

HAVAN MÜHİMMATI TAPALARINDA EMNİYET MEKANİZMALARININ İNCELENMESİ

Serhad Yıldız¹, Zühtü Onur Pehlivanlı^{2*}

¹ Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Savunma Teknolojileri Anabilim Dalı, 71450, KIRIKKALE

² Dr.Öğretim Üyesi, Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği
Bölümü, 71450, KIRIKKALE

Öz

Büyük ve orta kalibreli mühimmatlarda kullanılan ve mühimmatın ilk ateşleme sistemi olarak adlandırılan tapaların alt sistemleri ele alınarak; emniyet ve fonksiyonellik arasındaki kritik dengeyi sağlayan tapaların iç mekanizmalarındaki dinamik hareketler incelenmiştir. Bu dinamik hareketler mühimmatın atış anında oluşan atalet kuvvetleri ve namlunun yiv setlerinin mühimmata kazandırdığı merkezkaç kuvvetlerinin bileşke fonksiyonudur. Bu dinamik hareketin çıktısı mühimmatlarda namlu önü emniyeti olarak adlandırılan, silah sistemi ve personeli atış esnasında her türlü olumsuz senaryolarda güvende kalmasını sağlayan bir emniyet parametresidir. Bu makalede tapaların içerisinde bulunan dişli çark sistemlerinin geometrilerinin bu emniyet parametrelerine ne düzeyde ve nasıl etki ettiklerinin çalışmaları yer almaktadır. Bu çalışmada, pandül ve çark ikilisinin birlikte çalıştığı temas süresinin, kurulma süresine yani namlu önü emniyet mesafesine olan etkileri araştırılmıştır. Pandül ve çark ikilisi, depolamadan güvenli atış yapıncaya kadar geçen sürede, tapanın fonksiyon yapmasını engelleyerek silahlı kuvvetler personelinin ve donanımlarının güvenliğini sağlayan, güvenlik ve kurma mekanizması içerisinde yer almaktadır. Yapılan bu çalışmada, dönüşüz (kuyruk dengeli) havan tapasındaki pandülün temas noktalarına farklı radiuslar verilerek kurulma süreleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda pandülün temas nokta radius artışının kurulma süresini azalttığı, yani namlu önü emniyet mesafesini düşürdüğü sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tapa, Güvenlik ve Kurma Mekanizması, Pandül, Rotor, Hareket çarkı.

INVESTIGATION OF SAFETY MECHANISMS IN THE MORTAR FUZES

Extended Abstract

In the international arena, the defense industry, which is one of the main factors determining the economic and political power of the countries, is constantly in need of change, innovation and modernization in parallel with the technological developments in the world. Our country, which is open to multi-faceted threats in terms of its geopolitical and geostrategic position, must reach a military power with the ability and ability to support the national security policy and develop its military power in accordance with the requirements of the era. In line with this importance and purpose, the reduction and increases in time, spin and distance are of great importance when the arming time and spin of the safety arming mechanisms used in military-critical rifle and smoothbore ammunition fuzes are fully determined and necessary. The subsystems of the fuzes, which are used in ammunition of large and medium caliber, which are called as the first firing system of ammunition; dynamic movements in the internal mechanisms of the fuzes, which provide the critical balance between safety and functionality, are investigated. These dynamic movements are the resultant function of the inertia forces of the ammunition at the time of the firing and the centrifugal forces that the barrel's groove sets impart to the ammunition. The output of this dynamic movement is a safety parameter which is called as front of barrel safety in ammunition, which ensures that the weapon system and personnel remain safe in all kinds of negative scenarios during shooting. In this article, the effects of the geometries of the gearing systems on the safety parameters on the fuzes are discussed. The pallet-wheel pair used in mechanical fuzes; They slow down the movement of the gear system, delaying the detonator

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Zühtü Onur PEHLİVANLI (Dr. Öğretim Üyesi); Kırıkkale University, Faculty of Engineering, department of metallurgical and materials engineering, 71450, Kırıkkale-Turkey. Tel: +90 (318) 357 4242, Fax: +90 (318) 357 2459, E-mail: pehlivanli@kku.edu.tr

Geliş (Received) : 16.07.2019

Kabul (Accepted) : 12.12.2019

Basım (Published) : 31.12.2019

on the rotor to come under the firing pin, thereby extending the safety distance to the front of the barrel. The motion wheel and the pallet pair dampen the effects of high rotation and inertial forces and act as brakes. In this study, the effects of contact points of the pallet and the escape wheel to the arming time that affects muzzle safety distance were investigated. Pallet and the escape wheel are situated in the fuze safety and arming device that provides the security of the armed forces personnel and their equipment by preventing the function of the fuze from stockpile to safety separation sequence. In this experimental study, different radius were applied to the pallet contact points in the smoothbore mortar fuzes in order to investigate arming time differences. As a result of this study, it has become a guide for the revisions to be made on pallet and wheel pair which are critical in terms of installation time and front barrel safety in our existing mechanical impact mortar fuzes and new fuze designs. Integrating the revisions to the safety arming mechanism will be of great importance in terms of safety and security. As a result of the studies, it has been observed that as the contact point radius of the pallet increases, the installation time decreases inversely, i.e. the safety distance of the front of the barrel decreases. The determination of the net determination of the duration of the establishment and, where necessary, the shortening of time and distance are of great importance. As a result, it was concluded that the increase in the contact radius of the pallet reduces the arming time, which led the muzzle safety distance to decrease. In addition, this work is of great importance in order to prevent any fatal and wounded accident of Turkish Armed Forces and Security Forces with mortar ammunition.

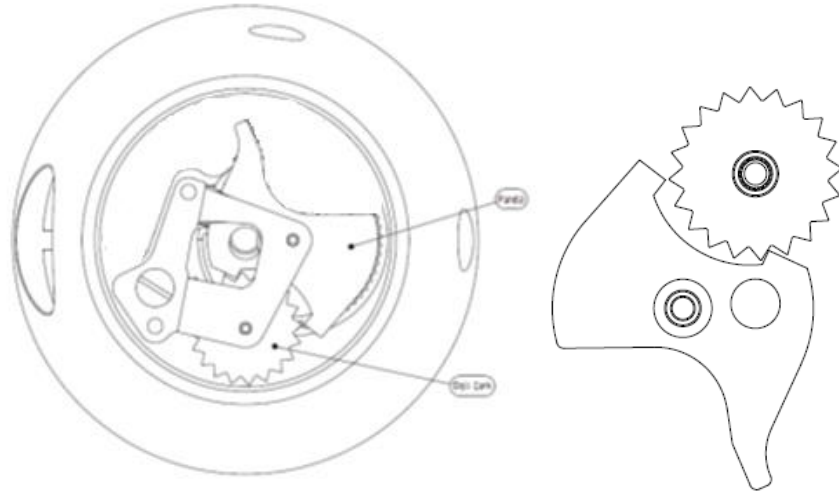
Keywords: Fuzes, Safety And Arming Device, Pallet, Rotor, Escape Wheel.

1. Giriş

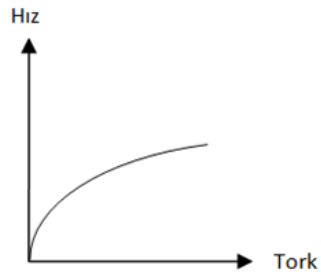
Teknolojik olarak hızla gelişen dünyada silah sistemleri de sürekli geliştirilmekte ve değişmektedir. Malzeme teknolojisindeki gelişmeler, yazılım alanında geliştirilen sistemler ve kimyasal patlayıcılar üzerinde yapılan çalışmaların bütünü silah sistemlerinde önemli gelişmeler kaydedilmesine yol açmıştır. Bütün bu çalışmalar sistemin güvenliğini en üst düzeye çıkartacak; aynı zamanda etkinliğini ve güvenilirliğini arttıracak şekilde kurgulanmaktadır. Özellikle 2. Dünya savaşından sonra silah sistemleri üzerinde önemli gelişmeler yaşanmıştır. Karada, havada ve denizde teknolojik olarak silah gücüne sahip ülkeler, 2. Dünya savaşında ve sonrasında geliştirilen silah sistemlerini denemiş ve yaşanan tecrübelerden, kazalardan, başarılı başarısız operasyonlardan ve personel kayıplarından dersler çıkartarak mevcut silah sistemlerini hep geliştirmek zorunda kalmışlardır. Bu yüzden kullanılan silah sistemlerinde ve mühimmatlarda bazı güvenlik mekanizmaları zorunluluk haline gelmiştir. Bu mekanizmalar mekanik, elektronik ve kimyasal veya bunların kombinasyonu olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu mekanizmalar mühimmatın silah sistemini terk etmesinden sonra personel ve donanım emniyeti için belirli bir mesafeye kadar mühimmatın infilak etmesini engeller. Bu mesafe namı önü emniyeti mesafesidir.

Mühimmatın aktivasyonunun hangi zamanda ve nerede gerçekleşmesi kararını verecek olan ve aynı zamanda namı önü emniyeti de dahil tüm emniyet mekanizmalarını ve patlayıcı zinciri ve bileşenlerini üzerinde bulunduran tapalar mühimmata baş veya dip kısmından bağlanırlar. Namı önü emniyet mesafesi de tapalar içerisindeki güvenlik ve kurma mekanizmalarıyla sağlanmaktadır. Mühimmatın namludan çıktıktan sonra dönü ve g kuvvetlerinin etkisiyle belli bir mesafeye gelene kadar ki geçen sürede patlayıcı zincirini aynı eksen üzerine getiren mekanizma güvenlik ve kurma mekanizmasıdır. Kullanım esnasında tapanın istenmeyen yer ve zamanda fonksiyon göstermesi, sistemi kullanan personel veya dost birliklerin can ve mal kaybına; istenen yer ve zamanda fonksiyon göstermemesi düşman hedeflerinin yok edilememesi, bir çatışmanın veya savaşın akışını değiştirecek bir olaya sebep olabilir.

Mekanik havan tapalarında kullanılan Şekil 1’de gösterilen pandül-çark ikilisi; dişli sistemin hareketini yavaşlatarak, rotor üzerindeki kapsülün ateşleme iğnesinin altına gelmesini geciktiren, dolayısıyla namı önü emniyet mesafesini uzatan ikilidir. Hareket nakil çarkı ve pandül ikilisi yüksek dönü ve atalet kuvveti etkilerini sönümler, adeta fren görevini üstlenirler. Dönü arttıkça tork kuvveti artar, tork kuvveti arttıkça pandülün salınım hareketi de artar ancak belli bir değerden sonra sabitlenir. Şekil 2’de salınım hareketi ile tork ilişkisi gösterilmiştir.



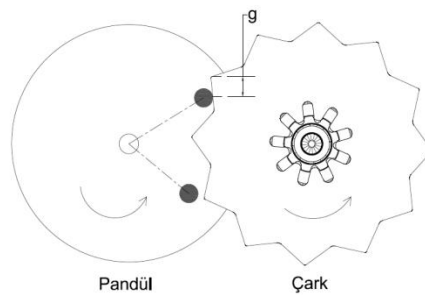
Şekil 1. Pandül – Dişli çark ilişkisi



Şekil 2. Salınım hareketi hızı ile tork ilişkisi

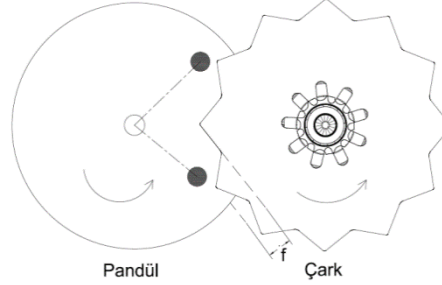
Hareket nakil çarkı ile pandül birlikte sırayla 3 farklı hareket yaparak çalışır. Bu hareketler ve açıklamaları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

1. Hareket nakil çarkı ile pandülün birlikte çalışması (birlikte hareket): Tork yayı dönü etkisiyle geri çekilir ve dişliyi harekete geçirir. Hareket nakil çarkı ile pandül yüzeyi temasa geçer ve birlikte hareket ederek salınım hareketini başlatır. Aslında bu hareket, çark ile pandülün ilk temas ettiği andaki harekettir. Şekil 3'te birlikte hareket gösterilmiştir.



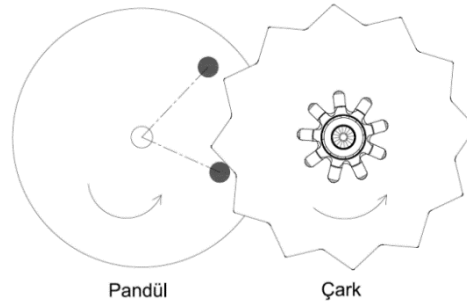
Şekil 3. Birlikte hareket

2. Hareket nakil çarkı ile pandülün temassız serbest hareketi (serbest hareket): Birlikte hareket bittiği zaman hareket nakil çarkı ile pandülün temas etmediği harekettir. Şekilsel gösterimi şekil 4'te verilmiştir. Bu durumda 'g' uzaklığı sıfıra eşittir. Şekil 3'te 'g' uzaklığı gösterilmiştir. ($g=0$)



Şekil 4. Serbest hareket

3. Hareket nakil çarkı ile pandülün birbirine çarparak çalışması (çarpmalı hareket): Serbest hareketten sonra hareket nakil çarkı ile pandülün birbirine çarparak hareket etmesidir. Şekilsel gösterimi Şekil 5'te verilmiştir. Bu durumda 'f' uzaklığı sıfıra eşittir. Şekil 4'te 'f' uzaklığı gösterilmiştir. ($f=0$)



Şekil 5. Çarpmalı hareket

Dişli sisteminde pandülün süreye olan etkisini incelemiştir. Birinci dişli sisteminde pandül kullanılmamış ve sistemde 330^0 döndürülmek istenen dişli 19.93 saniyede istenilen konuma gelmiştir. Bu sürede çark ise 11.000 tur atmıştır. İkinci dişli sisteminde ise pandül kullanılmış olup sistemde 330^0 döndürülmek istenilen dişli 3600 saniyede istenilen konuma gelmiştir. Bu sürede pandül ile birlikte hareket eden çark 62 tur atmıştır. Çalışma sonucunda pandülün süreyi arttırdığı ve çarkı yavaşlattığı sonucuna varılmıştır (Ardak & Phate, 2014).

Bilgisayarlı deney tasarımı ve sonlu elemanlar istatistiksel analiz metotlarıyla 40 mm M549 A1 ve M550 tapalarındaki güvenlik kurma mekanizmalarındaki değişikliklerle kurma zamanını ölçmüş ve kurulma süresini etkileyen temel etkenleri belirlemiştir. Bilgisayarlı deney tasarımı ve sonlu elemanlar istatistiksel analiz sonuçları M549 A1 ve M550 GKM kurulma süreleri için benzer sonuçlar vermiş ve kurulma süresi değişimindeki tüm faktörlerin pandül- çark etkileşiminden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Rhode & Geaney, 2014).

Güvenli kurma mesafesini arttırmak için rotorun ağırlık merkezi değişmeyecek şekilde, rotorda boşaltma yaparak rotoru hafifletmiş ve normalden iki kat daha ağır pandül ile birlikte kullanmıştır (Mofn GKM). Çalışmada Mofn GKM'nin kurulma süresi, devir testi, dinamik analiz ve abaqus analiz yazılımı ile üç farklı yöntemle ölçülmüştür (Lewis, 2003).

Güvenli kurma mesafesini arttırmak için bazı çalışmalar yapmıştır. Birinci çalışmada çinko döküm olan rotoru alüminyum rotor olarak dizayn etmiştir. Böylece alüminyum rotorun kütlesi %56 azalmıştır. Buna bağlı olarak kurulma süresi ise %32 artmıştır. İkinci çalışmada ise pandülün ağırlığı %61 arttırılmış ve buna bağlı olarak da kurulma süresi %40 artmıştır. Ayrıca bu iki çalışma birleştirilerek alüminyum rotor ve ağırlığı arttırılmış pandül birlikte kullanılmış ve kurulma süresinin %85 arttığı görülmüştür. Kurulma mesafeleri ise modifiyesiz standart rotor ve pandül birlikte kullanıldığında 250 feet, alüminyum rotor ve ağırlığı arttırılmış pandül birlikte kullanıldığında ise 463 feet olarak ölçülmüştür (Cooper, 2003).

DM 74 ve DM 84 çok maksatlı tapalarında güvenlik kurma mekanizmasını, 120 mm yivli havan mühimmatlarında kullanılmak üzere geliştirmiştir. Bu mekanizma sayesinde mühimmatın namlu önü emniyet mesafesinin, 150 metre olduğu sonucuna varmıştır. Ayrıca bu mekanizmaya programlama yoluyla kurulma zamanı girildiğinde (T), mühimmatın namlu önü emniyet mesafesini saptamak için, girilen bu sürenin 4 saniye öncesinde, (T-4s) elektronik sistemin devreye girdiği görülmüştür (Wagner, 2006).

Dönü ve atalet kuvveti etkisiyle, elektronik tapanın fonksiyon yapmasını sağlayan, topçu mühimmat tapalarında kullanılan M767A1 güvenlik kurma mekanizmasını geliştirmiştir. Bu güvenlik kurma mekanizmasını mikro elektromekanik sistemli (MEMS) olarak geliştirmiştir. Bu mekanizma yüksek ve düşük barut haklarında, mühimmat tapalarına monte edilmiş ve atışlarda uygun sonuçlar alınmıştır. 40 adet mühimmat ile yapılan atışlarda, M762 ateşleme kapsülü kullanılan güvenlik kurma mekanizmalarının hepsinin fonksiyon gösterdiği görülmüştür. Bu güvenlik kurma mekanizmalarının kurulma özelliği kumanda edilebilir olarak geliştirilmiş olup mikro ölçekli ateşleme sistemi ile hacimsel olarak %95 yer tasarrufu sağlanmıştır (Burke & Pergolizzi, 2008).

Kombinasyonlu tapada kullanılan güvenlik kurma mekanizmasını bir modül olarak geliştirmiştir. Bu mekanizmanın çalışma biçimi aynı ancak minyatüre edilmiş proteknikler, mekanik parçalar ve elektronik parçalar sayesinde farklı çevre şartları için iki farklı sensör tasarlanmış, elle kurulma imkansız hale getirilmiş, namlu önü emniyeti daha kararlı ve atış yapıldıktan sonra çevre şartlarına göre fonksiyon yapması sağlanmıştır. Geliştirilen bu GKM sayesinde hacimsel olarak tasarruf sağlanmış, ilave parça sayısı ve işçilik azaltılmış, statik elektrik v.b. durumlardan etkilenmeyen duyarsız, akıllı mühimmat geliştirilmiştir (Kautzsch, 2008).

DM11S ve DM183 Havan tapalarına ikinci bir emniyet eklenmesi için çalışma yapılmıştır. Tapanın burun kısmına türbin yapısı eklenmiştir. Bu sayede havada dönmeyen mühimmatın, uçuş sırasında oluşan hava akımı ile burun kısmı döndürülmüş ve santrifüj etkisi oluşturulmuştur. Bu sistem rotor ile bağlantılıdır. Rotor üzerindeki emniyetin kaldırılabilmesi için atalet kuvvetine ek olarak merkezkaç kuvveti de gereklidir ve gerekli olan santrifüj 7000 rpm'dir (Perrin 2017).

Güvenlik ve Kurma Mekanizmalarında bazı değişiklikler yapılarak kurulma süresi dolayısıyla kurulma mesafelerinin değiştirilmesini de içine alacak şekilde en kapsamlı çalışma Overman (1971) tarafından yapılmıştır. M125 Busterin matematik analizi sonucu günümüzde kullanılan mekanik güvenlik kurma mekanizma tasarımları ile ilgili çok önemli sonuçlar elde etmiştir. Dişli sistemlerinin kurulma süresine olan etkileri, rotorun hareket edebilmesi için uygulanacak tork kuvvetinin ve rotorun ağırlık merkezinin ne kadar önemli olduğunu, 4 farklı güvenlik kurma mekanizmasının TTA (tur sayısı) karşılaştırılması, pandül-çark ikilisi arasındaki mesafenin ve pandülün çark ile temas ettiği kontak noktalarının genişletilmesinin süreye olan etkileri v.b. gibi birçok konuda önemli veriler elde edilmiştir.

Bu verilen çalışmalar literatürde tapalarla ilgili olarak yapılan önemli çalışmalar olmakla birlikte, tapalar ve tapalardaki güvenlik ve kurma mekanizmaları üzerine daha pek çok sayıda çalışma yapıldığı görülmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar ışığında bu çalışmalarda; dönüşüz (kuyruk dengeli) havan mühimmatlarında kullanılan havan tapası içerisinde yer alan pandül-çark ikilisinin temas ettiği kontak noktaları değiştirilmiş ve bu değişimin kurulma süresine yani namlu önü emniyet mesafesine olan etkilerinin incelenmesi planlanmıştır. Bu kapsamda havan tapaları için pandül-çark ikilisi ele alınarak tapa kurulma sürelerindeki değişimler deneysel olarak incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Pandül malzemesi olarak, pandül üretiminde standart olarak kullanılan C35300-H06 pirinç malzeme kullanılmış olup malzeme özellikleri tablo 1'de verilmiştir. 1 adet pandül CNC (Computer Numeric Control) tezgahı

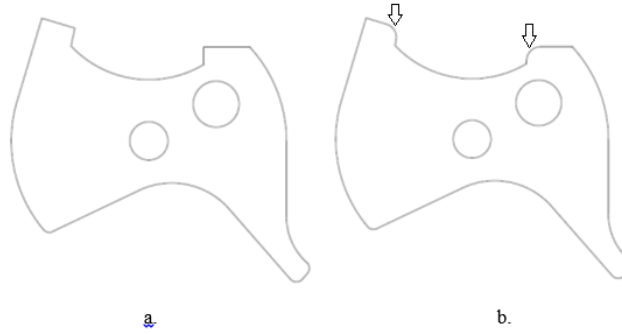
kullanılarak imal edilmiştir. Daha sonra hazırlanan standart pandüllerden 1 tanesi pandülün çark ile birlikte çalıştığı temas kontak noktalarının kurulma süresine olan etkisini incelemek amacıyla kontak noktalarına farklı radiuslar verilmiştir.

Tablo 1. Pandül imalatında kullanılan malzemenin fiziksel özellikleri

Malzeme	Yoğunluk (kg/m ³)	Çekme Muk.(Mpa)	Akma Muk.(Mpa)	Elas. Modülü (Mpa)	Sertlik (RCB)
C35300-H06	8.470	338-586	117-427	117-211	75

2.2. Metot

Pandüllerin çark ile temas ettiği kontak noktalarını değiştirmek için Fritz werner werkzeugmaschinen marka profil projeksiyon tezgahı kullanılmıştır. CAD programını yardımıyla belirlenen radiuslar profil tezgahında verilmiştir. Standart pandül ve radius verilmiş pandül şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. a.) Kontak noktalarına radius verilmemiş pandül, b.) Kontak noktalarına radius verilmiş pandül

Pandülün hareket nakil çarkı ile temas ettiği kontak noktalarına profil tezgahında verilen radiuslar S-T INDUSTRIES 5600 Serisi, 0.001 mm cetvel, 0.01° açı ölçer çözünürlüklü projeksiyon cihazında ölçülmüştür. Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Projeksiyon cihazında radius ölçümü (PR9 Numune ölçümü)

Hazırlanan pandül numunelerinin kurulma sürelerinin belirlenmesi için pandül, incelenen havan tapasına monte edilerek kurulma süreleri, zaman test cihazında ölçülmüştür. Havan tapasının kurulma süresini ölçmek için Şekil 8'de görülen zaman test cihazı kullanılmıştır. Zaman test cihazında; Tapa tezgâha bağlandıktan sonra mühimmatın gidiş yönü aksine oluşan atalet kuvvetini simule eden kol aşağı indirilerek rotorun serbest bırakılmasını (Rotoru, emniyette tutan millerin yay kuvvetlerini yenerek aşağı inmesi) sağlar. Böylece rotor kendisini tutan millerin çekilmesiyle harekete başlar. Hareket başladığı an titreşim de başlar ve tezgâh titreşim sona erene kadar süreyi

devam ettirir. Titreşimi baz alarak çalışan zaman test cihazı titreşimin bittiği anı yani tapanın kurulma süresini milisaniye (ms) olarak dijital ekrandan gösterir.

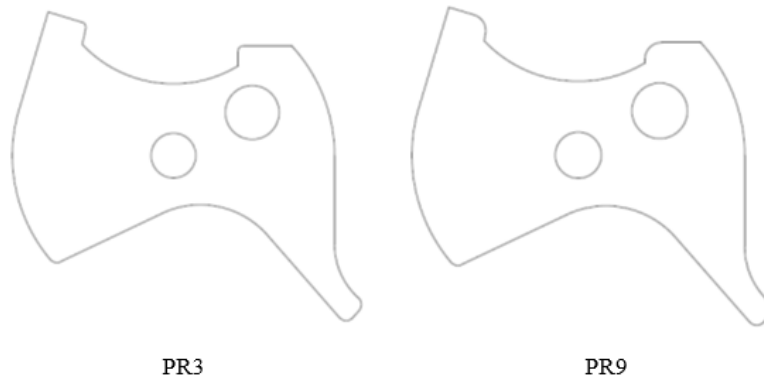
- Test Cihazının kurulma süresi kapasitesi 0- 999999 milisaniye (ms),
- Test cihazının ölçüm hassasiyeti 1 milisaniye (ms)' dir.
- Cihaz üzerinde 3 adet (sarı, yeşil ve kırmızı) ikaz ışığı vardır. Girilen kurma süresi sınırlar aralığında gelen ölçüm verileri için yeşil renk ikaz lambası; altında gelen ölçüm verileri için kırmızı renk ikaz lambası; üstünde gelen veriler için sarı renk ikaz lambası yanar.
- Ekran Boyutu 5 inç'tir.



Şekil 8. Zaman test cihazı

3. Bulgular ve Tartışma

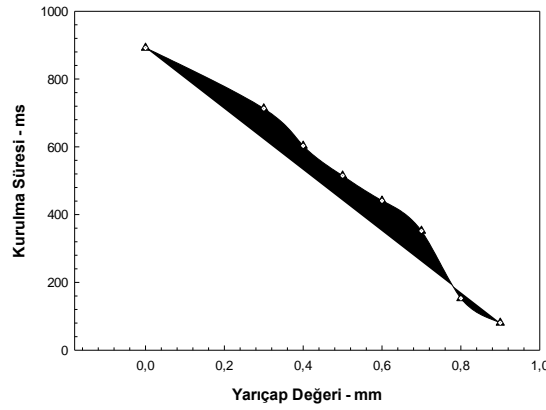
NATO şartname ve standartlarına uygun dönüşüz (kuyruk dengeli) havan tapası metal aksamlarından, 1 adet pandül alınmış ve alınan bu pandüle hiçbir işlem yapılmadan havan tapasına monte edilerek, zaman test cihazında kurulma süresi belirlenmiştir. Daha sonra bu pandülün hareket nakil çarkı ile temas ettiği kontak noktalarına profil tezgahında farklı yarıçaplarda (0.3-0.9 mm arasında) radiuslar verilmiştir. (Örneğin 0.3r ve 0.9 r şekil 9'da gösterilmiştir.). Farklı yarıçaplar projeksiyon cihazında ölçülmüştür ve her ölçümden sonra bu pandül havan tapasına tekrar monte edilerek zaman test cihazında kurulma süresi ölçülmüştür. Ölçülen süreler tablo 2'de gösterilmiştir. Kurulma süresi ve kontak radius arasındaki ilişki şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Kontak temas noktaları 0.3r ve 0.9r gösterimi

Tablo 2. Kurulma süresinin pandül temas yarıçapıyla değişimi

Numune Kodu	PS Standart pandül	PR3	PR4	PR5	PR6	PR7	PR8	PR9
Yarıçap Değeri (mm)	0	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
Kurulma süresi (ms)	892	713	603	515	441	352	153	81



Şekil 10. Kurulma süresi-kontak nokta yarıçap ilişkisi

4.Sonuç ve Öneriler

Pandül-Çark kurulma süresi ilişkisini incelemek için dönüşüz (kuyruk dengeli) havan mühimmatında kullanılan havan tapasında aynı geometri ve malzemeden üretilmiş ve pandülün çarkla birlikte çalıştığı uç geçiş temas noktaları üzerinde farklı yarıçaplarda hazırlanmış 1 adet pandül numunesi üzerinde yapılan deneysel çalışma sonuçları incelendiğinde, kurulma süresinin pandülün kontak noktalarında oluşturulan radiusun artmasıyla ters orantılı olarak azaldığı görülmüştür. Çünkü pandül kontak radiusu arttıkça pandül ve hareket nakil çarkı sürtünme teması nokta sayısı azalacağından kurulma süresi azalır. Ardak & Phate (2014) tarafından yapılan çalışmaya benzer sonuçlar elde edilmiştir. Pandülün kontak radiusu arttıkça, dişli çark dişlisiyle olan teması azalmış ve bu temasın azalmasıyla dişli çark daha fazla tur atmıştır. Bu yüzden rotor, daha hızlı dönmüştür ve ateşleme iğnesiyle aynı eksene gelerek kurulumunu tamamlamıştır. Kontak nokta yarıçapını artması namlu önü emniyeti açısından incelendiğinde ise temas kontak nokta yarıçap artışının namlu önü emniyet mesafesini azalttığı görülmüştür. Namlu önü emniyet mesafesi personel ve donanım emniyeti için büyük öneme sahiptir. Bu çalışma sayesinde yapılacak pandül tasarımlarında pandül-çark kontak noktasının önemi ortaya çıkarılmıştır.

Sonuç olarak mevcut tapalar üzerinde yapılacak en ufak değişikliklerin dahi tapaların kurulma süresi ve namlu önü emniyeti açısından son derece önemli olduğunu yapılan deneysel çalışma sonuçları göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar yeni tapa tasarımlarında veya tapalar üzerinde yapılması planlanacak değişiklikler için yol gösterici bir niteliktedir. Tapa tasarımlarında özellikle güvenlik kurma mekanizması içerisinde yer alan tüm bileşenlerin dikkatle ele alınmasının, tapaların kurulma süresi ve namlu önü emniyeti açısından önemlidir.

Kaynaklar

1. **Ardak M. B & Phate M. R. (2014).** *Mathematical Modeling and Computer Simulation For Mechanical Timer Runway Escapement Mechanism. International Journal of Science, Engineering and Technology Research*, 3(5), 1491-1497 2014.
2. **Burke P. & Pergolizzi T. (2008).** *Smart Fuzing - Adding Intelligence to Fuzing Solutions. 52nd Annual Fuze Conference, Nevada, USA 13-15.*

3. **Campion B. (2007).** *Changing Fuze Standards.* 51st Annual NDIA Fuze Conference, Nashville, USA 22-24 May 2007.
4. **Cooper E. & Bobetsky A. (2003).** *Fuzing Innovations for Tomorrow's Weapons.* 47th NDIA Annual Fuze Conference, New Orleans, USA 8-10 April 2003.
5. **Deeds M. A. & Cox A. (2009).** *Next Generation Fuzing - Maximum Advantage for the Warfighter.* 53rd Annual Fuze Conference, Lake Buena Vista, USA 19-21 May 2009.
6. **Finch C. D. (2003).** *Enhancing Weapon Performance.* 47th Annual Fuze Conference, New Orleans, USA 8-10 April 2003.
7. **Fowler S. E. (2001).** *Safety and Arming Device Design Principles.* Naval Air Warfare Center Weapons Division, China Lake USA, Scientific Report, Nawcwg Tp 8504.
8. **Geaney J. (2009).** *Next Generation Fuzing - Maximum Advantage for the Warfighter.* 53rd Annual Fuze Conference, Lake Buena Vista, USA 19-21 May 2009.
9. **Hendershot J. (2012).** *Next Generation Fuzing For Next Generation Weapons.* 56th Annual NDIA Fuze Conference, Baltimore, USA 14-16 May 2012.
10. **Kautzsch K. (2008).** *Junghans Microtec, 52nd NDIA Annual Conference,* 13-15 Mayıs 2008
11. **Kautzsch K. (2008).** *Smart Fuzing - Adding Intelligence to Fuzing Solutions.* 52nd Annual Fuze Conference, Nevada, USA 13-15..
12. **Kautzsch K. B. (2007).** *Changing Fuze Standards.* 51st Annual NDIA Fuze Conference, Nashville, USA 22-24 May 2007.
13. **Lewis K. (2003).** *Enhancing Weapon Performance.* 47th Annual Fuze Conference, New Orleans, USA 8-10 April 2003.
14. **Lewis K. (2003).** *Naval Surface Warfare Center Dahlgren 47th Annual Fuze Conference, Enhancing Weapon Performance,* 8-10 Aralık 2003
15. **Lowen G. G. & Tepper F. R. (1978).** *Dynamics of Pin Pallet Runaway Escapement.* Army armament research and development command dover, New york USA, Scientific Report, 07801, 1978.
16. **Overman D. (1971).** *Analysis Of M125 Booster Mechanism".* Harry Diamond Laboratories, Washington USA, Scientific Report, HDL-TR-1550, 1971.
17. **Perrin M. (2017).** *Junghans Defence New Generation Fuzes to Improve Munition Efficiency,* Parari 2017, Canberra.
18. **Pete B. & Tony P. (2008).** *XM1156 Precision Guidance Kit (PGK), Information Briefing for 52nd Annual Fuze Conference,* 13 – 15 May 2008
19. **Rhode M., Geaney J. & Leng D. (2014).** *Collaboration For Fuzing Challenges.* 57th NDIA Annual Fuze Conference, Newark, USA, 29-31.
20. **Ulamış F. (2012).** *Mühimmatlar için elektronik zaman ayarlı ateşleyici sistem tasarımı,* , Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 121 s.
21. **Wagner J. (2006).** *50 Years of Support Freedom.* 50th Annual NDIA Fuze Conference, Norfolk, England 9-11 May 2006.
22. **Wagner J. (2006).** *Junghans Feinwerktechnik GmbH & Co. KG, 50th Annual NDIA Fuze Conference,* Norfolk, VA, 2006
23. **Will B. (2009).** *Changing Fuze Standards.* 51st NDIA Fuze Conference, Nashville, USA 22-24 May 2007.