Pamukkale Univ Muh Bilim Derg, 29(1), 104-109, 2023

Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi

Pamukkale University Journal of Engineering Sciences

Takım tezgâhlarının dinamik cevabına titreşim takozunun etkisi

The effect of vibration isolator on the dynamic response of machine tools

Ahmet KÖKEN[1] *, *Abdurrahman KARABULUT*[2]

[1]Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye.
ahmet.koken@dpu.edu.tr
[2]Makine Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, Türkiye.
akarabulut@aku.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 01.07.2021 Düzeltme Tarihi/Revision: 05.04.2022 doi: 10.5505/pajes.2022.68327
Kabul Tarihi/Accepted: 19.04.2022 Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Titreşim kuvvetlerinin makineye veya temele iletimini azaltmak için titreşim yalıtım sistemi uygulanır. Makinelerden kaynaklanan titreşimler, çevreye yayılabilir ve aynı yerdeki veya komşu yerleşim alanlarındaki çalışanları ve diğer hassas makineleri olumsuz etkileyebilir. Bu çalışmada, takım tezgâhlarının zemin titreşim problemini azaltmak amacıyla titreşim sönümleyicilerin tezgâh zemin yalıtımına etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Takım tezgâhlarının dinamik cevabına titreşim takozunun etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, takım tezgâhlarının zemin yalıtımında titreşim takozu kullanılmasının, zemine iletilen titreşimlerin azaltılmasında etkili olduğunu göstermiştir. Titreşim takozu, zemine iletilen titreşimleri önemli ölçüde azaltmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlar, titreşim yalıtım elemanı olarak önerilen izolatörün uygulanabilirliğini ve geçerliliğini doğrulamaktadır. İzolatör, takım tezgâhlarının zemin titreşimini verimli bir şekilde en aza indirebileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Takım tezgâhı, Titreşim takozu, Sönümleme, Zemin yalıtımı.

Abstract

Vibration isolation system is applied to reduce the transmission of vibration forces to the machine or foundation. Vibrations from machinery can spread to the environment and adversely affect workers and other sensitive machinery in the same or adjacent residential areas. In this study, the effect of vibration dampers on the machine floor insulation was investigated experimentally in order to reduce the ground vibration problem of machine tools. The effect of vibration isolator on the dynamic response of machine tools was investigated. The results showed that the use of vibration isolators in the ground insulation of machine tools is effective in reducing the vibrations transmitted to the ground. The vibration isolator has significantly reduced the vibrations transmitted to the ground. The experimental results obtained confirm the applicability and validity of the proposed isolator as a vibration isolation element. The isolator has demonstrated that machine tools can effectively minimize ground vibration.

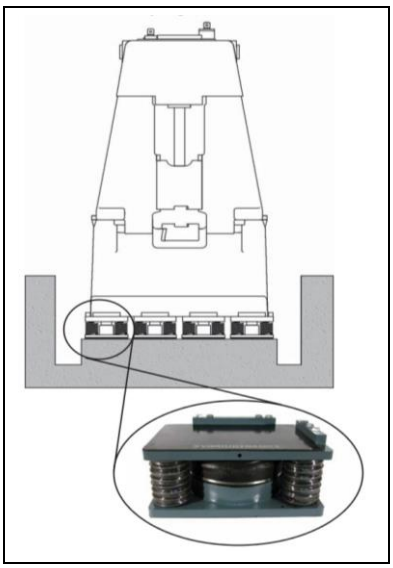
Keywords: Machine tool, Vibration isolator, Damping, Ground insulation.

1 Giriş

Endüstriyel uygulamalarda mekanik sistemler çalışırken titreşim oluşturur ve titreşimlerin makinenin yerleştirildiği zemine iletilmesini minimuma indirgemek için yalıtım yapılır. Hareketin olduğu her yerde titreşimlerle ilgili sorunlarla karşılaşılması olasıdır. Titreşimler; cihazlarda ve yapılarda fiziksel hasar oluşturabilir [1], aynı zamanda oluşan gürültü, yorgunluktan sırt ağrılarına, sinirlilikten bulantı ve dikkatsizliğe kadar çok değişik şekillerde çalışanların ruh ve beden sağlığını olumsuz etkilemektedir [2].

Titreşim yalıtımı, titreşimin istenmeyen etkilerinin azaltıldığı bir işlemdir. Temel olarak bu işlem belirlenmiş titreşim uyarı koşullarında sistemin cevabında bir azalmayı başaracak şekilde titreşen makine ile zemin arasına esnek bir izolatörün yerleştirilmesini ilgilendirir. Şekil 1'de bir makinenin zemin yalıtımında titreşim izolatörünün kullanımı görülmektedir. Bir yalıtım sisteminin işlevini yerine getirmesi için dış gücün gerekip gerekmediğine bağlı olarak pasif, aktif veya yarı aktif olduğu söylenir [3]. Dinamik etkilerin azaltılması için yapısında bir kontrol mekanizması da içeren aktif ve yarı aktif süspansiyon sistemleri tercih edilmektedir [4].

Titreşim yalıtımı için elastomer malzemeli titreşim takozları diğer alternatifleri arasında, yüksek sönümleme özelliklerine sahip olmaları ve ekonomik olmalarından dolayı daha çok tercih edilmektedir [5].



Şekil 1. Titreşim izolatörü.

Figure 1. Vibration isolator.

*Yazışılan yazar/Corresponding author

Son yıllarda araştırmacılar, titreşimi azaltmaya odaklanmış, titreşim yalıtımı konusunda kapsamlı araştırmalar yapmışlardır. Literatürde titreşim yalıtım elemanları ve titreşim sönümlemeleri üzerine oldukça yoğun çalışıldığı görülmektedir. Literatürde yapılan çalışmalardan bazıları şöyledir. Krishnamoorthy ve diğ. [6] Makine titreşim takozunun tasarımı ve analizi üzerinde çalışmışlardır. Bu çalışmada, titreşim takozunun tasarımını ve malzemesini değiştirerek performansını artırmayı amaçlamışlardır. Wang ve diğ. [7] Titreşim ve şok yalıtımı için mekanik bir sistemin tasarım optimizasyonunu gerçekleştirmek için yeni bir yöntem, özellikle bir dövme çekici için viskoz yay izolatör montaj sistemi üzerine çalışmışlardır. Viskoz yay izolatör montaj sistemi, uygun şekilde tasarlanırsa, şok ve titreşim iletimini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. Kumar ve diğ. [8] Bir makine temelinin yay montaj tabanı ve lastik pedi ile kombinasyonunda dinamik tepkisi üzerine çalışmışlardır. Aktif bir yalıtım önlemi olarak lastik ped makine tabanının hemen altında tutulduğunda en etkili hale geldiğini belirtmişlerdir. Mori ve diğ. [9] Takım tezgâhlarında düşük frekanslı artık titreşimi azaltmak için viskoelastik damper desteğinin modellenmesi üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada, geliştirilen damper bir viskoelastik dört elemanlı model kullanılarak modellemişlerdir. Mori ve diğ. [10] Viskoelastik sönümleyici desteği kullanılarak takım tezgâhı titreşiminin azaltılması üzerinde durmuşlardır. Bu çalışmada, önerilen damper sistemini çeşitli takım tezgâhlarına uygulamışlardır. Sonuçlar, damperin mevcut uygulanmış makineden daha büyük makinelerde etkili olduğunu göstermiştir. Guo ve diğ. [11] Takım tezgâhlarının aktif piezoelektrik titreşim yalıtım sistemi üzerinde çalışmışlardır. Titreşim kuvvetlerinin makineye veya temele iletimini azaltmak için titreşim yalıtım sistemi uygulamışlardır. Sonuçlar, bu titreşim yalıtım sisteminin istenmeyen titreşim ve rahatsızlıkların etkisini azaltmak için iyi bir performans elde edebileceğini göstermektedir. Karabulut ve diğ. [12] Giyotin makasın zemin bağlantısında elastomer titreşim takozu kullanılması ile zemine geçen titreşimin azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Öztürk ve diğ. [13] Dinamik yüklü temellerde titreşim yalıtımı üzerine çalışmışlardır. Bu çalışma, titreşim yalıtımının temel ilkelerini, yaygın titreşim sönümleyicilerin tanıtılmasını, mevcut makine temellerinde titreşim genliklerini azaltma yöntemlerini içermektedir. Łatas [14] Mekanik presin titreşim yalıtımında en uygun titreşim sönümleyicilerin pozisyonları üzerinde durmuştur. Bu çalışmada, harmonik uyarma kuvvetine maruz kalan mekanik bir preste dinamik titreşim sönümleyici konumlarını optimize etmiştir. Okwudire ve diğ. [15] Titreşim izolatörlerinin uygun şekilde yerleştirilmesiyle ultra hassas üretim makinelerinin artık titreşimlerinin en aza indirilmesi üzerine çalışmışlardır. Sonuç olarak, makinelerin eksenlerinin hareketi sırasında meydana gelen düşük frekanslı artık titreşimlerde beş kat azalma olduğunu belirtmişlerdir. Jia ve diğ. [16] Yüksek hızlı hassas pres için disk yayların tasarımı ve deneyleri üzerinde çalışmışlardır. Yüksek hızlı presin istenen bir titreşim yalıtıcısı için disk yaylarının optimum kombinasyonunu belirlemek için analiz etmişlerdir. Sonuçlar, titreşim yalıtımı için bir bütün olarak işlev gören doğrusal olmayan birleşik disk yaylarına sahip bir yalıtıcı olan birleşik titreşim yalıtıcısının en iyi seçim olduğunu göstermektedir. İzolatör, yüksek hızlı presin titreşimini verimli bir şekilde en aza indirebileceğini göstermiştir. Kawamura ve diğ. [17] Bu çalışmada, dinamik sönümleyici zemin titreşim yalıtım yöntemi önermişlerdir. Dinamik sönümleyicinin zemin yüzeyindeki uyarma noktasının yakınına yerleştirildiğinde yer titreşiminin izole edilebileceğini göstermişlerdir. Zhu ve diğ. [18] iki serbestlik dereceli (2-DOF) değişken sertliğe sahip doğrusal olmayan bir titreşim sistemini araştırmışlardır ve titreşim parametrelerinin ayarlanmasıyla titreşimin azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Saberi ve diğ. [19] Sıcak dövme çekicinin mekanik titreşimlerini teorik ve deneysel olarak araştırmışlardır. Kütle oranının etkisi ve geri verme katsayısı etkisini teorik olarak karakterize etmişlerdir. Deneysel bulguları doğrulamak için çekiç hareketinden kaynaklanan enerji kaybı ve örsün serbest sönümlü mekanik titreşimleri teorik olarak araştırmışlardır. Liu ve diğ. [20] Pres makinesinin titreşim kontrol prensibi tarif edilerek, kontrol algoritmasını kurmuşlardır. Pres makinesinin parametreleri ve mekanik modeli, sonlu eleman simülasyonu ve presin titreşim ölçüm deneyleri ile elde etmişlerdir.

Bu çalışmada, titreşim takozlarının literatürdeki yoğun çalışmaları dikkate alınmış ve takım tezgâhlarının zemin yalıtımına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Takım tezgâhlarının zemin bağlantısında titreşim takozlarının yalıtım elemanı olarak kullanılabilirliği gösterilmiştir.

2 Deneysel metot

2.1 Tezgâh ve yalıtım malzemesi

Deneysel çalışmada, Tablo 1'de teknik özellikleri verilen EMGA 1520 x 2.0 mm sac kesme kapasitesine sahip giyotin makas, Tablo 2'de teknik özellikleri verilen H tipi pres tezgâhı ve Tablo 3'te teknik özellikleri verilen üniversal freze tezgâhı kullanılmıştır.

Tablo 1. Giyotin makas özellikleri.

Table 1. Guillotine shear features.

Tabla ölçüsü	mm	380x1620
Bıçak boyu	mm	1510
Kesme boyu	mm	1500
Kesme kapasitesi (siyah sac)	mm	2.0
Kesme kapasitesi (paslanmaz)	mm	1.0
Dakika/kesim	adet	80
Motor gücü	kW	3
Arka dayama açıklığı	mm	600
Uzunluk	mm	1850
Genişlik	mm	840
Yükseklik	mm	1200
Kütle	kg	1200

Tablo 2. H tipi pres tezgâhı özellikleri.

Table 2. H type press machine features.

Basınç	ton	150
Strok (Sabit)	mm	100
Devir	d/d	60
Tabla-Koç mesafesi	mm	400
Masa ebadı	mm	900x1300
Max. kalıp yüksekliği	mm	300
Reglaj mesafesi	mm	100
Yan pencere genişliği	mm	500
Motor gücü	kW	11

Tablo 3. Freze tezgâhı özellikleri.

Table 3. Milling machine features.

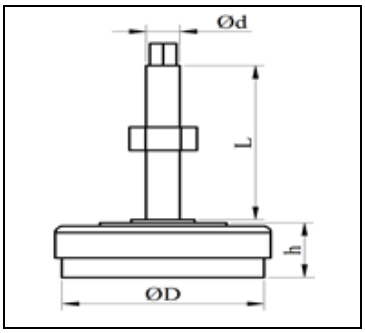
Tezgâh ölçüleri	W: 500 mm, D: 920 mm, H: 1500 mm
Eksen hareketleri	X: 600 mm, Y: 250 mm, Z: 400 mm
İş mili hız aralığı	60-1800 dev/dk.-12 kademe
Kütle	1700 kg

Giyotin makas ve freze tezgâhlarında yalıtım elemanı olarak kullanılan elastomer serisi 1 (ES1) ve elastomer serisi 2 (ES2) titreşim takozu boyutları Tablo 4'te verilmiştir. ES1 ve ES2 titreşim takozu Şekil 2' de görülmektedir. Tablo 5'te ise H tipi pres tezgâhında kullanılan disk yaylı titreşim sönümleyicinin özellikleri verilmiştir.

Tablo 4. ES1 ve ES2 titreşim takozu boyutları (mm).

Table 4. ES 1 and ES2 vibration isolator dimensions (mm).

	D	d	L	h	Ayar Mesafesi	Taşıma kg/adet
ES1	80	M12	120	45	12	500
ES2	120	M16	120	45	15	1000



Şekil 2. ES1 ve ES2 titreşim takozu.

Figure 2. ES1 and ES2 vibration isolator.

Tablo 5. Disk yayın parametreleri.

Table 5. Parameters of the disc spring.

Parametre	Sembol	Değer
Elastik modül	E	$2.06x10^{11}$Pa
Poisson oranı	μ	0.3
Dış çap	D	225 mm
Kalınlık	s	6.5mm
Serbest yükseklik	f_0	7.1mm
Dikey rijitlik	k	$6.737x10^6$
Sönüm	c	$1.117 x10^5$

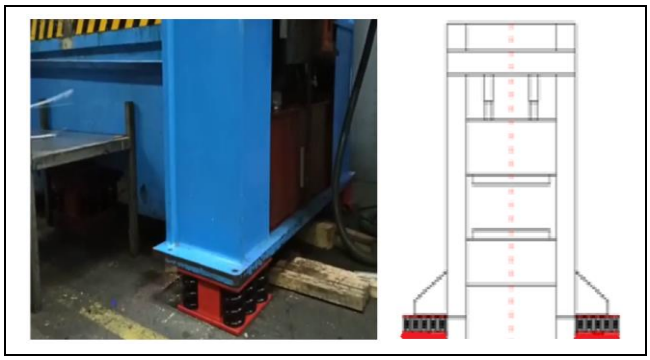
2.2 Titreşim ölçümleri

Titreşim ölçümünde, VB500 ivmeölçer kullanılmıştır. Tezgâhların zemin (CH1) ve tezgâh ayağına (CH2) sensörler yerleştirilmiştir. Zemin titreşimini ölçmek için yerleştirilen CH1 sensörü, zemine sabitlenen metal parça üzerine konulmuştur. İvmeölçer sensörlerinin giyotin makas (Şekil 3), H tipi pres (Şekil 4) ve freze tezgâhı (Şekil 5) titreşim yalıtımını gösteren deneysel kurulum görülmektedir.



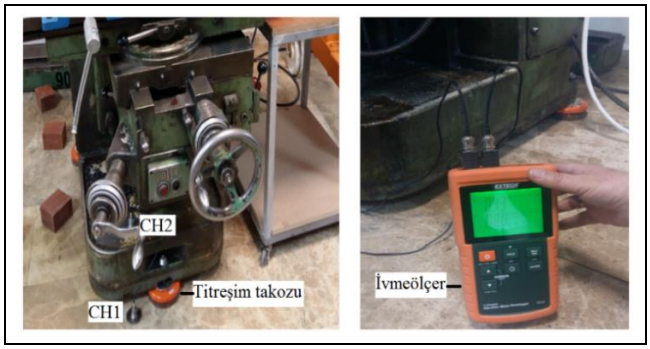
Şekil 3. Giyotin makas zemin yalıtımı.

Figure 3. Guillotine shear floor insulation.



Şekil 4. H tipi pres zemin yalıtımı.

Figure 4. H type press floor insulation.



Şekil 5. Freze tezgâhı zemin yalıtımı.

Figure 5. Milling machine floor insulation.

Tezgâhların, ilk önce yalıtımsız, daha sonra da, tezgâh ayakları altına titreşim takozu yerleştirilerek yalıtımlı titreşim deneyleri yapılmıştır. Yalıtım uygulaması öncesi ve sonrasında tezgâhın aynı şartlarda çalışması sağlanarak titreşim verileri alınmıştır.

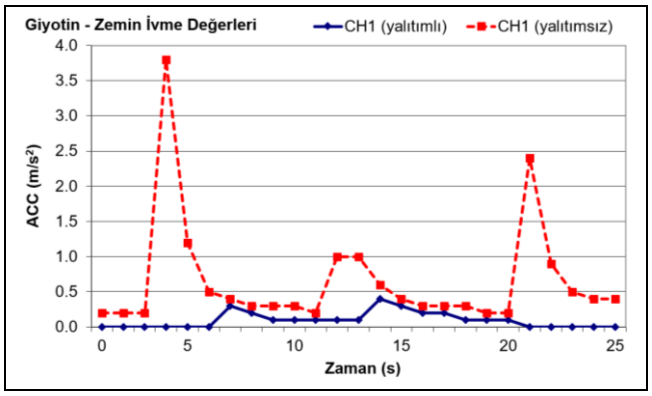
Giyotin makas, vinç yardımıyla kaldırılarak 4 adet ES2 titreşim takozu tezgâh ayakları altına yerleştirilmiştir. Titreşim ölçümü, 1000 mm uzunlukta ve 2 mm kalınlıkta siyah sac levha kesilirken zemin ve tezgâh ayağındaki titreşim ivme değerleri belirlenmiştir. H tipi pres için, 4 adet yaylı titreşim takozu tezgâh ayakları altına yerleştirilmiştir. Titreşim ölçümü, 1 mm kalınlıkta sac kesimi yapılırken zemin titreşim hız değerleri ölçülmüştür. Freze tezgâhında ise, önce 3 adet ES1 ve daha sonra da 3 adet ES2 titreşim takozu tezgâh ayakları altına yerleştirilmiştir. Titreşim ölçümü yapılırken, freze tezgâhı 900 dev/dk. hızda çalıştırılmış ve AISI 1050 çelik malzemeden 1 mm talaş kaldırılırken zemin ve tezgâh ayağındaki titreşim ivme değerleri alınmıştır. Alınan titreşim verileri, cihazda bulunan bir SD karta Excel formatında kaydedilerek bilgisayar ortamında grafik olarak gösterilmiştir.

3 Sonuçlar ve tartışmalar

Dört kanallı ivmeölçerle, giyotin makas, H tipi pres ve üniversal freze tezgâhlarının titreşim büyüklükleri ölçülmüştür. Titreşim değerlerine göre, tezgâhların yalıtım uygulaması öncesi ve sonrası durumları karşılaştırılmıştır.

3.1 Giyotin makas titreşim değerleri

Giyotin makasın, yalıtımsız ve ES2 titreşim takozu kullanılarak yalıtımlı titreşim ivme değerleri belirlenmiştir (Şekil 6). Yalıtımsız durumda zemindeki maksimum titreşim ivme pik değeri 3.8 m/s^2 iken, titreşim sönümleyici kullanılması ile 0.3 m/s^2 olarak belirlenmiştir.

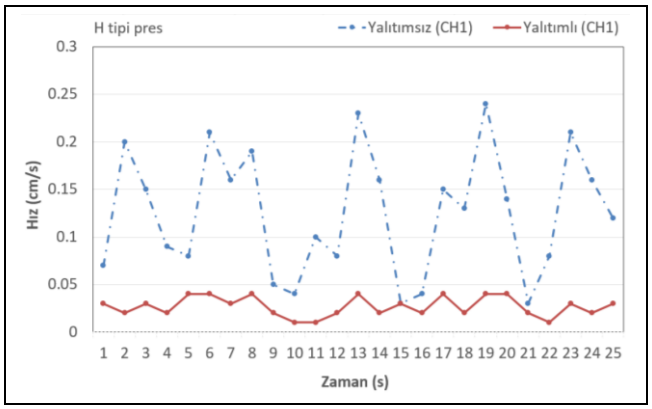


Şekil 6. Giyotin makas zemin titreşim değerleri.

Figure 6. Guillotine shear ground vibration values.

3.2 H tipi pres titreşim değerleri

H tipi pres tezgâhının, yalıtım uygulaması öncesi ve sonrası zemindeki titreşim hız değerleri Şekil 7'de verilmiştir. Grafik incelendiğinde, yalıtım uygulaması öncesi titreşim hız pik değeri yaklaşık 0.24 cm/s iken, yalıtım uygulaması sonrası 0.04 cm/s seviyelerine düşmüştür.

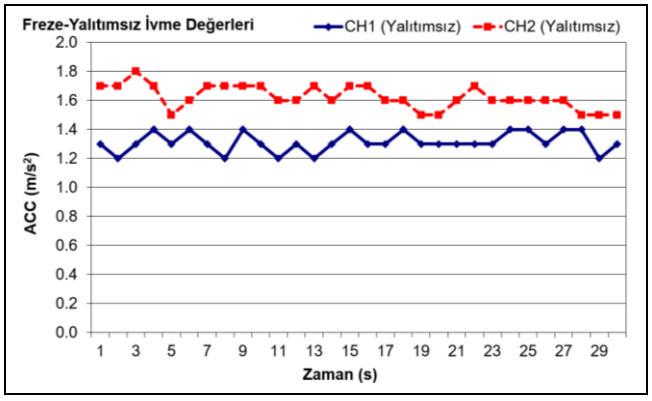


Şekil 7. H tipi pres zemin hız değerleri.

Figure 7. H type press floor velocity values.

3.3 Freze tezgâhı titreşim değerleri

Freze tezgâhının yalıtım uygulaması öncesi titreşim değerleri, ivmeölçerle belirlenmiştir (Şekil 8).

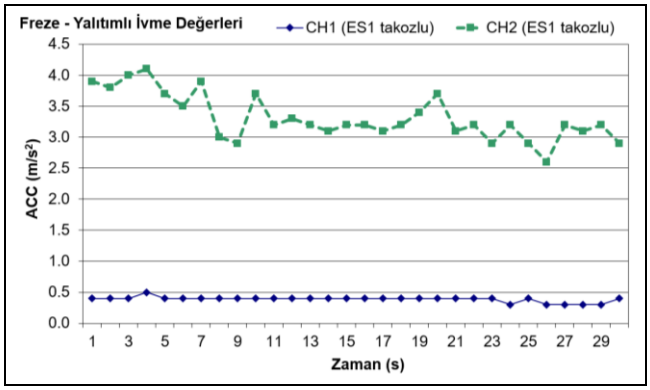


Şekil 8. Freze tezgâhı yalıtımsız ivme değerleri.

Figure 8. Milling machine uninsulated acceleration values.

Yalıtım uygulaması öncesi yapılan titreşim ölçümünde, maksimum titreşim ivme pik değeri, zeminde (CH1) 1.4 m/s² ve tezgâh ayağında (CH2) 1.8 m/s² olarak belirlenmiştir. Tezgâh ayağındaki ivme değerlerinin zemindeki titreşim ivme değerlerinden yüksek olduğu görülmüştür.

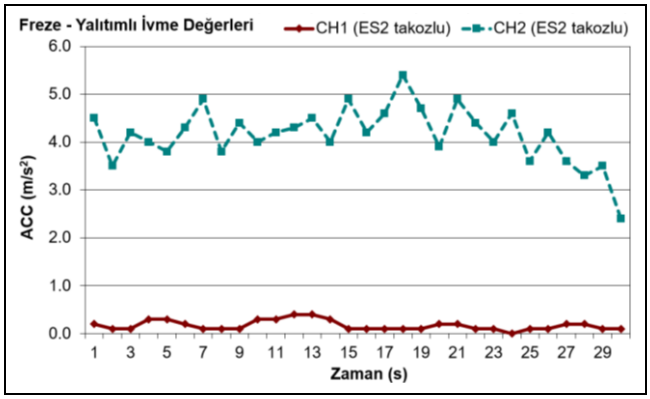
Şekil 9'da freze tezgâhının ES1 takozla yapılan titreşim ölçümünde, maksimum titreşim ivme pik değeri, zeminde (CH1) 0.5 m/s² ve tezgâh ayağında (CH2) 4.1 m/s² olarak ölçülmüştür. ES1 takozla yapılan yalıtımlı durumda, zemine iletilen titreşimin yalıtımsız duruma göre önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.



Şekil 9. Freze tezgâhı (ES1 takozla) ivme değerleri.

Figure 9. Milling machine (ES1 isolator) acceleration values.

Şekil 10'da freze tezgâhının ES2 takozla yapılan titreşim ölçümünde, maksimum titreşim ivme pik değeri; zeminde (CH1) 0.4 m/s² ve tezgâh ayağında (CH2) 5.2 m/s² olarak belirlenmiştir. Yalıtım uygulaması öncesi duruma göre yalıtımlı durumda titreşimin tezgâh ayağında (CH2) arttığı, zeminde (CH1) azaldığı bulunmuştur.



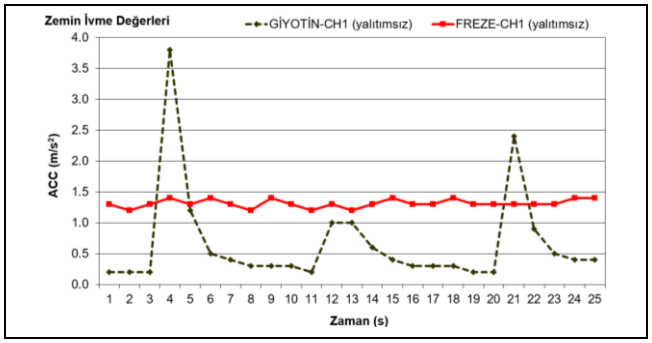
Şekil 10. Freze tezgâhı (ES2 takozla) ivme değerleri.

Figure 10. Milling machine (ES2 isolator) acceleration values.

Freze tezgâhı yalıtımsız, ES1 ve ES2 takozları ile yapılan titreşim ivme grafikleri incelendiğinde, titreşim takozu kullanılmadan yapılan titreşim ölçümünde zemindeki maksimum titreşim ivme pik değeri 1.4 m/s² iken, yalıtım uygulaması sonrası ES1 takozla 0.5 m/s², ES2 takozla 0.4 m/s² seviyelerine düşmüştür. Titreşim takozu, zemine iletilen titreşimi önemli ölçüde sönümleyerek azaltmıştır. Freze tezgâhının zemin bağlantısında titreşim takozu kullanılması ile zemine iletilen titreşim azalmıştır. Freze tezgâhı zemin bağlantısında ES2 titreşim takozunun kullanılması ES1 takozuna göre daha etkili olduğu görülmüştür.

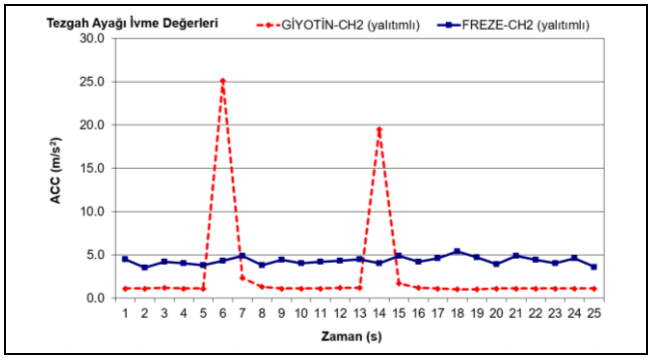
3.4 Titreşim değerlerinin karşılaştırılması

Giyotin makas ve freze tezgâhının Şekil 11'de yalıtımsız zemin ivme değerleri, Şekil 12'de ise tezgâh ayağında ölçülen yalıtımlı titreşim ivme değerleri karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, hem yalıtımsız hem de yalıtımlı yapılan titreşim ölçümlerinde, giyotin makasta titreşim değerlerinin sacın kesilmesi esnasında pik yaptığı, tezgâhta kesme yapılmazken titreşimin düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Freze tezgâhında ise, titreşimin belirli bir aralıkta seyrettiği görülmüştür. Tezgâhların zemin titreşim ivme değerleri karşılaştıldığında, giyotin makasta freze tezgâhına göre daha yüksek zemin titreşimi olduğu belirlenmiştir.



Şekil 11. Zemin titreşimlerinin karşılaştırılması.

Figure 11. Comparison of ground vibrations.



Şekil 12. Tezgâh ayağı titreşimlerinin karşılaştırılması.

Figure 12. Comparison of bench foot vibrations.

4 Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında, takım tezgâhlarının çevreye yaydığı titreşim problemi etkilerinin azaltılması konusu araştırılmıştır. Bu amaçla, takım tezgâhlarının zemin titreşimine titreşim takozlarının etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Takım tezgâhlarının zemin bağlantısında titreşim takozlarının yalıtım elemanı olarak kullanılabilirliği gösterilmiştir. Deneysel çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Takım tezgâhlarının yalıtım uygulaması öncesi ve sonrası durumlarında zemin titreşim değerleri arasındaki farklar karşılaştırıldı,
- Freze tezgâhı zemin titreşiminin azaltılmasında, ES2 titreşim takozu ES1 takozuna göre daha etkili olduğu görülmüştür,
- Giyotin makasta, yalıtımsız durumda zemindeki maksimum titreşim ivme pik değeri 3.8 m/s² iken, titreşim sönümleyici kullanılması ile 0.3 m/s² seviyelerine düşmüştür,
- Pres tezgâhının zemin titreşimi, yaylı titreşim sönümleyici kullanılarak yaklaşık %84 oranında azaltılabileceği görülmüştür,
- Sonuçlar, takım tezgâhlarının zemin titreşim problemlerinin azaltılmasında titreşim sönümleyici uygulanabilirliğini göstermiştir.

5 Conclusions

Within the scope of this study, the issue of reducing the effects of vibration problem emitted by machine tools to the environment has been investigated. For this purpose, the effects of vibration wedges on ground vibration of machine tools were investigated experimentally. The usability of vibration isolators as an insulating element in the ground connection of machine tools has been demonstrated. As a result of the experimental study, the following results were obtained:

- The differences between the ground vibration values of the machine tools before and after the insulation application were compared,
- It has been observed that the ES2 vibration wedge is more effective than the ES1 wedge in reducing the milling machine ground vibration,
- In the guillotine shear, while the maximum vibration acceleration peak value on the ground was 3.8 m/s² in the uninsulated condition, it decreased to 0.3 m/s² with the use of vibration damper,
- It has been observed that the ground vibration of the press bench can be reduced by approximately 84% by using a spring vibration damper,
- The results showed the applicability of vibration damper in reducing the ground vibration problems of machine tools.

6 Yazar katkı beyanı

Gerçekleştirilen çalışmada Ahmet KÖKEN fikrin oluşması, tasarımın yapılması, literatür taraması, kullanılan malzemelerin temini, deneylerin gerçekleştirilmesi, veri derlenmesi, sonuçların incelenmesi, makale yazımı ve içeriğinin kontrol edilmesi başlıklarında; Abdurrahman KARABULUT elde edilen sonuçların değerlendirilmesi, yorumlanması, yazım denetimi ve içerik açısından makalenin kontrol edilmesi başlıklarında katkı sunmuşlardır.

7 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

"Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur" "Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır".

8 Kaynaklar

[1] Küçükrendeci İ. "Endüstriyel uygulamalar için alternatif mekanik titreşim yalıtım elemanı tasarımı". *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 7(2), 929-936, 2018.

[2] Şengün N, Altındağ R, Demirdağ S. "Dairesel testerelerle kesme işleminde testere devir sayısının ve gürültü seviyesi değişimlerinin incelenmesi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 19(3), 121-126, 2013.

[3] Rao SS. *Mechanical Vibration*. 4nd ed. New Jersey, USA, Pearson Prentice Hall, 2004.

[4] Bayraktar M, Tahtalı M. "Raylı taşıtlarda dinamik hareketler ve titreşim azaltma yöntemlerinin incelenmesi". *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1), 9-20, 2020.

[5] Baytemir OY, Ciğercioğlu E, Özgen GO. "Hareketli platforma entegre edilen bir mekanik sistem için optimum pasif titreşim izolatörü sayısının belirlenmesi". *SAVTEK 2012 Altıncı Savunma Teknolojileri Kongresi,* Ankara, Türkiye, 20-22 Haziran 2012.

[6] Krishnamoorthy A, Jayavel M. "Design and analysis of vibration isolation pad of a heavy load machine and to perform the progressive rate frequency analysis". *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(16), 4709-4716, 2017.

[7] Wang G, Dong Z. "Design optimization of low impact transmission foundation for forging hammers". *Engineering Computations: International Journal for Computer-Aided Engineering and Software*, 23(2), 166-186, 2006.

[8] Kumar J, Boora V. "Dynamic response of a machine foundation in combination with spring mounting base and rubber pad". *Geotech Geol Engineering*, 27, 379-389, 2009.

[9] Mori K, Kono D, Yamaji I, Matsubara A. "Modeling of viscoelastic damper for reduction in low frequency residual vibration in machine tools". *Precision Engineering*, 50, 313-319, 2017.

[10] Mori K, Kono D, Yamaji I, Matsubara A. "Vibration reduction of machine tool using viscoelastic damper support". *Procedia CIRP,* 46, 448-451, 2016.

[11] Guo M, Li B, Yang J, Li W, Liang SY. "Active piezoelectric vibration isolation system of machine tools". *ICEEM 2015 International Conference on Electrical, Electronics and Mechatronics,* Phuket, Tayland, 20-21 December 2015.

[12] Karabulut A, Köken A. "Titreşim takozunun giyotin makas tezgâhında, titreşim yalıtımına etkisinin araştırılması". *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 6(3), 210-216, 2020.

[13] Öztürk T, Öztürk Z. "Vibration absorption and isolation in dynamically loaded foundations". *The 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China, 12-17 October 2008.

[14] Łatas W. "Optimal positions of translational vibration absorbers in vibroisolation of mechanical pres". *DYNKON 2019 MATEC Web of Conferences*, Kombornia, Polonya, 22-24 May 2019.

[15] Okwudire C.E, Lee J. "Minimization of the residual vibrations of ultra-precision manufacturing machines via optimal placement of vibration isolators". *Precision Engineering,* 37, 425-432, 2013.

[16] Jia F, Xu FY. "Combined vibration isolator of disc springs for closed high-speed precision press: design and experiments". *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, 38(4), 465-485, 2014.

[17] Kawamura S, Ito S, Yoshida T, Minamoto H. "Isolation effect of a dynamic damper and a trench on ground vibration caused by a construction machine". *Applied Acoustics*, 72, 151–156, 2011.

[18] Zhu SJ, Zheng YF, Fu YM. "Analysis of non-linear dynamics of a two-degree-of-freedom vibration system with non-linear damping and non-linear spring". *Journal of Sound and Vibration*, 271, 15-24, 2004.

[19] Saberi S, Fischer J, Stockinger M, Tikal R, Afsharnia R. "Theoretical and experimental investigations of mechanical vibrations of hot hammer forging". *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 114, 3037-3045, 2021.

[20] Liu Y, Shu Y, Hu W, Zhao X, Xu Z. "Active vibration control of a mechanical servo high-speed fine-blanking press". *Journal of Mechanical Engineering*, 67(9), 445-457, 2021.