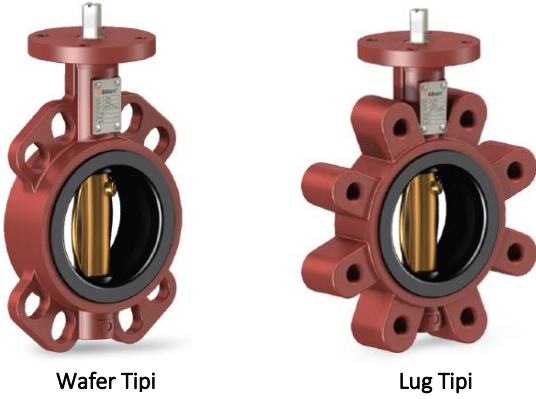
Kelebek vanaların uygulamadaki en büyük avantajı boyutlarına kıyasla çok yüksek debi değerleri sağlamasıdır. Bu konu özellikle alan sıkıntısı yaşanan kimyasal akışkanların kontrolünde önem taşımaktadır. Temizliğin zor olması ve hassas toleranslarda kontrol edilememesi bu vanaların dezavantajıdır. Bu sebeple gıda, tıbbi atık ve hijyenik taşıma sistemlerinde kelebek vanaların kullanılması çok uygun değildir. Yaygın olarak kimyasal içeren akışkanlar, atık su ve dağıtım şebekelerinde kullanılmaktadır [11].

Kelebek vanaların gövde malzemesi çoğunlukla pik ve sfero dökme demir, çelik, paslanmaz çelik olmakla birlikte bakır, pirinç, bronz gibi alaşımlar da tercih edilmektedir. Titanyum ve alüminyum gövde malzemeleri yüksek maliyetleri sebebiyle çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Son zamanlarda ise polivinilklorür (PVC) ve polipropilen (PP) gövde malzemesi olarak değerlendirilmektedir. Metal gövdelerde sızdırmazlık sağlamak ve gövdelerin korozyon direncini arttırmak amacıyla; etilen propilen kauçuk (EPDM), politetrafloroetilen ticari ismiyle TEFLON (PTFE) ve nitril kauçuk bütadien (NBR) kaplama malzemesi olarak değerlendirilmektedir. Bu elastomer malzemeler aynı zamanda yüksek sıcaklık ve basınç altında vananın görevini sağlıklı bir şekilde yerine getirmesi amacıyla tercih edilmektedir. Bu malzemelerden EPDM çok geniş bir kullanım alanına sahip olmakla birlikte -50 +150 °C çalışma sıcaklıklarında kimyasal olarak kararlılığını koruması sebebiyle kelebek vanalarda da çokça tercih edilmektedir.

Fosfat, keton, soğuk ve sıcak su, hidrolik akışkanlar, alkaliler ve ester içeren akışkanlara karşı direnci oldukça iyi olan EPDM oksijen, ozon ve açık hava koşullarında kararlılığını korur ancak benzin, gaz yağı ve çoğu yağa karşı direnci ise oldukça düşük seviyelerdedir. EPDM' in elektriksel özellikleri ve düşük sıcaklıklarda dahi elastikliğini koruması ile diğer elastomerlere kıyasla düşük maliyetleri başlıca avantajlarıdır. Düşük hidrokarbon direnci, çok yüksek sıcaklıklarda yapısının bozulması ve düşük

alev direnci ise dezavantajları arasında gösterilebilir [12-14].

Genel olarak kelebek vanaların gövde kısımları sfero dökme demir malzemeden üretilip sızdırmazlığı sağlamak amacıyla çoğunlukla EPDM kauçuk malzemesi ile kaplanmaktadır. Borulara montajı Lug ve Wafer olmak üzere farklı bağlantı tipleri ile yapılabilir. İki flanşın birleşme noktalarına monte edilen Wafer tip bağlantının hattın sonunda kullanılması uygun değildir. Lug tip bağlantıların isimleri ise bağlantı kulaklarına verilen lug adından gelmektedir. Kulakların içerisinde dişliler bulunmaktadır. Bu tip vanaların flanşlarındaki delik sayısı ile kulak sayısı eşittir. Tesisatların ve sistemlerin her noktasında kullanılabilmesi mümkün olup hattın sonunda kullanılabilmesi ise Wafer tipe göre avantajdır [15-17]. Şekil 1'de Lug ve Wafer tip kelebek vanaların görselleri yer almaktadır.



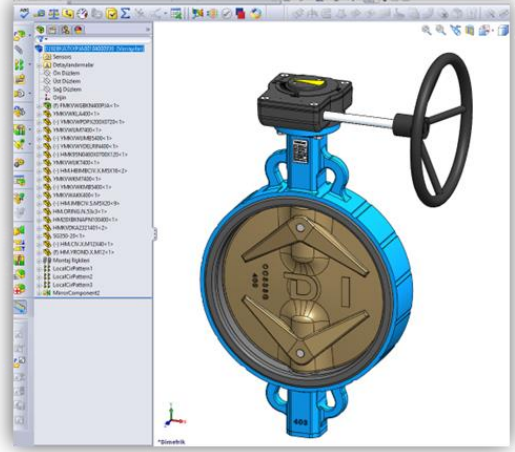
Şekil 1. Wafer ve Lug tipi kelebek vanalar

MATERYAL VE METOT

Bu makale kapsamında uzun soluklu bir literatür taraması yapılmış ve geniş bir mukayese çalışması yürütülmüştür. Modele ait başta DIN 3354 standardı olmak üzere, petrol sektörü taleplerini karşılayacak parçayı tasarlamak adına API 609 ile BS 5155 ve ANSI/AWWA C504-80 standartları detaylı bir şekilde araştırılmış, mevcut sektörel yenilikler incelenerek fikir havuzu oluşturulmuştur. Bu bilgiler doğrultusunda model standart gerekliliklerini karşılayacak şekilde genel tasarım hatları çizilerek Solidworks tasarım yazılımı ile öncelikle 3D çizimler oluşturulmuştur. Şekil 2'de Wafer tip modelin ana tasarımı gösterilmiştir.

Gövde, EN-GJS 400-18 LT standartları gerekliliklerini sağlayan ve GGG 40.3 olarak da bilinen malzemeye uygun şekilde tasarlanmıştır. Ferritik mikroyapıya sahip olan GGG 40.3 malzeme ihtiyaç duyulan mekanik özellikleri sağlayacak niteliktedir. Bu mekanik özellikleri elde etmek için tam ferritik mikro yapının oluşmasını sağlamak esas

amacı oluşturmaktadır. Ostenit içerisinde çözünmüş halde bulunan karbonun küresel yapıda grafitte dönüşmesi için difüzyon zamanına ihtiyaç duyulmaktadır. Küresel yapıdaki grafit ise parça tokluğunu arttırıcı etkide bulunmaktadır. Karbonun ostenit fazından ferrit içerisinde homojen bir şekilde dağılması için gerekli analiz ve mikro yapı edilmelidir. Tablo 1'de GGG 40.3 malzemesine ait kimyasal analiz değerleri yer almaktadır. Bu analiz değerlerine tekabül eden mekanik özellikler tespit edilerek parçanın simülasyon çalışmalarına yön verilmiştir.



Şekil 2. Modele ait tasarımların çizimi

Tablo 1. Gövde Malzemesi Olarak Seçilen GGG 40.3'ün Kimyasal Analizi

Element (%)	C	Si	Mn	P	S	Cu
Olması	3,75	1,40	Ma	Max	0,009	Ma
Gereken	-	-	x	0,04	-	x
	3,85	1,50	0,1		0,015	0,1
			0			0
Ölçülen	3,81	1,44	0,05	0,002	0,001	0,21

Klape malzemesi olarak EN 1982 CuSn10-C (CC 480K) seçilmiştir. Bu malzemenin kimyasal analizi Tablo 2'de belirtilmiştir. Modelin mekanik özellikleri ise bu kimyasal analizlere göre belirlenerek ANSYS simülasyon programında mekanik dayanım aralığındaki karakteristikleri gözlemlenmiştir.

Tablo 2. Klape Malzemesi Olarak Seçilen CuSn10'un Kimyasal Analizi

Element (%)	Cu	Sn	Mn	Pb	Zn	Sb
Olması	88-	9-	Max	Max	Max	Max
Gereken	90	11	0,10	1	5	0,2
Ölçülen	89,0	10,2	0,02	0,05	4,71	0,10

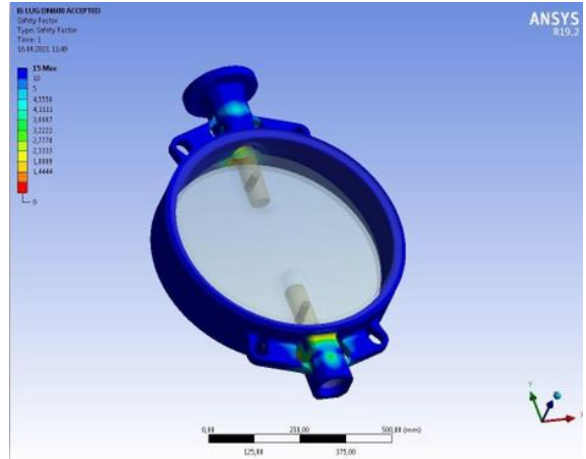
Gövdenin korozyon direncini arttırmak ve sızdırmazlığı sağlamak amacıyla ASTM D2000 M1BA407 EPDM malzeme kullanılmıştır. Bu malzemenin ASTM D1056, ASTM D2240 standartlarına göre 35-45 Shore A sertlik, ASTM D412 standardına göre 1050 PSI çekme mukavemeti ve %400 uzama değerlerine sahip olması beklenmektedir. Şekil 3'te gövde, klape ve sızdırmazlık için seçilen kauçuk malzemelerin ayrıştırılmış halleri yer almaktadır.



Şekil 1. Wafer Tip Kelebek Vana Tasarımların Ayrıştırılmış Hali a) GGG40.3 Sfero Gövde b) EPDM Kauçuk Kaplama c) CuSn10 Klape

Solidworks'te gerçekleştirilen tasarım aşamasının tamamlanmasını takiben tasarım doğrulama aşamasına geçilmiştir. Tasarım doğrulama aşamasında öncelikle ANSYS statik analiz modülüyle, EN 1074 standartlarında tanımlanan tekil ve montajlı olarak iki farklı sayısal yöntemle ele alınmış ve Rayleigh-Ritz metodu ile interpolasyon çözümü gerçekleştirilmiştir. Standartta belirtilen sınır koşulları aynen uygulanmış ve gövde parçası için nominal basınç değerinin bir buçuk katı, klape parçası için nominal basınç değerinin yüzde on fazlası olarak tanımlanmıştır. Bu aşamadan elde edilen sonuçlar ile optimum et kalınlıkları belirlenmiş ve bu sayede tasarım tanımlanmadan olası problemlerin görülmesi sağlanarak tasarım üzerinde önlemler alınmıştır. Şekil 4'te yer alan gövde mekanik analizleri ile güvenli malzeme aralığı test edilmiştir. Gövde test basıncının bir buçuk katı olan mertebelere dayanımı tescil edilerek gövde malzemesinin uygunluğu teyit edilmiştir. PN 10 sınıfında yer alan parça için 15 Bar maksimum basınç

değeri baz alınmış ve bu değere göre güvenlik katsayıları tespit edilmiştir.

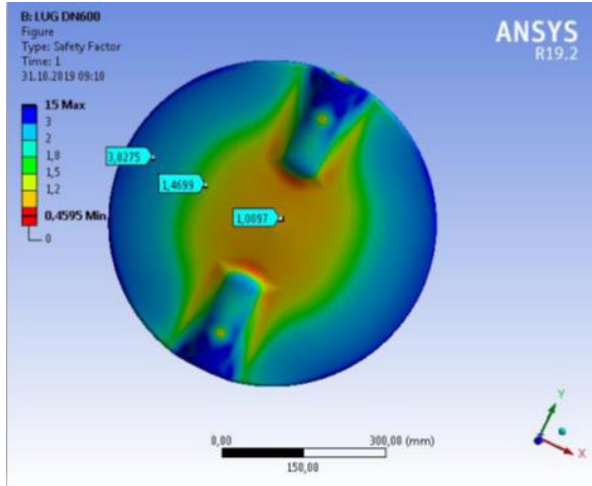


Şekil 2. Gövde mekanik analizleri

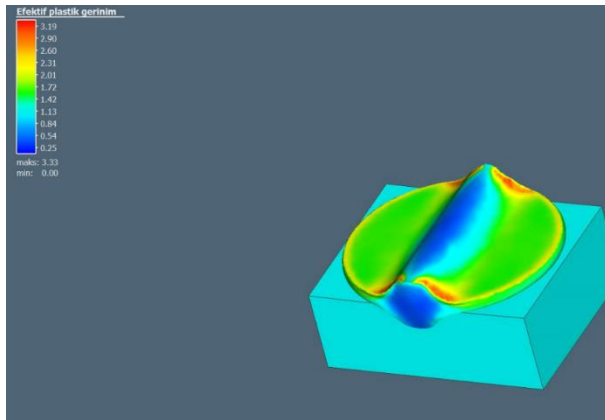
Gövde malzemelerinin gerilmelerinin yanında akış debisine göre farklı yüklerle maruz kalacak olan klapelelerin ANSYS mekanik simülasyon sonuçları Şekil 5'te gösterilmiştir. EN 1267:2012 (E) standardına göre akış katsayısı ve basınç kayıp katsayısı formülleri tanımlanmıştır. TS EN 1267 akış direnci deney standardına göre Solidworks çizim programında vana tam açık pozisyonda olacak şekilde modellemesi yapılmıştır. Döküm yöntemi ile üretilmesi planlanan klapelelerin mekanik analiz sonuçlarına göre özellikle orta kısımların yüksek gerilmelere maruz kalması sebebiyle olası hasarların önüne geçmek amacıyla döküm yöntemi ile klape üretilmesinin sakıncalı olacağı kararına varılmıştır. Bronz klapelelerin korozyon hızı ve düşük maliyetleri sebebiyle yine CuSn10 malzeme üzerinde gerçekleştirilebilecek modifikasyonlar ve varyantlar ile ilgili alternatif üretim tekniklerinin araştırılması gerçekleştirilmiştir. 240 MPa akma mukavemeti değerleri ele alınarak gerçekleştirilen klape malzemeleri için nominal basıncın yüzde on fazlası sınır koşul tanımlanarak mekanik sayısal analiz yöntemi gerçekleştirilmiştir. Buna göre 16 barlık maksimum çalışma basıncının 1,1 katına denk gelen 18 bara göre klape mekanik analizi Şekil 5'te gösterilmiştir.

Klape ile milin birleşim noktalarındaki gerilmeler ile klape gövdesinde yer alan birleşim noktalarındaki olası hasarları önlemek, üretim ve bakım maliyetlerini düşürmek amacıyla klape malzemesini döküm yoluyla üretmenin tespit edilen risklerini önlemek ve parça ömrünü arttırabilmek adına klape malzemelerini sıcak dövme ile üretim yöntemi üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Sıcak dövme prosesinde model ve kalıp tasarımı yapılırken hammadde çapı, parça operasyon geçişleri, ekstrüzyon-redüksiyon oranı, parçanın boyu, yağlayıcı yapısı ve kullanımı vb. özellikler kritik

öneme sahiptir. Bu parametreler kalıp ömürlerine etkiyerek, kalıp hasarlarına ve kırılmalarına sebebiyet vermektedir. Bu ve bunun gibi ölçütler dikkate alındığında sıcak dövme prosesinin optimum ekonomik fayda elde edecek şekilde tasarlanmanın gerekliliği büyük bir önem arz etmektedir. Bu nedenle, maksimum faydayı sağlamak amacıyla Simufact Forming sayısal simülasyon destekli yazılımdan faydalanılmıştır. Şekil 6'da gerçekleştirilen dövme simülasyon görseli yer almaktadır.



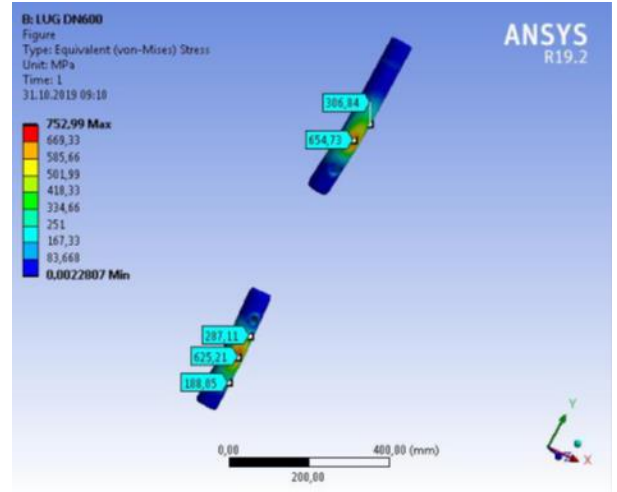
Şekil 3. Döküm klape mekanik analizi



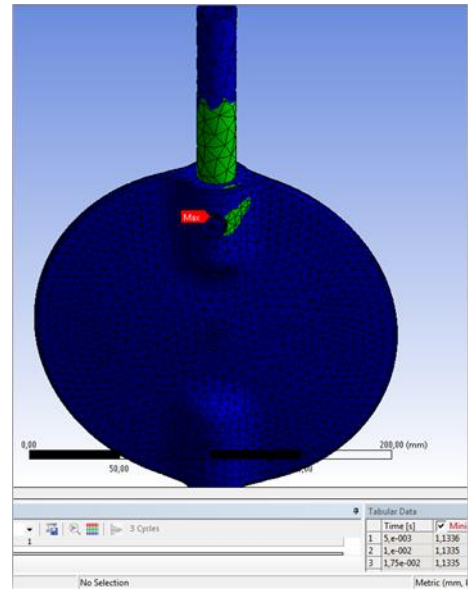
Şekil 4. Simufact Forming dövme programı klape analizi örneği

Döküm gövde üzerindeki mekanik yükler gerekli olan maksimum gerilme değerini sağlamaktadır. Burada önemli olan klape ve mil malzemesinin birleşim noktalarındaki mekanik davranışların analiz edilmesidir. Klape ve milin birleşim noktasındaki değerler yine klape üzerine gelecek olan 10 Bar'lık basıncın bir buçuk katı olan 15 Bar'a göre analiz edilmiş ve buna göre gerekli olan hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Şekil 8'de

klape ve mil birleşim noktalarının ANSYS mekanik analizi gösterilmiştir.



Şekil 5. Mil mekanik analizi



Şekil 6. Klape ve mil birleşimine ait mekanik analiz

Gövde, klape ve mil malzemelerinin analizleri gerçekleştirildikten sonra bu malzemelerin tasarımı geçerli kılmak için prototip imalatı aşamasına geçilmiştir. Önce gövde döküm ve üretim süreçlerindeki yeni teknolojiler tasarımların gerçekleşmesine olanak sağlamaktadır. Özellikle döküm süreçlerinde, kullanılan modellere şekil verilirken bilgisayar kontrollü tezgahların kullanılması, dolayısıyla döküm parçaların tasarımının akışkana uygun bir yapıda şekillendirilmesinde etkin bir rol oynamaktadır. Tasarlanan döküm modeli teknik resimlerine göre gövde model ve maça sandıkları hazırlanmıştır. Şekil 9'da gövdeye ait döküm modeline ait resim yer almaktadır.



Şekil 7. Prototip imalat gövde döküm model

Şekil 10'da dökümü gerçekleştirilmiş gövde malzemelerin işlenmemiş görselleri yer almaktadır.



Şekil 8. Lug (Wafer) gövde döküm

Gövde dökümü ile simülasyon verilerinin uyumu sonrasında klape üretimi aşamasında geçilmiştir. Klape döküm yöntemi ile gerçekleştirilen modellerinde yaşanılması ön görülen problemler prototip imalatında da aynı şekilde tespit edilmiştir. Şekil 11'de klape parça için hazırlanmış olan döküm modeli, Şekil 12'de ise bu model kullanılarak gerçekleştirilen döküme ait parça görseli yer almaktadır.



Şekil 9. Prototip İmalat klape döküm model



Şekil 10. Prototip İmalat klape döküm

Klape dökümlerinde karşılaşılan sorunların önüne geçmek adına simülasyonda da olumlu sonuçların tespit edildiği sıcak dövme ile klape prototip üretimi gerçekleştirilmiştir. Sıcak dövme işlemi 500 ton kapasiteli Hico marka dövme ekipmanı ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 13'te dövme prosesine ait görsel yer almaktadır.



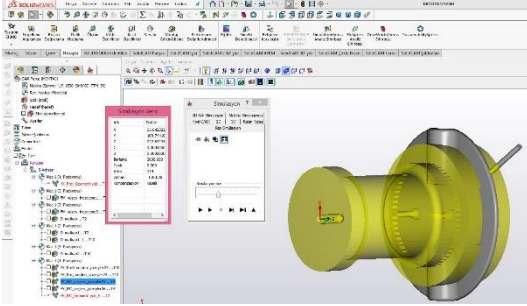
Şekil 11. Prototip sıcak dövme klape imalatı

Sıcak dövme işleminde kalıp sıcaklığı, proses süresi, dövme sıcaklığı ve dövme yüküne göre yapı değişkenlik göstermektedir. Şekil 14'te klape sıcak dövme numunesine ait resim gösterilmiştir.

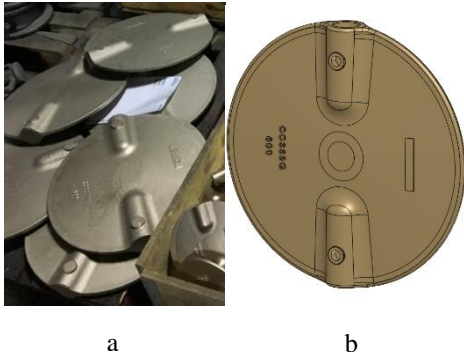


Şekil 12. Sıcak dövme ile üretilen prototip klape

Sıcak dövme ile üretilen prototiplerin bilgisayar destekli tezgahlar ile talaşlı imalatı yapılmak üzere aparat ve CAM programları oluşturularak CNC tezgahlarda işlenmiştir. Şekil 15'te klape nin CAM programı Şekil 16'ta ise klape nin talaşlı imalat öncesi ve sonrası görselleri yer almaktadır.



Şekil 13. Talaşlı imalat işlemi için klape CAM tasarımı



Şekil 14. Prototip imalat klape talaşlı imalat öncesi (a) ve sonrası (b) resimleri

Klape ve gövde üretimlerine ait prototip imalat gerçekleştirildikten sonra gövdelere ait kauçuk kaplama (EPDM) aşamasına geçilmiştir. Gövde kauçuk kaplama işlemi sıcak presler ile 50 ton basınç ve 260 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Şekil 17'de EPDM kaplama alt ve üst kalıpları, Şekil 18'de ise gövdesi EPDM kaplanmış Lug tip gövde parçası yer almaktadır.

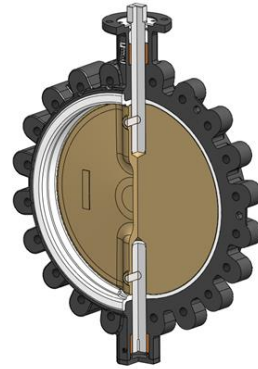


Şekil 15. Gövde kaplama kalıpları alt (sol) ve üst (sağ)



Şekil 16. EPDM kaplanmış Lug tip gövde

Döküm yöntemi ile üretilmiş, presle EPDM kaplanmış gövde ve sıcak dövme ile üretilmiş klape nin montaj tasarımları Şekil 19'da gösterilmiştir. Burada önemli olan nokta ölçüm hassasiyetlerine göre malzeme seçimi ve tasarımıdır.



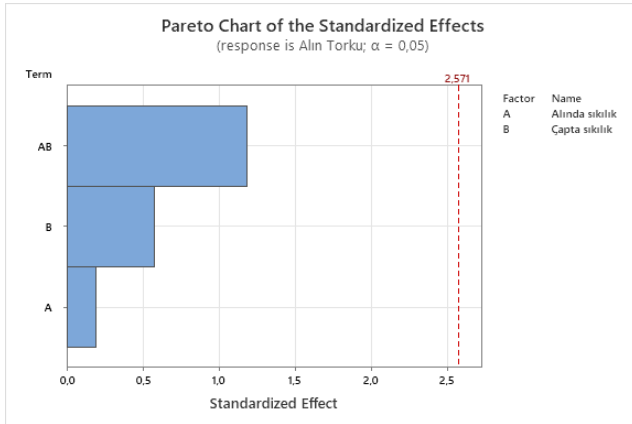
Şekil 17. EPDM Kaplanmış Lug Tip Gövde ve Sıcak Dövme ile Üretilmiş Klape Montaj Simülasyonu

Klape ve gövde montajında en hassas noktalardan bir tanesi de alın ve çap sıklıklarına göre klapeyi harekete geçirecek olan tork değerlerinin optimizasyonudur. Farklı gövde ve çap sıklıklarına göre elde edilen tork değerleri Minitab Veri analizi programı ile değerlendirilmiş ve optimum sıklık değerleri elde edilmiştir. Tablo 3'te Minitab deney tasarım modülü ile elde edilen faktörlerin sıralaması ile Şekil 20'de ise Minitab pareto analizi yer almaktadır.

Minitab verileri ve ölçüm değerlerinin doğrulanması ile elde edilmek istenilen ıslak tork değerleri Tablo 4'te karşılaştırılmıştır. Bu yöntemin avantajı kullanıcıların elde talep ettiği ıslak tork değerlerine göre kauçuk kaplanmış gövde ve sıcak dövme ile üretilmiş klape nin ölçüm hassasiyetlerinin kolaylıkla tespit edilebilmesidir.

Tablo 3. Minitab alın torkuna etkileyen alındaki ve çaptaki sıklıkların alın torkuna etkisi

Numune	Alında sıklık (mm)	Çapta sıklık (mm)	Alın Torku (Nm)
1.	1,69	1,89	26
2.	1,70	1,87	5
3.	1,71	1,88	5
4.	1,72	1,91	5
5.	1,72	1,86	5
6.	1,73	1,89	25
7.	1,74	1,83	5
8.	1,76	1,82	16
9.	1,77	1,85	5



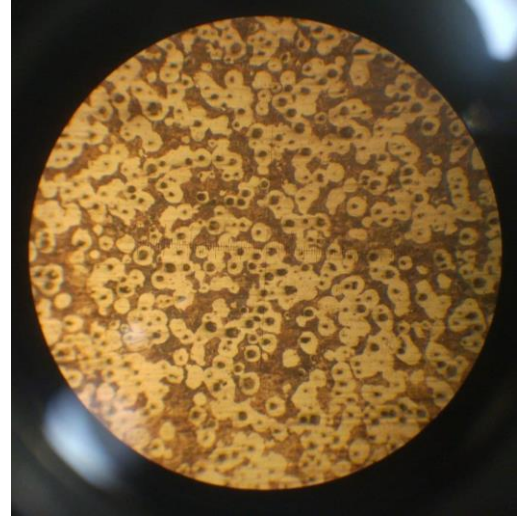
Şekil 18. Minitab pareto analizi

Tablo 4. Minitab verilerine göre işlenen gövde ve klapelere ait tork verileri.

Islak Tork (Nm)	Minitab Verisi (mm)		Ölçüm Verileri (mm)	
	Gövde Çap	Klape Çap	Gövde Çap	Klape Çap
81	150,59	152,45	150,56	152,42
87	150,58	152,45	150,60	152,43
94	150,57	152,45	150,56	152,43
98	150,59	152,43	150,60	152,42
106	150,57	152,42	150,54	152,43

BULGULAR

Lug ve Wafer tip kelebek vanaların her ikisinde de aynı gövde modelinden GGG 40.3 malzeme dökümü gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen dökümlerde herhangi bir sorun gözlenmemiş olup Şekil 21'de gösterilen mikro yapıların kontrolünde grafitlerin küresel yapıda ve homojen olarak dağılım gösterdiği, küreselleşmemiş grafitin bulunmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 19. Gövde döküm malzemesine ait mikro yapı resmi

Tablo 5'te ise bu mikro yapıya sahip modeller ile gerçekleştirilen mekanik test sonuçları yer almaktadır. Tespit edilen değerler standart gerekliliklerini karşılamaktadır.

Tablo 5'te gövde dökümüne ait mekanik değerler gösterilmiştir.

Tablo 5. Gövde malzemesine ait mekanik değerler

Malzeme	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Akma Sınırı (N/mm ²)	Uzama %	Sertlik HB
EN-GJS 400-18 LT	400	250	18	155
GGG 40.3				

Gövde klape ve millerinin birleşme noktalarında minimum 83,67 MPa, maksimum 752,99 MPa aralığında seçilen gerilemelerde mil malzemesi maksimum 654,73 MPa yüke maruz kalmakta ve bu değerlerde bile herhangi bir plastik deformasyon tespit edilmemiştir.

Klapelerin sıcak dövme prosesi için 300 tonluk basma yükü optimum değer olarak tespit edilmiştir. Parçanın mutlak ergime sıcaklığının 1/2 ile 1/3 arasındaki sıcaklık operasyon sıcaklığı olarak tespit edilmiş olup, bu sıcaklık değerinin altında kalan malzemelerde çatlama (Şekil 22), üzerindeki sıcaklıklarda ise homojensizlikler (Şekil 23) gözlenmiştir.

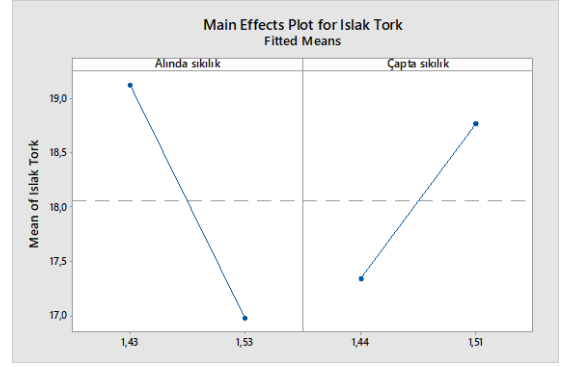


Şekil 20. Düşük kalıp sıcaklığında gerçekleştirilen sıcak dövmeyle ilgili parça görseli



Şekil 21. Yüksek proses sıcaklığında gerçekleştirilen sıcak dövmeyle ilgili parça görseli

Kauçuk kaplanmış gövde ve sıcak dövme ile üretilmiş klapelerin prototip imalatı sonrasında klapelerin gövde ile temasına göre değişkenlik gösteren ıslak tork değerlerine ait optimizasyon çalışması Minitab verileri ile deney tasarımı gerçekleştirilerek doğrulanmıştır. Sonuç olarak klape alın bölgesinde sıklık arttıkça ıslak tork azalırken, gövde çapında sıklık arttıkça ıslak torkun arttığı gözlenmiştir. Alındaki sıklık değerleri 1,43-1,53 mm arasında optimize edilirken gövde çapındaki sıklık değeri 1,44-1,51 mm arasında değişkenlik göstermektedir. Ortalama 18 Nm ıslak tork değeri Minitab verileri ile kayıt altına alınmıştır. Şekil 24'te Minitab ıslak tork, alında sıklık ve çapta sıklık analizi yer almaktadır.



Şekil 22. Minitab ıslak tork, Alında Sıklık ve Çapta Sıklık Deney Tasarım Verileri

SONUÇ

Bu çalışmada döküm yöntemi ile üretilmiş gövde, sıcak dövme ile üretilmiş klape ve pres kalıp ile üretilen EPDM kaplamaların kombinasyonları detaylı olarak ele alınmıştır. Maliyet düşürme ve korozyon direncini arttırmak amacıyla tercih edilen bronz klapelerde elde edilen en önemli sonuç, tasarımların bilgisayar destekli ortamlarda gerçekleştirilmesi ve simülasyonlar ile doğrulama-geçerli kılma operasyonlarının prototip imalat sonuçları ile neredeyse bire bir yakın sonuçlar vermiş olmasıdır.

Çalışmanın özgün bir yanı da güncel bir konu olan enerji verimliliği, karbon ve su ayak izi için gerçekleştirilmiş olan gelişme ve iyileşmelerin detaylı olarak ele alınmış olmasıdır. İklim kriziyle mücadele kapsamında su kaynaklarının verimli kullanılması kaçınılmaz hale gelmiştir. İklim krizinin oluşmasının başlıca sebepleri arasında yer alan ve küresel ısınmanın ölçüsü olan karbon ayak izinin azaltılması için çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışma neticesinde tasarımı gerçekleştirilmiş olan kelebek vana ürünüde akış katsayılarındaki iyileştirmeler ile enerji kayıpları %32 azaltılmış, karbon ayak izi %26 düşürülmüştür. Gövde ve klape tasarımlarında simülasyon destekli testlerin, gerçek test verileri %100 oranında örtüşmesi simülasyon destekli tasarımların önemini bir kez daha ortaya koymuştur. Makalede gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde özgün bombeli gövde ve kademeli mil yapısı için ulusal ve uluslararası patent başvuruları gerçekleştirilmiştir. Üretimin her aşamasında bilgisayar destekli tasarım ve simülasyon destekli uygulamalar mühendislik açısından oldukça kritiktir. Farklı şekil ve yapıya sahip prototip imalat elemanlarının montajı için kullanılması gereken optimum değerlerin deney tasarımı ve veri analiz programları ile değerlendirilmesi ile ampirik değerlere ulaşmak ve bu verileri doğru analiz etmek büyük bir öneme sahiptir.

SIMULATION ASSISTED EXPERIMENT DESIGN AND PROTOTYPE PRODUCTION OF BUTTERFLY VALVES

Butterfly valves, which are designed to enable the installations to open and close quickly in the valve industry and thus reduce water and energy loss, take their names from the placement of the disc and shaft. Although alternative methods such as rilsan or epoxy coating are used in order to increase the low corrosion resistance of commonly used ductile cast iron disc materials, it is impossible to reach the required corrosion resistance with these options, and it has been determined that the valve cannot fully fulfill its sealing functions. Stainless steel discs, which are used to increase corrosion resistance and improve sealing functions, are not preferred because of long lead times, high costs and machining difficulties. Bronze discs are of critical importance due to their low cost, short lead times and easy machining. Moreover, it is widely preferred in sector to increase the corrosion resistance and fulfill the sealing functions by coating the parts of the ductile cast iron body materials that meet the corrosive environment with rubber material. In this study, for the first time in the literature, ductile cast iron body original design of Lug-Wafer type butterfly valves, simulation-supported designs of the production of bronze discs by hot forging method and prototype production stages are discussed, the effects of the pressed EPDM coating dimensions on the wet torque were investigated with the experimental design to ensure the sealing on the body contact surfaces and the disc, and the optimum wet torque value of the system was determined.

Keywords: Butterfly Valve, Simulation Assisted Design, Bronze, Wet Torque

KAYNAKÇA

1. Ünlü C., Tesisat Mühendisliği Dergisi, 86 (2005), 83-86, İstanbul
2. Chern, M. J., Wang, C. C., and Ma, C. H., Performance Test and flow Visualization of Ball Valve, Exp Therm. and Fluid Sci. 31 (2007), 505-512.
3. Skousen, P.L., Valve Handbook: Flow Characteristics, p. 18-19, Newyork, 1998.
4. Oflaz, M., 2009, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Yaylı Emniyet Vanalarında Sızdırmazlığın Sağlanması İçin Kapatma Elemanı Kombinasyonunun Deneysel Olarak Belirlenmesi, 11-12.
5. Skousen, P.L., 1998. Valve Handbook: Manual Butterfly Valves, p. 111-121, Newyork, 1998.
6. Bozacı, A., Makina Elemanlar: Yaylar, Seç Yayın Dağıtım, cilt 1(2000), 8.1- 8.15.
7. Sandalcı, M., Effect of the Flow Conditions and Valve Size on Butterfly Valve Performance, Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi, 30 (2010) 2, 103-112.
8. Filo, Grzegorz, Edward Lisowski, and Janusz Rajda. "Design and flow analysis of an adjustable check valve by means of CFD method." Energies 14.8 (2021): 2237.
9. Li, Yongjian, et al. "Microstructure characteristics and mechanical properties of new-type FeNiCr laser cladding alloy coating on nodular cast iron." Journal of Materials Processing Technology 269 (2019): 163-171.
10. Mena, A., et al. "CFD analysis of hydrogen injection pressure and valve profile law effects on backfire and pre-ignition phenomena in hydrogen-diesel dual fuel engine." International Journal of Hydrogen Energy 44.18 (2019): 9408-9422.
11. Ye, Yang, et al. "Suppressing the generation of cavitation by increasing the number of inlet check valves in piezoelectric pumps." Sensors and Actuators A: Physical 293 (2019): 56-61.
12. Zhang, Sha, et al. "Transient numerical investigation of a large-scale hydro-pneumatic suspension considering variations in check valve parameters and operational conditions." International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow 30.4 (2019): 1967-1990.
13. Kim, Nam-Seok, and Yong-Hoon Jeong. "An investigation of pressure build-up effects due to check valve's closing characteristics using dynamic mesh techniques of CFD." Annals of Nuclear Energy 152 (2021): 107996.
14. Li, Shuxun, et al. "Analysis and Optimization of the Opening Dynamic Characteristics of Molten Salt Check Valves for Concentrating Solar Power." Applied Sciences 13.5 (2023): 3146.
15. Chamas, Ali, et al. "High temperature/pressure MAS-NMR for the study of dynamic processes in mixed phase systems." Magnetic Resonance Imaging 56 (2019): 37-44.
16. Bhowmik, Palash K., and Kune Y. Suh. "Flow mapping using 3D full-scale CFD simulation and hydrodynamic experiments of an ultra-supercritical turbine's combined valve for nuclear power plant." International Journal of Energy and Environmental Engineering 12.3 (2021): 365-381.
17. Gök, O., 2014, Kelebek vanaların optimizasyonu ve yeni bir kelebek vana tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 39-44.