

IS1600 EĞİK MAKAS YAĞ TANKI SİRKÜLASYON POMPASI DESTEK SACI ISIL ANALİZİ VE YANIT YÜZEY YÖNTEMİ İLE OPTİMİZASYONU

Özer ÖĞÜÇLÜ¹, Çağatay Yeldar YILDIRIM²

Accepted: 2024-12-13
DOI: 10.47118/somatbd.1536844

ÖZET

Bu çalışmada, IS1600 Eğik Makasın yağ tankı sirkülasyon pompası destek sacının ısıl ve statik koşullarının parametrik optimizasyonu incelenmiştir. Bu desteğin üç boyutlu katı modeli Sonlu Eleman Analizi için ANSYS'e yüklenmiştir. AYMAS Geri Dönüşüm Makineleri tarafından üretilen Eğik Makas'ın yağ tankı sirkülasyon pompası destek sacının, sıcaklık, ısı taşınımı ve kuvvet değerleri kullanılarak Von-Mises Gerilmesi ve Toplam Şekil Değiştirmesini hesaplamak üzere ANSYS'te modeli geliştirilmiştir. Sıcaklık ve kuvvet değerleri bu parametrik optimizasyonun giriş parametreleri olarak belirlenirken, von-Mises Gerilmesi ve Toplam Şekil Değiştirmesi çıktı sonuçları olarak belirlenmiştir. Bu değişkenler kullanılarak Yanıt Yüzeyi Yöntemi ile ANSYS üzerinden çoklu optimizasyon gerçekleştirilmiştir.

Sıcaklık değerleri; düşük sıcaklıkların sebep olduğu yüksek viskoziteyi önlemek için 35°C ile uygun çalışma koşullarını sağlamak için eğik makasın çalışmasının durduğu sıcaklık olan 55°C ile sınırlandırılmıştır. Bu analizde yağ tankı soğutma sisteminin en az kullanımı hedeflenmiştir. Hasara sebep olmamak için destek sacı malzemesi olan AISI 316 çelik malzemesinin akma mukavemeti sınırı geçilmemiştir. Kuvvet değerleri yağ tankının boş ve dolu ağırlığına göre sınırlandırılmıştır. Motor ve pompanın toplam ağırlığı olan 45 kg, yağ tankının doluluk oranına göre değişip en fazla 48 kg değerine ulaşmaktadır. Sirkülasyon pompasındaki hidrolik yağ miktarının sebep olduğu en yüksek ağırlık hedef olarak belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda en uygun sıcaklık ve kuvvet değerleri bulunmaktadır. Bu değerler en yüksek hidrolik yağ ağırlığı ve en düşük sıcaklığa ulaşmak adına 35,006 °C ve 473,5 N olarak saptanmıştır.

Anahtar Kelime: Geri Dönüşüm, Optimizasyon, Yanıt Yüzeyi Yöntemi, ANSYS, Sonlu Elemanlar, AISI 316 Paslanmaz Çelik, Isıl Genleşme, von-Mises Gerilmesi

ABSTRACT

In this study, parametric optimization of IS1600 Inclined Shear oil recirculation pump support's thermal and static conditions are investigated. Three-dimensional solid model of the support is imported into ANSYS for Finite Element Analysis. Oil recirculation pump support's analysis is conducted in ANSYS to calculate von-Mises Stress, as well as Total Deformation

¹ Mak. Müh., AYMAS Geri Dönüşüm Makineleri Firması, Ar-Ge Merkezi, İzmir, arge07@aymasmakina.com,
ORCID : 0000-0002-6293-7742

² Mak. Müh., AYMAS Geri Dönüşüm Makineleri Firması, Ar-Ge Merkezi, İzmir, argemerkezi@aymasmakina.com,
ORCID : 0000-0001-9371-6902

of the support. These values are calculated by using the temperature, convection and force values of the Inclined Shear, produced by AYMAS Recycling Machinery. The temperature and force values are set as input parameters while Von-Mises Stress and Total Deformation are set as output results of this parametric optimization. Multiple optimization is performed in ANSYS with Response Surface Method using these variables.

Temperature values are restricted by 35°C in order to prevent high viscosity caused by cold temperatures and 55°C to ensure proper operation since it's the shutdown temperature of the machine. Minimum use of machine's cooling system is aimed with this analysis. Yield strength of the material AISI 316 should not be exceeded in order to avoid damage of the support. Force values have been constrained due to empty and loaded values of the oil tank. Engine and pump has total weight of 45 kg and it changes with respect to fullness of the oil tank at most 48 kg. Maximum value caused by oil tank weight is the target. The study concludes with optimum temperature and force values: 35,006 °C and 473,5 N for achieving the maximum force and minimum temperature.

Keywords: Recycling, Optimization, Response Surface Method, ANSYS, Finite Element, AISI 316 Stainless Steel, Thermal Expansion, von-Mises Stress

1. GİRİŞ

Geri Dönüşüm; kullanım dışı kalan ve geri dönüştürülebilir olan çeşitli atık ve hurda malzemelerin farklı geri dönüşüm yöntemleri ile ham madde olarak yeniden imalat işlemlerine kazandırılması olarak tanımlanmaktadır [1]. Dünya nüfusunun giderek artması sonucu oluşan besin ihtiyacı ile üretim artmış, artan teknolojik gelişmeler ile birlikte doğada uzun süre kaybolmadan kalan çeşitli naylon, plastik ve metal malzemelerden atıklar çevreye atılmaya başlamıştır. Bunun sonucunda çevrede meydana gelen kirlenmeyi hem önlemek hem de azaltmak ve enerji kaynaklarını korumak amacı ile Geri Dönüşüm çalışmaları önem kazanmıştır. Doğal kaynaklardan daha uzun süre ve etkin olarak yararlanmak amacı ile ortaya çıkan atıkları atılmaktansa ekonomik olarak değerli olan maddeler olarak geri dönüştürülmesi konusunda belirli bazı yöntemlerin uygulanması gereklidir [2].

Çevre dostu bir yaklaşım olarak ortaya çıkan geri dönüşüm aynı zamanda karlı bir iş alanı haline gelmiştir. Günümüzde hammadde kaynaklarının birçok nedenden dolayı tükenmesi ve birçok yöntemin benimsenmesi nedeniyle hammaddenin önemi artmıştır. Bu faaliyetlerden biri de çevre dostu olarak oluşturulan ve kaynak bulmanın karlı bir yolu olarak ticari bir alana dönüştürülen geri dönüşüm şirketlerinin çalışmalarıdır. Fakat bir geri dönüşüm firmasının işini iyi yapabilmesi için bu işi kaliteli geri dönüşüm makineleri ile yapması gerekmektedir. Geri dönüştürülecek malzemelerin niteliğine göre bu makineler farklı yapı ve tiplerde üretilmektedir. Ayrıca bir geri dönüşüm merkezinde birçok farklı geri dönüşüm makinesi kullanılmaktadır.

Her türlü metal atıkların yeniden değerlendirilmesini sağlayan metal geri dönüşüm makineleri. Bu işlemlerin yapılabilmesi için öncelikle hurda metallerin türlerine göre ayrıştırılması ve ayrıştırılması gerekmektedir. Çünkü bakır ve demir, alüminyum ve çelik farklı şeyler yapar. Bu işlemler sonucunda hurda metaller ayrıştırılarak geri dönüşüm makinaları kullanılarak küçük parçalara ayrılmaktadır. Bazı durumlarda hurda metalin değeri bu şekilde artar ve tam bir dönüşüm için her metal fırında kendi erime sıcaklığına ayarlanır. Bu metalurjik

işlemden sonra geri dönüştürülen metal hurdaları şeritler halinde sanayide tekrar kullanılmak üzere ham madde olarak değerlendirilmektedir.

Buradaki çalışmada, IS1600 Eğik Makasın yağ tankı sirkülasyon pompası destek sacının ısı ve statik koşullarının parametrik optimizasyonu incelenmiştir. Sıcaklık ve kuvvet değerleri bu parametrik optimizasyonun giriş parametreleri olarak belirlenirken, von-Mises Gerilmesi ve Toplam Şekil Değiştirmesi çıktı sonuçları olarak belirlenmiştir. Bu değişkenler kullanılarak ANSYS aracılığıyla yanıt yüzeyi yöntemi kullanılarak çeşitli optimizasyonlar gerçekleştirildi. Topaç, Bahar ve Kuralay yaptıkları çalışmada; dört tekerlekten çekişli bir aracın ön aksında kullanılmak üzere tasarlanan diferansiyel kolunun kütle ve ağırlığını optimize etmişlerdir. Bu amaçla öncelikle dört tekerlekli bir aracın sabit aksının parametrik katı modeli elde edilmiştir. Bu model kullanılarak farklı sürüş koşullarının analize etkisi dikkate alınarak aksın sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Bu nedenle farklı bir kolda gerilme yoğun alanlar belirlenmiştir. Bir sonraki adımda kovan için birkaç farklı tasarım oluşturularak kütle ve gerilme yoğunluğu en düşük olan tasarım bulunmuştur. Bu çeşit son tasarımın gövde kol geçişinde güçlendirilmiş kanatlarını oluşturan iki tasarım parametresi olan kanat açısı ve kanat kalınlığı tasarım değişkenleri olarak belirlenmiştir. Çok amaçlı optimizasyon işlemi, yanıt yüzeyi yöntemi ve bu iki giriş değişkeni kullanılarak gerçekleştirilmiştir [3].

Boru şeklindeki elemanların ve kayaya oyulmuş yarıkların ısı transferini ve akış ayrımını belirlemek amacıyla deneysel bir çalışma yapılmıştır. tasarım parametresi olarak; Kanat yüksekliği, akış yönünde kanatlar arası mesafe, iz sayısı ve Reynolds sayısı değerleri seçilerek yanıt yüzeyi yöntemi kullanılarak Nusselt sayısı ve sürtünme katsayısının matematiksel modelleri geliştirilmiştir. Boruların üzerindeki açık alanların ısı transferini iyileştirmede büyük avantaja sahip olduğu tespit edilmiştir [4]. Mekanik parçaların üretim sürecinde kullanılan makine, temel üretim yöntemlerinden biri olarak önem taşımaktadır. Makine parçalarının imalatında iş takımının uygun basınç ve boşluk basıncıyla makineye bağlanmasıyla yüksek standartta işleme mümkündür. Çünkü çalışma aleti doğrudan makineye bağlıdır. Yüzey pürüzlülüğünü iyileştirir, titreşimi azaltır ve mekanik performansı artırır. Silindirik parçaları CNC makinesine bağlamak için bağlama ve indeksleme aletleri kullanılır. Gürbüz, Baday ve Sönmez tarafından yapılan çalışmada bu makinelerin çalışma takımının basıncındaki değişim analiz edildi. Bu amaçla bu çalışmada iş parçasının yüzey işleme üç farklı ayna basıncı değeri ve kesme parametrelerinin belirlendiği bir nokta ile gerçekleştirilmiştir. Bu işleme devam edilerek ölçülen yüzey pürüzlülük değerleri ve titreşim aralığı araştırıldı. Daha sonra bu çalışmada alınan önlemleri değerlendirmek için yanıt düzeyi yöntemi kullanılmıştır. Bu istatistiksel yöntemle yüzey pürüzlülüğü değerlendirilmiş ve deney tasarımında en etkili parametrenin yansıma basıncı olduğu sonucuna varılmıştır [5].

Metal geri dönüşümünde, daha büyük metalleri sıkıştırıp keserek daha küçük metal elde etmek için çapraz makaslar kullanılır. Bu çalışmada AYMAS Geri Dönüşüm Makina firmasının ürettiği IS1600 pah kesici ele alınmıştır. Atıkların birleştirilmesi ve kesilmesi ile ilgili tüm işlemler, açılı kesicinin gövdesine dayanmaktadır. Kesim için kullanılan IS1600 makas. Atık malzeme kesme odasına beslenir ve kayar temel ve kuvvetin etkisi altında aşağı doğru hareket eder. Uzun onarım süreci tamamlandı. Tutma grubunun çalışması sonrasında bileme grubu tarafından malzeme alınır ve kesme grubu aşağı inerek kesme işlemini gerçekleştirir. Malzeme çapraz makasla kesime uygundur. Ağır çelik, borular, metal levhalar, otomobiller ve karışık atıklar [6].

2003 yılında İzmir'de kurulmuş olan AYMAS Geri Dönüşüm Makineleri firması; makine parçası imalatı ile birlikte talaşlı imalat, kalıp, aparat, kaynaklı imalat, yedek parça ve bakım işleri yapmakta ve hurda, demir, çelik, çimento, maden, kâğıt, kimya, ambalaj, döküm, otomotiv ve gemicilik sektörüne yönelik alanlarda faaliyet göstermektedir. Firma kuruluş tarihinden itibaren beş ayrı alanda olmak üzere toplam otuzdan fazla farklı ürünün geliştirilmesini başarmıştır. Geri dönüşüm alanındaki tecrübesi ve Ar-Ge merkezi çalışanlarının tasarım yetenekleri ürün geliştirme sürecindeki başarısını sağlamaktadır. 2006 yılından bu yana AYMAS Geri Dönüşüm Makineleri firması; metal hurda presleri, briketleme presleri, kanatlı makas ve eğik makas gibi yüksek kapasiteli hurda makaslarından oluşan geri dönüşüm makinelerinin yanında talaş kırıcı, santrifüj, hurda parçalayıcıları, hurda konveyörleri, kablo soyma makineleri, polipler, manyetik ayırıcı bantlar ile müşterilerinin istekleri ile imalat çalışmalarını yapmakta ve bu alanda süratle ürün çeşitliliğini arttırmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

AYMAS Geri Dönüşüm Makineleri Firması üretimi olan IS1600 Eğik Makasın genel görünüşü Şekil 1' de [7] ve Teknik Özellikleri ise Tablo 1'de verilmektedir [8].

Tablo 1. IS1600 eğik makas teknik özellikleri [8]

Model	Kesme Kuvveti (Ton)	Kesme Sayısı (Adet/dk)	Kapasite (Ton/saat)	Ağırlık (Ton)	Boyutlar UxGxY (m)
IS1600	1600	2 – 3	70	160	11 x 5 x 4

Eğik Makas, Şekil 1'de gösterildiği gibi yedi gruptan meydana gelmektedir; (1) Taşıma Grubu, (2) Yan Kılavuz Duvarlar, (3) Kesme Grubu, (4) Tutucu Grubu, (5) Sıkıştırma Grubu, (6) Boy Ayarlama Grubu ve (7) Hidrolik Ünite ve Motor Grubu.



Şekil 1. IS1600 eğik makas genel görünüşü [7]

Eğik hurda kesme makasları, metal geri dönüşüm çalışmalarında büyük boyutlu metal hurdaların sıkıştırılarak ve sonra kesilerek daha küçük boyutlu metal hurdaların üretilmesi için kullanılmaktadır. Şekil 1’de verilen Eğik Makas genel görünüşünde gösterildiği gibi hurdaların sıkıştırılması ve kesilmesi işlemlerini uygulayan mekanizmaların tümü Eğik Makas gövdesi üzerinde birlikte bulunmaktadır. IS1600 Eğik Makas metal hurda malzemeleri kesme amacı kullanılmaktadır. Hurda malzemeler Makas Haznesi içine boşaltılır sonra kayar taban ve yer çekimi etkisi ile aşağı doğru hareket eder. Boy ayarlama işlemi daha sonra gerçekleştirilir. Haznenin en alt bölgesine gelen hurda malzeme Tutucu grubu ile tutulur sonra Sıkıştırma grubu ile hurda malzeme sıkıştırılır. En son olarak Kesme grubunda bulunan 2 adet kesme silindiri aşağı doğru hareket ederek hurda malzemenin kesme işlemini gerçekleştirir. Ağır iş çelikleri, boru, sac, otomobil ve karışık hurdalar Eğik Makasta kesilmesi uygun olan metal malzemeler olmaktadır.

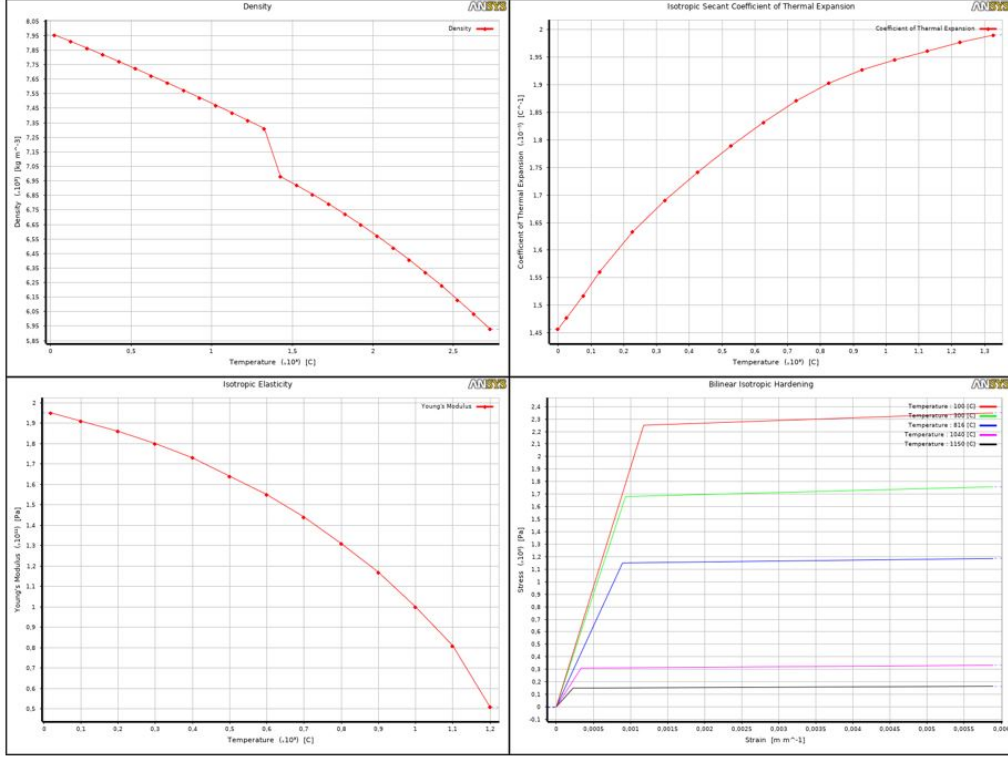
Bu çalışmada söz konusu tank üzerinde bulunan yağ tankı – soğutma grubu sirkülasyon pompası destek sacının ısıl genleşme ve gerilme analizi ANSYS’de geliştirilen Sonlu Elemanlar modeli ile yapılmıştır. Bu destek sacının tank içinde bulunan ve eğik makasta kullanılan silindirler içinde çalışan sıcak hidrolik yağın ısı ile ve yine üzerinde çalışan elektrik motorunun ısı ile sıcaklığı artmaktadır. Ayrıca üzerinde bulunan elektrik motoru ve sirkülasyon pompası ve içindeki yağın ağırlığı ile üzerine bir yük uygulanmaktadır. Bu destek sacı AISI 316 Paslanmaz Çelik malzemeden imal edilmiştir. Yapılan çalışma ile sahada çalışma şartlarına uygun olarak destek sacının belirli şekil değiştirme ve güvenli gerilme sınırları altında kalması için en uygun sıcaklık ve üzerindeki ağırlık yükünün en uygun değerleri bulunmuştur.

AYMAS firmasında üretimi yapılan IS1600 Eğik Makasın yağ tankı sirkülasyon pompası destek sacı AISI 316 paslanmaz çelik malzemesinden imal edilmiştir. Bu malzemenin mekanik özellikleri Tablo 2’de [9] verilmektedir.

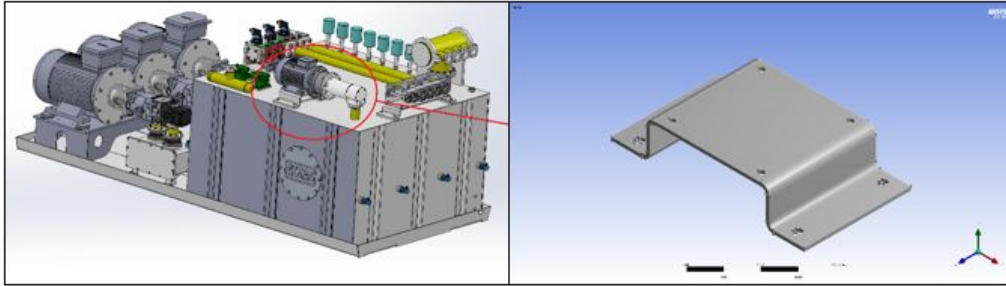
Tablo 2. AISI 316 çelik malzemenin özellikleri [9]

Özellik	Yoğunluk (kg/m ³)	Elastisite Modülü (GPa)	Isıl İletim Katsayısı (W/mK)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Akma Mukavemeti (MPa)	Brinell Sertliği (Rockwell)
AISI 316	7980	193	16.3	580	290	79

AISI 316 çelik malzemenin mekanik özelliklerinin sıcaklığa bağlı olarak değişimi Şekil 2’de verilmektedir [10].

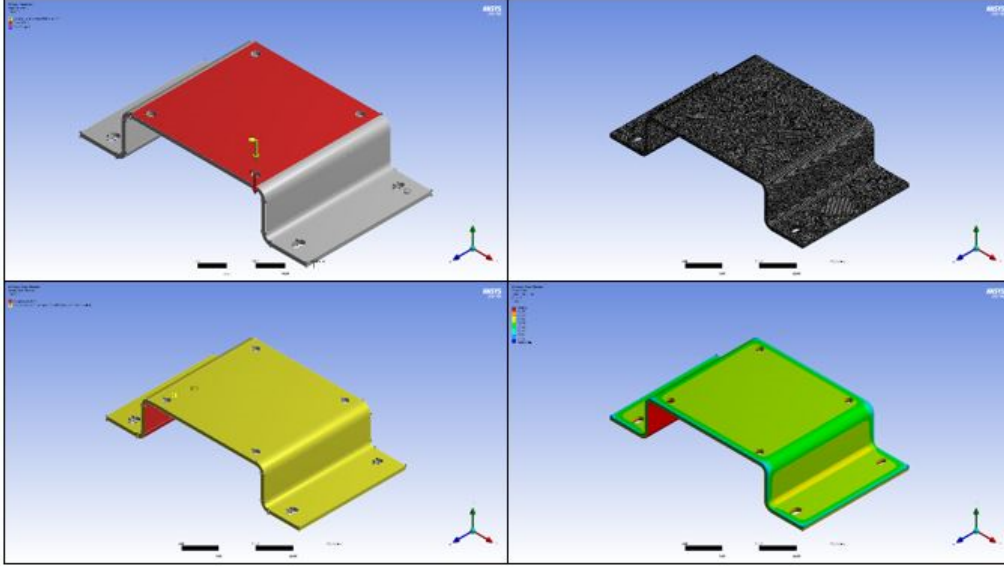


Şekil 2. AISI 316 çelik malzeme özelliklerinin sıcaklık ile değişimi [10]



Şekil 3. Eğik makas yağ tankı sirkülasyon pompası destek sacı

Eğik Makas Yağ Tankı üzerinde yer alan Sirkülasyon Pompasını taşıyan Destek Sacının yerleşimi ve detay resmi Şekil 3’de verilmektedir. Destek sacının tasarımı AYMAS Proje bölümü tarafından SolidWorks yazılımında yapılan üç boyutlu katı modeli ANSYS Workbench çalışma ortamına “Import” komutu ile aktarılmıştır.



Şekil 4. Eğik makas yağ tankı sirkülasyon pompası destek sacı ANSYS modeli

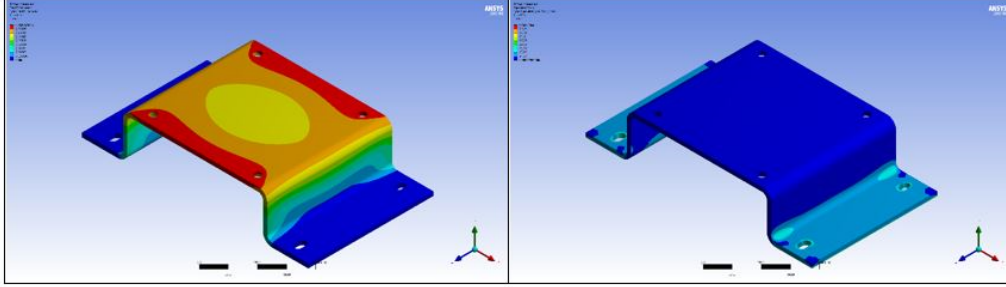
Hidrolik depo 8 mm kalınlığındaki sac malzemeden kaynaklı birleştirme ile imal edilmiştir. Hidrolik yağı depolar. Geri dönüş bölümünde bulunan mıknatıs sayesinde metal artıkların ve tozlarının tutulması ve sisteme karışmasını önler. Bu kapaklar üzerine bağlı, sistemdeki ısınan yağın soğutulmasını sağlayan soğutucu radyatör grubu bulunur. Depo üzerinde ayrı bir elektrik motorundan hareketi alan yağ pompası, yağın sürekli sirkülasyonunu sağlarken soğumasına yardımcı olur. Soğutma sistemi çalışma ve durma komutunu termostattan alır. Otomatik ve el ile çalışma seçimi kumanda panelinden gerçekleştirilir. Tank üzerinde hidrolik yağın 50 – 55°C sıcaklıklarda çalışmasını sağlamak için PT100, radyatörden çıkan yağın filtre edilmesini sağlayan filtre grubu, depo içine alınan ve verilen havanın filtrasyonu için hava filtresi grubu bulunmaktadır. Depolanan yağın yağ seviyesini gösteren gösterge ile buna bağlı kontrol panelinde yağ seviye ikazı bulunmaktadır.

Destek Sacı üzerinde bulunan Sirkülasyon Pompası ve elektrik motoru cıvatalar ile destek sacına bağlanmıştır. Ayrıca destek sacının montajı yağ tankı üzerine cıvatalar ile yapılmıştır. Şekil 4’te görüldüğü gibi bu cıvata bağlantı yuvalarının bulunduğu sacın alt yüzeyi ANSYS’de sabit destek “Fixed Support” olarak girilmiştir. Elektrik Motoru, Sirkülasyon Pompası ve Pompanın içindeki yağın ağırlığı destek sacına yukarıdan aşağı doğru etkiyen Kuvvet “Force” olarak destek sacının üst yüzeyine uygulanmıştır.

Eğik Makas Yağ Tankı içindeki hidrolik yağın sıcaklığının destek sacına olan etkisini görmek için Kararlı Hal Isıl Modülü (Steady-State Thermal) ANSYS Workbench ortamına eklenmiştir. Bir sonraki aşamada modelin ağ boyutu 2,2 mm girilerek, Şekil 4’te verilen Ağ Yapısı elde bulunmuştur. Yapılan çalışmada destek sacının ANSYS Sonlu Elemanlar modeli Ağ Yapısı; 2.677.671 adet Düğüm ve 1.800.908 adet Elemandan oluşmaktadır. Şekil 4’te görüldüğü üzere Isıl Modül sınır şartları olarak; Yağ Tankı sıcaklığının etkisini göstermek destek sacının alt bölgesine Sıcaklık “Temperature” sınır şartı girilmiştir. Ayrıca destek sacının üst ve yan yüzlerinden 22 °C sıcaklığında olan havaya taşınım ile ısı geçişi sınır şartı

tanımlanmıştır. Çelik malzemeden havaya taşınım ile ısı geçişi katsayısı $h = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$ girilmiştir. Bu sınır şartları ile çözümü yapılan destek sacı sıcaklık dağılımı Şekil 4’te görülmektedir. Bu dağılım Statik Yapısal analiz (Static Structural) modülüne Yük Aktarma “Import Load” komutu ile aktarılmıştır.

Tüm bu sınır şartları girildikten sonra Statik Yapısal analiz modülünün Çözümüne geçilmiştir. Şekil 5’te görüldüğü gibi $35 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklık ve 450 N ağırlık için yapılan analiz sonucu elde edilen Toplam Şekil Değiştirme ve Eşdeğer Gerilme sonuçları verilmektedir.



Şekil 5. Destek sacı ANSYS modeli statik yapısal analiz sonuçları

Şekil 5 incelendiğinde, Destek Sacının en yüksek Toplam Şekil Değiştirme değeri $0,05 \text{ mm}$ olarak Destek Sacının yan kenarlarında görülmektedir. Destek Sacının en yüksek Eşdeğer Gerilme değeri 223 MPa olarak Destek Sacı kıvrım köşelerinde meydana gelmektedir.

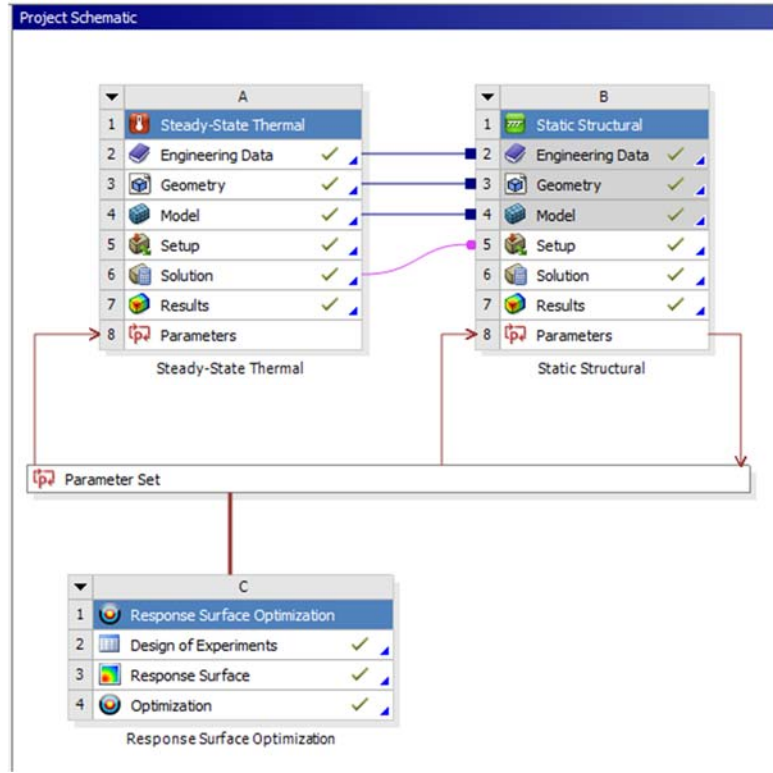
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yanıt yüzeyi yöntemi son yıllarda avantajlarından dolayı mühendislik ve uygulamalı bilimlerin birçok alanında çok sık ve başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajları şunlardır; optimizasyon işlemini kolaylıkla gerçekleştirmesine olanak sağlaması, elde edilen az sayıda deneysel verilerle en yüksek bilgiyi sağlaması, etkin parametreleri eş zamanlı olarak değiştirmesine olanak sağlaması ve ayrıca parametreleri kolayca değiştirmesine olanak sağlamasıdır. Ayrıca Parametreler arasındaki etkileşimin belirlenmesine ve ilgisiz parametrelerin çıkarılmasına olanak sağladığı söylenebilir [11]. Yanıt yüzeyi yöntemi, çalışma performansını tahmin etmek ve optimize etmek için çok kullanışlı ve modern bir tekniktir. Yanıt yüzeyi yöntemi; süreçlerin geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve optimizasyonu için yararlı bir dizi istatistiksel ve matematiksel teknik olarak tanımlanır. Yanıt Yüzey yöntemini kullanan çalışmaların amaçları şunlardır; değişkenin gelecekteki değerlerini doğru bir şekilde tahmin etmek için, bu yanıt değişkeni ile giriş değişkenleri arasındaki ilişkiyi tanımlayan bir fonksiyon veya uygun bir model tanımlanır, problem durumuna göre yanıtın en büyük veya en küçük değeri bulunur. Bu değeri sağlayan girdi değişkenleri, bir yanıt sisteminin temelini oluşturan girdi beklentileri olarak oluşan mekanizmaların anlaşılmasını sağlar [12].

Yanıt Yüzey Yöntemi; (1) deney tasarımı, (2) veri toplama, (3) çalışma parametrelerine dayanan yanıt değişkenlerinin tahmin modellerini oluşturmak olan üç adımdan oluşmaktadır [13]. Çoklu yanıt yüzey sürecinin modelleme aşamasında, yanıt değişkenleri ile girdi değişkenleri arasındaki ilişkiyi tanımlamak için uygun bir fonksiyonun tanımlanması gerekir. Gerçek yanıt fonksiyonu tam olarak bilinmediğinden, bağımsız girdi ve yanıt değişkenleri arasındaki ilişki için fonksiyonun uygun bir yaklaşımının elde edilmesi gerekir [14].

Tasarım değişkenleri ile sistem yanıtı arasındaki ilişkiyi bulmaya yönelik uygun bir model geliştirmek için belirli kurallara göre tasarlanmış yanıt yüzeyi deneyleri gereklidir. Bu deneylerde bulunan sonuçlara göre geliştirilen fonksiyon, incelenen parametrelerin değişimine sistemin tepkisini göstermektedir. Burada yapılan çalışmada ANSYS Workbench 2019 R3 yazılımının yanıt yüzeyi yöntemi optimizasyon modülü kullanılmıştır.

Buradaki çalışmada, AYMAS Geri Dönüşüm Makineleri firmasında üretilen IS1600 Eğik Makas Yağ Tankı üzerinde yer alan Sirkülasyon Pompasını taşıyan Destek Sacının, sıcaklık ve üzerine etkiyen kuvvet değerleri Girdi değişkeni olarak belirlenmiştir. Sözü edilen bu değişkenlerin alt ve üst sınır değerleri seçilirken, Eğik Makasın saha çalışmalarındaki gerçek değerlerinin kullanılmasına önem verilmiştir. Hidrolik yağ sıcaklık parametre değişim aralığı; 35 – 55 °C olarak seçilmiştir. Destek Sacı üzerine etkiyen kuvvet parametre değişim aralığı, Elektrik Motoru, Sirkülasyon Pompası ve Pompanın içindeki yağın ağırlık toplamı olarak; 450 – 480 N olarak belirlenmiştir. Yanıt değişkenleri olarak ANSYS analizi ile hesaplanan Toplam Şekil Değiştirme, Eşdeğer Gerilme ve Destek sacının yağ tankı üzerine bağlantısında oluşan Tepki Kuvveti seçilmiştir. Şekil 6’da bu parametreler seçildikten sonra ANSYS’de Yanıt Yüzey Yöntemi Optimizasyon modülünün eklenmesi görülmektedir.



Şekil 6. ANSYS yanıt yüzey yöntemi ve optimizasyon modülü

Parametrik Optimizasyon işleminde girdi parametresi olarak belirlenen Sıcaklık ve Ağırlık ile Yanıt Yüzey Yöntemi Çıktı değişkenleri olan Toplam Şekil Değiştirme, Eşdeğer Gerilme ve Tepki Kuvveti değişkenleri Şekil 7’de görülmektedir.

Outline of All Parameters				
	A	B	C	D
1	ID	Parameter Name	Value	Unit
2	[-] Input Parameters			
3	[-] [Thermal] Steady-State Thermal (A1)			
4	[P] P1	Temperature Magnitude	35	C [v]
5	[-] [Static] Static Structural (B1)			
6	[P] P5	Force Z Component	450	N [v]
*	[P] New input parameter	New name	New expression	
8	[+] Output Parameters			
9	[-] [Static] Static Structural (B1)			
10	[P] P3	Total Deformation Maximum	0,052952	mm
11	[P] P4	Equivalent Stress Maximum	223,66	MPa
12	[P] P6	Force Reaction Maximum Y Axis	630,14	N
*	[P] New output parameter		New expression	
14	Charts			

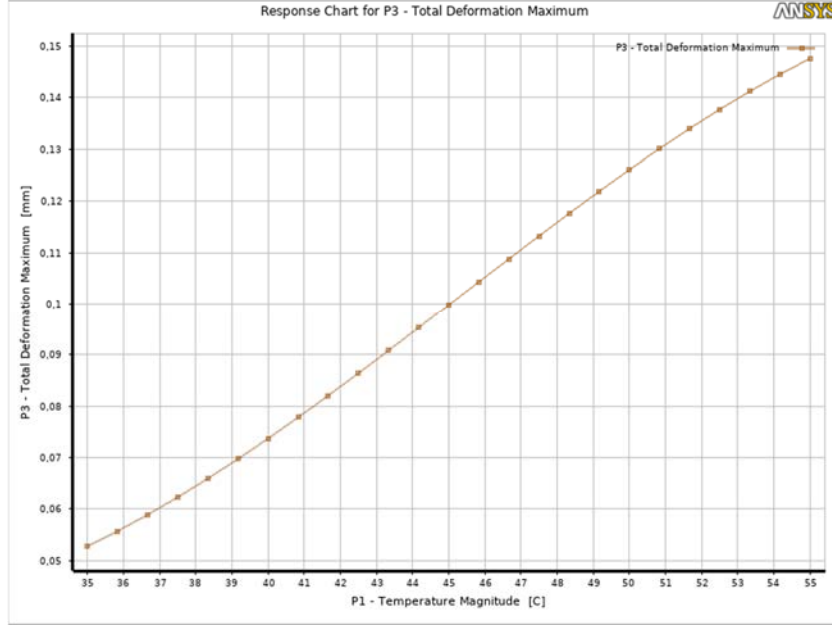
Şekil 7. Yanıt yüzey yöntemi girdi ve çıktı parametreleri

Burada parametrik optimizasyon çalışması, en yüksek tepki kuvvetinin bulunması için gerçekleştirilmiştir. Girişi yapılan her iki girdi değişkeni için ANSYS yazılımı yardımı ile 9 adet deney noktası oluşturulmuştur. Bulunan bu deney noktaları için ANSYS'te, Destek sacının modelinin parametreleri bu deney noktalarındaki değerlerine göre değiştirilerek Sonlu Eleman analizi tekrarlanmıştır. Şekil 8'de bu 9 adet deney noktası için Eğik Makasın Destek Sacının modelinin verdiği yanıt değişkenleri diğer bir anlatımla Şekil Değiştirme, Eşdeğer Gerilme ve Tepki Kuvveti çıktı değerleri görülmektedir.

Table of Outline A7: Design Points of Design of Experiments						
	A	B	C	D	E	F
1	Name	P1 - Temperature Magnitude (C)	P5 - Force Z Component (N)	P3 - Total Deformation Maximum (mm)	P4 - Equivalent Stress Maximum (MPa)	P6 - Force Reaction Maximum Y Axis (N)
2	1	45	465	0,099791	248,8	622,01
3	2	35	465	0,052776	223,66	645,14
4	3	55	465	0,14761	272,87	656,59
5	4	45	450	0,10003	248,79	606,94
6	5	45	480	0,099552	248,8	636,99
7	6 DP [v]	35	450	0,052952	223,66	630,14
8	7	55	450	0,14786	272,87	641,62
9	8	35	480	0,052604	223,67	660,13
10	9	55	480	0,14737	272,87	671,56

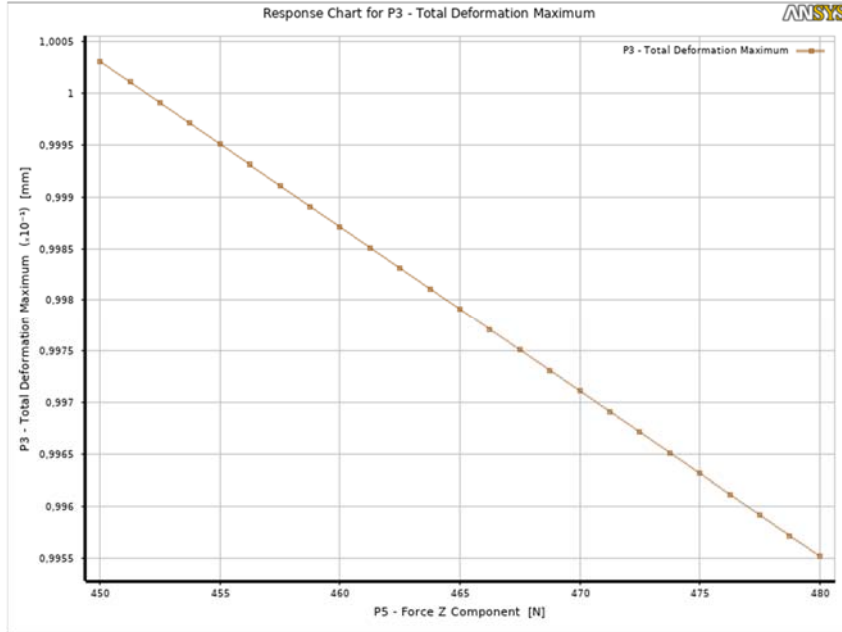
Şekil 8. Yanıt yüzey yöntemi deney tasarım noktaları

Yanıt Yüzey Yöntemi ile Eğik Makasın destek sacı için girdi değişkenlerinin, tüm çıktı değişkenleri üzerine etkisi ayrı ayrı incelenmiştir. Hidrolik yağ tankı içindeki hidrolik yağın Sıcaklığı arttıkça Şekil 9'da görüldüğü üzere destek sacının Toplam Şekil Değiştirme değeri artmaktadır. Burada sıcaklık değeri arttıkça özellikle 50 °C üzerinde bu artış hızı bir miktar azalmaktadır.



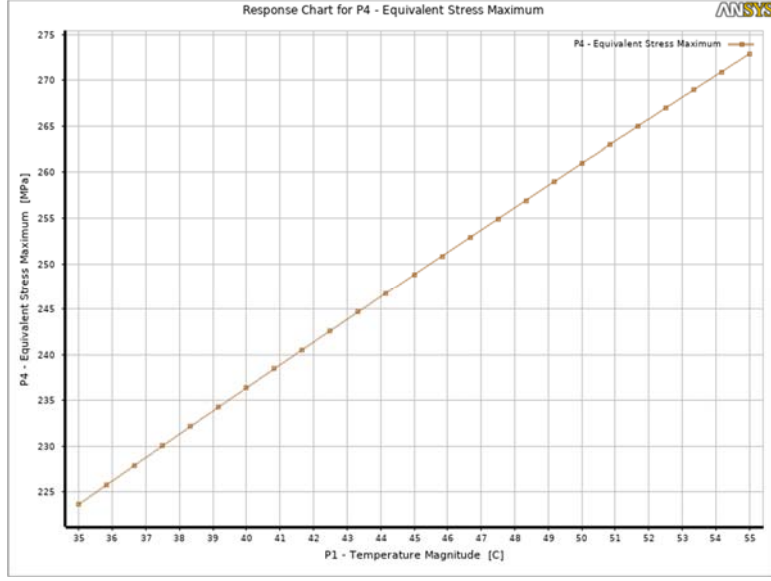
Şekil 9. Sıcaklık ile toplam şekil değiştirmenin değişimi

Destek sacı üzerinde bulunan elektrik motoru ve sirkülasyon pompası ve içindeki yağın ağırlığı arttıkça Şekil 10'da görüldüğü üzere destek sacının Toplam Şekil Değiştirme değeri çok az bir miktarda (0.10005 mm'den 0.09955 mm'e) azalmaktadır.



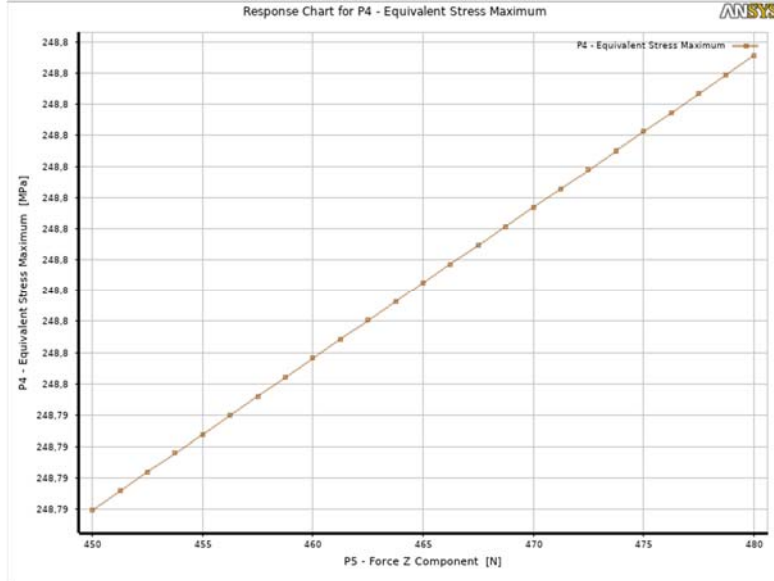
Şekil 10. Ağırlık ile toplam şekil değiştirmenin değişimi

Hidrolik tank içindeki hidrolik yağın Sıcaklığı arttıkça Şekil 11’de görüldüğü üzere destek sacında oluşan Eşdeğer Gerilme değeri doğru orantılı olarak artmaktadır.



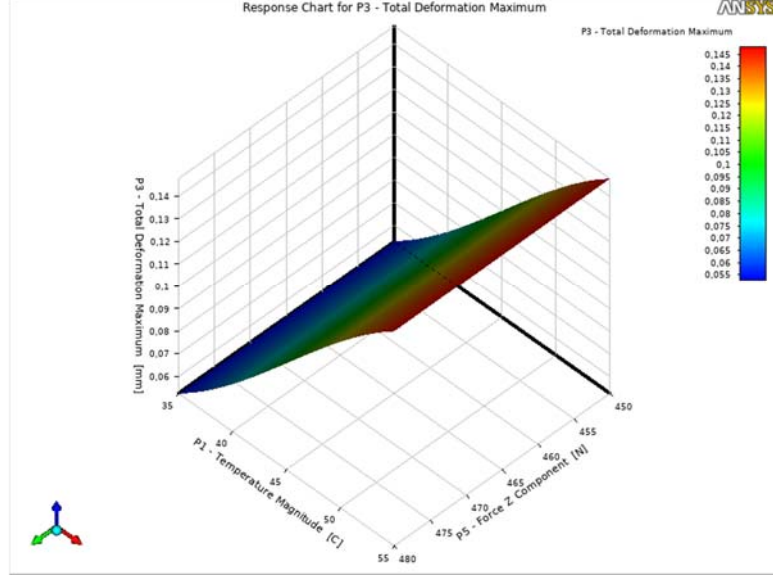
Şekil 11. Sıcaklık ile eşdeğer gerilme değişimi

Destek sacı üzerinde bulunan elektrik motoru ve sirkülasyon pompası ve içindeki yağın ağırlığı arttıkça Şekil 12’de görüldüğü üzere destek sacının Eşdeğer Gerilme değeri artmaktadır.



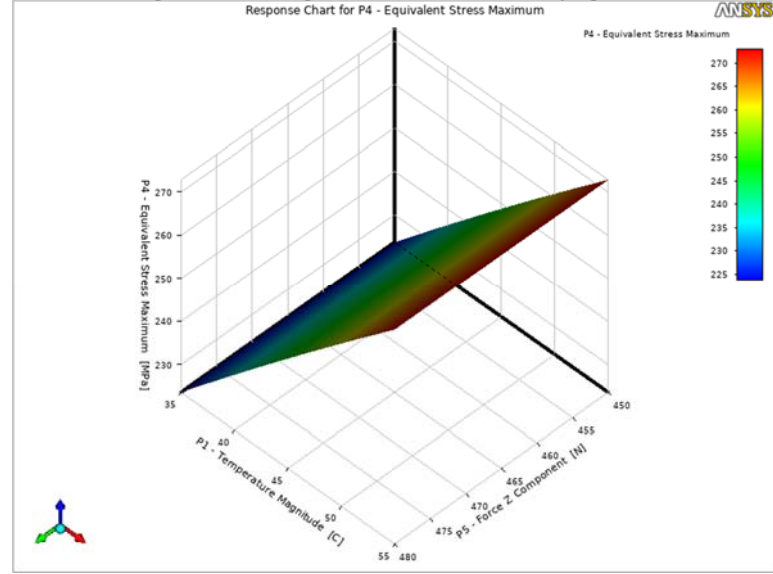
Şekil 12. Ağırlık ile eşdeğer gerilme değişimi

Bundan sonra gelen adımda, iki girdi parametresi olan Sıcaklık ve elektrik motoru ile sirkülasyon pompası ve içindeki yağın ağırlığının çıktı parametreleri üzerinde olan birlikte etkisini tespit etmek için ANSYS yazılımı kullanılarak bulunan Yanıt Yüzeyleri grafikleri çıkarılmıştır. Şekil 13'te Sıcaklık ve Ağırlık ile Toplam Şekil Değiştirme Yanıt Yüzeyi görülmektedir.



Şekil 13. Sıcaklık ve ağırlık ile toplam şekil değiştirme yanıt yüzeyi

Şekil 14'te Sıcaklık ve Ağırlık ile Eşdeğer Gerilme Yanıt Yüzeyi görülmektedir.



Şekil 14. Sıcaklık ve ağırlık ile eşdeğer gerilme yanıt yüzeyi

Eğik Makasın yağ tankı sirkülasyon pompası destek sacı için Güvenlik katsayısı; $s = 1,2$ olarak alınmıştır. Destek sacı malzemesi olan AISI 316 paslanmaz çelik için Akma Dayanımı; 290 MPa için en büyük Gerilme Değeri yaklaşık 230 MPa olmaktadır. Bununla birlikte Toplam Şekil Değiştirme için üst sınır değeri 0,1 mm alınmıştır. En az 630 N tepki kuvveti için Sıcaklık ve Ağırlık tasarım adayları ANSYS tarafından hesaplanmıştır. Buna göre $T = 35,006$ °C sıcaklık ve $A = 473,5$ N Ağırlık değerleri en uygun değerler olarak çıkmaktadır. Bu çalışma için optimizasyon işlemi şu şekilde yazılabilir;

$$35^{\circ}C \leq \text{Sıcaklık} \leq 55^{\circ}C$$

$$450 \text{ N} \leq \text{Ağırlık} \leq 480 \text{ N}$$

$$\text{EnKüçük}\{\text{Toplam Şekil Değiştirme}(T,A)\} \leq 0,1 \text{ mm}$$

$$\text{EnKüçük}\{\text{Eşdeğer Gerilme}(T,A)\} \leq 230 \text{ MPa}$$

$$\text{EnBüyük}\{\text{Tepki Kuvveti}(T,A)\} \geq 630 \text{ N}$$

ANSYS'de Optimizasyon değişkenleri ve sınır değerleri Şekil 15.'de görülmektedir.

Outline of Schematic C4: Optimization			
	A	B	C
1		Enabled	Monitoring
2	✓ Optimization		
3	Objectives and Constraints		
4	P1		
5	Minimize P3; P3 <= 0,1 mm		
6	Minimize P4; P4 <= 230 MPa		
7	P5		
8	Maximize P6; P6 >= 630 N		
9	Domain		
10	Steady-State Thermal (A1)		
11	P1 - Temperature Magnitude	✓	
12	Static Structural (B1)		
13	P5 - Force Z Component	✓	
14	Parameter Relationships		
15	Convergence Criteria		
16	Results		
17	Candidate Points		
18	Tradeoff		
19	Samples		
20	Sensitivities		

Şekil 15. ANSYS optimizasyon değişkenleri ve sınır değerleri

Şekil 16'da ANSYS'de Optimizasyon işlemi sayesinde elde edilen tasarım Aday Noktaları (Candidate Points) görülmektedir. Burada en uygun değerler 3 no'lu aday noktasında bulunmuştur.

Table of Schematic C4: Optimization - Candidate Points										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Reference	Name	P1 - Temperature Magnitude (C)	P5 - Force Z Component (N)	P3 - Total Deformation Maximum (mm)	P4 - Equivalent Stress Maximum (MPa)	P6 - Force Reaction Maximum Y Axis (N)			
2			Parameter Value	Parameter Value	Parameter Value	Parameter Value	Parameter Value	Parameter Value	Parameter Value	Parameter Value
3	○	Candidate Point 1	35,031	479,77	0,022711	223,70	659,9	%0,03	%0,96	
4	○	Candidate Point 2	35,015	476,72	0,02094	223,71	656,85	%0,01	%0,49	
5	●	Candidate Point 3	35,006	473,52	0,02098	223,68	653,65	%0,00	%0,00	
*		New Custom Candidate Point	49	487						

Şekil 16. ANSYS'de optimizasyonu tasarım aday noktaları

4. SONUÇ

Bu çalışmada söz konusu tank üzerinde bulunan yağ tankı – soğutma grubu sirkülasyon pompası destek sacının ısıl genişleme ve gerilme analizi ANSYS’de geliştirilen Sonlu Elemanlar modeli ile yapılmıştır. Bu destek sacının tank içinde bulunan ve eğik makasta kullanılan silindirlere içinde çalışan sıcak hidrolik yağın ısı ile ve yine üzerinde çalışan elektrik motorunun ısı ile sıcaklığı artmaktadır. Ayrıca üzerinde bulunan elektrik motoru ve sirkülasyon pompası ve içindeki yağın ağırlığı ile üzerine bir yük uygulanmaktadır. Bu destek sacı AISI 316 Paslanmaz Çelik malzemeden imal edilmiştir. Yapılan çalışma ile sahada çalışma şartlarına uygun olarak destek sacının belirli şekil değiştirme ve güvenli gerilme sınırları altında kalması için en uygun sıcaklık ve üzerindeki ağırlık yükünün en uygun değerleri bulunmuştur. Buna göre $T = 35,006$ °C sıcaklık ve $A = 473,5$ N Ağırlık değerleri en uygun değerler olmaktadır. Bu sonuç sirkülasyon pompasında 5,3 kg hidrolik yağ bulunabileceğini göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışmaya yaptıkları katkılardan ötürü çalışmanın yazarları AYMAS Ar-Ge Merkezi personeli Sn. Nazra Yeşil Doğan’a teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] Koçak Tümer, N. B., 2022. Okul öncesi öğretmenlerinin geri dönüşüme ilişkin görüşleri. Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi, 14 (27), 693-716.
- [2] Türemen, M., Demir, A. ve Özdoğan, E., 2019. Tekstil endüstrisi için geri dönüşüm ve önemi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25 (7), 805-809.
- [3] Topaç, M. M., Bahar, İ. ve Kuralay, N. S., 2016. Çok amaçlı bir taşıtın ön aks diferansiyel kovanının farklı sürüş koşulları için kütle ve gerilme optimizasyonu. Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4, 501-513.
- [4] Kaya, M., 2019. Yarıklı boru kanatçıklara sahip ısı değiştiricisinin performans analizi. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 34 (1), 421-437.
- [5] Gürbüz, H., Baday, Ş. ve Sönmez, F., 2021. CNC takım tezgahlarında ayna ve punta basıncının talaşlı imalat parametrelerine etkisinin yüzey yanıt yöntemiyle değerlendirilmesi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 10 (1), 160-169.
- [6] AYMAS Geri Dönüşüm Makinaları Firması, 2024. Erişim Tarihi: Temmuz 2024. <https://aymasmakina.com>.
- [7] AYMAS Geri Dönüşüm Makinaları Firması, Eğik Makaslar, 2024. Erişim Tarihi: Temmuz 2024. <https://aymasmakina.com/tr/urun/em-egik-makaslar>.
- [8] AYMAS Geri Dönüşüm Makinaları Firması, Eğik Makas Teknik Özellikleri, 2024. Erişim Tarihi: Ağustos 2024. https://aymasmakina.com/upload/inclined_shear_190402102006_comp.pdf.
- [9] Birçelik, <https://bircelik.com/tr/kategori/316-1-4401->.
- [10] ANSYS Workbench, Engineering Data Sources, 2024.
- [11] Turan, M. D. ve Altundoğan, H. S., 2011. Hidrometalurjik araştırmalarda yanıt yüzey yöntemlerinin (YYY) kullanımı. Madencilik Dergisi, 50 (3), 11-23.
- [12] Ögüçlü, Ö., 2024. Geri dönüşüm makinelerinin parametrik optimizasyon yöntemleriyle yapısal tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Bakırçay Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 63-64.
- [13] Ergül, E. U., Gezeğin, C. ve Yılmaz, A., 2019. Yanıt yüzey yöntemi ve genetik algoritma kullanılarak transformatör sargı en sıcak nokta sıcaklığının modellenmesi ve optimizasyonu. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 10 (2), 467-480.
- [14] Uğur, L., 2019. 7075 Alüminyum malzemesinin frezelenmesinde yüzey pürüzlülüğünün yanıt yüzey yöntemi ile iyileştirilmesi. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12 (1), 326-335.