OTOMOTİV ENDÜSTİRİSİ SAC ŞEKİLLENDİRME PRESLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0 VE KESTİRİMCİ BAKIM YÖNTEMLERİ

Sadettin ATAK

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMOTİV ENDÜSTİRİSİ SAC ŞEKİLLENDİRME PRESLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0 VE KESTİRİMCİ BAKIM YÖNTEMLERİ

Sadettin ATAK
0000-0003-0520-5710

Prof. Dr. M.İhsan KARAMANGİL
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

ÖZET

Yüksek Lisans

OTOMOTİV ENDÜSTİRİSİ SAC ŞEKİLLENDİRME PRESLERİNDE ENDÜSTRİ 4.0 VE KESTİRİMCİ BAKIM YÖNTEMLERİ

Sadettin ATAK

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. M. İhsan KARAMANGİL

Otomotiv üretim tesislerinde rulo sac bobinlerinin şekillenmesi ile otomotiv üretimi başlar. Rulo saç bobinleri uygun ölçülerde makaslama presleri tarafından kesilir ve derin çekme işlemini yapacak pres hatlarından geçtikten sonra arka kaput, ön kaput, kapı astar/dış yüzey, kasa yanı olarak şekillenir. Şekillenen bu sac presler kaynak hatlarında manuel ve robotik uygulamalar ile birleştirilerek araç kaportasının ortaya çıkma hikayesi başlar. Son halini alan otomobil kaportası, çeşitli kimyasal kaplamalardan sonra fırınlama ve boya kabinlerine girerek montaj hattına gönderilir. Son olarak montaj hatlarında boyalı kasanın üzerine giydirme, lastik, cam, ayna ve birçok ekipman montajı yapılarak otomobil teker üzerinde ilerlemeye hazır hale getirilir. Bu üretim sürecinde ise başlangıç "sac şekillendirme" işlemidir. Bir otomobil fabrikasında bant akışı, önceki modellere ait yedek parça temini, yüksek onarım maliyeti sebebi ile pres hatlarında yaşanabilecek arızalar fabrika verimliliğine ciddi anlamda bir negatif etki olarak yansır.

Bu çalışmada sac şekillendirme presleri ve sac şekillendirme preslerinde yaşanabilecek mekanik arızaların önüne geçmek adına Endüstri 4.0 kapsamında yapılan çevrimiçi kestirimci bakım çalışması ele alınmıştır. Mekanik presler üzerinde belirlenen kritik noktalara sıcaklık ve titreşim sensörü montajı yapılmış ilave olarak pres ana motor akım bilgisini toplamak içinde akım trafosu kullanılmıştır. Montajı yapılan alıcılar kablolu bağlantı yöntemi ile MVX adı verilen kontrol ünitesine bağlanmıştır. Çevrimiçi olarak titreşim, sıcaklık ve akım verileri izlenmiş eşik seviyeleri belirlenmiş ve bu doğrultuda her bir parametre için arıza tespitleri gerçekleştirilmiştir. Tespit edilen arızalı ekipmanlara bakım-onarım çalışmaları yapılmış ve arızalı ekipman görselleri paylaşılmıştır.
Ülkemiz adına "Her fabrika bir kaledir." sözü ışığında fabrikaların verimliliği yükseltecek çalışmalara imza atarak ülke ekonomisine hizmet etmek mühendislerin asli görevidir.

Anahtar Kelimeler: Pres, Kestirimci bakım, Arıza, Endüstri 4.0, Fabrika verimliliği

2021, vii + 64 sayfa.

ABSTRACT

MSc/PhD Thesis

INDUSTRY 4.0 AND PREDICTIVE MAINTENANCE METHODS IN AUTOMOTIVE INDUSTRY SHEETING PRESSES

Sadettin ATAK

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Automotive Engineering

Supervisor: Prof. Dr. M. İhsan KARAMANGİL

Automotive production begins with the shaping of coiled sheet coils in automotive production facilities. Rolled sheet coils are cut by shearing presses in appropriate sizes and after passing through the press lines that will perform the deep drawing process, they are shaped as the rear hood, front hood, door lining/outer surface, case side. The story of the emergence of the vehicle body begins by combining these shaped sheet metal presses with manual and robotic applications on the welding lines. The automobile body, which takes its final form, is sent to the assembly line by entering the firing and paint booths after various chemical coatings. Finally, cladding, tires, glass, mirrors and many equipment are mounted on the painted chassis on the assembly lines, and the car is made ready to move on the wheel. In this production process, the initial "sheet metal forming" process. Failures that may occur in the press lines due to tape flow, spare parts for previous models, and high repair costs in an automobile factory have a serious negative impact on factory productivity.

In summary, in this thesis, predictive maintenance activities carried out within the scope of Industry 4.0 will be mentioned in order to prevent mechanical failures that may occur in sheet metal forming presses. By using today's developing technologies and appropriate sensors, "current, temperature, vibration" parameters, trend tracking and analysis and the stages of fault detection will be examined.

Key words: Press, Predictive maintenance, Breakdown, Industry 4.0, Factory efficiency

2021, vii + 64 pages.

TEŞEKKÜR

Tez çalışması boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve bilimsel deneyimlerini paylaşarak tez çalışmamda bana yol gösteren sayın danışman hocam Prof. Dr. M. İhsan KARAMANGİL' e teşekkürlerimi sunarım.

Profesyonel iş hayatım boyunca yüksek lisans çalışmasına başlamam konusunda beni cesaretlendiren sayın yöneticim Ulaş ÖZALP' e ve bu süreç boyunca bana gerekli desteği veren sayın amirlerim Akın ERDAL' a ve Korhan ŞİMŞEK' e teşekkür ederim.

Eğitim öğretim hayatım boyunca her türlü imkânı bana sağlayan, başaracağımdan asla şüphe etmeyen, her koşulda yanımda olan sevgili anneme ve babama minnet dolu şükranlarımı sunarım.

Sadettin ATAK
15/08/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....i
ABSTRACT.....ii
TEŞEKKÜR.....iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....ix
1. GİRİŞ.....1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....3
2.1 Otomobil ve Sac Şekillendirme.....3
2.2 Sac Şekillendirme Prosesleri.....3
2.2.1 Sac kesme işlemi.....4
2.2.2 Sac Bükme İşlemi.....8
2.3 Derin Çekme.....12
2.4 Mekanik Presler ve Sac Şekillendirme.....13
2.4.1 Pres elemanları ve fonksiyonları.....16
2.5 Otomotiv Endüstrisindeki Sac İşleme Preslerinde Uygulanan Bakım Yöntemleri.....18
2.5.1 Mekanik sac işleme preslerinde plansız bakım.....19
2.5.2 Mekanik Sac İşleme Preslerinde Planlı Bakım.....20
2.6 Mekanik Sac İşleme Preslerinde Manual Ölçüm Temelli Kestirimci Bakım.....22
2.6.1 Termal kamera ile sıcaklık ölçümü.....23
2.6.2 Yağ parçacık analizi.....24
2.6.3 Tireşim analizi.....24
2.6.4 Çevrimiçi veri takibi ile mekanik sac işleme preslerinde kestirimci bakım.....37
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....38
3.1 ASH 205T Akselerometre ve Sıcaklık Ölçer.....41
3.2 Takometre.....42
3.3 Akım trafosu.....43
3.4 MVX Kontrol Ünitesi.....45
3.5 NEST Durum İzleme Programı.....46
3.5 XPR Analiz programı.....47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....48
5. SONUÇ.....54
KAYNAKLAR.....57
EKLER.....60
ÖZGEÇMİŞ.....65

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
A_b	Sac bükme (eğme) toleransı
c	Sac kesme boşluğu (mm)
Ac	Müsaade edilebilecek sac kesme boşluk katsayısı
t	Kesme esnasında sac kalınlığı (mm)
D_h	Derin çekme zımba boyutu (mm)
D_b	Derin çekme kalıp boyutu (mm)
F	Kalıp baskı kuvveti (Newton)
L	Kesilen sacın uzunluğu (mm)
S	Sacın kesilme direnci (kg/mm^2)
T	Kesme direnci (kg/mm^2)
π	Pi sabiti 3,14
σ	Akma dayanımı
K_{ba}	Gerdirme tahmin faktörü
R	Yarıçap (mm)
α	Sac eğim tamamlama açısı
α'	Bükme açısı (derece)
SB	Geri yaylanma faktörü
α'_t	Bükme sonrası esneme açısı (derece)
$\sigma_ç$	Çekme dayanımı
K_{bf}	Bükme faktörü
F_h	Sac tutucu direnç kuvveti (Newton)
V	Hız birimi (mm/sn)
a	İvme (mm/sn^2)
a	Rulman bilya temas açısı (derece)
R_p	Derin çekme zımba temas açısı (derece)
R_d	Derin çekme kalıp temas açısı (derece)
$g's$	İvme birimi
$-T_p$	Titreşim genlik eksi tepe
$+T_p$	Titreşim genlik artı tepe
F_h	Sac bağlantı kuvveti (Newton)
°C	Santigrat sıcaklık birimi
kW	Kilowatt güç birimi

Kısaltmalar	Açıklama
3E	Emniyetli, ergonomik, ekonomik
AÖN	Alt ölü nokta
BPFI	Rulman iç bilezik bilya geçiş frekansı (Hertz)
BFPO	Rulman dış bilezik bilya geçiş frekansı (Hertz)
BSF	Bilya dönüş frekansı (Hertz)
CPM	Dakikadaki dönüş frekansı
FFT	Fast fourier transform
FTF	Rulman temel arıza frekansı (Hertz)
Hz	Frekans (Hertz)
ISO	Uluslararası standartlar organizasyonu
KKD	Kişisel koruyucu donanım
MVX	Kontrol ünitesi
NEST	Uyarı izleme programı
RPM	Devir/dakika
RMS	Titreşim genlik karekök ortalaması
ÜÖN	Üst ölü nokta
XPR	Veri analiz programı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 Sac şekillendirme işlemleri 4
Şekil 2.2 Sac kesme işlemi 5
Şekil 2.3 Sac Kesme İşlemi 6
Şekil 2.4 Sac kesme çeşitleri 8
Şekil 2.5 V bükme işlemi şematiği 9
Şekil 2.6 Sac bükme işlemi çeşitli gösterimleri 10
Şekil 2.7 V Bükme işlemi geri yaylanma 11
Şekil 2.8 Kenar kıvırma şematik gösterimi 12
Şekil 2.9 Silindirik derin çekme işlemi 13
Şekil 2.10 Mekanik sac şekillendirme presi şematik gösterimi 14
Şekil 2.11 Mekanik sac şekillendirme presi (çift etkili) şematik gösterimi 15
Şekil 2.12 Pres 31 ana motor ve aktarma organları 16
Şekil 2.13 Önleyici bakım sonrası iyileştirme fişi 21
Şekil 2.14 Motor-pompa gruplarından alınan termal ölçüm örneği 23
Şekil 2.15 Sinusal tireşim eğrisi 25
Şekil 2.16 Titreşim genlik gösterimi 26
Şekil 2.17 Frekans ekseninde titreşim ile arıza tespit genlik doğrulanması 27
Şekil 2.18 Titreşim genlik grafiğinin spektrum grafiğine dönüşümü 27
Şekil 2.19 Titreşim ölçüm yönlerinin gösterimi 29
Şekil 2.20 Dengesizlik spektrum grafiği örneği 30
Şekil 2.21 Eksen kaçıklığı çeşitleri 31
Şekil 2.22 Eksen kaçıklığı spektrum grafiği örneği 32
Şekil 2. 23 Gevşeklik spektrum ve genlik grafiği 33
Şekil 2. 24 Rulman montajında kullanılan ekipmanlar 34
Şekil 2.25 Rulman arıza frekans hesaplanması 35
Şekil 2. 26 Arızalı iç bilezik zaman dalga form grafiği 36
Şekil 3.1 Pres üzerine montajı yapılan A205T numaralandırılması ve montaj noktalarının rulman referansının belirtildiği şematik gösterim 39
Şekil 3.2 Kayış-kasnak mekanizması ve çavuş dişli 3D çizimi 40
Şekil 3.3 Mevcut pres hatları ve pres isimleri 41
Şekil 3.4 Titreşim sensör yüzey montaj resmi 42
Şekil 3.5 Takometre teknik resmi ve montajı 43
Şekil 3.6 Akım traforsu teknik resmi 44
Şekil 3.7 Akım trafosu faz çıkışları montaj görseli 44
Şekil 3.8 MVX kontrol ünitesi 45
Şekil 3.9 MVX kontrol ünitesi kabin içi bağlantısı 45
Şekil 3.10 NEST program ara yüzünde 31 numaralı pres ve sensör görselleri 46
Şekil 3.11 XPR programında analiz ara yüzü 47
Şekil 4.1 Pres 31-4 numaralı sensörden gelen titreşim trend grafiği 48
Şekil 4.2 Pres 31-4 numaralı sensör spektrum grafiği 49
Şekil 4.3 Bakım yapılan 4 numaralı yatak rulmanı ve kasnak grubu 49
Şekil 4.4 P31 Ana motorun çekmiş olduğu akım trend grafiği 50
Şekil 4.5 XPR programı pres31 ana ekranı 51
Şekil 4.6 Ana motor 3 numaralı yatak cıvata problemi 52
Şekil 4.7 6 Numaralı yatak sıcaklık trendi 53
Şekil 4.8 6 Numaralı yatak rulman görseli 53

Şekil 5.1 Pres31 pres motor etiketi 55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Dayanım tipine göre müsaade edilen boşluk değerleri 5
Çizelge 2.2 Malzeme cinsine kesme direnci ve çekme dayanımlarına göre kesme direnci 7
Çizelge 2.3 Otomotiv sanayisinde bakım yöntemleri 19
Çizelge 2.4 Koruyucu bakım föy örneği 20
Çizelge 2.5 ISO 10-816-3 titreşim eşik değerleri 36
Çizelge 3.1 Mevcut ve çevrimiçi veri takibi ile yapılan kestirimci bakım avantaj tablosu 38
Çizelge 3.2 Proje için kullanılan ekipman listesi 39
Çizelge 5.1 Engellenen duruşlar sonucu elde edilen kazanç tablosu 56

1. GİRİŞ

Otomotiv, icat edildiği günden bu yana insanoğlu için oldukça önemli bir konfor ve iş kolaylığı sağlamıştır. Her geçen gün teknolojik gelişmeler, otomotiv sektöründeki rekabet ve sürekli değişim gösteren müşteri beklentileri otomotiv üretimde olan proses üzerindeki gelişmelerde de büyük rol oynamıştır. Bu proses gelişimlerinin sanayi ve mühendislikteki karşılığı "3E" kuralıdır. Üretim yapan şirketler her zaman daha "Ekonomik, Ergonomik ve Emniyetli" araçlar üretip müşteri taleplerini optimum seviyede karşılamak ve piyasa değerlerini korumak ve arttırmak istemişlerdir. Bunu yapan markalar günümüzde hala ayaktayken birçok marka da endüstriyel değişime ayak uyduramayıp yok olmuşlardır. "LADA" bunun bir örneğidir. Bu tezde, gelişen "Endüstri 4.0" teknolojileri kullanılarak otomotiv üretim sürecinde mekanik sac işleme preslerinde uygulanan çevrimiçi veri izleme metodu ile gerçekleştirilen "Kestirimci Bakım" çalışmaları detaylı irdelenmiştir. Kullanılan veri akışı sonucunda tespit edilen anormallikler analiz edilerek kök neden ve üretim kazancı yansıtılmıştır. Günümüz ekonomisinde, plansız duruşların ciddi bir maliyet olduğunu da göz önünde bulundurursak uygun zamanda en iyi kalitede en fazla üretimi sağlamak otomotivin üretim maliyetlerini 1. dereceden etkilediği açıktır. Otomotivin üretim maliyetleri ise müşteriye çıkan satış fiyatını belirler. Böylelikle tüketiciye optimum satış imkanlarını sunmak, satış pazarındaki payını belirlemek ilk başta üretim verimliliğinden geçer.

Yapılan literatür araştırmalarında ve sanayi seri hayatında yapılan kestirimci bakım yöntemleri insana dayalı başka bir deyiş ile iş gücü barındıran çalışmalardır. Bir ölçüm cihazı ile bir sorumlunun belirli periyotlarda kritik olarak değerlendirilen ekipmanlardan ölçüm alması sonucunda kestirimci bakım faaliyetleri yönetilmektedir. Bu hali ile yapılan kestirimci bakım aktivitelerinin birden fazla dezavantajı olacaktır.

Bu dezavantajlar başlıca:

- İş gücüne ihtiyaç olması
- Bireyin teknik yetkinliği için harcanılan zaman ve eğitim masrafları
- Yetkinliğin arttırılması ve genişletilmesinin zorluğu
- Her bir parametre ölçümü için farklı cihaz gerekli olması

- Ölçüm cihazlarının bakım-onarım maliyeti
- Ölçüm periyotlarının uzun olması durumunda bozulmaların önceden tespitinin gerçekleşmemesi olarak sayılabilir.

Ancak otomotivin üretim başlangıcı olan "Mekanik sac şekillendirme presleri" gibi kritik onarım maliyeti yüksek, ulaşım ve müdahale açısından ergonomik olmayan kritik makinelerde belirlenen kritik noktalara yerleştirilen titreşim sensörleri, akım trafosu ve sıcaklık sensörleri ile veri transferi yapılmasının ve bu verilerin belirlenen eşik değerlerinin üstünde olması halinde anlık uyarı mesajının alınması çok ciddi kazanımlar sağlayacaktır.

Bu çalışmada otomotiv üretim tesislerinde sac şekillendirme yöntemleri, mekanik presler, temel bakım anlayışı, bakım alt dalları, bakım sisteminde kestirimci bakım uygulama yöntemleri ve üretim verimliliğine olan etkisi irdelenmiştir. Kullanılan sensör bilgileri, ölçüm aralığı, kablo bağlantıları, presler üzerinde hangi noktalara neden ve nasıl montajı yapıldığı, donanımsal olarak kullanılan diğer ekipmanlara yönelik bilgilendirilme bu tez çalışmasında bahsedilmiştir. Yapılan çalışmanın amacı sensörlerden gelen veriler NEST ve XPR300 yazılımı kullanılarak yapılan trend takibi, spektrum, dalga form grafiklerini kullanılarak arıza öncesi bir uyarı almak ve planlı duruşlarda bakım müdahalesi gerçekleştirilerek preslerin imalat verimliliğinde artış sağlayarak, üretim ve onarım maliyetlerini azaltmaktır. Bu çalışma mevcutta yapılan ve iş gücüne dayalı kestirimci bakım yöntemlerinden farklı olarak çevrimiçi olması, sürekli veri akışının sağlanması ve eşik seviyelerinin üzerinde otomatik mesaj vermesi neticesinde elde edilebilecek üretim kazançları incelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

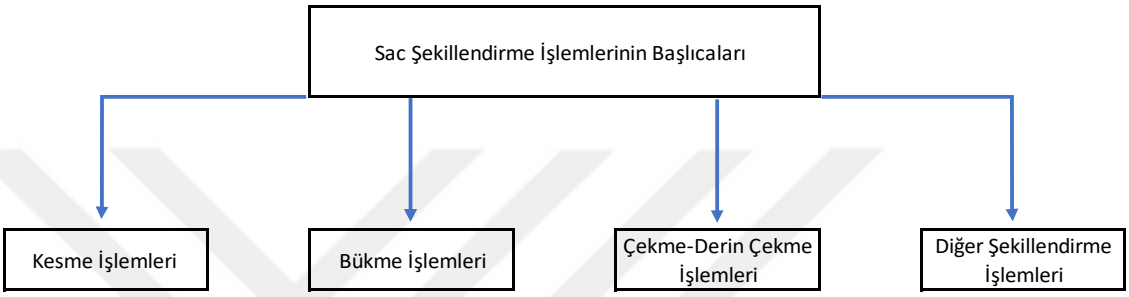
2.1 Otomobil ve Sac Şekillendirme

19. yüzyıldan bugüne endüstri devrimi, buharlı makinelerin icadı ve sonrasında otomobil üzerinde birçok teknolojik gelişim gerçekleşmiştir. Günümüzde oluşan otomobil için 100.000 üzerinde patent olduğu bilinmektedir. Otomobilin ilk icat yıllarından günümüze değişmeyen yegâne ürünü "çelik saclar" olmuştur. Özellikle 1920'li yıllarda ortaya çıkan tek karoseri otomobiller ile beraber çelik kullanımı oldukça artmış ve çelik şekillendirme işlemi artan müşteri talepleri doğrultusunda tasarımsal olarak oldukça önem kazanmıştır. İlk tamamı çelik karoseri otomobil 1930'lu yıllarda Fransızlar tarafından imalatı gerçekleşir ve Paris'te otomobil fuarında sergilenir. Otomobilin ilk yıllarında Fransa sektörde öncü olarak görünmektedir. Karoseride yaşanılan bu gelişmeler, artan müşteri siparişleri imalatı artıracak yöntemleri geliştirmiştir. Sac işleme preslerinin otomotivdeki yeri de tam olarak bu noktada önem kazanmıştır. Amerika'da Henry Ford tarafından hayata geçirilen seri bant tipi üretim felsefesi, Fransızların hâkim olduğu otomotiv piyasasını Amerikan pazarına doğru büyük bir ivme ile kaydırmıştır. Sac şekillendirme işlemleri artan piyasa rekabeti, tam karoseri sonrasında tasarımsal değişimlerin müşteri için oldukça önemli bir değer kazanması da çelik sacların şekillendirilmesinin ne kadar önemli bir parametre olduğunun bir göstergesi olmuştur. 20. Yüzyılda, metallere şekil verme yöntemleri de hızlı üretim mantığı karşısında otomotiv üretim fabrikalarında oldukça önem kazanmıştır. Çelik sacları, hızlı presleme tekniğinde düşük maliyetli olarak ve birçok değişik formlarda biçimlendirmek, bu plastik deformasyon işlemlerinin yaygınlaşmasını aynı zamanda gelişmesini sağlamıştır.

2.2 Sac Şekillendirme Prosesleri

Saclar genel olarak haddeleme yöntemi ile üretimi gerçekleşir. Bir çelik plakanın sac formunu alması için 0.4 mm ile 6,5 mm arasında haddelenmesi gerekir. 6,5 mm ve daha kalın haddelenmiş çeliklere sanayide seri hayatta "plaka" adı verilir. Haddeleme işleminden sonra saclar presleme işlemi öncesinde dairesel rulolar halinde piyasada satışa sunulur. İmalat tesislerinde ilk olarak kesme preslerinde uygun ölçülerde kesilen saclar derin çekme preslerine transferi yapılır. Genel olarak saclar bir baskı kuvveti altında bu

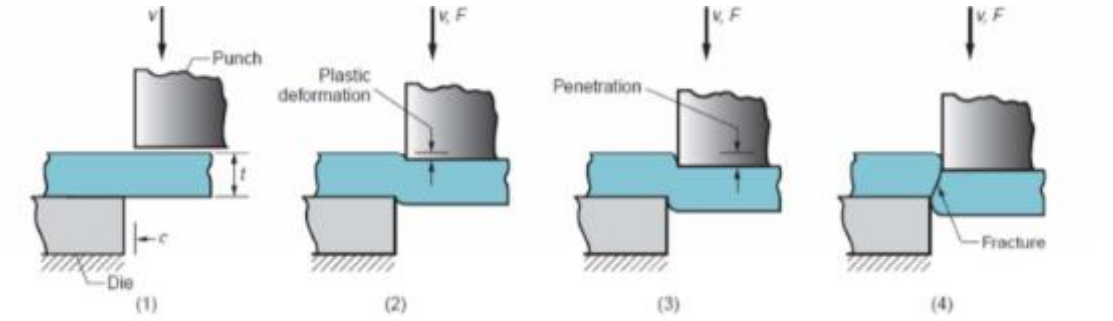
değişimlere maruz kalırlar. Sanayi devrimi öncesinde el sanatları altıda değerlendirebilecek bir konu olan çelik sac şekillendirme işlemi, bugün ise hidrolik veya mekanik preslerde tasarlanıp üretilmektedir. Sac şekillendirme imalatında kalıplar yaygın olarak iki kısımdan meydana gelir. İlk kalıp genellikle yüzeyden çıkıntı yapan bir şekillendirme alanına sahiptir ve zımba (punch) adını alır. İkinci kalıp yüzeye girintili bir şekillendirme alanına sahiptir ve yalnızca kalıp (die) diye adlandırılmaktadır. Seri hayatta zımba erkek kalıp, hareketsiz olan kalıp ise dişi kalıp olarak adlandırılır.



Şekil 2.1 Sac şekillendirme işlemleri

2.2.1 Sac kesme işlemi

Çelik sacı keserek şekillendirme işlemine makaslama da denmektedir. Makaslama hareketi Şekil 2.2' de şematik olarak gösterildiği gibi doğrusal harekete sahip kesici zımba tutucu ve sabit olan dişi kalıba doğrusal yönde ilerleyerek dört ana aşamadan gerçekleşmektedir. İlk aşama olarak hareketli kalıp makaslama yapılacak alın yüzeyine doğrusal baskı kuvveti oluştur ve bu baskı kuvveti ile beraber sacın makaslama alın yüzeyinde plastik şekil değiştirme başlamamaktadır. Zımba yani hareketli kalıp aşağıya doğrusal yönde yer değiştirmesine devam eder ve çelik sacın içine nüfuz ederek metali iki ayrı parça olacak şekilde birbirinden ayırır. Hareketli kalıbın çelik saca nüfuz ettiği kalınlık genel olarak çeliğin kalınlığının 0,33 katıdır. Çelik sacdan makaslama yöntemi ile şekillendirilmesi olayına kesme denir bu işlem sırasında önemli bir parametre ise kesme boşluğudur. Eğer dişi ve erkek matrisler arasındaki kesme boşluğu yeterliyse, iki uyumlu yüzeyde tomografik çizgiler oluşacak ve temiz bir kesim elde edilecektir.



Şekil 2.2 Sac kesme işlemi (Groover 2010)

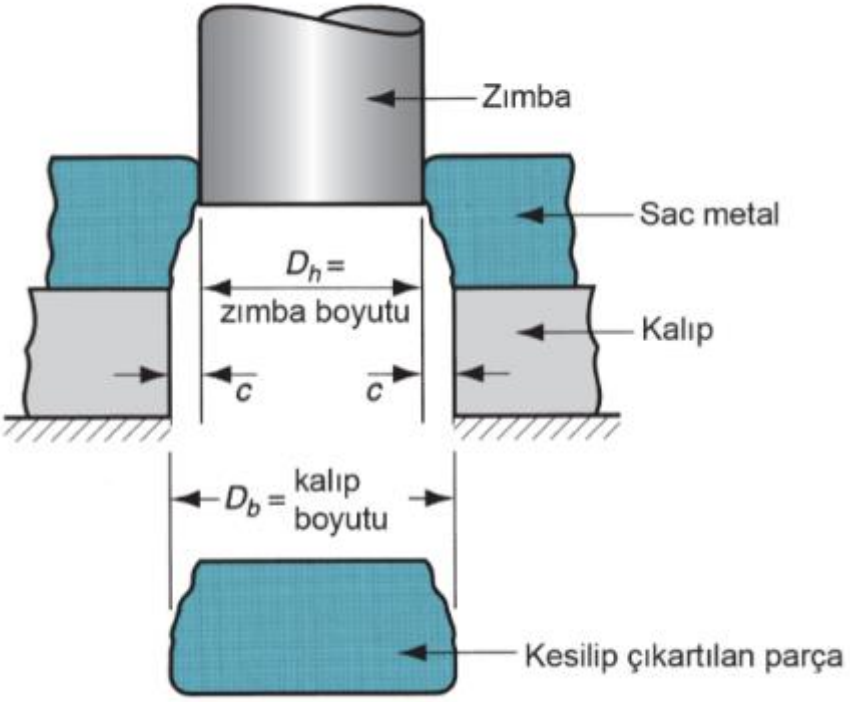
Makaslama sırasındaki oluşan kesme boşluğu c; Şekil2.2'de gösterildiği gibi erkek ve dişi iki kalıp arasındaki uzaklıktır. Kesme boşluğu toleransları uygun değil ise hatalı ürün üretimi gerçekleşir ve bu kalite problemi anlamına gelmektedir. Kesme boşluğu istenilen toleranstan küçük bir değere sahip ise makaslama alın yüzeyinde kırılma çizgileri meydana gelir. O halde iki tarafı parlak alın yüzeyi belirir ve fazla kesme direncine sebebiyet verir. Aksi durumda boşluk toleranstan çok büyük bir değere sahip ise; çelik sac, plastik deformasyon kenarlarında sıkışır ve üretim kaybı sağlayacak fazla çapağı oluşturur. Optimum boşluk sacın türüne göre değişkenlik gösterir. Bilimsel olarak önerilen kesme boşluğu hesabı aşağıdaki denklem kullanılarak bulunur.

$$c = A_c . t \tag{2.1}$$

Eşitlikteki c birim olarak mm alınır kesme boşluğunu ifade eder, A_c ise kullanılmak istenilen sacın türüne bağlı olarak değişkenlik gösteren boşluk katsayısı, t ise sac kalınlığıdır ve mm birimindedir. İzin verilen kesme boşluğu materyal türüne bağlıdır. Düşük, orta ve yüksek dayanımlı materyaller için sırası ile 0,045- 0,060- 0,075 değeri denklemde hesaba katılır.

Çizelge 2.1 Dayanım tipine göre müsaade edilen boşluk değerleri (Groover 2010)

Metal Group	A_c
1100S and 5052S aluminum alloys, all tempers	0.045
2024ST and 6061ST aluminum alloys; brass, all tempers; soft cold-rolled steel, soft stainless steel	0.060
Cold-rolled steel, half hard; stainless steel, half-hard and full-hard	0.075



Şekil 2.3 Sac Kesme İşlemi (Groover 2010)

Bu proseste bir başka önemli değişken ise kesme kuvvetidir. Zımbanın dişi kalıp ile öpüşme anında kesilen sacın kesildiği malzemeden ayrılmasına zıt olarak göstermiş direnç kuvvetlerinin tamamına kesme kuvveti adı verilir. Kesme işleminin yapılabilmesi uygun olarak gerçekleşmesi için kesme kuvvetinin hesaplanması gerekmektedir. Sac metal kesme işlemlerinde kuvvet aşağıdaki bağıntı kullanılarak bulunur.

$$F = S.t.L \qquad \text{(Örs ve ark. 2018) (2.2)}$$

Burada, t: sac metal kalınlığı(mm), L: kesilen uzunluk çevresi (mm), S: sacın kesilme direnci(kg/mm^2)

Çizelge 2.2 Malzeme cinsine kesme direnci ve çekme dayanımlarına göre kesme direnci (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 tavlanmış	25-30
soğuk haddelenmiş	30
%0,2C Çelikler tavlanmış	30
soğuk haddelenmiş	35-40
%0,3C Çelikler tavlanmış	35
soğuk haddelenmiş	45-50
Paslanmaz çelikler	40
silisyumlu çelikler	45

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	$17,3+0,230\sigma_z$

Yukarıda da belirtildiği gibi düzgün doğrusal tabaka halindeki yarı ürün sac plakaların üretim hattı boyunca belirlenen bir alın yüzeyinin ana plakadan ayrılmasına makaslama veya kesme, bunu gerçekleştiren kalıplara da makaslama kalıpları denilir. Kesme işlemini yapan preslere de kesme veya makaslama presi denir. Çeşitli şekiller için çeşitli yöntemler ile gerçekleştirilmektedir.

Sac kesme işlemleri temel olarak sacların istenilen formda işlem parçasından ayrılmasını sağlamak için uygulanır. Sac kesme işlemleri başlıca aşağıdaki gibi sıralanabilir.

a. Parça kesme: Arzulanan parça yüzeyini kapalı bir eksende kesme işlemidir.

b. Düz kesme: Arzulanan parça yüzeyini açık olan bir doğru ekseninde kesme işlemidir.

c. Yarma: Sac plaka yüzeyinden çentik ayrılmasına.

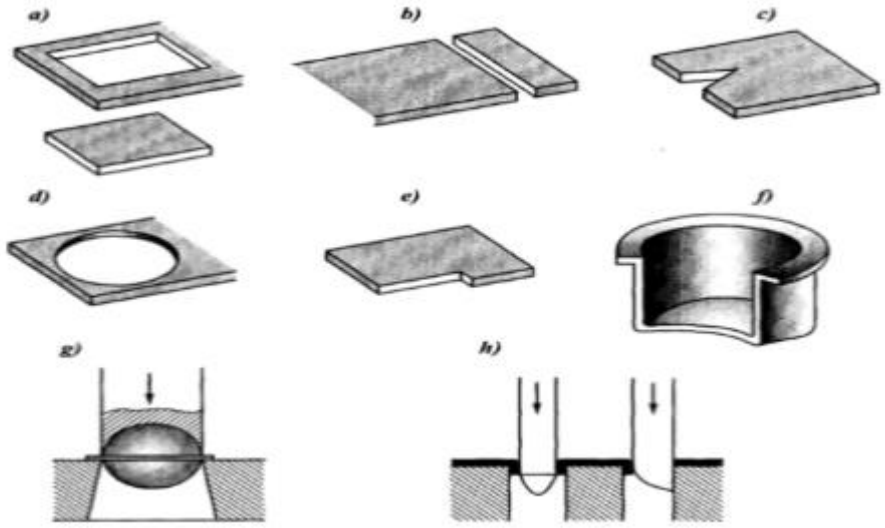
d. Delik kesme: Sac plaka üzerinden dairesel parça kesme işlemidir.

e. Son kesme: Sac plaka yüzeyine zımbanın iki yönde kesme işlemi yapmasıdır. Daha keskin ve düzgün kesme kenarları oluşur.

f. Fark kesme: Bükme ve çelme işlemleri sonrası yüzeyde arzulanan şekilden fazla kalan sacı kesme işlemidir.

g. Çapak kesme: Döküm ve derin çekme sonucu meydana gelen çapağın yüzeyden kesilmedir.

h. Kakma: Düşük hızda yüksek kuvvette plaka üzerinde yırtma işlemidir.

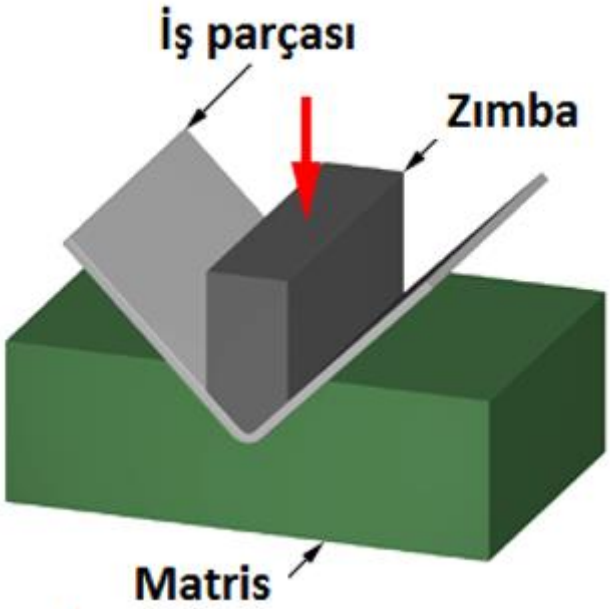


Şekil 2.4 Sac kesme çeşitleri (Yağır 2015)

2.2.2 Sac Bükme İşlemi

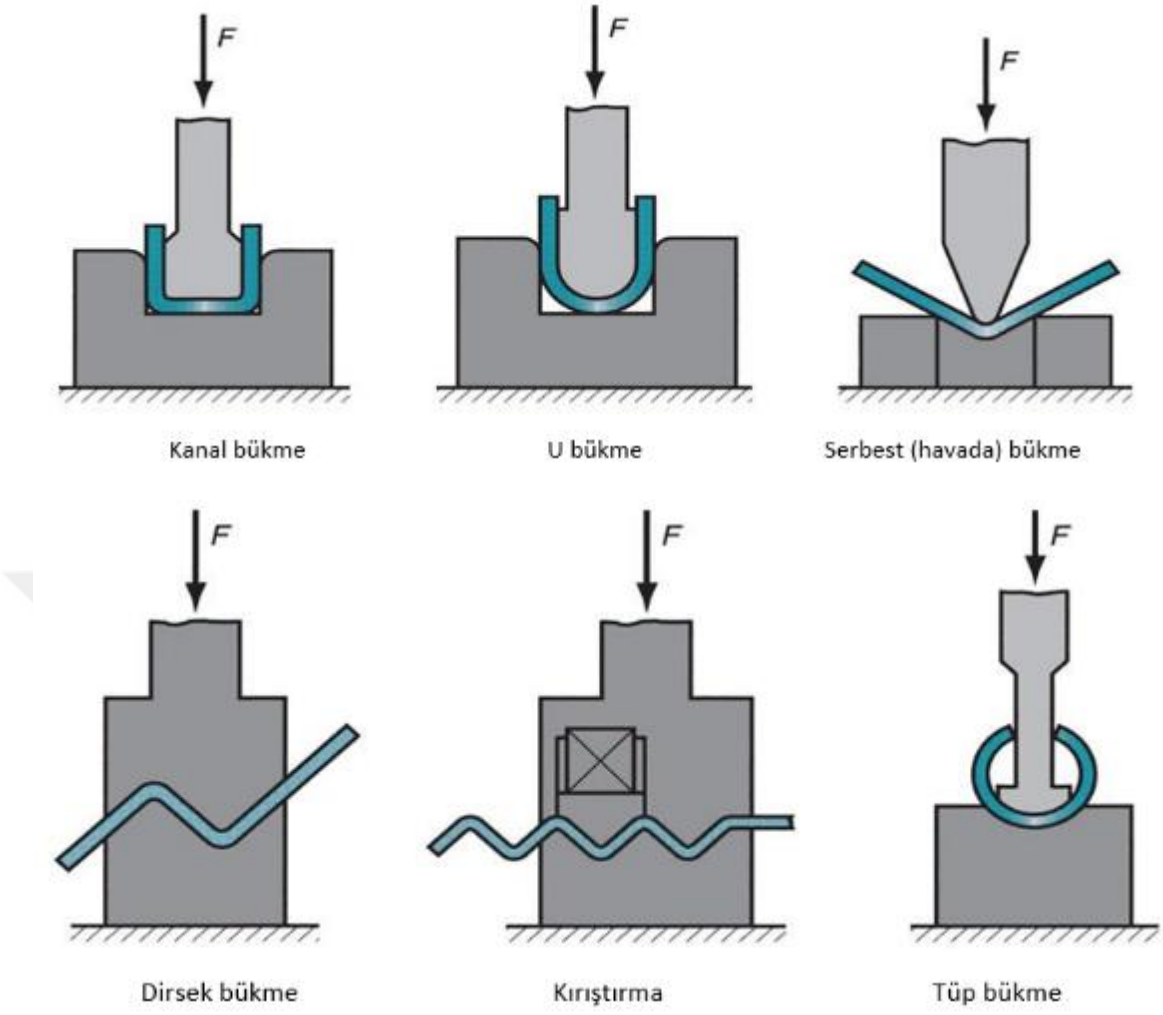
Bağımsız bir eksen etrafında bükülen sac parçanın uygulanan kuvvet karşılığında çekme ve basma gerilmelerine maruz kalarak şekillendirilmesi işlemine denir. Metalik sac plastik deformasyona uğrayarak kalıcı olarak şekil değiştirir. Baskı kuvveti etkisini yitirdikten sonra plastik şekil değişiminin elastik olan yüzeyi esneyip, geri yaylanmaya neden olur. Özellikle plastik deformasyon bölgesinde yüzeyde sac kalınlığında bir

incelme olur. Bükme yapabilmek için kullanılan en yaygın iki metot; V bükme ve kenar bükmedir. Kenar bükme işlemine sanayide kıvırma olarak da adlandırılmaktadır.



Şekil 2.5 V bükme işlemi şematiği

Genellikle abkant olarak adlandırılan makinelerde gerçekleştirilen V bükme yöntemi ile geniş açılı şekil değişikliği elde edilebilir. Bu işlemde kuvvet uygulayarak sac parça sabitlenir ve zımba iş parçasını kalıp yönünde bir kuvvet uygulamak suretiyle eğer. İsim olarak "V" Bükme olarak adlandırılsa da bu bükme yöntemi ile sac birden fazla form için plastik deformasyona uğrayabilir. Özellikle sac üzerinde tekrar eden simetrik bükme işlemleri gerekli kalıp (matris) ve zımba tasarımlarının yapılması sonucunda tek bir pres işlemi ile plastik şekillendirme yapılarak gerçekleşebilir. Bu tekrar eden presleme işleminden yani zamandan doğrudan bir başka tabirle maliyetten ciddi bir kazanım sağlar.



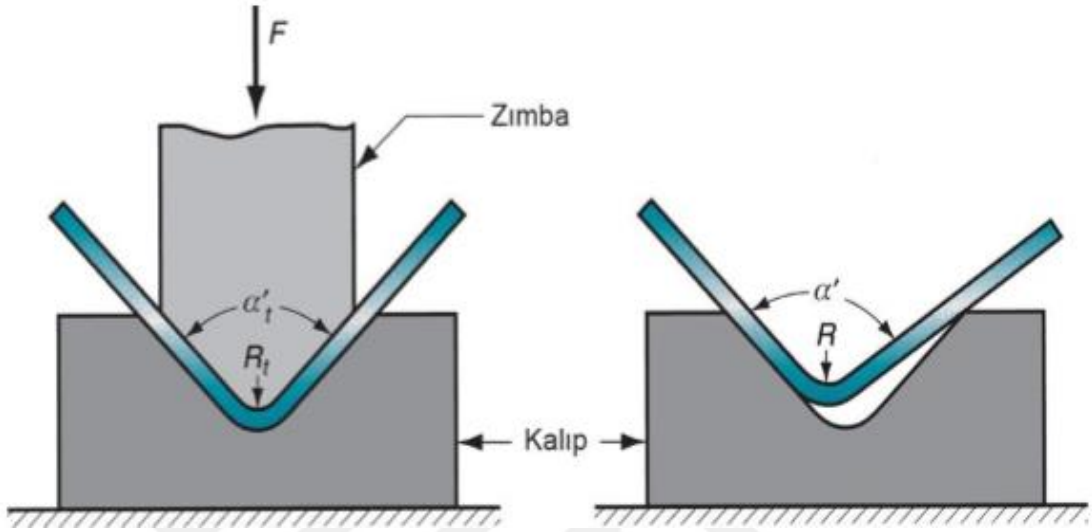
Şekil 2.6 Sac bükme işlemi çeşitli gösterimleri (Groover 2010)

Bu sac şekillendirme işleminde eğme (bükme) yarıçapı (R) sac kalınlığından daha ufak ise, plastik deformasyon sırasında sac uzama isteğindedir. Bükmeye maruz kalan son yüzeyin gerdirme öncesinde bağımsız eksen boyuna karşılık gelen ve eğme toleransı olarak isimlendirilen değer bükme işleminde önemli bir değişken olup;

$A_b = 2\pi \frac{\alpha}{360}(R + K_{ba}t)$ denklemi ile elde edilir. (Örs ve ark. 2018) (2.3)

Bu denklemde; α= 180°- α' eğme açısını (α') 180°'ye tamamlayan açı değeri ve K_{ba} ise gerdirme tahmin faktörü olup eğme yarıçapının sac kalınlığına göre küçük olduğu durumlarda; 2 $R<2t$ ise 0,33 ve $R>2t$ ise 0,50 değerleri kullanılmalıdır.

Plastik deformasyondan sonra erkek kalıp, dişi kalıptan ayrıldıktan hemen sonra şekil değiştiren sacın yüzeyinde kalan elastik enerji direnç kuvveti göstererek parçayı orijinal formuna döndürmeye zorlar. Parçadaki kesitin ince ve zayıf olması sebebi ile önemli olan bu durum geri yaylanma etkisi olarak isimlendirilir.



Şekil 2.7 V Bükme işlemi geri yaylanma (Groover 2010)

Geri yaylanma;

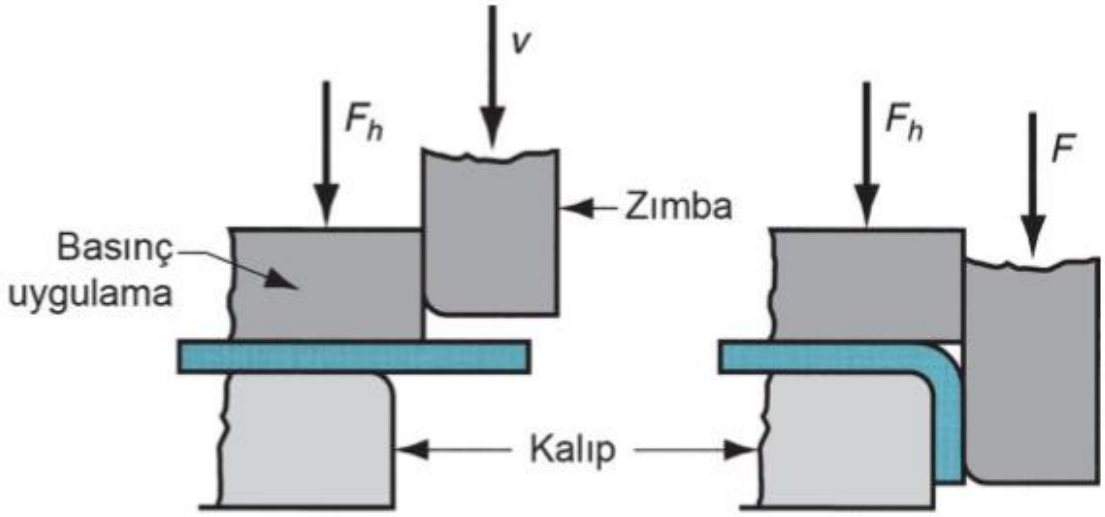
$$SB=\frac{\alpha\prime-\alpha\prime_t}{\alpha\prime_t} \quad \text{(Örs ve ark. 2018)} \quad (2.4)$$

Bükme işleminin verimli biçimde gerçekleşebilmesi için ihtiyaç duyulan kuvvet; dişi ve erkek kalıbın şekline, sacın dayanımı, et kalınlığına ve enine bağlı olup maksimum kuvvet;

$$F=\frac{\sigma_ç K_{bf}}{D} wt^2 \quad \text{(Örs ve ark. 2018)} \quad (2.5)$$

İfadesi ile hesaplanır. Burada; Sacın çekme dayanımı $\sigma_ç$, w sac genişliği (mm), t et kalınlığı (mm), D kalıp açıklık boyutu (mm) ve K_{bf} ise bükme işlem faktörüdür. Bu faktör bükmenin cinsine bağlı olarak değişmektedir. V bükme işleminde bu değer 1,33 alınırken kenar bükme işleminde 0,33 değeri kullanılmalıdır.

Kenar bükme ile gerçekleştirilen şekil değiştirme işleminde plaka üzerine kuvvet uygulayarak metal sacı dişi kalıba sabitlenmesi gerekmektedir. Sabitlenen iş parçası üzerine erkek kalıp parçayı kalıp yan yüzeyindeki alına doğru eğmeye başlar. Maksimum oluşabilecek eğme açı değeri 90^{o}dir. Eğer daha yüksek açılı eğme hedefleniyor ise bunun için silme adı verilen kompleks ve oldukça pahalı kalıplar kullanılmalıdır. Maliyetli olan bu kalıplar yüksek miktarda parça şekillendirmede tercih edilmelidirler.



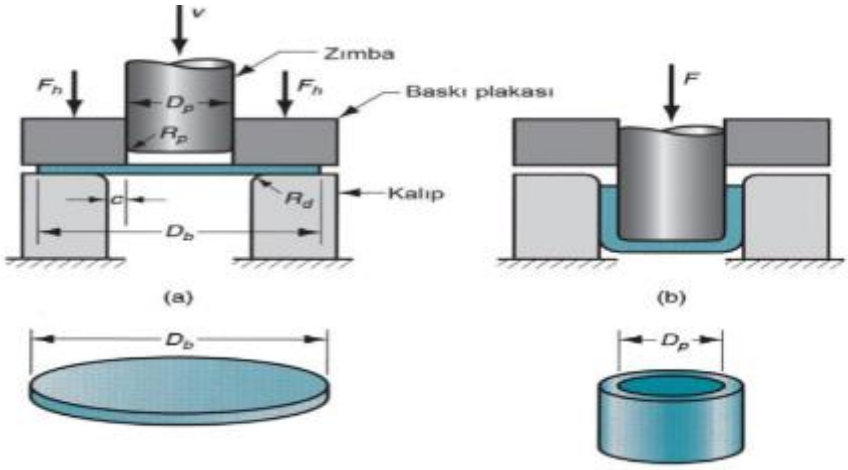
Şekil 2.8 Kenar kıvırma şematik gösterimi (Groover 2010)

Kenar bükme işleminde şekillendirilen metal sac erkek ve dişi kalıp öpüşmesinden sonra uygun bir basınç uygulanarak şekil değiştirmenin verimi arttırılır aynı zamanda uygun pekleşme ile geri yaylanma azaltılır. Deformasyon sonrası zımba yüzeyden hemen ayrılmaz pekleşme için belirli bir süre dişi kalıp ile örtüşme süresi uzun olmalıdır.

2.3 Derin Çekme

Daha karmaşık ve üç boyutlu yüzey şekillendirme işlemleri için en yaygın kullanılan sac işlemine derin çekme denir. Bu plastik deformasyon yönteminde, metalik sac dişi kalıp üzerine yerleştirildikten sonra erkek kalıbın iş parçasını yüksek kuvvetlerde dişi kalıp yüzeyindeki girintilere itmesi sonucu derin çekme işlemi gerçekleşir. Otomotiv saclarının da çift etkili mekanik preslerinde derin çekme işlemine maruz bırakılarak ilk şekillendirme yapılır. Sonraki pres adımları kesme(delme), bükme, çapak alma olarak

devam eder. Bu proseslerin takibinde sac kaporta hatlarında kaynak yöntemi ile birleştirilmek üzere gönderilir.

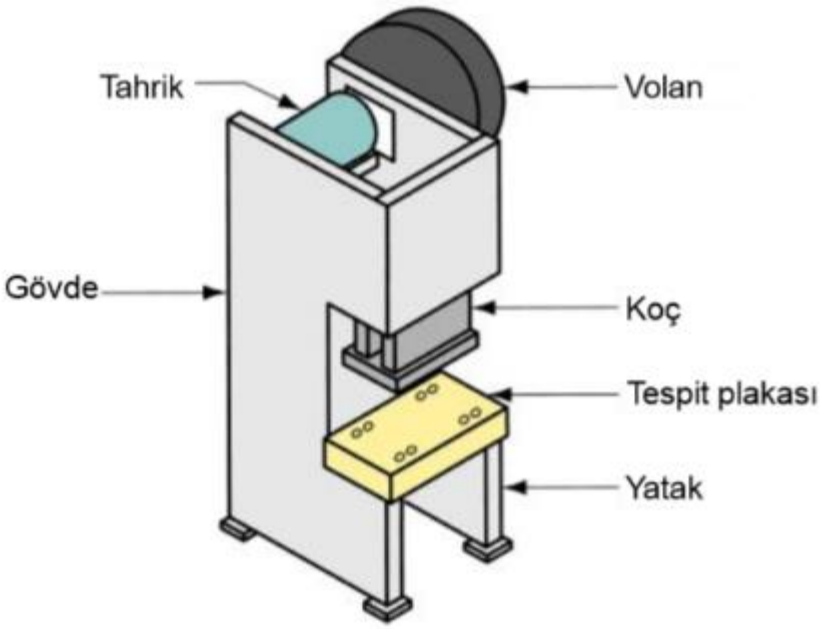


Şekil 2.9 Silindirik derin çekme işlemi (Groover 2010)

2.4 Mekanik Presler ve Sac Şekillendirme

Bir elektrik motoru üzerinden aldığı dönme hareketi çeşitli aktarma organları ile periyodik doğrusal harekete çeviren ve bu hareket sonucunda kalıp üzerinde bulanan iş parçasına zımbanın uygun formu vermesini sağlayan genellikle derin çekme işlemlerinin yapıldığı sac şekillendirme metodunda en yaygın kullanılan makinelere mekanik pres adı verilir. Mekanik preslerde dişi ve erkek kalıbın dakika da buluşma sayısı 10 ila 20 arasındadır. Bu sebep ile motordan alınan hareket kayış kasnak, dişli çark gibi birçok güç aktarma organı kullanılarak biyel kollarına hareket iletilir. Motordan ilk hareketi kayış kasnak aktarmasından sonra volan alır. Volan, motor döndüğü sürece hareket halindedir. Volan üzerindeki dairesel hareketi eksantrik dişlilere aktarmak için kavrama kullanılır. Kavrama, hidrolik veya havalı sistem ile kontrol edilebilir. Kavrama, volandan aldığı hareketi ilk dişli olan çavuş dişliye aktarır ve pres her bir dişli kademesinden sonra biyel kollarına bağlı olan koç kafa üzerindeki zımba hareket eder ve sac şekillendirilme gerçekleşir. Mekanik preslerde eksantrik milinin eksen kaçıklığı kadar doğrusal hareket vardır. Bu doğrusal hareket limitlerine, kurs veya strok adı verilir. Pres kursu sabit veya ayarlanabilir olabilir bu presin tonajı ile doğrudan alakalıdır. Büyük tonajlı preslerde bu kurs sabit iken küçük tonajlı preslerde ayarlanabilir imal edilir. Biyel üzerindeki koç kafaya kalıbı farklı yüksekliklerde montaj edebilmek için slayt ayar mekanizması yapılır.

Mekanik preslerde slayt aşağıya indiği pozisyonda geri dönüşe geçtiği ana AÖN (Alt Ölü Nokta) yukarıda ise kursu tamamladığı andaki pozisyonuna ÜÖN (Üst Ölü Nokta) denir.



Şekil 2.10 Mekanik sac şekillendirme presi şematik gösterimi

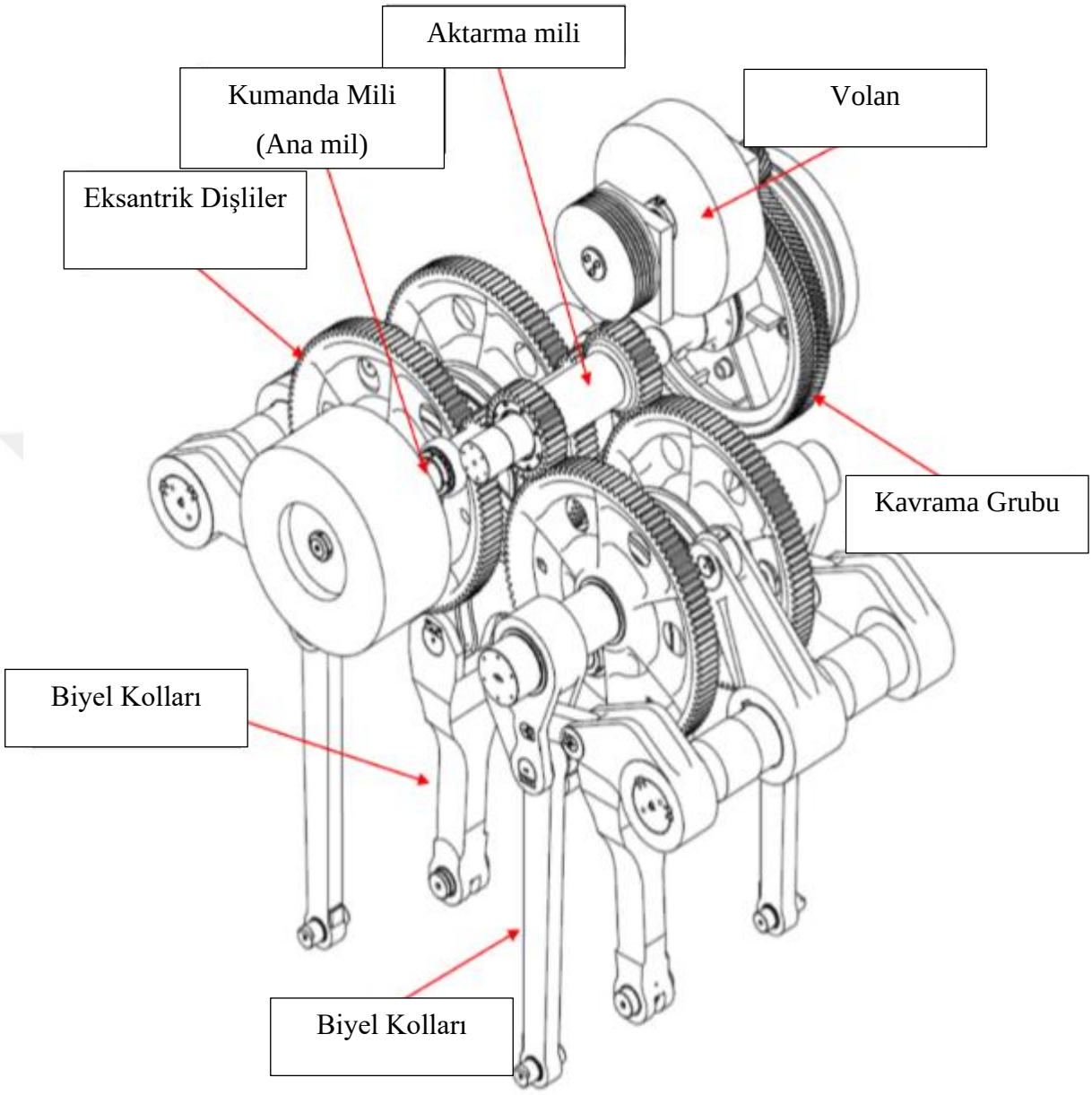
Mekanik presler sac üzerindeki etkilerine göre 2 iki tipi vardır. Bunlar:

Tek etkili mekanik presler:

Bu tür mekanik preslerde metalik saclar üzerinde bir kez biyel hareketi ve sonucunda bir kez erkek kalıp vuruşu vardır. Pres erkek kalıbın tonajı dikkate alınarak 2 veya4 biyel koluna bağlı hareket eder. Tek etkili mekanik presler birçok metal şekillendirme yöntemleri için kullanılabilirler.

Çift etkili mekanik presler:

Bu tür mekanik preslerde metalik saclar üzerinde iki kez biyel hareketi ve sonucunda iki defa erkek kalıp vuruşu vardır. Bu hareketler dış ve iç baskı olarak ikiye ayrılır. Dış baskı kalıbın metalik sacı tutan kısmına bağlanır. Derin çekme işlemi yapacak kalıp hareketi iç baskıya montaj edilir. İlk harekette dış baskı dişi kalıba doğru hareket eder ve metal sacı gergin olarak sabitler, bir sonraki operasyon olan iç baskı sabitleme sonrasında dişi kalıba doğru hareket eder ve derin çekme işlemi sac üzerinde gerçekleşir.



Şekil 2.11 Mekanik sac şekillendirme presi (çift etkili) şematik gösterimi

2.4.1 Pres elemanları ve fonksiyonları

Ana Motor ve Aktarma Organları:

Pres, ilk hareketini elektriksel enerjiyi mekanik enerjiye çeviren bir elektrik motordan alır. Bu motorun kW olarak gücü pres vuruş tonaj kuvveti ile ilgilidir. Motor üzerinden alınan dönme kuvveti bir kaplin vasıtası ile ilk kasnak miline aktarılır. Bu kasnak mili üzerinden çap olarak daha büyük olan ikinci kasnak kayış tahrikiyle döner. Burada kasnak çaplarının arasındaki fark presin biyel kollarının pres motoruna göre oldukça düşük devirde hareket etmesidir. İlk aktarmada çevrim hızı yaklaşık 4 veya 5 kat azalmış olur. Her aktarma organı bir sonraki hareket organını daha düşük hızla çevirmek için tasarlanmıştır.



Şekil 2.12 Pres 31 ana motor ve aktarma organları

Kavrama ve Fren Grubu:

Pres motoru üzerinden hareketi olan volan sürekli hareket halindedir. Bu hareketin biyel kollarına istediği zaman aktarılmasını sağlayan mekanizmaya kavrama, istenildiği zaman bu hareketi durduran mekanizmaya fren denir. Kavrama ve fren mekanizması akışkan ile kontrol edilir. Her derin çekme ile sac şekillendirilme işlemine vuruş denilir. Vuruş istendiği anda kavrama, volan üzerindeki hareketi alır ve hareketsiz olan şaft üzerine

iletir, fren mekanizması ise vuruş hareketi bittiğinde hareketi volan üzerinde kalacak şekilde durdurur. Kavrama hava basıncıyla sürtünmeli yüzeyleri birleştirirken, frenlerde yay kullanır. Yay kullanılmasının nedeni, enerji kesilmesi veya hava basıncının azalması sonucunda oluşabilecek risklere karşı mekanik güvence yaratmaktır.

Ana mil ve aktarma mili:

Pres gövdesinde kavramın üzerine bağlı olduğu mildir. Kavrama devreye girdiği an dönmeye başlar. Biyel kollarına gidecek gövde içindeki ilk hareketin başladığı mildir. Aktarma mili ise ana mil üzerindeki bu hareketi dişli ile diğer eksantriğe aktaran mildir. Temel görevi doğrusal hareketin aynı anda ve aynı yönde biyel kollarına aktarılmasıdır.

Eksantrik dişli grubu:

Kavramın devreye girmesi ile harekete geçen pres ana mili üzerindeki hareketi dişliler üzerinden alıp bu hareketi ile üzerinde bulunan biyel kolunun dikey yönde hareket etmesini sağlar. Eksantrik dişlilerin tasarımlarına göre mekanik preste vuruş hızı belirlenebilir. Bu doğrusal yöndeki hız, presin imalatı öncesinde dikkate alınarak titiz bir tasarımsal mühendisliğe ihtiyaç duyar.

Biyel kolu:

Eksantrik mil üzerindeki eksen kaçıklığından kaynaklanan dönme hareketini doğrusal harekete çeviren kollardır.

Hidrolik yağlama grubu:

Presler birçok mekanik ekipmanın bir araya montajı yapılarak sac şekillendirme için kullanılan makinalardır. Presi bir araya getiren ekipmanlar hareket halinde iken sürekli yağlanmaları gerekmektedir. Yağlama bir hidrolik tank içinde bulunan yağın bir motor pompa vasıtası ile şaft yataklarına ve dişli üzerine akıtılması sonucunda gerçekleşir. Akan yağ yer çekimi kuvveti ile tekrar yağ kanallarından geçerek filtreye gelir filtre edilen yağ yağ tankına geri döner.

2.5 Otomotiv Endüstrisindeki Sac İşleme Preslerinde Uygulanan Bakım Yöntemleri

Bakım; anlamı itibari ile bir imalat tesisinin tümünün ve/veya makine bazlı sürdürülebilirliğidir. Üretim tesislerinin ve makine verimliliğinin arttırılması neticesinde tesislerin/makinelerin uygun zamanda, uygun kalitede, uygun sayıda ve şartlarda çalışmasını sağlamak adına ekipmanların doğru çalışmasını sağlayan tüm aktiviteleri kapsayan proses bakım olarak değerlendirilmelidir. Bu tanımı gerçek hayattan bazı örnekler ile açıklamak gerekirse 2003 yılında Kuzey Batı Amerika'da elektrik dağıtım tesisinde yaşanılan arıza sonucunda tüm bölge 2 gün süre ile karanlığa bürünmüş bireyler, fabrikalar, KOBİ'ler ve dolayısı ile ülke ekonomisi büyük zarar görmüştür. Başka bir örnek ise 2000 yılında İngiltere'nin başkenti Londra'dan Leeds kentine hareket eden ve Hatfield kasabası çıkışında raydan çıkması sonucu hayatını kaybedenler olduğu ve İngiliz Hükümeti tarafından derinleşen soruşturmada vagonların bakım planlamasına uygun olarak bakım yapılmadığı ve devrilen vagonların birinde rulmanların kaza öncesi kitlendiği tespit edilmiştir. Bu örnekleri çoğaltabilir ve gündelik hayatta karşımıza çıkan birçok arıza ile bütünleştirebilir. Bakım, bir ekipmanın verimi koruyacak ve çalışabilirliğini devam ettirebilmesi için en önemli ihtiyaçtır.

Metal sac işleme preslerinde de diğer endüstri kollarında olduğu gibi bakım aktivitelerin gerçekleştirilmesi, yönetilmesi oldukça mühimdir. Bu önemin oluşmasında; günümüzde şirketler arası rekabetin temellerini oluşturan, bir ürünün en az sürede en yüksek kalitede, en ergonomik ve en emniyetli bir biçimde üretilmesi yatar. Bu sebeple yaşanılan arızalar hem ürünün müşteriye teslimini geciktirecek hem de onarım maliyetleri ve kaybedilen süre dikkate alındığında ürün üzerinde ciddi maliyet artışlarına sebebiyet verecektir. Bakım aktiviteleri;

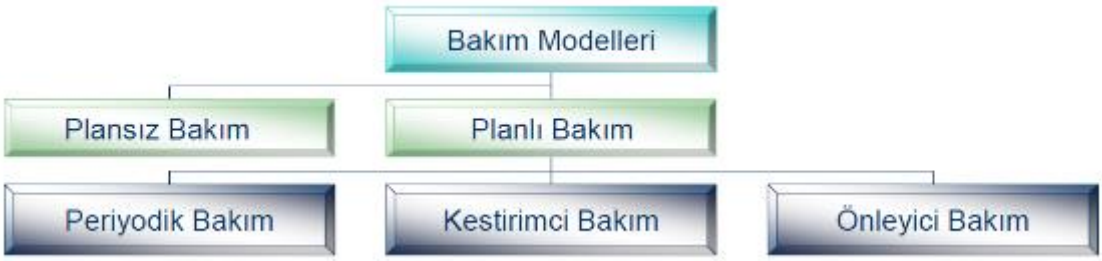
- Birçok bilim dalından faydalandığı için bilimseldir.
- Yaşanılan sorunlara farklı yaklaşımlar gerektirdiği için bir sanattır.
- Bakımın etkin bir şekilde devreye alınıp uygulanması yönünden bir felsefedir.
- Gerekli bir beceri, yetkinlik ve tecrübe gerektirdiğinden dolayı yetkinlik bazlıdır.

Tesislerde uygulanan bakım aktivitelerinin önemi;

- Fazla yedek parça depolamayı ve dolayısı ile stok maliyetlerini azaltır.
- Üretim kayıplarını azaltır.
- İşçilik kayıplarını azaltır.
- Ekipman ömrünü artırır.
- Ekipman performansını artırır.
- Enerji Tasarrufunu artırır.

Bu durumda sac şekillendirme preslerinde gerçekleşen arızalar ekipmanlarının hacimsel büyüklüğü düşünüldüğünde hem uzun süren aynı zamanda da yüksek maliyetli yedek parça maliyetleri ile otomotiv üretiminde ciddi bir maliyet oluşturacaktır. Bu sebeple presler hem düzenli koruyucu bakım hem de kestirimci bakım yöntemleri ile takip edilerek mekanik arızaların ve yüksek maliyetlerinin önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Endüstri tesislerinde bakım modellerini 2 ana başlık altında değerlendirebiliriz.

Çizelge 2.3 Otomotiv sanayisinde bakım yöntemleri



2.5.1 Mekanik sac işleme preslerinde plansız bakım

Plansız bakım yöntemlerini tek kelime ile tarif etmek gerekirse arıza olarak nitelendirilmektedir. Bu yöntemde esas alınan makinenin veya ekipmanın arıza yapana kadar çalışmasıdır. Dezavantajı ise duruş maliyetlerinin önceden bilinmemesi sebebi ile yüksek maliyet, üretim kaybı ve onarım hizmetleri için harcanacak ödenek olarak sıralanır.Mekanik sac işleme presleri hacimsel olarak daha büyük parçalarının montajı

sonucu bir araya geldiği için yaşanılan arızalar sonucunda yedek parça maliyetlerinde yüksek olacağı düşünülmeledir.

2.5.2 Mekanik Sac İşleme Preslerinde Planlı Bakım

Planlı bakım yöntemi ise sac işleme preslerinde arıza olmadan, duruş yaşanmadan belirli periyotlar ile yapılan bakım sonucu makinenin çalışma ömrünü uzatmak verimliliğini arttırmak olarak değerlendirilir. Bu bakım yöntemi kendi arasında birden fazla metoda ayrılmıştır. Ancak esas olan makinenin çalışma verimliliğinin düşmemesi için olası arıza ihtimallerine karşın yapılan tüm kontrollerdir.

Çizelge 2.4 Koruyucu bakım föy örneği

Alt birim (20 karekter. maks)	Eleman/Ekipman (20 karakter maks.)	Gerçekleştirilecek çalışma (60 karakter maks.)	İş yükü (hh:mm:ss)	Periyod (4 karakter)	Makinanın durumu (3 karakter)	Araç/Gereç (20 karakter Maks.)	Gant(E/H)	Ko?ullu/Sistematik	Miktar ve Tanım/Fab. Ref. (40 karakter maks.)	MABEC No (10 karakter)	Bakım gamı (10 karakter maks.)	Müdahale N° (10 karakter)	AM (1 C.)	MP (1 C.)	Uzmanlık(2 kar.)
MEKANIK BAKIM	YAGLAYICI	YAGLAYICILARIN CALISMA KONTROLUNU YAP	00:20:00	A01	AHT		N	S				OE0010P001		X	EM
MEKANIK BAKIM	YAGLAYICI	YAGLAYICILARIN HORTUM VE REKORLARININ KONTROLUNU YAP	00:10:00	A01	AHT		N	S				OE0010P001		X	EM
MEKANIK BAKIM	YAGLAYICI	YAGLAMA FILTRESININ TEMIZLIGINI YAP	00:20:00	A01	AHT		N	S				OE0010P001		X	EM
MEKANIK BAKIM	A.C MOTORLAR	MOTOR BAGLANTI CIVATALARINI SIK	00:05:00	A01	AHT		N	S				OE0010P001		X	EM
ELEKTRIK BAKIM	A.C MOTORLAR	MOTOR SOGUTMA PERVANESI VE KAPAGINI TEMIZLE	00:20:00	A01	AHT		N	S				OE0010P001		X	EM
MEKANIK BAKIM	A.C MOTORLAR	MOTOR KAPLİN LASİTİK KONTROLÜ YAP	00:20:00	A01	AHT		N	S				OE0010P002		X	EM
MEKANIK BAKIM	A.C MOTORLAR	KASNAK YÜZEYİ ÇATLAK-KIRIK KONTROLÜ YAP	00:20:00	A01	AHT		N	S				OE0010P003		X	EM
MEKANIK BAKIM	A.C MOTORLAR	KAYIŞ AŞINIMIŞLIK KONTROLÜ YAP	00:20:00	A01	AHT		N	S				OE0010P004		X	EM
MEKANIK BAKIM	A.C MOTORLAR	KAYIŞ SALGI KONTROLÜNÜ YAP	00:20:00	A01	AHT		N	S				OE0010P005		X	EM

2.5.2.1 Mekanik sac işleme preslerinde periyodik (koruyucu) bakım

Periyodik bakım yöntemi, ekipmanın belirlenen uygun frekanslarda bakım çalışmalarına ayrılarak ömrünü uzatma işlemidir. Örnek vermek gerekir ise bir mekanik sac işleme presinde kayışların imalatçı katalog bilgileri doğrultusunda belirli periyotlar ile değiştirilmesidir. Bu değişimler bir maliyet oluşturacağı için periyodik değişim içeren bakımlar yedek parça stok ve harcama maliyetinin önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Ancak takdir edilmelidir ki her periyodik bakımda yedek parça değişimi şart değildir. Bazı periyodik bakımlar ise kontroller içerir ve bu kontrollere bağlı olarak şartlı değişim yapılır. Örnek olarak, bir metal rulo aşınım ölçümü neticesinde değişim yapılabilir. Ancak bu hususta dikkat edilmesi gereken ölçüm normlarının standartlarının doğru belirlemek ve ölçüm hatalarını dikkate alarak bir limit değer vermek gerekir. Aksi halde ölçüm yapan

kişinin inisiyatifinde bakım gerçekleşmiş olacaktır ve standartlardan gayet uzak ve bilimsel olmayan bir yaklaşım olacaktır.

2.5.2.2 Mekanik sac işleme preslerinde önleyici bakım

Önleyici bakım yöntemlerinde bir ekipman üzerinde, var olan çalışma şartlarında yapılacak iyileştirmeler sonucunda ekipman ömrünün uzatılması hedeflenir. Periyodik bakım ile arasındaki en büyük fark ekipman üzerinde tasarımsal, çevresel veya otomasyona bağlı olarak yapılan periyodik olmayan iyileştirici bakım çalışmalarını içermesidir. Örnek olarak bir mekanik pres hidrolik tankında kullanılan elektrik motor bağlantısında motor soğutma fanının çapının ve kanat sayısının arttırılması aşırı ısınma sonucunda olabilecek motor sargılarında olası bir yanma neticesinde yaşanacak bir arızanın önüne geçmiş olacaktır veya motor montajında yapılacak motorun bağlantı noktaları değiştirilerek daha iyi soğutma imkânı sağlanması da önleyici bakım olarak değerlendirilmedir. Esas olan makine de yapılan bir iyileştirme neticesinde makinenin çalışma ortamının iyileştirilmesi sonucu makine verimliliğini arttırmaktır. Tesislerde bu bakım tipi özellikle de bakım personelin tecrübesi, teknik kapasitesi ile doğru orantılıdır. Yapılan iyileştirmelerin neticesi iyileştirme yapılmadan önce tahmin edilebilir olması gerekmektedir.



Şekil 2.13 Önleyici bakım sonrası iyileştirme fişi

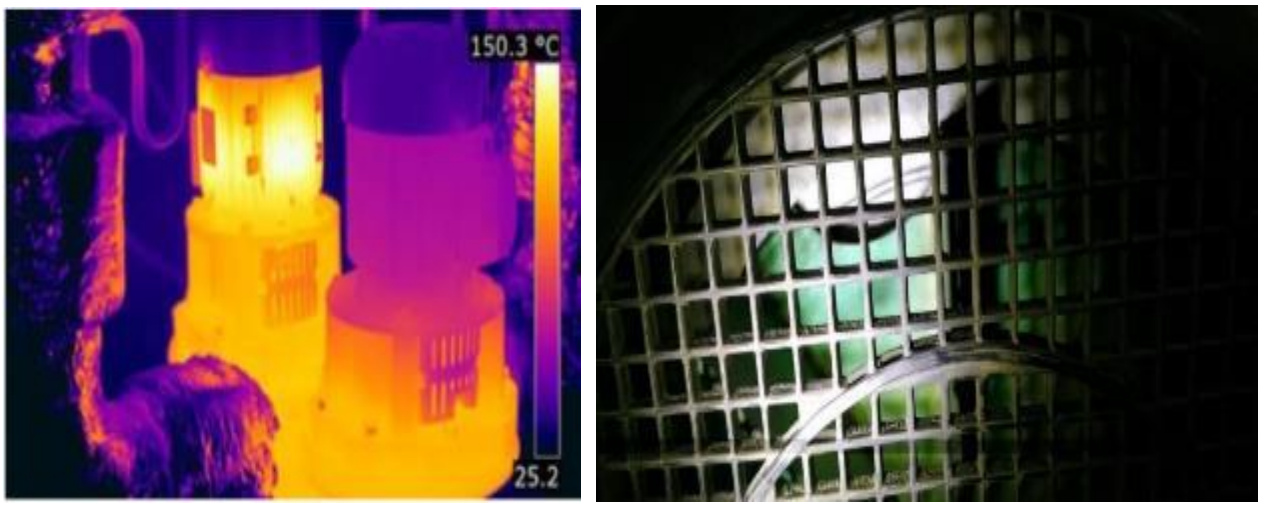
Şekil 2.13’ de gösterilen iyileştirme örneği, pres hidrolik grup ve genel yağlama pompa motorları klemens kutuları kablo rekorları metal malzemeden yapılmış olup, çalışma sırasında titreşim ile rekor gevşeyerek kısa devreye neden olma ve sonucunda sigorta atarak duruş yaşatma riski mevcuttur. Bu riske karşın yapılan önleyici bakımda titreşime karşı yeni rekorlar tasarlanmış gevşeklik riski ortadan kaldırılarak olası arıza ihtimalleri azaltılmıştır.

2.6 Mekanik Sac İşleme Preslerinde Manual Ölçüm Temelli Kestirimci Bakım

Mekanik sac işleme preslerinde aniden ve beklenmedik bir şekilde oluşan arızalar imalatın durmasına, imal kayıplarına ve yüksek maliyetli tamir giderlerine neden olmaktadır. Bu yüzden imalatın devamlı şekilde olmasını sağlamak ve imalat verimini artırmak için gözden geçirilmesi gereken ilk durum; bakım yöntemlerinin değerlendirilmesi ve en optimum yöntemlerin pratiğe dönüştürülmesidir. Konu olan bakım yöntemleri değerlendirildiğinde hiç şüphe yok ki "Kestirimci Bakım" uygulanabilecek en optimum bakım stratejilerinden birisidir. Kestirimci bakım; ekipmanların arızalanmadan belirli parametrelerde belirli periyotlar ile ekipmanlar üzerinden ölçülen verileri değerlendirerek bu veriler doğrultusunda ekipmanların arıza yaşanmadan önlem alınmasını ve ekipman ömrünün uzatılmasını sağlar. Böylelikle gelecekte yaşanabilecek olası arızaların önüne geçilmiş olunur. Bu bakım yönteminin en temel iki gayesi vardır. İlk olarak olası yaşanabilecek arızanın belirlenmesi, ikincisi ise potansiyel arızanın gerçekleşmemesi için uygun müdahaleyi tayin etmek ve bu müdahale doğrultusunda bakım çalışmalarına eşlik etmek. Önleyici bakımdan farklı kılan en önemli kriter zamandan bağımsız durum bazlı olmasıdır. Kestirimci bakım yöntemleri günümüz teknolojik gelişmeler ile birlikte sürekli dönüşüm göstermekte olup günümüz sanayisinde kullanılan bazı kestirimci bakım yöntemleri aşağıda paylaşılmıştır. Bu aktiviteler insan gücüne dayandığı için bireylerin yetkinliği ile bakım çalışmasının kalitesi doğru orantılıdır. O sebeple kestirimci bakım ölçümlerini gerçekleştirecek kişilerin tesis, makine, makine elemanları ve birçok teorik ve aynı zamanda pratik bilgi ve tecrübeye sahip olması gerekmektedir. İlave olarak alınacak ölçümler sırasında iş güvenliği ve sağlığı kurallarına tamamen riayet edilmelidir.

2.6.1 Termal kamera ile sıcaklık ölçümü

Termal kamera, kızılötesi ışınlardan yararlanarak ısıl yansımaların görüntüye dönüştürülmesi ve bir ekran üzerinde görüntülenmesini sağlar. Mutlak kritik sıcaklık olan -273 °C'nin üzerinde sıcaklığa sahip olan tüm cisimler ısıl enerjilerini etrafa yayarlar. Sahip oldukları özel lenslerini kullanarak sıcak ekipman yüzeyinden çevreye yayılan kızılötesi dalga boyundaki ışınımları bir yazılım vasıtasıyla ölçeklendirir ve cisimlerin sıcaklıklarını tespit eder. Termal kamera kullanılarak birçok arıza önceden tespit edilebilir. Örneklemek gerekirse bir motor faz bağlantısında tam sıkılık kontrolü yapılmamış ise gevşek temas var ise elektrik bağlantısının bulunduğu noktalarda yükselen direnç sebebiyle sıcaklıklar artabilir ve motor yanma riskli ile karşı karşıya kalabilir. Bir başka örnek ise dönen mekanik ekipmanların düzgün yağ filmi oluşmadan hareketine devam etmesi sonucu metal metale sürtünmesinden dolayı yüksek sıcaklıklar meydana gelebilir. Bu sıcaklık artışları ilk başta enerji kaybı sonrasında ise yaşanabilecek potansiyel arızalar neticesinde imalat kaybı getirebilir. Termal kamera, doğru ölçüm metotları ile bu anormallikleri tespit edecektir. Mekanik preslerde kullanılan 2 adet aynı şartlarda çalışan pres hidrolik (yağ) motor pompa üzerinden alınan termal görüntü ile sol tarafta olan motor gövde sıcaklığı 150 ºC derece iken sağ tarafta olan motordaki sıcaklık 65 ºC olarak ölçülmüştür. Anormallik sonucu yapılan müdahalede sol tarafta olan motorda sargıların izolasyonunda ve motor soğutma pervanesinde kırık tespit edilmiştir.



Şekil 2.14 Motor-pompa gruplarından alınan termal ölçüm örneği

Bu anormallik termal kamera ile tespit edilmese idi elektrik motoru yüksek sıcaklık neticesinde sargılar yanabilir, yağlama sistemi düzgün çalışmayabilir ve yağsız kalan rulmanlar yağ filminin oluşmaması sonucunda arızalanabilirdi. Bu bakım çalışması ile kazanılan üretim kazancı ve yedek parça maliyetlerinin azaltılması ciddi bir ekonomik kazanç olarak değerlendirilmelidir.

2.6.2 Yağ parçacık analizi

Geçmişte oldukça önemli kestirimci bakım aktivitelerinden bir tanesi sayılan yağ analizi güncel durumda aktif olarak uygulanmaktadır. Bu kestirimci bakım yöntemi mekanizmanın yağı ya da yağlama kanalı ile alakalı üç ana durumun tespitinde dikkate alınır. İlk olarak akışkanın ilk halini çalışacağı şartlar göz önüne alarak değerlendirmek gerekir. Başka bir tabir ile tasarım aşamasında kullanımı kararlaştırılan yağın çalışma koşullarını değerlendirmek gereklidir. Burada yağın içindeki harici kimyasala ilave olarak yağın akışkanlığı, bazikliği vs. ölçülür. İkinci durum ise alınan yağ örneklerinin değerlendirilmesi sonucu istenmeyen kirleticilerin tespitidir. Akışkanın içinde istenmeyen başlıca unsurların ilk sırasında su gelir. Kum ve çalışma ortamına bağlı olarak değişkenlik gösteren materyaller de kirletici sınıfında değerlendirilir. Son olarak ise hidrolik yağ için partikül testidir. Çalışma esnasında mekanizmada var olan mekanik aşınmaların neticesinde yağa aşınmanın boyuna bağlı olarak partiküller nüfuz eder. Partikül testine gönderilen yağ örneği analiz edilerek ekipman hakkında bazı yorumlar getirilebilir.

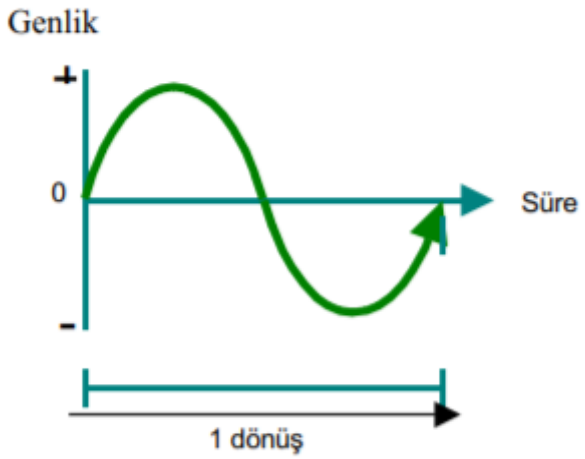
2.6.3 Tireşim analizi

Titreşim, eş anlamı ile vibrasyon, en basit anlamıyla mekanik salınımdır. Dönen her ekipman titreşim yaratır.Günümüzde arıza tespitini en erken gerçekleştiren kestirimci bakım yöntemidir. Her bir mekanik arıza sebebinin döner elemanlar üzerinde yaratmış olduğu titreşim farklıdır. Geçmiş yıllarda titreşimin sonucu ortaya çıkan ses yorumlanarak arıza tespiti yapılmakta iken günümüzde gelişen teknolojiler sayesinde titreşim ölçüm cihazları ve grafiksel anailizler ile arıza tespiti gerçekleştirilir. Döner ekipmanların spesifik titreşimlere sahiptirler bununla beraber olası arızlar belirli grafiksel

formlarda karşımıza çıkar. Burada ekipman üzerinden belirlenen periyot ve noktalarda titreşim ölçümü alınır ve kayıt altında alınarak trend takibi gerçekleştirilir. Eğer her ölçüm esnasında aynı nokta üzerinden ölçüm alınıyorsa bu sağlıklı bir trend takibi yapılmasını sağlayacaktır. Trend üzerinde belirlenen seviyeler üzerinde bir artış olması ekipmanın mekaniksel olarak bir bozulma ile karşı karşıya olduğunu ifade eder. Ancak unutulmamalıdır ki dönen ekipmanın devri alının titreşim ölçümlerinde aynı olmalıdır. Aksi halde değişken devirlerde farklı titreşim seviyeleri ile karşılaşılabilir ve yanlış bakım müdahalaleri gerçekleşebilir. Kestirimci bakım yöntemleri arasında en çok yetkinlik ihtayacı duyan yöntem vibrasyon analizi yöntemidir. Hangi ekipmanlardan ölçüm alınacağı o ekipmanların kritiklik derecesine göre belirlendikten sonra bir tur oluşturularak belirlenen noktalardan periyodik ölçümler alınır. Genellikle alınan ölçümlerin yorumlanmasından önce genel titreşim tredine bakılır eğer bu trend istenilmeyen seviyede ise titreşim grafikleri yorumlanarak arıza tespiti gerçekleştirilir. Ancak bu birçok vibrasyon parametresine hakim olma becerisi gerektirmektedir.

2.6.3.1 Vibrasyon parametreleri

Döner eleman üzerindeki mekanik anormallikler tekrarlı vibrasyonlar oluştururlar. Bu tekrarlı titreşim hareketi daha detaylı analizler için harmoniklerine ayrılarak detaylandırılır. Yalıntaştırılmış hali ile bu harmonikleri bir sinüsual eğriye benzetebilir. Bu eğri dikkate alınarak frekans ve genlik tanımı yapılabilir.



Şekil 2.15 Sinusal tireşim eğrisi

T, Periyot; Bir hareketin ne kadar sürede tamamlandığıdır.

f, Frekans; Bir zaman diliminde (saniye ya da dakika) hareketin tekrarlama sayısıdır.

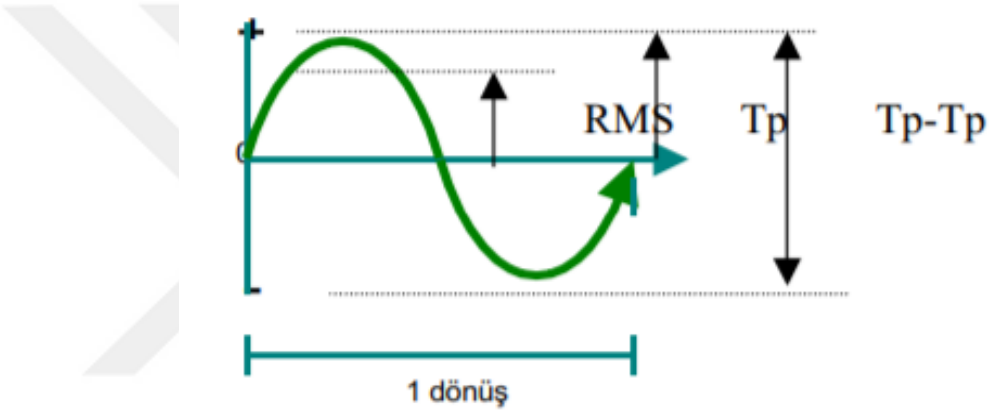
Titreşim hareketinin bir saniye süre içinde tekrarlanma miktarını gösteren birim Hertz Hz'dir. Titresim hareketinin bir dakika süre içinde tekrarlanma miktarını gösteren birim ise RPM (devir / dakika)'dir. RPM/60 = Hz olarak dönüşüm yapılabilir.

Frekans f = 1 / T Formülü ile hareketin frekansı belirlenir.

Genlik Tipi Harmonik sinyali oluşturan sinüs eğrisinin dikey ekseni, sinyalin genliğini ifade eder. - Tepe değeri : 0 - Tp

Tepeden Tepeye değeri: -Tp + Tp

RMS değeri: Efektif Tp (RMS=kareköklerinin ortalaması)



Şekil 2.16 Titreşim genlik gösterimi

Doğru değerlendirmelerin yapılabilmesi için kesinlikle genlik tipi doğru belirtilmelidir.

Saf Sinüs Eğrisinde Tepe değeri ile RMS arasındaki ilişki RMS = 0.707 x Tp 'dir.

Deplasman birimli ölçümlerde "tepeden tepeye"

Hız birimli ölçümlerde "tepe"

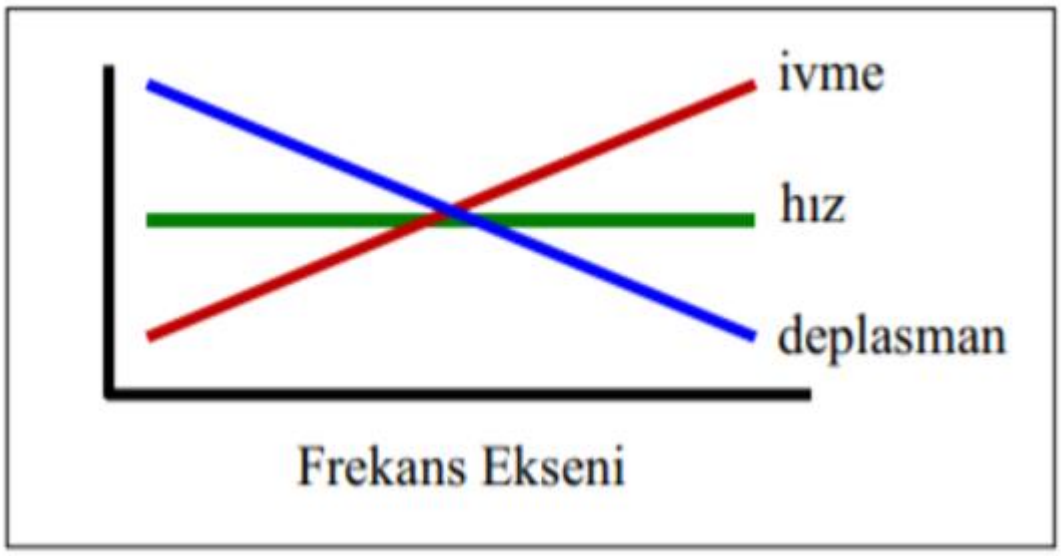
İvme birimli ölçümlerde RMS", tipi genelde seçilmektedir.

Genlik birimi üç şekilde belirlenebilir. Bu belirleme dikkate alınırken arızanın frekans aralığı dikkate alınmalıdır.

Titreşimin deplasmanı.....[mikron]

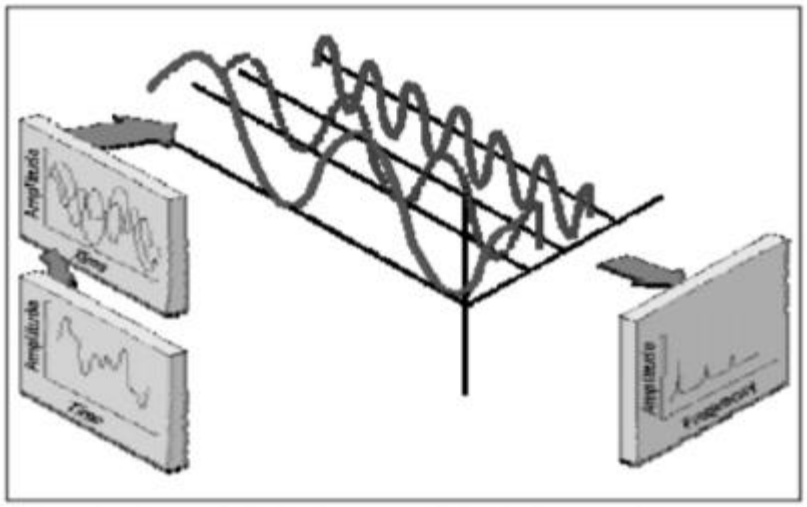
Titreşimin hızı..... [mm/san]

Titreşimin ivmesi..... [g's]



Şekil 2.17 Frekans ekseninde titreşim ile arıza tespit genlik doğrulanması

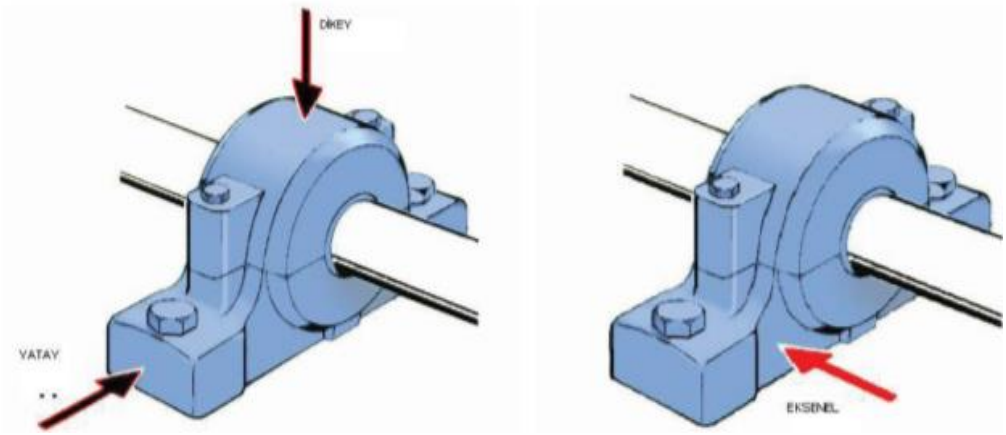
Arızaların belirlenmesinde, önerilen genlik birimi "hız"dır. Hız birimli ölçümler hem düşük frekanslarda oluşan hem de yüksek frekanslarda oluşan sinyalleri optimum görüntüler. Eğer hız birimi haricinde diğer birimler genlik birimi olarak kabul edilirse belirli frekans aralığında var olan mekanik titreşimler grafik üzerinde gölgeleneceği için optimum görüntülenme sağlamaz.



Şekil 2.18 Titreşim genlik grafiğinin spektrum grafiğine dönüşümü (Köse 2005)

FFT adı verilen spektrum grafiği, frekans yatay eksenli tanımlanan bir grafik türüdür. Tekrarlı olarak gerçekleşen ve eş harmonik eğriler ortaya çıkartan genlik grafiğinin frekansiyel grafiğe çevrimine fast fourier transmission denir.

Kestirimci bakım yöntemine geçişte en önemli aşamalardan birisi; pres rulman yataklarının titreşim analizinde titreşim ölçüm noktalarının ve ölçüm yönlerinin belirlenmesidir. Herhangi pres rulman yatak üzerinden titreşim ölçümü yapılmadan önce o yataklama üzerinde en iyi ölçümün nereden yapılacağı tespit edilmelidir. Pres rulman yatak üzerinden titreşim ölçümü yapmadan önce ölçüm noktalarının belirlenmesi hem analiz için en iyi veri toplama noktalarının belirlenmesinde hem de olası titreşim sebebinin tanımlanmasında bizlere faydalı olacaktır. Titreşim ölçümü için belirlenen noktaya algılayıcı montaj yastığı ölçüm yönü belirlenerek yapıştırılmalıdır. Belirlenen bu ölçüm yönleri titreşim analizi için büyük öneme sahiptir. Bunun için yataklarda ölçüm noktası olarak rulman noktalarına en yakın noktalar seçilmelidir. Titreşim enerjisi için zayıf iletken olan ince metal yatak başlıklarından kaçınılmalıdır. Mümkünse ölçüm noktaları olarak metal metale kaynatılmamış olan bölgeler seçilmelidir. Ayrıca kaplamalı boyanmış yüzeylerden, mekanik olarak deforme olmuş veya çatlak yataklardan, korozyon sonucu aşınarak incelmiş yüzeylerden ve yapısal olabilecek boşluklardan kaçınılmalıdır. Rulman yataklarının ölçüm noktası her bir yatak için ayrı ayrı belirlenmelidir. Kestirimci bakım yönteminin en iyi ve en başarılı bir şekilde uygulanması için gerekli olan en önemli husus ölçüm noktalarının belirlenerek yapılacak olan bütün ölçümlerin aynı noktadan alınmasını sağlamaktır. Eğer ölçümler aynı noktadan alınmazlar ise titreşim grafiklerinin analizleri ve titreşim eğilim eğrileri bizi yanlış yönlendirebilir. Bu ölçüm noktaları belirlenir iken iş sağlığı ve güvenliği en öncelikli kriterlerden biridir. Çalışan sağlığı her türlü kazanımın önünde tutulmalıdır. Koruyucu bulundurmayan muhafazasız döner elemanlardan kesinlikle ölçüm alınmamalıdır. Alınacak olunan tüm ölçümlerde ise KKD ekipmanlarının eksiksiz kullanılması gereklidir.



Şekil 2. 19 Titreşim ölçüm yönlerinin gösterimi

Arızalar belirli frekanslarda titreşim üretirler. Bu frekansların bilinmesi sayesinde makinelerden elde edilen titreşim frekanslarında hangi arızaların katkısı olduğu belirlenebilir. Dolayısıyla makinedeki arıza da bu yöntem ile tespit edilebilir. Dengesizlik, eksen kaçıklığı, gevşeklik gibi problemler için milin devir sayısının katlarına bağlı olan frekans bilgileri kurallaştırılmıştır. Dişli ve rulman arızaları için ise diş sayısına, mil devrine ve rulman geometrisine bağlı olan frekans bilgileri kurallaştırılmıştır.

Dengesizlik: Pres üzerinden alınan ölçümler neticesinde dengesizliğin başlıca nedenleri aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır. Bu anormalliğin temel sebebi dönme merkezi ile ağırlık merkezinin aynı eksen üzerinde olmamasıdır.

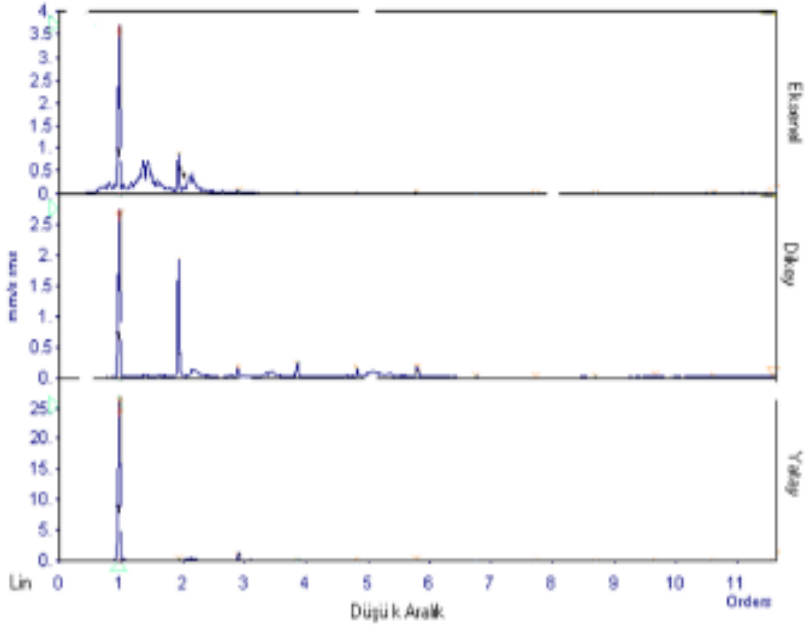
1. Pres aktarma kasnakların yüzey salgıları,
2. Malzemenin uygun olmayan yoğunluğu,
3. İmalat hataları,
4. Döner eleman üzerinden istenmeyen korozyon nedeni ile
5. Civataların değiştirilmesi,
6. Kaplin ayarsızlığı,
7. Elektrik motorunun rotor kol veya kanatlarındaki uygunsuz kütle dağılımı,
8. Eksik dengeleme ağırlıkları,
9. Eğilmiş şaft-mil,

Dengesiz dönen bir döner elemandan karşımıza çıkan ilk anormallikler olarak;

1. Dengesiz dönmeye bağlı oluşan vibrasyon sonucu gürültü,
2. Düşük devirlerde gözlenebilir dönüş salgısı

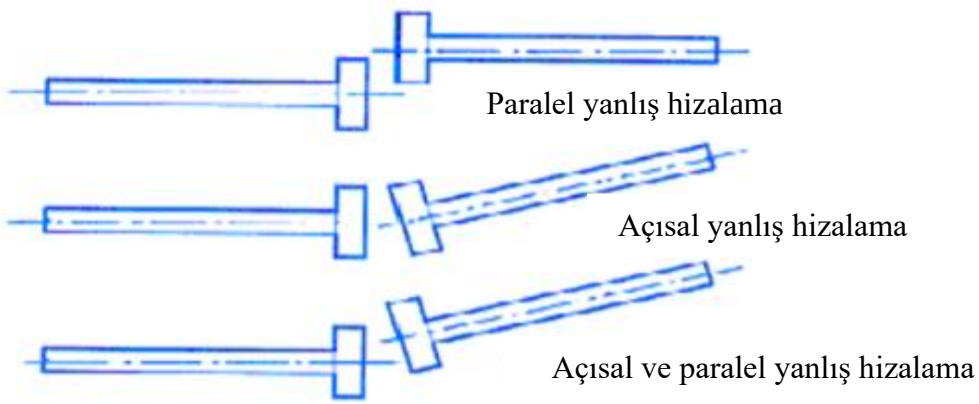
Dengesizlik, doğrusal bir problemdir. Eğer bir rotor dengesizse, 360 derecelik devir boyunca aynı miktarda dengesizliğe sahip olacaktır. Zaman tanım bölgesindeki her bir devir aynı genliğe sahip olacak, aynı zamanda zaman sinyalinin görüntüsü sinüs eğrili bir yapıya sahip olacaktır.

Titreşim analizinde, dengesizlik her zaman 1XRPM de yüksek titreşim genlikleri oluştururlar. Dengesizlik şiddetli ise, çalışma hızı gibi genliklerde dengesizlikle birlikte frekans spektrumunda kendini gösterir. Bununla birlikte diğer belli başlı arızalarda 1XRPM de titreşim genliklerine sebep olabilirler. Bu bileşik göstergeler bazen dengesizliğin testini zorlaştırabilir, fakat 1XRPM frekansında titreşim genliği görülmeksizin dengesizliğin varlığından söz edilemez. Eğer frekans spektrumunda 1XRPM varsa dengesizlik muhtemel nedenlerin başında yer alacaktır.



Şekil 2. 20 Dengesizlik spektrum grafiği örneği

Yanlış hizalama -Eksen Kaçıklığı: Eksen kaçıklığı dönen iki makina şaftının merkez eksenlerinin birbirlerine göre aynı dönme ekseninde olmadığı zaman meydana gelen bir durumdur. Bu durum seri hayatta üç ayrı şekilde ifade edilir. Şaft eksenleri paralel eksende fakat birbirleriyle aynı merkezde değil ise bu durumda ortaya çıkan kaçıklık paralel hizasızlık olarak adlandırılır. Şaft eksenleri aynı noktada çakışıyor fakat şaft dönme eksenleri aynı paralel eksen üzerinde değiller ise bu tür hizasızlıklar ise açısal hizasızlık olarak adlandırılır. Diğer bir hizasızlık durumu ise bu iki hizasızlığın birleşiminden yani aynı anda oluşmasından meydana gelen hizasızlıklardır. Şaftlarla ilişkili olmayan fakat titreşim spektrum görünümü yanlış hizalama spektrum grafikleri ilen ayni olan diğer bir hizasızlık durumu rulmanların montaj sırasında yanlış hizalanmasıdır. Şaft eksen çizgileri iyi bir şekilde hizalanmış olabilir, fakat şaftın bağlı olduğu rulmanlar yanlış hizalanmışlar ise bu durumda makina üzerinde titreşim oluşturur



Şekil 2.21 Eksen kaçıklığı çeşitleri

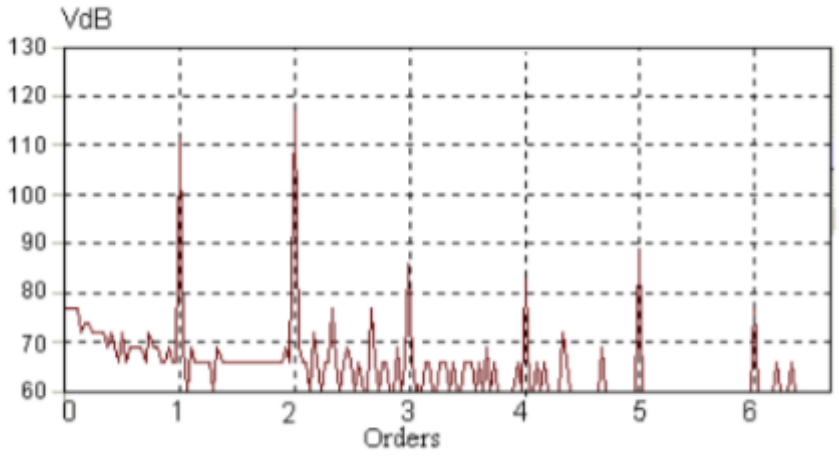
Bağlantı elemanları olan kaplinler ne kadar yanlış hizalanılır ise, kaplinler üzerinde meydana gelen gerilme o kadar fazla oluşacaktır. Oluşan bu gerilmeler motor üzerinde yüksek seviyelerde titreşim oluşturacaklardır.

Makinalardaki yanlış hizalamanın sebepleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

1. Parçaların hatalı montaj edilmesi,
2. Parçaların izafi pozisyonlarının montaj sonrası yer değiştirmesi,
3. Bağlantılarının sebep olduğu eğme kuvvetlerinden kaynaklanan bozulmalar,

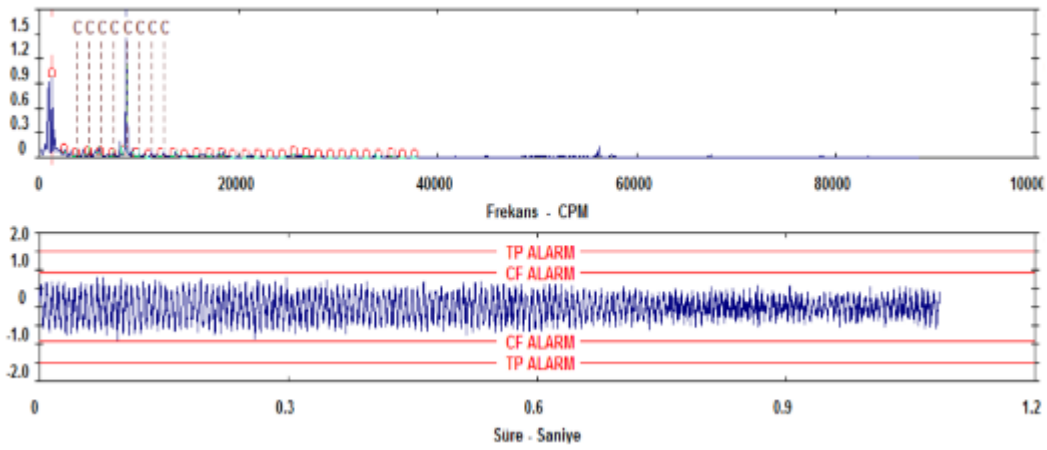
4. Burulma nedeni ile esnek desteklerin bozulması,
5. Sıcaklık artışı ile makina yapısındaki genleşme,
6. Kaplin yan yüzeylerinin şaft eksenine dik olmaması,
7. Zayıf temel

Eksen kaçıklığı her bir milin temas noktalarında hem kesme kuvveti hem de eğilme momenti oluşmasına neden olur. Kaplinin her iki yönünde de bulunan rulmanlar üzerinde alınan ölçümlerdeki spektrum analizlerinde 1XRPM gibi 2XRPM'te de yüksek seviyede titreşim üretirler. Paralel yanlış hizalamadan kaynaklanan titreşimin oluşturacağı titreşim spektrumunda 2XRPM bileşeni 1XRPM genlik bileşeninden daha yüksek olacaktır.



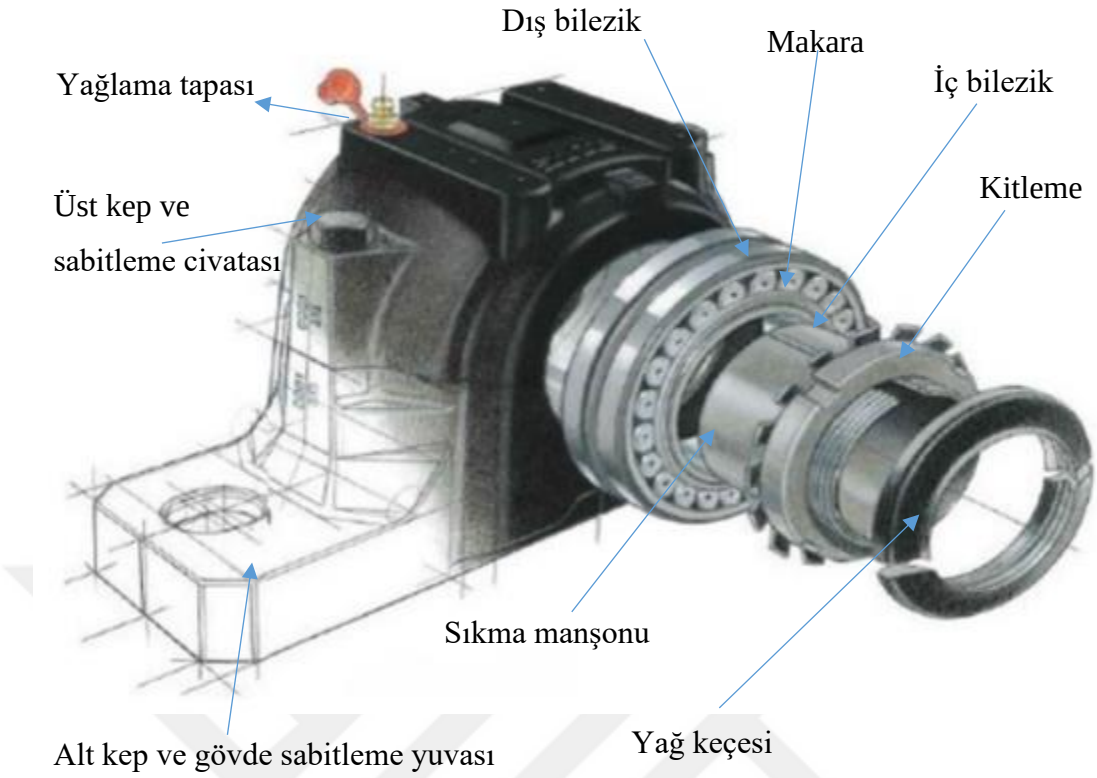
Şekil 2.22 Eksen kaçıklığı spektrum grafiği örneği

Mekanik Gevşeklik: Sac şekillendirme preslerinde karşımıza çıkabilecek bir arıza türü de mekanik gevşekliktir. Döner elemanların mekanik gevşekliği olabileceği gibi sabit elemanların mekanik gevşekliği olarak iki şekilde ortaya çıkar. Sabit elemanlar arasındaki aşırı boşluk dönme mekanik gevşekliği olarak kendini gösterir. Temel ve makina ayakları gibi sabit parçalar arasındaki boşluklar ise sabit mekanik gevşeklik olarak ortaya çıkar. Her iki tip mekanik gevşeklik de doğrusal değildir ve üç titreşim ekseninde de ciddi 1XRPM harmonikleri doğuracaktır. Özellikle spekturum grafiğinde 3XRPM ve 10XRPM baskın tepecikler var ise bu anormallik mekanik gevşeklik anormalliği olarak yorumlanabilir.



Şekil 2. 23 Gevşeklik spektrum ve genlik grafiği

Rulman arızaları: Rulman arızalarının belirlenmesinde, rulmanın çalışma anında ortaya çıkardığı gürültü ve titreşim büyük önem taşımaktadır. Rulmanlardaki titreşim karakteristikleri ve davranışları birçok yöntemler kullanılarak incelenebilirler. Yataklarda arıza oluşmaya başladığı zaman yatak elemanları arasındaki çarpmalar sonunda titreşim enerjisi belirli frekanslarda diğerlerine göre baskın duruma geçmeye başlar. Rulman hata frekansları, rulman bileşenlerindeki yorulma, aşınma, yanlış montaj, yanlış yağlama ve imalat hataları sonucu meydana gelir. Şekil 2.24'te yatak ve rulman elemanları tanımlanmıştır.



Şekil 2. 24 Rulman montajında kullanılan ekipmanlar

Arızalı olan rulmanlar, ya dış yüzey ve iç yüzey ya da bilyelerin çevresinde düzensizlikler gibi arızalara sahip olacaklardır. Çalışma sırasında bu anormallikler temel arıza frekansları olarak adlandırılan periyodik frekanslar meydana gelecektir. Rulmanların farklı döner elemanlarının arasındaki ilişkiyi anlamak için ilk önce izafi hızları tanımlayan matematiksel ifadeler geliştirilmelidir.

Bu ifadeler rulman elemanları tarafından üretilen hata frekanslarına karşılık gelir. Arızalı bir rulman ile dönel makina dört temel arıza frekansı üretirler. Bu frekanslar;

1. Temel refarans frekansı (Fundamental Train frequence) (FTF)
2. İç bilezik bilye geçiş frekansı (BPFI), (Bütün bilyeler iç bilezik üzerindeki arızalı bölgeden geçiyorken üretilen frekanstır.)
3. Dış bilezik bilye geçiş frekansı (BPFO), (Bütün bilyeler dış bilezik üzerindeki arızalı bölgeden geçiyorken üretilen frekanstır.)
4. Bilye dönüş frekansı (BSF), (Bilyeler şaft etrafında devri esnasında dönüyorken her bir bilyenin dairesel frekansıdır.)

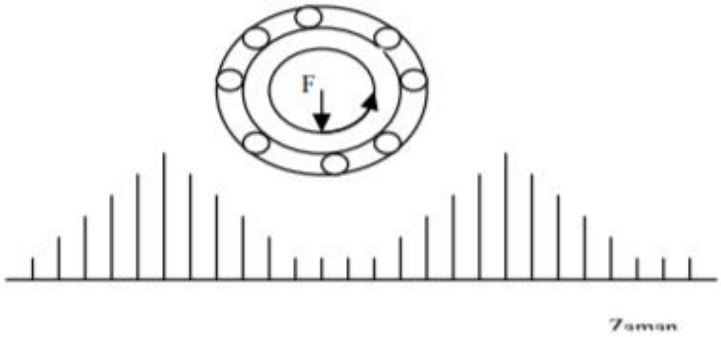
Bu arıza frekanslarının hesaplanması için aşağıdaki formüller kullanılmadır. Ancak günümüzde gelişen teknolojik ve bilgisayar programları ile rulman referansı ve devir değişkenleri girilerek doğrudan bu değerleri veren birçok yazılım ürünü piyasada bulunmaktadır.

$$BPFI = \frac{n}{2} . S . \left[1 + \frac{d}{D}\cos\alpha\right]$$
$$BPFO = \frac{n}{2} . S . \left[1 - \frac{d}{D}\cos\alpha\right]$$
$$BSF = \frac{d}{2D} . S . \left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2 (\cos\alpha)^2\right]$$
$$FTF = \frac{S}{2}\left[1 - \frac{d}{D}\cos\alpha\right] \quad (2.6)$$

Şekil 2.25 Rulman arıza frekans hesaplanması (Yıldırım 2015)

BPFI: İç bilezik bilye geçiş frekansı (Hz)
BPFO: Dış bilezik bilye geçiş frekansı (Hz)
BSF: Bilye dönüş frekansı (Hz)
FTF: Temel refarans frekansı (Hz)
d: Bilye çapı (mm)
D: Karşılıklı iki bilye merkezi çapı (mm)
a: temas açısı
n: Bilye sayısı
S: Mil dönüş hızı (dev/s)

Rulmanları en güzel koruma yöntemi zamana göre bir eğilim hazırlamaktır. Bazen rulmanda ortaya çıkan küçük bir hata, çok kısa bir zamanda büyük kusurlara dönüşebilir. Dolayısıyla erken teşhis için çok küçük titreşim sinyallerinin bileşenleri üzerinde bile hassasiyetle durulması gerekir. Analiz sırasında bazı makinalardan alınan ortalama titreşim spektrumlarının bile rulman tonları görülür. Arıza teşhisi bu ortalama değerlerdeki artışla birlikte yapılır. Bu yüzden rulman tonlarının işin kötüye gittiğine dair bir gösterge olabileceği düşünülerek dikkatlice incelenmesi gerekir.



Şekil 2. 26 Arızalı iç bilezik zaman dalga form grafiği

Trend eşik seviyelerinin belirlenmesinde standartlar referans alınacağı gibi çalışan ekipmanın geçmiş verileri referans alınarak da belirlenebilir. Genellikle titreşim ölçümlerinde "ISO 10816-3 Titreşim Eşik Değerleri Tablosu" referans alınır. Bu standart referans alınırken dikkat edilmesi gereken hususlar ise dönüş devri, bağlantı cinsi, motor üzerinden alınan ölçüm ise motor güç (kW) değeridir.

Çizelge 2.5 ISO 10-816-3 titreşim eşik değerleri

								v r.m.s	v r.m.s	HIZ DEĞERİ (10-1000 Hz n > 600 1/min (2-1000 Hz n >120 1/min)
								11	0.433	
								7,1	0.280	
								4,5	0.177	
								3,5	0.138	
								2,8	0.110	
								2,3	0.091	
								1,4	0.055	
								0,7	0.028	
								mm/s	inch/s	
Rijit	Esnek	Rijit	Esnek	Rijit	Esnek	Rijit	Esnek	KAİDE		
Pompalar > 15 kW				Orta Boy Makineler		Büyük Makineler		MAKİNE TİPİ		
Radyal Eksenel Diyagonal				300kW>P>15kW		500MW>P>300kW				
Direkt Sürücülü (Kayış,Kasnak vb.)		Dıştan Tahrikli (Kaplin Bağlantısı vb.)		Motorlar 160mm >H>315 mm		Motorlar 315 mm>H				
Grup 4		Grup 3		Grup 2		Grup 1		GRUP		
								A	Yeni Devreye Alınmış	
								B	Uzun Süre Çalışabilir	
								C	Arıza Başlangıcı	
								D	Arızaya Bağlı Titreşim	

2.6.4 Çevrimiçi veri takibi ile mekanik sac işleme preslerinde kestirimci bakım

Sanayinin her alanında makine çalışabilirliğinin beklenen performansta tutulması ve verimlilik artışındaki taleplerin karşılanması hayati önem taşır. Çevrimiçi durum izleme ve analiz sistemi, işletmelerdeki ekipmanların sürekli izlenerek korunmasını sağlar. Çevrimiçi veri izleme yöntemleri diğer manuel gerçekleştirilen kestirimci bakım yöntemlerine kıyasla daha ciddi bir maliyet barındırmaktadır. Bu sebeple bu sistemlerin kurulacağı makinelerin arıza kritikliği ciddi öneme sahip olmadır. Bu ciddi üretim kaybı; ciddi duruş maliyeti, tamiri için ciddi maliyet barındıran ekipmanlar anlamına gelmektedir. Bu çalışmada otomotiv endüstrisinde sac işleme preslerinde çevrimiçi izleme sistemleri devreye alınarak yukarıda bahsedilen kayıpların önüne geçmek hedeflenmiştir. Çevrimiçi sistemlerde esas temel alınan ilke veri akışının sürekli veya minimal kısıtta olmasıdır. Biraz daha örnekleme yaparak izah etmek gerekirse çevrimiçi sistemlerde sensörler kritik ekipmana montajı yapılarak bir haberleşme ağı üzerinden gelen verilerin kritiklik seviyesini aşması durumunda otomatik sistemin uyarı verip ilgili bakımcıları yönlendirmesidir. Diğer sistemler ise belirli periyotlar ile insan faktörü dahil edilerek gerçekleşmektedir. Sistemin genel hatları ile çalışma prensibi ekipman üzerine hangi parametre takip edilmek isteniyor ise ilgili sensör montajı yapılır. Bu parametreler Titreşim, sıcaklık, akım gibi verileri ekipman üzerinden ölçerek kablo veya kablosuz bir portal üzerine aktarırım sağlar. Gelen veriler, bir ara yüz içeren programda belirlenen eşik seviyelerini aşması halinde ilgili kişilere uyarı mesajı göndererek sürekli ölçüm ve takibini gerçekleştirir. Gerçek zamanlı takip sanayide özellikle 3 vardiya üretim yapan tesisler için oldukça büyük önem taşımaktadır. Ancak yukarıda da belirtildiği gibi maliyet-kazanç ilişkisindeki oran bu tip yatırımlar neticesinde harcanılan bütçenin ne kadar sürede ve ne kadar oranda geri kazanılacağı ciddi bir şekilde irdelenmeli ve yatırım planları bu doğrultuda yapılmalıdır. Bu sistemler günümüzde otomotiv, enerji, kâğıt, çimento, plastik enjeksiyon gibi birçok alanda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Endüstri 4.0 dijital dönüşümünde ekipman verimliliğini artırmak için gelen verilerin kalitesinin ve sürekliliğinin ön plana çıkmasında çevrimiçi izleme sistemlerinin yeri ciddi ölçüde artış göstermiş ve çeşitli alanlarda kullanımı devreye alınmıştır. Materyal ve yöntem bölümde preslerde devreye alınan çevrimiçi izleme sisteminden bahsedilecektir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

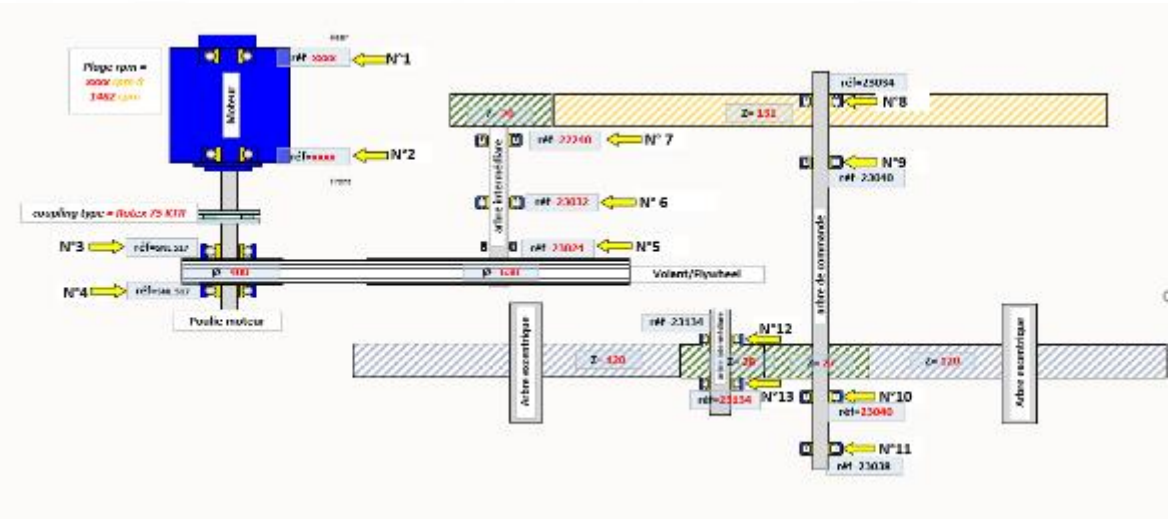
Otomotiv sac işleme preslerinde devreye alınan çevrimiçi veri izleme sistemi ve buna bağlı olarak yapılan kestirimci bakım çalışmaları neticesinde esas amaç sensör yerleştirilen yataklarda meydana gelebilecek mekanik bozulmaların arıza yaşanmadan önce tespitini gerçekleştirerek üretim kazancı sağlamak veya bir başka deyiş ile arızaya bağlı olarak üretim kaybının önüne geçmektir. Bu sistem kurulurken kullanılan ekipmanlar aşağıdaki çizelgede bilginize sunulmuştur. Bu sistem uygulanırken öncelikle presin çalışma mekanizmasının iyi bilinmesi gerekmektedir. Bunun ile preste yataklama grubundaki rulman referansları, dişli sayıları, pres ana motorun hızı arıza tespitinde kullanılacak vibrasyon değerlerinde ana parametreleri oluşturacaktır. Bu parametreler bizim için iki temel seviye olarak belirlenecektir. Bu parametrelerin ilki uyarı seviyesi, ikinci olarak ise arıza parametresi olarak değerlendirebilir. Alınan ölçümler bu parametreler referans alınarak değerlendirilecektir.

Çizelge 3.1 Mevcut ve çevrimiçi veri takibi ile yapılan kestirimci bakım avantaj tablosu

Mevcut Yöntemler	**Dezavantajları**	**Avantajı**
Termal Kamera Ölçümü Titreşim Ölçümü Yağ Analizi	1. İnsan gücüne dayalıdır. 2. Çalışan yetkinliğine bağlıdır. 3. Ölçüm frekansı düşüktür. 4. Anlık veri akışı yoktur. 5. Ergonomik olmayan şartlarda gerçekleştirilemez.	1. Bir cihaz ile birden fazla ekipman ölçülebilir.
Proje Kapsamında Devreye Alınan Yöntem	**Dezavantajları**	**Avantajı**
Çevrimiçi Veri İzleme Sitemi	1. Her ekipman için bir cihaz kullanılmalıdır.	1. İnsan gücüne ihtiyaç duymaz. 2. Çalışan yetkinliğine çok bağlı değildir. 3. Anlık veri akışı vardır. 4. Ergonomik olmayan şartlarda gerçekleştirebilir. 5.Eşik seviyesi aşıldığında anlık uyarı verir.

Çizelge 3.2 Proje için kullanılan ekipman listesi

Adet	Ekipman	İlgili Referans
1	MVX kontrol ünitesi	EVOL32
13	Titreşim ve sıcaklık sensörü ASH 205T 100mV/g, M6	860225
13	Teflon titreşim sensör kablosu IP 67 34 m - 200°C -	825322
1	Takometre indüktif sensör	MVX1012000
1	Teflon takometre sensör kablosu IP 67 34 m - 200°C -	CAB3110000
3	AC motor için akım trafosu	KITELECREN-AC



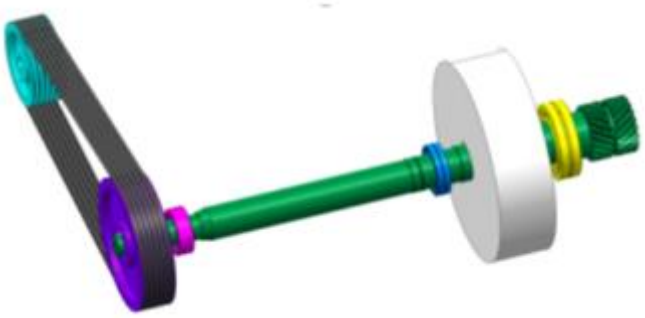
Şekil 3.1 Pres üzerine montajı yapılan A205T numaralandırılması ve montaj noktalarının rulman referansının belirtildiği şematik gösterim

(N1-13: Kullanılan ASH205-T sensör numaraları)

İş yapan enerji tüketen her makinede olduğu gibi preslerde ilk hareketi bir motor üzerinden alırlar. Motor kaplin vasıtası ile hareketi kayış-kasnak mekanizmasına aktarır. Kasnak mili üzerine bağlı olan şaftı sonundaki dişli motor döndüğü sürece hareket halindedir. Seri hayatta bu dişliye çavuş dişli (z=20 diş sayısı) de denmektedir. Çavuş dişli kavramının devreye girmesi ile hareketi ana mil üzerindeki dişliye aktarır ve sırasıyla aktarma dişlisi ve eksantrik dişliler dönmeye başlar.

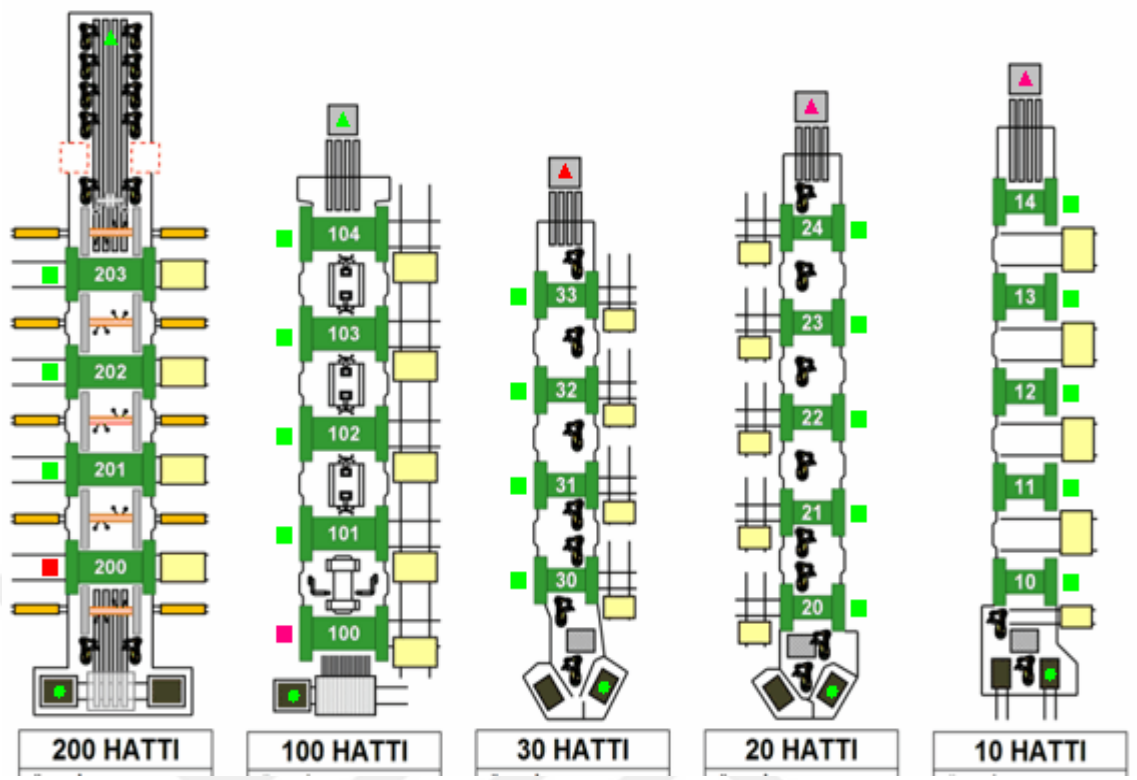
Aktarma dişlisinin ana görevi pres biyel kollarındaki doğrusal hareketin aynı yönde olmasını sağlamaktır. Aksi halde biyel kollarında zıt yönlü hareket isteği oluşacak ve pres

işlevini yerine getiremeyecektir. Biyeller üzene aktarılan hareket doğrusal harekete çevrilir ve koç kafanın bu doğrusal hareketi sonucu kalıpların öpüşerek sacın şekillenmiş olması sağlanır. Burada yerleştirilen sensörler EK2 de teknik dokümanları paylaşılan titreşim sensörleridir. Piyasadaki birçok sensörden farklı olarak hem titreşim hem de sıcaklık ölçümü yaparlar. İlave olarak motorun çekmiş olduğu akımı da bilmek için her faza akım trafoları bağlanmıştır. Ancak vibrasyon seviyelerinin belirlenmesinde sensörün bağlı olduğu yataklamaya ait dönüş devrinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu sebeple her aktarma oranını bilmek için diş sayısı, kasnak çapı ve motor devri bilinmelidir ki motor devrini bilmek için sistemde takometre kullanılmıştır.



Şekil 3.2 Kayış-kasnak mekanizması ve çavuş dişli 3D çizimi

Sistemin kurulduğu fabrikada 5 pres hattı mevcuttur. Bu hatlardan 3 tanesi çevrimiçi veri izleme sistemi kurulmuş ve devreye alınmıştır. Proje aşamasında 31 numaralı pres pilot olarak belirlenmiş. Sistemin avantajları takip edilmiş ve verim alındıktan sonra sırası ile 30, 20, 21, 200, 201, 202, 203 numaralı preslerde aynı sistem devreye alınma kararı alınmıştır.

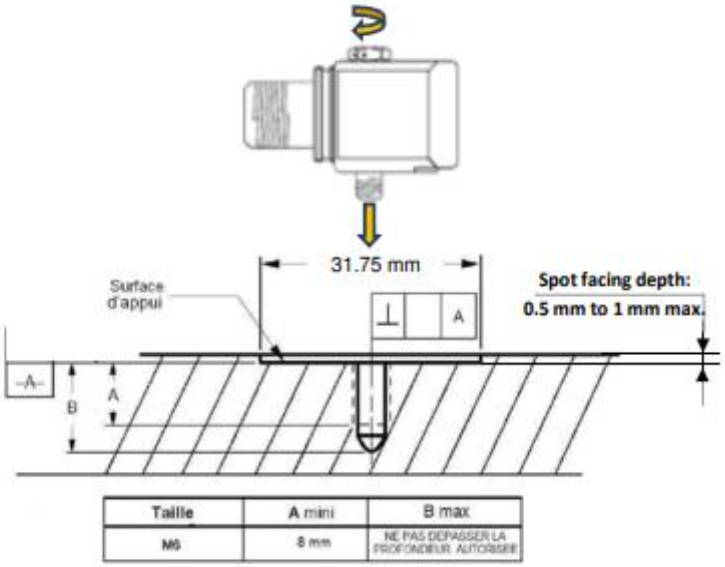


Şekil 3.3 Mevcut pres hatları ve pres isimleri

Toplam 23 adet mekanik presten 8 adet pres sistemde aktif olarak takip edilmektedir.

3.1 ASH 205T Akselerometre ve Sıcaklık Ölçer

Günümüzde titreşim ölçümü almak için kullanılan en yaygın sensör tipidir. Akselerometreler titreşimin ivmesini ölçerler. Titreşimden kaynaklı mekanik hareketinin ivmesi elektrik sinyaline dönüştürerek çıkış verirler.



Şekil 3.4 Titreşim sensör yüzey montaj resmi

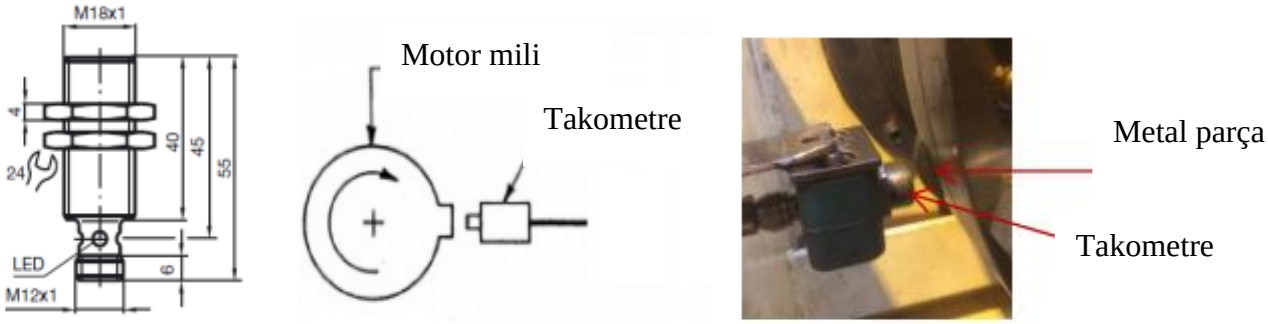
Sensör içinde bulundurduğu ve piezo adı verilen kristalin titreşime bağlı olarak oluşturduğu hareket sonucu oluşturduğu tepki izlenerek titreşim modellenir. En genel hassasiyeti 100 mV/g'dir yani 1g's ivmelik değişim karşılığında 100 mV (+/-5) voltaj üretir ve kontrol ünitesine çıkış verirler. Günümüzde en yaygın kullanılan bu titreşim sensörlerinin avantajları ise:

- Oldukça dayanıklıdır, montaj için ufak boyuttadır ve hafiftir rahatlıkla taşınabilir ve yer değiştirilebilirler.
- ASH205-T referanslı sensör aynı zamanda sıcaklık ölçümü de yapar.
- Frekans ölçüm aralığı geniştir.
- Mıknatısla veya saplama yöntemi ile ilgili yüzeye montajı sağlanabilir.

3.2 Takometre

Vibrasyon izleme sistemlerinde en önemli değişkenlerden birisi dönme devridir. Bu sebep ile motor dönüş devrini sisteme aktaracak olan bir takometre kaplini görecek şekilde montajlanmış ve kontrol ünitesine kablo çıkışı verilmiştir. Takometre kapline montajı yapılan metal bloğu her gördüğünde 1 dijital çıkışı verir ve bunu her bir dakika içinde gerçekleştirir. 1 dakikalık sonuç neticesinde her 1 sinyalinin toplamı motorun o

anki dönüş devrine eşittir. Örnek vermek gerekirse takometre 1 dakika içinde 1200 defa 1 sinyali üretiyor ise bunun anlamı motorun devrinin 1200 RPM olduğunu gösterir.

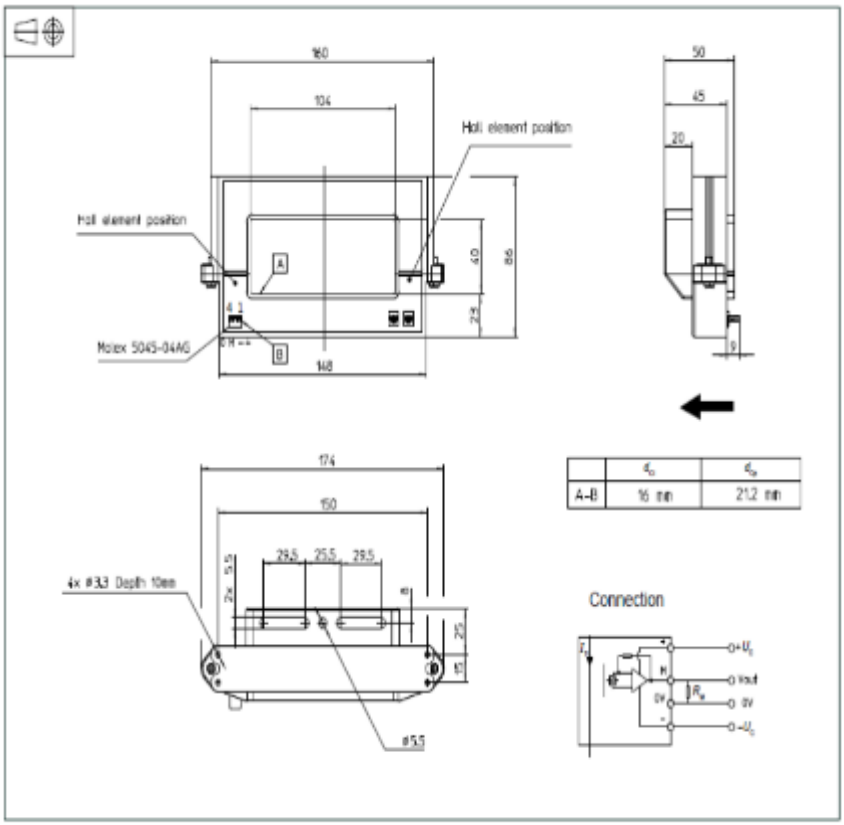


Şekil 3.5 Takometre teknik resmi ve montajı

Takometre indüktif sensör mantığı ile çalışır bu sebeple motor kaplinine montajı yapılan blok metal olmalıdır. Takometre için teknik detaylar EK3 te paylaşılmıştır.

3.3 Akım trafosu

Kullandığımız sistemde mekanik bozulmaların tespitinin önemi olduğu kadar motor üzerindeki elektriksel problemlerinde tespiti amaçlı her faz için akım trafosu kullanılmış olup motorun çekmiş olduğu akım değeri sisteme aktarılmıştır.



Şekil 3.6 Akım traforsu teknik resmi



Şekil 3.7 Akım trafosu faz çıkışları montaj görseli

3.4 MVX Kontrol Ünitesi

MVX kontrol ünitesi tesiste yerleştirdiğimiz sensörlerin kablo bağlantısı ile bağlandığı ve bu sensörlerden gelen çıkış sinyal verilerin matematiksel dönüşümü yaparak XPR programının ara yüzünde görmemizi sağlayan modüldür. Bu model kullanılacak sensör sayısına bağlı olarak boyut olarak değişkenlik gösterebilir. Piyasada mevcut durumda 16, 24, 32 kanallı MVX modüller kullanılmaktadır. Bu çalışmada 24 kanallı kontrol ünitesi kullanılmıştır. Sensör kanal eşleşmesi EK4 de bilginize sunulmuştur.



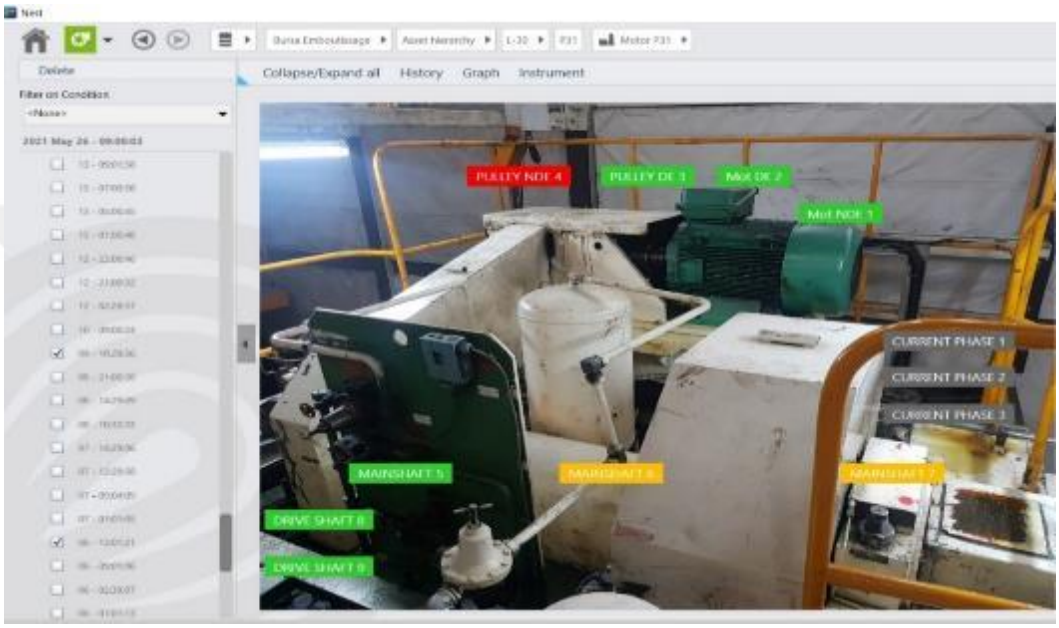
Şekil 3.8 MVX kontrol ünitesi



Şekil 3.9 MVX kontrol ünitesi kabin içi bağlantısı

3.5 NEST Durum İzleme Programı

Elektrik kabin için bağlantıları tamamlanan sisteme enerji verilmesi sonucunda sistem program üzerinden takip edilir hale gelmektedir. Durum izleme ve son ölçüm için kullanılması gerekli olan programın adı NEST ara yüzüne giriş yapıldığında sistem de sol tarafta ilgili tarih seçimi yapılarak geçmişe yönelik veriler de görülebilir. Ana ekran da ise montajı yapılan sensörlerden gelen veriler görülmektedir.

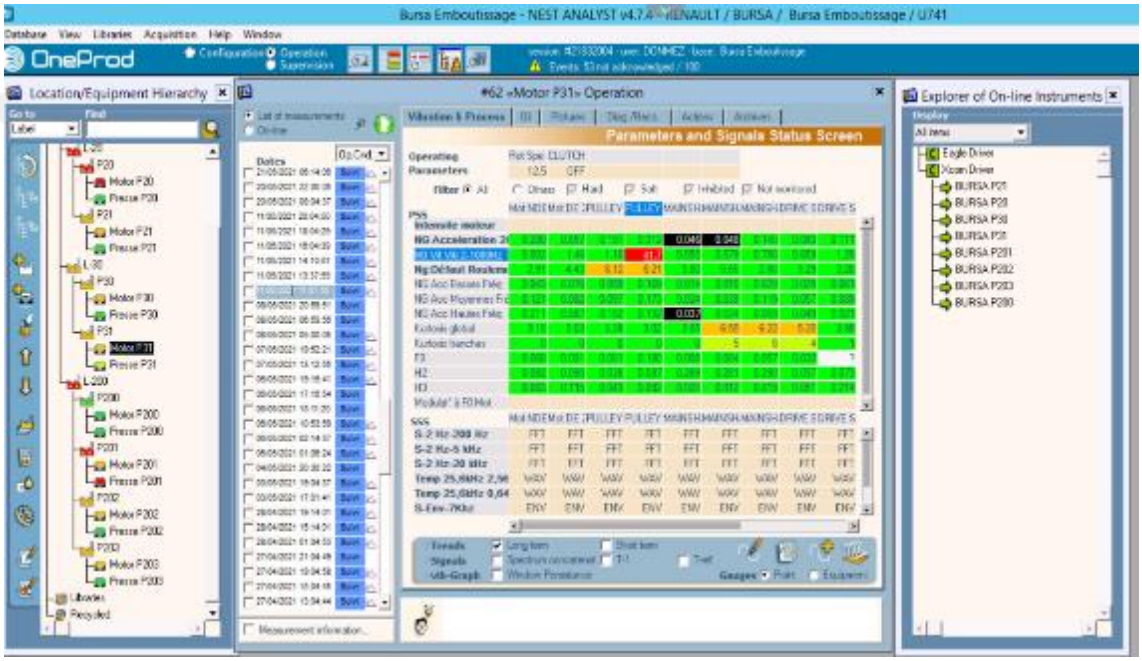


Şekil 3.10 NEST program ara yüzünde 31 numaralı pres ve sensör görselleri

Şekil 3.11'de görüldüğü gibi renklerde uyarı satırları bulunmaktadır. Uyarı satırları dikkate alındığında kırmızı renk kritik durum, sarı renk takip edilmesi gereken durum, yeşil renk ise uygun durum olarak değerlendirilmelidir. Ancak problemin asıl kaynağının ne olduğunu öğrenmek ve detaylı analizler yapmak NEST programı üzerinden yapılamamaktadır. Bu sebeple problemin kök nedenini doğru analiz edilip doğru aksiyon alınması için analiz programı olan XPR üzerinden dalga form ve spektrum analizleri yapılmalıdır. Bu yapılan analizler neticesinde yapılacak bakım çalışması netlik kazanacaktır.

3.5 XPR Analiz programı

NEST durum izleme de belirlenen anormallik XPR programında ise bu anormalliğin analizi yapılmalıdır. Yapılacak bakım aksiyonu bu analizler sonucunda netleşmeli yedek parça temin edilmeli ve bakım süresinin en aza indirgenmesi sağlanmalıdır. Bu sebeple yapılacak dalga form ve spektrum analizleri yüksek önem taşımakta ve doğru bakım müdahalesinin belirlenmesinde ön planda tutulmalıdır. XPR Ara yüzünde sisteme dahil olan ekipmanların ağaç yapısı, alınan ölçümlerin tarihsel arşivi ve her bir sensörden gelen verilerin analizinin yapıldığı programdır.

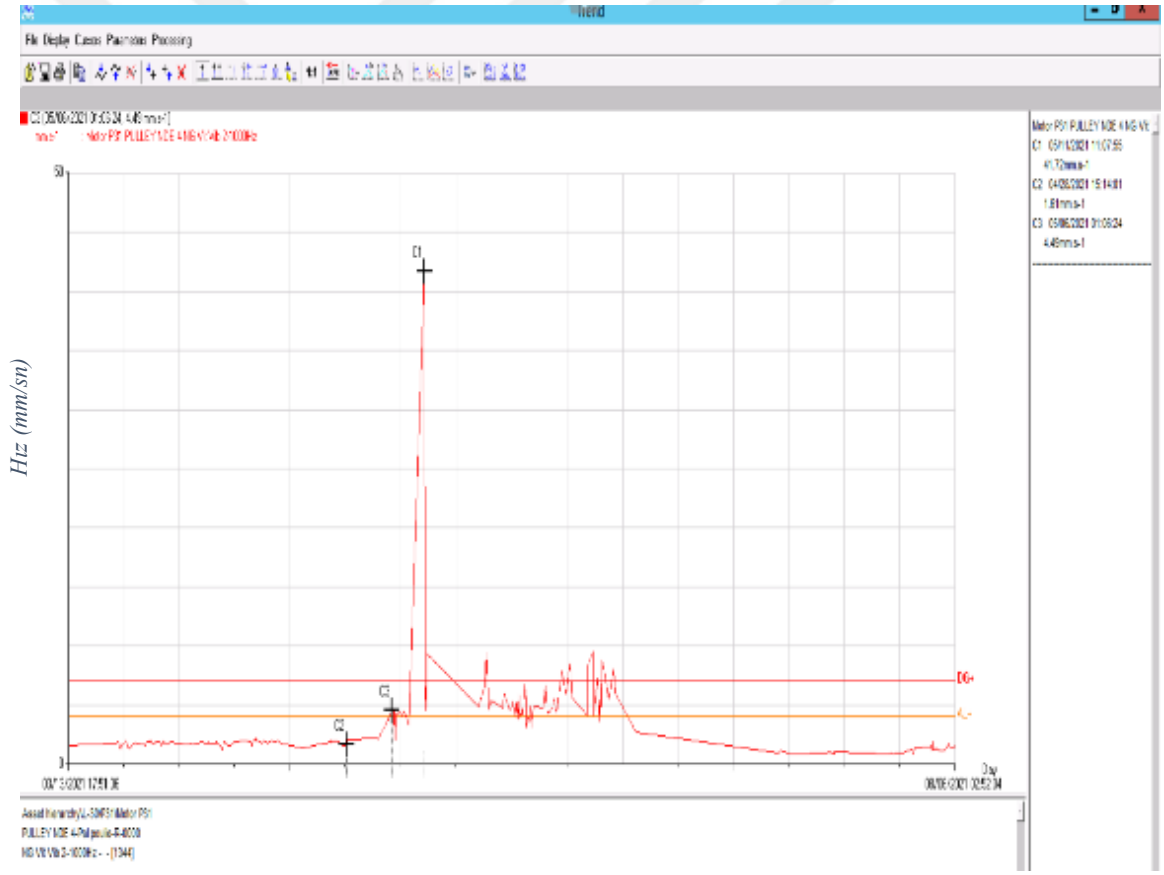


Şekil 3.11 XPR programında analiz ara yüzü

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

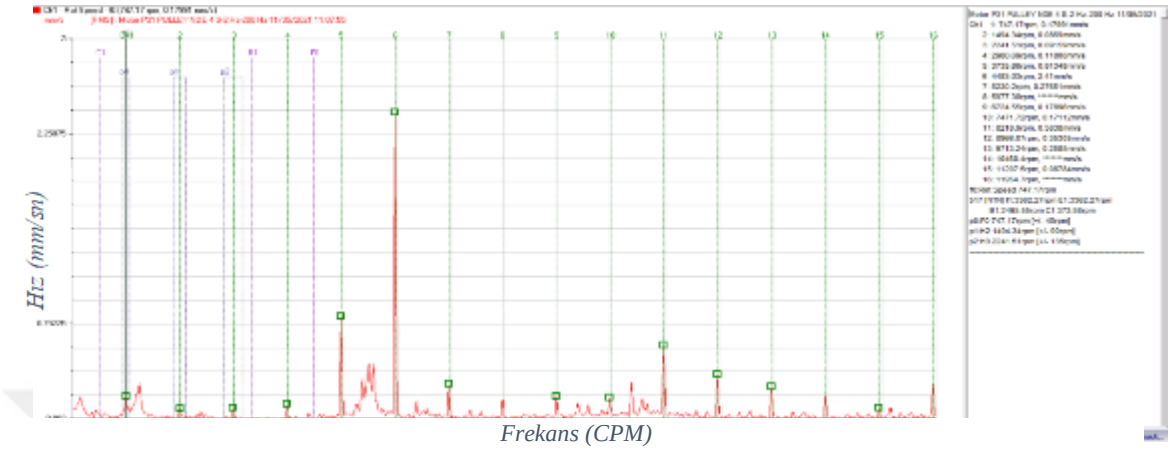
Yapılan bu çalışmada mekanik sac işleme preslerinde kullanılan çevrimiçi veri izleme metodunda kullanılan parametrelerin irdelenmiş ve tespit edilen anormallikler analiz edilerek, problemin kök nedenine yönelik alınan aksiyonlar ve anormallik bulunduran ekipmanların görseli paylaşılmıştır.

Analiz 1: P31 için alınan ölçümler sistemden gelen uyarı bildirimi sonrası NEST programında değerlendirildiğinde gelen uyarı sonucu gerekli analizlerin yapılabilmesi için XPR programında detaylı grafiksel irdelemelerin yapılmasına karar verilmiştir. Anormalliğin doğru tespiti için kullanılan grafikler aşağıda görselleri ile beraber belirtilmiştir.



Şekil 4.1 Pres 31-4 numaralı sensörden gelen titreşim trend grafiği

Şekil 4.1'de görüldüğü üzere titreşimin hız değerindeki artış C1 imlecinde eşik değerin çok üzerine çıkmıştır. Titreşimin hız cinsinden neden bu kadar arttığının bulunması için spekturum grafiğinde analiz devam edecektir.



Şekil 4.2 Pres 31-4 numaralı sensör spektrum grafiği

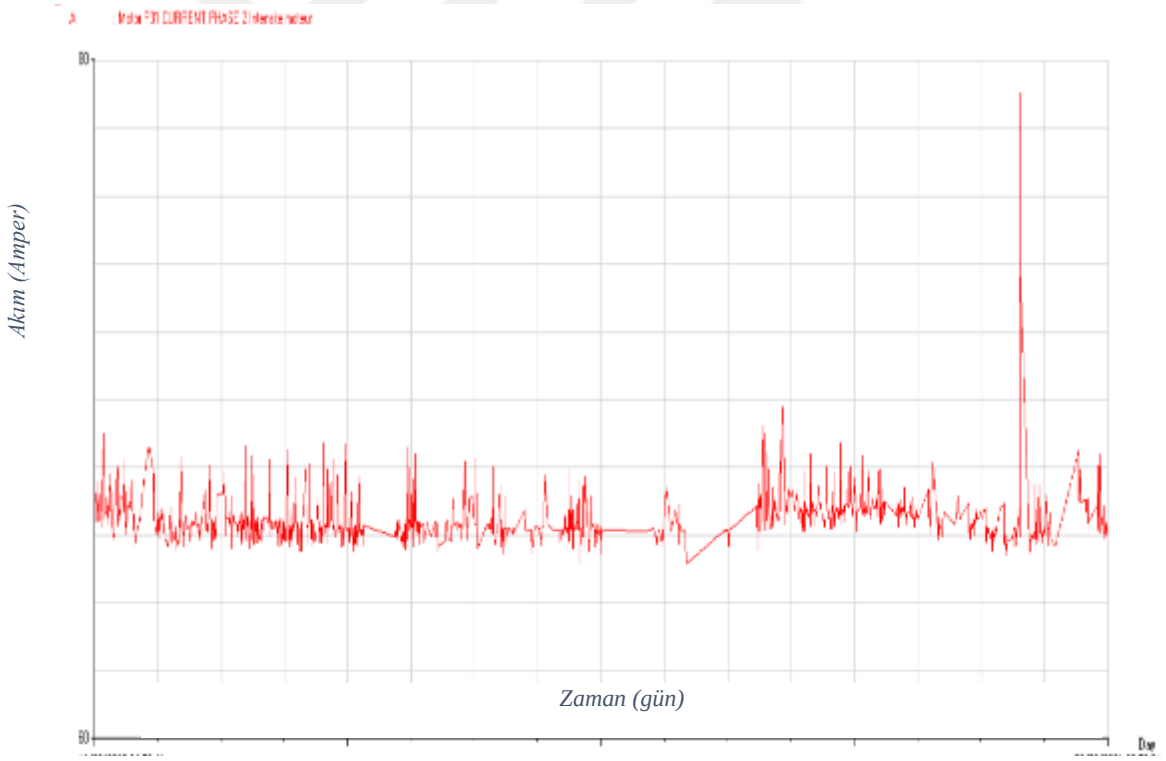
Milin dönüş devri 747 dev/dk olarak ölçülmüştür. Düşük frekans bölgesinde yapılan incelemeler neticesinde her devir katında baskın tepecikler oluşmuş en baskın tepecik ise devir katının altı katında meydana gelmiştir. Bu bize arıza kaynağının mekanik gevşeklik olabileceği yönünde bilgi vermektedir.



Şekil 4.3 Bakım yapılan 4 numaralı yatak rulmanı ve kasnak grubu

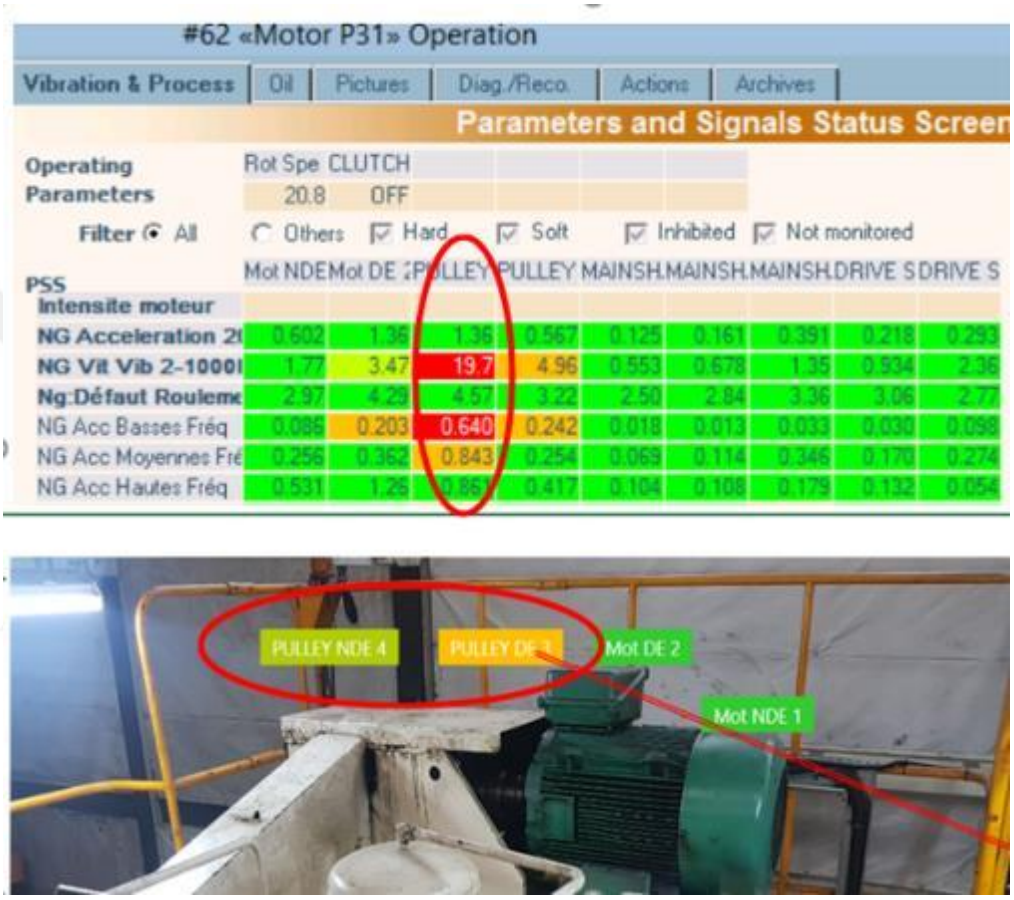
Bakım ekiplerince yapılan müdahale tesisin üretime kapalı olduğu zaman diliminde gerçekleşmiştir. Bu kontrollerde manşon kitleme mekanizmasının kırıldığı ve buna bağlı olarak sıkma manşonun gevşediği tespit edilmiştir. Gevşek sıkma manşonu rulman için boşluklu geçme problemini ortaya çıkarmıştır. Dönüş esnasında bu gevşeklik sebebi ile rulman deforme olmuş, kasnak şaftında aşınmalar meydana gelmiştir. Değişim sonrası titreşim trend grafiğinde iyileşme görülmüştür. Anormallik doğru tespit edilmiş ve giderilmiştir.

Analiz 2: Takdir edilmelidir ki titreşim mekanik bozulmalarda ilk ortaya çıkan ve arıza tespitinin en iyi yapılabileceği parametredir. Ancak sistemde kullandığımız akım trafolarından gelen verilerin trend grafiğini de incelediğimiz de presin ilk hareket organı olan motorun çekmiş olduğu akımda anlık bir artış karşımıza çıkmaktadır. Normal çalışma şartlarında 60 Amper çeken motor 80 Amper akım çekmeye başlamıştır.



Şekil 4.4 P31 Ana motorun çekmiş olduğu akım trend grafiği

Elektrik motorun ani olarak fazla akım çekmesinin birçok nedeni olabilir. Ancak burada titreşimde olduğu kadar problemi analizler ile tanımlamak çok kolay değildir. Problem mekanik ve/veya elektriksel olma özelliğine sahiptir. Bu sebeple diğer parametrelerden de faydalanılmıştır. XPR programında ana ekranına baktığımızda aynı anda gelen titreşim verilerinde 3 Nolu sensörden eşik seviyesinin üzerinde olduğu görülmüştür.



Şekil 4.5 XPR programı pres31 ana ekranı

Akım grafiğindeki artışın sebebinin buradaki mekanik zorlanmanın neden olduğu düşünülebilir. Sahada kontrollerini gerçekleştirdiğimizde ana motor sonrası yataklama grubunda eksen kaçıklığına bağlı olarak mekanik gerilmeler ve baskı kuvvetinin bir yönde zorlaması neticesinde yatak alt kep sabitleme cıvatasının kestiğini tespit edilmiştir. Bu mekanik gerilmelerin cıvata kesmesi sırasında oluşturduğu kuvvet maksimum seviyede olacaktır. Motor kırılma esnasında onun çalışmasını zorlayan maksimum direnç kuvveti ile karşı karşıya kalmış ve anlık akım değişimine maruz kalmıştır.



Şekil 4.6 Ana motor 3 numaralı yatak cıvata problemi

Analiz 3: Sıcaklık verisi ile de birçok anormallik tespit edilebilir. Sıcaklık özellikle mekanik arıza tespitinde de önemli bir parametredir. Yağsız çalışan ekipmanlarda yağ filmi oluşmamasından dolayı metalin metale sürtmesi kaynaklı sıcaklık artışları ortaya çıkabilir. Bu mekanik sac işleme preslerinde sıcaklık artışı ile tespit edilebilecek en güzel örneklerden biridir. P31 üzerinde montajı yapılan sensörlerin aldığı sıcaklık verileri trend grafiği incelendiğinde 6 numaralı sensör verilerinin belirlenen eşik seviyesinin çok üstünde olduğu anlaşılmıştır ve bu noktada rulmanın yağ filmi oluşmadan dönmesi sonucu mekanik sürtünme sesi de belirgin olarak duyulmaktadır. Pres acil olarak imalat planlamasından çıkartılmış bakım çalışması için kalıplar başka preslere kaydırılmıştır. 6 numaralı yatak mili söküldüğünde rulmanın yağsız çalışmaktan dolayı yanma noktasına geldiği tespit edilmiş ve değişimi gerçekleşmiştir. Bu analizde çevrimiçi veri izleme yöntemi ile yapılan bakım yönteminde sıcaklığın mekanik problemlerin tespitinde ne kadar önemli bir veri olduğu açıkça görünmektedir. Veri çeşitliliği endüstri 4.0 için en temel dayanaktır. Ancak var olan verilerin incelenmesi, doğru analizlerin yapılması da bu dayanağını güçlendiren ve işlemi sonuca başarı ile götüren en kritik adımlardan birisidir.



Şekil 4.7 6 Numaralı yatak sıcaklık trendi

Bu noktada değinilmesi gereken başka bir konuda mekanik sürtünmede aşırı sıcaklık yağlı ortamlarda yangın riski de barındırmaktadır. Bu risk gerçekleşirse tesislerde ciddi kayıplara sebep olması hiç istenilecek bir durum değildir. Bu sebep ile bu gibi anormallikler hem imalat kazancı sağladığı gibi hem de yangın riskini ortadan kaldırmak için derhal müdahale edilmesi gereken anormalliklerdir. Sıcaklık artışı metalin genleşmesi sonucu dış bilezik üzerinde yüksek bir basınç oluşturmuş ve dış bilezik üzerinde çatlaklar, kırıklar oluşturmuştur. Rulman makaraları ileri düzeyde aşınmış tespit edilmiştir.



Şekil 4.8 6 Numaralı yatak rulman görseli

5. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada mevcutta yapılan bakım yöntemleri ile çevrimiçi veri akışı sağlayarak yapılan kestirimci bakım yöntemleri mukayese edilmiş ve çevrimiçi veri akışı sağlayan kestirimci bakım yönteminin diğer bakım yöntemlerine olan üstünlükleri sıralanmıştır.

Yapılan analizler neticesinde tespit edilen anormalliklerin imalat esnasında gerçekleşmediği için kazanılan duruş süreleri ve elde edilen imalat kazancına dikkat çekilmiştir.

Analiz1 için kullanılan çevrimiçi veri izleme sistemine bağlı olarak tespit edilen anormallik eğer bu sistem kullanılmadan plansız bakım yöntemi ile giderilmiş olsaydı veya bir başka deyiş ile imalat esnasında bu arıza yaşanmış olsaydı imalat yaklaşık olarak 2 vardiya kayıp yaşamış olacaktı. Bu kayıp geçmiş senelerde yaşanılan aynı arızanın devreye alma süresi baz alınarak verilmiştir. Eğer bu süreyi dakikaya çevirirsek 2 vardiya için imalat süresi 870 dakika çevrime kapalı kalacaktır. Burada P31 dakika başı 12 parça bastığını da dikkate alırsak 10440 adet eksik parça basılmış olacaktı. Bu da aslında dolaylı olarak 10440 adet eksik otomobil üretimine tekabül edecektir. Peki analiz1' de tespit edilen bu anormallik manuel yapılan kestirimci bakım yöntemleri ile tespit edilebilir miydi? Cevabımız ne evet ne de hayır, bir ihtimal diyebiliriz ancak günümüz teknolojisinde üretim şartlarını ihtimallere bağlamak kâr amacı güden şirketler için ne kadar büyük bir risk oluşturacağını tahmin edilemez bir durumdur. Öncelikle mevcut kestirimci bakım yöntemlerinde görevli operatörlerin ölçüm alma frekansı 2 ayda bir gerçekleşir. Analiz1 için var olan bozulma süresi 12 gün içinde gerçekleşmiştir. Bu sebeple mevcut kestirimci bakım yöntemleri ile tespiti oldukça düşük bir ihtimaldir. Çevrimiçi veri akışı ile yapılan bakım yöntemi diğer bakım yöntemlerine sağlamış olduğu bir diğer üstünlük ise ergonomidir. Mevcut bakım sistemleri iş gücüne ihtiyaç duyarken çevrimiçi takip edilen bu sistem de iş gücüne ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu çalışmada devreye alınan sisteme gelen sensör verilerinde eşik değerinin aşılması halinde alınan uyarı ve yapılan analizler ile problemin tespiti kolaylıkla gerçekleştirilmiştir.

Analiz.2 için yapılan değerlendirmede ise motor akımın anlık yükselişi neticesinde hiçbir bakım yöntemi ile tespit edilemeyecek bir anormallik giderilmiştir. Bu analizde ise çevrimiçi veri izlemeye dayalı bakım yönteminin birçok parametreden beslendiği ve elektriksel bir parametre olan akım değerinin arıza tespitinde başarılı bir parametre olduğu ortaya konmuştur. Bu anormallikte tespit edilemeden pres çalışmaya devam etse idi motor çekmiş olduğu yüksek akım sonucu sargılarda yanma meydana gelecek ve motor üretime açık olan bir zaman diliminde arızalanacaktı. İmalat esnasında problemin tespiti, motor değişimi ve tekrar devreye alma süresi 7 saat olarak geçmiş dönemde yaşanılan arıza verilerine dayanarak ortaya konmuştur. Bu süre zarfındaki üretim kaybı 5040 parça olarak belirlenecektir. İlave olarak motor yanacağı için yedek motor sipariş edilecek ve bunun için 7717 € bir harcama yapılacaktı.



Şekil 5.1 Pres31 pres motor etiketi

Analiz3 de ise üretim 21 saatlik bir duruş yaşanmasının önüne geçilmiştir. Bu anormalliğin kök nedeni, yağlama kanalının tıkalı olmasıdır. Bu anormallik de diğer bakım yöntemleri uygulanarak tespit edilmesi oldukça düşük ihtimaldir. Sıcaklık artışı kısa sürede gerçekleşmiş olup bozulma başlamıştır. İmalatın kazanılan bu süre zarfında basmış olduğu parça 13860 adettir.

Çizelge 5.1 Engellenen duruşlar sonucu elde edilen kazanç tablosu

Tespit Edilen Anormallik Kazanç Tablosu			
	Analiz1	**Analiz2**	**Analiz3**
Kazanç	10440 Adet Fazla Parça	5040 Adet Fazla Parça 7717 € Yedek Parça Kazancı	13860 Adet Fazla Parça

Tespit edilen bu 3 anormallik örneğinde görüldüğü gibi çevrimiçi veri izleme sisteminin mekanik sac işleme preslerindeki anormalliklerinin başarı oranı diğer bakım yöntemlerine göre oldukça yüksektir. Tespit edilen anormalliklerin üretime kapalı zamanda bakım yapılarak tekrardan devreye alınması üretime olan katkısı ve yedek parça maliyetlerindeki karlılığı ortaya konulmuştur.

KAYNAKLAR

Anonim, 2001. EMERSON, Process management reliability company education notes, 2001, Denver, USA.

Anonim, 2013. Mekanik presler. http://hidrolikpres1.blogspot.com/2013/11/hidrolik-pres.html-(Erişim tarihi:10.08.2021).

Anonim, 2017. Kestirimci bakım. http://www.vibrasyon.com/index.asp-(Erişim tarihi:10.08.2021).

Anonim, 2017. Mekanik presler. http://www.plastturkmakine.com/-(Erişim tarihi:10.04.2021).

Anonim, 2018. Üretim tesislerimiz. https://www.oyak-renault.com/-(Erişim tarihi:10.08.2021).

Anonim, 2019. Mekanik pres nedir? https://www.muhendisbeyinler.net/mekanik-pres-nedir-nasil-calisir/-(Erişim tarihi:10.04.2021).

Anonim, 2021. Kütlesel şekillendirme yöntemi ile sac ve levha işlemleri. http://mekatronik.kocaeli.edu.tr/upload/duyurular//091219073900f038f.pdf-(Erişim tarihi:13.08.2021).

Anonim, 2021. Pres bakım faaliyetleri. https://www.yildizmakinebakim.com/pres-bakim-faliyetleri-nelerdir.html-(Erişim tarihi:10.08.2021).

Anonim, 2021. Pres ve iş sağlığı ve güvenliği. https://isgtedbir.com/is-ekipmanlari/pres/-(Erişim tarihi:10.08.2021).

Berry, J., 2002 How to implement an effective condition monitoring program using vibration analysis-1, Technical Associates of Charlotte, San Diego, 489 pp.

Chu, C., Proth, J.M., Wolff, P., 1998. Predictive maintenance: The one-unit replacement model: Int.J.Production Economics, Ed.: Minnes, S., London, England, pp: 185-265

Dökme, F.,Taner E., 2013/4 Toplam verimli bakım stratejisi ve endüstriyel tesislerde uygulanmasının önemi. https://www.researchgate.net/publication/303886800-(Erişim Tarihi: 12/01/2021).

Yıldırım E., 2015. Titreşim analizi ile rulmanlarda kestirimci bakım, *CBÜ Fen Bilimleri Dergisi* , 11(305): 17-23.

Erdin, E., 2010. Sac şekillendirme işlemleri? Hitit Üniversitesi, http://web.hitit.edu.tr/dosyalar/materyaller/eminerdin@hititedutr300420180H7S9C0E.pdf/-(Erişim tarihi:10.04.2021).

Groover, M.P., 2010. Fundamentals of modern manufacturing 4th. Lehig University., Bethlehem, USA, 54 pp.

Gülmez, T., 2011. İTÜ İmal usülleri ders notları. İstanbul**,** https://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI/ch06-Sac%20PSV.pdf-(Erişim tarihi:13.09.2020).

Kalyoncu M., 2006. Titreşim analizi ile makina elemanları arızalarının belirlenmesi, *Mühendis ve Makina*, 47(552): 27-34.

Köse K. 2005. Makina arızalarının belirlenmesinde titreşim analizi, *Mühendis ve Makina*, 45(538): 28-35.

Köse, K. 2005. Kestirimci bakım-2, bakım teknolojileri kongre ve sergisi bildiriler el kitabı, *MMO Dergisi*, 370:96-104

Orhan S., Aktürk N., Çelik V., 2005. Vibration monitoring for defect diagnosis of rolling element bearings as a predictive maintenance tool, *NDT&E International*, 39(3):293–298.

Örs, D., Düzkaya E., Meşeci, E.Y., Şekerci, E.M. 2018. Sac metal şekillendirme ve uygulamaları. *Yüksek Lisans Tezi,* Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

Özbay, A. 2002. Predictive maintenance and its applications in ındustry. *Yüksek Lisans Tezi,* Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balcalı, Adana.

Öztanır, O. 2004. Makine Öğrenmesi Kullanılarak Kestirimci Bakım. *Yüksek Lisans Tezi,* Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Setright, L. J. K., 2004. Drive on a social history of the motor car, Ed.: B.Granta ,London, UK, 15 pp.

Yaman, G., Karadayı, H. M. 2014. Tesisat Mühendisliği. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2013, Milli Kütüphane, İzmir.

Yağır, M. 2015. Endüstriyel ürünlerde proses azaltıcı – birleştirici kalıp tasarımları ve prototip imalatı. *Yüksek Lisans Tezi,* SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Sakarya.

Yıldız, A. 2013. Mekanik preslerde kullanılmaya uygun bir sürekli değişken aktarma organının tasarımı ve analizi. *Yüksek Lisans Tezi,* UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

EKLER

EK 1 MVX Kontrol Ünitesi Kanal Kablo Bilgileri

EK 2 ASH205-T Titreşim ve Sıcaklık Sensörü Katalog Bilgileri

EK 3 Takometre İçin Kullanılan Sensör Katalog Bilgileri

EK 4 MVX Kontrol Ünitesi Teknik Doküman

EK1 MVX Kontrol Ünitesi Kanal Kablo Bilgileri

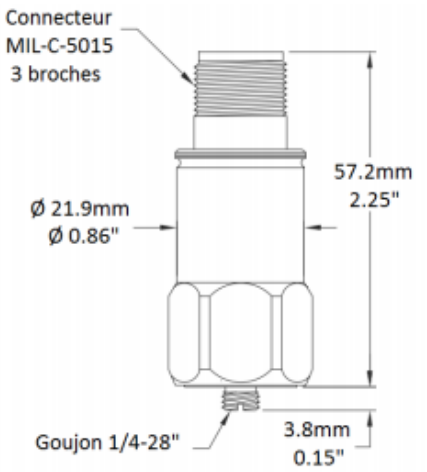
Type de voie *Type of channel*	N° VOIE MVX *Channel Number*	Repérage bornier ACOEM *Terminal Name in ACOEM Cabinet*	Repérage câble Renault *Cable name*	Presse or Coussin *Presse or Cushion*	Repérage du point de mesure *Sensor name*	Description du point de mesure *Sensor description*	Type du point de mesure *Type of sensor and signal*
Analogique	CH1	X4 - 01		Press 31			
	CH2	X4 - 02		Press 31	RPM	RPM	Top Tour
	CH3	X4 - 03		Press 31	Main motor(R)	Acc 1	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH4	X4 - 04		Press 31	Main motor(F)	Acc 2	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH5	X4 - 05		Press 31	Motor pulley(R)	Acc 3	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH6	X4 - 06		Press 31	Motor pulley(F)	Acc 4	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH7	X4 - 07		Press 31	Main Shaft Bearing(23024 cc w33)	Acc 5	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH8	X4 - 08		Press 31	Main Shaft Bearing(23032 cc w33)	Acc 6	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH9	X4 - 09		Press 31	Main Shaft Bearing(22240 cc w33)	Acc 7	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH10	X4 - 10		Press 31	Drive Shaft Bearing(23034 cc w33)	Acc 8	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH11	X4 - 11		Press 31	Drive Shaft Bearing(23040 cc w33)	Acc 9	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH12	X4 - 12		Press 31	Drive Shaft Bearing(23040 cc w33)	Acc 10	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH13	X4 - 13		Press 31	Drive Shaft Bearing(23038 cc w33)	Acc 11	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH14	X4 - 14		Press 31	Int Shaft(23134 cc w33)	Acc 12	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH15	X4 - 15		Press 31	Int Shaft(23134 cc w33)	Acc 13	Accéléromètre ASH426 ou ASH205B 100mV/g
	CH16	X4 - 16		Press 31	Current sensor		Capteur courant HOP-2000-SB 2mV/A
	CH17	X4 - 17		Press 31	Current sensor		Capteur courant HOP-2000-SB 2mV/A
	CH18	X4 - 18		Press 31	Current sensor		Capteur courant HOP-2000-SB 2mV/A
	CH19	X4 - 19					
	CH20	X4 - 20					
	CH21	X4 - 21					
	CH22	X4 - 22					
	CH23	X4 - 23					
	CH24	X4 - 24					

EK2 ASH205-T Titreşim ve Sıcaklık Sensörü Katalog Bilgileri

Modèle ASH205T
Accéléromètre industriel, et capteur de température, connecteur axial

Caractéristiques de mesure

Sensibilité, à 25°C	100 mV/g, +/- 5%
Gamme d'accélération	80 g
Non-linéarité en amplitude	1%
Réponse en fréquence (nominale)	
• ± 5%	3–5 000 Hz
• ± 10%	1–7 000 Hz
• ± 3 dB	0,5–12 000 Hz
Fréquence de résonance monté (nominale)	30 kHz
Sensibilité transversale	5%
Réponse en température	
• -25°C	-10%
• +120°C	+10%
Bruit électrique nominal, équiv. g :	
○ Bande 2,5 Hz–25 kHz	700 µg
○ à 10 Hz	10 µg/√Hz
○ à 100 Hz	5 µg/√Hz
○ à 1000 Hz	5 µg/√Hz
Sensibilité en temperature	10 mV/°C
Gamme de mesure de temperature	2 to 120°C



Raccordement électrique

Alimentation	
• Courant constant	2 à 10 mA
• Tension de source	18 à 30 VDC
Impédance de sortie	100 Ω
Point de repos	12 VDC
Mise à la terre	boîtier isolé avec blindage interne
Connecteur	3 broches à visser, type MIL-C-5015
Câblage connecteur	
• A	alimentation / signal vivration
• B	commun
• C	signal température

CE

Environnement

Température de fonctionnement	-50°C à 120°C
Vibrations	500 g crête
Chocs	5 000 g crête
Sensibilité électromagnétique équiv. g (max.)	70 µg/Gauss
Sensibilité aux contraintes de base (max.)	0,0002 g/µstrain
Etanchéité	hermétique

Mécanique

Elément sensible	PZT cisaillement
Poids	90 g
Boîtier	acier inoxydable 316L
Fixations	trou fileté 1/4-28

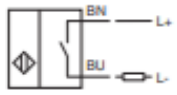
EK3 Takometre İçin Kullanılan Sensör Katalog Bilgileri

Inductive sensor NCB5-18GM40-Z0

Technical Data

Switching frequency	f	0 ... 350 Hz
Hysteresis	H	1 ... 10 typ. 5 %
Reverse polarity protection		reverse polarity tolerant
Short-circuit protection		pulsing
Voltage drop	U_d	≤ 5 V
Operating current	I_L	2 ... 100 mA
Lowest operating current	I_m	2 mA
Off-state current	I_r	0 ... 0.5 mA typ.
Switching state indicator		all direction LED, yellow
Functional safety related parameters		
$MTTF_d$		1739 a
Mission Time (T_M)		20 a
Diagnostic Coverage (DC)		0 %
Compliance with standards and directives		
Standard conformity		
Standards		EN 60947-5-2:2007 EN 60947-5-2/A1:2012 IEC 60947-5-2:2007 IEC 60947-5-2 AMD 1:2012
Approvals and certificates		
UL approval		cULus Listed, General Purpose
CSA approval		cCSAus Listed, General Purpose
CCC approval		Certified by China Compulsory Certification (CCC)
Ambient conditions		
Ambient temperature		-25 ... 70 °C (-13 ... 158 °F)
Mechanical specifications		
Connection type		cable PUR , 2 m
Core cross-section		0.34 mm^2
Housing material		Stainless steel 1.4305 / AISI 303
Sensing face		PBT
Degree of protection		IP67

Connection



Accessories

	**EXG-18**	Quick mounting bracket with dead stop
	**BF 18**	Mounting flange, 18 mm

OneProd

MVX ONLINE MONITORING SYSTEM
Technical datasheet

MONITORING AND DIAGNOSIS OF CRITICAL MACHINES



The self-contained and intelligent ONEPROD MVX system is intended for continuous multi-channel monitoring of rotating machinery, enabling the early detection of faults, even on the most complex machines. It is the culmination of ONEPROD's 25 years' experience of machinery monitoring throughout the industrial sector.

ONEPROD MVX is a versatile system offering 8 to 32 data acquisition channels for all signal types (IEPE, AC voltage, DC voltage, 4-20 mA, impulses). With its flexible configuration options and extensive calculation capacity, this system makes it possible to implement intelligent and targeted localized monitoring.

General		
Monitoring	Number of channels	8, 16, 24 or 32
	Type of inputs	IEPE AC, IEPE DC, 4-20 mA, voltage input (AC+DC, DC), impulse counter
	Logical inputs	4 or 8 logical inputs
	Long-time waveform option (DAT)	Up to 82 s of signal on 30 channels regardless of the sampling frequency with a max of 4 Msamples
	Management of variable operating conditions	Up to 10 operating conditions per machine (including a default condition in case of communication loss with the PLC or OPC server)
	Number & type of operating parameters	Up to 6 parameters (3 process scalar information + 3 logical inputs)
	Monitoring frequency	Up to real-time capabilities
	Low-speed shaft monitoring	Suited for low-speed shafts starting from a few RPM. Automatic early fault detection with Shock Finder algorithm
	Storage to database	Periodic, condition-based, alarm-based, triggered manually
	Prevention against false alarms	Customizable parameters: Hysteresis management, stabilization delay, operating condition time-out
Interfaces	Modbus	I/O (RS485 or TCP/IP)
	OPC	I/O
Physical	Dimensions	MVX-160: 350 x 171 x 86 mm
		MVX-320: 350 x 171 x 100 mm
	Weight	about 3.1 kg (or 6.8 lbs)
	Casing matter	galvanised steel
	Mounting	DIN TS 35 rail; optional: pre-equipped cabinet
	Transportable version	Check our ONEPROD VMS datasheet (transportable case with BNC inputs)
	Compliances	CE
Environmental	Protection	IP 20
	Operating temperature	from -20 to +60°C
	Humidity	95% max, with no condensation
	Storage temperature	from -20 to +75°C
	Vibrations	NF60-002 compliant according the following limits:
		0.4 m/s between 5 Hz and 20 Hz
		5g pick between 20 Hz and 120 Hz
	Cooling system	through forced air
	Air flow rate	up to 35 m^3/h

NOT3018 March 2015 H