



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Takım tezgâhlarında titreşim sönümleyici kullanılarak zemine iletilen kuvvetin azaltılması

Reducing the force transmitted to the ground by using vibration damper in machine tools

Yazar(lar) (Author(s)): Ahmet KÖKEN¹, Abdurrahman KARABULUT²

ORCID¹: 0000-0002-7047-5832

ORCID²: 0000-0002-7663-2579

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Köken A. ve Karabulut A., “Takım tezgâhlarında titreşim sönümleyici kullanılarak zemine iletilen kuvvetin azaltılması”, *Politeknik Dergisi*, 25(1): 399-404, (2022).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.881839

Takım Tezgâhlarında Titreşim Sönümleyici Kullanılarak Zemine İletilen Kuvvetin Azaltılması

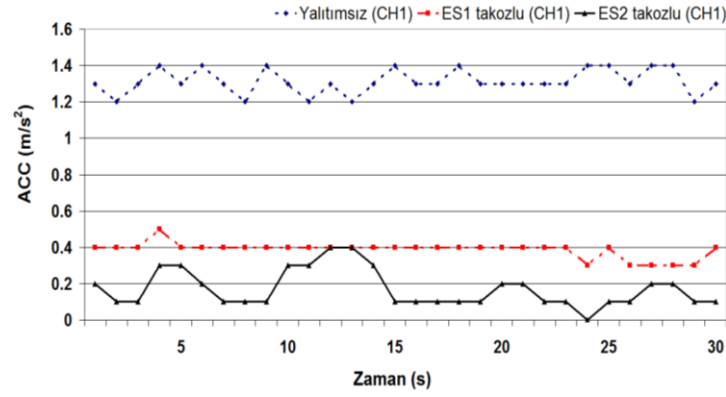
Reducing the Force Transmitted to the Ground by Using Vibration Damper in Machine Tools

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Tezgâhın yalıtımsız ve yalıtımlı durumunda zemine geçen titreşim karşılaştırılmıştır. / The vibration transmitted to the floor in the uninsulated and insulated condition of the workbench is compared.
- ❖ Titreşim takozu, zemine iletilen titreşimi sönümleyerek azaltmıştır. / The vibration isolator has dampened the vibration transmitted to the ground and reduced it.

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Yalıtım uygulamaları sonrası zeminde yaklaşık 1.14 m/s^2 titreşim azaltımı sağlanmıştır. / After the insulation applications, approximately 1.14 m/s^2 vibration reduction was achieved on the ground.



Şekil. Zemin titreşim değerlerinin karşılaştırılması / **Figure.** Comparison of ground vibration values

Amaç (Aim)

Bu çalışma, takım tezgâhı zemin yalıtımına titreşim takozlarının etkisini araştırmak için yapılmıştır. / This study was conducted to investigate the effect of vibration insulators on machine tool floor insulation.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Bu çalışmada, tezgâhın yalıtımsız ve yalıtımlı durumunda zemine iletilen titreşim deneysel olarak incelenmiştir. / In this study, the vibration transmitted to the ground in the uninsulated and insulated condition of the workbench was investigated experimentally.

Özgünlük (Originality)

Bu çalışmada elde edilen deneysel sonuçlar, hem bilimsel çalışmalara hem de endüstride titreşim takozu uygulamasına katkı sağlayacaktır. / The experimental results obtained in this study will contribute to both scientific studies and vibration isolator application in industry.

Bulgular (Findings)

Deneysel sonuçlar, tezgâh zemin bağlantısında titreşim takozu kullanılması zemine iletilen titreşimi azaltmada etkili olduğunu göstermiştir. / Experimental results have shown that the use of vibration isolator in the workbench-floor connection is effective in reducing the vibration transmitted to the floor.

Sonuç (Conclusion)

Titreşimin, operatöre ve çevre makinelere olumsuz etkileri azaltılmıştır. / The negative effects of vibration on the operator and the surrounding machinery are reduced.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Takım Tezgâhlarında Titreşim Sönümleyici Kullanılarak Zemine İletilen Kuvvetin Azaltılması

Araştırma Makalesi / Research Article

Ahmet KÖKEN^{1*}, Abdurrahman KARABULUT²

¹Kütahya Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Makine ve Metal Tekn. Bölümü, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye

²Teknoloji Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 17.02.2021 ; Kabul/Accepted : 13.11.2021 ; Erken Görünüm/Early View : 06.12.2021)

ÖZ

Takım tezgâhları çalışırken titreşim oluşturur ve tezgâh zeminine iletilen titreşimi azaltmak için yalıtım yapılır. Bu çalışmada, takım tezgâhlarından freze tezgâhının titreşim problemini azaltmak için elastomer titreşim takozlarının uygulanabilirliği araştırılmıştır. Titreşim azaltımları için gerekli rijitlik ve sönüm oranına sahip titreşim takozları belirlendi. Tezgâhın önce yalıtımsız daha sonra da yalıtımlı titreşim büyüklükleri titreşim ölçüm ve kayıt cihazıyla belirlenmiştir. Makine tabanı ile zemin arasına yerleştirilen titreşim takozunun zemine geçen titreşime etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Sonuç olarak, yalıtım uygulamaları sonrası zeminde yaklaşık 1.14 m/s² titreşim azaltımı sağlanmıştır. Aynı koşullarda tekrarlanan titreşim ölçüm ve analizleri sonrasında, tezgâh zemin titreşimi yaklaşık % 87 oranında azaltılabileceği görülmüştür. Sonuçlar, önerilen titreşim yalıtım sisteminin istenmeyen titreşimin etkisini azaltmak için uygulanabilirliğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Titreşim azaltımı, sönümleme, titreşim takozu, freze tezgâhı zemin yalıtımı.

Reducing the Force Transmitted to the Ground by Using Vibration Damper in Machine Tools

ABSTRACT

Machine tools create vibrations while they are work and are insulated to reduce vibration transmitted to the machine floor. In this study, the applicability of elastomeric vibration insulators was investigated in order to reduce the vibration problem of the milling machine from the machine tools. Vibration insulators with the required stiffness and damping ratio were determined for vibration reductions. The uninsulated and then the insulated vibration magnitudes of the machine were determined with a vibration measurement and recording device. The effect of the vibration isolator placed between the machine base and the ground on the vibration transmitted to the ground has been experimentally investigated. As a result, approximately 1.14 m/s² vibration reduction was achieved on the floor after the insulation applications. After repeated vibration measurements and analyzes under the same conditions, it has been observed that the workbench floor vibration can be reduced by approximately 87%. The results showed the feasibility of the proposed vibration isolation system to reduce the effect of unwanted vibration.

Keywords: Vibration reduction, damping, vibration isolator, milling machine floor insulation.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Titreşim, hareketli parçaları olan makinede kesme esnasında oluşan dinamik kuvvetlerin de etkisiyle tezgâhın bütün parçaları üzerinde farklı frekans ve genlikte oluşabilmektedir [1]. Titreşim izolasyonu, titreşimin istenmeyen etkilerinin azaltıldığı bir işlemdir. Titreşim izolasyonu için makine ile zemin arasına esnek bir sönümleyici yerleştirilmelidir [2]. Titreşim izolasyon sistemleri; pasif, yarı aktif ve aktif sistemler olarak uygulanmaktadır [3-6]. Titreşim izolasyonunda genellikle çelik yaylar, elastomerler, esnek yastık ve takozlar kullanılır [7, 8].

Titreşimli çalışan bir makinenin tabanı büyük dengelenmemiş kuvvetlere karşı korunması gerektiği durumda zemin yalıtımı yapılması gerekir [2]. Dönen makinelerde olduğu gibi mevcut dengelenmemiş kuvvet makinenin tabanına iletilecek, yakınındaki makinelerin üretim hassasiyetine zarar verebilecektir. Bunlar aynı

zamanda bu makinelerin operatörlerine de rahatsızlık verecektir [9]. Bu gibi durumlarda temele iletilen kuvvet harmonik olarak değişir, aynı şekilde temeldeki civatalarda ortaya çıkan ve yorulma hasarına yol açabilecek bileşke gerilmeler de harmonik olarak değişir. İletilen kuvvet harmonik olmasa bile büyüklüğü emniyetli müsaade edilebilen değerlere sınırlandırılmalıdır. Bu uygulamalarda, zemine iletilen kuvvetin azaltılabilmesi için bir kuvvet veya uyarı etkisi altındaki makine ile zemin arasına bir izolatör ekleyebiliriz. Bu, kuvvet izolasyonu olarak adlandırılır. Birçok makinede, izolatör uygulanan kuvvetin altındaki kütlelerin titreşim hareketini azaltmayı amaçlar [2].

Talaşlı imalatta uygun kesme parametreleri seçilmediğinde kesici takımın zorlanma veya deformasyon meydana gelmektedir [10]. Takımın aşınması, kesme süresince artar [11]. Bu durum ise, zorlanmadan dolayı tezgâhta oluşan titreşimin artmasına sebep olmaktadır [10]. İşleme sırasında oluşan titreşimler; iş parçası yüzey kalitesine, kesici takım

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : ahmet.koken@dpu.edu.tr

kullanım ömrüne ve işleme performansına da olumsuz etki etmektedir [12-14].

Literatürde, titreşim yalıtımı ve titreşim sönümleme kullanılan yalıtım elemanları üzerine kapsamlı araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların sonuçları, endüstriyel alanlarda titreşim azaltma çalışmaları için izlenecek adımlara rehberlik etmektedir. Literatürde yapılan çalışmaların bazıları şöyledir: Dal ve Baklacı [15], kumaş polisaaj tezgâhının ayakları altına yerleştirilen titreşim izolasyonlu kauçuk takozların, gürültü ve titreşim seviyelerini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. Krishnamoorthy ve Jayavel [16], titreşim sönümleyicinin tasarımı üzerine çalışmışlardır. Titreşim izolatörünü, dinamik durumda makinenin titreşimini azaltmak için mekanik endüstrilerdeki küçük ve ağır makinelerin altına yerleştirilen bir malzeme olarak tanımlamışlardır. Bu çalışmada, yaylı izolatör modelinden iki yeni tasarım modeli oluşturularak izolatörün performansını artırmayı amaçlamışlardır. Karabulut ve Köken [17], giyotin makasın zemin titreşiminin azaltılmasında elastomer titreşim sönümleyicilerin kullanımını araştırmışlardır. Titreşim sönümleyicinin, tezgâh zemin titreşim seviyelerini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir. Łatas [18], mekanik bir presin titreşim yalıtımında kullanılan dinamik titreşim sönümleyicilerin pozisyonlarını optimize etme konusunda çalışmıştır. Katı bir gövdenin düz hareketi ve küçük titreşimler varsayılarak, sönümleyicili presin ayrık bir doğrusal dinamik modelini oluşturmuştur. Sayısal hesaplamaların sonuçlarını kullanarak, farklı uyarma kuvveti yönleri için uyarma frekansına ayarlanmış titreşim sönümleyicinin optimal pozisyonlarını elde etmiştir. Okwudire ve Lee [19], ultra hassas üretim makinelerinde istenmeyen titreşimin azaltılması üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada, izolatörün yerini değiştirilerek izole edilmiş sistemin modlarının birleştirilmesinin artık titreşimlerin büyük ölçüde azalmasına izin veren koşullar sağladığını göstermek için pasif olarak izole etmişlerdir. Kam ve Saruhan [20], yuvarlanmalı ve kaymalı yatak destekli millerin aynı yüklem şartlarında ve çalışma hızlarındaki titreşim davranışlarını deneysel olarak incelemişlerdir. Avcar [21], elastik zemine oturan eksenel yüke maruz kirişin serbest titreşimini incelemiştir. Eksenel yükün ve elastik zeminin, kirişin serbest titreşim değerleri üzerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Ünver ve Bozkurt [22], dövme sanayisinde kullanılan çekiç tezgâhlarının meydana getirdiği titreşimlerin operatör üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çekiç tezgâhlarının zemininde kullanılan yaylı titreşim sönümleyicilerle titreşimin önemli derecede azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Kawamura ve arkadaşları [23], dinamik bir sönümleyicinin ve hendeğin makinenin neden olduğu zemin titreşimi üzerindeki yalıtım etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada, dinamik sönümleyici ve hendek kullanılarak basit bir zemin izolasyon yöntemi önermişlerdir. Zemin yüzeyine veya sığ hendeğe bir ağırlık ve geri yüklem elemanından oluşan basit bir dinamik sönümleyicinin titreşim yalıtımına etkisini

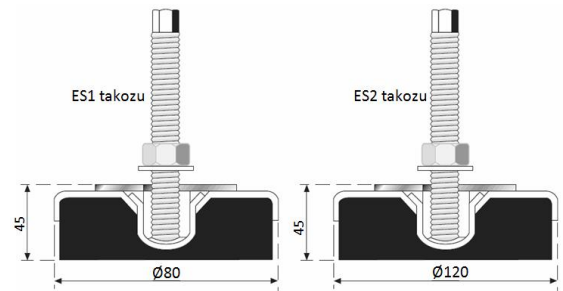
incelemişlerdir. Simülasyon sonuçları, önerilen izolasyon yönteminin gerçek uygulama için uygun olduğunu göstermektedir. Zheng ve arkadaşları [24], yüksek hızlı pres için disk-yay titreşiminin modellenmesi ve simülasyonu üzerine çalışmışlardır. Basit harmonik uyarma altında titreşim izolatörünün simülasyon sonuçlarını incelemişlerdir. Titreşim izolatörü üzerindeki sönüm oranı ve farklı yük türlerinin etkilerini araştırmışlardır. Chehab ve Naggar [25, 26], dövme çekicinin yalıtım temelinin tasarımı üzerine çalışmışlardır. Farklı titreşim azaltma kombinasyon yapılarının verimliliğini analiz ederek tasarım parametrelerini optimize etmişlerdir. Jia ve Xu [27, 28], kapalı yüksek hızlı hassas presin dinamik analizinin modellenmesi, simülasyonu ve deneyleri üzerinde çalışmışlardır. Presin dinamik tepkilerini doğru bir şekilde tahmin etmek için iki ve üç serbestlik dereceli dinamik kütle yay sönümleme modeli önermişlerdir. Hem simülasyon hem de deneylerden elde edilen sonuçlar, önerilen izolatörün uygulanabilirliğini doğrulamıştır. Önerilen dinamik kütle yay sönümleme modelinin, yüksek hızlı presin dinamik tepkilerinin tespit edilmesinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada, titreşim sönümleyicilerin freze tezgâhı zemin izolasyonuna etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Yalıtım uygulamaları öncesi ve sonrası yapılan titreşim ivme sonuçları grafikler üzerinde gösterilmiştir. Freze tezgâhı zemin bağlantısında titreşim sönümleyicinin istenmeyen titreşimin etkisini azaltmak için kullanılabilirliği gösterilmiştir.

2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

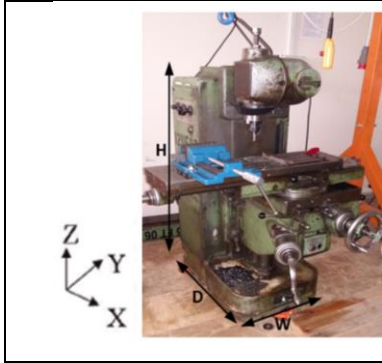
2.1. Tezgâh ve Yalıtım Malzemesi (Workbench and Insulation Material)

Bu çalışmada, titreşim azaltımları için gerekli rijitlik ve sönüm oranına sahip titreşim sönümleyicileri belirlendi. ES1 (elastomer serisi 1) takozu 5000 N ve ES2 (elastomer serisi 2) takozu 10000 N taşıma kapasitesine sahiptir. Titreşim sönümlemede kullanılan ES1 ve ES2 titreşim takozlarının boyutları Şekil 1'de verilmiştir. Deneysel çalışmada titreşim yalıtımı yapılan freze tezgâhının özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Freze tezgâhının ayakları altına vinç yardımıyla üç adet titreşim takozunun yerleştirilmesini gösteren deneysel kurulum Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 1. Elastomer titreşim takozu boyutları (Elastomeric vibration wedge dimensions)

Çizelge 1. Freze tezgâhının özellikleri (Features of the milling machine)

	Tezgâh ölçüleri	W:500mm, D:920mm, H:1500mm
	Ağırlık	17000N
	Eksen hareketleri	X:600mm, Y:250mm, Z:400mm
	İş mili hız aralığı	60-1800 dev/dk – 12 kademe

**Şekil 2.** Titreşim takozunun yerleştirilmesi (Placing of vibration wedge)

2.2. Deneysel Kurulum ve Titreşim Ölçümleri

(Experimental Setup and Vibration Measurements)

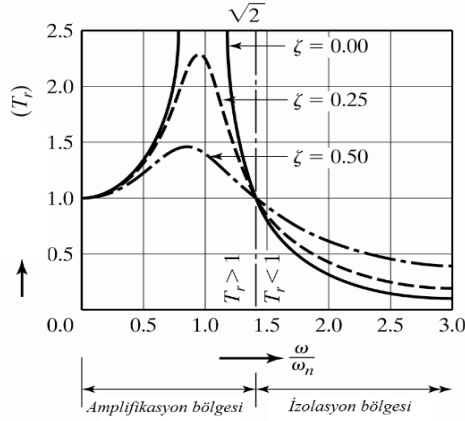
Freze tezgâhının titreşim şiddetini belirlemek için VB500 dört kanallı ivmeölçerle makinenin üzerindeki üç noktadan ve zemin olmak üzere dört noktanın eş zamanlı titreşim ölçümleri alınmıştır. Titreşim ölçümü; zemin CH1 (channel head 1), tezgâh ayağı CH2 (channel head 2), tezgâh tablası CH3 (channel head 3) ve tezgâhın tepe noktasına CH4 (channel head 4) sensörler yerleştirilmiştir. İvmeölçer sensörlerinin zemin ve freze tezgâhı üzerindeki ölçüm noktalarını gösteren deneysel kurulum Şekil 3'te görülmektedir. Tezgâh önce yalıtımsız daha sonra da üç adet ES1 ve ES2 titreşim takozları tezgâh ayaklarının altına yerleştirilerek titreşim büyüklükleri belirlenmiştir. Titreşim ölçümü yapılırken tarama kafasına beş adet kesici uç takılarak AISI 1050 çelik malzemeden, kuru kesme şartlarında, 1.5 mm talaş kaldırılırken zemin ve tezgâh gövdesindeki titreşim ivme değerleri aynı anda ölçülmüştür. Dört kanallı titreşim ölçme ve kayıt cihazı ile tezgâh üzerindeki üç noktanın ve zeminin titreşim ivme değerleri, 1 saniye zaman aralıklı ve 30 saniye sürede eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Titreşim ölçme ve kayıt cihazında bulunan bir SD kart üzerine kayıt edilmiş veriler, Excel yardımıyla bilgisayarda grafik olarak gösterilmiştir.

**Şekil 3.** Ölçüm noktaları (Measurement points)

Makine titreşimlerinin ne kadarının zemine aktarıldığı veya yer titreşimlerinin ne kadarının makineye aktarıldığı Denklem (1) yardımıyla hesaplanır. İzolatörün iletilebilirliği veya iletim oranı (T_r), iletilen kuvvetin büyüklüğünün uyarı kuvvetinkine oranı olarak tanımlanır.

$$T_r = \sqrt{\frac{1+(2\xi r)^2}{(1-r^2)^2+(2\xi r)^2}} \quad (1)$$

Denklem (1)'de; $r = \omega/\omega_n$ frekans oranı, T_r iletim oranı, ξ sönüm oranıdır. T_r 'nin frekans oranı $r = \omega/\omega_n$ değişimi Şekil 4'te gösterilmektedir. İzolasyonu başarmak için temele iletilen kuvvetin uyarı kuvvetinden daha az olması gerekir. Şekil 4'ten, titreşim izolasyonunu başarmak için sistemin zorlayıcı frekansının sistemin doğal frekansından $\sqrt{2}$ defa daha büyük olması gerektiği görülebilir [2].



Şekil 4. İletim oranının (T_r), r ile değişimi (Variation of transmission ratio (T_r) with r) [2]

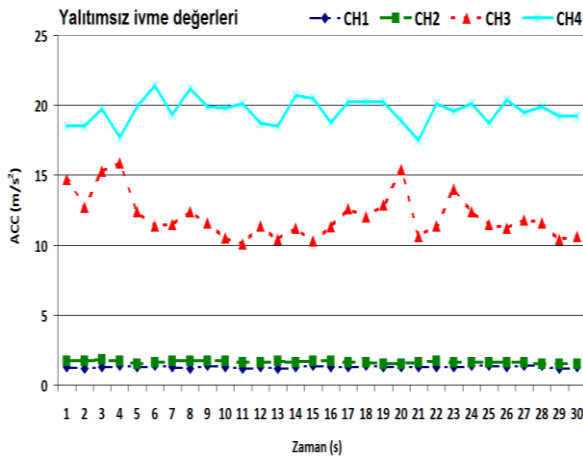
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Dört kanallı titreşim ölçüm ve kayıt cihazıyla freze tezgâhı gövdesindeki üç noktanın ve zeminin titreşim ivme değerleri ölçülmüştür. Yalıtım uygulamaları öncesi ve sonrası yapılan titreşim ölçüm sonuçları grafikler üzerinde gösterilmiştir. Ölçülen titreşim ivme değerlerine göre, tezgâhın yalıtımsız ve yalıtımlı durumunda zemin titreşim değerleri karşılaştırılmıştır.

3.1. Yalıtımsız Titreşim İvme Değerleri

(Uninsulated Vibration Acceleration Values)

Tezgâhın yalıtımsız titreşim ivme değerleri, titreşim ölçüm ve kayıt cihazı ile belirlenmiştir (Şekil 5). Yalıtımsız yapılan titreşim ölçümünde, zemin ve tezgâh gövdesindeki titreşim ortalama ivme değerleri; zemin (CH1) 1.31 m/s^2 , tezgâh ayağı (CH2) 1.62 m/s^2 , tezgâh tablası (CH3) 12.05 m/s^2 ve tezgâh tepe noktasında (CH4) 19.56 m/s^2 olarak belirlenmiştir. Titreşim ivme değerlerinin tezgâh gövdesindeki üst noktalara doğru yükseldiği, zemin ve tezgâh ayağında ise üst noktalara göre daha düşük seviyelerde olduğu görülmüştür.

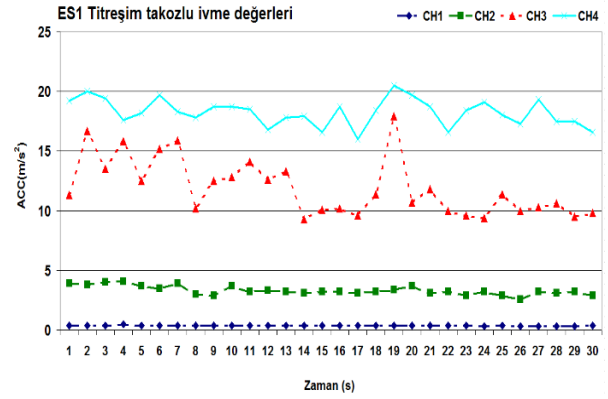


Şekil 5. Yalıtımsız titreşim ivme değerleri (Unisolated vibration acceleration values)

3.2. Yalıtımlı Titreşim İvme Değerleri

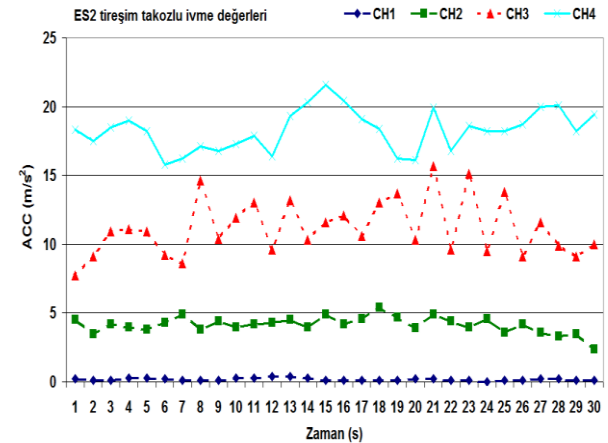
(Insulated Vibration Acceleration Values)

Şekil 6'da tezgâh ayakları altına ES1 takozu yerleştirilerek ölçülen titreşim ivme değerleri verilmiştir. Freze tezgâhının ayakları altına yerleştirilen ES1 takozla yapılan yalıtımlı titreşim ortalama ivme değerleri; zemin (CH1) 0.38 m/s^2 , tezgâh ayağı (CH2) 3.31 m/s^2 , tezgâh tablası (CH3) 11.93 m/s^2 ve tezgâh tepe noktasında (CH4) 18.25 m/s^2 olarak ölçülmüştür.



Şekil 6. ES1 takozlu titreşim ivme değerleri (ES1 wedge vibration acceleration values)

Şekil 7'de tezgâh ayakları altına yerleştirilen ES2 takozlu yapılan yalıtımlı titreşim ölçümü ortalama ivme değerleri; zemin (CH1) 0.17 m/s^2 , tezgâh ayağı (CH2) 4.15 m/s^2 , tezgâh tablası (CH3) 11.17 m/s^2 ve tezgâh tepe noktasında (CH4) 18.28 m/s^2 olarak belirlenmiştir. Tezgâh üzerindeki ivme alıcıların bağlandığı noktalardan bakıldığında; yalıtımsız değerlere göre yalıtımlı titreşim ivme değerlerinin tezgâh ayağında (CH2) arttığı, diğer noktalarda (CH3 ve CH4) yalıtımsız değerlere yakın olduğu ve zeminde yalıtımlı değerlerin düşük olduğu görülmüştür. Titreşim yalıtım uygulamaları sonrasında, zemine iletilen titreşim ivme değerlerinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.

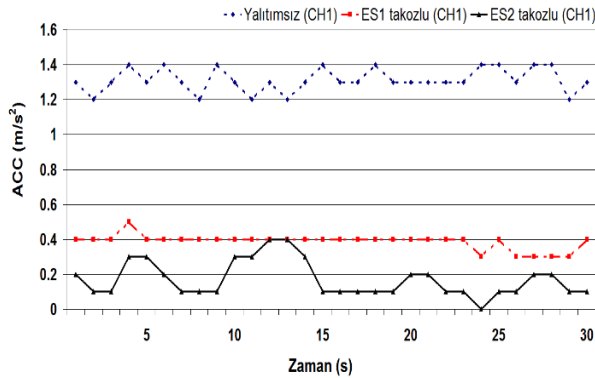


Şekil 7. ES2 takozlu titreşim ivme değerleri (ES2 wedge vibration acceleration values)

3.3. Zemin Titreşim Değerleri

(Ground Vibration Values)

Zemine (CH1) yerleştirilen sensörle ölçülen yalıtımlı ve yalıtımsız titreşim ivme değerleri, Şekil 8'de karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Yalıtımsız ve yalıtımlı uygulamalar sonrası ölçülen titreşim ivme büyüklükleri arasındaki farklar grafik üzerinde gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde; titreşim takozsuz zemine iletilen titreşim ivme değerleri ortalama 1.31 m/s^2 iken, ES1 takozlu 0.38 m/s^2 , ES2 takozlu 0.17 m/s^2 seviyelerine düşmüştür. Her iki durumda da tezgâh aynı şartlarda çalıştırılmış ama zemine iletilen titreşim ivme değerlerinin farklı olduğu görülmüştür. Bu sonuç, ES2 takozu freze tezgâhı zemin izolasyonunda daha iyi performansa sahip olduğunu göstermiştir. Yalıtım uygulamaları öncesi ve sonrası yapılan titreşim ivme ölçümlerine göre, ES2 takozla zeminde yaklaşık 1.14 m/s^2 titreşim azaltımı sağlanmıştır. Yalıtımlı ve yalıtımsız titreşim ivme grafiklerinden, freze tezgâhı zemin bağlantısında titreşim takozu kullanılması zemine iletilen titreşimi azalttığı görülmüştür. Dal ve Baklacı [15], yapmış oldukları çalışmada da titreşim takozunun tezgâh zemin titreşimini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.



Şekil 8. Zemine iletilen titreşim ivme değerlerinin karşılaştırılması (Comparison of vibration acceleration values transmitted to the ground)

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu çalışmada, freze tezgâhının zemin yalıtımında titreşim sönümleyicilerin etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Titreşim azaltımları için gerekli rijitlik ve sönüm oranına sahip titreşim takozu tespit edilmiştir. Daha sonra belirlenen titreşim takozları freze tezgâhının ayakları altına uygulandı. Tezgâhın önce yalıtımsız daha sonra da yalıtımlı titreşim deneyleri yapıldı. Yalıtım uygulamaları öncesi ve sonrası yapılan titreşim ivme ölçümlerine göre, ES2 takozla zeminde yaklaşık 1.14 m/s^2 titreşim azaltımı sağlanmıştır.

Bu çalışmada elde edilen titreşim ivme sonuçları değerlendirildiğinde;

- ❖ Aynı koşullarda tekrarlanan titreşim ivme ölçümleri sonrasında, freze tezgâhı zemin titreşim seviyelerinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.

- ❖ ES2 titreşim takozu, freze tezgâhı zemin titreşimini yalıtımsız duruma göre yaklaşık %87 oranında azaltmıştır.
- ❖ Titreşimin, operatöre ve çevre makinelere olumsuz etkileri azaltılmıştır.
- ❖ Sonuçlar, bu yalıtım sisteminin takım tezgâhı zemin titreşimini azaltmak için uygulanabilirliğini göstermiştir.
- ❖ Ayrıca, bu çalışma endüstriyel alanlarda titreşim azaltma çalışmaları için izlenecek adımlara rehberlik edecektir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu çalışma, Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP birimi tarafından "18.KARİYER.53" nolu projesi ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazar(lar)ı çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Ahmet KÖKEN: Deneylerin gerçekleştirilmesini, sonuçların analiz edilmesini ve makalenin yazım işlemini yapmıştır.

Abdurrahman KARABULUT: Deneylerin gerçekleştirilmesini ve sonuçların analizini yapmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT OF INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Alçelik N. ve Kam M., "Dönen makinelerde eksenel kaçıklık ve dengesizliğin titreşim analizi", *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 7: 256 – 269, (2020).
- [2] Rao SS., "*Mechanical Vibration*", 4nd ed. Pearson Edu. USA, New Jersey, 2004.
- [3] Taşkın Y., "Taşıt titreşimlerinin analizi ve kontrolü", *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2008).
- [4] Sun L., "Experimental investigation of vibration damper composed of acoustic metamaterials", *Applied Acoustics*, 119: 101 – 107, (2017).
- [5] Yazıcı H., "Çok serbestlik dereceli bir yapının titreşimlerinin bulanık mantıkla kontrolü", *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2006).
- [6] Kahya V. and Araz O., "A simple design method for multiple tuned mass dampers in reduction of excessive vibrations of high-speed railway bridges", *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 35: 607-618, (2020).

- [7] Çakır A., “Mekanik titreşimler ve titreşim yalıtımı”, *II. Ulusal tesisat mühendisliği kongresi*, İzmir, 1827-1834, (2013).
- [8] Küçükrendeci İ., “Endüstriyel uygulamalar için alternatif mekanik titreşim yalıtım elemanı tasarımı”, *ÖHÜ Müh. Bilim. Derg.*, 7: 929-936, (2018).
- [9] El-Kasaby E.A., Khedr M.D., Mansour M.H. and Badawi M.I., “Response of the raft foundations under dynamic loads” *Engineering Research Journal*, 39: 231-241, (2016).
- [10] Erbaş M. ve Güllü A., “34CrNiMo6 çeliğinin frezelenmesinde kesme parametrelerinin titreşim ve yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 22: 633-639, (2019).
- [11] Salımsız A. ve Rafıghı M., “Titreşim ve kesme kuvveti esaslı takım aşınmasının bulanık mantıkla izlenmesi ve tahmini”, *Politeknik Dergisi*, 20: 111-120, (2017).
- [12] Yardımeden A. ve Turan A., “Farklı kesme parametreleriyle AISI 1040 çeliğin tornalanmasında oluşan titreşimlerin ve yüzey pürüzlülüğünün incelenmesi”, *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 9: 269-278, (2018).
- [13] Şahinoğlu A. ve Güllü A., “CuZn39Pb3 malzemenin torna tezgâhında işlenmesinde oluşan akım, ses şiddeti, titreşim ve yüzey pürüzlülük değeri arasındaki ilişkinin incelenmesi”, *Politeknik Dergisi*, 23: 615-624, (2020).
- [14] Ulas H.B., Ozkan M.T. and Malkoc Y., “Vibration prediction in drilling processes with HSS and carbide drill bit by means of artificial neural networks”, *Neural Computing and Applications*, 31: 5547–5562, (2019).
- [15] Dal H. and Baklacı M., “Noise and Vibration Abatement Study on a Fabric Polishing Machine”, *Journal of Engineering Sciences of Gazi University*, 7: 121 – 133, (2021).
- [16] Krishnamoorthy A. and Jayavel M., “Design and analysis of vibration isolation pad of a heavy load machine and to perform the progressive rate frequency analysis”, *ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12: 4709-4716, (2017).
- [17] Karabulut A. and Köken A., “Investigation of the effect of the vibration wedge on the vibration isolation of the guillotine shears machine” *Journal of Engineering Sciences of Gazi University*, 6: 210 – 216, (2020).
- [18] Łatas W., “Optimal positions of translational vibration absorbers in vibroisolation of mechanical press”, *MATEC Web of Conferences* 285, 00008, (2019).
- [19] Okwudire C.E. and Lee J., “Minimization of the residual vibrations of ultra-precision manufacturing machines via optimal placement of vibration isolators”, *Precision Engineering*, 37: 425–432, (2013).
- [20] Kam M. ve Saruhan H., “Kriyojenik işlem uygulanmış millerin yuvarlanmalı ve kaymalı yataklarda deneysel titreşim analizi”, *Politeknik Dergisi*, 22: 129-134, (2019).
- [21] Avcar M., “Pasternak zemine oturan eksenel yüke maruz homojen olmayan kirişin serbest titreşimi”, *Politeknik Dergisi*, 19: 507-512, (2016).
- [22] Ünver İ. ve Bozkurt Y., “Sıcak dövme sanayisinde çalışanların titreşimle ilgili risklerden korunma çalışmaları”, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5: 278-286, (2018).
- [23] Kawamura S., Ito S., Yoshida T. and 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).
- [24] Zheng E., Jia F., Zhang Z. and Shi J., “Modeling and simulation of nonlinear combination disc-spring vibration for high-speed press”, *Advanced Materials Research*, 211-212: 40-47, (2011).
- [25] Chehab A.G. and Naggar M.H., “Design of efficient base isolation for hammers and presses”, *Soil Dynamics & Earthquake Engineering*, 23: 127–141, (2003).
- [26] Chehab A.G. and Naggar M.H., “Response of block foundations to impact loads”, *Journal of Sound and Vibration*, 276: 293–310, (2004).
- [27] Jia F. and Xu F.Y., “Combined vibration isolator of disc springs for closed high-speed precision press: design and experiments”, *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, 38: 465-485, (2014).
- [28] Jia F. and Xu F.Y., “Dynamic analysis of closed high-speed precision press : modeling, simulation and experiments”, *Journal of Mechanical Engineering Science*, 228: 2383-2401, (2014).