



Konferans Bildirisi

Şerit Testere Makineleri İçin Güvenlik Pistonlarının Tasarımı ve Üretimi

Ulaş BİRGÜL^{1*}, Salim ASLANLAR², Gökhan ATALI³

¹ Kar Metal, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-0378-312X>, ulasbirgul@karmetal.com.tr,

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Orcid ID:
<https://orcid.org/0000-0001-6676-110X>, aslanlar@subu.edu.tr

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-1215-9249>, gatali@subu.edu.tr

* Sorumlu Yazar: ulasbirgul@karmetal.com.tr

(First received September 12, 2023 and in final form December 21, 2023)

3rd International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2023)
December 13 - 15, 2023

Reference: Birgül, U., Arslanlar, S., Atalı, G. Şerit Testere Makineleri İçin Güvenlik Pistonlarının Tasarımı ve Üretimi. Orclever Proceedings of Research and Development, 3(1), 299-310.

Özet

Bu çalışmada şerit testere makinelerinde, makine gövdesinin ani inişini sönmölemek için hidrolik piston esaslı uygulamalı bir güvenlik tasarımı yapılmıştır. Sistem ve makine üzerinde kullanılan ekipmanlardan kaynaklı oluşabilecek problemleri ortadan kaldırmak hedeflenmiştir. Bu amaçla ilk olarak testere makine gövdesinin ani inişlere neden olabilecek problemler tespit edilmiş daha sonra bu problem için bir güvenlik piston sistemi tasarımı ve analizleri gerçekleştirilmiştir. İlgili tasarım üzerinden montaj, kesme operasyonu ve bakım durumlarında oluşabilecek kritik bağlantı noktasının mekanik riskleri değerlendirilmiş ve ilgili analizler yorumlanmıştır. Sonuç olarak, tasarlanan güvenlik pistonunun testere makinelerinde kullanılması ile oluşabilecek iş kazalarının önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar: Makine güvenlik ekipmanları, Şerit testere makinesi, İş güvenliği, Güvenlik piston sistemi



Conference Article

Design and Manufacturing of Safety Pistons for Band Saw Machines

Abstract

In this study, a hydraulic piston-based practical safety design has been made in band saw machines to dampen the sudden descent of the machine body. It is aimed to eliminate problems that may arise from the equipment used on the system and machine. For this purpose, first, problems that could cause sudden descents of the saw body were identified, and then a design and analysis of a safety piston system for this problem. The mechanical risks of the critical connection point that may occur in assembly, cutting operation, and maintenance situations have been evaluated based on the relevant design, and the relevant analyses have been interpreted. Consequently, it is aimed to prevent occupational accidents by using the designed safety piston in saw machines.

Keywords: Machine safety equipment, Band saw machine, Work safety, Safety piston system



1. Giriş

Şerit testere makineleri ve pres makineleri gibi dikey yönde meydana gelebilecek yüklerden kaynaklı tehlike durumlarını önlemek amacıyla hidrolik piston tabanlı güvenlik elemanlarının incelenmesi ve tasarlanması üzerine literatürde çalışmalar yer almaktadır. Birçok sistemde makine gövdesinin ani inişini kontrol altına almak ve olası kaynaklı problemleri minimize etmek adına sistem ekipmanları özel olarak tasarlanmaktadır.

Boye ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada endüstriyel otomasyon uygulamaları için tasarlanmış bir çift etkili, çift uçlu hidrolik silindirin tasarımını ve sonlu eleman analizini ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Araştırma, hidrolik silindirin çift etkili işlevselliği ve çift montaj noktalarının kullanımını içermekte olup, sonlu eleman analizi ile silindirin yapısal dayanıklılığı ve performansı değerlendirilmiştir. Bu çalışma, endüstriyel otomasyon alanında hidrolik bileşenlerin hassasiyet ve güvenilirlik gereksinimlerini karşılamak amacıyla yapılmış önemli bir katkıyı temsil etmektedir [1]. Bir diğer çalışmada ise Tang ve arkadaşları tarafından yapılan, hidrolik piston pompalarında arıza teşhisi için akustik görüntüler kullanılan, uyarlanabilir bir konvolüsyonel sinir ağı yaklaşımıdır. Bu araştırma, hidrolik sistemlerdeki arıza teşhisi alanına, özellikle hidrolik piston pompalarına yönelik olarak, arıza teşhis sürecinin doğruluğunu ve etkinliğini artırmak için akustik görüntüleri ve derin öğrenme tekniklerini kullanma konusunda yeni bir metodoloji önererek katkıda bulunmaktadır [2]. Tinkir ve Sezgen, endüstriyel 300 tonluk H tipi hidrolik presin en önemli parçalarından olan yardımcı silindirlerinin geometrik optimizasyonu için yapısal analizi yapmıştır. Bu amaçla; yardımcı silindiri oluşturan silindir kovanı, silindir arka kapağı, kovan flanşı, silindir pistonu, silindir rotu, silindir boğazı ve rot flanşının sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak lineer statik analizleri gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak; ANSYS Workbench yazılımı ile silindiri oluşturan bu parçaların maksimum Von Misses gerilme bölgeleri, güvenlik katsayıları, yer değiştirme sonuçları ve optimizasyon yapılması gereken yerler belirlenmiştir [3]. Dursun ve arkadaşları, hidrolik test sistemlerinin kontrolünü iyileştirmek için Model Öngörülü Kontrol (MPC) tasarlamışlardır. Araştırmacılar bu tasarım ile sistem kısıtlarını dikkate alarak performansı artırmayı amaçlamışlar ve model belirsizliği ve ölçüm gürültüsü altında yapılan sayısal testler sonuçlarını sunmuşlardır [4]. Barczak ve Gearhart'ın 1998 tarihli çalışması, hidrolik destek sistemlerinin performans ve güvenlik açısından incelendiği bir makaledir. Çalışmada, hidrolik destek sistemlerinin nasıl çalıştığı, performanslarının nasıl

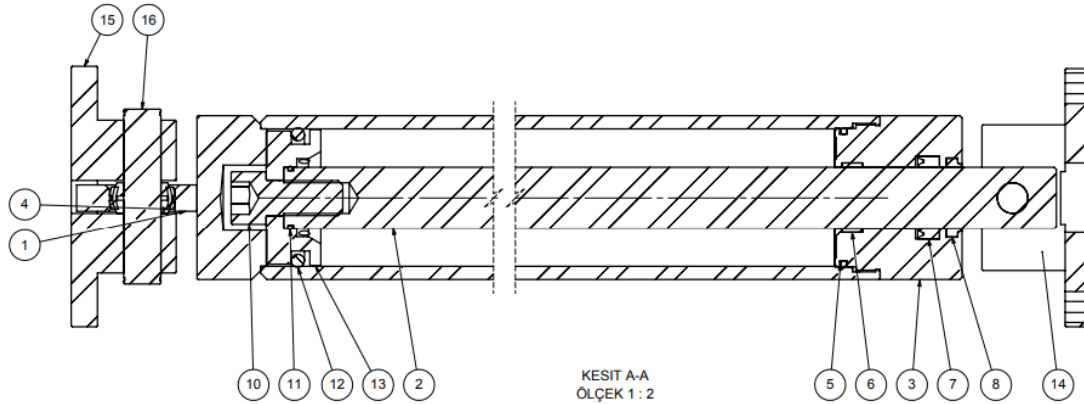
değerlendirilebileceği ve güvenlik konularının nasıl ele alınması gerektiği üzerinde durulmuştur [5].

Bu çalışmada testere makinelerinde yer alan testere gövde grubunun emniyetli ve kontrollü inişini sağlamak üzere bir güvenlik piston grubu tasarımı, analizi ve uygulamasına yer verilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Hidrolik sistemler, hidrolik yağ basıncını kullanarak mekanik iş yapmayı sağlayan sistemlerdir. Hidrolik pistonlar, bu sistemlerin önemli bir parçasıdır ve sıvı basıncını mekanik harekete dönüştürmek için kullanılır. Hidrolik sistemler, büyük yüklerin kaldırılması, taşınması veya itilmesi gereken birçok endüstriyel işlemde yaygın olarak kullanılır ve pistonlar bu işlemleri gerçekleştirmek için önemli bir rol oynarlar. Hidrolik emniyet pistonları ise, hidrolik sistemdeki basınç dalgalanmalarını ve aşırı basınç durumlarını kontrol etmek ve sınırlamak amacıyla kullanılır. Basınç sınırlarını aşan durumlarda piston, sistemdeki fazla basıncı bir emniyet tahliye yoluna yönlendirir, böylece sistemdeki hasarı ve tehlikeli durumları sınırlar.

Testere makinelerinde, testerenin bağlı olduğu gövde grubunun bağlantı elemanlarının montaj hatası, mekanik yorulma ve diğer sistem elemanlarından kaynaklı arızalar nedeni ile yüksek hızlarda ani düşmesi çeşitli kazalara sebebiyet verebilmektedir. Bu çalışmada, oluşabilecek hataları ve iş kazalarını engellemek amacıyla hidrolik emniyet pistonlarının testere makinelerinde kullanımı üzerinde güvenlik sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Hidrolik silindirler, çalışma sıvısının potansiyel enerjisini doğrusal hareketle mekanik enerjiye dönüştüren elemanlardır. Hidrolik silindirler kullanım amaçlarına göre birçok tip ve yapıda olabilir. Ancak ana bileşenleri her silindir tipinde aynıdır. Bunlar; silindir borusu, mil, piston, boğaz ve sızdırmazlık elemanlarıdır [6]. Şekil 1’de güvenlik amacıyla tasarlanan emniyet pistonunun kesit görünümü verilmiştir.



Şekil 1: Tasarlanan Hidrolik Piston Grubu Kesit Görünümü



Şekil 1’de görülen 2 numaralı C45 orta karbonlu yapı çeliği, 14 numaralı C45 orta karbonlu yapı çeliği sabit parçasına pim ile bağlanmaktadır. Çalışmada 2 numaralı milin aşırı yük altında bağlantı noktasından kopmasını engellemek üzere bir dizi analiz gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen analizler sonucunda uygun özellikteki mil ve bağlantı elemanları tespit edilerek uygulamaya geçilmiştir.

2.1. Hidrolik Yağ Belirleme Kriterleri

Sistemde kullanılan hidrolik pistonun kesme parametrelerini olumsuz etkilememesi için seçilen hidrolik yağ karakteristik açıdan önemlidir. Bu kapsam da tasarlanan emniyet pistonunun da yer alan hidrolik milin hareketi için Shell Tellus S2 V 46 numaralı hidrolik yağ kullanılmıştır. Bu yağa ait teknik özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Shell Tellus S2 V 46 Teknik Özellikler

Özellikler	Metot	Tellus S2 V 46
ISO Viskozite Sınıfı	ISO 3448	46
ISO Tipi		HV
Kinematik Viskozite (@-20°C, cSt)	ASTM D445	2350
Kinematik Viskozite (@40°C, cSt)	ASTM D445	46
Kinematik Viskozite (@ 100°C, cSt)	ASTM D445	7.9
Viskozite İndeksi	ISO 2909	143
Yoğunluk (@ 100°C, kg/l)	ISO 12185	0.872
Parlama Noktası(COC) (°C)	ISO 2592	225
Akma Noktası(°C)	ISO 3016	-36

2.2. Hidrolik Mil Belirleme Kriterleri

Hidrolik silindirlerin seri üretiminde, millere sert krom kaplama yaygın bir uygulamadır. Bu kaplamada Cr6+ kullanılmaktadır. Ancak, bu yüksek değerlikli kromun kanserojen etkileri bulunmaktadır [8]. Sağlık riskinin yanı sıra, çevresel endişeler nedeniyle sert krom kaplama ve kaplamalı ürünlerin imalatı üzerinde artan bir baskı bulunmaktadır. Bu baskılar, araştırmacıları ve imalatçıları alternatif kaplama yöntemleri üzerinde çalışmaya yönlendirmektedir. Ancak, yeni yöntemlerin maliyetli ve zaman alıcı kapsamlı bileşen testlerinin yapılması henüz uygulanabilir durumda değildir [7].

Sert krom kaplamanın temel amacı, yüzey sertliği, korozyon direnci ve aşınma direnci gibi özellikleri iyileştirerek hidrolik silindirlerin dış etkenlere karşı daha dayanıklı olmasını sağlamaktır. Ayrıca, krom kaplama sürtünmeyi azaltmaktadır.

Sert krom tabakada meydana gelen kırılma ve aşınma durumunda, yüzeyden metal ve tabaka kaybı zamanla iç kısımlara doğru hızla ilerlemektedir. Mil üzerindeki aşınma, sızdırmazlık elemanlarına zarar vererek sıvı sızıntılarına neden olabilir. Bu sızıntılar, silindir hareketlerinde yüzey pürüzlülük değerlerinin azalmasına ve sonrasında hidrolik yağın tutmamasına yol açar. Yapılan çalışmalar, belirli boyutsal doğruluk ve geometrik

şekil parametrelerinin yanı sıra, işlenmiş yüzeylerin Ra pürüzlülük değerinin 2,5 ile 1,6 μm aralığında olması gerektiğini göstermektedir. Mil üzerindeki Ra değeri, yağ filminin tabakalaşması için önemlidir, bu da sızdırmazlık elemanlarının etkili bir şekilde çalışmasını sağlar [9]. Tablo 2 ve Tablo 3'te endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan piston millerine ait mukavemet ve malzeme özellikleri verilmiştir.

Tablo 2: Piston Milleri Teknik Özellikleri

Malzeme	Yoğunluk (kg/dm^3)	Min. Akma Mukavemeti (Mpa)	Min. Kopma Mukavemeti (Mpa)	Maks. Karbon İçeriği (%)	Açıklama
S325JR	7.8	235	340	0.2	Düşük Karbonlu Yapı Çeliği
S275JR	7.9	275	410	0.21	Düşük Karbonlu Yapı Çeliği
S355J0	7.8	355	490	0.2	Düşük Karbonlu Yapı Çeliği
C45	7.8	305	580	0.42 – 0.50	Orta Karbonlu Yapı Çeliği
C35	7.8	270	520	0.32 – 0.39	Orta Karbonlu Yapı Çeliği
C55	7.8	330	640	0.50 – 0.60	Orta Karbonlu Yapı Çeliği

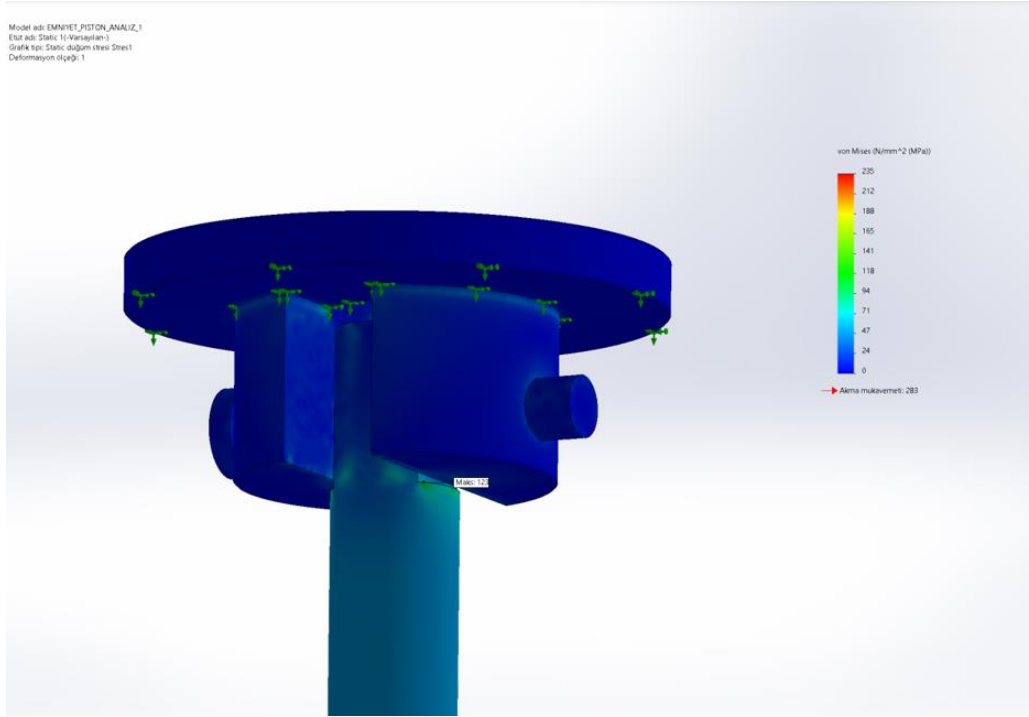
Tablo 3: Piston Milleri Malzeme Özellikleri

Malzeme	Sertlik(Ortalama)	Darbe Enerjisi (J)	Kopma Uzaması (%)
S325JR	140 HB	27 (20°C)	26
S275JR	160 HB	27 (20°C)	22
S355J0	165 HB	27 (0°C)	18
C45	200 HB	25 (23°C)	14
C35	160 HB	23 (23°C)	17
C55	225 HB	25 (23°C)	15

3. Sonuçlar

Sonuç olarak, çalışmada Şekil 1'de sunulan emniyet piston grubunun pimle bağlı olduğu 14 numaralı parçanın kritik bölgelerinde maksimum gerilme olduğu tespit edilmiştir. Ancak, analiz sonuçlarına göre gerilim birikimleri yaşanmamış ve köşe noktalarındaki gerilmeler ihmal edilebilir düzeydedir. Malzeme üzerindeki maksimum gerilme

değerleri, 70 MPa civarında olup statik koşullarda emniyetlidir. Burkulma göz ardı edilmiş, çünkü pistonun çalışacağı konumda yük, iki taraftan lineer olarak yataklıdır. Pimlerde önemli gerilmeler tespit edilmemiştir. Çalışmada gerçekleştirilen analiz sonuçları Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2: Tasarlanan Hidrolik Piston Milinin Analiz Sonuçları

Piston alt bağlantı flanşı üzerinden sabitlenmiş ve kuvvet piston üst flanşına uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, bağlantı yapılacak bölgedeki köşede maksimum gerilme 123 MPa olarak gözlemlenmiştir. İncelenen tasarımda uygulanan 30.000 N yük altında malzeme boyunca piston milinde 90 MPa civarında gerilmeler oluşmaktadır. Bu durum emniyet katsayısı açısından düşünüldüğün de Tablo 2’de verilen C45 mil özellikler dikkate alındığında emniyet kısıtları içerisinde olduğu sonucuna varılmıştır.

Tartışma

Geliştirilen sistemin özellikle testere makinalarında insan veya komponent kaynaklı testere gövdesinin düşmesi sonucunda oluşabilecek iş kazalarına olan etkisinin öneminin oldukça fayda sağlayacak olduğu ve gövdenin ani düşmesine bağlı olarak oluşabilecek yaralanma, parça hasarı, gibi durumların önüne geçilmiştir. ISO 45001 ve CE teknik mevzuatında da makine imalatçısı firmalardan istemiş olduğu sağlık, güvenlik ve çevrenin korunması yükümlülüklerin de yerine getirilmesi sağlanmıştır. Çalışmada



gerçekleştirilen güvenlik pistonunun Kar Metal firmasında üretilen diğer makinelerde kullanılması ile mevzuatlara uygunluk daha da arttırılmıştır. Ayrıca geliştirilen sistemden yola çıkarak firmamızın üretmiş olduğu AS/RS sistemler içinde ekstra güvenlik önlemleri tasarlanıp geliştirilecektir.

4. Teşekkür

Bu çalışma Kar Metal San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasında bulunan Ar-Ge imkanları kullanılarak gerçekleştirilmiş ve uygulamaya alınmıştır.

Referanslar

- [1] Boye, T., Adeyemi, O., & Emagbetere, E. (2017). Design and finite element analysis of double-acting, double-ends hydraulic cylinder for industrial automation application. *Am. J. Eng. Res*, 6, 131-138.
- [2] Tang, S., Zhu, Y., & Yuan, S. (2022). A novel adaptive convolutional neural network for fault diagnosis of hydraulic piston pump with acoustic images. *Advanced Engineering Informatics*, 52, 101554.
- [3] Tinkir, M., & Sezgen, H. Ç. (2017). Hidrolik Silindirin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Lineer Statik Analizi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(1), 203-212.
- [4] Dursun, U., Üstoğlu, İ., & Taşçıkaraoğlu, F. Y. (2018). Hidrolik test sisteminin model öngörülü kontrolü. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(8), 1443-1449.
- [5] Barczak, T., & Gearhart, D. (1998). Performance and safety considerations of hydraulic support systems.
- [6] Genç, İ., Zop, A., Öz, F., & Fıçıcı, F. Hidrolik Silindirlerde Silindir Mil Malzemesi ve Kaplama Özellikleri.
- [7] Georgiou, E.P.; Drees, D.; Timmermans, G.; Zoikis-Karathanasis, A.; Pérez-Fernández, M.; Magagnin, L.; Celis, J.-P. (2021). "High Performance Accelerated Tests to Evaluate Hard Cr Replacements for Hydraulic Cylinders." *Coatings*, 11, 1511. <https://doi.org/10.3390/>
- [8] Richard de Medeiros Castro, Alexandre da Silva Rocha, Elvys Isaías Mercado Curi, Fábio Peruch (2018). "A comparison of microstructural, mechanical and tribological properties of WC-10Co4Cr - HVOF coating and hard chrome to use in hydraulic cylinders." *American Journal of Materials Science*, 8(1), 15-26. DOI: 10.5923/j.materials.20180801.03
- [9] S., V., Sevagin and V., U., Mnatsakanyan (2020). "Ensuring the required manufacturing quality of hydraulic cylinder rods in mining machines." *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 709.