

# DİP KLAPESİNİN ANSYS® İLE TASARIM OPTİMİZASYONU

Serdar KARAOĞLU\*, Çiçek ÖZES\*\*

\*Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

\*\*Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

Geliş Tarihi : 19.02.2007

Kabul Tarihi : 26.03.2008

## ÖZET

Bu çalışmada, bir dip klapesinin döküm tekniği ile üretilen ana parçalarının minimum ağırlık için tasarım optimizasyonu yapılmıştır. Çalışma, dip klapesinin iki ana parçasının hacimlerini azaltmak suretiyle döküm maliyetlerinin düşürülmesine odaklanmıştır. Çalışmada ANSYS® sonlu elemanlar paket programı kullanılmıştır. Optimizasyon aşamasında kullanılan parametrik ölçüler, üretici firmanın tasarım kriterleri ve ilgili standartlar incelenerek belirlenmiştir. Ana parçaların hesaplanan optimum boyutları kullanılarak dip klapesinin nihai tasarımı tamamlanmıştır. Optimizasyon çalışması sonucunda, dip klapesinin her iki ana elemanında % 8,5 civarında ağırlık azalması sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** *Tasarım optimizasyonu, ANSYS®, Dip klapesi.*

## DESIGN OPTIMIZATION OF A FOOT VALVE BY USING ANSYS®

### ABSTRACT

In this study, main components of a foot valve, being produced by casting, were optimized for minimum weight. The study was focused on the minimization of casting costs by reducing the volumes of two main parts of the foot valve. ANSYS® finite elements package was used in the study. In the optimization stage, parametrical dimensions were determined according to manufacturer's design criteria and related standards. Final design of the foot valve was completed by using the calculated values of optimum dimensions of the main components. Design optimization procedure gave about 8.5% of weight reductions in the main foot valve components.

**Key Words :** *Design optimization, ANSYS®, Foot valve.*

### 1. GİRİŞ

Günümüz rekabet ortamı, firmaların ürünlerini veya hizmetlerini kaliteli ve ucuz olarak müşteriye arz etmelerini gerektirmektedir. İmalat sanayinde seri üretim tekniklerinin geliştirilmesiyle başlayan ilerlemeler, son 30 yılda meydana gelen inanılmaz teknolojik gelişimlerle devam etmektedir. Hızla gelişen teknoloji sayesinde yeni ürün tasarım teknikleri gelişmiş ve kolaylaşmıştır. Tasarımcının kafasında canlanan başlangıç tasarımı, bilgisayar ortamında şekillendirilerek, bilgisayar destekli tezgahlar tarafından üretilebilmektedir.

Katı modellemesi tamamlanmış bir ürünün analiz ve optimizasyon işlemleri üretime başlamadan önce dijital ortamda yapılabilmektedir. Bu işlemler firmaların yeni ürünlere geçişlerinde minimum maliyet ve zaman kaybı ile tasarım yapmalarına olanak sağlamaktadır. En çok karşılaşılan durum, ürünlerin dayanım ve performansından ödün vermeden malzeme ağırlıklarının en aza indirilmesidir. Minimum ağırlığa sahip ürün düşük maliyetli olur. Bu doğrultuda yeni ürün geliştirme aşamasında, hem hafif, hem de dayanıklı olması istenen ürünler için tasarım optimizasyonu uygulanır (Sipahi, 2004).

Seri üretimlerde, hammadde girdi maliyetlerindeki en küçük değişimlerin bile firmaların üretim maliyetlerini, dolayısıyla da satış fiyatlarını büyük oranlarda etkilediği bilinmektedir. Firmaların üretim maliyetleri ne kadar düşük olursa, satış fiyatları o nispette aşağıya çekilebilir ve firmanın rekabet gücü ile birlikte ürünlerinin pazar payları da artar.

Literatürde tasarım optimizasyonu üzerine çok sayıda çalışma mevcuttur. Tsai ve arkadaşları, mevcut plastik contaya alternatif olarak orta koydukları, metal contalı küresel vana mekanizmasının optimal tasarımını yaptıkları çalışmada, tasarım optimizasyonunda ANSYS® paket programını kullanmışlardır (Tsai v.d., 2004). Bir diğer çalışmada Choi, 3 boyutlu bir giriş yapısının tasarım sensitivite analizi ve optimizasyon konfigürasyonu için genel bir metot geliştirdiği çalışmasında, ANSYS® in post-processing datasını kullanmıştır (Choi, 2002).

Bu çalışmada, DN 500 mm anma çaplı, PN16 Bar basınçta çalışacak olan Dip Klapesi Vanası'nın ANSYS® sonlu elemanlar paket programı kullanılarak tasarım optimizasyonu yapılmıştır. Bu optimizasyon işlemi, sfero dökme demirden üretilmesi planlanan vana parçalarının, tasarlanan et kalınlıklarını minimuma indirerek parçaların hacimlerini, dolayısıyla da ağırlıklarını minimum değerlere çekmiştir. Böylece ürünün kalite ve güvenilirliğinden taviz vermeden döküm maliyetleri azaltılmıştır.

## 2. ANSYS İLE TASARIM OPTİMİZASYONU

Optimizasyon modülü (/OPT), ANSYS programının içerdiği modüllerden biridir. Bu program yardımı ile optimum tasarım problemleri çözülebilmektedir. Program, analiz-dönüştürme-tanımlama işlemlerini içeren döngüleri (loop) gerçekleştirir. Bu döngü, istenen kriterler sağlanana kadar devam ettirilir.

### 2. 1. Temel Kavramlar

Tasarım Değişkenleri (DV-Design variables ): Bir sistemin tasarımını tanımlamak için seçilen değişkenlere tasarım değişkenleri denir. Tasarım değişkenlerinin doğru seçilmesi gerekmektedir. Bunlar, mümkün olduğu kadar birbirlerinden bağımsız olmalıdırlar. ANSYS'de 60 taneye kadar tasarım değişkeni (DV) tanımlanabilmektedir.

Durum Değişkenleri (SV-State variables): Tasarım kısıtlamalarını tanımlayan bu değişkenlerden 100 taneye kadar tanımlanabilmektedir.

Amaç Fonksiyonu (Objective function): Klasik tasarım işlemi, bir problemin sadece fonksiyonel ve bazı gereksinimlerinin karşılandığı, kabul edilebilir tasarımın bulunmasıdır. Genelde birden fazla kabul edilebilir tasarım vardır. Optimizasyonun amacı bunlar arasında “en iyi” olanı seçmektir. En iyiyi seçebilmek için bir kriter olmalıdır. Bu kriterin matematiksel olarak tasarım değişkenleri cinsinden ifadesi “amaç fonksiyonunu” verir.

DV, SV ve amaç fonksiyonu hep birlikte “optimizasyon değişkenleri” (optimization variables) olarak adlandırılır. Bir ANSYS optimizasyonunda bu değişkenler kullanıcı tarafından isimlendirilen ve “parametre” denilen değişkenlerle temsil edilir. Kullanıcı hangi parametrelerin DV, hangilerinin SV ve hangisinin amaç fonksiyonu olacağını belirtmek zorundadır (ANSYS, 2002).

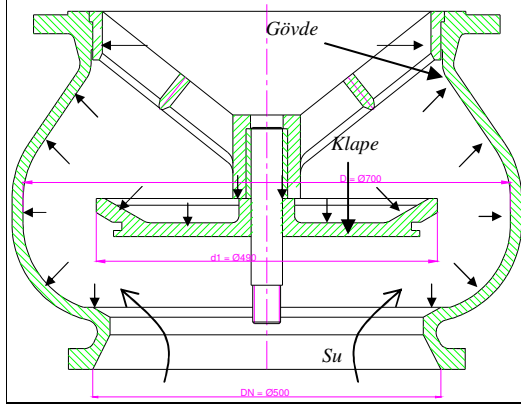
Uygun ve Uygun Olmayan Tasarım (Feasible & Infeasible Design): Uygun tasarım, DV ve SV için belirtilen tüm kısıtlamaları sağlayan tasarımdır. Eğer kısıtlamaların herhangi bir tanesi bile ihlal ediliyorsa tasarım uygun olmayandır.

En İyi Tasarım (Best Design): Tüm sınırlamaları sağlamakla birlikte amaç fonksiyonunu minimum yapan tasarımdır.

## 3. DİP KLAPESİ

Dip klapesi, su sistemlerinde kullanılan pompaların emiş hatlarında, pompa çalışırken suyun geri akışını engelleyerek pompanın ilk çalışma esnasında susuz çalışmasını önleyen vana ekipmandır. Genellikle kuyu suyu kullanılan sistemlerde emiş hattının kuyu çıkışına yerleştirilir. Pompa çalıştıktan sonra dip klapesi basınç farkı nedeniyle açılır ve suyun akışına izin verir. Şekil 1'de dip klapesinin açık konumda iken kesit görünüşü ve kapalı konuma geldiğinde ana parçaların üzerine etki eden basınçlar gösterilmiştir.

Pompa basma hattındaki çekvalfteki en küçük bir su kaçağı bile pompayı ve pompa emiş hattını, dolayısıyla dip klapesini sistem basıncının etkisinde bırakır. Dip klapesinin 16 Bar gerektiren bir su sisteminde kullanılması durumunda üzerine 16 Bar basınç gelecektir. Bu şartlarda çalışacak olan bir dip klapesi için üretici firma ilgili ISO 5208 standardı gereği işletme basıncının 1.5 katı basınç altında dip klapesini test etmek zorundadır (ISO, 1993). Bu çalışmada yapılan analiz ve optimizasyon işlemlerinde, dip klapesinin üretiminden sonra maruz kalacağı maksimum basınç göz önüne alınarak 25 Bar basınç uygulanmıştır.



Şekil 1. Gövde ve klapa üzerine gelen basınçlar.

Bu çalışmada incelenen vananın çalışma şartları, su sistemi ve üretici firmanın malzeme seçimi göz önüne alındığında, kullanılan malzeme için gerekli minimum et kalınlıklarını hesaplanırken dökme demir borular ile ilgili oluşturulmuş olan standartlar ve hesaplamalar kullanılmıştır. Malzeme olarak GGG-40 küresel grafitli (sfero) dökme demir seçilmiştir.

Malzemenin Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	
$\rho$ (yoğunluk)	$7.3 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$
$\nu$ (Poisson oranı)	0.3
E (Young Modülü)	165 GPa
Emniyetli Akma Dayanımı	104 MPa
Emniyet katsayısı	2,5

#### 4. TASARIM SINIRLAMALARI

Dökme demir borular, karşılayabilecekleri maksimum basınçlara göre LA, A, B ve C sınıfında, flanşlı borular ise sadece B veya C sınıfında üretilebilirler (Okday, 1975). Dip klapesi flanşlı olduğu için hesaplamalar B veya C sınıfı için yapılmalıdır.

DN borunun ya da vananın anma çapı olmak üzere et kalınlığı ve toleransı aşağıdaki bağıntılardan hesaplanabilir:

$$\text{Et kalınlığı} = (\chi / 12) \times (7 + 0.02 \text{ DN}) \quad (1)$$

$$\text{Tolerans} = - (1 + 0.05 \times \text{Et kalınlığı}) \quad (2)$$

Bu çalışmada optimizasyonu yapılacak olan Dip Klapesi C Sınıfı dökme demir boru gibi ele alınmıştır. Buna göre DN = 500 mm,  $\chi$  katsayısı ise 13 alınarak (Okday, 1975) Denklem 1 ve 2' den; Et kalınlığı  $\approx 18 \text{ mm}$   
Tolerans  $\approx -2 \text{ mm}$  bulunur.

Böylece, dip klapesi parçalarında kullanılacak olan minimum et kalınlığı 16 mm olarak tespit edilir.

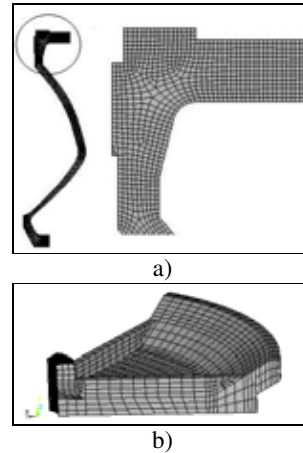
Dip Klapesinin flanş ölçülerinde ISO 7005/2 standardına (ISO, 1988), boy ölçülerinde ise üretici firmanın DN400 mm, DN 500 mm ve DN 600mm dip klapeleri için oluşturdukları tasarımlara uyulmuştur ve bu ölçülerde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Gövdenin Şekil 1'de ölçüleri verilmiş olan kesiti vananın çalışma prensibi için tam açık pozisyonda gerekli su hacmini sağlayacak biçimde tasarlanmıştır. Klapa gövdesinin üretici firma tarafından tasarlanan geometrisinde ve iç ölçülerinde bir değişikliğe gidilmemiştir.

Klapenin kapatma yüzeyi, gövdenin iç kesitindeki oturma yüzeyi ile uyumlu olmalıdır. Bu yüzden bu bölgede herhangi bir ölçü değişikliği yapılamamıştır.

### 5. DİP KLAPESİNİN TASARIM OPTİMİZASYONU

#### 5. 1. Klapa ve Gövdenin Sonlu Eleman Modelleri

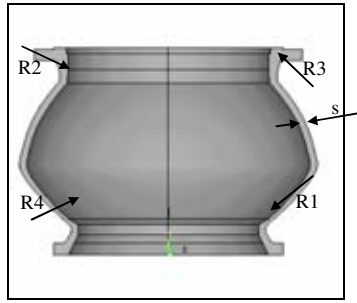
Zamandan ve fazla işlemekten tasarruf amacı ile aksel simetriye sahip parçalar iki boyutta modellenenirler. Bu çalışmada; gövde aksel simetriye sahip olduğu için iki boyutta modellenmiştir. Klapa üzerindeki federler aksel simetriyi bozduğundan iki boyutta bir modelleme mümkün olamamış, mevcut simetri şartlarına göre klapenin 1/6 sını için üç boyutlu modelleme yapılmıştır. Gövdede, 8 düğümlü isoparametrik aksel simetrik (PLANE 82) elemanlar, Klapede ise 8 düğümlü (SOLID 45) elemanlar kullanılmıştır. Gövde ve klapenin sonlu eleman modelleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



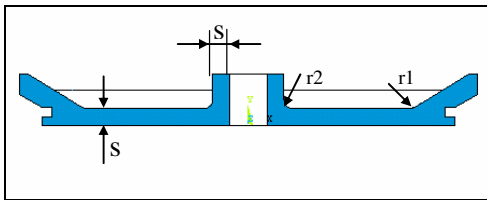
Şekil 2. a) Gövde ve b) Klapeye ait sonlu eleman modelleri.

## 5. 2. Klape ve Gövdenin Optimum Tasarımı

Klape parçasının, üretici firmanın tasarladığı iç kesit eğrileri, flanş ölçüleri ve boy ölçüsü üzerinde bir değişiklik yapılmayıp bu ölçüler “sabit” olarak tanımlanırken, klape kalınlığı ve radyüsleri “tasarım değişkenleri” olarak alınmıştır. “Durum değişkeni” olarak gövde üzerinde oluşan maksimum gerilme dikkate alınmıştır. “Amaç fonksiyonu” olarak seçilen minimum hacim, tasarım değişkenleri cinsinden ifade edilerek, tasarım değişkenlerine bağlı parametrik modelleme yapılmıştır. Modellemede kullanılan parametrik ölçüler Şekil 3’te görülmektedir. Parametrelerin mevcut ilk tasarım değerleri ile parçaların optimizasyonunda kullanılan alt ve üst sınırlar Tablo 1’de verilmiştir. Parçaların ağırlığında en büyük pay sahibi olan ve 4. bölümde yapılan hesaplama ile bulunan cidar kalınlığının alt sınırı (16 mm), mekanik zorlamanın yanında, mevcut döküm olanakları ve teknoloji seviyesinin de getirdiği bir sınırdır.



(a)



(b)

Şekil 3. Parametrik ölçüler a) Gövde ve b) Klape.

Tablo 1. Optimizasyon parametreleri.

Gövde			
Parametre	Tasarım Başlangıç Değeri (mm)	Alt Sınır (mm)	Üst Sınır (mm)
s	18	16	25
R1	10	7	15
R2	18	15	20
R3	10	7	15
R4	18	15	20
Klape			
Parametre	Tasarım Başlangıç Değeri (mm)	Alt Sınır (mm)	Üst Sınır (mm)
s	22	16	25
r1	20	10	25
r2	10	5	20

Optimizasyon işlemi bittikten sonra, iterasyonlar sırasında oluşturulan tasarım setlerini incelemek gerekir. Tasarım setleri arasında uygun (feasible) olanlarının arasından en iyi tasarım seti değerleri modelin parametrelerine atanır. Klappenin ve gövdenin optimizasyonu sonucu oluşan tasarım setleri dosyaları sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 2’den görüldüğü gibi, klappenin optimizasyonunda iterasyon sayısı yedi olup, en önemli parametre olan s(kalınlık), 22 mm olan başlangıç değerinden, beşinci iterasyon sonunda 16mm ye inmiştir. Gövdenin optimizasyonu ise üç iterasyon sonunda tamamlanmış, cidar kalınlığı 18mm’den 16 mm’ye inmiştir (Tablo 3).

## 6. OPTİMİZASYON SONUÇLARI

Başlangıç tasarım değerleri ile yapılan analizlerin sonucunda elde edilen maksimum gerilme, hacim ve ağırlık değerleri Tablo 4’te, gerilme dağılımları ise Şekil 4’te gösterilmiştir. Başlangıç değerlerine göre, en yüksek gerilmeler gövdede alt kısımda, klapede ise federlerin klape gövdesi ile birleştiği yerlerde meydana gelmektedir (Şekil 4).

Tablo 2. Klappenin optimizasyonu sonucu oluşan tasarım setleri dosyasının içeriği.

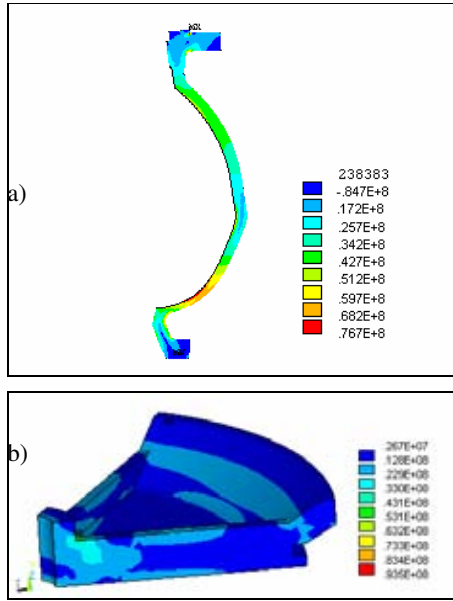
	Maks.Gerilme (SV) [MPa]	r1 (DV) [mm]	r2 (DV) [mm]	s (DV) [mm]	Hacim (OBJ) [m <sup>3</sup> ]
SET1	93,53	20,000	10,000	22,000	0,0054371
SET2	99,95	19,993	9,971	21,069	0,0055311
SET3	100,69	19,982	10,307	19,415	0,0051401
SET4	100,69	19,980	10,545	19,107	0,0050491
SET5	56,68	19,966	14,017	16,000	0,0047497
SET6	56,27	19,959	14,350	16,000	0,0047501
SET7	57,95	19,585	12,986	16,000	0,0047477

Tablo 3. Gövdenin optimizasyonu sonucu oluşan tasarım setleri dosyasının içeriği.

	Maks.Gerilme (SV) [MPa]	R1 (DV) [mm]	R2 (DV) [mm]	R3 (DV) [mm]	R4 (DV) [mm]	S (DV) [mm]	Hacim (OBJ) [m <sup>3</sup> ]
SET1	76,745	10,000	18,000	10,000	18,000	18,000	0,023121
SET2	79,416	9,981	18,000	9,957	17,972	16,000	0,021592
SET3	80,211	9,763	17,996	9,525	17,662	16,000	0,021588

Tablo 4. Başlangıç değerleri için analiz sonuçları.

	Gövde	Klape
Hacim (m <sup>3</sup> )	0,023121	0,0054371
Ağırlık (kg)	168,78	37,87
Maks.gerilme (MPa)	76,74	93,53



Şekil 4. Başlangıç tasarım değerlerinde elde edilen gerilme dağılımları a) Gövde ve b) Klape.

Optimizasyon işlemleri sonucunda elde edilen ağırlık ve maksimum gerilme değerleri Tablo 5'te verilmiştir. Buna göre gövdenin ağırlığı 168,78 kg'dan 154,46 kg'a (% 8,48) azalmaktadır. Klape'nin ağırlığı ise 37,87 kg'dan 34,65 kg'a (% 8,50) düşmektedir.

Parçaların hacimlerini dolayısı ile ağırlıklarının minimum yapan optimum tasarım değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Başlangıç değerleri ile kıyaslandığında, optimizasyon işlemi ile, ağırlık azaltmada en etkin parametre olan cidar kalınlıklarının azaldığı, radyüslerde ise önemli bir değişiklik gerçekleşmediği görülmektedir.

Tablo 5. Optimizasyon sonuçları.

	Gövde	Klape
Hacim (m <sup>3</sup> )	0,021588	0,0047477
Ağırlık (kg)	154,46	34,65
Maks.gerilme (MPa)	80,21	57,95

Tablo 6. Optimizasyon sonucu elde edilen tasarım değerleri.

GÖVDE	Parametre	Optimizasyon Sonucu (mm)
	s	16,00
	R1	9,76
	R2	17,99
	R3	9,52
R4	17,66	
KLAPE	Parametre	Optimizasyon Sonucu (mm)
	s	16,00
	r1	19,58
	r2	12,98

## 7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

DN 500 mm çaplı dip klapesinin döküm yoluyla üretilen klape ve gövde parçalarının ANSYS® programı ile tasarım optimizasyonunun yapıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

Gövde ağırlığının optimizasyon işleminde, öngörülen minimum et kalınlığı değerine üçüncü iterasyon sonucunda ulaşılmış, malzemenin mukavemet sınırları zorlanmadan optimizasyon sona erdirilmiş ve elde edilebilecek olan minimum ağırlığa ulaşılmıştır. Gövdenin 168,78 kg olan ağırlığı, optimizasyon işlemlerinden sonra 154,46 kg'a indirilerek, % 8,48 azaltılmıştır.

Yedi iterasyon ile gerçekleştirilen klape parçasının optimizasyonunda, başlangıçta 37,87 kg olan ağırlık, 34,65 kg'a indirilerek, ağırlıktan % 8,50 tasarruf edilmiştir.

Döküm yöntemi ile yapılan üretimde ücretlendirmenin ağırlık üzerinden yapıldığı düşünülürse, söz konusu parçalardaki ağırlık azaltılması döküm maliyetlerini aynı oranda düşüreceği açıktır.

Bilgisayar destekli tasarımın bir parçası olarak kullanılabilir olan tasarım optimizasyonu yaklaşımı ile, pahalı ve zaman alıcı deneme-yenilmalara hiç girmeden emniyetli ve düşük maliyetli ürünler tasarlanabilir.

## 8. TEŞEKKÜR

Çalışmanın ortaya çıkmasında ve yürütülmesindeki katkılarından dolayı Doğu Vana ve Döküm Sanayi Ltd. Şti.'ne ve fabrika müdürü Mak. Müh. Alaattin YILDIRIM'a teşekkür ederiz.

## 9. KAYNAKLAR

ANSYS Inc. 2002. ANSYS 7.0 Documentation.

Choi, J.H. 2002. Configuration design sensitivity analysis and optimization of beam structures. Computational Mechanics 29, 129-142.

ISO 5208: 1993. Industrial Valves-Pressure testing of valves.

ISO 7005-2: 1988. Metallic flanges-Part 2: cast iron flanges.

Okday, Ş. 1975. Makine Elemanları, Cilt V. Boru ve kapama armatürleri. Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.

Sipahi, E. 2004. Dip Klapesinin ANSYS ile Dizayn Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, FBE, İzmir.

Tsai, C.C., Chang, C.Y. and Tseng, C.H. 2004. Optimal design of metal seated ball valve mechanism. struct. Multidisc. Optim. 26, 249-255.