

**SAC METAL KALIPLARINDA TİTREŞİM ANALİZİ VE
İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI**

Oğuzhan GÜLÇAY



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SAC METAL KALIPLARINDA TİTREŞİM ANALİZİ VE İYİLEŞTİRME
ÇALIŞMALARI**

Oğuzhan GÜLÇAY
0000-0003-0594-1814

Doç. Dr. Ahmet YILDIZ
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Oğuzhan GÜLÇAY tarafından hazırlanan “SAC METAL KALIPLARINDA TİTREŞİM ANALİZİ VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Ahmet YILDIZ

Başkan	:	Doç. Dr. Ahmet YILDIZ 0000-0001-5434-4368 Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye	:	Prof. Dr. Yahya IŞIK 0000-0002-1982-9666 Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza
Üye	:	Dr. Hilal DOĞANAY KATI 0000-0002-2807-8040 Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali KARA
Enstitü Müdürü
.././.....

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.../.../.....

Oğuzhan GÜLÇAY

TEZ YAYINLANMA
FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayımlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Danışman Adı-Soyadı
Tarih

Öğrencinin Adı-Soyadı
Tarih

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SAC METAL KALIPLARINDA TİTREŞİM ANALİZİ VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Oğuzhan GÜLÇAY

Bursa Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ahmet YILDIZ

Sac metal şekillendirme işlemleri havacılık, beyaz eşya ve otomotiv endüstrisi gibi farklı alanlarda başlıca kullanılan proseslerden biridir. Üretim sürecinin en hatasız şekilde devam edebilmesini sağlamak için de bütün süreçlerin ayrı bir özenle incelenmesi ve gerekli uygulamaların yapılması gerekmektedir. Titreşim endüstride ortaya çıkan sorunların en önemli kök sebeplerinden biridir. Bu sebeple bu tez çalışmasında yapılacak olan optimizasyon çalışmaları ile titreşim değerlerini azaltmak amaçlanmıştır. Arduino işlemci kartıyla çalıştırılan bir titreşim sensörü tercih edilmiştir. Sensör kurulumu ardından ilk titreşim ölçüm değerleri elde edilmiş ve mevcut durum analizleri yapılmıştır. Stoperlere gazlı yay yerleştirilerek ve üst grup kesme çeliğine açı verilerek titreşim değerleri azaltılmaya çalışılmıştır. Elde edilen titreşim değerleri incelenmiş ve kalıp üzerinde yapılan optimizasyonlar sayesinde ortalama titreşim değerlerinde Z eksen pozitif eksende %64,02 ve Z negatif eksende ise %55,26 iyileştirme olduğu saptanmıştır. Bu çalışma sayesinde, kalıp kaynaklı oluşan titreşimin sebep olabileceği olası bakım maliyetleri, makine ömrünün azalması, parçada oluşan çapak ve çalışma ortamında oluşan gürültü gibi olumsuz etkilerde de azalışlar olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Titreşim analizi, optimizasyon, mekanik pres, sac metal kalıbı, proses

2023, xiii + 100 sayfa

ABSTRACT

MSc Thesis

VIBRATION ANALYSIS AND IMPROVEMENT STUDIES IN SHEET METAL DIES

Oğuzhan GÜLÇAY

Bursa Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Automotive Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ahmet YILDIZ

Sheet metal forming is one of the main processes used in different fields such as aerospace, white goods and automotive industries. In order to ensure that the production process can continue in the most error-free way, all processes must be carefully examined and necessary applications must be made. Vibration is one of the most important root causes of problems in the industry. For this reason, this thesis aims to reduce vibration values through optimization studies. A vibration sensor operated with an Arduino processor board was preferred. After the sensor installation, the first vibration measurement values were obtained and the current situation was analyzed. Vibration values were tried to be reduced by placing gas springs on the stoppers and angling the upper group cutting steel. The vibration values obtained were analyzed and it was determined that the average vibration values were improved by 64.02% on the positive axis of the Z axis and 55.26% on the negative axis of the Z axis thanks to the optimizations made on the mold. Thanks to this study, there will be a reduction in the negative effects of mold-induced vibration such as possible maintenance costs, reduced machine life, burrs on the part and noise in the working environment.

Key words: Vibration analysis, optimization, mechanical press, sheet metal die, process
2023, xiii + 100 pages.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőtirilmesinde, bana her daim yol gösteren, değerli bilgi ve tecrübelerini paylaőan, bana kıymetli zamanını ayırıp elinden gelenin fazlasını sunan, güler yüzü ve samimiyeti ile her zaman yanına çekinmeden gidebildiğim gerek akademik gerekse de mesleki hayatıma birçok faydalı katkısı olan değerli danışman hocam Doç.Dr. Ahmet YILDIZ' a destek ve katkılarından dolayı teşekkür ve Őukranlarımı sunarım.

Beni her zaman maddi ve manevi olarak destekleyen ve yanımda olan çok değerli aileme teőekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında katkısı olan Şahinkul Makina A.Ő. ve çok değerli Sn.Mustafa YAZAR beyefendiye teőekkürlerimi sunarım.

Oğuzhan GÜLÇAY

.../.../.....

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	vii
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	9
3.1. Sac Metal Şekillendirme İşlemleri	10
3.1.1. Sac Metal Kesme İşlemi	11
3.1.2. Sac Metal Bükme İşlemi	17
3.1.3. Sac Metal Çekme-Derin Çekme İşlemi.....	25
3.2. Presler	29
3.2.1. Pres Tipleri	29
3.2.1.1. Tahrik Sistemine Göre Presler	30
3.2.1.2. Gövde Tipine Göre Presler.....	30
3.2.1.3. Gövde Malzemesine Göre Presler.....	32
3.2.1.3. Fonksiyonlarına Göre Presler.....	32
3.2.2. Mekanik Presler ve Ekipmanları	33
3.2.2.1. Gövde	33
3.2.2.2. Motor.....	33
3.2.2.3. Volan	34
3.2.2.4. Volan Dişli	34
3.2.2.5. Eksantrik Mili	35
3.2.2.6. Kavrama ve Frenler	36
3.2.2.7. Koç	37
3.2.2.8. Tabla.....	38
3.3. Titreşim	39
3.3.1. Titreşim Önemi	42
3.3.2. Titreşim Türleri	43
3.4. Kullanılan Ekipmanlar	46
3.4.1. Arduino Uno R3	47
3.4.2. ADXL 345.....	48
3.4.3. Sistemin Kurulumu	49
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	52
4.1. Mevcut Durum Analizi	52
4.2. Optimizasyon Çalışmaları	62
5. SONUÇ.....	96
KAYNAKLAR	97
ÖZGEÇMİŞ	100

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
c	Kesme boşluğu
A_c	Kesme boşluğu toleransı
t	Sac malzeme kalınlığı
F	Kuvvet
S	Kesilecek malzemenin kesme dayanımı
L	Kesilecek kenarların uzunluğu
A_b	Eğme toleransı
α	Bükme açısı
R	Bükme yarıçapı
K_{ba}	Germeyi tahmin faktörü
α'_t	Sac metal parçanın açısı
α'_t	Zımbanın açısı
TS	Sac metalin çekme dayanımı
D	Kalıp açıklık boyu
w	Sacın eğme eksenine doğrultusundaki genişliği
D_b	Sac metal parçanın çapı
D_p	Form verme çeliğinin çapı
F_h	Tutma kuvveti
σ_{Akma}	Akma kuvveti
R_d	Kalıbın köşe radyüsü
x(t)	Harmonik hareket
X	Hareketin genliği
ω	Hareketin frekansı
F_s	Yay kuvveti
k	Yay sabiti
x	Yayın yer değiştirmesi
m	Kütle
c	Sönümlenme elemanı
x	Yayın yer değiştirmesi

Kısaltmalar **Açıklama**

SB	Yaylanma
DR	Çekme oranı
A%	Uzama

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. H Tipi 500 Ton Mekanik pres makinesi	2
Şekil 1.2. Sac metal kalıbı.....	3
Şekil 3.1. Sac metal şekillendirme işlemleri	10
Şekil 3.2. Sac metal kesme prosesleri	11
Şekil 3.3. Sac metal kesme işlemi.....	12
Şekil 3.4. Kesme işlemi gerçekleştirilen sac metal parça	15
Şekil 3.5. Kesme çeşitleri.....	16
Şekil 3.6. Sac metal bükme işlemi	17
Şekil 3.7. Sac metalin bükülmesi	18
Şekil 3.8. V bükme işlemi.....	18
Şekil 3.9. Kenar bükme işlemi	19
Şekil 3.10. Sac metal bükme çeşitleri	20
Şekil 3.11. Sac metalde yaylanma.....	21
Şekil 3.12. Yaylanmaya maruz kalmış parça	22
Şekil 3.13. Aşırı bükme ile telafi edilecek sac parça	23
Şekil 3.14. Aşırı yük uygulanarak telafi edilecek parça.....	24
Şekil 3.15. V ve Kenar bükme kalıplarında kalıp açıklığı	25
Şekil 3.16. Silindirik sac parçanın derin çekme işlemi	26
Şekil 3.17. Sac metal çekme operasyonu süreçleri	27
Şekil 3.18. C tipi 120 Ton Mekanik pres	31
Şekil 3.19. H tipi 500 Ton Mekanik pres makinesi.....	32
Şekil 3.20. 90 kw elektrik motoru.....	34
Şekil 3.21. Volan ve Volan dişlisi.....	35
Şekil 3.22. Eksantrik mili.....	35
Şekil 3.23. Kavrama diski	36
Şekil 3.24. Kavrama ve fren grubu	37
Şekil 3.25. 500 Ton H tipi Mekanik pres	38
Şekil 3.26. Pres tablası	39
Şekil 3.27. Basit harmonik hareket	40
Şekil 3.28. Periyodik hareket eğrisi	41
Şekil 3.29. Periyodik olmayan hareket eğrisi	41
Şekil 3.30. Rastgele hareket eğrisi	42
Şekil 3.31. Serbest sönümsüz titreşim modeli	43
Şekil 3.32. Serbest sönümlü titreşim modeli.....	44
Şekil 3.33. Zorlanmış sönümlü titreşim modeli.....	45
Şekil 3.34. Arduino Uno R3.....	48
Şekil 3.35. ADXL345 Sensörü.....	49
Şekil 3.36. Titreşim sensörü.....	49
Şekil 3.37. İş akış blok diyagramı.....	50
Şekil 3.38. Titreşim sensörü iş akış şeması.....	51
Şekil 4.1. 250 Ton Mekanik Pres	54
Şekil 4.2. Prese bağlanmış kalıp	55
Şekil 4.3. Titreşim ölçümünde kullanılan ekipmanlar	55
Şekil 4.4. Titreşim sensörünün yerleştirildiği koordinat eksenini.....	56
Şekil 4.5. Koordinat sisteminin kalıp datası üzerinde gösterimi.....	56

Şekil 4.6.	Koordinat sisteminin kalıp üzerinde gösterimi	57
Şekil 4.7.	Boş pres ölçüm sonuçları	58
Şekil 4.8.	Boş pres X-ekseni ölçüm sonucu	58
Şekil 4.9.	Boş pres Y-ekseni ölçüm sonucu	59
Şekil 4.10.	Boş pres Z-ekseni ölçüm sonucu	59
Şekil 4.11.	Optimizasyon çalışmaları öncesi titreşim ölçüm sonuçları	60
Şekil 4.12.	X-ekseni ölçüm sonucu	61
Şekil 4.13.	Y-ekseni ölçüm sonucu	61
Şekil 4.14.	Z-ekseni ölçüm sonucu	62
Şekil 4.15.	Stoperlerde kullanılan gazlı yay	63
Şekil 4.16.	Gazlı yay kesiti	63
Şekil 4.17.	Gazlı yay iç kesiti	64
Şekil 4.18.	İlk halinde stoperlerde gazlı yay olmayan kalıbın görüntüsü	64
Şekil 4.19.	Stoperlere gazlı yay eklenmiş kalıp	65
Şekil 4.20.	Gazlı yay montajı sonrası titreşim ölçüm değerleri	65
Şekil 4.21.	Gazlı yay montajı sonrası X-ekseni titreşim ölçüm değerleri.....	66
Şekil 4.22.	Gazlı yay montajı sonrası Y-ekseni titreşim ölçüm değerleri.....	66
Şekil 4.23.	Gazlı yay montajı sonrası Z-ekseni titreşim ölçüm değerleri	67
Şekil 4.24.	Montaj sonrası X-ekseni titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması	68
Şekil 4.25.	Montaj sonrası Y-ekseni titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması	70
Şekil 4.26.	Montaj sonrası Z-ekseni titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması.....	72
Şekil 4.27.	Açılı yüzey işleme öncesinde kesme çeliği	75
Şekil 4.28.	Açılı yüzey işlenecek kesme çeliği	76
Şekil 4.29.	Açılı yüzey işlenecek kesme çeliğinin teknik resim görüntüsü	76
Şekil 4.30.	Kesme çeliği yükseklik farkı	77
Şekil 4.31.	Kesme çeliği açılı yüzey işleme işlemi sonrası görüntüsü	77
Şekil 4.32.	Açılı yüzey işleme sonrası kesme çeliği teknik resmi	78
Şekil 4.33.	Açılı yüzey işleme sonrası kesme çeliği son hali (üstten)	78
Şekil 4.34.	Açılı yüzey işleme sonrası kesme çeliği son hali (yandan)	79
Şekil 4.35.	Kesme çeliğine açı verilmesi sonrası titreşim ölçüm değerleri	78
Şekil 4.36.	Açılı yüzey işleme sonrası X-ekseni titreşim ölçüm değerleri	80
Şekil 4.37.	Açılı yüzey işleme sonrası Y-ekseni titreşim ölçüm değerleri	80
Şekil 4.38.	Açılı yüzey işleme sonrası Z-ekseni titreşim ölçüm değerleri.....	81
Şekil 4.39.	Açılı yüzey işleme X-ekseni titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması	82
Şekil 4.40.	Açılı yüzey işleme Y-ekseni titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması	84
Şekil 4.41.	Açılı yüzey işleme Z-ekseni titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması.	86
Şekil 4.42.	İyileştirme çalışmaları sonrası titreşim ölçüm değerleri.....	88
Şekil 4.43.	İyileştirme çalışmaları sonrası X-ekseni titreşim ölçüm değerleri	88
Şekil 4.44.	İyileştirme çalışmaları sonrası Y-ekseni titreşim ölçüm değerleri	89
Şekil 4.45.	İyileştirme çalışmaları sonrası Z-ekseni titreşim ölçüm değerleri.....	89
Şekil 4.46.	X-ekseni ölçüm sonuçları karşılaştırması	90
Şekil 4.47.	Y-ekseni ölçüm sonuçları karşılaştırması	92
Şekil 4.48.	Z-ekseni ölçüm sonuçları karşılaştırması	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1.	Araçlarda kullanılan malzemelerin oranları.....	9
Çizelge 3.2.	Metal tipine göre Ac değerleri	13
Çizelge 3.3.	Malzeme cinsine göre kesme dayanımları	14
Çizelge 3.4.	Çekme dayanımlarına göre malzemelerin kesme gerilmesi	14
Çizelge 3.5.	Çalışmada kullanılan ekipman listesi.....	46
Çizelge 4.1.	ERD 4955 sac metal malzeme kimyasal özellikleri	52
Çizelge 4.2.	ERD 4955 sac metal malzeme fiziksel özellikleri	52
Çizelge 4.3.	Kullanılan gazlı yayın özellikleri.....	63
Çizelge 4.4.	X-ekseni pozitif eksende seçilen değerler	69
Çizelge 4.5.	X-ekseni negatif eksende seçilen değerler	69
Çizelge 4.6.	Y-ekseni pozitif eksende seçilen değerler	71
Çizelge 4.7.	Y-ekseni negatif eksende seçilen değerler	71
Çizelge 4.8.	Z-ekseni pozitif eksende seçilen değerler	73
Çizelge 4.9.	Z-ekseni negatif eksende seçilen değerler	73
Çizelge 4.10.	1.2379 çeliğin kimyasal özellikleri	74
Çizelge 4.11.	1.2379 çeliğin ısıtılma işlem özellikleri.....	74
Çizelge 4.12.	X-ekseni pozitif eksende seçilen değerler	83
Çizelge 4.13.	X-ekseni negatif eksende seçilen değerler	83
Çizelge 4.14.	Y-ekseni pozitif eksende seçilen değerler	85
Çizelge 4.15.	Y-ekseni negatif eksende seçilen değerler	85
Çizelge 4.16.	Z-ekseni pozitif eksende seçilen değerler	87
Çizelge 4.17.	Z-ekseni negatif eksende seçilen değerler	87
Çizelge 4.18.	X-ekseni pozitif eksende seçilen değerler	91
Çizelge 4.19.	X-ekseni negatif eksende seçilen değerler	91
Çizelge 4.20.	Y-ekseni pozitif eksende seçilen değerler	93
Çizelge 4.21.	Y-ekseni negatif eksende seçilen değerler	93
Çizelge 4.22.	Z-ekseni pozitif eksende seçilen değerler	95
Çizelge 4.23.	Z-ekseni negatif eksende seçilen değerler	95

1. GİRİŞ

Taşıtlar icat edildiği ve insanların hizmetine sunulduğundan tarihten itibaren birçok farklı amaçla kullanılmaktadırlar. Taşıtlarda kullanılan malzemelerin başında ise metaller gelmektedir. Birçok farklı özellikte ve kalınlıkta olan metaller kullanım amaçları doğrultusunda tercih edilmekte ve taşıtlarda yer bulmaktadırlar. Hangi malzemenin taşıtın neresinde kullanılacağına tercihi konusunda malzemenin mekanik, kimyasal ve fiziksel özelliklerinin yanı sıra şekil verilebilirlik ve maliyet konuları da önem arz etmektedir.

Metallerin kullanıma hazır hale gelmeleri için gerekli üretim aşamalarından geçirilmeleri gerekmektedir. İmalat veya üretim, bir ürünü insan ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla işlemek ve başlangıç aşamasındaki halinden farklı olacak şekilde yarı mamül veya mamül haline getirmek olarak tanımlanmaktadır. Ham maddelerin kullanılabilir hale getirilmesi için malzemeye uygulanan her bir işleme üretim yöntemi denir. Otomotiv ana ve yan sanayisinde birçok farklı üretim yöntemi bulunmaktadır ve yapılan işin alanına ve gerekliliklerine göre gerçekleştirilecek imalat metoduna başvurulmaktadır. Üretim yöntemleri geleneksel ve ileri üretim teknolojileri olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadırlar. Ancak sanayide yaygın olarak geleneksel yöntemlerden olan talaşlı ve talaşsız imalat yaygın olarak uygulanmaktadır.

Talaşlı imalat genel olarak üretim süreci gerçekleştirilen parça üzerinden, üretim süreci esnasında tabaka veya katman şeklinde malzeme kaldırılması olarak tanımlanmaktadır. Parça üzerinden kaldırılan tabaka talaş olarak adlandırılmaktadır. Frezeleme, tornalama, delik delme, raybalama, ve taşlama işlemleri talaşlı imalata örnek olarak verilebilmektedir.

Talaşsız imalat yöntemi ise parçadan talaş kaldırmadan gerçekleştirilmektedir. Döküm, plastik şekil verme, sac metal şekillendirme ve kaynak işlemleri talaşsız imalata örnek olarak verilmektedir.

Otomotiv sanayisinde geniş bir yer tutan sac metal şekillendirme işlemleri genel olarak preslerde gerçekleştirilmektedir. Presler, elektrik motorunun gerçekleştirdiği dönme hareketini alarak mekanik enerjiye çeviren ve bu enerjiyi parça üretim operasyonları için

kullanan makinelerdir. Sanayide yaygın olarak tahrik sistemlerine göre mekanik ve hidrolik presler kullanılmaktadır.

Mekanik ve hidrolik presler günümüzün sanayi olanakları altında özellikle havacılık, beyaz eşya ve otomotiv endüstrisi başlıca olmak üzere birçok farklı alanda üretim süreçleri içinde kullanım alanı bulmaktadırlar. Presler günümüzde ihtiyaçlar ve müşteri talepleri doğrultusunda farklı tonajlarda ve özellikler üretilmekte ve kullanılmaktadırlar. Sanayide en yaygın olarak H ve C tipleri kullanılmaktadırlar. Şekil 1.1.'de H tipi 500 Ton Mekanik pres görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 1.1. H Tipi 500 Ton Mekanik pres makinesi

Daha önceki yıllarda parça kalitesi ve tolerans limitleri bu kadar önemli değilken, artan rekabet ortamının getirmiş olduğu zorunluluklar dolayısıyla üretimi gerçekleştirilen her bir ürünün en iyi ve istenilen formda üretilip müşteriye teslim edilmesi gerekmektedir. Artan talepler ve ihtiyaçlar doğrultusunda ürün üzerinde herhangi bir şekilde arzulanmayan ve toleranslara uymayan değişikliklerin ortadan kaldırılması gerekmektedir.

Beyaz eşya, savunma sanayi ve otomotiv sanayisinde ki birçok ürün kalıplar sayesinde üretilmektedir. Kalıplar; hacim kalıpları ve sac metal kalıpları olmak üzere iki ana başlıkta gruplandırılmaktadır. Bu çalışma sac metal kalıbı üzerinde yapılacaktır. Sac metal kalıpları; kesme kalıpları, bükme kalıpları, delme kalıpları ve çekme kalıpları olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bu tez çalışmasında, otomotiv endüstrisinde parça üretimi süreçlerinde parçaya form verme, kesme, delme, bükme ve diğer operasyonları gerçekleştirmemize olanak sağlayan kalıplar üzerinde titreşim analizi ve optimizasyonu çalışmaları gerçekleştirilecek. Şekil 1.2’de bir sac metal kalıbı fotoğrafı bulunmaktadır.



Şekil 1.2. Sac metal kalıbı

Titreşim endüstride ortaya çıkan olumsuzlukların ve kalitesizlik problemlerinin en önemli kök sebeplerinden biridir. Gelişen teknoloji ile birlikte işletmelerin minimum maliyetle birlikte maksimum üretimi gerçekleştirme ihtiyaçları doğmuştur. Bu çalışmanın temel konusu parça üretiminde kullanılmakta olan kalıplardan kaynaklanan titreşim dolayısıyla meydana gelebilecek herhangi bir istenmeyen titreşim sorununu önlemektir.

Bu tez çalışmasının amaçları aşağıda sıralanmıştır:

- Yapılacak olan literatür taramaları sayesinde titreşimin çalışma şartları üzerine etkilerinin incelenmesi,
- Kalıp kaynaklı titreşimi incelemek ve elde edilen değerleri azaltmak,
- Çalışmayı firma geneline yaygınlaştırmak
- Artan müşteri isteklerinin doğurmuş olduğu iyileştirme ve geliştirme ihtiyacı bu tez çalışmasının yapılmasında ki asıl amaç olarak belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasının içeriği eksantrik pres makinelerinde üretim süreci içerisinde kullanılan sac metal kalıpların yaratmış olduğu titreşimin etkilerini incelemek ve iyileştirme çalışmaları sayesinde titreşim değerlerini azaltmak olarak özetlenebilir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürde titreşim konusu ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Fakat kalıp kaynaklı titreşim ve optimizasyonuna yönelik çalışma sayısı sınırlıdır. Literatür taramasında esas olarak otomotiv endüstrisinde üretim yöntemleri, titreşim, titreşimin etkileri ve optimizasyon çalışmalarına yönelik araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde mekanik presler, titreşim analizi ve optimizasyonu ile ilgili yapılmış çalışmalar aktarılacaktır.

Kaymak ve ark.(2019), eksantrik bir pres makinesinde kalıp kaynaklı titreşim probleminin giderilmesini incelemektedirler. Bu çalışmada dakikada oluşan vuruş sayısı yüksek olan bir mekanik pres makinesinde kalıp kaynaklı titreşimin oluşturabileceği olumsuz etkilerin ve olası bakım maliyetlerinin önüne geçmek için kalıptan elde edilen titreşim değerlerinin incelenmesi, pres makinesine zarar verebilecek kalıpların üzerinde iyileştirmelerin yapılması amaçlanmıştır. Titreşim değerlerini elde etmek amacıyla pres üzerine titreşim verilerini alabilecek sensörler sayesinde çalışma gerçekleştirilmektedir. Yapılan çalışma sayesinde titreşim değerlerinde iyileştirmeler elde edilmiştir.

Hasibuzzaman ve ark.(2020), ADXL-345 ivme ölçerini ve Arduino Mega işlemci kartını kullanarak titreşim ölçüm çalışması gerçekleştirmektedirler. Bu çalışmada titreşim kontrolünün neden yapılması gerektiği ve darbe hareketlerinin makineyi ne kadar etkilediği incelenmektedir. Gerçekleştirilen çalışma ile makine bakımlarını eksiksiz yapmak ve titreşim gözlemlerini gerçekleştirmenin gerekli olduğu sonucu elde edilmiştir. Kullanılan Arduino işlemci kartı ile yapılan incelemelerin doğru sonuçları gösterdiği faydalı olduğu ortaya çıkmıştır.

Atak'ın tez çalışmasında (2021), mekanik presler üzerinde belirlenen noktalara titreşim sensörü montajı gerçekleştirilmiş ve toplanan veriler izlenmektedir. Elde edilen verilere göre gerekli iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

Bir diğer çalışmada ise kalıp titreşiminin AL-356 alaşımının mekanik karakteristiği üzerine etkileri incelenmektedir. Tenali ve ark.(2020), gerçekleştirilen deneyler sayesinde 3 ana sonuçla karşılaşmaktadırlar. Birinci sonuç olarak, dökümün kalıp titreşim

frekansının artmasıyla basınç dayanımı artarken çekme dayanımının azaldığını görmekteyiz. Basınç dayanımının artması, dökülen ürünün iyi olup olmadığının göstergesidir. İkinci sonuç ise kalıp vibrasyon frekansının artması ile dökümün sertlik değerlerinin artmasıdır. Son sonuç ise artan kalıp titreşim frekansı tane inceliğini arttırmaktadır.

Engür (2007), titreşim analizi çalışması gerçekleştirmektedir. Gerçekleştirilen titreşim ölçümleri sonucunda elde edilen titreşim değerlerinin toplanması ve incelenmesi sayesinde makinelerin arıza çıkarmasından önce önlemler alınabilmekte ve bu sayede kestirimci bakım çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Toplanan değerlerin incelenmesi için ISO2372 Titreşim Standartları kullanılmakta ve bu tabloya göre hangi değerlerin tolere edilebilir hangilerinin izin verilemez olduğuna karar verilmektedir. Yapılan çalışmalar sayesinde, olası arızalardan önce tespit edilmesi bu arızaların daha büyük arızalara yol açması engellenmektedir.

Bir diğer çalışmada Yıldırım ve ark. (2015), rulmanlarda meydana gelen titreşim değerlerinin ölçümünü yaparak oluşan veya oluşması muhtemel hasarları tespit etmektedirler. Kompresör yataklanmasında kullanılan rulmanlarda yapılan titreşim analizi ile kestirimci bakım çalışması gerçekleştirmekte ve sonuçlar değerlendirilmektedir. Toplanan titreşim değerleri incelendiklerinde rulmanın hem iç hem de dış bileziğinde temel hasar frekanslarına ve çoklu katlarında genlikler tespit etmişlerdir. Yapılan bakım çalışması sayesinde rulmanda bulunan sorunların ortadan kaldırıldığı görülmüştür.

Makine ve makine elemanlarında meydana gelen arızaların tespitinde titreşim analizi metodunun kullandığı bir başka çalışma da (Kalyoncu (2006)) , kestirimci bakım sayesinde makine ve ekipmanda ki olası arıza, aşınma vb. hata kaynaklarının sorun haline gelmeden önce tespit edilip gerekli müdahalelerle onarılmasının önemi üzerinde durmaktadır.

Karahan (2005), yüksek lisans tez çalışmasında titreşim analizi ile makinalarda arıza tespiti konusu üzerine çalışma gerçekleştirmektedir. Bu çalışmada çelik endüstrisinde kullanılan makinelerde titreşim analizi gerçekleştirilerek kestirimci bakım uygulaması

yapılmaktadır. Bu amaçla makinelerde periyodik titreşim ölçümleri gerçekleştirilmekte ve toplanan titreşim değerleri frekans analizi metodu ile incelenerek arızalar tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Bir diğer titreşim ile ilgili çalışmada ise (Alçelik ve ark. (2020)), dönen makinaların üzerinde titreşim çalışması gerçekleştirmekte ve dengesizlik ve eksen kaçıklığı ile titreşim ilişkisini incelemektedirler. Yapılan çalışmada dönen bir makine-mil sisteminin aksenal kaçıklığının ve dengesizliğinin titreşime olan etkileri incelenmekte ve titreşim analizi yöntemi kullanılarak yapılan deneysel çalışmada elde edilen titreşim verileri analiz edilmektedir.

Yiğit (2002), yüksek lisans tez çalışmasında titreşim izleme yöntemi ile makine performansı üzerine çalışma gerçekleştirmektedir.

Ayan (2009), yüksek lisans tez çalışmasında döner makine elemanları üzerinde titreşim analizi ve kestirimci bakım çalışması yapmaktadır. Gerçekleştirilen titreşim analizi çalışmaları sayesinde balanssızlık arızası ve rulmanda dış bilezik hasarı tespit edilmiştir. Analizler sonucunda herhangi bir arıza oluşmadan önce değişiklik yapılmış ve olası bir hasar durumu engellenmiştir.

Orhan ve ark. (2003), titreşim analizi metodu ile rulman arıza tespiti üzerine çalışmalar yapmaktadırlar. Aldıkları periyodik ölçüm sonuçları sayesinde titreşim hareketlerini analiz etmekte ve motor iç yatak rulmanı dış bileziğinde hasarla karşılaşmaktadırlar. Gerçekleştirilen periyodik ölçümler sayesinde iş duruşu veya rulman sökümüne gerek rulmanın hasarını tespit etmişlerdir.

Kubilay (1989), yazmış olduğu makalesinde kestirimci bakımın temel olarak titreşim ölçüm yöntemini kullandığına değinmektedir. Titreşim analizini gerçekleştirerek balans ayar bozukluğu, merkez kaçıklığı, bozuk rulmanı, elektrik motor arızalarını ve kayış arızalarını gibi birçok farklı hatayı önceden öngörebileceğimizden bahsetmektedir.

Aktürk ve ark. (2000), rulmanlarda titreşimlerinin oluşması, ölçülmesi ve değerlendirilmesinden bahsetmişlerdir. Önemli frekansların hesaplanmasında kullanılan formüller verilerek kestirimci bakım ile ilgili hazır bir referans oluşturmuşlardır.

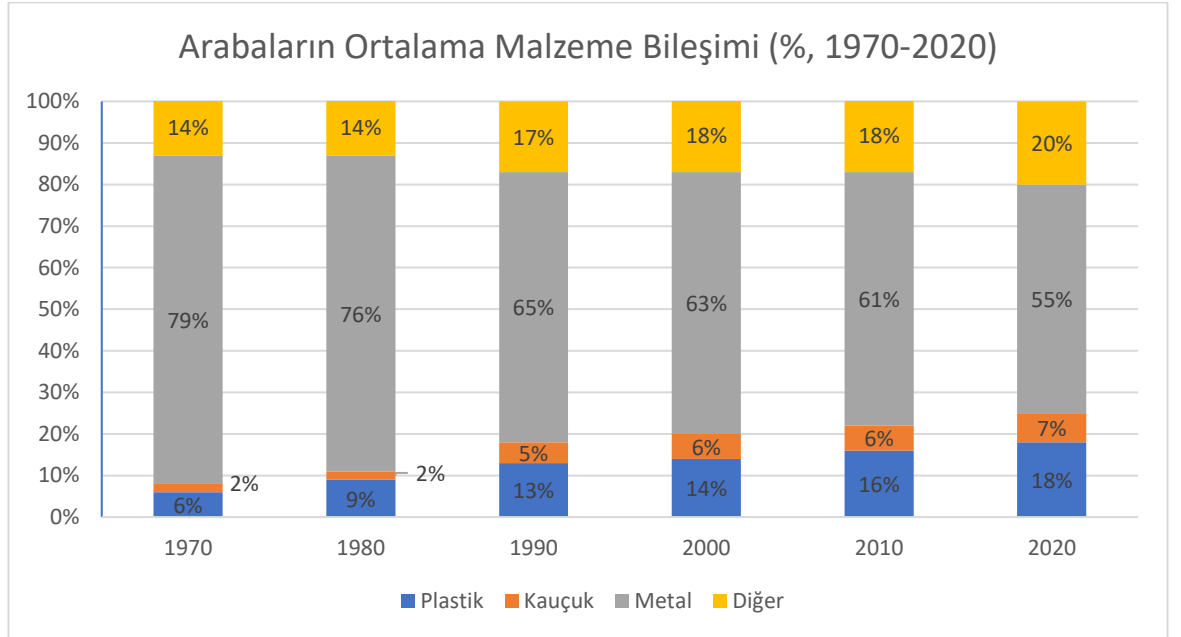
Bahan (2019), yüksek lisans çalışmasında doğrusal olmayan bilyalı rulmanlar ile desteklenmiş bir rotor sisteminin kararlı hal periyodik titreşimlerini sonlu elemanlar metodu ile incelemektedir.

Bir diğer yüksek lisans çalışmasında (Durmuş (2019)), rulmanlı yatakların titreşim analizi ile incelenmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirmekte ve sonlu elemanlar yöntemi ile titreşim analizleri yapmaktadır. Titreşim tepkilerinin frekans içerikleri incelenerek, bölgele kusurların titreşim tepkisi üzerindeki etkileri analiz edilmektedir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Günümüzde otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan sac metaller otomobilin icadından itibaren otomobillerin yegane bileşenlerinden olmuştur. Marka, model ve otomobilin sınıfına bağlı olarak kullanım alanları ve oranları değişen sac metaller birçok farklı proses ve işlemlerden geçirilerek kullanıma uygun hale getirilmektedir. Yıllar içinde değişen müşteri talepleri, maliyet azaltma, ağırlık azaltma gibi sebeplerden dolayı metallerin kullanım oranları değişip azalma yönüne doğru gitse de halen daha otomobil bileşenleri içerisinde en çok kullanım oranına sahip komponent olarak durmaktadır. Çizelge 3.1’de otomobillerde kullanılan malzemelerin yıllara göre değişimini gösteren tablo yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Otomobillerde kullanılan malzemelerin oranları (A.T.Kearney, 2012)

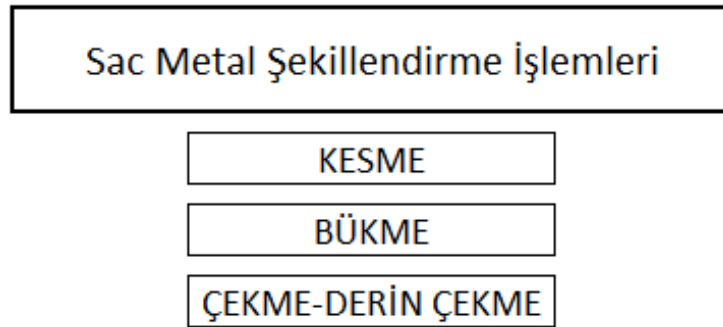


3.1. Sac Metal Şekillendirme İşlemleri

Sac metaller, bant veya rulo haline getirilmiş ve ihtiyaçlar doğrultusunda 0,4 mm ile 6 mm arasındaki farklı kalınlıklarda üretilen metaller olarak tanımlanmaktadır. Sac metaller soğuk şekil verme ve sıcak haddeleme metodları ile imal edilmektedirler. Şekillendirilmesi kolay ve esnek olmalarından dolayı endüstrinin birçok farklı alanında kullanılmaktadır.

Sac metal parçaların tercih edilmesinin birçok farklı sebebi vardır. Yüksek dayanım, yüksek boyutsal doğruluk, iyi yüzey kalitesi, düşük maliyet ve seri üretim şartlarına uygunlukları bunlardan bazılarıdır.

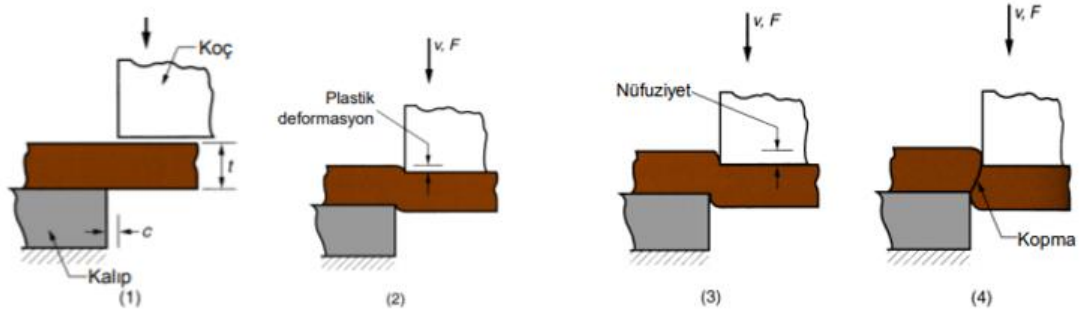
Sac metal şekillendirme prosesleri gelişen teknolojik imkanlarla sürekli olarak değişmeye ve çeşitlenmeye devam etse de temelde kesme, bükme ve form verme (çekme) olarak üç ana başlığa ayırabiliriz. Gelişen teknolojik imkanlarla ileri üretim teknolojileri sayesinde birçok farklı methodla da sac metal işlemleri gerçekleştirilmektedir ancak bu çalışmada temel ve yaygın olarak kullanılan methodlar anlatılmaktadır. Şekil 3.1'de sac metal şekillendirme işlemleri gösterilmektedir.



Şekil 3.1. Sac metal şekillendirme işlemleri

3.1.1. Sac Metal Kesme İşlemi

Levha veya düz şerit halindeki saclardan istenilen profil ve ölçüdeki parçaları talaş kaldırmadan elde etme işlemine kesme adı verilmektedir. Sac metali keserek şekil verme işlemi makaslama olarak da adlandırılmaktadır. Kesme işlemi sırasıyla Şekil 3.2’ de gösterilmektedir.

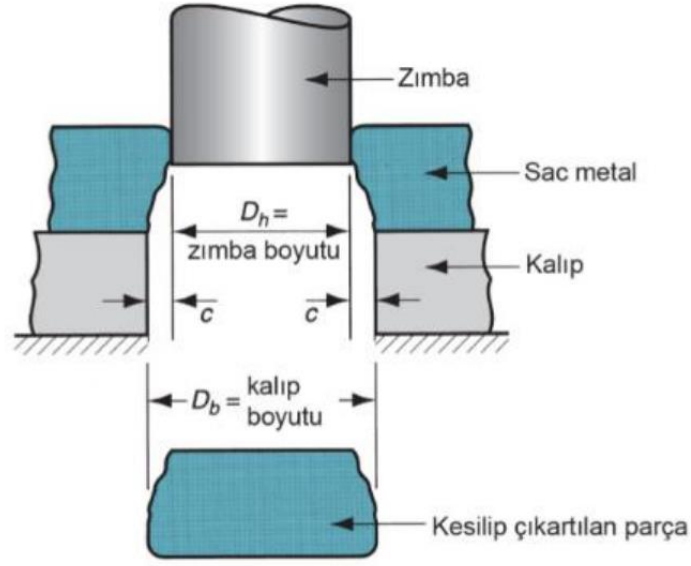


Şekil 3.2. Sac metal kesme prosesleri (Gülmez, 2011)

- (1) Zımba parçaya temas etmeden önce
- (2) Zımba, plastik deformasyona sebep olarak parçayı itmeye başlıyor
- (3) Zımba düz bir kesme yüzeyi oluşturacak şekilde parçayı sıkıştırarak etki ediyor
- (4) Sacı ayıran kırılma karşılıklı kesme kenarlarında başlıyor

Doğrusal hareket gerçekleştiren kesici zımba, dişi kalıba doğru ilerleyerek kesme operasyonu gerçekleştirilmektedir. İlk olarak zımba parçaya doğrusal hareketle yaklaşarak baskı kuvveti oluşturmaktadır. Zımba aşağı yönlü doğrusal hareketine devam ederek baskı kuvveti dolayısıyla parça üzerinde plastik şekil vermeye sebep olmakta ve sonunda sac metali iki parçaya ayrılacak şekilde kesme işlemini tamamlamaktadır.

Zımba ve dişi kalıptan oluşan düzenekle yapılan kesme işlemine kalıpla kesme denir. Yapılan kesme işlemi makasla kesmeye benzemektedir. Kalıpla kesme de bıçak yerine zımba ve dişi kalıp kullanılmaktadır. Şekil 3.3’te sac metal kesme işlemi gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Sac metal kesme işlemi (Groover, 2010)

Sac metal kesme kalıbı sayesinde gerçekleştirilen kesme işleminde kesilen kenarın yüzey kalitesi ve oluşacak olan muhtemel çapakların istenilen tolerans aralığında elde edilmesi için en önemli işlemlerden biri de kalıp ile zımba arasında yer alan kesme boşluğunun belirlenmesidir. Şekil 3.3.' te 'c' ile gösterilen kesme boşluğu erkek ve dişi kalıp arasında ki uzaklık olarak tanımlanmaktadır. Kesme boşluğu düzgün seçilmez ve ayarlanmaz ise istenilen tolerans değerlerinde ki çapak seviyesi elde edilemez ve üretilen üründe kalite problemi dolayısıyla red alınabilir. Bu sebeple kesme boşluğu hesaplanırken dikkatli olunmalı ve hesap parametreleri göz önüne alınmalıdır. Kesme boşluğu hesabı aşağıdaki formül ile yapılmaktadır.

$$c = A_c \cdot t \quad (3.1)$$

Formülde yer alan 'c' kesme boşluğunu temsil etmektedir. 'A_c' boşluk toleransıdır ve metal türüne göre değişkenlik göstermektedir. Örneğin yarı sert ve tam sert paslanmaz çelikler için 0.075 iken, 5052S Alüminyum alaşımları için bu değer 0.045'dir. Formülün

son bileşeni olan ‘t’ ise sac kalınlığıdır ve mm cinsinden yazılmaktadır. Kesme boşluğunu malzeme cinsi, zımbanın şekli ve sac malzemenin kalınlığı gibi faktörler etkilemektedir. Çizelge 3.2’de bazı metal türleri için müsaade edilen boşluk tolerans değerleri yazmaktadır.

Çizelge 3.2. Metal tipine göre Ac değerleri (Groover, 2010)

Metal Grubu	Ac
1100S ve 5052S alüminyum alaşım, temperli	0.045
2024ST ve 6061ST alüminyum alaşım, temperli, soğuk haddelenmiş	0.060
Soğuk haddelenmiş çelik, paslanmaz çelik	0.075

Kesme kuvveti de sac metal kesme işlemlerinde ki en önemli hususlardan biridir. Kesme işlemi gerçekleştirilecek malzemenin cinsi, uzunluğu ve kalınlığı gibi parametrelere bağlı olan kesme kuvvetinin hesabı aşağıdaki denklem ile yapılmaktadır.

$$F = S \cdot t \cdot L \quad (3.2)$$

Denklemden ki F; N cinsinden kesme kuvveti, S; N/mm² cinsinden kesilecek malzemenin kesme dayanımını, t; mm cinsinden sac kalınlığı, L ise mm cinsinden kesilecek kenarların uzunluğudur.

Çizelge 3.3’te malzeme cinsine göre kesme dayanımlarını gösteren tablo yer almaktadır.

Çizelge 3.3. Malzeme cinsine göre kesme dayanımları (Yağır, 2015)

Malzemenin cinsi	Kesme direnci τ =kg/mm ²
Kurşun	2,5
Kalay	3,5
Alüminyum	5,6
Bakır	10
Pirinç	15,5
Nikel	20-25
%0,1C Çelikler tavllanmış	25-30
soğuk haddelenmiş	30
%0,2C Çelikler tavllanmış	30
soğuk haddelenmiş	35-40
%0,3C Çelikler tavllanmış	35
soğuk haddelenmiş	45-50
Paslanmaz çelikler	40
silisyumlu çelikler	45

Çizelge 3.4'te çekme dayanımlarına göre malzemelerin kesme gerilmesi değerleri yer almaktadır.

Çizelge 3.4. Çekme dayanımlarına göre malzemelerin kesme gerilmesi (Yağır, 2015)

Malzemenin cinsi	Kesme Direnci (τ_a =kg/mm ²)
Çelik	$11,0+0,560\sigma_z$
Pirinç	$17,1+0,2852\sigma_z$
Çinko	$0,7+0,750\sigma_z$
Alüminyum	$0,750\sigma_z$
Duralüminyum	$17,3+0,230\sigma_z$

Sac metal kesme işlemleri sacın istenilen şekilde olacak şekilde sac levhalardan elde edilmesi işlemleri olarak tanımlanmaktadır. Kesme kalıbında işleme giren sac metal

levhada, kesme işlemi sonrası istenilen parça elde edilmekte ve çevre kesme sonucu artan sac kısımları ise hurda olarak geri dönüşüme gönderilmektedir. Şekil 3.4'te açınım kesme işlemine girmiş bir parçanın işlem sonrası görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 3.4. Kesme işlemi gerçekleştirilen sac metal parça

Sac metal kesme işlemleri birçok farklı şekilde olabilmektedir. Başlıca çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- a.** Parça kesme: Elde edilmesi arzulanan parçayı kapalı bir eksen boyunca kesme işlemidir.
- b.** Düz kesme: Elde edilmesi arzulanan parçayı kapalı olmayan bir eksen boyunca kesme işlemidir.
- c.** Yarma: Sac metal levhadan çentik ayrılması işlemidir.
- d.** Delik kesme: Sac metal levhadan dairesel parçanın kesilerek çıkarılması işlemidir.

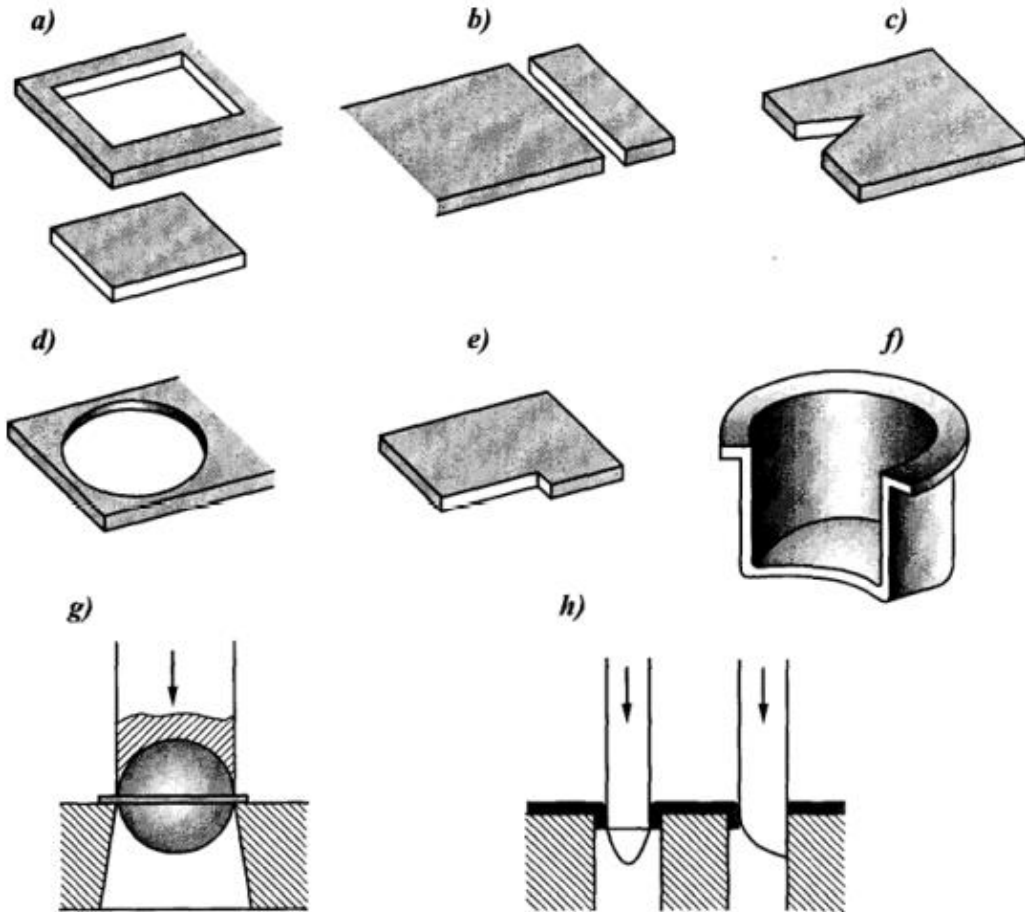
e. Son kesme: Sac metal levha yüzeyine zımbanın iki taraflı kesme işlemi yapmasıdır. Bu kesme işlemi sayesinde kesme kenarları daha keskin, kesim yüzeyleri ise daha düzgün elde edilmektedir.

f. Formlu kesme: Çekme işlemi sonrasında kenarlarda mevcut olan ancak istenmeyen fazlalık sacın kesilmesi işlemidir.

g. Çapak kesme: Parçaların üzerinden çapakların alınması işlemidir.

h. Kenarlama: Sac levhanın zımba vasıtası ile bükülmesi işlemidir.

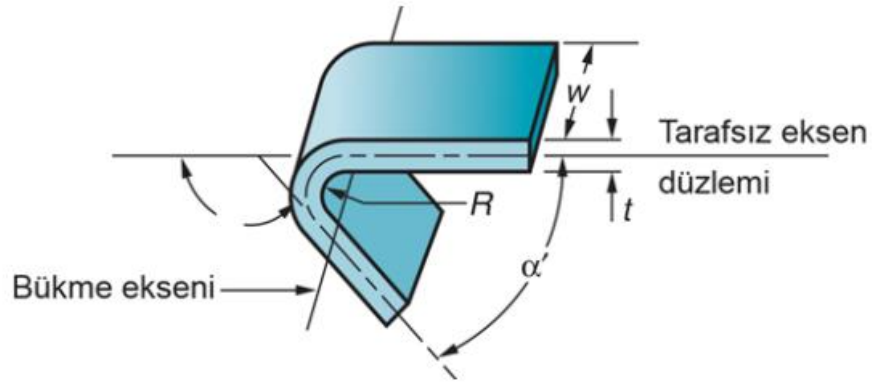
Şekil 3.5'te sac metal kesme çeşitleri yer almaktadır.



Şekil 3.5. Kesme Çeşitleri (Yağır, 2015)

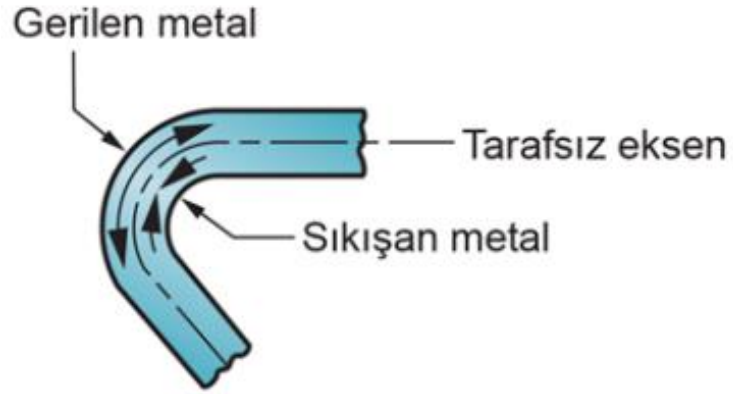
3.1.2. Sac Metal Bükme İşlemi

Sac metal bükme veya eğme işlemi, Şekil 3.6’da gösterildiği gibi metalin düz bir eksen etrafında gerilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bükme işlemi sırasında, tarafsız eksen düzleminin içindeki metal sıkıştırılırken, tarafsız eksen düzleminin dışındaki kısım ise gerilir. Böylelikle bükme işlemi sırasında sac metalde hem basma hem de gerilme çekme gerilimi meydana gelmektedir.



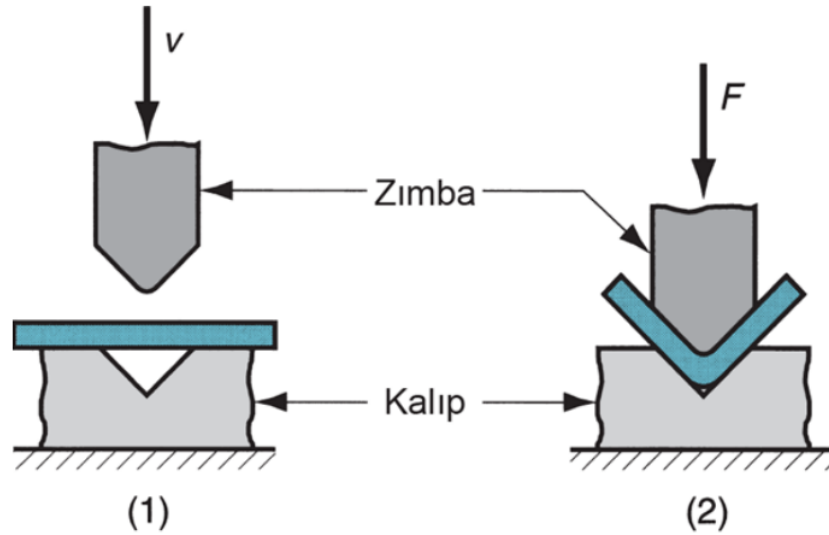
Şekil 3.6. Sac metal bükme işlemi (Groover, 2010)

Bu gerilme koşulları Şekil 3.7’de görülebilmektedir. Sac metal bükme işlemi uygulandığı esnada plastik olarak deforme olur, böylece sac üzerinde eğilmeye neden olan gerilmeler kaldırıldığında büküm kalıcı bir şekil alır. Bükme işlemi sonrasında sac metalde plastik şekil değiştirmeye bağlı olarak kalıcı şekil değişiklikleri meydana gelmektedir. Bükme, sac levhanın kalınlığında özellikle bükülme bölgesinde çok az etkili olacak şekilde istenmeyen incelmeler meydana getirebilir.

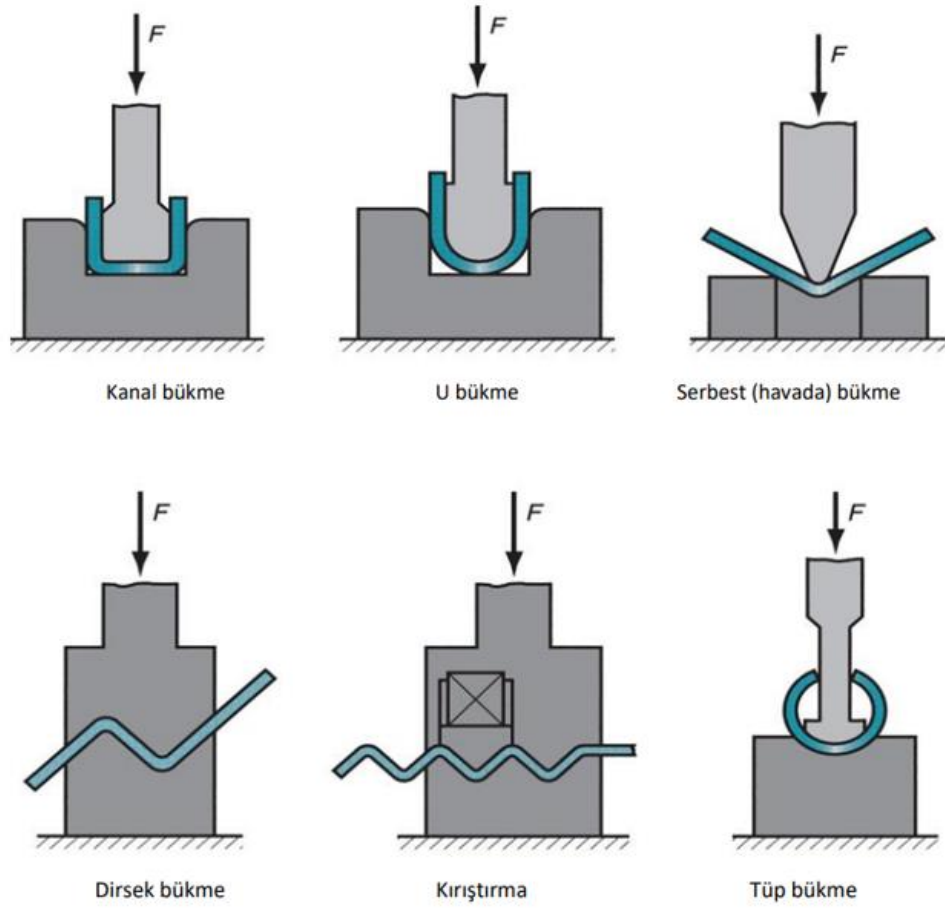


Şekil 3.7. Sac metalin bükülmesi (Groover, 2010)

Sac metal bükme işlemleri genellikle iki ana başlık altında incelenmektedir. Bunlar sırasıyla V bükme ve kenar bükmedir. V-bükmede, sac metal V-şekilli bir zımba ile kalıp arasında bükülerek işlem gerçekleştirilir. V-kalıplar sayesinde çok geniş ve çok dar açılar elde etmek mümkündür. Genellikle abkant pres kullanılarak gerçekleştirilir. V-kalıpları nispeten basit ve ucuzdur. V bükme işlemi Şekil 3.8’de gösterilmektedir.



Şekil 3.8. V bükme işlemi (Groover, 2010)



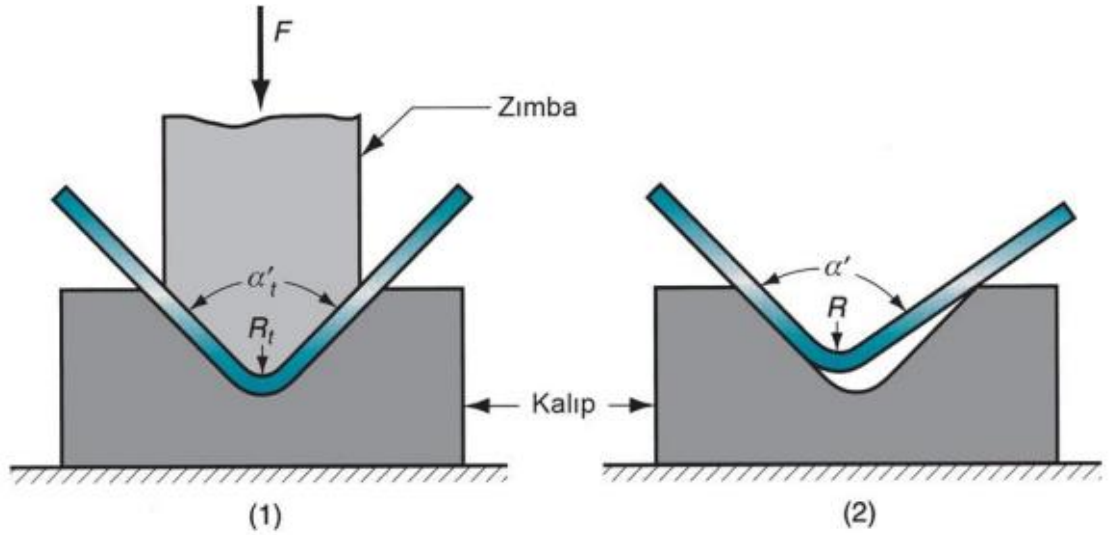
Şekil 3.10. Sac metal bükme çeşitleri (Groover, 2010)

Sac metal bükme işlemi gerçekleştirilen parçada eğer eğme yarıçapı sac kalınlığından daha küçük ise sac metal bükme işlemi sırasında gerilme göstermektedir. Bükme işlemi sonucunda elde edilen son parça uzunluğunun istenilen boyutla eşleşmesi için, eğer mevcut ise meydana gelen esneme miktarını tahmin edebilmek önemlidir. Problem, son bükülmüş bölümün gerilmesini hesaba katmak için bükülmeden önce tarafsız eksenin uzunluğunu belirlemektir. Bu uzunluk müsaade edilebilir eğme toleransı olarak adlandırılır. Bu tolerans aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$A_b = 2\pi \frac{\alpha}{360} (R + K_{ba} t) \quad (3.3)$$

Formüldeki A_b mm cinsinden eğme toleransını, α bükme açısını, R bükme yarıçapını, t sac kalınlığını, K_{ba} ise germeyi tahmin faktörüdür. Eğer $R < 2t$ ise $K_{ba} = 0.33$, $R \geq 2t$ ise $K_{ba} = 0.50$ alınabilir.

Gerçekleştirilen eğme işleminin sonucunda eğme basıncı kaldırıldığı zaman, bükme işlemi olan kısımda elastik enerji kalır ve parçanın kısmen ilk haline dönmesine sebep olur. Bu elastik geri toparlanma, zımba ile bükme operasyonu tamamlandıktan sonra zımbanın dahil edilen açısına göre bükme işlemine girmiş parçanın dahil edilen açıdaki artış olarak geri esneme veya yaylanma olarak tanımlanır. Şekil 3.11’de sac metalde meydana gelen yaylanma problemi gösterilmektedir.

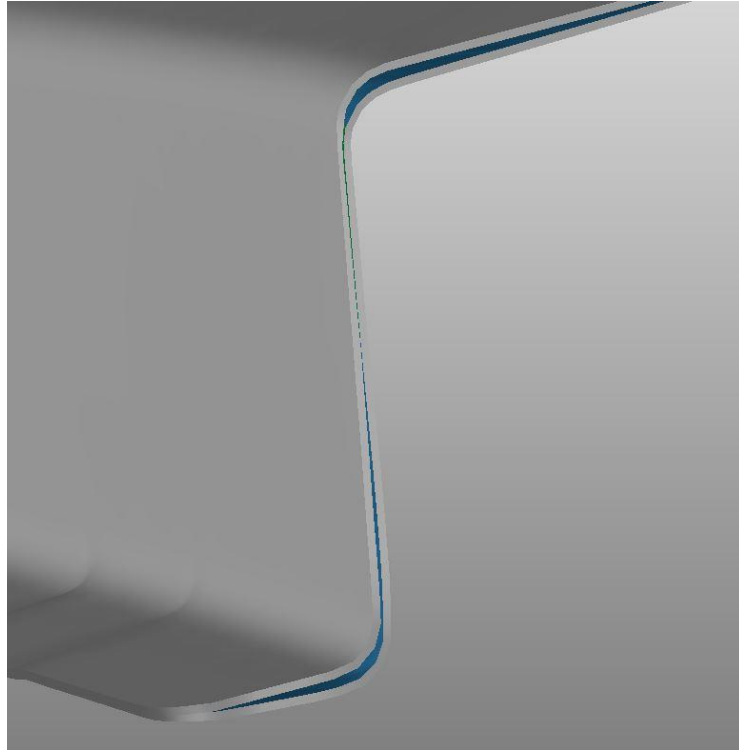


Şekil 3.11. Sac metalde yaylanma (Groover, 2010)

Zımba kaldırıldıktan sonra parça α' açısına geri yaylanır. Formül 3.4’ de geri esnemenin nasıl hesaplandığı görülmektedir.

$$SB = \frac{(\alpha' + \alpha'_t)}{\alpha'_t} \quad (3.4)$$

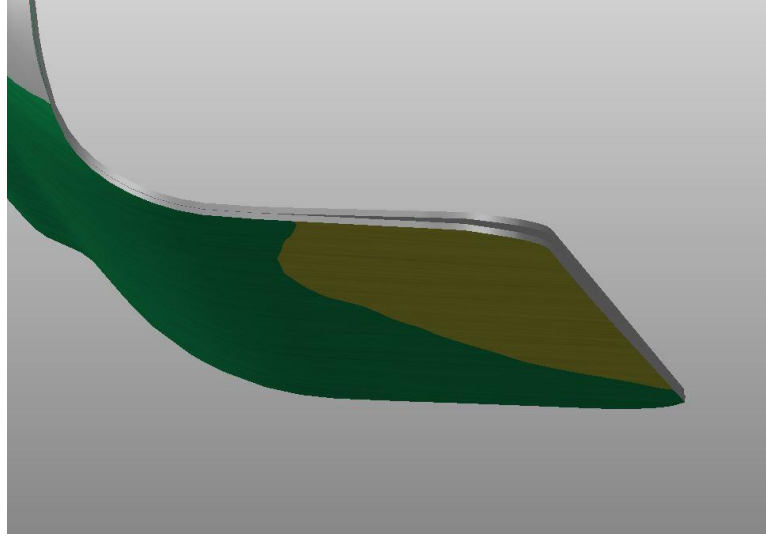
Denklemdaki SB yaylanmayı, α' derece cinsinden sac metal parçanın açısını, α'_t ise derece cinsinden zımbanın açısını göstermektedir. Elastik toparlanma sebebiyle bükülme yarıçapında da bir artış meydana gelebilir. Geri esneme miktarı, bükme operasyonuna giren metal parçanın artan elastik modülü E ve akma mukavemeti Y ile artar. Şekil 3.12' de geri esnemeye maruz kalmış bir parçanın analiz sonucu gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Yaylanmaya maruz kalmış parça

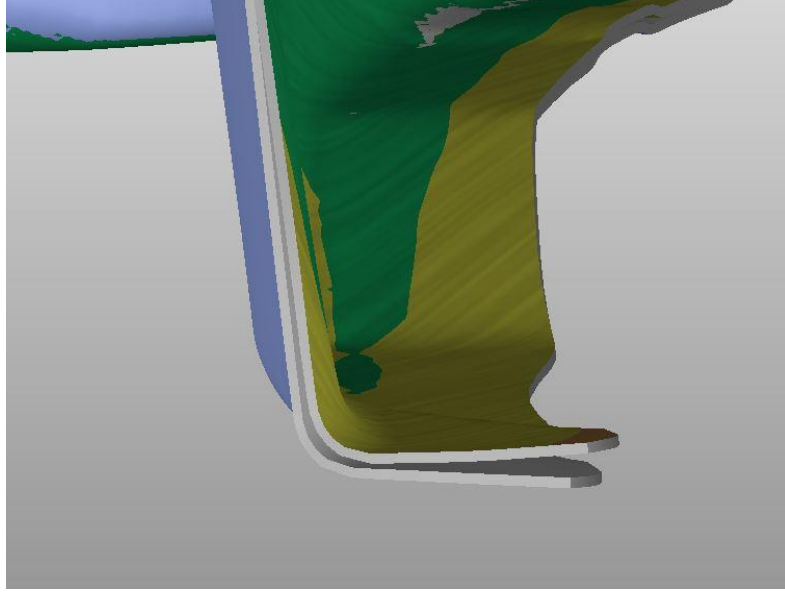
Gerri esnemenin telafisi birkaç yöntemle gerçekleştirilebilir. Sanayide yaygın olarak tercih edilen iki yöntem aşırı bükme veya aşırı yük uygulanmasıdır. Aşırı bükmede, zımba açısı ve yarıçapı, sac metal parçanın istenen şekle geri dönmesi için nihai parçada belirtilen açıdan biraz daha küçük üretilir. Şekil 3.13'te gösterilen parçada istenilen nihai parça datası ile analiz sonucu üst üste koyulmuş ve inceleme yapılmıştır. Parçanın uç kısmında sarı renkle belirtildiği şekilde geri yaylanma tespit edilmiştir. Arzulanan

kalitede ürünü elde etmek için aşırı bükme işleminin gerçekleştirilmesi gerektiği gözükmektedir.



Şekil 3.13. Aşırı bükme ile telafi edilecek sac parça

Aşırı yük uygulama işleminde ise, parça sıkıştırılır ve böylece bükülme bölgesinde plastik olarak deforme edilmiş olur. Şekil 3.14'te gösterilen parçada da nihai parçanın üç boyutlu datası ile analiz sonuçları beraber incelenmekte ve geri esneme olduğu tespit edilmektedir. Geri esnemeyi önlemek amacıyla parçaya aşırı yük uygulanması gerekmektedir.

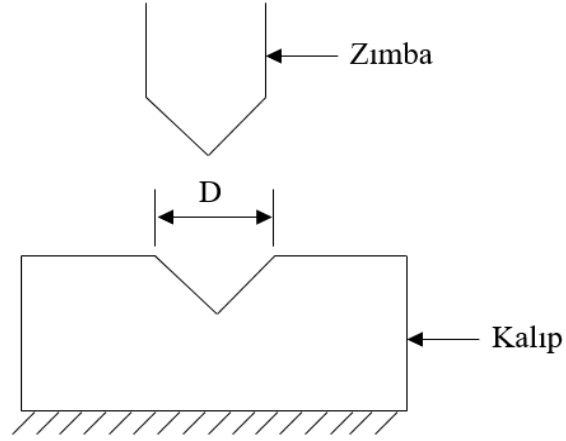


Şekil 3.14. Aşırı yük uygulanarak telafi edilecek parça

Bükme operasyonunu yapabilmek için gereken kuvvet, zımba ve kalıbın geometrisine ve sac metalin mukavemeti, kalınlığı ve boyuna bağlıdır. Maksimum bükme kuvveti aşağıdaki denklem ile hesaplanmaktadır.

$$F = \frac{K_{bf}(TS)wt^2}{D} \quad (3.5)$$

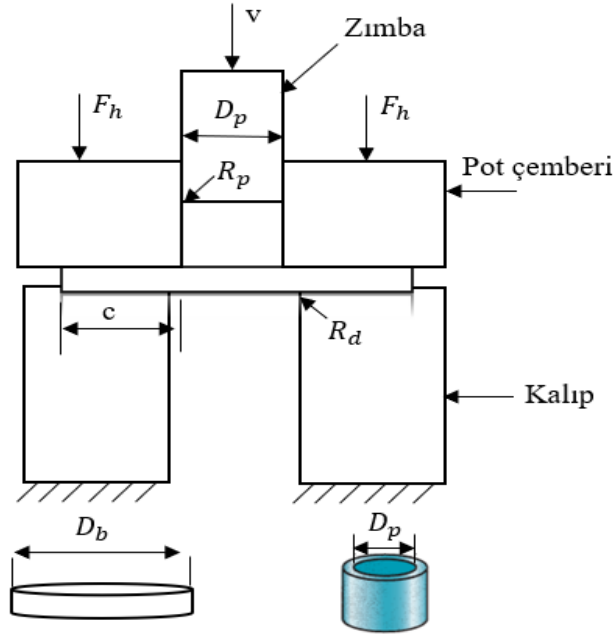
Denklemdaki F; N cinsinden eğme kuvvetini, TS; MPa (N/mm²) cinsinden sac metalin çekme dayanımını, w; mm cinsinden sacın eğme eksenini doğrultusundaki genişliğini, t; mm cinsinden sac kalınlığını ve D; mm cinsinden Şekil 3.15' te gösterilen kalıp açıklığı boyunu göstermektedir. K_{bf} ise sabit bir değer olup V bükme için $K_{bf}=1.33$, kenar bükme için ise $K_{bf}=0.33$ olarak kabul edilmektedir.



Şekil 3.15. V ve Kenar bükme kalıplarında kalıp açıklığı (Groover, 2010)

3.1.3. Sac Metal Çekme-Derin Çekme İşlemi

Sanayide yaygın olarak kullanılan sac metal işleme metodlarından biride çekme operasyonudur. Çekme veya derin çekme operasyonları, tüp şekilli, kutu şekilli, karmaşık kavisli ve içbükey parçaların üretimini yapmak amacıyla tercih edilmektedir. Şekil 3.16'da gösterildiği gibi, sac metal parça kalıp boşluğu üzerine yerleştirilerek ve form çeliğinin sac parçayı boşluğa doğru itmesi ile gerçekleşmektedir. Sac metal, bir baskı plakası (pot çemberi) tarafından kalıba karşı düz bir şekilde tutulmalıdır. Bükme operasyonu ile arasında ki temel fark çekme operasyonunda sacın akarak şekillenmesi sağlanmaktadır.



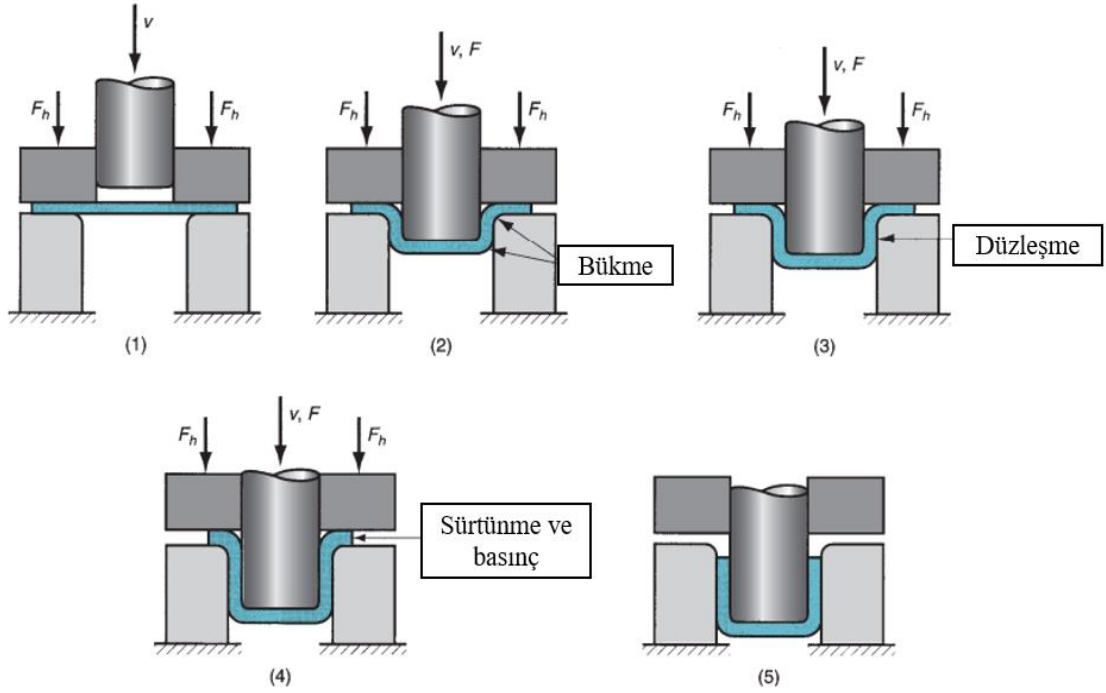
Şekil 3.16. Silindirik sac parçanın derin çekme işlemi (Groover, 2010)

Şekil 3.16’da gösterildiği gibi D_b çapındaki sac malzeme D_p çaplı form verme çeliğinin parçayı kalıp boşluğuna itmesi çekme operasyonu gerçekleştirilmektedir. Sac malzemede yırtılmanın önüne geçmek amacıyla form verme çeliğinin köşesi R_p ve kalıbın köşesi R_d ‘ye radyüs verilmektedir. Köşeler radyüs verilmediği takdirde sacda yırtılma olacak ve çekme operasyonu yerine kesme operasyonu gerçekleşmiş olacaktır. Form verme çeliği ve kalıbın kenarı c ile gösterilen bir boşluk ile ayrılmaktadır. Bu boşluk genellikle sac metal parçanın kalınlığından 10% kadar daha büyük olmaktadır.

$$c = 1,1t \quad (3.6)$$

Form verme çeliği, sac metal parça üzerinde plastik deformasyonunu gerçekleştirmek için aşağı yönlü bir F kuvveti uygular ve şekilde gösterildiği gibi, pot çemberi tarafından aşağı doğru bir F_h tutma kuvveti uygulanır. Form verme çeliği dip konumuna doğru aşağı yönlü ilerlerken, sac metal parça çelik ve kalıp boşluğu tarafından sınırlandırılan son

formuna kademeli olarak şekillenirken bir dizi gerilim ve zorlanma yaşar. Şekil 3.17’de çekme operasyonlarının süreçleri gösterilmektedir.



Şekil 3.17. Sac metal çekme operasyonu süreçleri (Groover, 2010)

Form verme çeliği ilk olarak sac metal parçaya temas etmeye başladığında başladığında, metal üzerinde bükme meydana gelmektedir. Şekil 3.17 (2)’ de gösterildiği gibi form verme çeliği ve kalıbın köşelerinden bükülmektedir. Çelik aşağı yönlü hareketine devam ettikçe önceden kalıp radyüsü üzerinde bükülmüş olan metalde Şekil 3.17 (3)’ de gösterildiği şekilde bir düzleşme meydana gelir. 4.adımda sacın dış kısımlarında sürtünme ve basınç meydana gelmektedir ve pot çemberinin uyguladığı kuvveti az olması durumunda sac metalde kıvrılma, kuvvetin fazla olması durumunda ise sacın yırtılmasına sebep olmaktadır. 5.adımda ise çelik dip noktasına erişmekte ve parçaya istenilen şekil verildikten sonra geri hareketini yapmaktadır.

Çekme operasyonun önemli parametrelerinden birisi Çekme Oranı (DR) dır. Sac metal parçanın çapının, form verme çeliğine oranı olarak tanımlanmaktadır. Çekme Oranı'nın üst limiti 2'dir.

$$DR = \frac{D_b}{D_p} \quad (3.7)$$

Çekme operasyonunun bir diğer önemli parametresi ise İndirgeme (r) dir. İndirgeme değeri olan r 0,5'den düşük olmalıdır.

$$r = \frac{D_b - D_p}{D_p} \quad (3.8)$$

Üçüncü bir parametre olarak ise sac metal parçanın kalınlığının, parçanın çapına oranı kullanılmaktadır. t/D_b oranının da 1%'den büyük olması gerekmektedir. Oran 1%'den küçük olursa sac malzemenin kıvrılmaya eğilimi artmaktadır.

Bu üç parametrenin istenilen sınırlar dışında olması durumunda sac metal parça iki veya daha fazla adımda ve bu operasyonlar sırasında gerekirse tavlama ile birlikte çekme operasyonuna gerçekleştirilmelidir.

Çekme operasyonu için gerekli olan kuvvet aşağıdaki formül vasıtasıyla hesaplanmaktadır.

$$F = \pi D_p t (TS) \left(\frac{D_b}{D_p} - 0.7 \right) \quad (3.9)$$

F; N cinsinden çekme kuvvetini, t; mm cinsinden sac malzemenin kalınlığını, TS ise kg/mm² cinsinden malzemenin kesme direncini göstermektedir.

Pot çemberinin kuvveti ise aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$F_h = 0,015 (\sigma_{Akma})\pi [D_b^2 - (D_p + 2,2t + 2R_d)^2] \quad (3.10)$$

Formülde yer alan F_h ; N cinsinden çekme operasyonu için tutma kuvvetini, σ_{Akma} ; kg/mm² sac metal malzemenin akma mukavemetini göstermektedir. R_d ; mm cinsinden kalıbın köşe radyüsüdür. Formülde yer alan diğer bileşenler ise önceki kısımlarda açıklanmıştır.

3.2. Presler

Günümüzde otomotiv ana sanayi ve yan sanayi başta olmak üzere parçalara form verme, kesme, delme, bükme vb. diğer şekil verme veya formunda değişiklik yapma işlemleri için pres makineleri yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Pres makineleri hemen hemen her imalat sektöründe uzun yıllardır kullanılan temel makinelerdir ve endüstrinin birçok kolunda yüksek kaliteli ve seri üretim yapılmasına olanak sağlamaktadır. Seri üretim koşullarının getirmiş olduğu faydalardan birisi de üretime giren parçalarına artan teknolojik gelişmeler sayesinde her geçen gün daha da gelişen presler sayesinde daha hızlı ve daha iyi kalitede ve arzulanan düzeyde elde edilebilmesidir.

Bu tez çalışmasında 250 Ton Eksantrik bir pres üzerinde deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Genel tanımlama kısmında Eksantrik ve Hidrolik Preslerin özelliklerinden, ne gibi farklarının olduğu ve hangi amaçlarla kullanıldıkları açıklanacaktır.

3.2.1. Pres Tipleri

Presler genel tanım olarak, elektrik motorundan aldıkları dönme hareketini mekanik enerjiye çevirerek ve bu enerjiyi üretim sürecinde kullanan makineler olarak tanımlanabilirler. Presleri birçok farklı alana ve özelliğe göre sınıflandırmak mümkündür.

Bu tez çalışmasında presler sırasıyla; tahrik sistemine göre, gövde tipine göre ve etki alanlarına göre sınıflandırılmışlardır. İlk olarak tahrik sistemine göre presleri inceleyeceğiz.

3.2.1.1. Tahrik sistemine göre presler

Presler tahrik sistemlerine göre Mekanik (Eksantrik) ve Hidrolik olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Mekanik presler elektrik motorundan aldıkları dönme hareketini eksantrik mil vasıtasıyla koç'a ileterek koç'un aşağı ve yukarı yönlü hareketiyle üretim sürecinin gerçekleştirildiği preslerdir. Hidrolik presler ise yağ pompalarının sisteme basınçlı yağ göndermesi sayesinde koçun aşağı yukarı hareketini gerçekleştirebilmekte ve üretim operasyonlarında kullanılmaktadırlar.

3.2.1.2. Gövde tipine göre presler

Presleri gövde tipine göre 2 farklı şekilde sınıflandırabiliriz. Bu türler; C tipi ve H tipidir.

C tipi presler gövde yapısı açık olan preslerdir. Genellikle hafif tonajlı preslerin gerekliliği durumunda kullanılırlar. Uygun fiyatlı olmaları, açık gövdesi sayesinde malzeme yerleştirme ve taşıma kolaylığı sayesinde tercih edilmektedir. Gövde yapısının açık olması avantaj sağladığı kadar presin dezenformasyona açık hale gelmesine sebep olduğu için dezavantaj da meydana getirmektedir. En önemli dezavantajı, yük altında C gövdenin elastik deformasyon göstererek açılmasıdır. Şekil 3.18'de C tipi 120 Ton mekanik pres gösterilmektedir.



Şekil 3.18. C tipi 120 Ton Mekanik pres

H tipi presler ise sanayide daha sık kullanılan, gövde yapısı kapalı ve H şeklinde olan preslerdir. Kalıbın hizalanması için gereken şartları iyi bir şekilde karşılamaktadır. Yüksek tonajlı preslerin gerekliliği durumunda kullanılmaktadır. Daha büyük tonajlı olanları daha çok derin çekme operasyonu için tercih edilmektedir. Şekil 3.19'da H tipi 500 Ton mekanik pres gösterilmektedir.



Şekil 3.19. H tipi 500 Ton Mekanik pres makinesi

3.2.1.3. Gövde malzemesine göre presler

Gövde malzemesine göre presle pik gövdeli presler ve çelik konstrüksiyon gövdeli presler olarak sınıflandırılmaktadır.

Pik gövdeli preslerin ana gövdesi ve tablası dökme demirden tek parça olarak imal edilmektedir.

Çelik konstrüksiyon gövdeli presler ise ana gövde ve tablalar birbirine kaynatılmış çelik plakalardan oluşturulmaktadır.

3.2.1.4. Fonksiyonlarına göre presler

Presleri fonksiyonlarına göre; tek tesirli, çift tesirli ve üç tesirli presler şeklinde sınıflandırabiliriz.

Tek tesirli preslerde koç vasıtasıyla tek yöne hareket gerçekleştirilir. Parça imalatı için koç alttan veya üstten kalıba baskı uygulamaktadır.

Çift tesirli preslerde iki ayrı slayt hareketi vardır. Bir hareketi koç yukarıdan aşağı yapmaktadır. Bu esnada alt tablada bulunan diğer tesirde yukarı yönlü hareket gerçekleştirilmektedir. Altta bulunan tesire pot çemberi denmektedir. Pot genel olarak kalıbın içinden parçayı çıkarmak veya tutmak amacıyla kullanılmaktadır.

Üç tesirli preslerde ise çift tesirli preslere ek olarak bir slayt hareketi de tablanın üstünde olur. Koç'un içinde yine aşağı yönlü olacak şekilde çift hareketi sağlayan ikinci bir koç mevcuttur.

3.2.2. Mekanik presler ve ekipmanları

Mekanik presler günümüzde değişik tonajlarda ve biçimlerde kullanım alanlarına uygun olarak üretilmektedir. Bu tez çalışması 250 Ton Mekanik pres makinasında gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple mekanik presi ve çalışma prensibini daha iyi anlamak için kullanılan ekipmanları bu başlık altında tanıtılmaktadır.

3.2.2.1. Gövde

Presin en önemli özelliklerinden bir tanesi gövdedir. Preslerin gövdesi dökme demirden veya birbirine kaynatılmış çelik plakalardan oluşmaktadır. Günümüzün sanayi şartları gereği imalat basitliği ve parça değişim kolaylığı sayesinde çelik gövdeli presler dökme demir preslere nazaran daha sık tercih edilmektedirler.

3.2.2.2. Motor

Mekanik presler güç kaynağı olarak elektrikli motorları kullanmaktadır. Elektrikli motorların güçleri beygir veya kw cinsinden anlaşılmaktadır. Son zamanlarda motorun

devir/dk'sını ayarlamaya müsaade eden servo sürücüler tercih edilmektedir. Şekil 3.20'de kullanılan bir elektrik motoru gösterilmektedir.



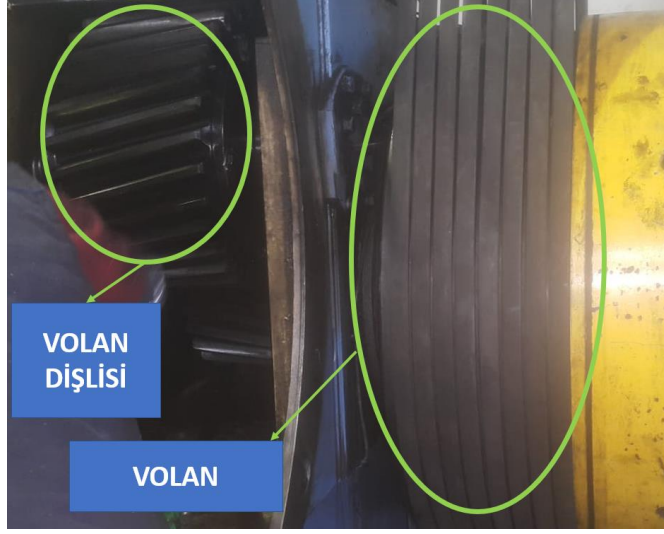
Şekil 3.20. 90 kw elektrik motoru

3.2.2.3. Volan

Volan, mekanik preslerde güç kaynağı olarak kullanılan elektrik motorlarından aldığı dairesel hareketi doğrusal harekete çevirmektedir. Volan malzemesi olarak dökme demir veya çelik kullanılmaktadır.

3.2.2.4. Volan dişli

Şekil 3.21'de gösterilen volan dişlisi, volandan almış olduğu doğrusal hareketi eksantrik dişlisine aktarmaktadır. Eksantrik mili ve volan arasında dişli sistemlerinin kullanılmasının sebebi yüksek devir/dk oranını azaltmak ve kuvvet olarak aktarımını gerçekleştirmektir. Servo sürücüler sayesinde volan ve volan dişlisinin istenilen devir/dk'da dönme hareketini gerçekleştirmesi sağlanmaktadır.



Şekil 3.21. Volan ve Volan dişlisi

3.2.2.5. Eksantrik mili

Şekil 3.22’de gösterilen eksantrik mili, volan dişlisinden almış olduğu doğrusal hareketi koç’a iletmektedir. Bu iletilen hareket sayesinde koç aşağı ve yukarı yönlü hareketi yapmakta ve üretim işlemi gerçekleştirilmektedir. Eksantrik milleri genellikle dövme çeliklerden imal edilmektedir.



Şekil 3.22. Eksantrik mili

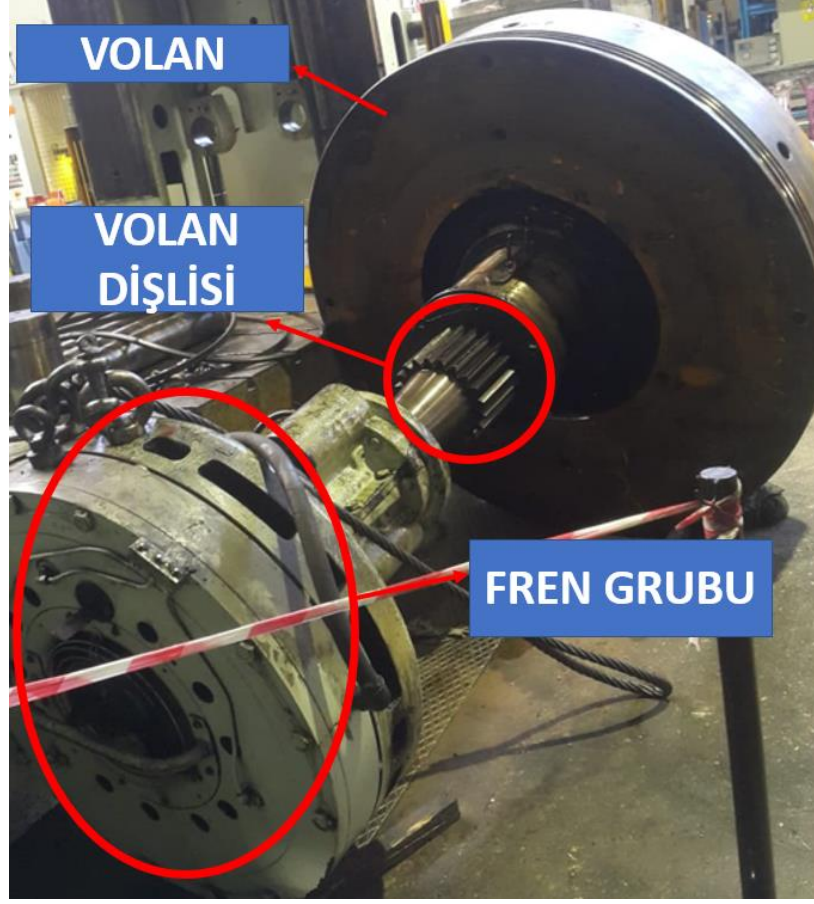
3.2.2.6. Kavrama ve frenler

Kavrama, motordan volana aktarılan dönme hareketini hava kontrolü ile istenilen zamanda eksantrik miline aktaran sistemdir. Kavrama ve fren grubu hava ile çalışır. Kavrama dişlilerinden alınan güç ara dişlilerle eksantrik miline aktarılır. Şekil 3.23'te kavrama diski gösterilmektedir.



Şekil 3.23. Kavrama diski

Preslerin güvenli ve arzulanan koşullarda çalışmasını sağlayan en önemli kısımlarda kavrama ve fren grubudur. Sürekli olarak bakımları ve kontrolleri gerçekleştirilmektedir. Kavrama hava basıncıyla sürtünmeli yüzeyleri birleştirirken, frenlerde ise güç kesilmesi veya hava basıncının düşmesi halinde fonksiyon kaybını önlemek amacıyla yay kullanılmaktadır. Şekil 3.24'te kavrama ve fren grubu gösterilmektedir.



Şekil 3.24. Kavrama ve fren grubu

3.2.2.7. Koç

Koç, eksantrik milinden almış olduğu dairesel hareketi doğrusal harekete çevirerek aşağı ve yukarı yönlü slayt hareketini gerçekleştirmektedir. Koç'un yukarı yönlü hareketinin rahat bir şekilde gerçekleşmesi için dengeleme pistonları kullanılmaktadır. Dengeleme pistonları tek etkili pistonlar vasıtasıyla çalışan ve titreşimi azaltmak amacıyla tercih edilmektedir. Şekil 3.25'te 500 Ton H tipi mekanik pres makinasında yer alan koç gösterilmektedir.



Şekil 3.25. 500 Ton H tipi Mekanik pres

3.2.2.8. Tabla

Şekil 3.26'da gösterilen tabla preslerde kalıbın bağlandığı ve hizalandığı kısımdır. Koç'un hareket eksenine dik olarak konumlandırılmaktadır. Kalıplar tablada açılmış T kanalları vasıtasıyla tablaya hizalandırılmaktadır. Tablaların boyutu kullanılan presin tonaj ve boyutuna göre değişiklik göstermektedir.



Şekil 3.26. Pres tablası

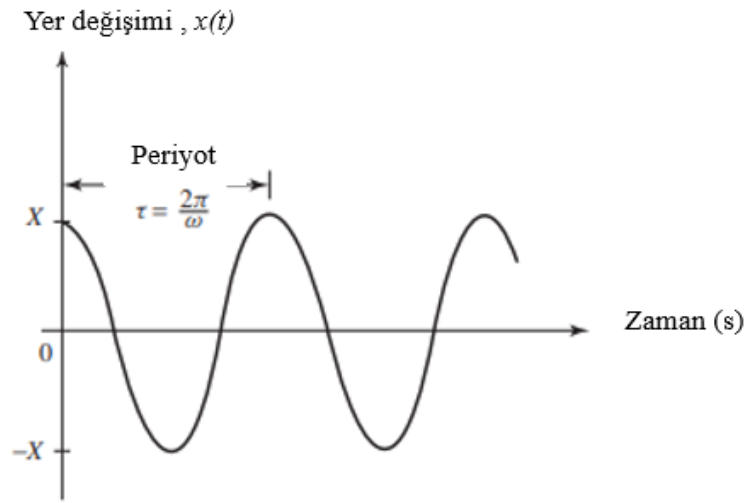
3.3. Titreşim

Titreşim, mekanik bir sistemdeki salınım hareketlerini tanımlayan bir terimdir ve cisimlerin sabit bir referans eksene veya bir denge konumuna göre tekrarlanan hareketi olarak ifade edilmektedir.

Titreşim, potansiyel enerjinin kinetik enerjiye ve kinetik enerjinin potansiyel enerjiye dönüşümünden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir titreşen sistem, potansiyel enerjiyi depolayan bir bileşene ve kinetik enerjiyi depolayan başka bir bileşene sahip olmalıdır. Potansiyel enerjiyi depolayan bileşen yay veya elastik eleman, kinetik enerjiyi depolayan bileşen ise kütle veya eylemsizlik elemanıdır. Elastik eleman potansiyel enerjiyi depolar ve bunu kinetik enerji olarak eylemsizlik elemanına verir ve bunun tersi de her hareket döngüsünde gerçekleşmektedir.

Titreşimin özelliğini frekansı ve genliği belirlemektedir. Frekans, birim zamandaki titreşim sayısı olarak tanımlanmakta ve birimi Hertz (Hz)'dir. Titreşimin genliği ise, titreşim ile denge pozisyonu arasında ki fark olarak tanımlanabilir.

Titreşim teorisi cisimlerin ve ilgili kuvvetlerin salınımlı hareketleri ile ilgilenmektedir. Şekil 3.27'de görülen salınımlı hareket Harmonik Hareket olarak adlandırılmaktadır.



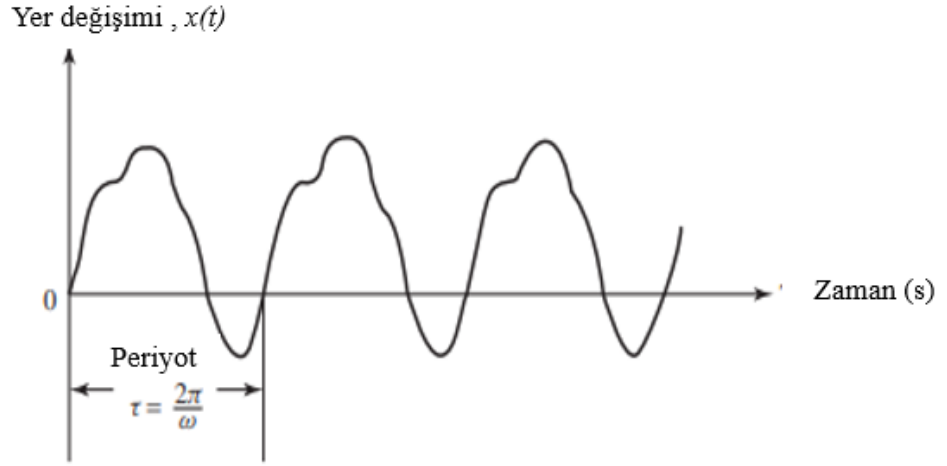
Şekil 3.27. Basit harmonik hareket (Rao, 2007)

Harmonik hareket aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır.

$$x(t) = X \cos \omega t \quad (3.11)$$

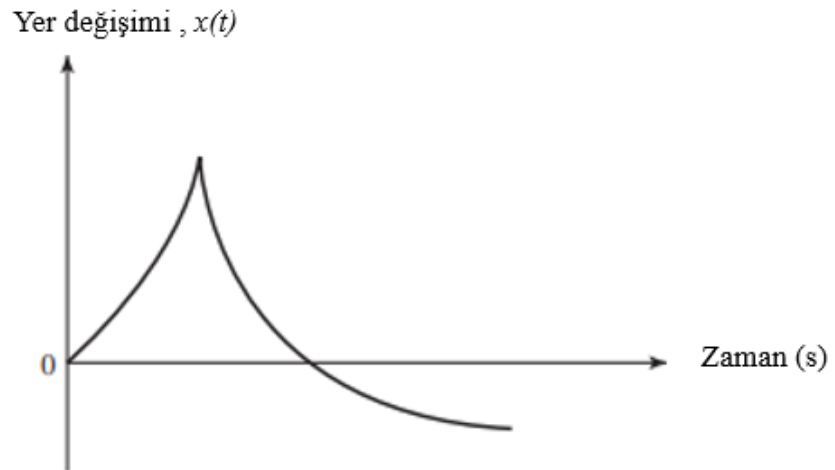
X hareketin genliğini, ω ; Hz cinsinden hareketin frekansını ve t ise zamanı göstermektedir.

Harmonik hareketin yanında, periyodik, periyodik olmayan ve rastgele hareket eğrileri olmak üzere çeşitli salınım hareketleri vardır. Şekil 3.28’de periyodik hareket eğrisi yer almaktadır.



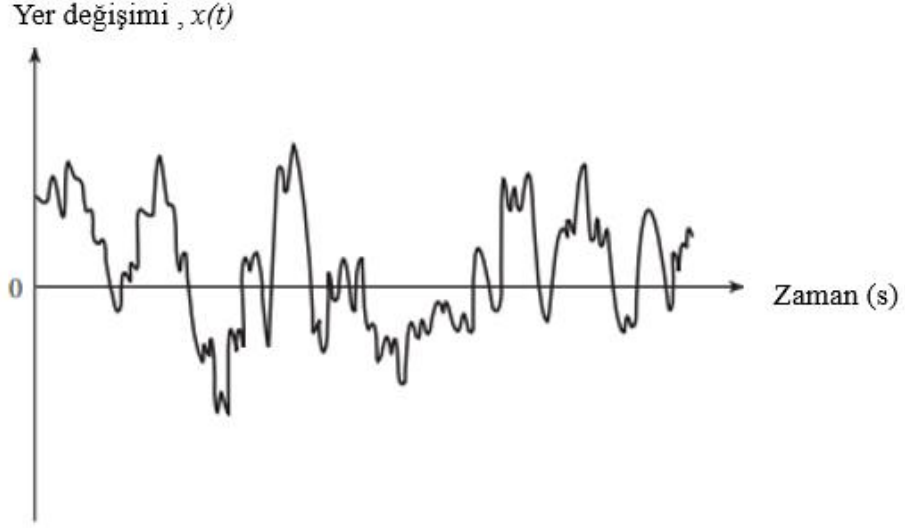
Şekil 3.28. Periyodik hareket eğrisi (Rao, 2007)

Şekil 3.29’da periyodik olmayan hareket eğrisi yer almaktadır.



Şekil 3.29. Periyodik olmayan hareket eğrisi (Rao, 2007)

Şekil 3.30'da rastgele hareket eğrisi yer almaktadır.



Şekil 3.30. Rastgele hareket eğrisi (Rao, 2007)

3.3.1. Titreşimin önemi

Kütlesi ve esnekliği olan herhangi bir cisim salınım hareketi yapabilir. Mekanik ve yapısal eleman ve sistemlerin arızaları çoğu zaman titreşim kaynaklı oluşmaktadır, bu sebeple mühendislikte, çeşitli makine ve yapıların emniyetli bir şekilde tasarımı, imalatı ve kullanımı için mekanik ve yapısal sistemlerin titreşim davranışını anlamak gereklidir. Örneğin, makinelerdeki titreşim, dişliler ve yataklar gibi parçaların hızlı aşınmasına, somun ve cıvata gibi bağlantı elemanlarının gevşemesine, metal üretim işlemleri esnasında istenmeyen yüzey kalitesine ve aşırı gürültüye neden olur.

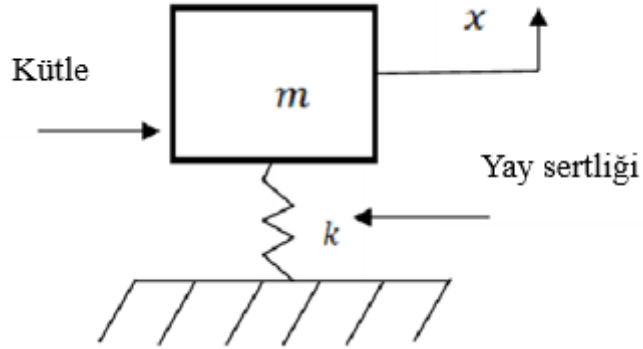
Titreşim bazen yararlı olabilir ancak genel olarak sebebiyet verdiği arzulanmayan ses ve gürültü dolayısıyla zararlı olarak kabul edilmekte ve istenmemektedir. Bu sebeple hem endüstride hem de yerleşik konutlarda titreşimi sönümlenmeye yönelik farklı önlemler

alınmaktadır. Titreşimli konveyör, elekler, çamaşır makineleri gibi örneklerde titreşim olumlu anlamda kullanılmakta ve tercih edilmektedir.

3.3.2. Titreşim türleri

Titreşim türlerini, serbest titreşim ve zorlanmış titreşim olmak üzere iki ayrı sınıfta ayırabiliriz.

Serbest titreşim, bir başlangıç hareketi vasıtasıyla bir kez kuvvetin uygulandığı ve yapının veya parçanın doğal frekansında salınmasına izin verilen bir titreşim türüdür. Sistem salınım hareketini sıfırlanana kadar devam ettirmektedir. Serbest titreşim modeli Şekil 3.31'de gösterilmektedir.



Şekil 3.31. Serbest sönümsüz titreşim modeli (Motamedi, 2019)

Yukarıdaki modelde herhangi bir dış kuvvet yoktur ve yalnızca 'x'in yer değiştirmesi ile yay kütleye bir kuvvet uygulayabilir. Yay kuvveti şu şekilde hesaplanır:

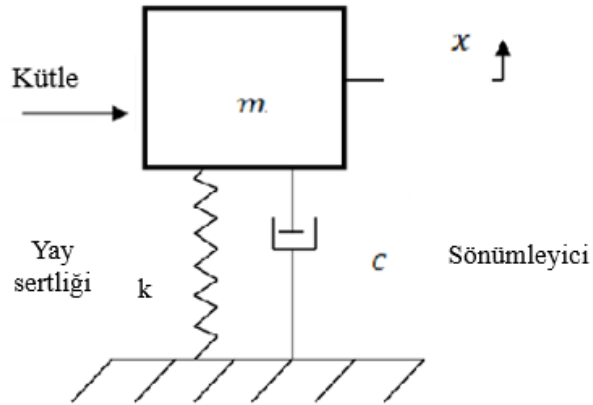
$$F_s = -kx \quad (3.12)$$

Bu denklemde, k ; N/mm cinsinden yay sabiti, x ise; mm cinsinden yer değiştirmedir.

Sönümlenme etkisi olmayan serbest titreşimde titreşim sistemlerinin genel şekli şu şekildedir;

$$m\ddot{x} + kx = 0 \quad (3.13)$$

şekil 3.32’de serbest sönümlü titreşim modeli gösterilmektedir. Bu modelde sönümsüz modele ek olarak ‘ c ’ ile gösterilen bir adet sönümleyici kullanılmaktadır.



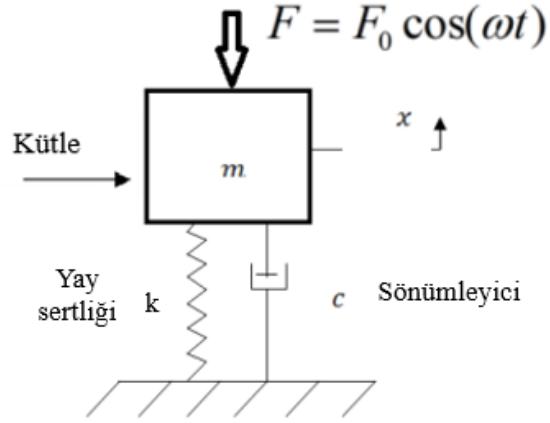
şekil 3.32. Serbest sönümlü titreşim modeli (Motamedi, 2019)

Sisteme eklenen sönümleyici sonrasında serbest titreşimde titreşim sistemlerinin genel şekli şu şekildedir;

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (3.14)$$

Yukarıdaki formülde c ; kg/s cinsinden sönümlenme elemanını göstermektedir. Formülde yer alan diğer bileşenler önceden açıklanmıştır.

Zorlanmış titreşim ise, mekanik bir sisteme tekrar tekrar bir kuvvetin uygulandığı bir titreşim türüdür. Zorlanmış titreşime maruz bırakılan sistem, kendi sahip olduğu frekansına ek olarak, uygulanan dış kuvvetin frekansı ile de titreşime zorlanır. Zorlanmış titreşimde titreşimin frekansı, uygulanan kuvvetin frekansına bağlı iken, titreşimin genliği ise sistemin mekanik davranışına bağlıdır. Şekil 3.33'te zorlanmış sönümlü titreşim modeli gösterilmektedir.



Şekil 3.33. Zorlanmış sönümlü titreşim modeli (Motamedi, 2019)

Zorlanmış ve sönümlü titreşim modelinin denklemini şu şekildedir;

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = F \quad (3.15)$$

Denkleminde yer alan F ; N cinsinden dış kuvveti göstermektedir.

3.4. Kullanılan Ekipmanlar

Bundan öndeki kısımlarda sac metal malzemenin nasıl ve hangi operasyonlar vasıtasıyla şekillendirildiği, üretim sürecinde kullanılan mekanik presler ve titreşim hakkında genel bilgiler verilmiştir. Tez çalışmasının bundan sonraki kısmında çalışmada kullanılan materyaller, kullanım nedenleri, gerçekleştirilen ölçüm çalışmaları ve iyileştirme çalışmaları anlatılmıştır.

Bu tez çalışmasında ki asıl amaç kalıp kaynaklı oluşan titreşim değerlerini incelemek, bu değerlerin iyileştirmeye çalışmak ve yapılan değişiklikler ile sonuçları üzerine etkisini analiz etmektir. Yapılan iyileştirmelerin gerçekleştirilmesi için titreşim sensörü vasıtasıyla vibrasyon analizi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Farklı zamanlarda gerçekleştirilen ölçümler sayesinde elde edilen ölçüm sonuçları değerlendirilmiş ve en iyiye ulaşabilmek amacıyla kalıp üzerinde gerekli modifikasyonlar yapılmıştır. Bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan ekipmanlar Çizelge 3.5'te gösterilmektedir.

Çizelge 3.5. Çalışmada kullanılan ekipman listesi

Adet	Ekipman	İlgili Referans
1	İŞLEMCİ KARTI	ARDUINO UNO R3
1	TİTREŞİM SENSÖRÜ	ADXL345
1	BAĞLANTI ÜNİTESİ	BREADBOARD- 400 PİN
8	BAĞLANTI KABLOSU	JUMPER
1	VERİ AKTARIM KABLOSU	USB DATA KABLO

Çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için detaylıca piyasa araştırması yapılmış ve hem ekonomik hem de temin etme kolaylığı dolayısıyla ARDUINO sisteminin kullanılacağına karar verilmiştir. Yazılım, bağlantı, dayanıklılık, geniş kütüphanesi, ekonomik olması ve kurulum kolaylığı dolayısıyla işlemci kartı olarak ARDUINO UNO R3 tercih edilmiştir.

Bu işlemci kartı sayesinde verilerin depolanması ve bilgisayara kurulu ARDUINO yazılımına aktarımı sağlanmıştır. Tez çalışmasında titreşim ölçümünü gerçekleştirmek için ADXL345 titreşim sensörü kullanılmıştır. Piyasada bulunabilen diğer titreşim sensörlerine göre daha hassas ve kesin sonuçlar verdiği için titreşim sensörü olarak ADXL345’de karar kılınmıştır. 3 eksenli ivmeölçer görevini üstlenen ADXL345 sayesinde gecikme olmaksızın anlık olarak X, Y ve Z eksenini için ivme değerleri elde edilmiştir. Ölçümler öncesi sensör ile bağlantı kurulacak bacaklar birbirine lehimlenmektedir. Lehimlenmiş sensörün bağlantısı için 400 pinli Breadboard kullanılmıştır. Breadboard’un bu çalışmada ki ana görevi ARDUINO UNO R3 ve ADXL345’de bulunan pinlerin bağlantılarının daha düzgün ve elverişli olarak gerçekleştirilmesidir. Veri aktarımı için 4 adet erkek-erkek jumper, 4 adet de dişi-erkek jumper kablolar kullanılmıştır. Kabloların boyunun kısa olması dolayısıyla dişi-erkek ve erkek-erkek kablolar birbirlerine bağlanmıştır. Veri aktarım kablosu ise işlemci kartına güç aktarımı, kodlanan yazılım verilerinin gönderilmesi ve analiz sonuçlarının bilgisayara aktarılması amacıyla kullanılmaktadırlar.

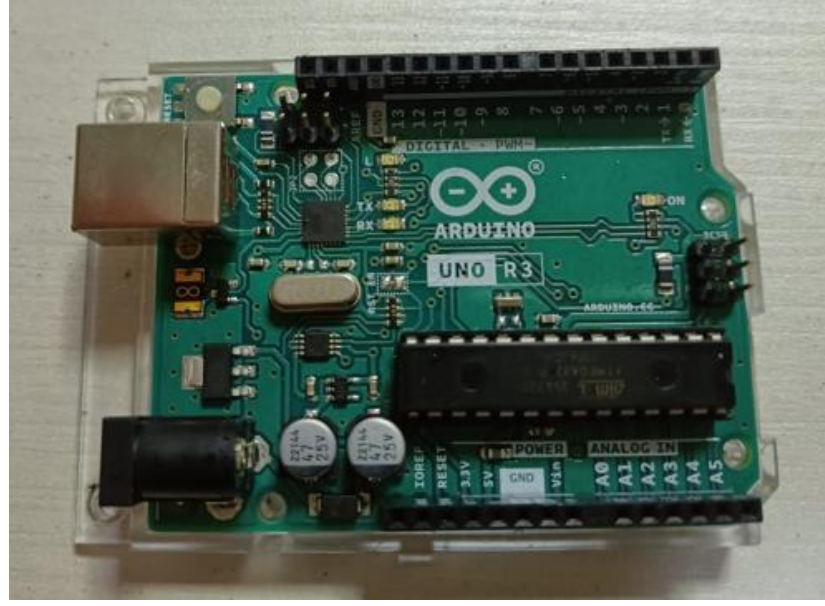
3.4.1. Arduino Uno R3

ARDUINO çeşitli çalışmaları gerçekleştirmek amacıyla kullanılan bir elektrik devre kartıdır. Şekil 3.34’te gösterilen Arduino Uno R3 işlemci kartı günümüzde birçok farklı alanda insanlara hizmet etmek amacıyla kullanılmaktadır. Kolay ulaşılabilir, ekonomik ve geniş kütüphanesi sayesinde hem sanayide hem de kişisel kullanım için tercih edilmektedir.

Avantajları:

- USB kablo ile doğrudan bilgisayara bağlantı ve veri aktarımı yapılabilir.
- Çevresel modülleri sayesinde birçok farklı amaca hizmet edebilmektedir.
- Kolay ulaşılabilir bir üründür. Tedarik etmesinde herhangi bir zorlukla karşılaşmamaktadır.
- Program arayüzü ve kodlaması anlaşılabilir ve kolaydır.

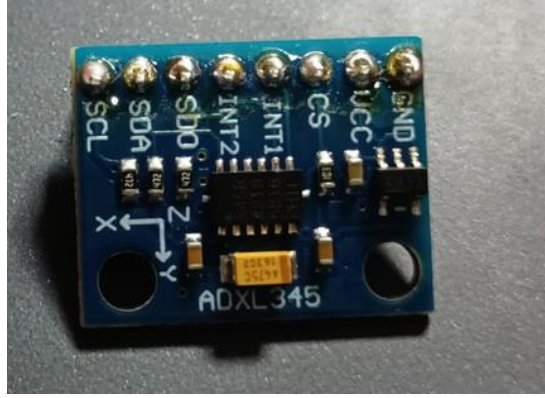
- Maliyeti düşüktür. Ekonomik olması dolayısıyla birçok farklı alanda kullanılmaktadır.
- Açık kaynak kodludur. Bu sayede birçok farklı proje ve çalışma yapmaya imkan vermektedir.



Şekil 3.34. Arduino Uno R3

3.4.2. ADXL345

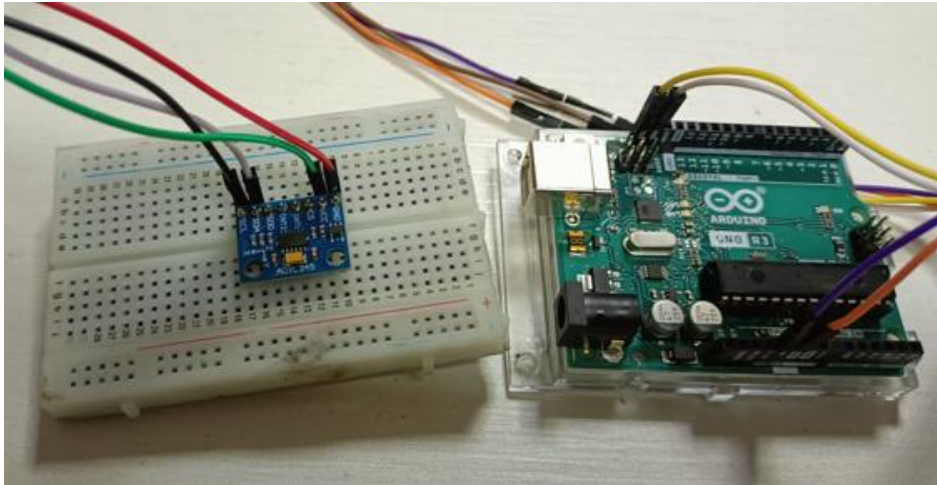
Küçük, ekonomik ve güvenilir sonuç vermesi dolayısıyla piyasada yaygın olarak titreşim ve ivme ölçümleri için kullanılmaktadır. X, Y ve Z olmak üzere 3 eksende ivme değerlerini vermektedir. Kullanılan ADXL345 sensörü Şekil 3.35'te gösterilmektedir.



Şekil 3.35. ADXL345 Sensörü

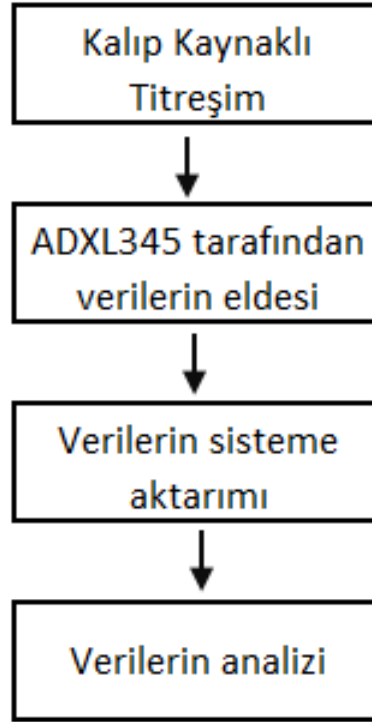
3.4.3. Sistemin Kurulumu

Sistem için gerekli olan ekipmanlar ve yardımcı elemanlar temin edildikten sonra sistem kurulumuna geçilmiştir. İlk olarak titreşim sensöründe ki bağlantı bacakları ile sensör birbirlerine lehimlenmiştir. Sırasıyla, sensörün ve ARDUINO UNO R3 işlemci kartının dijital giriş/çıkışları Breadboard'a bağlanmıştır. ADXL345 sensörü 3-5 V arası giriş gerilimi ile beslenmektedir. Bağlantı yapılırken bu husus dikkate alınmıştır. Açık kaynak kodlu yazılım vasıtasıyla sistemin çalışması için gerekli olan kodlar girilmiş ve titreşim sensörü cihazı çalıştırılmıştır. Şekil 3.36'da kurulan titreşim sensörü gösterilmektedir.



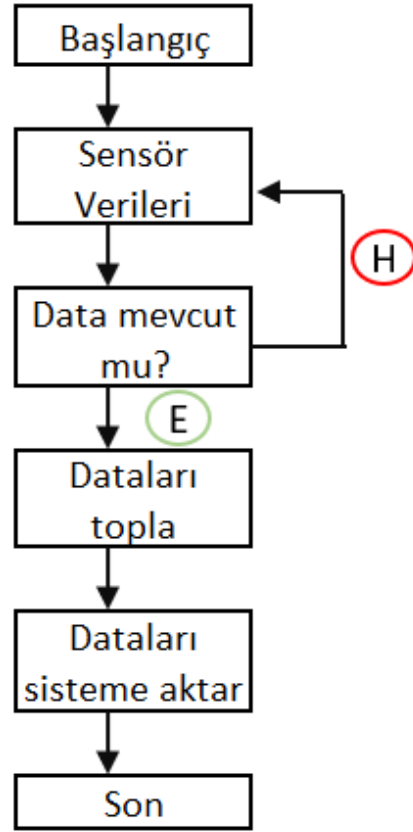
Şekil 3.36. Titreşim sensörü

Sistemin kurulduğu fabrikada farklı tonaj ve türlerde presler bulunmaktadır. Titreşim değerlerini daha iyi ve sık gözlemleyebilmek amacıyla 250 Ton Mekanik Pres'e bağlanan bir sac metal kalıbı üzerinde çalışmalar başlatılmıştır. İlk ölçümlerden itibaren sistem sayesinde düzgün ve aynı doğrultuda değerler elde edilmeye başlanmıştır. Şekil 3.37'de gerçekleştirilecek olan çalışmanın iş akış şeması yer almaktadır.



Şekil 3.37. İş akış blok diyagramı

Şekil 3.38'de titreşim sensörünün iş akış şeması yer almaktadır.



Şekil 3.38. Titreşim sensörü iş akış şeması

ADXL345 data algılama işlemi ilk önce ARDUINO UNO R3 işlemci kartına daha sonrasında ise kullanılan bilgisayar veya sunucuya verilerin aktarılması şeklinde gerçekleşmektedir. Toplanan verilerin bilgisayar ortamında derlenmesinden sonra analiz çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu bölümde mevcut durum, gerçekleştirilen ölçüm sonuçları ve iyileştirme çalışmaları anlatılmaktadır.

4.1. Mevcut Durum Analizi

Kalıp kaynaklı titreşimlerin sebep olduğu etkileri iyileştirmeden önce ilk olarak mevcut durum analizinin yapılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında kullanılacak olan sac malzeme 2 mm kalınlığında ERD 4955 olarak belirlenmiştir. Çizelge 4.1’de kullanılacak malzemenin kimyasal özellikleri paylaşılmaktadır.

Çizelge 4.1. ERD 4955 sac metal malzeme kimyasal özellikleri (ERDEMİR Ürün kataloğu, 2017)

C(max)	Mn(max)	P(max)	S(max)	Si(max)	Al(min)	Nb(max)	Ti(max)	V(max)
0.12	1.80	0.025	0.015	0.50	0.015	0.09	0.15	0.20

Çizelge 4.2’de kullanılacak malzemenin fiziksel özellikleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.2. ERD 4955 sac metal malzeme fiziksel özellikleri (ERDEMİR Ürün kataloğu, 2017)

Akma mukavemeti (N/mm ²) - (kg/mm ²)	Çekme mukavemeti (N/mm ²) - (kg/mm ²)	Uzama (A %)
(550) - (56.1)	(600-760) - (61.2-77.5)	12

Kullanılan malzemenin çekme mukavemeti üst sınır olan 77.5 kg/mm² olarak kabul edilmiştir. Çekme mukavemeti değerini kullanarak kesme malzemenin kesme direncini aşağıdaki formülle hesaplayabiliriz.

$$\tau = 11 + 0,56. \sigma_{\zeta} \quad (4.1)$$

Yukarıda ki formülde τ kesme direncini kg/mm^2 cinsinden, σ_{ζ} ise kg/mm^2 cinsinden çekme mukavetini göstermektedir. Kabul edilen $77,5 \text{ kg}/\text{mm}^2$ çekme mukaveti değeri ile kesme direnci aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\tau = 11 + 0,56. (77,5 \text{ kg}/\text{mm}^2) = 54,4 \text{ kg}/\text{mm}^2$$

İstenilen parçayı elde etmek için gerekli kesme kuvveti aşağıda ki formül vasıtasıyla hesaplanmıştır.

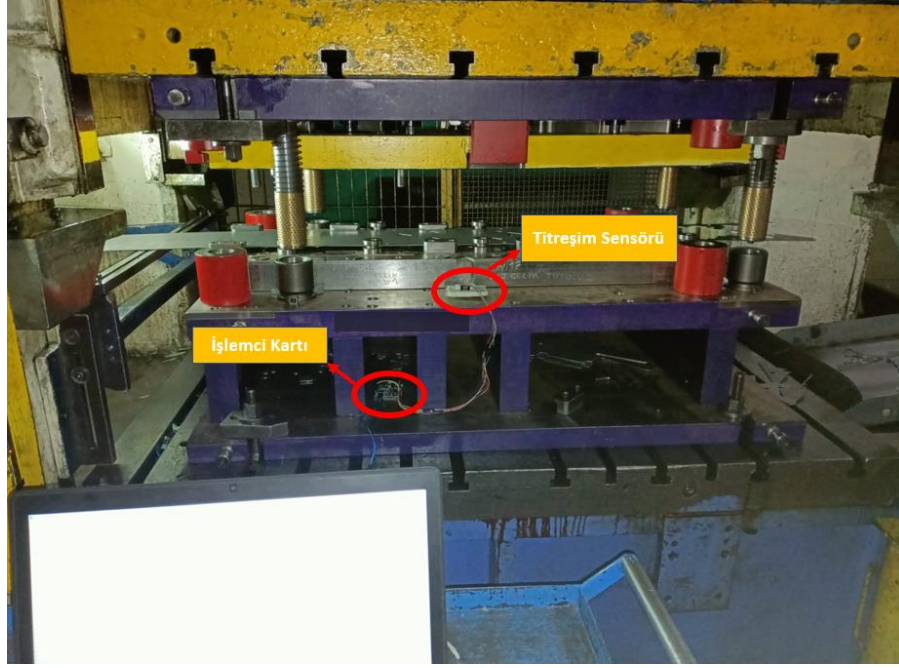
$$F = (1050 \text{ mm}) * (54,4 \text{ kg}/\text{mm}^2 * 9,806 \text{ N}/\text{kg}) * (2 \text{ mm}) = 1120237 \text{ N}$$

Yukarıda ki formülde 1050 mm kesme çeliğinin çevre uzunluğunu, $54,4 \text{ kg}/\text{mm}^2$ sac malzemenin kesme direncini ve 2 mm ise kullanılan malzemenin kalınlığını göstermektedir. 1 N, 9,806 kg'a denk geldiği için hesaplamaya bu şekilde dahil edilerek gerekli kesme kuvveti hesaplanmıştır. Hesaplama sonrası 1120237 N (114240 kg) yani 114.24 Ton kesme kuvvetinin gerekli olduğu saptanmıştır. Bu doğrultuda üretim için 250 Ton Mekanik presde gerçekleştirilmesi kararlaştırılmıştır. Çalışmanın yapıldığı 250 Ton mekanik pres Şekil 4.1'de gösterilmektedir.

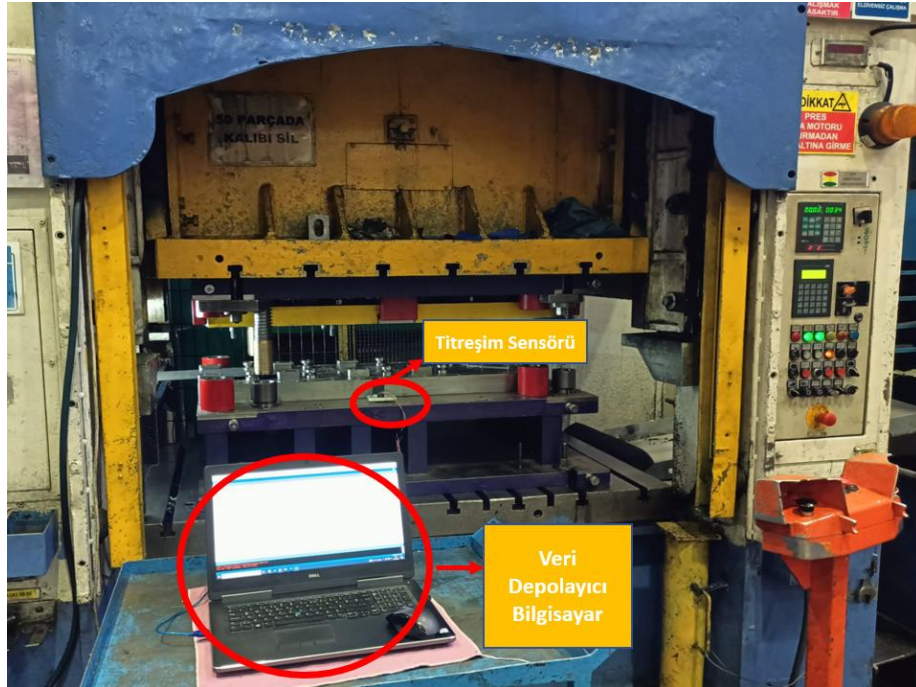


Şekil 4.1. 250 Ton Mekanik Pres

Gerekli analizler titreşim sensörü sayesinde gerçekleştirilmiştir. Sensörün doğru ve tutarlı çalıştığını teyit etmek için çalışma öncesi farklı zamanlarda aynı presde ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Kalıp kaynaklı titreşimin etkilerini daha iyi anlayabilmek için ilk olarak boş pres üzerinde ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışmalarda parça üretimi için kullanılan sac metal kalıbı pres tablasına bağlanmış ancak sac metal bant işleme sokulmamıştır. Boş kalıp üzerinde titreşim analizi yapılmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği prese bağlanmış kalıp, işlemci kartı, titreşim sensörü ve veri toplayıcı bilgisayar Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te gösterilmektedir.

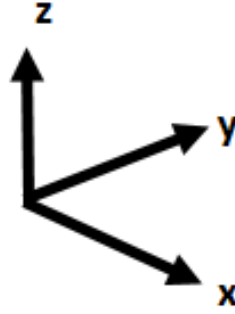


Şekil 4.2. Prese bağlanmış kalıp



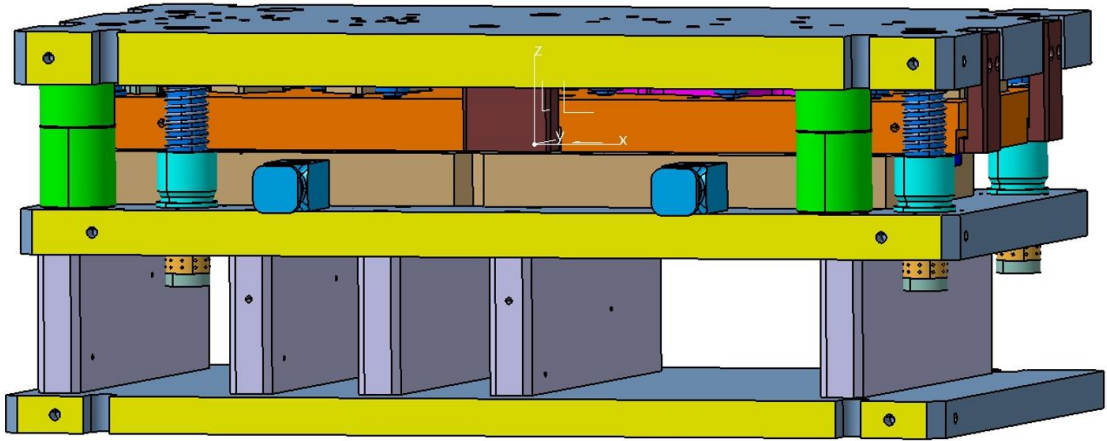
Şekil 4.3. Titreşim ölçümünde kullanılan ekipmanlar

Titreşim sensörü kalıbın ortasının ön tarafı ve orta kısmında konumlandırılmıştır. Sensörün koordinat eksenleri Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



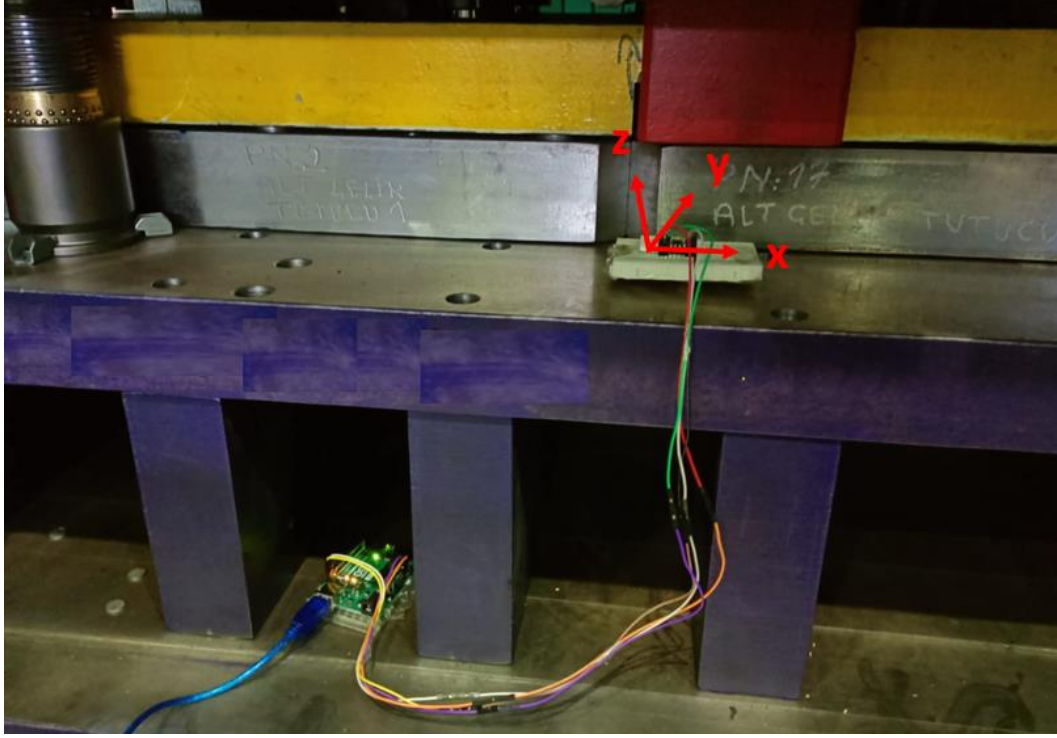
Şekil 4.4. Titreşim sensörünün yerleştirildiği koordinat eksenleri

Şekil 4.5'te koordinat eksenleri kalıp datası üzerinde gösterilmektedir.



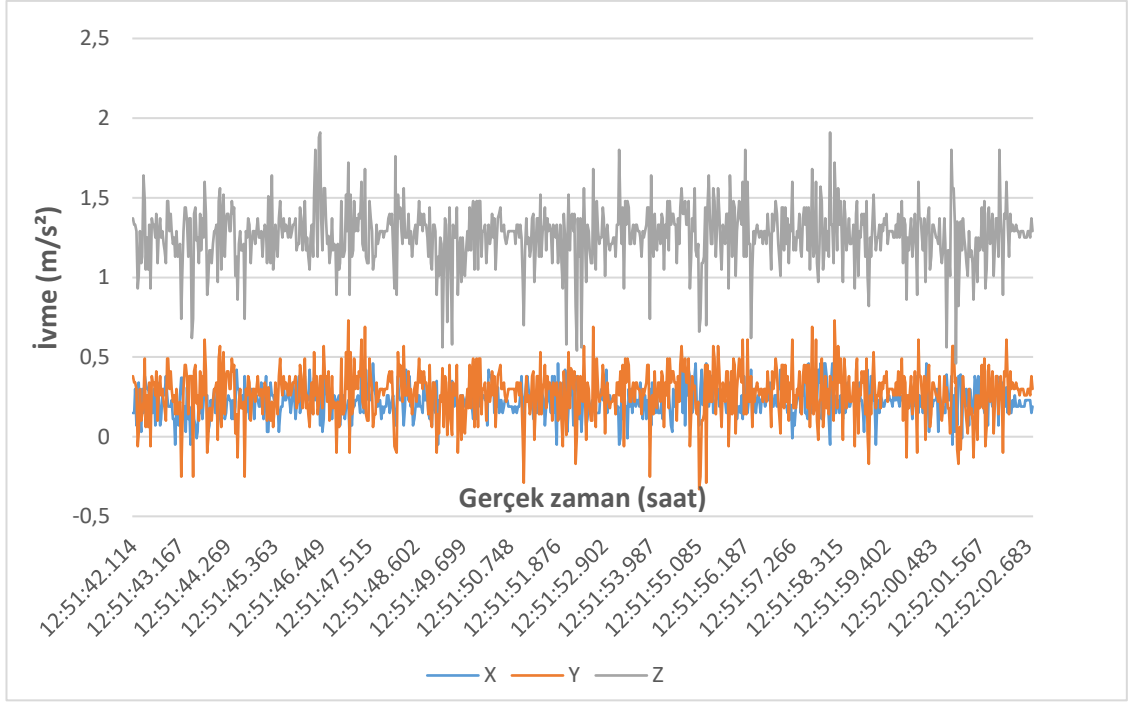
Şekil 4.5. Koordinat sisteminin kalıp datası üzerinde gösterimi

Şekil 4.6'da koordinat sistemi kalıp üzerinde gösterilmektedir.

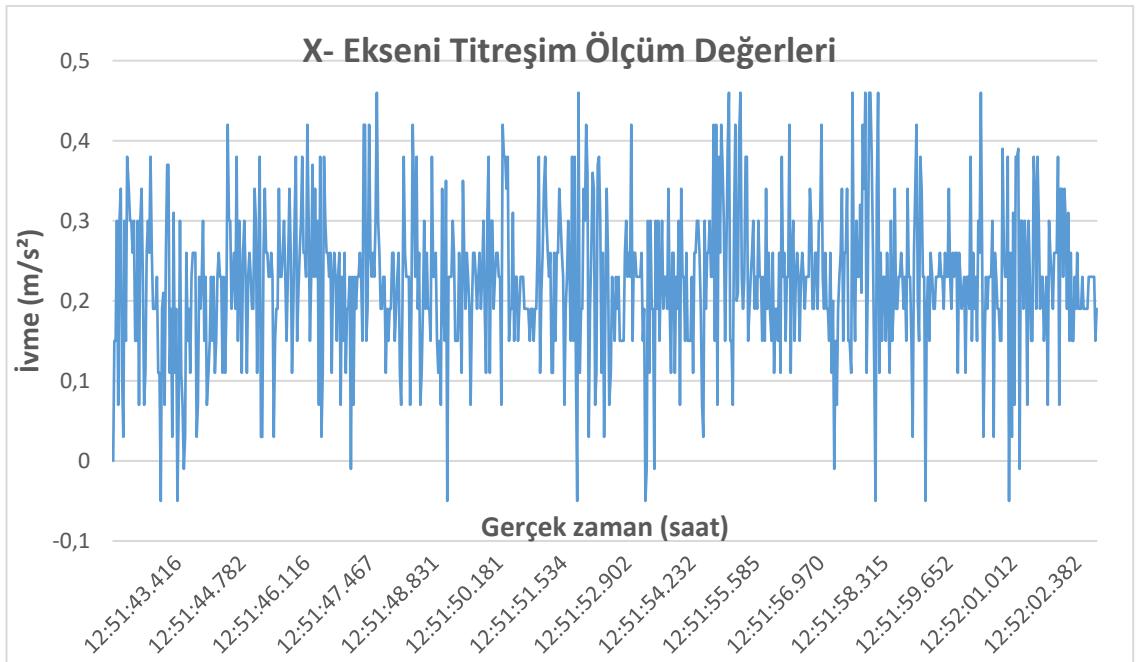


Şekil 4.6. Koordinat sisteminin kalıp üzerinde gösterimi

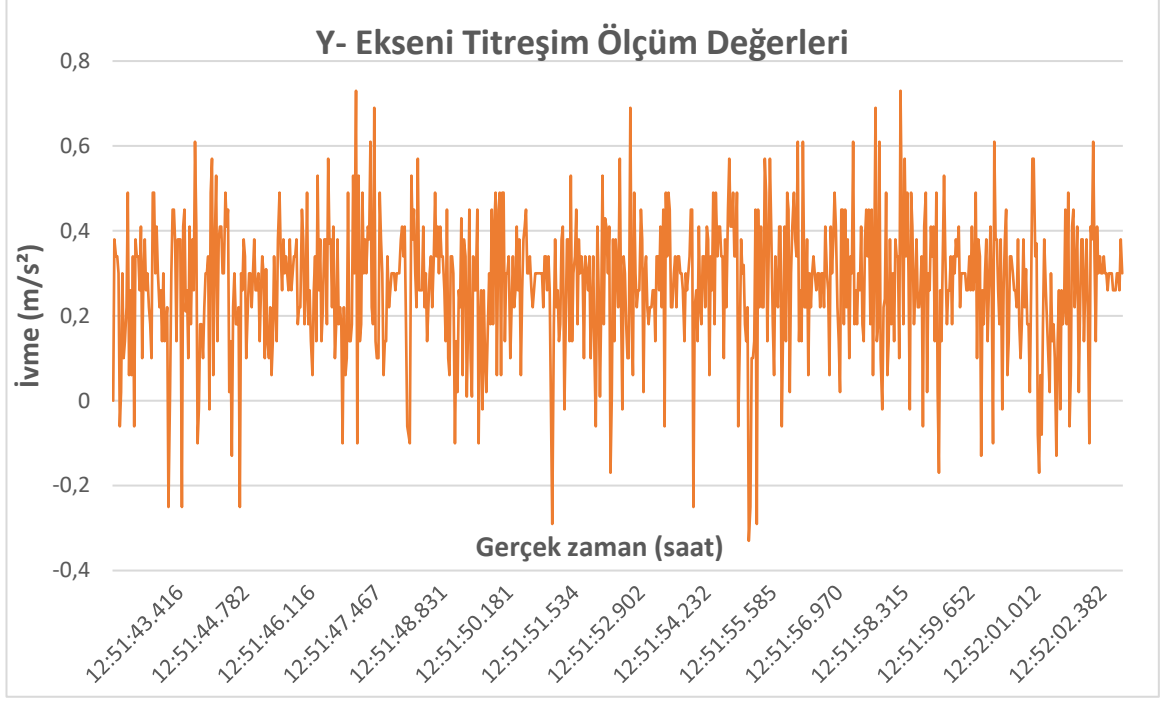
3 eksenli titreşim sensörü sayesinde parça üretimi olmadan elde edilen ölçüm sonuçları değerleri sırasıyla birlikte ve ayrı ayrı aşağıdaki grafiklerde gösterilmektedir. Gerçekleştirilen bu çalışma sayesinde eksenlerin sahip olduğu ortalama titreşim değerlerinin anlaşılması amaçlanmıştır. Şekil 4.7’de boş presde gerçekleştirilen ölçüm sonuçları gösterilmektedir. Şekil 4.8’de X eksenini, Şekil 4.9’da Y eksenini ve Şekil 4.10’da Z eksenini ölçüm sonuçları yer almaktadır.



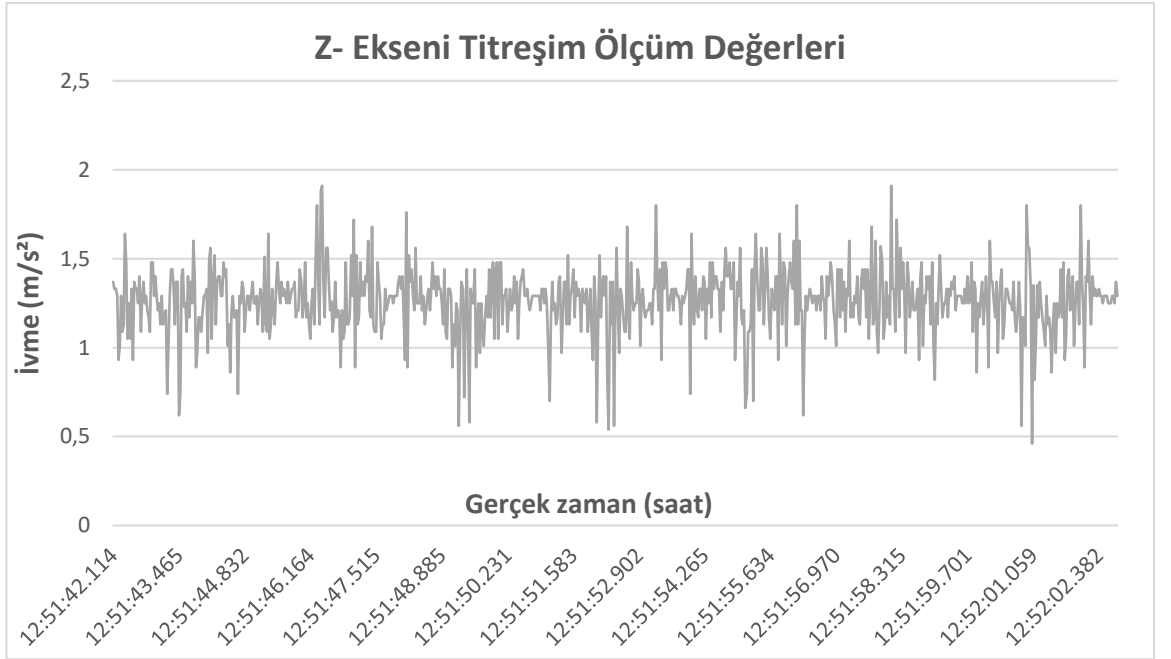
Şekil 4.7. Boş pres ölçüm sonuçları



Şekil 4.8. Boş pres X-ekseni ölçüm sonucu



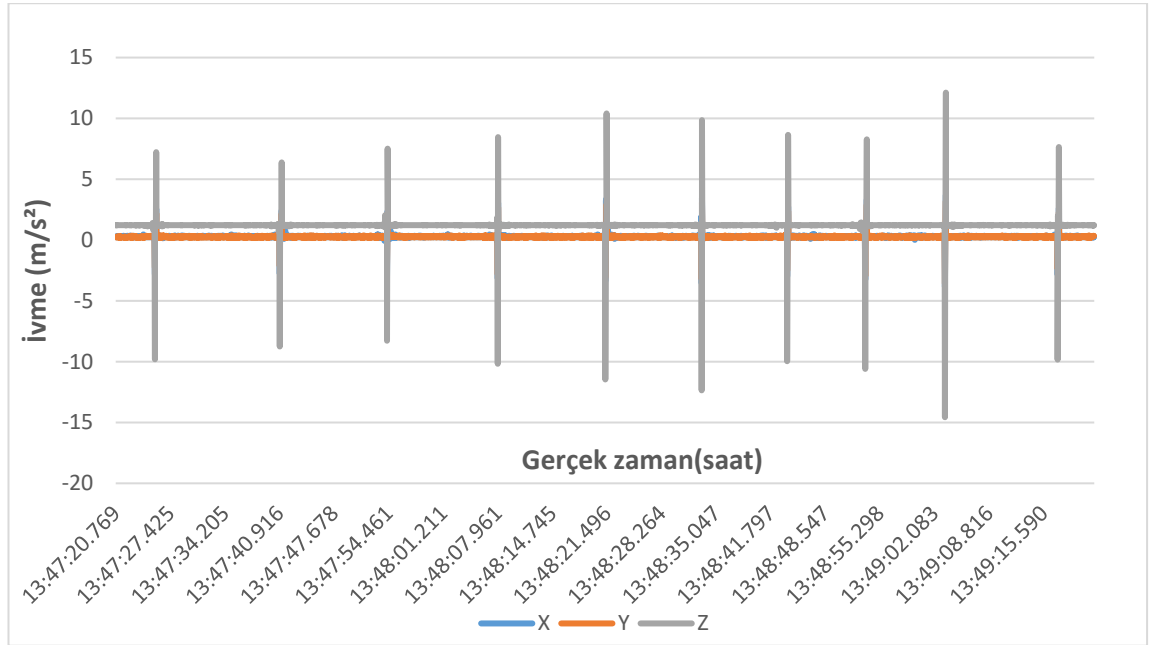
Şekil 4.9. Boş pres Y-ekseni ölçüm sonucu



Şekil 4.10. Boş pres Z-ekseni ölçüm sonucu

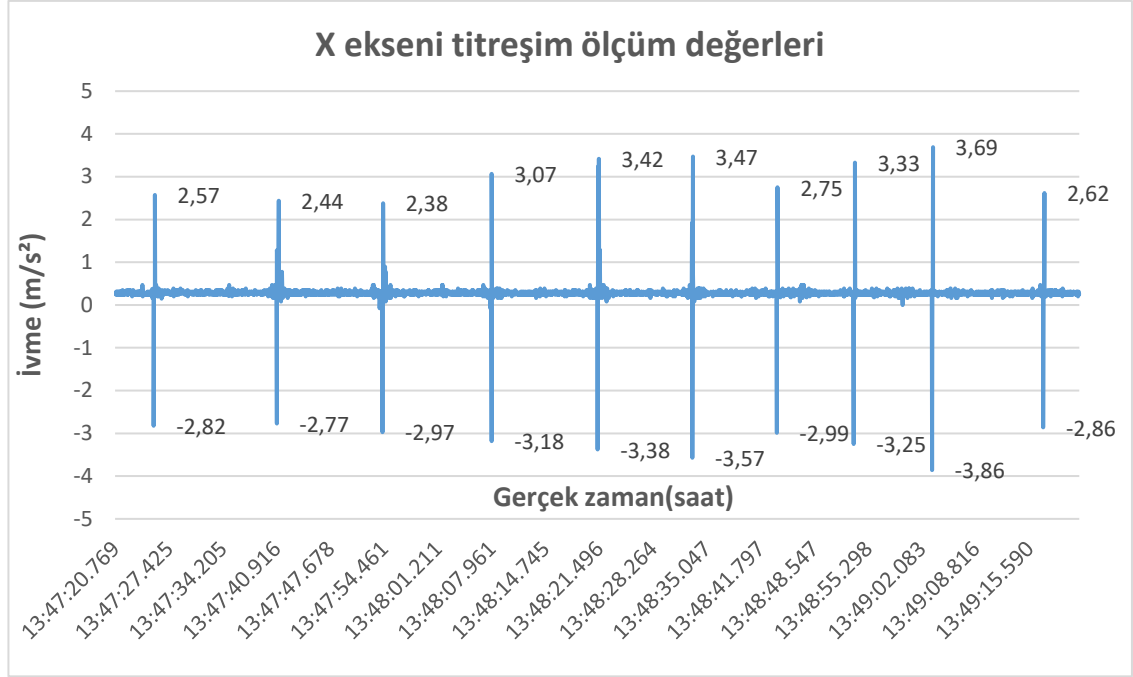
Gerçekleştirilen ölçüm sonuçları sonucunda X ve Y eksenini için ortalama titreşim değerlerinin ortalamasının 0,2 m/s² civarında, Z ekseninin ortalama titreşiminin ise 1,2 m/s² civarı olduğu gözükmektedir.

250 Ton mekanik prese bağlanmış kalıbın titreşim ölçüm değerleri tamamlandıktan sonra parça üretimi sırasında meydana gelen titreşim değerlerinin ölçümü gerçekleştirilmiştir. 2 mm kalınlıklı ERD 4955 kalite sac malzemenin açınım kesme operasyonu için kullanılan kalıp kaynaklı titreşim değerleri 3 eksen için aşağıdaki tablolarda sırasıyla gösterilmektedir. Şekil 4.11’de optimizasyon çalışmaları öncesi elde edilen titreşim değerleri yer almaktadır.



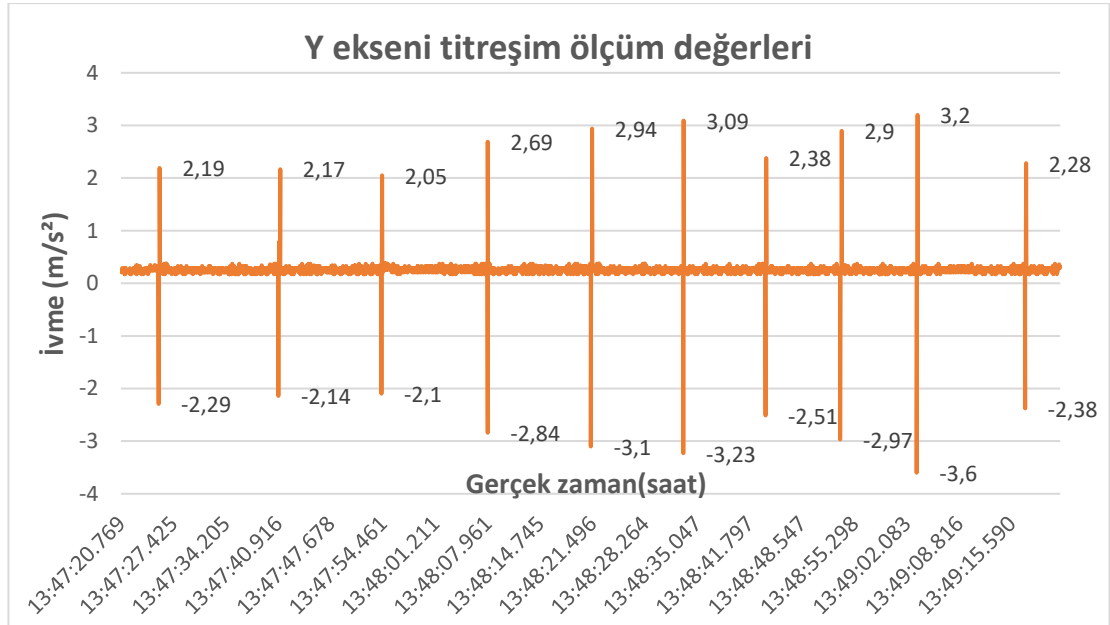
Şekil 4.11. Optimizasyon çalışmaları öncesi titreşim ölçüm sonuçları

Şekil 4.12’de optimizasyon çalışmaları öncesi X eksenini için elde edilen değerler yer almaktadır.



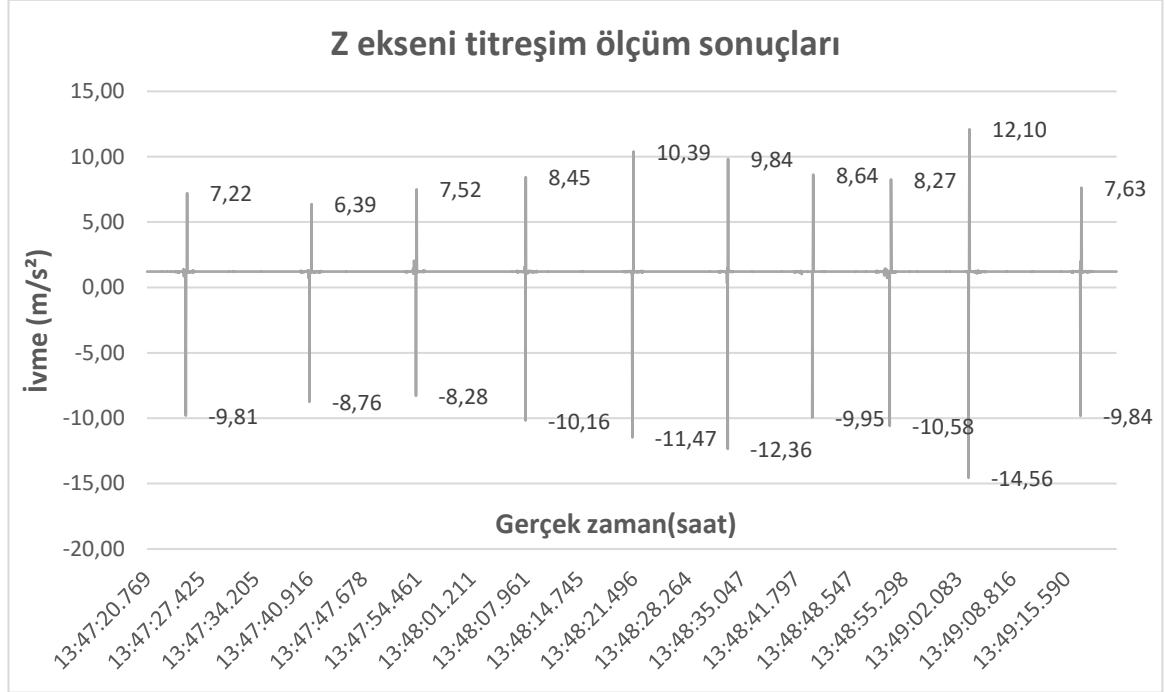
şekil 4.12. X-eksenii ölçüm sonucu

şekil 4.13'te optimizasyon çalışmaları öncesi Y eksenii için elde edilen değerler yer almaktadır.



şekil 4.13. Y-eksenii ölçüm sonucu

Şekil 4.14'te optimizasyon çalışmaları öncesi Z eksenini için elde edilen değerler yer almaktadır.



Şekil 4.14. Z-eksenini ölçüm sonucu

4.5. Optimizasyon çalışmaları

Mevcut durum analizlerini tamamladıktan sonra üretim sürecini olumsuz yönde etkilemeyecek ancak titreşim ölçüm değerlerini azaltacak şekilde iyileştirmeler saptanmaya çalışılmıştır. İlk olarak sac metal kalıbının alt grubunun dört köşesinde yer alan stoperlerin içine gazlı yay yerleştirilerek presde dengenin sağlanması hedeflenmektedir. Sağlanacak dengelenme sayesinde titreşim ölçüm değerlerinin düşürülmesi hedeflenmektedir. Kalıbın alt grubunda hali hazırda gazlı yaylar mevcut olmakla beraber stoperlerin içine eklenen gazlı yaylar sayesinde titreşim değerlerinde azalım amaçlanmıştır. Alt stoperin yüksekliğinin 130 mm ve stoperlerin iç çapının 52 mm olması dolayısıyla stoperlerin içine sığabilecek bir gazlı yayın tercih edilmesi

gerekmektedir. Bu sebeple yüksekliği 138 mm ve dış çapı 50 mm olan, kolay montaj edilebilen, kapladığı alan ve yeterli sönümü sağlayacağı göz önüne alınarak 1000-50 gazlı yay kullanılması kararlaştırılmıştır. 1000 daN cinsinden gazlı yayın uyguladığı kuvveti, 50 ise mm cinsinden kursu temsil etmektedir. Stoperlerde kullanılan gazlı yay şekil 4.15'te gösterilmektedir.



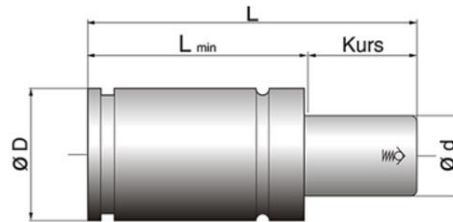
şekil 4.15. Stoperlerde kullanılan gazlı yay

Çizelge 4.3'te kullanılan gazlı yayın özellikleri gösterilmektedir.

Çizelge 4.3. Kullanılan gazlı yayın özellikleri

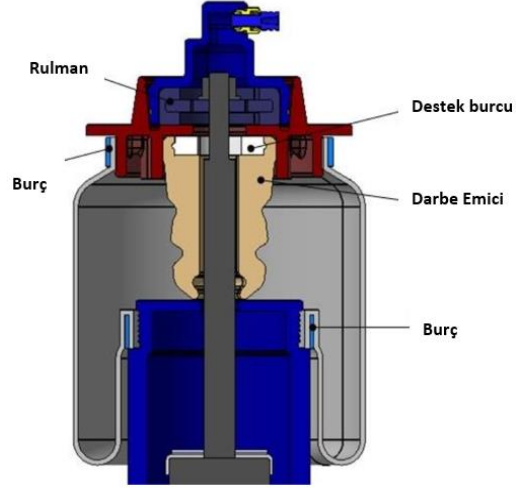
Kurs(mm)	L(mm)	L _{min} (mm)	Ø D (mm)	Ø d (mm)
50	138	88	50	30

şekil 4.16'da gazlı yay kesiti yer almaktadır.



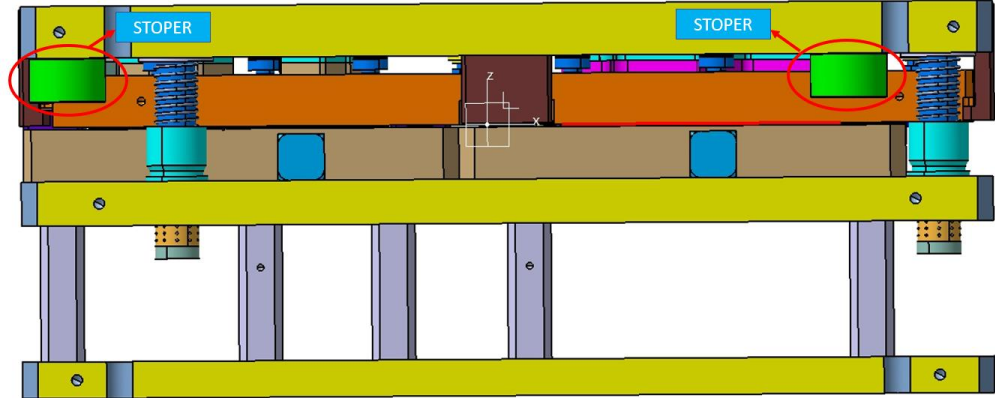
şekil 4.16. Gazlı yay kesiti

Şekil 4.17’de temsili bir gazlı yay iç kesiti yer almaktadır.



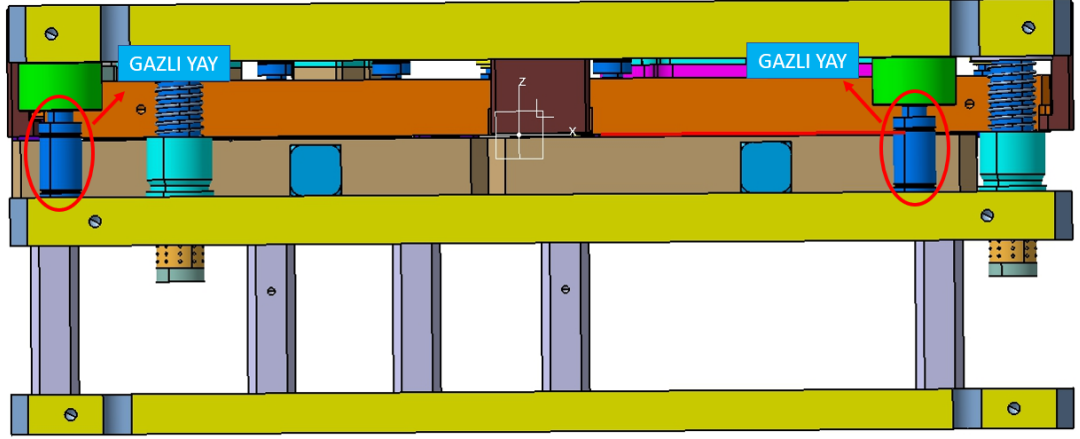
Şekil 4.17. Gazlı yay iç kesiti (Gabriela, 2018)

Şekil 4.18’de stoperlerinde gazlı yay yer almayan kalıbın kesiti yer almaktadır.



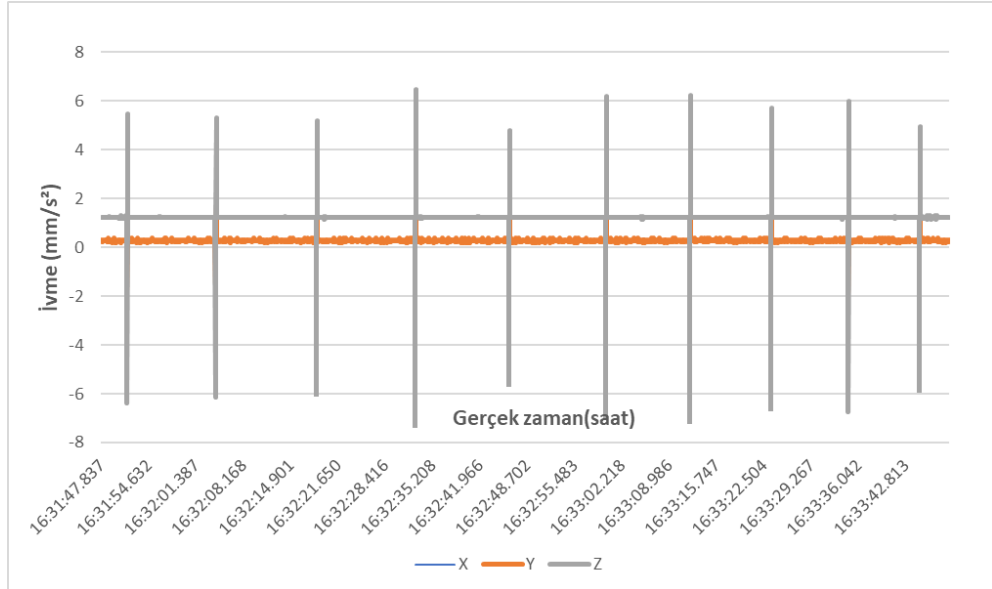
Şekil 4.18. İlk halinde stoperlerde gazlı yay olmayan kalıbın görüntüsü

Şekil 4.19’da stoperlerine gazlı yay montajı yapılmış kalıbın kesiti yer almaktadır.



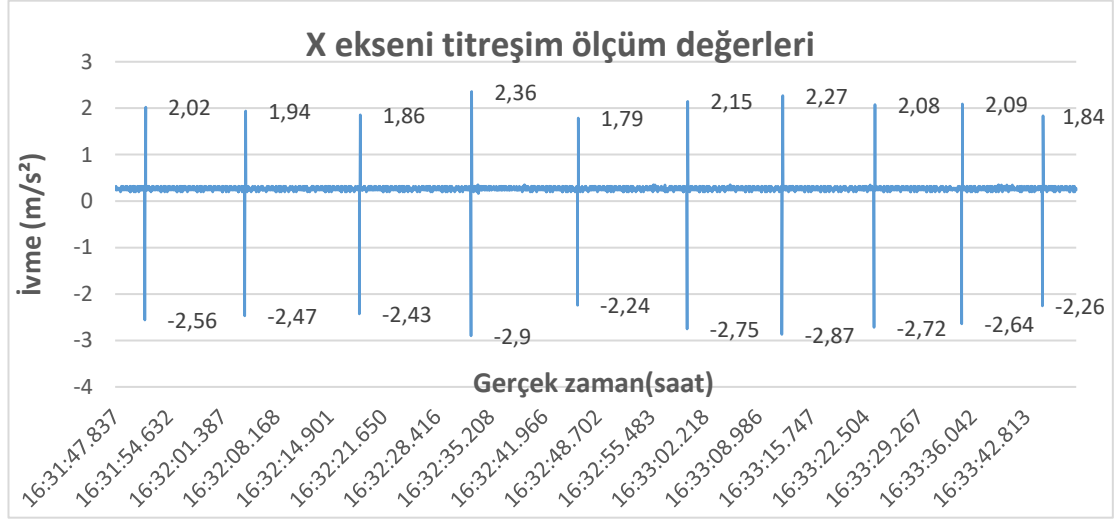
Şekil 4.19. Stoperlere gazlı yay eklenmiş kalıp

Gazlı yayların montajının tamamlanmasından sonra aynı presde titreşim ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen titreşim değerleri aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir. Şekil 4.20’de gazlı yay montajı sonrası elde edilen titreşim değerleri gösterilmektedir.



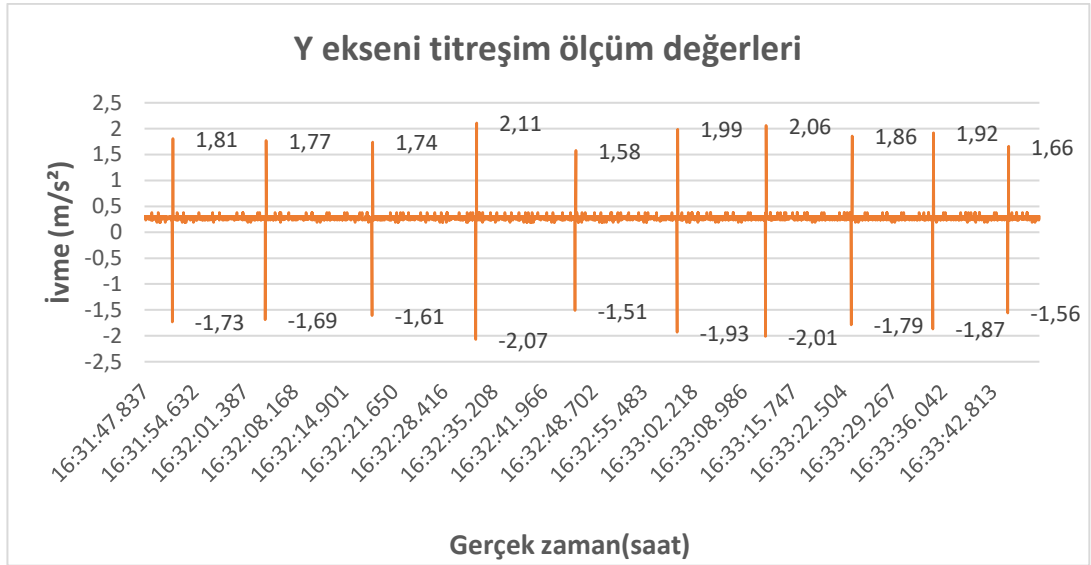
Şekil 4.20. Gazlı yay montajı sonrası titreşim ölçüm değerleri

Şekil 4.21’de stoperlere gazlı yay montajı sonrası X eksenini için elde edilen titreşim değerleri yer almaktadır.



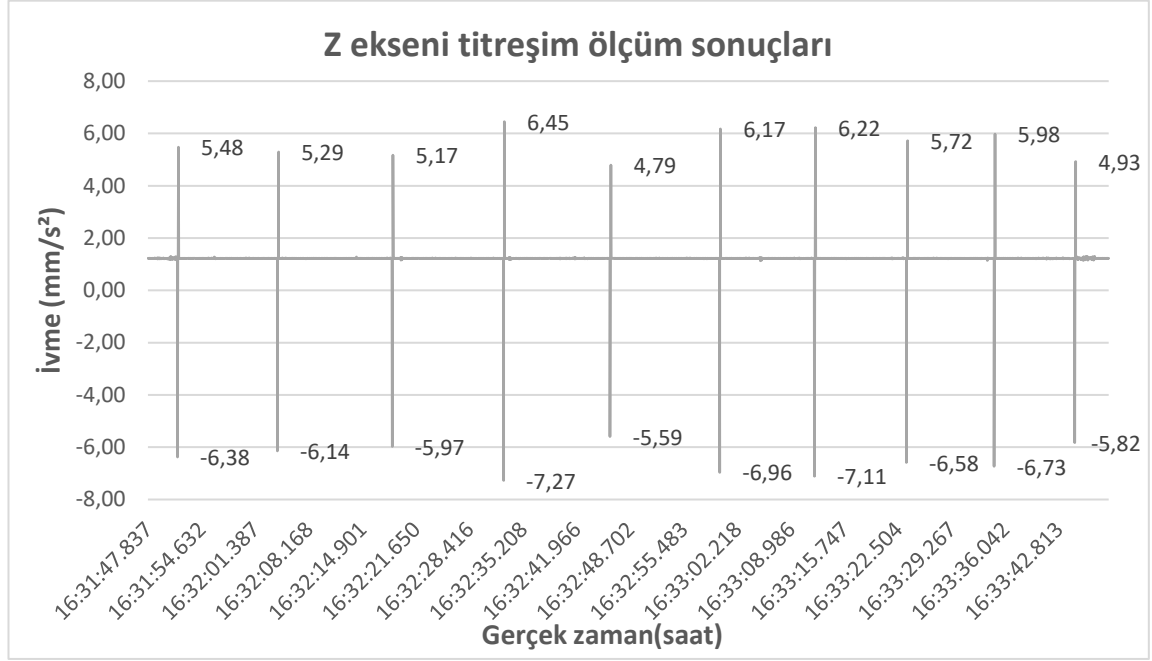
Şekil 4.21. Gazlı yay montajı sonrası X-ekseni titreşim ölçüm değerleri

Şekil 4.22’de stoperlere gazlı yay montajı sonrası Y eksenini için elde edilen titreşim değerleri yer almaktadır.



Şekil 4.22. Gazlı yay montajı sonrası Y-ekseni titreşim ölçüm değerleri

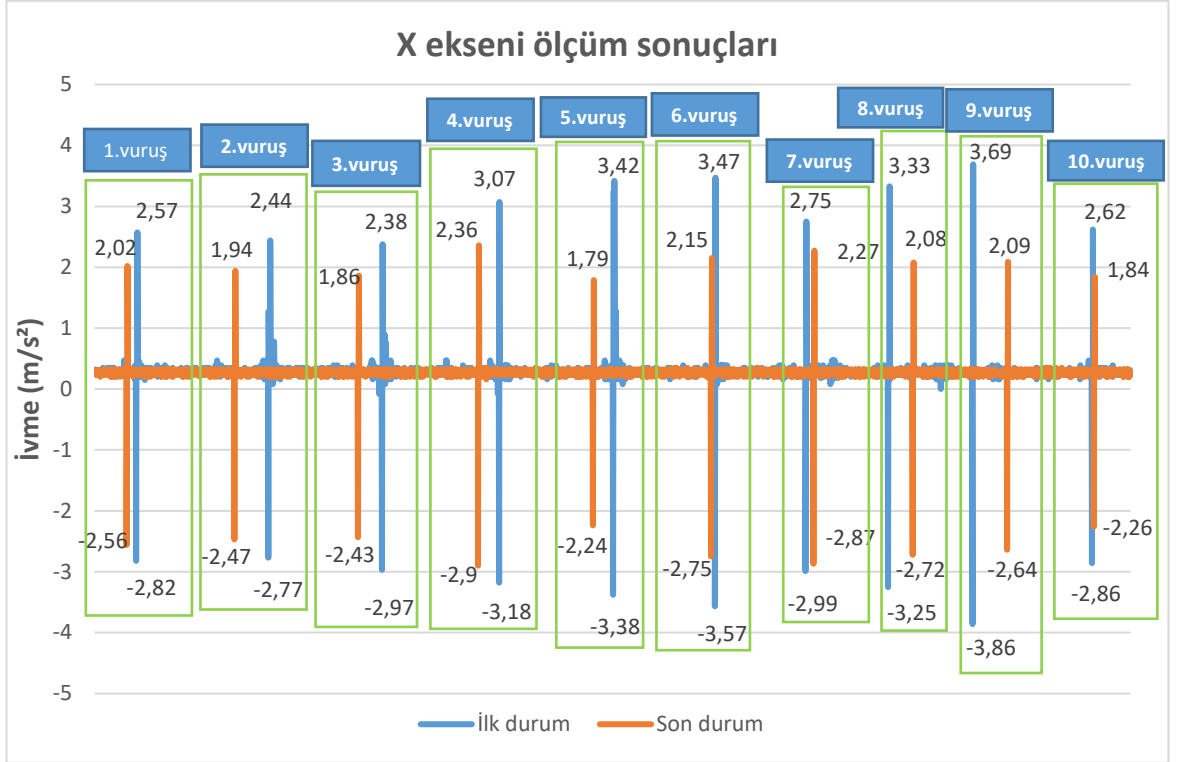
Şekil 4.23'te stoperlere gazlı yay montajı sonrası Z ekseni için elde edilen titreşim değerleri yer almaktadır.



Şekil 4.23. Gazlı yay montajı sonrası Z-ekseni titreşim ölçüm değerleri

Stoperlere gazlı yaylar eklendikten sonra elde edilen titreşim değerleri yukarıda ki tablolarda verilmiştir. Yapılan iyileştirmenin etkisini daha iyi anlayabilmek amacıyla titreşim ivme değerleri aşağıda ki tablolarda gösterilmektedir.

Şekil 4.24'te X ekseninin ölçüm değerleri sonuçları verilmiştir. İyileştirme çalışması öncesi X ekseni pozitif eksende ki tepe noktası 3,69 m/s², negatif eksende ki tepe noktası ise -3,86 m/s² olarak ölçülmüştür. Yapılan iyileştirme çalışması sonrası pozitif eksende ki tepe nokta değeri 2,36 m/s², negatif eksende ki tepe nokta değeri ise -2,9 m/s² olarak ölçülmüştür. X ekseninin sahip olduğu 0,2 m/s² ortalama titreşim değerini de göz önünde bulundurarak ölçümler sonrası ivmede X ekseni pozitif yönünde %38,1 iyileşme olduğu, negatif ekseni için ise %23,64 iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 4.24. Montaj sonrası X-eksenli titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması

Tepe noktalarının ardından presin vuruş anında ki titreşim değerlerini gösteren 10 farklı ölçüm sonucunun ortalaması da alınmıştır. İlk durum için X eksenli pozitif eksenli ortalama değer $2,97 \text{ m/s}^2$, negatif eksenli ise ortalama değer $-3,17 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. İyileştirme çalışmaları sonrası için X eksenli pozitif eksenli ortalama değer $2,04 \text{ m/s}^2$, negatif eksenli ise ortalama değer $-2,59 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama titreşim de göz önüne alarak pozitif eksen için %33,57 iyileştirme, negatif eksenli ise %17,21 iyileştirme hesaplanmıştır.

Ortalama iyileştirme miktarını analiz etmek için kullanılan değerler Çizelge 4.4. ve Çizelge 4.5.'de gösterilmiştir.

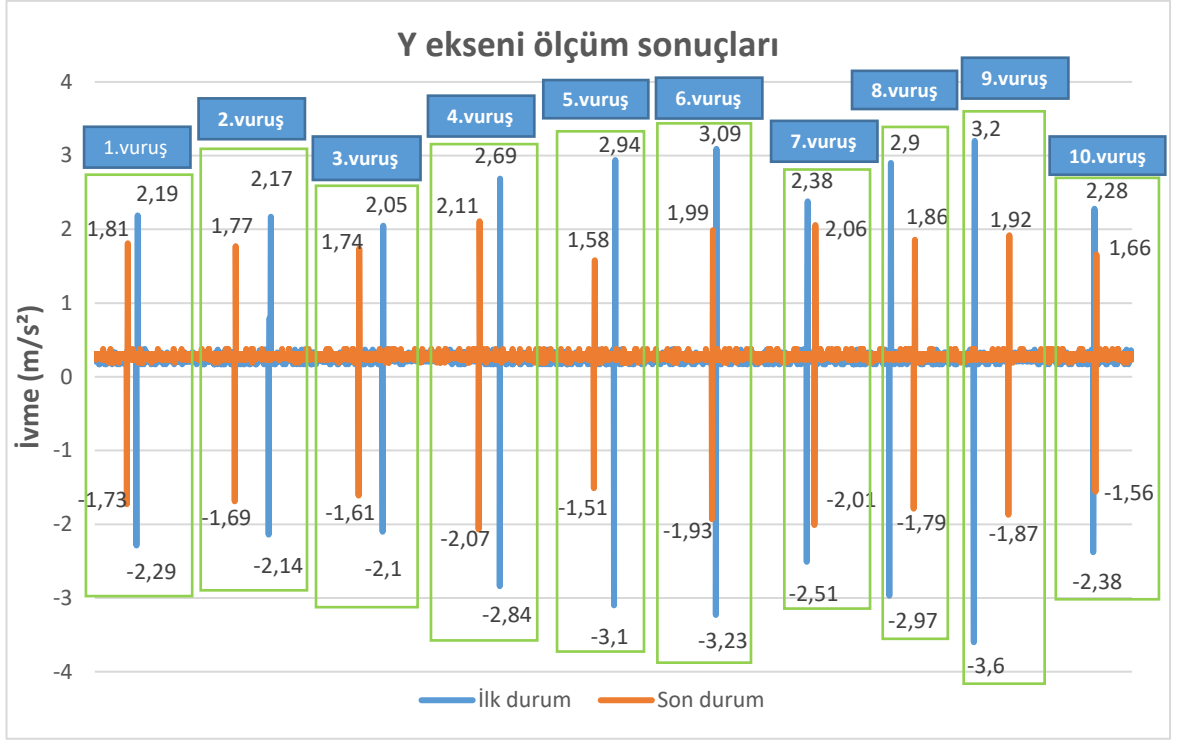
Çizelge 4.4. X-ekseni pozitif ekseninde seçilen değerler

İlk Durum (m/s²)	Yeni durum (m/s²)
2,57	2,02
2,44	1,94
2,38	1,86
3,07	2,36
3,42	1,79
3,47	2,15
2,75	2,27
3,33	2,08
3,69	2,09
2,62	1,84

Çizelge 4.5. X-ekseni negatif ekseninde seçilen değerler

İlk Durum (m/s²)	Yeni Durum (m/s²)
-2,82	-2,56
-2,77	-2,47
-2,97	-2,43
-3,18	-2,9
-3,38	-2,24
-3,57	-2,75
-2,99	-2,87
-3,25	-2,72
-3,86	-2,64
-2,86	-2,26

Şekil 4.25'te Y ekseninin ölçüm değerleri sonuçları verilmiştir. İyileştirme çalışması öncesi Y eksenini pozitif ekseninde ki tepe noktası 3,2 m/s², negatif ekseninde ki tepe noktası ise -3,6 m/s² olarak ölçülmüştür. Yapılan iyileştirme çalışması sonrası pozitif ekseninde ki tepe nokta değeri 2,11 m/s², negatif ekseninde ki tepe nokta değeri ise -2,07 m/s² olarak ölçülmüştür. Y ekseninin sahip olduğu 0,2 m/s² ortalama titreşim değerini de göz önünde bulundurarak ölçümler sonrası ivmede Y eksenini pozitif yönünde %36,33 iyileşme olduğu, negatif eksenini için ise %40,26 iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 4.25. Montaj sonrası Y-eksenii titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması

Tepe noktalarının ardından presin vuruş anında ki titreşim değerlerini gösteren 10 farklı ölçüm sonucunun ortalaması da alınmıştır. İlk durum için Y eksenii pozitif eksenii ortalama değer $2,59 \text{ m/s}^2$, negatif eksenii ise ortalama değer $-2,72 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. İyileştirme çalışmaları sonrası için Y eksenii pozitif eksenii ortalama değer $1,85 \text{ m/s}^2$, negatif eksenii ise ortalama değer $-1,78 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama titreşim de göz önüne alarak pozitif eksenii için %30,96 iyileştirme, negatif eksenii ise %32,19 iyileştirme hesaplanmıştır.

Ortalama iyileşme miktarını analiz etmek için kullanılan değerler Çizelge 4.6. ve Çizelge 4.7.'de gösterilmiştir.

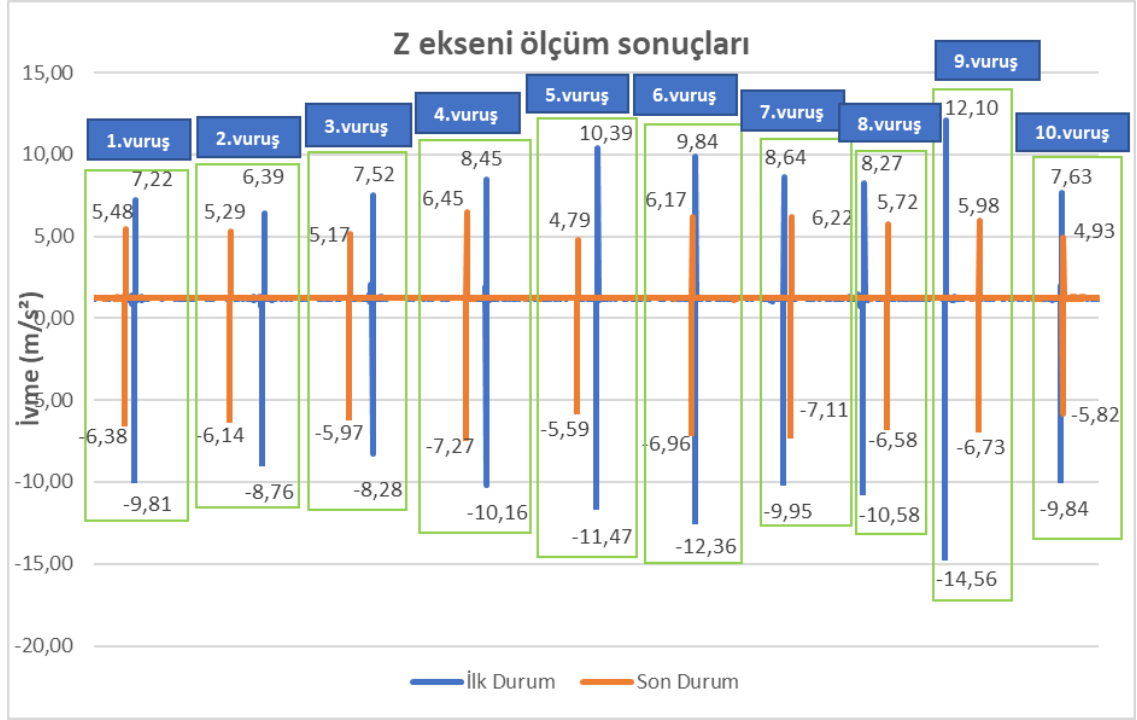
Çizelge 4.6. Y-ekseni pozitif eksende seçilen değerler

İlk Durum (m/s²)	Son Durum (m/s²)
2,19	1,81
2,17	1,77
2,05	1,74
2,69	2,11
2,94	1,58
3,09	1,99
2,38	2,06
2,9	1,86
3,2	1,92
2,28	1,66

Çizelge 4.7. Y-ekseni negatif eksende seçilen değerler

İlk Durum (m/s²)	Son Durum (m/s²)
-2,29	-1,73
-2,14	-1,69
-2,1	-1,61
-2,84	-2,07
-3,1	-1,51
-3,23	-1,93
-2,51	-2,01
-2,97	-1,79
-3,6	-1,87
-2,38	-1,56

Şekil 4.26'da Z ekseninin ölçüm değerleri sonuçları verilmiştir. İyileştirme çalışması öncesi Z eksenini pozitif eksende ki tepe noktası 12,1 m/s², negatif eksende ki tepe noktası ise -14,56 m/s² olarak ölçülmüştür. Yapılan iyileştirme çalışması sonrası pozitif eksende ki tepe nokta değeri 6,45 m/s², negatif eksende ki tepe nokta değeri ise -7,27 m/s² olarak ölçülmüştür. Z ekseninin sahip olduğu 1,2 m/s² ortalama titreşim değerini de göz önünde bulundurarak ölçümler sonrası ivmede Z eksenini pozitif yönünde %51,83 iyileşme olduğu, negatif eksenini için ise %46,25 iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 4.25. Montaj sonrası Z-eksenli titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması

Tepe noktalarının ardından presin vuruş anında ki titreşim değerlerini gösteren 10 farklı ölçüm sonucunun ortalaması da alınmıştır. İlk durum için Z eksenli pozitif eksenli ortalama değer $8,65 \text{ m/s}^2$, negatif eksenli ise ortalama değer $-10,58 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. İyileştirme çalışmaları sonrası için Z eksenli pozitif eksenli ortalama değer $5,62 \text{ m/s}^2$, negatif eksenli ise ortalama değer $-6,46 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama titreşim de göz önüne alarak pozitif eksen için %40,67 iyileştirme, negatif eksenli ise %34,97 iyileştirme hesaplanmıştır.

Ortalama iyileşme miktarını analiz etmek için kullanılan değerler Çizelge 4.8. ve Çizelge 4.9.'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Z-ekseni pozitif eksende seçilen değerler

İlk Durum (m/s²)	Son Durum (m/s²)
7,22	5,48
6,39	5,29
7,52	5,17
8,45	6,45
10,39	4,79
9,84	6,17
8,64	6,22
8,27	5,72
12,1	5,98
7,63	4,93

Çizelge 4.9. Z-ekseni negatif eksende seçilen değerler

İlk Durum (m/s²)	Son Durum (m/s²)
-9,81	-6,38
-8,76	-6,14
-8,28	-5,97
-10,16	-7,27
-11,47	-5,59
-12,36	-6,96
-9,95	-7,11
-10,58	-6,58
-14,56	-6,73
-9,84	-5,82

Bir diğer optimizasyon çalışması olarak kalıp üst grubunda yer alan kesme çeliğinin açılı işlenmesine karar verilmiştir. Bu iyileştirmeyi gerçekleştirerek kesme kuvvetinin azaltılması amaçlanmıştır. Azalan kesme kuvvetiyle birlikte elde edilen titreşim değerlerinin de düşürülmesi hedeflenmiştir. Açılı işleme yöntemi ile kesme kuvveti minimum 30% maksimum 60% azaltılabilmektedir. Bu yöntem ile birlikte kesme işlemi kademeli olarak gerçekleştirilebilmektedir ve bu sayede gerekli olan kesme kuvvetinin azaltılması sağlanmaktadır. Kesme çeliğinin tıraşlanmasında önce stoperlere monte edilen gazlı yaylar çıkarılmıştır, bu sayede iki farklı iyileştirme çalışmasının ayrı olarak etkilerini anlamak amaçlanmıştır. Kalıpta 1.2379 malzeme kesme çeliği kullanılmaktadır. Yüksek aşınma dayanımı ve tokluk değerlerine sayesinde kesme operasyonlarında yaygın

olarak tercih edilmektedir. Yaygın kullanım sertliği 54-60 HRC'dir. 1.2379 çeliğinin kimyasal özellikleri izelge 4.10'da gösterilmektedir.

Çizelge 4.10. 1.2379 eliğin kimyasal zellikleri

C	Cr	Mo	V	Si
1,55	12	0,7	1	0,4

1.2379 eliğinin ısıı işlem özellikleri izelge 4.11'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.11. 1.2379 eliğin ısıı işlem özellikleri

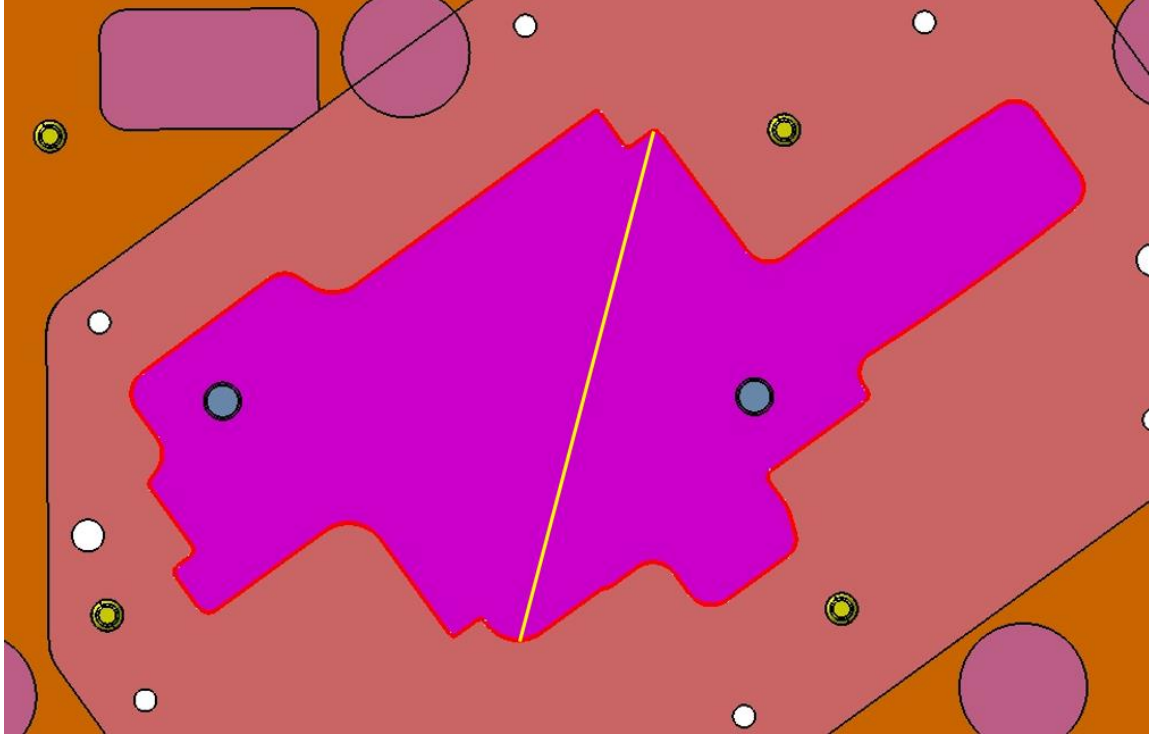
	Sıcaklık	Ortam	Sertlik
Yumuşatma Tavlamaı	820-850 C	Fırın	255 HB
Gerilim Giderme	600-650 C	Fırın	
Sertleştirme	1000-1080 C	Yağ - Gaz - Hava - Sıcak Banyo	Menevişleme Eğrisi

Açılı yüzey işlemenin yapıldığı kesme eliği Şekil 4.27'de gösterilmektedir.



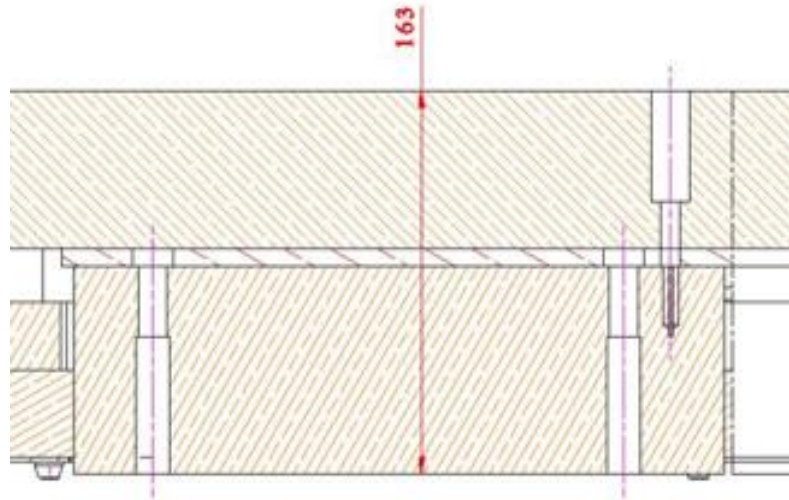
Şekil 4.27. Açılı yüzey işleme öncesinde kesme çeliği

Kesme çeliğinin çevre uzunluğu 1050 mm'dir. Açılı kesme işlemi çeliğin orta kısmından itibaren gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Bu sayede ilk olarak parçanın yarısı ile çeliğin teması engellenmiş ve gerekli olan kesme kuvveti yarıya indirilmiştir. Daha önceki sayfalarda hesaplanmış olan 114240 Ton kesme kuvveti temas noktasını kesme çeliğinin tam ortasından kabul edersek 57120 Ton kesme kuvveti yeni şartlar altında yeterli gelmektedir. Azaltılan gerekli kesme kuvveti ile birlikte elde edilen titreşim değerleri düşüş göstermektedir. Açılı yüzey işleme ve makaslama işleminin hangi noktadan itibaren gerçekleştirildiği Şekil 4.28'de gösterilmektedir.



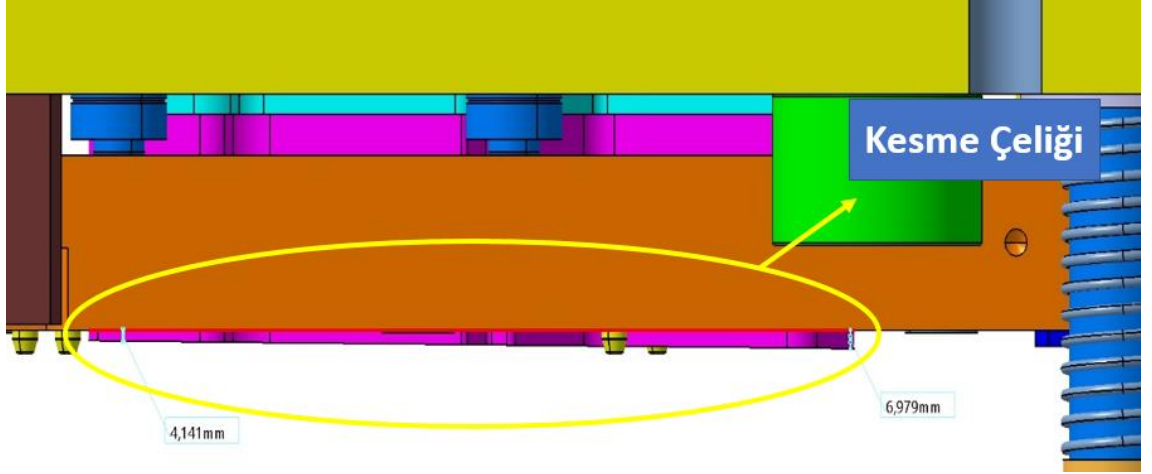
Şekil 4.28. Açılı yüzey işlenecek kesme çeliği

Kesme çeliğinin ilk hali Şekil 4.29'da gösterilmektedir. Kalıbın üst noktasından kesme çeliğinin uç kısmına olan mesafe ilk durumda 163 mm'dir.



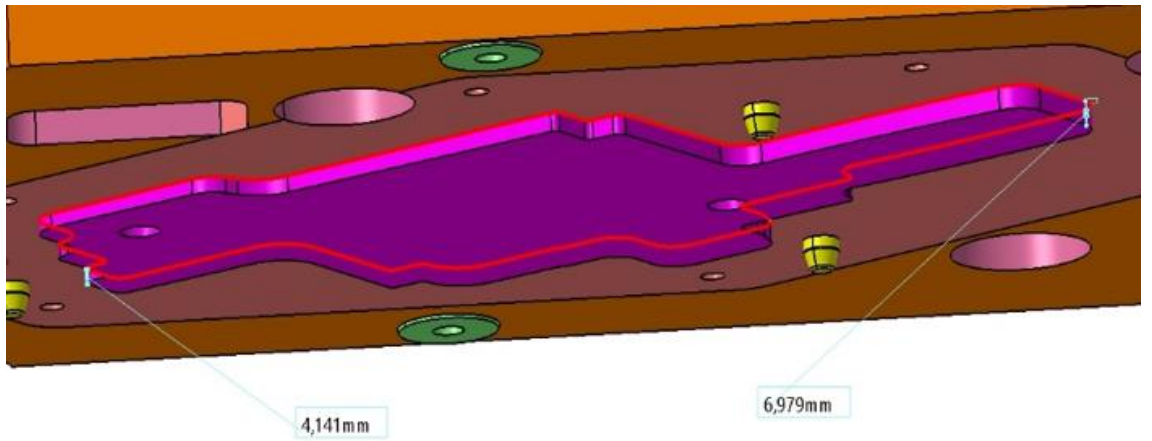
Şekil 4.29. Açılı yüzey işlenecek kesme çeliğinin teknik resim görüntüsü

İlk halinde kalıp üst noktasından uzaklığı 163 mm olan kesme çeliği, açılı yüzey işleme işlemi sonrası çeliğin bir ucu 160.01 mm' ye kadar indirilmiştir. Çelik yüzeyine 0,48 derece açı verilmiştir. Yapılan açılı kesme işlemi ile kesme çeliğinin iki uç noktası arasında yaklaşık olarak 3 mm fark oluşturulmuştur. Kesme çeliğinin işlenmesi sonrası oluşan yükseklik farkı Şekil 4.30'da gösterilmektedir.



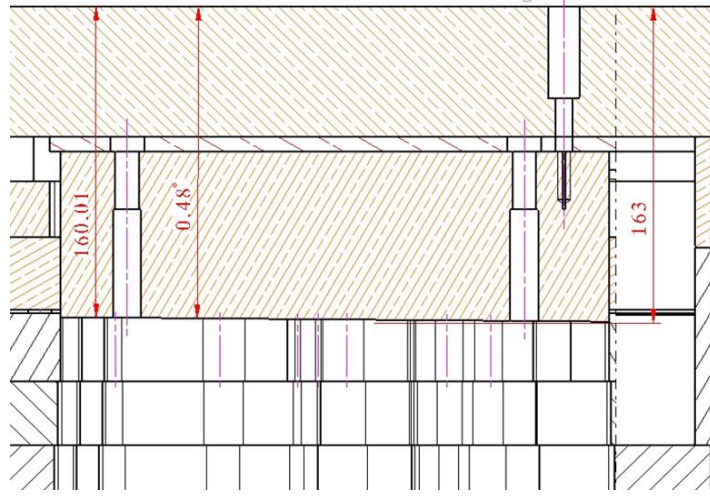
Şekil 4.30. Kesme çeliği yükseklik farkı

Kesme çeliğinin işlenmesi sonrası yandan alınan kesiti Şekil 4.31'de gösterilmektedir.



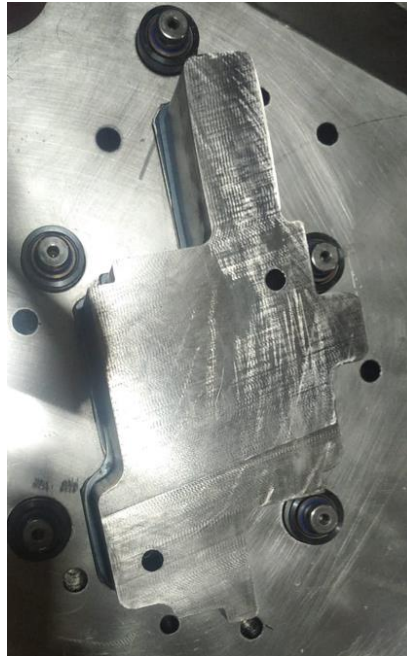
Şekil 4.31. Kesme çeliği açılı yüzey işleme sonrası görüntüsü

Şekil 4.32’de açılı kesme işlemi gerçekleştirilen kesme çeliğinin teknik resim yan kesit görüntüsü yer almaktadır.



Şekil 4.32. Açılı yüzey işleme sonrası kesme çeliği teknik resmi

Kesme çeliğinin işlenmesi sonrası üstten çekilen son hali Şekil 4.33’te gösterilmektedir.



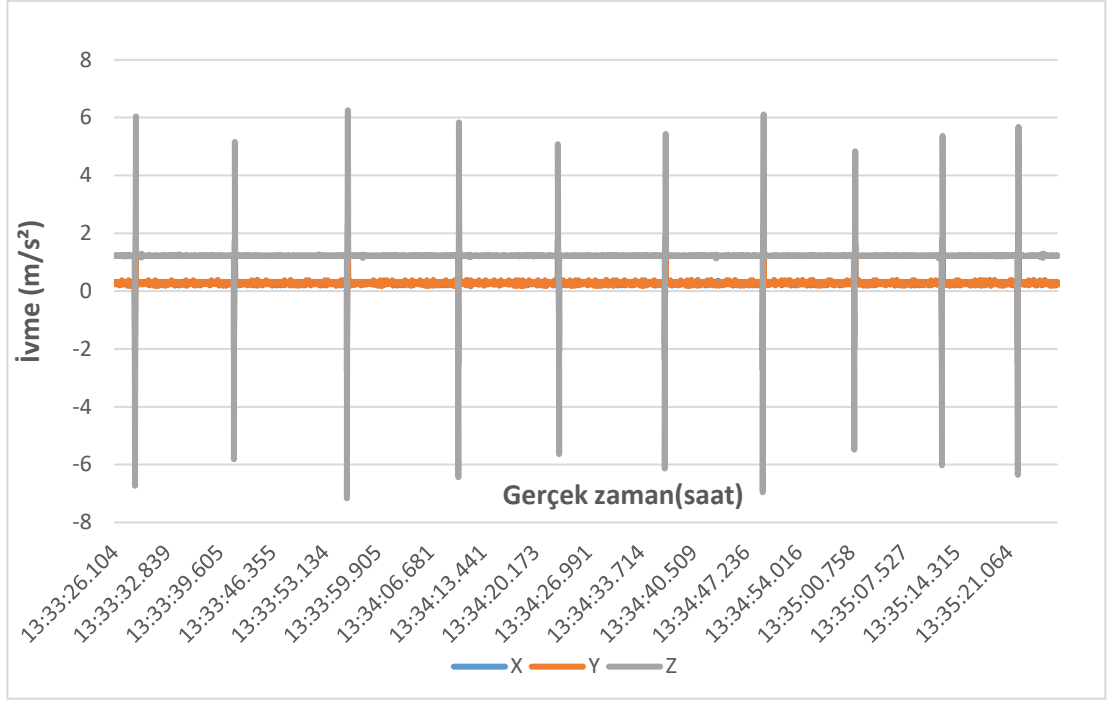
Şekil 4.33. Açılı yüzey işleme sonrası kesme çeliği son hali (üstten)

Kesme çeliğinin işlenmesi sonrası yandan çekilen son hali Şekil 4.34'te gösterilmektedir.

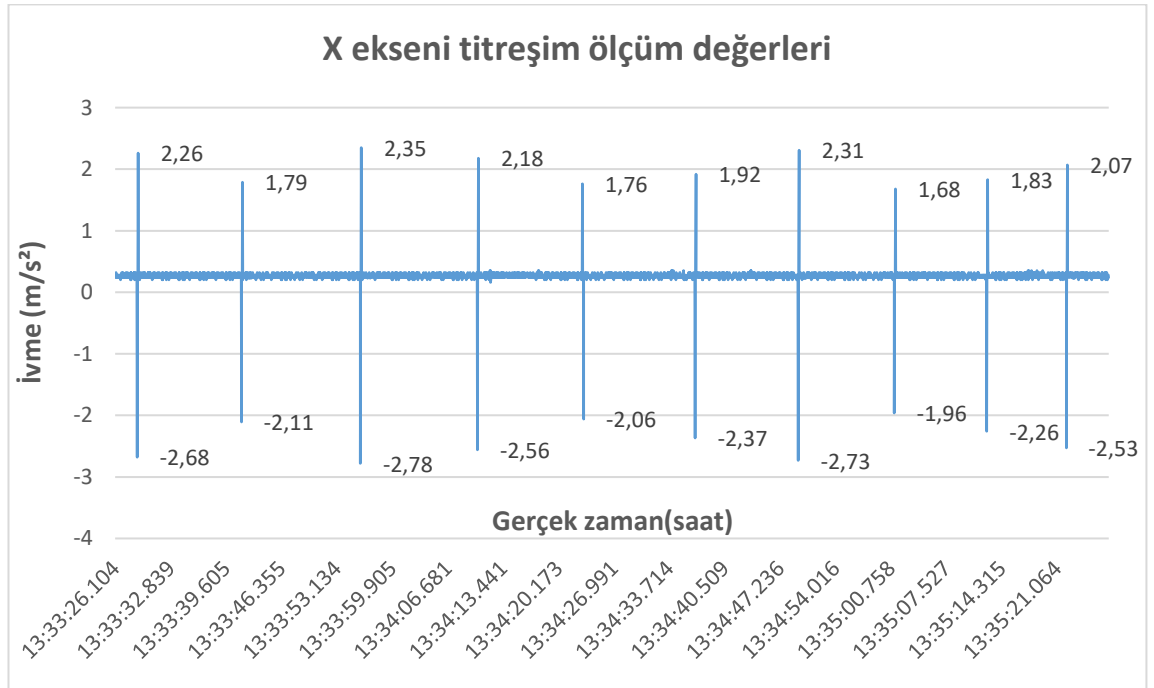


Şekil 4.34. Açılı yüzey işleme sonrası kesme çeliği son hali (yandan)

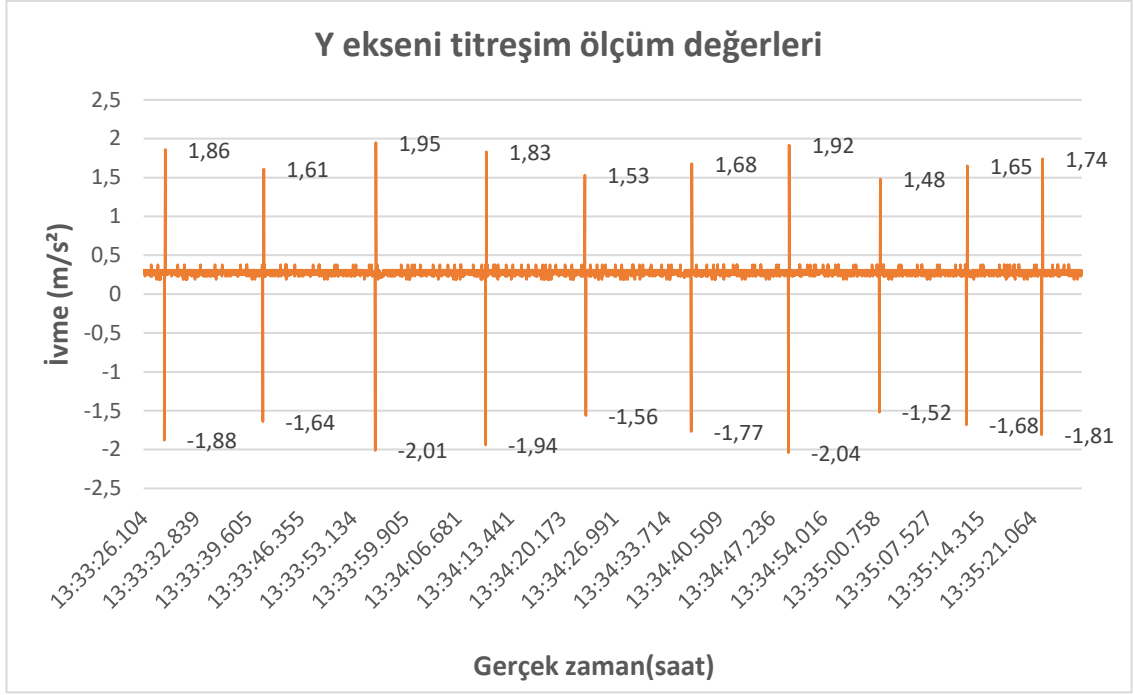
Gerekli optimizasyon çalışmalarının tamamlanmasından sonra aynı presde titreşim ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Elde edilen titreşim değerleri aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir. Şekil 4.35'te açılı işlenen kesme çelikli kalıp ile gerçekleştirilen ölçüm sonuçları gösterilmektedir. Şekil 4.36'da X ekseni, Şekil 4.37'de Y ekseni ve Şekil 4.38'de Z ekseni ölçüm sonuçları yer almaktadır.



Şekil 4.35. Kesme çeliğinin açılı işlenmesi sonrası titreşim ölçüm değerleri



Şekil 4.36. Açılı yüzey işleme sonrası X-ekseni titreşim ölçüm değerleri



Şekil 4.37. Açılı yüzey işleme sonrası Y-ekseni titreşim ölçüm değerleri



Şekil 4.38. Açılı yüzey işleme sonrası Z-ekseni titreşim ölçüm değerleri

Kalıbın üst grubunda yer alan kesme çeliğinin açılı bir şekilde işlenmesinden sonra elde edilen titreşim değerleri yukarıda ki tablolarda verilmiştir. Yapılan iyileştirmenin etkisini daha iyi anlayabilmek amacıyla titreşim ivme değerleri aşağıda ki tablolarda gösterilmektedir.

Şekil 4.39'da X ekseninin ölçüm değerleri sonuçları verilmiştir. İyileştirme çalışması öncesi X eksenini pozitif ekseninde ki tepe noktası $3,69 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ki tepe noktası ise $-3,86 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüştür. Yapılan iyileştirme çalışması sonrası pozitif ekseninde ki tepe noktası değeri $2,35 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ki tepe noktası değeri ise $-2,78 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüştür. X ekseninin sahip olduğu $0,2 \text{ m/s}^2$ ortalama titreşim değerini de göz önünde bulundurarak ölçümler sonrası ivmede X eksenini pozitif yönünde %38,39 iyileşme olduğu, negatif eksenini için ise %26,6 iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 4.39. Açılı yüzey işleme X-eksenini titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması

Tepe noktalarının ardından presin vuruş anında ki titreşim değerlerini gösteren 10 farklı ölçüm sonucunun ortalaması da alınmıştır. İlk durum için X eksenini pozitif ekseninde ortalama değer 2,97 m/s², negatif ekseninde ise ortalama değer -3,17 m/s² olarak hesaplanmıştır. İyileştirme çalışmaları sonrası için X eksenini pozitif ekseninde ortalama değer 2,02 m/s², negatif ekseninde ise ortalama değer -2,40 m/s² olarak hesaplanmıştır. Ortalama titreşim de göz önüne alarak pozitif eksen için %34,29 iyileştirme, negatif ekseninde ise %22,84 iyileştirme hesaplanmıştır.

Ortalama iyileşme miktarını analiz etmek için kullanılan değerler Çizelge 4.12. ve Çizelge 4.13.'de gösterilmiştir.

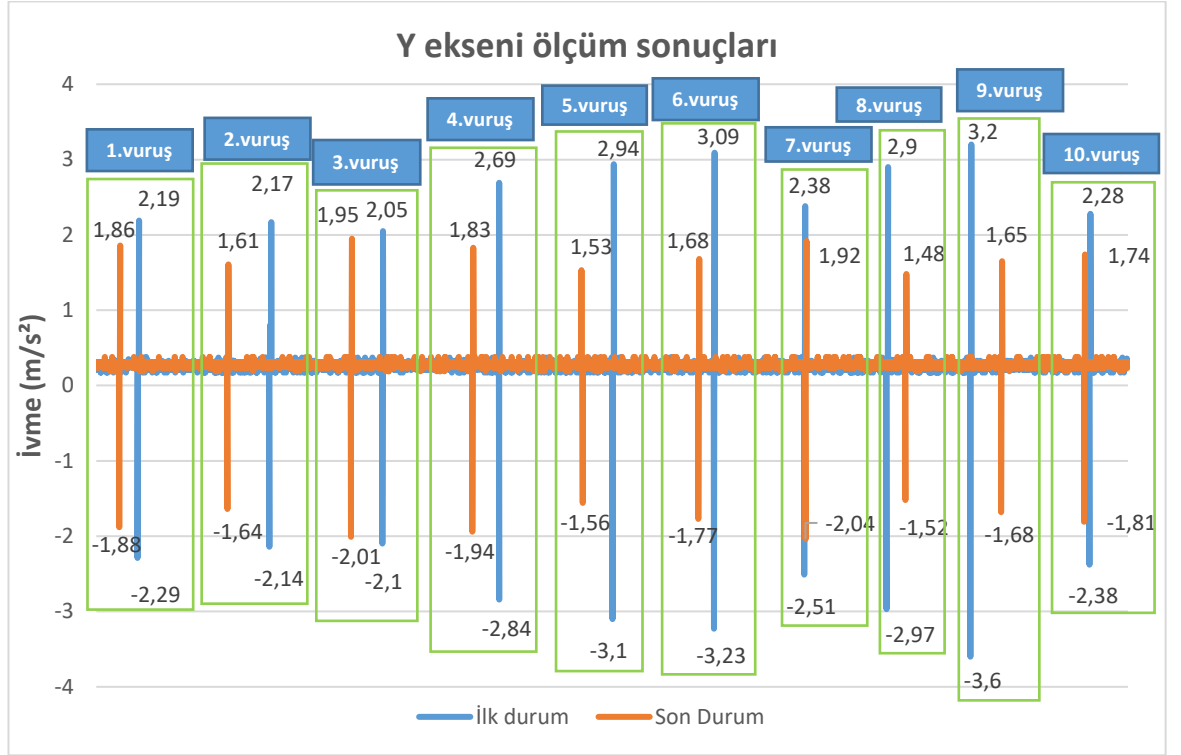
Çizelge 4.12. X-eksenini pozitif ekseninde seçilen değerler

İlk Durum (m/s ²)	Yeni durum (m/s ²)
2,57	2,26
2,44	1,79
2,38	2,35
3,07	2,18
3,42	1,76
3,47	1,92
2,75	2,31
3,33	1,68
3,69	1,83
2,62	2,07

Çizelge 4.13. X-eksenini negatif ekseninde seçilen değerler

İlk Durum (m/s ²)	Yeni Durum (m/s ²)
-2,82	-2,68
-2,77	-2,11
-2,97	-2,78
-3,18	-2,56
-3,38	-2,06
-3,57	-2,37
-2,99	-2,73
-3,25	-1,96
-3,86	-2,26
-2,86	-2,53

Şekil 4.40'ta Y ekseninin ölçüm değerleri sonuçları verilmiştir. İyileştirme çalışması öncesi Y eksenini pozitif ekseninde ki tepe noktası $3,2 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ki tepe noktası ise $-3,6 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüştür. Yapılan iyileştirme çalışması sonrası pozitif ekseninde ki tepe noktası değeri $1,95 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ki tepe noktası değeri ise $-2,04 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüştür. Y ekseninin sahip olduğu $0,2 \text{ m/s}^2$ ortalama titreşim değerini de göz önünde bulundurarak ölçümler sonrası ivmede Y eksenini pozitif yönünde %41,66 iyileşme olduğu, negatif eksenini için ise %41,05 iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 4.40. Açılı yüzey işleme Y-eksenini titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması

Tepe noktalarının ardından presin vuruş anında ki titreşim değerlerini gösteren 10 farklı ölçüm sonucunun ortalaması da alınmıştır. İlk durum için Y eksenini pozitif ekseninde ortalama değeri $2,59 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ise ortalama değeri $-2,72 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. İyileştirme çalışmaları sonrası için Y eksenini pozitif ekseninde ortalama

değer 1,73 m/s², negatif ekseninde ise ortalama değer -1,79 m/s² olarak hesaplanmıştır. Ortalama titreşim de göz önüne alarak pozitif eksen için %30,96 iyileştirme, negatif ekseninde ise %32,19 iyileştirme hesaplanmıştır.

Ortalama iyileşme miktarını analiz etmek için kullanılan değerler Çizelge 4.14. ve Çizelge 4.15.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Y-ekseni pozitif ekseninde seçilen değerler

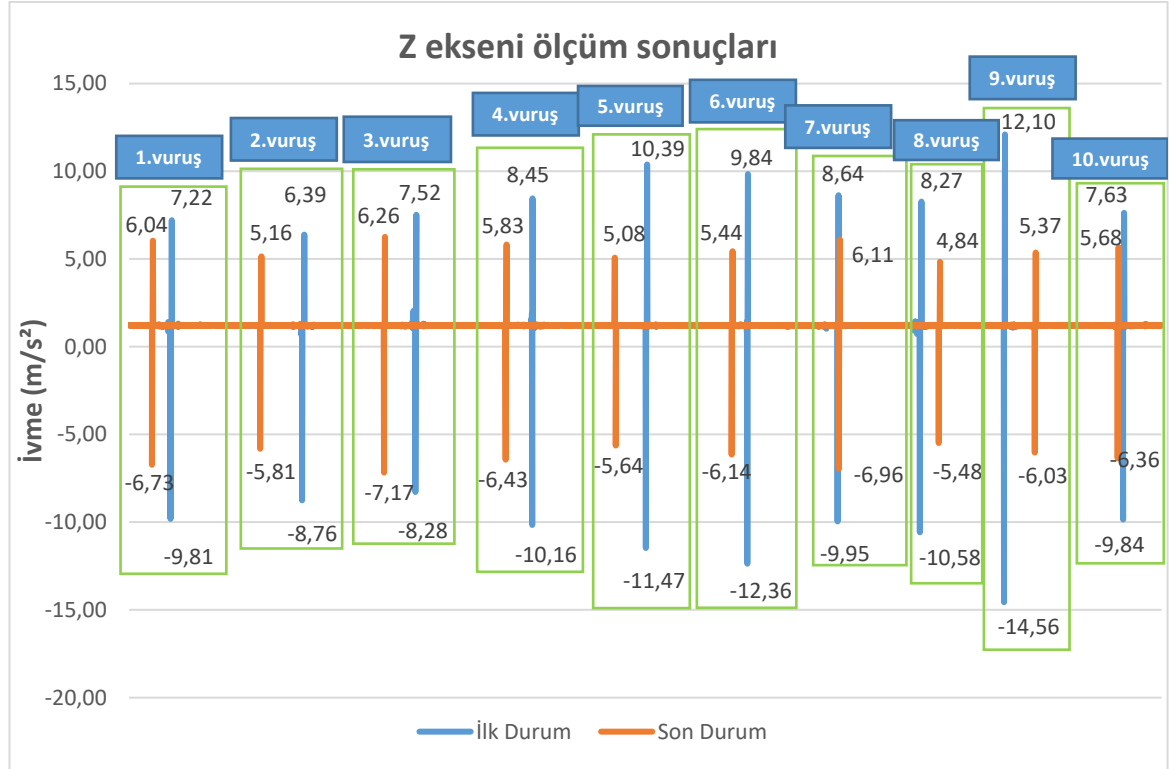
İlk Durum (m/s ²)	Son Durum (m/s ²)
2,19	1,86
2,17	1,61
2,05	1,95
2,69	1,83
2,94	1,53
3,09	1,68
2,38	1,92
2,9	1,48
3,2	1,65
2,28	1,74

Çizelge 4.15. Y-ekseni negatif ekseninde seçilen değerler

İlk Durum (m/s ²)	Son Durum (m/s ²)
-2,29	-1,88
-2,14	-1,64
-2,1	-2,01
-2,84	-1,94
-3,1	-1,56
-3,23	-1,77
-2,51	-2,04
-2,97	-1,52
-3,6	-1,68
-2,38	-1,81

Şekil 4.41'de Z ekseninin ölçüm değerleri sonuçları verilmiştir. İyileştirme çalışması öncesi Z eksenini pozitif ekseninde ki tepe noktası 12,1 m/s², negatif ekseninde ki tepe noktası

ise $-14,56 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüştür. Yapılan iyileştirme çalışması sonrası pozitif ekseninde ki tepe nokta değeri $6,26 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ki tepe nokta değeri ise $-7,17 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüştür. Z ekseninin sahip olduğu $1,2 \text{ m/s}^2$ ortalama titreşim değerini de göz önünde bulundurarak ölçümler sonrası ivmede Z eksenini pozitif yönünde %53,57 iyileşme olduğu, negatif eksenini için ise %46,89 iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 4.41. Açılı yüzey işleme Z-eksenini titreşim ölçüm değerleri karşılaştırması

Tepe noktalarının ardından presin vuruş anında ki titreşim değerlerini gösteren 10 farklı ölçüm sonucunun ortalaması da alınmıştır. İlk durum için Z eksenini pozitif ekseninde ortalama değer $8,65 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ise ortalama değer $-10,58 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. İyileştirme çalışmaları sonrası için Z eksenini pozitif ekseninde ortalama değer $5,58 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ise ortalama değer $-6,28 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama titreşim de göz önüne alarak pozitif eksen için %41,2 iyileştirme, negatif ekseninde ise %36,5 iyileştirme hesaplanmıştır.

Ortalama iyileşme miktarını analiz etmek için kullanılan değerler Çizelge 4.16. ve Çizelge 4.17.'de gösterilmiştir.

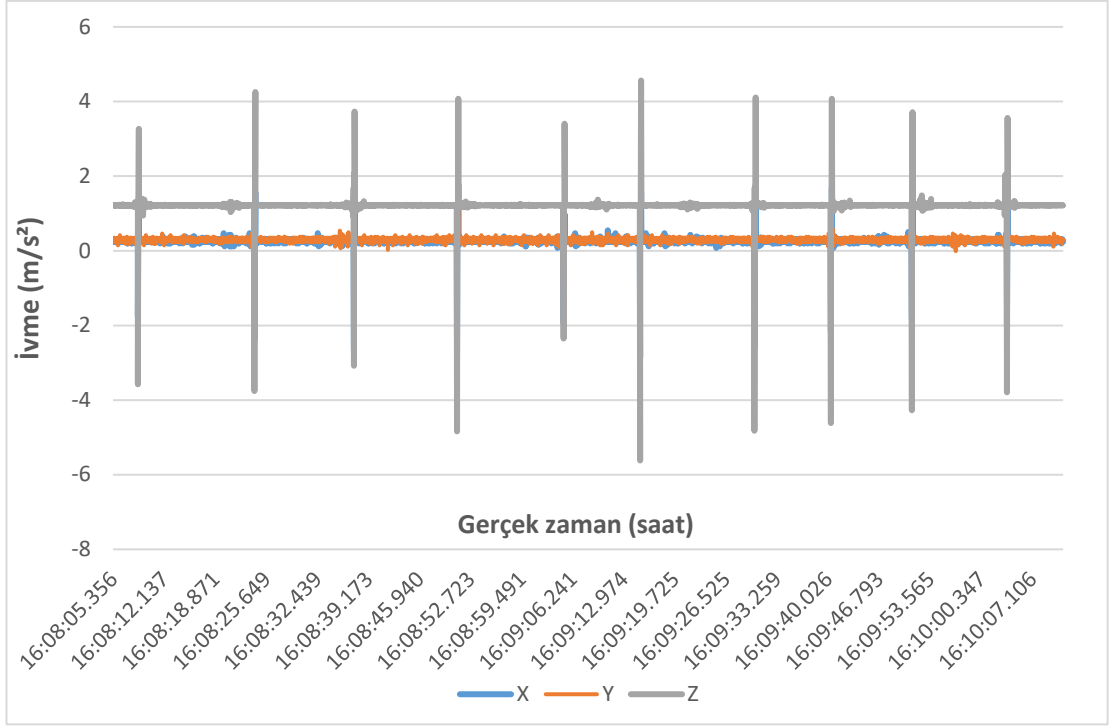
Çizelge 4.16. Z-ekseni pozitif eksende seçilen değerler,

İlk Durum (m/s²)	Son Durum (m/s²)
7,22	6,04
6,39	5,16
7,52	6,26
8,45	5,83
10,39	5,08
9,84	5,44
8,64	6,11
8,27	4,84
12,1	5,37
7,63	5,68

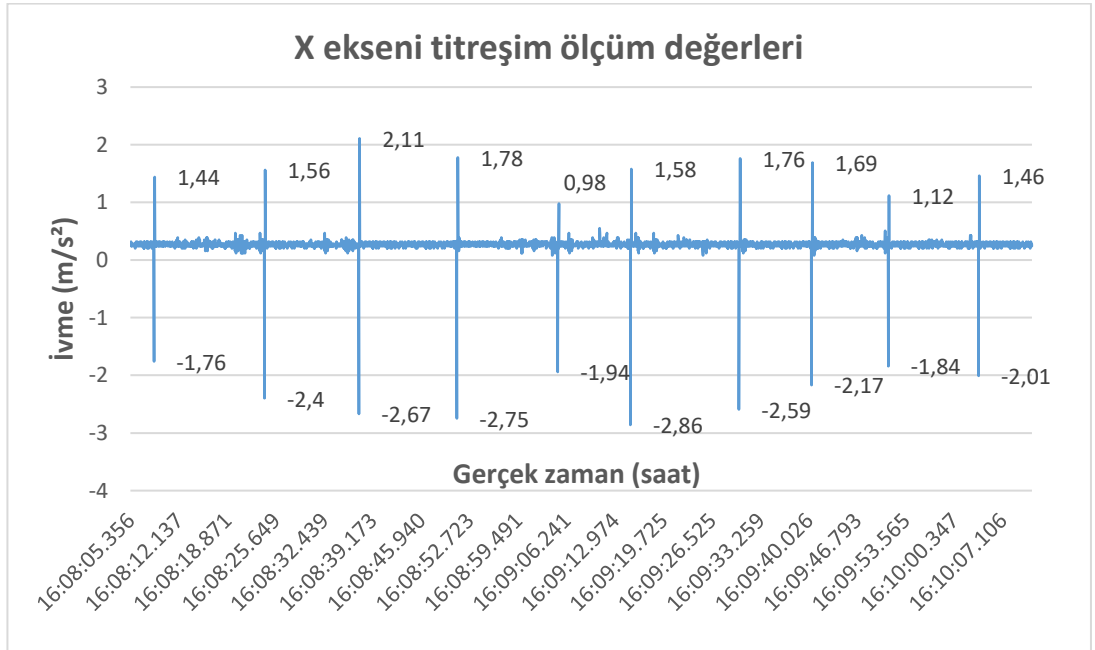
Çizelge 4.17. Z-ekseni negatif eksende seçilen değerler

İlk Durum (m/s²)	Son Durum (m/s²)
-9,81	-6,73
-8,76	-5,81
-8,28	-7,17
-10,16	-6,43
-11,47	-5,64
-12,36	-6,14
-9,95	-6,96
-10,58	-5,48
-14,56	-6,03
-9,84	-6,36

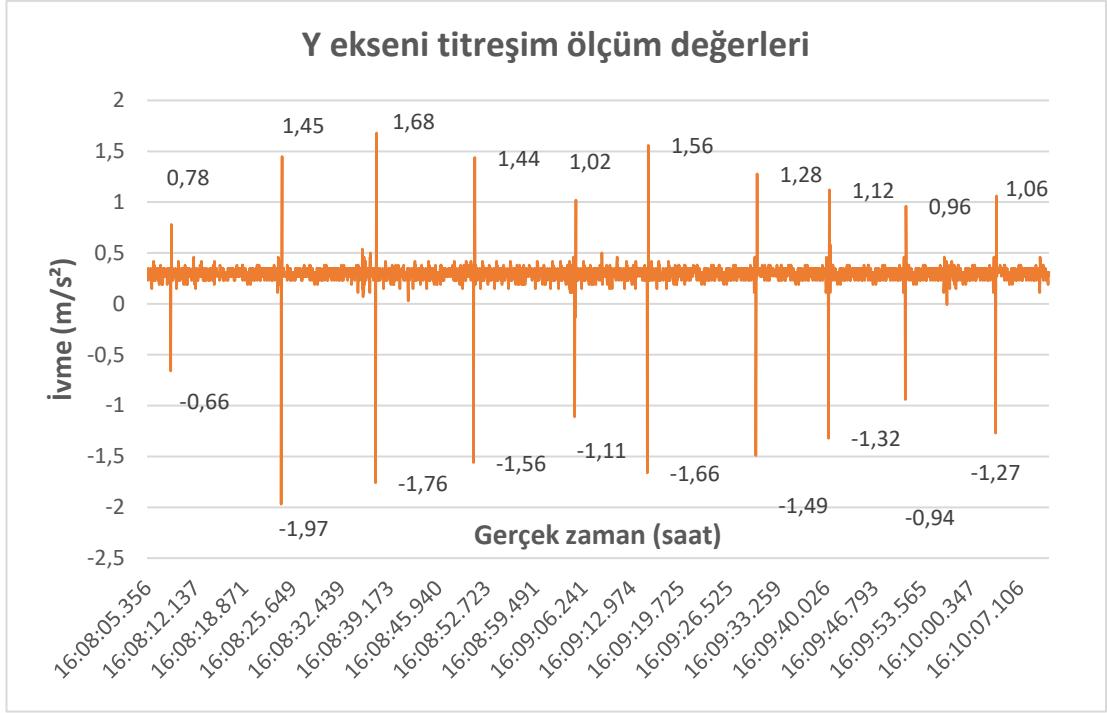
Ayrı ayrı yapılan çalışmalardan sonra iki iyileştirme birlikte gerçekleştirilmiştir. Elde edilen titreşim değerleri aşağıdaki tablolarda gösterilmektedir. Şekil 4.42'de gerçekleştirilen ölçüm sonuçları gösterilmektedir. Şekil 4.43'te X eksenini, Şekil 4.44'te Y eksenini ve Şekil 4.45'te Z eksenini ölçüm sonuçları yer almaktadır.



Şekil 4.42. Optimizasyon çalışmaları sonrası titreşim ölçüm değerleri



Şekil 4.43. Optimizasyon çalışmaları sonrası X-ekseni titreşim ölçüm değerleri

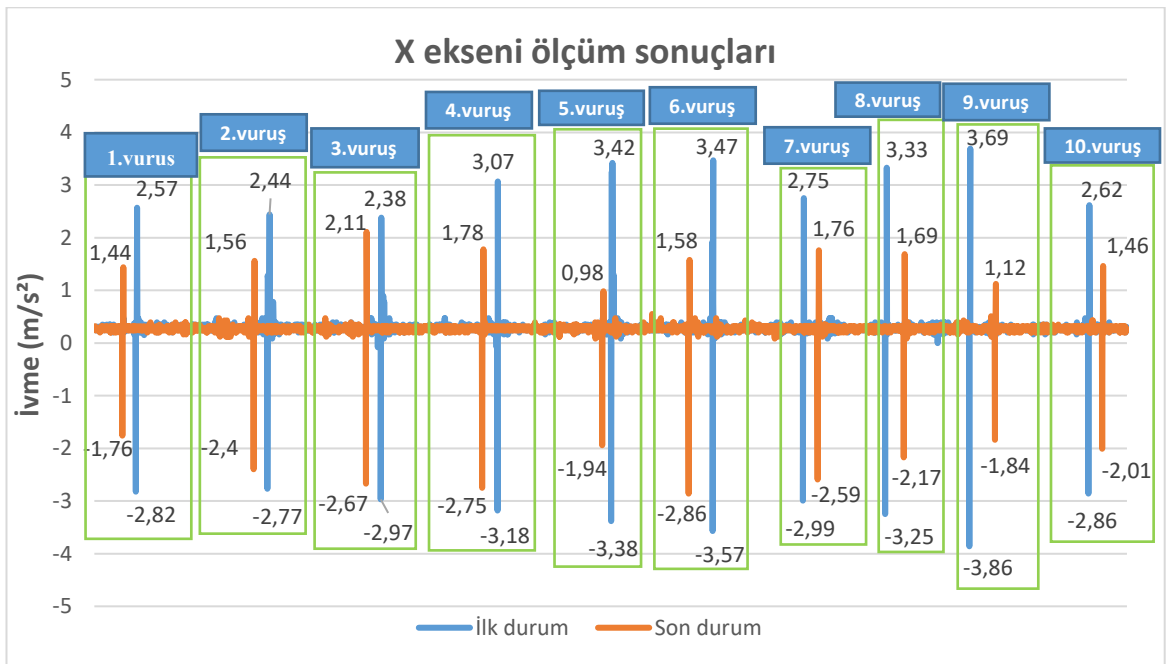


Şekil 4.44. Optimizasyon çalışmaları sonrası Y-eksenli titreşim ölçüm değerleri



Şekil 4.45. Optimizasyon çalışmaları sonrası Z-eksenli titreşim ölçüm değerleri

Şekil 4.46’da X ekseninin ölçüm değerleri sonuçları verilmiştir. İyileştirme çalışması öncesi X eksenini pozitif ekseninde ki tepe noktası $3,69 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ki tepe noktası ise $-3,86 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüştür. Yapılan iyileştirme çalışması sonrası pozitif ekseninde ki tepe noktası değeri $2,11 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ki tepe noktası değeri ise $-2,86 \text{ m/s}^2$ olarak ölçülmüştür. X eksenini sahip olduğu $0,2 \text{ m/s}^2$ ortalama titreşim de göz önünde bulundurularak ölçümler sonrası ivmede X eksenini pozitif yönünde %45,27 iyileşme olduğu, negatif eksenini için ise %24,63 iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 4.46. X-eksenini ölçüm sonuçları karşılaştırması

Tepe noktalarının ardından presin vuruş anında ki titreşim değerlerini gösteren 10 farklı ölçüm sonucunun ortalaması da alınmıştır. İlk durum için X eksenini pozitif ekseninde ortalama değeri $2,97 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ise ortalama değeri $-3,17 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. İyileştirme çalışmaları sonrası için X eksenini pozitif ekseninde ortalama değeri $1,54 \text{ m/s}^2$, negatif ekseninde ise ortalama değeri $-2,29 \text{ m/s}^2$ olarak hesaplanmıştır. Ortalama titreşim de göz önüne alarak pozitif eksen için %51,62 iyileştirme, negatif ekseninde ise %26,11 iyileştirme hesaplanmıştır.

Ortalama iyileşme miktarını analiz etmek için kullanılan değerler Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.19'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. X-ekseni pozitif eksende seçilen değerler

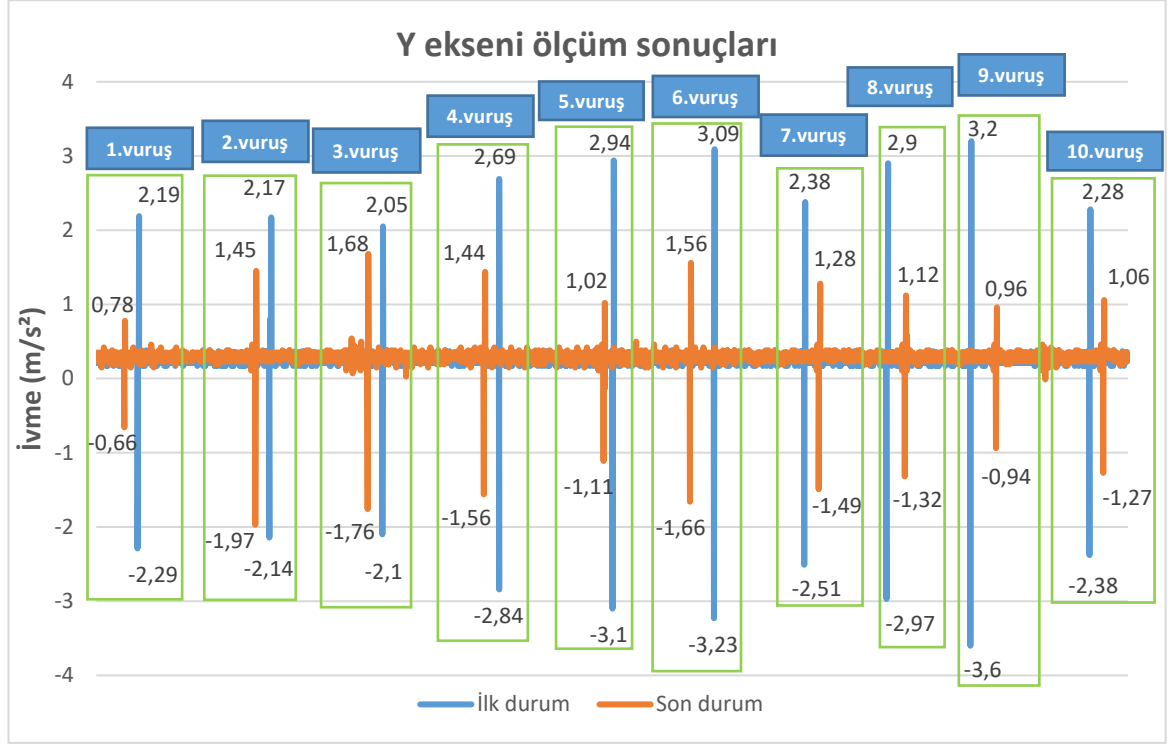
İlk Durum (m/s ²)	Son Durum (m/s ²)
2,57	1,44
2,44	1,56
2,38	2,11
3,07	1,78
3,42	0,98
3,47	1,58
2,75	1,76
3,33	1,69
3,69	1,12
2,62	1,46

Çizelge 4.19. X-ekseni negatif eksende seçilen değerler

İlk Durum (m/s ²)	Son Durum (m/s ²)
-2,82	-1,76
-2,77	-2,4
-2,97	-2,67
-3,18	-2,75
-3,38	-1,94
-3,57	-2,86
-2,99	-2,59
-3,25	-2,17
-3,86	-1,84
-2,86	-2,01

Şekil 4.47'de Y ekseninin ölçüm değerleri sonuçları verilmiştir. İyileştirme çalışması öncesi Y eksenini pozitif eksende ki tepe noktası 3,2 m/s², negatif eksende ki tepe noktası ise -3,6 m/s² olarak ölçülmüştür. Yapılan iyileştirme çalışması sonrası pozitif eksende ki tepe nokta değeri 1,68 m/s², negatif eksende ki tepe nokta değeri ise -1,97 m/s² olarak ölçülmüştür. Y ekseninin sahip olduğu 0,2 m/s² ortalama titreşim değerini de göz önünde

bulundurarak ölçümler sonrası ivmede Y eksenini pozitif yönünde %50,66 iyileşme olduğu, negatif eksenini için ise %42,89 iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 4.47. Y-eksenini ölçüm sonuçları karşılaştırması

Tepe noktalarının ardından presin vuruş anında ki titreşim değerlerini gösteren 10 farklı ölçüm sonucunun ortalaması da alınmıştır. İlk durum için Y eksenini pozitif ekseninde ortalama değer 2,59 m/s², negatif ekseninde ise ortalama değer -2,72 m/s² olarak hesaplanmıştır. İyileştirme çalışmaları sonrası için Y eksenini pozitif ekseninde ortalama değer 1,23 m/s², negatif ekseninde ise ortalama değer -1,37 m/s² olarak hesaplanmıştır. Ortalama titreşim de göz önüne alarak pozitif eksen için %56,9 iyileştirme, negatif ekseninde ise %46,23 iyileştirme hesaplanmıştır.

Ortalama iyileştirme miktarını analiz etmek için kullanılan değerler Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21’de gösterilmiştir.

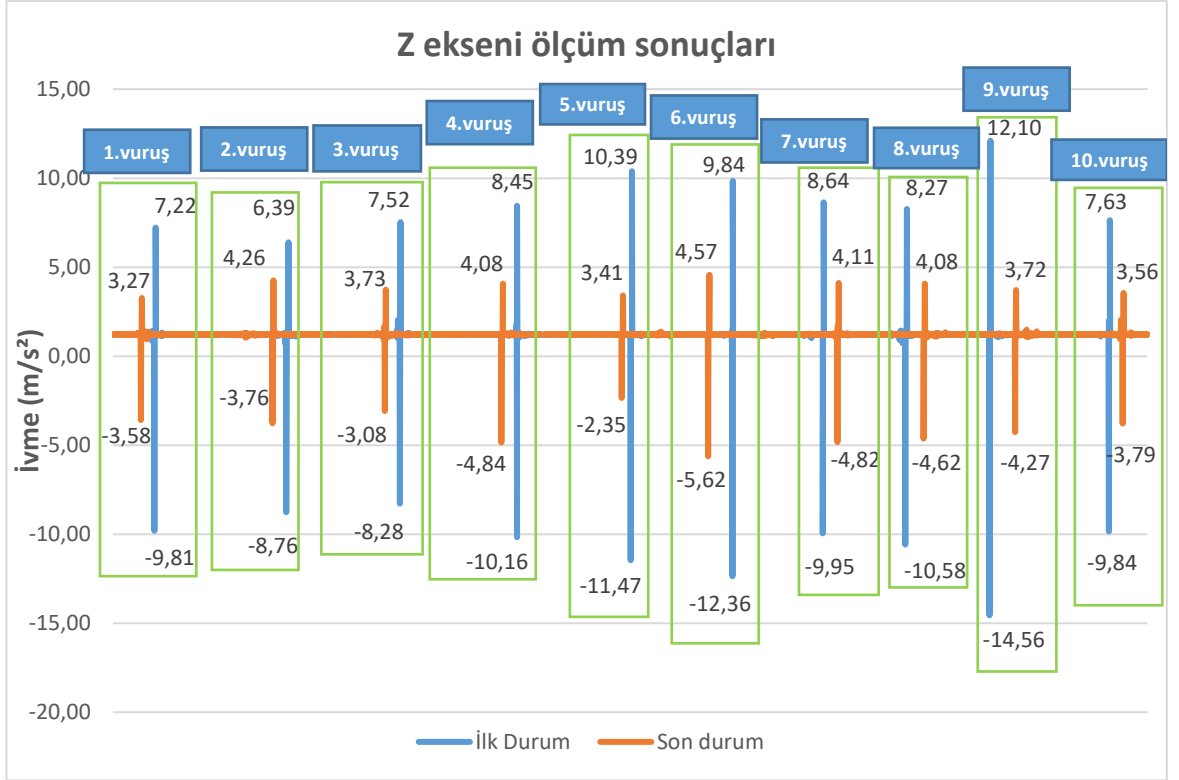
Çizelge 4.20. Y-ekseni pozitif ekseninde seçilen değerler

İlk Durum (m/s²)	Son Durum (m/s²)
2,19	0,78
2,17	1,45
2,05	1,68
2,69	1,44
2,94	1,02
3,09	1,56
2,38	1,28
2,9	1,12
3,2	0,96
2,28	1,06

Çizelge 4.21. Y-ekseni negatif ekseninde seçilen değerler4

İlk Durum (m/s²)	Son Durum (m/s²)
-2,29	-0,66
-2,14	-1,97
-2,1	-1,76
-2,84	-1,56
-3,1	-1,11
-3,23	-1,66
-2,51	-1,49
-2,97	-1,32
-3,6	-0,94
-2,38	-1,27

Şekil 4.48'de Z ekseninin ölçüm değerleri sonuçları verilmiştir. İyileştirme çalışması öncesi Z eksenini pozitif ekseninde ki tepe noktası 12,1 m/s², negatif ekseninde ki tepe noktası ise -14,56 m/s² olarak ölçülmüştür. Yapılan iyileştirme çalışması sonrası pozitif ekseninde ki tepe nokta değeri 4,57 m/s², negatif ekseninde ki tepe nokta değeri ise -5,62 m/s² olarak ölçülmüştür. Z ekseninin sahip olduğu 1,2 m/s² ortalama titreşim değerini de göz önünde bulundurarak ölçümler sonrası ivmede Z eksenini pozitif yönünde %69,08 iyileşme olduğu, negatif eksenini için ise %56,72 iyileşme gözlemlenmiştir.



Şekil 4.48. Z-eksenii ölçüm sonuçları karşılaştırması

Tepe noktalarının ardından presin vuruş anında ki titreşim değerlerini gösteren 10 farklı ölçüm sonucunun ortalaması da alınmıştır. İlk durum için Z eksenii pozitif eksenii ortalama değer 8,65 m/s², negatif eksenii ise ortalama değer -10,58 m/s² olarak hesaplanmıştır. İyileştirme çalışmaları sonrası için Z eksenii pozitif eksenii ortalama değer 3,88 m/s², negatif eksenii ise ortalama değer -4,07 m/s² olarak hesaplanmıştır. Ortalama titreşim de göz önüne alarak pozitif eksenii için %64,02 iyileştirme, negatif eksenii ise %55,26 iyileştirme hesaplanmıştır.

Ortalama iyileştirme miktarını analiz etmek için kullanılan değerler Çizelge 4.22 ve Çizelge 4.23'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.22. Z-ekseni pozitif ekseninde seçilen değerler

İlk Durum (m/s²)	Son Durum (m/s²)
7,22	3,27
6,39	4,26
7,52	3,73
8,45	4,08
10,39	3,41
9,84	4,57
8,64	4,11
8,27	4,08
12,1	3,72
7,63	3,56

Çizelge 4.23. Z-ekseni negatif ekseninde seçilen değerler

İlk Durum (m/s²)	Son Durum (m/s²)
-9,81	-3,58
-8,76	-3,76
-8,28	-3,08
-10,16	-4,84
-11,47	-2,35
-12,36	-5,62
-9,95	-4,82
-10,58	-4,62
-14,56	-4,27
-9,84	-3,79

5. SONUÇ

Sac metal malzemeler hayatımız ve sanayinin birçok farklı alanında değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Metallerin kullanıma uygun hale getirilebilmesi için öncelikli olarak belirli üretim proseslerinden geçirilmeleri gerekmektedir. Metal işleme ve üretim esnasında meydana gelen olumsuz etkilerin en başında da titreşim gelmektedir. Bu sebeple kalıp kaynaklı olan titreşimlerin azaltılması amacıyla, bu tez çalışmasında iki farklı optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon çalışmalarının uygulanmasından önce boş pres ve mevcut durum ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiş bu sayede ortamın bağımsız titreşim değeri ve optimizasyon öncesi değerler elde edilmiştir. Ölçüm çalışmaları sırasında titreşim sensörü kullanılmıştır. İlk olarak kalıp stoperlerinin tamamına gazlı yaylar monte edilmiştir. Gazlı yay sayesinde üst kalıptan gelen kuvveti sönümleyerek titreşim değerleri azaltılmaya çalışılmıştır. Çalışma tamamlanması akabinde tekrardan titreşim sensörü ile ölçümler gerçekleştirilmiş ve titreşim sonuçlarında azalma olduğu saptanmıştır. Gazlı yayların stoperlerden sökülmesi akabinde bir diğer optimizasyon çalışması olarak üst grup kesme çeliğine açılı yüzey işleme veya bir diğer tabirle makaslama yapılmıştır. Bu çalışmada ise kesme kuvvetinin azaltılması amaçlanmıştır. İki çalışma en başta ayrı ayrı yapılmış sonrasında ise birlikte uygulanarak etkilerinin artırılması amaçlanmıştır. Sonuç olarak yapılan bu tez çalışmasında, iki farklı optimizasyon çalışması gerçekleştirilmiştir ve titreşim değerlerinde azalma olduğu gözlenmiştir. Z pozitif ekseninde ortalama olarak %64,02 iyileştirme, Z negatif ekseninde ise ortalama olarak %55,26 iyileşme saptanmıştır. Azalan titreşim değerleri sayesinde parça üzerinde ki çapaklarda azalma , çalışma ortamında oluşan gürültüde azalma, pres makinasının, bağlantı elemanlarının ve kalıbın ömrünün uzaması gibi olumlu etkileri olacaktır.

KAYNAKLAR

AKTÜRK, N., ÜZKURT, İ., & YÜKSEL, Ş. (2000). Titreşim analiziyle rulmanların çalışabilirlik durumlarının belirlenmesi. *Mühendis ve Makina*, 41(481), 28-33.

ALÇELİK, N., & Menderes, K. A. M. (2020). Dönen makinelerde aksel kaçıklık ve dengesizliğin titreşim analizi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(100. Yıl Özel Sayı), 256-269.

Anonim, Titreşim.

<https://tr.wikipedia.org/wiki/Titre%C5%9Fim> (Erişim tarihi: 24.04.2022)

Anonim, YO.

<https://www.viragas.com/yo> (Erişim tarihi: 12.03.2022)

Anonim, 2020. Pres Çeşitleri ve Özellikleri.

<https://mekasisotomasyon.com/pres-cesitleri-pres-ozellikleri/> (Erişim tarihi: 08.01.2022)

Anonim. Eksantrik Pres Teknik Bilgileri.

<http://www.germakmakina.com.tr/Groups/Default.aspx?LanguageID=1&GroupID=3&ContentID=80> (Erişim tarihi: 24.12.2021)

Anonim, 2011. Sac Metal Kalıp ve Mekanizmaları Resmi ,Makine Teknolojisi. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı.

http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Sac%20Metal%20Kal%C4%B1p%20Ve%20Mekanizmalar%20Resmi.pdf (Erişim tarihi: 24.02.2022)

Atak, S. (2021). *Otomotiv endüstrisi sac şekillendirme preslerinde endüstri 4.0 ve kestirimci bakım yöntemleri* (Doctoral dissertation, Bursa Uludağ University (Turkey)).

Ayan, Ö. A. (2019). *Döner makine elemanların titreşim analizi ile kestirimci bakımı* (Master's thesis, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Bahan, D. (2019). *Nonlinear vibration analysis of rotors supported by ball bearings* (Master's thesis, Middle East Technical University).

Bilal, F. , 2014. Titreşim.

https://www.yalitim.net/yayin/488/titresim_14425.html#.Yngjf-hBxPY (Erişim tarihi: 02.05.2022)

Gabriela, R., Popp, M.O., Barsan, A., Oleksik, M. (2018). *Crimping Profile Optimization on the Air Spring Using Finite Element Method*

Durmuş, S. N. (2019). *Vibration analysis of rolling element bearings using parametric modeling* (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

Eke, F. , 2019. Mekanik Pres Nedir, Nasıl Çalışır?

<https://www.muhandisbeyinler.net/mekanik-pres-nedir-nasil-calisir/> (Erişim tarihi: 16.01.2022)

Engür, A. İ. (2007). Kestirimci bakımda titreşim analizi. *Mühendis ve Makine*, 48(570), 27-31.

Erdemir Ürün Kataloğu 2017, 2017.

https://www.erdemir.com.tr/Sites/1/upload/files/Urun_Katalogu-2017-1269.pdf (Erişim tarihi: 23.04.2022)

Groover, M. P. (2020). *Fundamentals of modern manufacturing: materials, processes, and systems*. John Wiley & Sons.

Gülmez, T. (2011). İmal usulleri ders notları. *İstanbul: İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Programı*. <https://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI/ch06-Sac%20PSV.pdf>-(Erişim tarihi: 08.04.2022)

Güneş, A.T. , (2005). “Pres İşleri Tekniği” Bölüm 1. TMMOB Makine Mühendisleri Odası Yayınları.

Hasibuzzaman, M., Shufian, A., Shefa, R. K., Raihan, R., Ghosh, J., & Sarker, A. (2020, June). Vibration Measurement & Analysis Using Arduino Based Accelerometer. In *2020 IEEE Region 10 Symposium (TENSYMP)* (pp. 508-512). IEEE.

KALYONCU, M. (2006). Titreşim analizi ile makina elemanları arızalarının belirlenmesi. *Mühendis ve Makina*, 47(552), 28-35.

Karahan, M. F., & Mehmet, M. (2005). *Titreşim analiziyle makinalarda arıza teşhisi* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa).

Kaymak, M. E. , Kızıltan, O. , Akcaot, M. , Kудay, B. , 2019. Eksantrik Blanking Pres Makinesinde Kalıp Kaynaklı Titreşim Probleminin Giderilmesi ve Parametrelerinin İncelenmesi.

Kıral, Z. MAK 4041 , MEKANİK TİTREŞİMLER DERS NOTLARI. *İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü*. https://mustafaeroglu.sakarya.edu.tr/sites/mustafaeroglu.sakarya.edu.tr/file/Mekanik_Titreşimler_Ders_Notlari_Zeki_Kıral.pdf (Erişim tarihi: 17.02.2022)

- KÖSE, R. K. (1989). Teknolojik Gelişmenin Bakım Planlamasına Katkısı: Bilgisayar yardımıyla kestirimci bakım. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 2(2), 42-51.
- Mohamad, A. M. (2019). Nonlinear Vibration Analysis of Cracks in Aerospace Structures. *Master's Thesis*, K.N. Toosi University of Technology.
- Orhan, S., Arslan, H., & Aktürk, N. (2003). Titreşim analiziyle rulman arızalarının belirlenmesi.
- Özmen, A. , 2015. Fiziksel Parametreler: Gürültü-Titreşim.
- Özkan, A. (2020). *Mekanik pres eksantrik sisteminin dinamik analizler ile optimum tasarımı* (Doctoral dissertation, Necmettin Erbakan University (Turkey)).
- Rao, S. S. (2019). *Vibration of continuous systems*. John Wiley & Sons.
- Rouilloix, G. (2012). Plastics. The future for automakers and chemical companies, <https://www.kenney.com/industry/chemicals/article/-/insights/plastics-the-future-for-automakers-and-chemical-companies>
- Tenali, N., Kumar, B. K., & Kumar, K. C. K. An investigation of Effect of Mould Vibrations on Mechanical and Metallurgical properties of Aluminum 356 Casting. *Methodology*, 230(75), 71.
- Yavuz, C. (2003). Hidrolik ve mekanik preslerin tasarım kriterleri.
- YILDIRIM, E., & KARAHAN, M. F. (2015). TİTREŞİM ANALİZİ İLE RULMANLARDA KESTİRİMCİ BAKIM. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(1), 17-23..
- Yıldız, Y. (2013). Sac Metal Kesme İşleminin Modellenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi, Ankara.
- Yıldız, A. (2013). *Mekanik Preslerde Kullanılmaya Uygun Bir Sürekli Değişken Aktarma Organının Tasarımı ve Analizi* (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Yiğit, C. (2002). *Makinelerde titreşim analizi yöntemiyle uyarıcı bakım* (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi).

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Oğuzhan Gülçay

Doğum Yeri ve Tarihi :

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Şükrü Şankaya Anadolu Lisesi

Lisans : Balıkesir Üniversitesi, Makine Mühendisliği

Yüksek Lisans :

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : ŞAHİNKUL MAKİNA A.Ş. 10.2020-05.2022

MARTUR FOMPAK INT. 05.2022-09.2022

A-PLAS LTD. ŞTİ. 09.2022-...

İletişim (e-posta) :

Yayımları :