

T.C
SAHA İSTANBUL & TÜBİTAK TÜSSİDE
SAHA AKADEMİ MBA YÖNETİCİ GELİŞTİRME PROGRAMI

Şoka Dayanıklı Patlayan Folyolu Başlatıcı Teklifi



Danışman
Dr. Uğur TARÇIN
Ankara – 2025

1. SAHA İstanbul Yönetim Kurulu kararıyla, 2024-2025 eğitim döneminden itibaren SAHA AKADEMİ MBA katılımcılarına “Araştırma Projesi” hazırlama yükümlülüğü getirilmiştir. Bu uygulama; katılımcıların sektörel bilgi, stratejik düşünme ve akademik üretkenlik yetkinliklerini geliştirmeyi hedeflerken, savunma sanayii ekosistemine bilimsel katkıyı artırmayı amaçlamaktadır. Bu girişim, Türk savunma sanayii ekosisteminde bilimsel katkıyı artırmaya yönelik önemli bir adımdır.

2. SAHA İstanbul-SAHA AKADEMİ tarafından yayımlanan bu çalışma, ilgili yazar tarafından özgün biçimde hazırlanmış ve beyan edilmiştir. Çalışmada yer alan görüşler yazara ait olup, SAHA İstanbul’un kurumsal görüşünü yansıtmamaktadır. İçerikte sunulan bilgi, yorum ve sonuçların doğruluğu sorumlu yazara aittir. SAHA AKADEMİ; benzerlik oran tespitini yapmıştır.

3. Bu çalışma, [Halil İbrahim ÖNCÜ] tarafından hazırlanmıştır. Araştırma Projesi danışman tarafından değerlendirilmiş ve sunumu [25 Mayıs 2025] tarihinde yeterli görülerek kabul edilmiştir.

Araştırma Projesi Sunum Jüri Üyeleri

Başkan	Dr. Uğur Tarçın (SAHA AKADEMİ Öğr.Görevlisi)	e-imzalıdır
Üye	İlker Özkan (Genel Sekreter Yrdc)	e-imzalıdır
Üye	Pınar Erguvan Kaya (SAHA İstanbul Kurumsal İlişkiler Müdürü)	e-imzalıdır

(Formun aslı, imzalı olarak ilgili dosyada muhafaza edilmektedir.)

İÇİNDEKİLER

Teklif Veren Firma/Kişi Bilgileri	3
ÖZET	3
1. Teklif Konusu	3
2. Teklifin Kapsamı	6
3. Teklifin Amacı	7
4. Teslimat ve Zamanlama	7
5. Teklifin Özgünlüğü	7
6. Teklifin Sürdürülebilirliği	8
7. Garanti ve Destek Şartları	8
8. Sonuç	8
9. Kaynakça	10

ŞOKA DAYANIKLI PATLAYAN FOLYOLU BAŞLATICI TEKLİFİ (ÖNERİ-TEKLİF)

Halil İbrahim ÖNÜ

Roketsan

halil.oncu@roketsan.com.tr

Teklif Tarihi: 09.02.2025

ÖZET

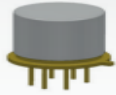
- Bu teklif, müşteri tarafından talep edilen 45.000 adet CM-LEEFI-200 Şoka Dayanıklı Patlayan Folyolu Başlatıcı tedarikine yönelik olarak hazırlanmıştır. CM-LEEFI-200, harp başlıkları patlatma zinciri teknolojisinde ileri düzey bir çözüm sunarak, yüksek şok dayanımı ve düşük enerji ile etkin ateşleme özellikleriyle öne çıkmaktadır. Teklif kapsamında:
 - Ürün tasarımı, MIL-DTL-23659F standardına göre kalifiye edilmiş olup, 40.000 g şok dayanımı ile en zorlu koşullara uygun hale getirilmiştir.
 - Tedarik süreci, müşteri tarafından onaylı test prosedürleri ile desteklenecek ve 45.000 adet başlatıcı belirlenen teslimat takvimi doğrultusunda sevk edilecektir.
 - Teknik özellikler, yüksek şoka dayanıklı tapalara entegrasyon için optimize edilmiştir.
 - Garanti ve teknik destek hizmetleri sağlanarak, kullanım süresince güvenli ve etkin performans garanti edilecektir.
- Teklif edilen CM-LEEFI-200 başlatıcıları, yerli ve milli üretim kapasitesi ile geliştirilmiş olup hem iç güvenlik hem de ihracat pazarına uygun, yüksek güvenilirlikte bir çözüm sunmaktadır.

1. Teklif Konusu

- 29 Temmuz 1967'de, bir F-4B Phantom savaş uçağındaki Zuni roketinin istemsiz ateşlenerek bir A-4 Skyhawk savaş uçağının harici yakıt tankını vurması sonucu uçak gemisi USS Forrestal'da yangın çıkmıştır. Yanıcı jet yakıtı uçuş güvertesine dökülmüş ve anında tutuşup 134 denizcinin ölümüne ve 161'inin yaralanmasına neden olan bir zincirleme patlama reaksiyonunu tetiklemiştir. O sırada Forrestal, Vietnam Savaşı sırasında muharebe operasyonlarına katılıyordu. Gemide 72 milyon ABD dolarını aşan

bir hasar oluştu. Olayın sebebi Zuni roketlerinin platform kaynaklı oluşabilecek herhangi bir kaçak akıma veya elektromanyetik alana dayanıklı olmayan başlatıcılarıydı. Bunlar dūřuk enerji üreten bataryalarla 3V'un altında ateşlenebiliyordu.

- Bu kazadan sonra kaçak akıma, statik elektriğe ve elektromanyetik alana dayanıklı bir çipin üzerindeki metal folyonun 2000 V ve üzeri yüksek voltajda ateşlenerek bir duyarsız ikincil patlayıcıyı aktive etmesiyle tetiklenen patlayan folyolu başlatıcılar (Expl. Foil Initiator) geliştirildi. Bunları ateşlemek için nanosaniye mertebesinde, 2000 Volt ve üzeri yüksek voltaj üretebilen özel devrelere ihtiyaç vardı. İlerleyen dönemlerde bu ateşleyici sistemlerin hacimsel büyüklüğü küçük boyutlu füze ve mühimmatlarda problem oluşturunca 1500 V seviyelerinde tetiklenebilen Low Energy EFI başlatıcıları geliştirildi. Bunların ateşleme devreleri öncekine göre daha küçüktü. İşte bu ürünleri özgün olarak geliştiren ve üretebilen dünyadaki sayılı firmalardan biri olarak size bugün CM-LEEFI-200 rnmze ait bir teklif dosyası sunacağım.
- Müşteri tarafından 45,000 adet 000230235 parça numaralı CM-LEEFI-200 şoka Dayanıklı Patlayan Folyolu Başlatıcı tedarikine ait 26.11.2024 tarihli teklif talebi doğrultusunda 45,000 adet CM-LEEFI-210 satışına dair maliyetlendirme çalışması yapılmıştır.



zellikler	316L elik şahit Plakada 0.4 mm Derinliğinde Oyuk Olulşturma
Fonksiyon Süresi	< 2 μ s
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-54 $^{\circ}$ C - +71 $^{\circ}$ C
Ömür	20 Yıl
Başlatıcı Tipi	Elektrikli Detonatr

Kaynak: (şematiktir)

- řok dayanımlı dūřuk enerji ile patlayan folyo ateşleyiciler (Low Energy Exploding Foil Initiator- LEEFI), patlayıcı başlatma teknolojisinde önemli bir ilerleme olup, minimum enerji girdisiyle yüksek hızda řok darbeleri üretebilme yetenekleriyle ne çıkar (Yılmaz, 2013). Aşağıda, bu başlatıcıların temel bileşenlerini ve performans özelliklerini detaylandırmaktadır.

- Tasarım ve Bileşenler
 - Yapı: LEEFI'ler tipik olarak, enerji transferi ve şok üretimi açısından kritik öneme sahip seramik elektrotlar, şarj halkaları ve uçucular (flyer) gibi bileşenleri içeren bir gövde yapısına sahiptir (Yao ve ark., 2017).
 - Bileşenler: Uçucu (flyer) olarak bakır folyo kullanılmakta ve mikro-elektromekanik yöntemlerle üretilmektedir. Patlayıcı olarak bakır azid (copper azide) ile HNS (heksanitrostilben) gibi patlayıcılar tercih edilir. Bu malzemeler, düşük enerji gereksinimlerini korurken ateşleyicinin performansını artırır (Yao ve ark., 2017). CM-LEEFI-200 ürününde HNS-IV patlayıcı kullanılmaktadır. Bu patlayıcı duyarsız olması sebebiyle tercih edilmiştir. Böylelikle ürün minimum ateşleme enerjisi olan 1400 V verilmediği sürece istemsiz ateşlenmez ve üstün bir emniyet seviyesi sunar.
- Performans Özellikleri
 - Şok Darbesi Üretimi: LEEFI'ler, 3800 m/s'ye kadar ulaşabilen uçucu hızları ile etkileyici başlatma kabiliyetleri sunar (Xue ve ark., 2024).
 - Şok Süresi: Şok süresi son derece kısa olup yaklaşık 4,5 nanosaniye seviyesinde ölçülmüştür. Bu, hassas patlayıcı başlatımı için kritik bir özelliktir (Chen ve ark., 2019).
- Uygulamalar ve Avantajlar
 - Enerji Verimliliği: Düşük enerjili tasarım, hassas olmayan (duyarsız) patlayıcıları başlatmak için yeterli enerji sağlarken kazara patlama riskini en aza indirir ve onları füze ve mühimmatlarda harp başlığının patlama zincirlerinin başlatılması için uygun hale getirir (Hyoung et al., 2015).
 - Entegrasyon: Modern tasarım, LEEFI'lerin daha büyük sistemlere entegre edilmesine olanak tanıyarak patlayıcı sistemler içinde çok yönlülüğünü ve işlevselliğini artırır (Nance, 2006).

2. Teklifin Kapsamı

- 45,000 adet 230235 parça numaralı CM-LEEFI-200 Şoka Dayanıklı Patlayan Folyolu Başlatıcı
 - MIL-DTL-23659F Appendix A'ya göre kalifikasyonu tamamlanmış
 - 40,000 g şok dayanımı
 - Minimum Ateşleme Enerjisi: 1000 V
 - Maksimum Ateşlenmeme Enerjisi: 900 V
 - Önerilen Ateşleme Voltajı: 1400 V
 - Çalışma Sıcaklık Aralığı: -54°C - +71°C
- Başlatıcıların üretimi ve müşteri katılımı ile gerçekleştirilecek katile kabul testleri CM-Pyro tesislerinde yapılacaktır. Her üretim kfilesinin %10'u DWG-000230235 numaralı teknik resme uygun olacak şekilde ateşleme testine tabii tutulacak ve şahit plakada oluşturduğu derinlik teknik resimde belirtilenle kriterle karşılaştırılacaktır.

3. Teklifin Amacı

- Teklif, müşterinin yüksek şoka dayanıklı tapalarında ihtiyaç duyduğu şoka dayanıklı yüksek voltajla ateşlenen patlayan folyolu başlatıcı tedariki kapsamında hazırlanmıştır.
- Şoka Dayanıklı Patlayan Folyolu Başlatıcılar, MIL-DTL-23659F Detail Specification: Initiators, Electric, General Design Specification For Appendix A'ya göre tasarlanmış ve kalifiye edilmiş detonatörlerdir. Bu detonatörler Elektrostatik Boşalma (ESB), Yıldırım, Kaçak Akım ve Elektro-manyetik Alan etkilerine karşı bağışık bir tasarıma sahip olup ancak özel bir ateşleme devresi vasıtasıyla 1400 Volt gibi yüksek voltajla ateşlenebilmektedir. Bu da ürünü “state of the art” diye tabir edilen son teknoloji başlatıcı kategorisine yerleştirmektedir.
- Ürün MIL-DTL-23659F kapsamındaki çevresel koşulları testlerine dayanım kriterleri haricinde 40,000 g şok dayanım özelliğine de sahip olup beton bunker korumalı hedeflere nüfuz edici mühimmatların tapalarında kullanılmak üzere özel olarak optimize edilmiştir.
- Ürünün tedariki ile birlikte müşterinin yüksek şoka dayanıklı tapaları yerli ve milli, emniyet ve güvenilirlik değeri yüksek, son teknoloji bir başlatıcı ile donatılmış olacak ve her türlü hava mühimmatında kullanılabilir olacaktır.

- Ürünün ham malzemelerinin ve yarı mamullerinin %80'inin de üretiminin yurt içinde gerçekleştirilmesi ve yurtdışından tedarik edilen malzemelerin çift kullanıma (dual-use) uygun, regülasyonlara takılmayan malzemeler oluşu, ürünü ve kullanılacağı tapaları ihracat için de yüksek potansiyelli sistemler kategorisine yerleştirmektedir.

4. Teslimat ve Zamanlama

- Teslimat takvimi aşağıda verilmiştir. T0 sözleşme imzalanması sonrası avansın yatırılması ile başlayacaktır.

TESLİMAT TAKVİMİ	
TESLİMAT TARİHİ (T₀+Ay)	MİKTAR (adet)
T ₀ + 1	1,000
T ₀ + 6	6,500
T ₀ + 12	7,500
T ₀ + 18	7,500
T ₀ + 24	7,500
T ₀ + 30	7,500
T ₀ + 36	7,500
TOPLAM	45,000

- Teslimat müşterinin yurtiçinde belirleyeceği yerleşik tesislerinde gerçekleştirilecektir.

5. Teklifin Özgünlüğü

- Bu teklif, müşterinin ihtiyaçları doğrultusunda özel olarak hazırlanmıştır. Müşterinin yüksek şoka dayanıklı tapalarında kullanılmak üzere belirttiği teknik gereksinimlere uygun şekilde tasarlanmış ve maliyetlendirilmiştir. Teklif kapsamında:
 - Özelleştirilmiş üretim ve teslimat programı sağlanmış, belirlenen zaman çizelgesine uyum garanti edilmiştir.
 - Ürünün teknik özellikleri, müşterinin operasyonel gereksinimlerine tam uyum sağlayacak şekilde optimize edilmiştir.

- Maliyet yapısı ve indirim oranları, alıcının bütçe gereksinimlerini karşılayacak şekilde özel olarak belirlenmiştir.
- Garanti ve teknik destek, müşterinin uzun vadeli operasyonel güvenilirliğini sağlayacak şekilde düzenlenmiştir.

6. Teklifin Sürdürülebilirliği

- Teklif edilen CM-LEEFI-200 başlatıcılarının üretiminde yerli ve milli kaynakların kullanımı ön planda tutulmuştur. Kritik yarı mamuller olan mikro-elektromekanik (MEM) köprü kompleksi ve duyarsız ikincil patlayıcı HNS-IV malzemesinin yurt içinde üretilmesi, tedarik süreçlerinde dışa bağımlılığı azaltarak sürdürülebilir bir üretim modeli oluşturmuştur. Ayrıca, çevre dostu üretim teknikleri ve enerji verimliliği sağlayan süreçler benimsenerek uzun vadeli üretim kapasitesi güvence altına alınmıştır. Ürünün yüksek güvenilirliği ve dayanıklılığı, operasyonel sürdürülebilirliği destekleyerek maliyet etkinliği sağlamaktadır.

7. Garanti ve Destek Şartları

- Garanti Süresi: CM-LEEFI-200 başlatıcıları, teslimat tarihinden itibaren 24 ay üretici garantisi kapsamında olacaktır.
- Teknik Destek: Müşterilere, ürünlerin kullanımı ve entegrasyonu konusunda teknik destek sağlanacaktır.
- Eğitim Desteği: Kullanıcıların ürünü güvenli ve etkili şekilde kullanabilmesi için eğitim hizmetleri sunulabilecektir.

8. Sonuç

Bu teklif, müşterinin ihtiyaçları doğrultusunda 45.000 adet CM-LEEFI-200 Şoka Dayanıklı Patlayan Folyolu Başlatıcı tedarikine yönelik hazırlanmıştır. Teklif edilen başlatıcı, MIL-DTL-23659F Appendix A standardına uygun olarak üretilmiş ve 40.000 g şok dayanımı, 1400 V önerilen ateşleme voltajı gibi üstün performans özelliklerine sahiptir.

Üretim süreci, müşteri katılımı ile gerçekleştirilecek kafiye kabul testleri ile güvence altına alınmıştır.

Belirlenen teslimat programı çerçevesinde, ürünler müşterinin belirleyeceği yerleşik tesislere zamanında teslim edilecektir.

Teklif, özgün ve sürdürülebilir bir tedarik çözümü sunmakta olup, yüksek kaliteli yerli üretim kapasitesi sayesinde hem iç güvenlik ihtiyaçlarına cevap verebilecek hem de ihracat potansiyeline sahip bir yapıdadır. Garanti, teknik destek ve eğitim hizmetleri ile uzun vadeli kullanım desteği sağlanacaktır.

Bu teklif, müşterinin operasyonel gereksinimlerine en iyi şekilde cevap verecek şekilde özelleştirilmiş olup, tüm maliyet ve teknik bileşenler dikkate alınarak en uygun çözüm sunulmuştur. Teklif sistem güvenliği ve personel emniyeti açısından kritiktir. Gerçekleştirilmesine önemli bir yetenek kazanılacaktır.



9. Kaynakça

1. Yılmaz, Muhammed Yusuf, "Design and Analysis of a High Voltage Exploding Foil Initiator for Missile Systems," Yüksek Lisans Tezi, Makina Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2013
2. Yao, W., Yuan, G., Qiubo, F., Xiujuan, S., Fei, G., & Kuang, F. (2017). Low-energy initiator.
3. Xue, P., Hu, H., Wang, T., Xiong, P., Li, M., & Zeng, Q. (2024). A Micro Bridge-Wing-Thickened Low-Energy Exploding Foil Initiator Chip. Micromachines. <https://doi.org/10.3390/mi15050589>
4. Chen, Q., Yong, L., & Ma, T. (2019). Characterization of the super-short shock pulse generated by an exploding foil initiator. Sensors and Actuators A-Physical. <https://doi.org/10.1016/J.SNA.2018.12.018>
5. Hyoungh, K. K., Sook, O. I., & Min, L. C. (2015). Low energy exploding foil assembly of primer detonator.
6. Nance, C. J. (2006). Energetic material initiation device having integrated low-energy exploding foil initiator header.

