

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

**Obüs Top Namlusu Üretimi ve İleri Soğutma & Termal İmza Azaltma
Teknolojisi Entegrasyonu**



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, [Erhan HİNTOĞLU] tarafından hazırlanmıştır. Araştırma Projesi danışman tarafından değerlendirilmiş ve sunumu [10 Haziran 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

	Sayfa No
Proje Başlığı	3
Proje Yürütücüsü	3
1.Özet.....	3
2.Projenin Amacı.....	3
3.Üretim Süreçleri	6
4.Projenin Hedef Kitlesi.....	11
5.Üretim Süresi.....	11
6.Yatırım ve Üretim Maliyeti	12
7.Ekonomik Analiz ve Geri Dönüşüm Süresi	13
8.Riskler ve Önlemler	13
9.Değerlendirme Kriteri	14
10.Sonuç	14
11.Kaynaklar	15



TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİNDE YER ALAN OBÜS NAMLULARININ ÜRETİMİ VE İLERİ SOĞUTMA & TERMAL İMZA AZALTMA TEKNOLOJİSİ ENTEGRASYONU

(PROJE)

Erhan HİNTOĞLU

ÇİLTUĞ Isı San. ve Tic. A.Ş.

ehintoglu@ciltug.com

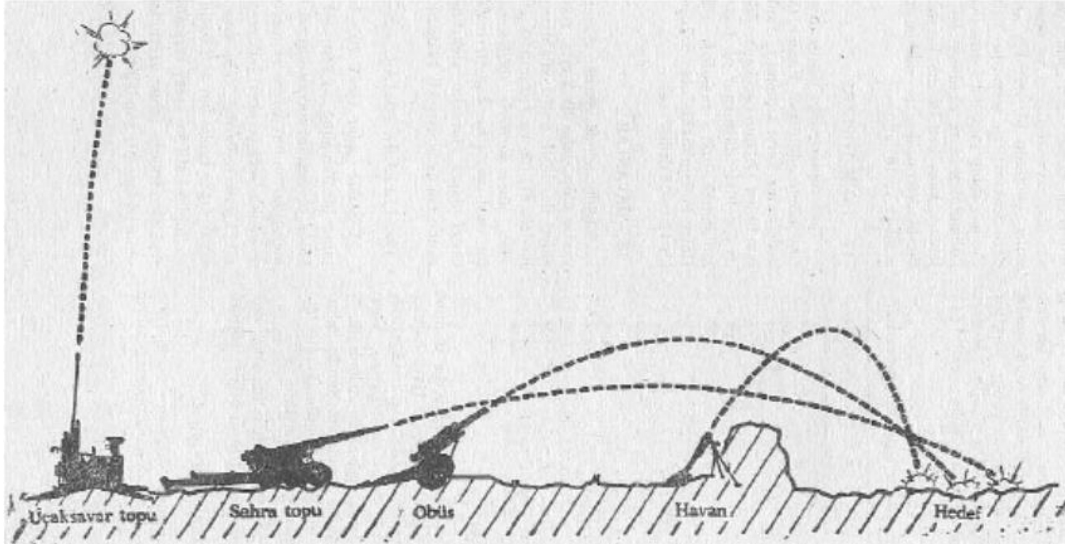
1. Özet

Bu proje, NATO üyeleri ve müttefiklerinin topçu sistemlerinde kullanılmak üzere, NATO Standart Anlaşmaları'na (STANAG) uygun şekilde, ileri soğutma ve termal imza azaltma teknolojileri ile donatılmış yeni nesil obüs namlusu geliştirilmesini hedeflemektedir. NATO'da askeri ürünlerin kabulü ve kullanımı için, tasarım ve üretim süreçlerinin ilgili STANAG'lara ve NATO teknik direktiflerine tam uyumlu olması zorunludur. Bu kapsamda proje çıktısının, hem teknik gereklilikleri hem de uluslararası pazarda kabul edilebilirliğini güvence altına almak için NATO STANAG'larının öngördüğü standartlara uygun şekilde tasarlanması amaçlanmaktadır.

2. Proje Amacı

Günümüzde topçu silahları; topları, obüsleri, havanları, roketatarları, tepkisiz topları ve güdümlü füzeleri kapsayan sınıflara ayrılır. Bütün bu silahlar farklı amaçlara hizmet etmek üzere dizayn edilmişlerdir. Bundan dolayı Şekil 2.1 de görüldüğü gibi her silahın menzili farklıdır.

- a.** Top; yüksek hızlı, yatık mermi yollu, uzun namlulu ağır bir silahtır.
- b.** Havan; dik mermi yollu, obüsten kısa menzilli, kısa namlulu bir silahtır.
- c.** Obüs; Top ile havan arasında, orta ilk hızlı, dik mermi yollu, orta uzunlukta namlusu bulunan bir çekili silahtır. Ancak günümüz teknolojisindeki gelişmeler ile obüsler de artık çok uzak mesafelere isabetli atış yapabilen tırtıllı araç sınıfına giren kundağı motorlu ağır silahlar haline gelmişlerdir.
- d.** Uçaqsavar topu; Hava hareketin da hava hedeflerine karşı kullanılan kısa menzilli, kısa namlulu bir silahtır. [1]



Şekil.1 Uçaksavar Topu, Havan ve Obüs Genel Atış Görünümleri

Kaynak: (Şematiktir)

Günümüz, obüs sistemleri ortalama 25- 40 kilometre arasında atış yapabilen platformlardır. Menziller platform ve mühimmata göre değişmekle birlikte bu menzillerin altında ve üstünde atış yapabilen sistemler de vardır. NATO ve TSK’de ortalama menzil bu değerlerde olmakla birlikte farklı değerlerde ateş gücü sağlayan mühimmat ve platformlar bulunabilir [2].

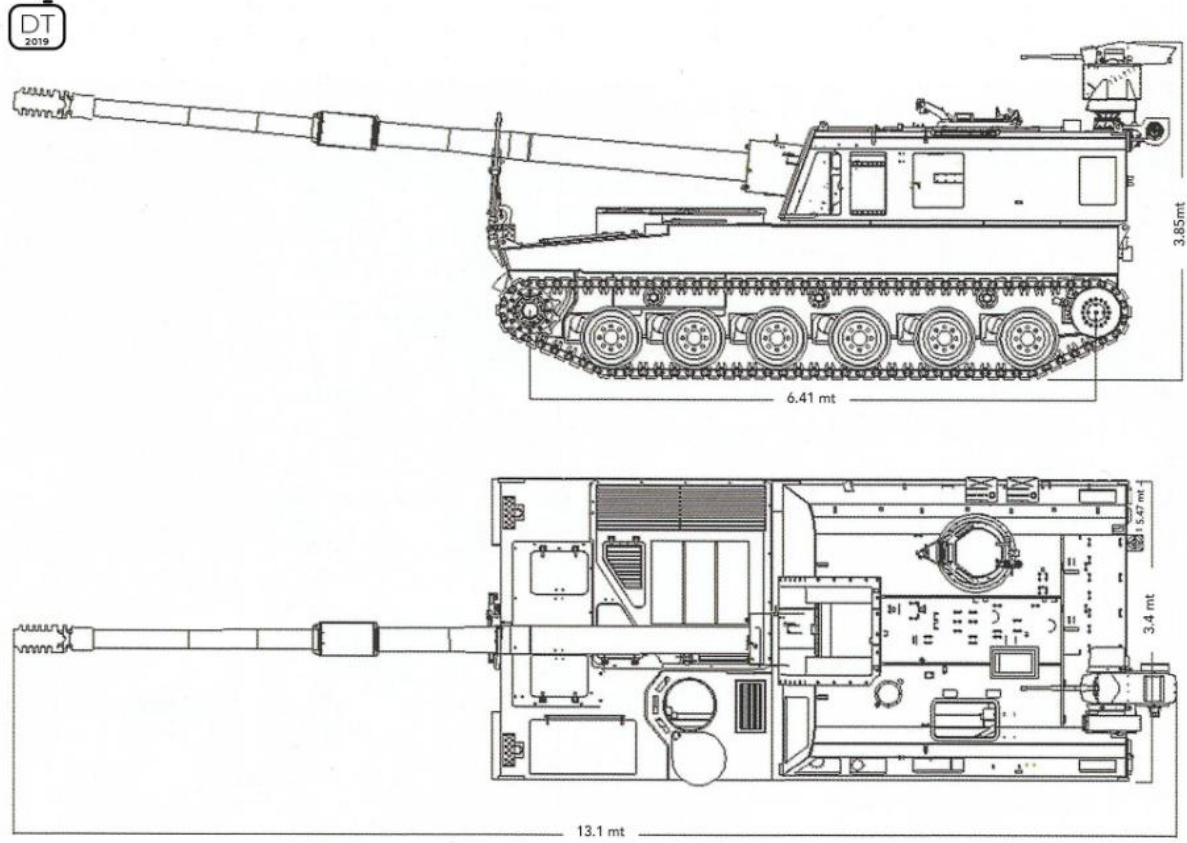
Bu projede Obüs top namlusunu üretiminde ileri soğutma ve termal imza azaltma teknolojisini entegre etmeye çalışacağız.



Şekil 2. Fırtına Kundağı Motorlu Obüs

Kaynak: SavunmaSanayiİST (2019)

(<https://www.savunmasanayist.com/t-155-firtina-kundagi-motorlu-obus/>)



Şekil 3. Fırtına Kundağı Motorlu Obüs Teknik Resmi ve Ana Ölçüler [3]

Obüs namlusuna sahip olup MKE (Makine ve Kimya Endüstrisi) envanterimizde bulunan Fırtına Kundağı Motorlu Obüs orta ve ağır silahlar kategorisinde bulunmaktadır. Özellikleri; Ø155mm çapında 47 ton savaş ağırlığında, 13.1m uzunluk ve 3.4m genişlik, 3.85m yükseklik, namlu boyu 52 kalibre, Yiv sayısı 48, bükülme oranı 1:20 ve 5 mürettebata sahiptir.

Türk Silahlı Kuvvetleri envanterindeki T-155 Fırtına obüslerinin mevcut modellerinde namluya entegre edilmiş özel bir soğutma sistemi veya termal imza azaltma teknolojisi bulunmamaktadır. Bu tür silahların namlu sistemlerine projemizde yer alan ileri soğutma ve termal imza teknolojilerinin entegre edilmesi durumunda en zor şartlar altında bile optimum kullanım ve verim alınması amaçlanmaktadır [4]. Bu yetenekler;

Dayanıklılığı artırılmış bir namlu üretmek: Yüksek basınca dayanıklı alaşımlar kullanarak aşınma ve metal yorgunluğunu minimize etmek.

Atış hassasiyetini artırmak: Isıl genleşmeyi kontrol altında tutarak, ardışık atışlarda doğruluğu korumak.

Namlu ömrünü uzatmak: Yüzey kaplamaları ve gelişmiş üretim teknikleri ile namlu iç aşınmasını azaltmak.

Soğutma teknolojisi entegre etmek: Namlunun daha hızlı soğumasını sağlamak.

Termal görünürlüğü düşürmek: Düşman termal kameraları tarafından tespit edilme ihtimalini azaltmak.

3. Üretim Süreçleri

3.1. Malzeme Seçimi ve Üretim Teknikleri

Namlu üretiminde Krom-Molibden-Vanadyum (Cr-Mo-V) alaşımlı çelik kullanılacaktır. Bu alaşım, yüksek sıcaklık dayanımı ve darbe direnci sağlamaktadır. Namlu üretim süreci aşağıdaki aşamalardan oluşacaktır:

Vanadyum Elementinin Etkisi Vanadyum çeliğe çok geniş sertleşme imkanı verir. Çeliğin yüksek sıcaklıklara dayanımını artırır. Vanadyumlu çeliklerin temperleme ile yumuşatılması çok zordur.

Namlular yüksek sıcaklığa dayanıklı olması gerektiğinden 1.8519 (31CrMoV9) çeliği malzeme seçimi yapılmıştır.

1.8519 (31CrMoV9) Çelik Nerede Kullanılır?

1.8519 (31CrMoV9) çeliği, yüksek sıcaklıkta çalışan parçaların üretiminde kullanılır. Örneğin, yüksek basınçlı buhar kazanları, türbinler, jeneratörler, ısı eşanjörleri ve diğer enerji santrali ekipmanlarının üretiminde kullanılır. Ayrıca, petrokimya endüstrisi ve çelik endüstrisi gibi yüksek sıcaklıkta çalışan uygulamalarda da kullanılır.

1.8519 (31CrMoV9) malzemesi, ayrıca otomotiv endüstrisi, havacılık endüstrisi ve makine endüstrisi gibi diğer endüstrilerde de kullanılır. Bu malzeme, yüksek sıcaklıkta çalışan motor parçaları, jantlar, dişli kutuları, rulmanlar ve diğer aşınma direnci gerektiren parçaların üretiminde kullanılır. 1.8519 (31CrMoV9) çeliği, **yüksek sıcaklıkta çalışan parçalar için ideal bir malzeme olarak kabul edilir ve yüksek performans gerektiren uygulamalarda yaygın olarak kullanılır.**

Kodu: 1.8519, KHD, 31CrMoV4

Karbon	Krom	Molibden	Vanadyum
C	Cr	Mo	V
0,31	2,50	0,20	0,15

Teslim Durumu: Ön sertleştirilmiş durumda (27 - 33 HRC)

Isıl İşlem Bilgisi

	Sıcaklık	Ortam	Sertlik
Yumuşatma Tavlama	680 - 720°C	Fırın	
Gerilim Giderme	870 - 900°C	Fırın	
Sertleştirme	840 - 880°C	Yağ - Gaz - Hava - Sıcak Banyo	Menevişleme Eğrisi

Mekanik Özellikleri

Kullanım Sertliği	27 - 33	HRC
Çekme Dayanımı	850 - 1300	N/mm ²
Akma Dayanımı	600 - 900	kN/mm ²
Uzama L=50	9 - 12	%
Takluluk	25 - 40	CVN (J)

Fiziksel Özellikleri

Isıl Genleşme Katsayısı	12,1 - 13,6	1/K * 10 ⁻⁶
Isı İletkenliği (20°C)	25,7	W/mK
Yoğunluk	7,80	g/cm ³

Şekil.4 Malzeme Teknik Dökümanı [5]

3.1.1 Çelik Döküm ve Dövme Süreci

Vakum Indüksiyon Eritme: Yüksek saflıkta çelik üretimi için kullanılır.

Elektrocuruf Yeniden Ergitme (ESR): Metalin homojenizasyonu sağlanarak iç gerilimler minimize edilir.

Serbest Dövme: Çelik bloğun sıkıştırılması ile yüksek mukavemetli bir yapı elde edilir.

1.8519 (31CrMoV9) çeliği; ürün kesiti, uzunluğu ve yüzey kalitesine göre üreticilerden tedarik edilecektir.

3.1.2 Hassas İşleme ve İç Yüzey Taşlama

A. CNC frezeleme ile dış çap işleme;

- Namlunun diğ er parçalarla ( rneğ n, salyangoz dişlisi, yataklar, burçlar ve bağlantı parçaları) uyumlu olması için dış çap hassas toleranslarda işlenir.
- İşleme ile yüzey pürüzlülüğü azaltılarak sürtünme ve aşınma daha kontrollü hale getirilir.
- Yüksek basınç ve ısıya maruz kalan namlunun, gerilmeleri dengeli şekilde taşması için çap işleme işlemiyle düzgün bir yüzey elde edilir.
- Sert krom kaplama veya nitrasyon gibi işlemlerden dolayı, yüzey düzgün olmalıdır. İşleme, bu tür kaplamaların daha iyi tutunmasını sağlar.
- Ham malzemeden gelen fazla ağırlık atılarak, namluya optimum ağırlık kazandırılır. Bu hem performans hem de taşıma açısından avantaj sağlar.



şekil.5. CNC Makine (Computer Numerical Control)

Kaynak : (şematiktir)

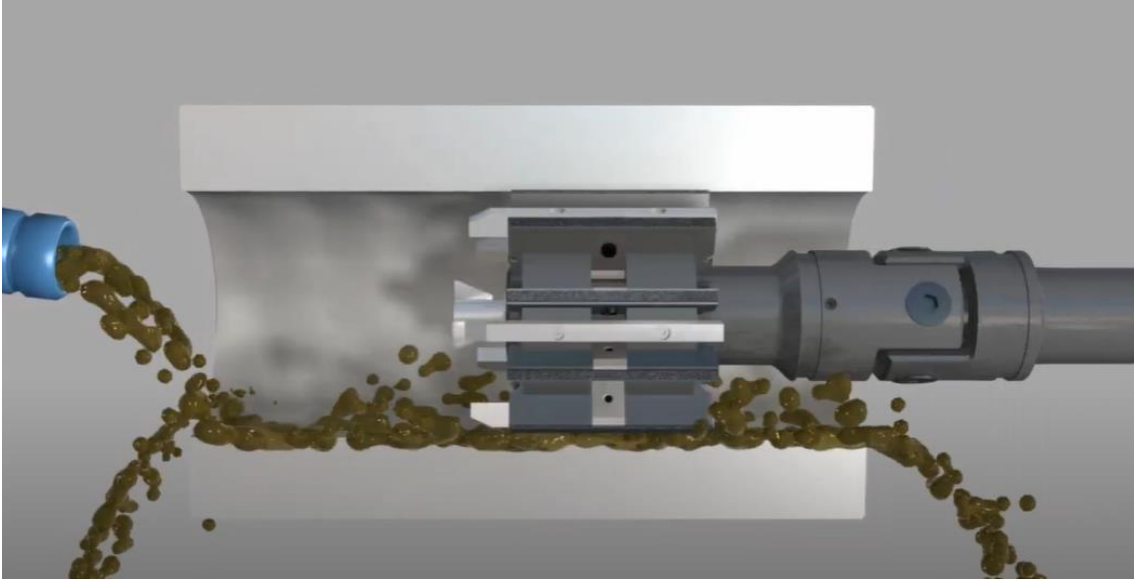
B. İ   ap derin delik delme ;Dış  ap işlenen mil, derin delik delme makinesine alınarak, milin i  çapı yüksek hassasiyette delinir. Obüs mermisi, namlunun içinde düzgün bir şekilde hareket etmelidir. İ  çapın hassas bir şekilde işlenmesi, atışın stabil olmasını sağlar.



Şekil.6.Delik Açma Makinesi_CNC

Kaynak: UNISIG (2025) (<https://unisig.com/product/b850/>)

- C. Honlama ; Derin delik delme ve işleme sonrası oluşan çapakları gidermek için derin delik delme işleminden sonra honlama makinesine alınır ve yüzey bozuklukları mikro seviyede düzgün bir yüzey sağlanacak şekilde honlanır.



Şekil.7. Honlama Makinesi

Kaynak: (Şematiktir)

- D. Krom kaplama veya nano-karbon kaplama ile iç yüzey sürtünmesi azaltılır.

Özellik	Krom Kaplama	Nano-Karbon Kaplama (DLC)
Sürtünme Katsayısı	0.15 – 0.25	0.05 – 0.2
Aşınma Dayanımı	Yüksek	Çok Yüksek
Kaplama Kalınlığı	50 – 500 mikron	1 – 5 mikron
Uygulama Alanı	Namlu, silindir, hidrolik piston	Namlu, hassas mekanizmalar
Kimyasal Direnç	Orta	Çok Yüksek
Maliyet	Orta	Yüksek
Çevresel Etki	Kromik asit nedeniyle çevreye zararlı	Çevre dostu (Düşük toksisite)

Şekil.8.Nano-Karbon Kaplama (DLC - Diamond-Like Carbon) avantajları [6]

Düşük sürtünme katsayısı (0.05 - 0.2) → Daha az enerji kaybı

- **Çok yüksek aşınma direnci** → Daha uzun ömürlü parçalar
- **Kimyasal dayanıklılık** → Korozyona karşı mükemmel direnç
- **Yüksek sertlik (2000-4000 HV)** → Metal yüzeye elmas benzeri sertlik kazandırır
- **İnce kaplama (1-5 mikron)** → Hassas parçalar için uygundur
- **Daha çevre dostu** → Krom kaplamaya göre toksik atık oluşturmaz

3.2. Namlu Soğutma Sistemi

Namlu içerisindeki ısıyı etkin bir şekilde dağıtmak ve aşırı ısınmayı önlemek için hibrit soğutma sistemi geliştirilecektir:

Sıvı soğutmalı mikro kanallar: Namlu boyunca entegre edilen sıvı akış kanalları ile sıcaklık kontrolü sağlanır.

Pasif hava soğutma sistemi: Namlu yüzeyinde özel hava akış kanalları oluşturularak sıcak havanın hızlıca tahliye edilmesi sağlanır.

Akıllı ısı sensörleri: Namlunun sıcaklığını sürekli ölçerek soğutma sistemlerini otomatik olarak devreye sokar.

3.3. Termal İmza Azaltma Teknolojisi

Kızılötesi emisyon azaltıcı kaplama: Düşman unsurların termal kameralarla tespit etmesini zorlaştırır.

Seramik termal bariyer kaplamalar: Namlu yüzeyinde ısı radyasyonunu düşüren bir bariyer oluşturur.

Termal iz dağıtıcı nano-yapılar: Isıyı geniş bir alana yayarak yoğun ısı noktalarının oluşmasını önler.

3.4. NATO STANAG ve Teknik Belgelerle Uyum

Obüs top namlusu üretiminde ileri soğutma teknolojileri ve termal imza azaltma konuları doğrudan tek bir STANAG kapsamında düzenlenmemiş olsa da, ilgili standartlara dolaylı olarak tabidir ve aşağıdaki NATO belgeleri kapsamında değerlendirilir:

- STANAG 4110 – NATO Armaments Ballistic and Munitions Classification: Balistik performans için uyum.
- STANAG 2895 – Extreme Climatic Conditions: Aşırı sıcaklık, iklim koşullarına dayanıklılık için uyum.
- Termal İmza Azaltımı – NATO TR & AECTP belgeleri: Termal görünürlüğün azaltılması için uyum.
- NATO LCG3 & NAAG teknik dokümanları: Malzeme, soğutma ve yüzey iyileştirme için teknik uyum.

Sonuç olarak proje tüm bu standartlara uyumlu üretim hedeflemektedir.

4. Projenin Hedef Kitlesi

Tüm NATO üyeleri ve müttefik ülkeler, ayrıca Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Bakanlığı ve bağlı birimler projenin öncelikli hedef kitesidir.

5. Üretim Süresi

1. Tasarım ve Simülasyon: 4-6 hafta (CAD modelleme, termal stres analizi).

2. Malzeme Tedariği: 3-4 hafta.

3. İmalat:

- CNC ile delme ve taşlama (4 hafta).
- Mikro kanallı soğutma sistemi entegrasyonu (2 hafta).

4. Termal İşlemler:

- Çözeltiye alma ve yaşlandırma (1 hafta).
- Plazma püskürtme ile kaplama (3-4 gün).

5. Test ve Kalite Kontrol:

- Balistik testler (1 hafta), termal dayanım testleri (1 hafta).

Toplam Üretim Süresi ;14-16 Hafta/ adet (Seri üretimde 6-8 haftaya düşürülebilir).

6. Yatırım ve Üretim Maliyeti

6.1. Yatırım Maliyeti

Entegre sistemin kurulumu için gereken başlıca yatırım kalemleri:

- Ar-Ge ve Prototip Geliştirme: 2.5-3.5 Milyon USD
- Termal simülasyon yazılımları, prototip testleri (10-12 ay).
- Yüksek hassasiyetli CNC tezgâhları (15 Milyon USD), plazma kaplama sistemleri (2.5 Milyon USD), sıvı nitrojen tabanlı soğutma üniteleri (1.8 Milyon USD).
- Temiz oda ve termal test laboratuvarları (2 Milyon USD).
- Ölçüm Aletleri: 0,5 milyon USD
- Uzman mühendislik ekipleri ve teknik personel eğitimi 0,5 milyon USD
- Projenin Tanıtımı,Pazarlaması ve Ulusal Paydaşlarla Paylaşımı (1 Milyon USD).

Toplam Yatırım yaklaşık 26 Milyon USD

6.2. Üretim Maliyeti (Adet Başına)

Malzeme Giderleri:

- Namlu Gövdesi: Maraging çeliği (450-550 USD/kg), titanyum alaşımlı iç kaplama (1,200 USD/kg). Bir namlu için 180-220 kg malzeme kullanımı → 120,000-160,000 USD.
- Soğutma Sistemi: Bor nitrür tabanlı kompozit kanallar (35,000 USD), mikro kanallı bakır alaşım (22,000 USD).

- Termal Kaplama: Seramik matrisli stealth kaplama (28,000 USD).
- İşçilik: CNC operatörleri, kaplama teknisyenleri (25,000 USD/adet).
- Enerji: Yüksek vakumlu ısıtım işlem fırınları (8,000 USD/adet).
- Genel Gider: 25,000 USD/ADET

Birim Başına Toplam Maliyet**: 230,000-250,000 USD.

7. Ekonomik Analiz ve Geri Dönüş Süresi

Yıllık Üretim Kapasitesi: 30 Adet (Çiltuğ Fabrika 2 tesisi).

- Bütçe Satış Fiyatı: 350,000-450,000 USD/adet (pazar koşullarına göre).
- Yıllık Gelir: 10 Milyon USD.
- ROI (Yatırım Geri Dönüşü): 10 yıl (üretim hattı optimizasyonu ile 7-8 yıla indirilebilir).

8. Riskler ve Önlemler

Riskler:

- CNC makinelerinde yanlış programlama veya takım aşınması, namlu ölçülerinde sapmalara neden olabilir.
- Namlu iç yüzeyinde meydana gelebilecek pürüzlülük ve çapaklar, atış sırasında performans düşüklüğüne yol açabilir.
- Dövme ve delme işlemleri sırasında malzeme deformasyonları yaşanabilir.

Önlemler:

- CNC tezgahlarında işleme hassasiyetinin korunması için ölçüm cihazları (CMM, lazer tarayıcı) ile düzenli kontroller yapılmalıdır.
- Namlunun iç yüzey kalitesini artırmak için hassas honlama işlemi uygulanmalı, aşınmayı önlemek için krom kaplama veya nitrürleme gibi yüzey işlemleri tercih edilmelidir.
- Kesici takımların aşınması takip edilmeli ve belirlenen periyotlarla değiştirilmelidir

Projenin Tanıtımı ve Ulusal Paydaşlarla Paylaşımı

Bu proje hem uluslararası pazarda hem de Türkiye Cumhuriyeti Milli Savunma Bakanlığı (MSB) ve bağlı birimlerinde tanıtılacak şekilde planlanmıştır.

Teknik sunumlar, NATO uyum raporları ve ürün performans testleri ile MSB'ye sunulacak, NATO ülkelerine ihracat hedeflenecektir.

9. Değerlendirme Kriteri

Yapılan prototip üzerinde ülke regülasyonlarına ve NATO STANAG standartlara göre testler ve değerlendirmeler yapılır, prototip onayından sonra seri üretime geçilir.

10. Sonuç

Bu proje ile önemli bir yeteneğin ülkemize kazandırılması ve dünya savunma sanayi pazarında daha çok söz sahibi olma hedeflenmektedir.



11. Kaynaklar

- [1] Sönmez, U. (2009). *Obüs namlusu yanma odasında atış esnasında ortaya çıkan gerilmelerin matematiksel modellenmesi ve analizi* (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- [2] Ustundag, M.S (2023). Obüs Mühimmatının Menzil Artırımına Yönelik Tasarım Optimizasyonu (Master's thesis, Gazi Üniversitesi (Turkey)).
- [3] DEFENCE TURK.NET (2021) <https://defenceturk.net/firtina-ng>
- [4] MKE, Fırtına Kundağı Motorlu Obüs (n.d.) <https://mke.gov.tr/Urunler/Firtina-Kundagi-Motorlu-Obus/38>
- [5] Chromeextension(n.d.):
https://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://www.saglammetal.com/templates/uploads/files/files/data_sheet/TR/nitrasyon_celikleri/1_8519_TR_Bilgi_Sayfas%C4%B1.pdf
- [6] TS İstanbul, DLC Kaplamalar (n.d.) <https://www.tsistanbul.com/tr/pvd-dlc/dlc-kaplamalara-genel-bakis>
- [7] STANAG 4110 – NATO Armaments Ballistic and Munitions Classification (n.d.)
- [8] STANAG 2895 – Extreme Climatic Conditions and Derived Conditions for Use (n.d.)
- [9] NATO Science & Technology Organization (STO), AECTP-313 Infrared Emissions Tests (n.d.)
- [10] NATO Land Capability Group 3 (LCG3), NATO Army Armaments Group (NAAG) Technical Documents (n.d.)