

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİKLİ KAPSÜLLERİN FONKSİYON ZAMANINA
ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

MUSTAFA DÜNDAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. JALE GÜLEN**

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİKLİ KAPSÜLLERİN FONKSİYON ZAMANINA
ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ**

Mustafa DÜNDAR tarafından hazırlanan tez çalışması 14.03.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Jale GÜLEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Jale GÜLEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan SADIKOĞLU

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mehmet BİLGİN

İstanbul Üniversitesi



ÖNSÖZ

Değerli danışmanım Prof. Dr. Jale GÜLEN'e, beni öğrencisi olarak kabul ettiği, özgür bir çalışma fırsatı verdiği ve araştırmalarım süresince gösterdiği destekten ötürü minnettarlığımı ifade etmek isterim.

Ayrıca yüksek lisans çalışmalarına başlamama vesile olan değerli arkadaşım Arş. Gör. Selen Ezgi ÇELİK'e teşekkür etmek istiyorum.

Bilgi ve birikimleri ile her zaman destek olan başta müdürüm Sayın İhsan Çağatay Öncel ve proje grup liderimiz Sayın Aysun ŞAHİN olmak üzere, mesai arkadaşlarım Nazlı HANLIOĞLU, Ali CAN ve Davut ÖZKAN'a minnettarım. Ayrıca numunelerin üretimi ve testleri aşamasında yardımcı olan tüm Makine ve Kimya Endüstrisi Mühimmat Fabrikası çalışanlarına teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu günlere gelmemi sağlayan değerli aileme; annem Mukaddes DÜNDAR, babam Ömer DÜNDAR ve kardeşim Önder DÜNDAR'a hayatımın her aşamasında bana destek verdikleri için içtenlikle teşekkür ediyorum.

Ve son olarak, çalışmalarım süresince desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman yanımda duran değerli arkadaşım Pınar ÖZSAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Onun desteği ve bana olan inancı olmasaydı bu tez mümkün olmazdı.

Mart, 2018

Mustafa DÜNDAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER.....	v
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖZET	xi
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	2
1.3 Hipotez	2
BÖLÜM 2	3
PATLAMA ve PATLAYICI MADDELER	3
2.1 Patlayıcıların Karakteristik Özellikleri ve Sınıflandırılması	3
2.1.1 Hassasiyet	5
2.1.2 Patlama Hızı	6
2.1.3 Kimyasal Yapı	8
2.1.4 Kararlılık	8
2.1.5 Higroskopiklik	9
2.1.6 Oksijen Dengesi (Oksijen Balansı, OB%)	9
2.1.7 TNT Eşdeğeri ve R.E. Değeri Kavramları	10
2.2 Kullanım Amaçlarına Göre Sınıflandırma	11
2.2.1 Başlatıcı (initial) patlayıcılar	11
2.2.2 Buster (güçlendirici) patlayıcılar	11
2.2.3 Paralama şarjları (tahrip hakkı)	11
BÖLÜM 3	12
MÜHİM MAT	12

3.1	Kısımları.....	13
3.2	Kapsüller	16
3.3	Kapsül Eczaları.....	17
3.3.1	Kurşun Stifnat	19
3.3.2	Kurşun Azid	20
3.3.3	Diazo Dinitrofenol.....	22
3.3.4	Cıva fulminat.....	23
3.3.5	Tetrazin	24
3.3.6	Nitrotetrazol Tuzları	25
3.4	Örnek Ecza Karışımları	25
BÖLÜM 4		27
MATERYAL VE YÖNTEM		27
4.1	Elektrikli Kapsül Çalışma Prensibi Ve Tasarım Parametreleri	27
4.2	Tasarım Parametrelerini Etkileyen Teknik İsterler	28
4.2.1	Fonksiyon Zamanı	28
4.2.2	Basınç	29
4.2.3	Elektriksel Direnç	31
4.3	İncelenen Parametreler	31
4.3.1	Kapsül eczası	32
4.3.2	İletken Tel	32
4.3.3	Güçlendirici	33
BÖLÜM 5		34
SONUÇ VE ÖNERİLER		34
5.1	İletken Tel Testleri.....	34
5.2	Güçlendirici Testi	45
5.3	Öneriler	48
KAYNAKLAR		49
ÖZGEÇMİŞ.....		51

SİMGE LİSTESİ

K	Kelvin
°C	Santigrat derece
Ω	Ohm
J	Joule
GJ	Gigajoule
A	Amper
$R_{eş}$	Eşdeğer direnç
~	Yaklaşık
α	Alfa
β	Beta
γ	Gama
δ	Delta
g	Gram
kg	Kilogram
m	metre
mm	Milimetre
cm	Santimetre
μm	Mikrometre
ms	Milisaniye
μs	Mikrosaniye
cm^3	Santimetre küp
kcal	Kilokalori
s	Saniye
kJ	Kilojoule

KISALTMA LİSTESİ

ANFO	Amonyum Nitrat Fuel Oil
Comp.A5	Kompozisyon A5
Comp.B	Kompozisyon B
Comp.C	Kompozisyon C
DDNP	Diazo Dinitro Fenol
HMX	Oktojen
OB	Oksijen Dengesi (Oksijen Balansı)
PBXN	Polymer Bonded Explosive
PETN	Pento Eritrol Tetra Nitrat
RDX	Heksojen
RE	Relative Effectiveness
TNT	Tri Nitro Toluen

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Patlayıcı malzemeler ve uygulama alanları	4
Şekil 3.1 Ağır silah mühimmatının kısımları	13
Şekil 3.2 Terkipli, yarı terkipli ve terkipsiz mühimmatlara örnek	14
Şekil 3.3 Ateşleme serisinin ana bölümleri	15
Şekil 3.4 Topçu mühimmatına ait örnek bir yanmalı ateşleme serisi	15
Şekil 3.5 Havan mühimmatına ait yanmalı ateşleme serisi	15
Şekil 3.6 Piroteknik mühimmata ait yanmalı seri	15
Şekil 3.7 Topçu mühimmatına ait patlamalı seri	16
Şekil 3.8 Tüfek kapsülü örneği	17
Şekil 3.9 Kapsül eczası karışımı	19
Şekil 3.10 DDNP'nin oluşma reaksiyonu	23
Şekil 4.1 Elektrikli bir kapsüle ait ara kesit resmi	28
Şekil 4.2 Fonksiyon zamanı – basınç ilişkisi grafiği	29
Şekil 4.3 Patlatma testi sonrası elde edilen grafik	30
Şekil 4.4 Test cihazına bağlanmış kapsül kompleksi	32
Şekil 5.1 A ve B Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Direnç grafiği	37
Şekil 5.2 A ve B Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Direnç grafiği	37
Şekil 5.3 Elektrotların paralel (solda) ve seri (sağda) bağlanması	38
Şekil 5.4 C ve D Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Direnç grafiği	41
Şekil 5.5 C ve D Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Direnç grafiği	41
Şekil 5.6 D ve F Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Direnç grafiği	42
Şekil 5.7 E ve F Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Direnç grafiği	42
Şekil 5.8 C ve E Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Direnç grafiği	43
Şekil 5.9 C ve E Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Direnç grafiği	43
Şekil 5.10 D ve F Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Direnç grafiği	44
Şekil 5.11 D ve F Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Direnç grafiği	44
Şekil 5.12 G ve H Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Basınç grafiği	47
Şekil 5.13 G ve H Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Basınç grafiği	47

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Cıva fulminat bazlı kapsül eczası karışımı	26
Çizelge 3.2 DDNP bazlı kapsül eczası karışımı	26
Çizelge 3.3 Kurşun stıfnat bazlı kapsül eczası karışımı	26
Çizelge 5.1 Farklı kalınlıklardaki tellerle alınan ateşlenme süresi sonuçları	35
Çizelge 5.2 A Grubu test sonuçları	36
Çizelge 5.3 B Grubu test sonuçları	36
Çizelge 5.4 4 farklı yapıda üretilen elektrotların özellikleri	38
Çizelge 5.5 C Grubu Test Sonuçları	39
Çizelge 5.6 D Grubu Test Sonuçları	39
Çizelge 5.7 E Grubu Test Sonuçları	40
Çizelge 5.8 F Grubu Test Sonuçları	40
Çizelge 5.9 G Grubu elektrotların test sonuçları	46
Çizelge 5.10 H Grubu elektrotların test sonuçları	46

ELEKTRİKLİ KAPSÜLLERİN FONKSİYON ZAMANINA ETKİ EDEN PARAMETRELERİN İNCELENMESİ

Mustafa DÜNDAR

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Jale GÜLEN

Bir ülkenin savunmasında en önemli unsur silah ve mühimmatır. Kritik bir konu olan milli savunmada kullanılan tüm ekipmanların dışa bağımlı olmadan tamamen yerli imkânlarla üretilebilir olması o ülkenin savunma sistemini güçlendiren en önemli kriterlerden birisidir.

Kara savaşlarının önemli bir parçası olan tank sistemlerinde kullanılan mühimmatlar, ülkemizin milli savunma sanayinde öncü kuruluşu olan Makine ve Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK) tarafından yerli imkânlarla üretilebilmektedir. Altay Tank Projesi ile 120 mm tank mühimmatları ihtiyaçları da yine MKE tarafından karşılanmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmada tank mühimmatı sisteminin ilk ateşleme parçası olan elektrikli kapsüllerin tasarımları ve tasarımı etkileyen parametreler üzerinde çalışılmış ve farklı yapılarda üretilen kapsüllerin gösterdikleri sonuçlar incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

Çalışmalar için gerekli numuneler MKE Mühimmat Fabrikası ve Kapsül Fabrikası tarafından üretilmiş ve testler de yine Mühimmat Fabrikasının ilgili birimleri ile birlikte yürütülmüştür.

Çalışmada mühimmat kavramının iyi anlaşılabilir olması için literatür araştırmasında önce “patlama” ve “patlayıcı maddeler”le alakalı geniş bilgi verilmiş ve daha sonra “mühimmat” kavramı anlatılmaya çalışılmıştır.

Çalışmanın savunma sanayine benzer konularla ilgili ileride yapılacak veya yapılması öngörülen çalışmalar için bir kaynak olması temenni edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: elektrikli kapsül, fonksiyon zamanı, ateşleme, tank mühimmatı



**EXAMINATION OF THE PARAMETERS AFFECTING THE FUNCTIONAL TIME
OF ELECTRICAL PRIMERS**

Mustafa DÜNDAR

Department of Chemical Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Jale GÜLEN

The most important elements in the defense of an country are weapons and ammunition. It is one of the most important criteria which strengthens the defense system of the country that all the equipments used in the national defense can be produced with the local possibilities without being dependent on the outside.

Ammunitions used in tank systems which are an important part of the land battles can be produced by domestic facilities by the Mechanical and Chemical Industry Company which is the leading organization in the national defense industry of our country. Altai Tank Project and 120 mm tank ammunition needs are also supplied by MKEK.

In this study, the design of electrical primers that the first firing part of the tank ammunition system, and the parameters affecting the design have been studied and the performances of the primers produced in different configurations have examined and compared.

Primers required for the study have been produced by the MKE Ammunition Factory and the Pyrotechnics Factory and the tests have been carried out together with the related units of the Ammunition Factory.

Comprehensive informations about "explosion" and "explosive materials" have firstly been cleared up in literature research part in order to make the concept of

ammunition in the study well understandable and then tried to explain the concept of "ammunition".

It is hoped that this study will be a resource for future work or foreseen work on similar issues related to the defense industry.

Keywords: Electrical primers, function time, ignition, tank ammunition



1.1 Literatür Özeti

Askeri mühimmat, düşman unsurlarına zarar veren veya onları imha eden enerjik malzeme yüklü savaş gereçleridir. Kullanım alanlarına, türlerine veya başka özelliklerine göre çeşitli sınıflandırılmaya tabi tutulabilir. Her biri aynı amacı güden ve farklı fonksiyonlara sahip çeşitli kısımlardan meydana gelirler.

Bu aksamlardan biri olan sevk sistemleri mühimmatın ana mermi kompleksini (veya çekirdek olarak da ifade edilebilir) hedefe gönderecek gerekli enerjiyi üretirler. Bu işlem genel olarak yüksek enerji üretebilecek “patlayıcı” diye ifade edilen yanıcı bir kimyasal maddenin kapalı bir kap içinde yanma reaksiyonu vererek büyük oranda gaz üretmesi yoluyla olur. Oluşan yüksek basınç çekirdeği fırlatmak için gerekli olan itici gücü meydana getirir.

Sevk sistemleri bu enerjiyi üretebilecek bir dizi yanma serisinden meydana gelir. Ufak bir uyarıyla başlayan yanma, maddelerin yanıcı özelliklerine göre artarak devam eder. Bu serinin ilk elemanları silahtan gelen fiziksel uyarıyı kimyasal enerjiye çevirerek yanma reaksiyonunu başlatan kapsüllerdir. Kapsüller birincil patlayıcı madde ihtiva ederek küçük bir fiziksel uyarı ile aktive olurlar. Tank mühimmatı kapsülleri bu işlemi elektriksel uyarı ile gerçekleştirir. Tankın silah sisteminden gelen elektrik akımı ile aktive olarak tank mühimmatının çekirdeğini fırlatacak itici gücü yaratırlar. Bu işlemi gerçekleştirmek amacıyla özel bir tasarımları vardır. Basit bir kıvılcım yaratmaktan ziyade sistemi kısa sürede çalıştıracak daha yüksek bir enerji üretirler ve bunu yapmak için tasarımları çeşitli teknik isteklerle kısıtlanmıştır.

Bu teknik isterlerin başında sağlıklı bir elektrik iletimi olabilmesi için kapsülün direnç değeri gelir. Tank mühimmatı kapsülleri elektrikli kapsüllerdir ve elektrik akımını çeşitli kalınlıklardaki iletken tellerle sağlarlar. Kapsülün tam yanma sırasında oluşturduğu basınç diğer bir isterdir. Bu şekilde silah namlusunda ideal bir basınç değeri sağlanır. En önemli unsur ise kapsülün fonksiyon zamanıdır. Hedefe yönelmiş bir silahın en kısa zamanda ateş alabilmesi için ateşlenme zamanı önemlidir. Bu zaman da başta kapsülün sağlıklı ve kısa zamanda fonksiyon yapması ile sağlanır.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada 120 mm tank mühimmatlarına ait elektrikli kapsüllerin tasarım parametreleri ve bu parametrelere etki eden çeşitli teknik isterler incelenmiştir. Teknik isterler göz önünde bulundurularak farklı yapılarda üretilen kapsüller incelenmiş ve ideal tasarım ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Kapsüller Makine ve Kimya Endüstrisi Mühimmat Fabrikası ve Kapsül Fabrikası ile birlikte üretilmiş, testleri de Mühimmat Fabrikası bünyesinde bulunan patlatma sahasında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin ışığında tamamen yerli imkânlarla üretilebilecek bir ürün ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Elde edilen veriler ve farklı tasarımlar, bu tasarımların getirdiği olumlu ve olumsuz koşullar irdelenmiştir. Çalışmanın ayrıca farklı mühimmat tiplerinde geliştirilebilecek tasarımlara ışık tutması istenmiştir.

1.3 Hipotez

Bu çalışmada öncelikle elektrikli tank mühimmatı kapsüllerinin fonksiyon zamanına etki eden parametreler belirlenmiş. Bunlar elektrotta bulunan kapsül eczası, iletken tel, iletken telin elektroda bağlanma şekli ve elektrottan bağımsız olarak güçlendirici aksamdır. Bu parametrelerin fonksiyon zamanı üzerindeki etkisini araştırmak için her bir parametre ile farklı yapılarda elektrotlar üretilmiş ve üretilen elektrotlar patlatma testine tabi tutulmuştur.

Test sonrasında her yapının verdiği sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmış ve en verimli sonuçları veren yapılar ortaya konulmaya çalışılmıştır.

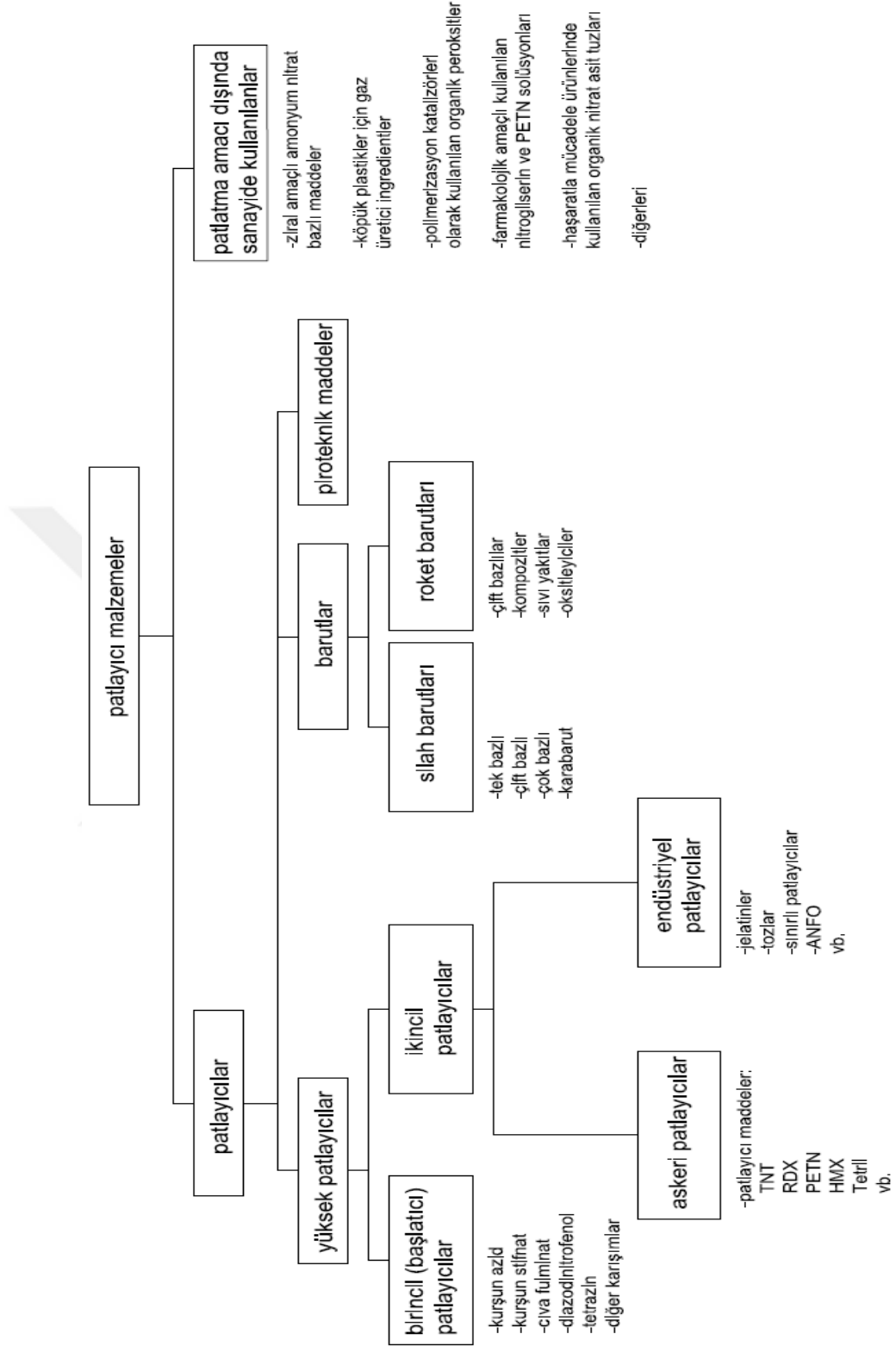
PATLAMA VE PATLAYICI MADDELER

Patlama, çok kısa zamanda yanma özelliği olan kimyasal bir maddenin, ısı, ışık, ses, şok dalgası, basınç gibi fiziksel kuvvetlerin eşliğinde fazla miktarda enerji salarak yanma reaksiyonu vermesidir. Patlama reaksiyonu, aktifleştirildiğinde reaktanlardan ürünlere doğru ilerleyen ekzotermik ve geniş pozitif entropi değişikliği gösteren kimyasal bir reaksiyondur. Reaksiyon, mekanik yollarla, ısı etkisi ile veya şokun patlatılmasıyla başlatılabilir. Reaksiyonun yayılma hızı ses altı veya ses üstü olabilir [1].

Patlayıcı maddeler, tek başlarına veya birbirleriyle karıştırılmış, kimyasal bağlarında büyük miktarda enerji depolanmış, patlatma veya tahrik amaçları için üretilmiş katı, sıvı veya jelatinimsi kimyasal maddeler veya karışımlardır. Uygun koşullar altında fonksiyon gösterdiklerinde bu enerjilerini açığa çıkarırlar. Yarı kararlı halledirler ve bu nedenle atmosferik oksijen gibi dış reaktiflerin katılmadığı hızlı bir kimyasal tepkime verebilirler [1]. Tepkime ürünleri ağırlıklı olarak gaz halindedir. Yanmaları sonucunda kendi hacimlerinin 10.000 katına kadar gaz hacmi oluşturabilirler. Oluşan bu basınç patlayıcı maddenin patlama özelliğini oluşturur. Bu şekilde tahribat yaratabilirler [2].

2.1 Patlayıcıların Karakteristik Özellikleri ve Sınıflandırılması

Patlayıcı maddeler patlama güçlerini, etkinliklerini, fonksiyon zamanlarını etkileyecek bir takım karakteristik özelliklere sahiptirler ve bu özellikleri referans alınarak çeşitli sınıflandırmalar yapılabilir. Hassasiyet, kararlılık, hız, yapı gibi fiziksel ve kimyasal özellikler karakterizasyonu ortaya koyan önemli parametrelerdir. Şekil 2.1’de patlayıcı malzemelerin sınıflandırılmasına örnek teşkil edebilecek bir çizelge verilmiştir.



Şekil 2.1 Patlayıcı malzemeler ve uygulama alanları

2.1.1 Hassasiyet

Patlama reaksiyonunu başlatmak için gerekli enerjinin miktarı, o patlayıcı maddenin hassasiyeti olarak nitelendirilebilir. Bir başka ifadeyle; patlayıcının onu fonksiyona sokabilecek fiziksel etkilere veya enerji miktarına karşı gösterdiği tepkidir. Örneğin; zayıf bir fiziksel etkiye veya enerjiye (ısı, elektrik şoku, alev vs. olabilir) karşı reaksiyon gösteren patlayıcılar “duyarlıdır” denilebilir.

Hassasiyet kavramı patlayıcı maddelerin kullanım amacına göre seçilmesi hususunda önemli bir kavramdır. Örneğin, tahribat yaratacak bir merminin içindeki patlayıcı göreceli olarak duyarsızdır. Veya daha doğru bir ifade ile az duyarlıdır. Ancak infilak noktasında kendisini aktifleştiren darbe şoku etkisiyle (ki bu şok o patlayıcı için özeldir) reaksiyon verir. Yine, patlayıcı içinde bulunan kararsız haldeki moleküler gruplar kolayca reaksiyon vermesini sağlayabilir, bu da o maddenin pratik olarak uygulanabilirliğini imkânsız kılar [1].

İlk bakışta patlama gücünün hassasiyetle ölçüldüğü, bu nedenle güçlü patlayıcıların aynı zamanda hassas oldukları gibi bir kanı oluşmuş olabilir. Ancak bu doğru değildir. Örneğin; Trinitro toluen (TNT) tahrip gücü yüksek güçlü bir patlayıcıdır. Ancak normal koşullar altında patlamanın aktifleşmesi için şiddetli bir uyarıya ihtiyaç vardır.

Patlayıcı maddeler hassasiyetlerine göre 3 farklı sınıfa ayrılabilirler:

Birincil (Primer) Patlayıcılar: Birincil patlayıcılar, darbe, sürtünme, ısı, statik elektrik veya elektromanyetik radyasyon gibi fiziksel uyarılara son derece duyarlı patlayıcılardır. Ateşlenmeleri için nispeten küçük bir enerji gerekir. Fiziksel bir şok sinyaline (darbe, elektrik akımı, alev gibi) karşı reaksiyon gösterip enerjiyi büyütürler.

Birincil patlayıcılar, kapsüllerde, füyelerde veya daha az hassas olan ikincil patlayıcı şarjlarını aktif hale getirmede kullanılırlar. Genellikle miligram kadar küçük bir miktar daha az hassas bir patlayıcı yükü başlatmak için yeterlidir.

Birincil patlayıcılara cıva fulminat, cıva nitrat, kurşun azid, kurşun stiftat, kurşun pikrat, gümüş azid, diazo dinitro fenol, amonyum klorat, azot halojenürler örnek olarak verilebilir [1], [3].

Birincil patlayıcılarla ilgili daha detaylı bilgi Bölüm-3’de “Kapsüller” konu başlığı altında verilmiştir.

İkincil (Sekonder) Patlayıcılar: İkincil patlayıcılar, birincil patlayıcılardan daha az duyarlı ve bu nedenle aktifleşmeleri için daha fazla enerji isteyen patlayıcı maddelerdir. Daha az duyarlı oldukları için geniş bir uygulama alanında kullanılabilirler ve depolamaları daha güvenlidir. Ateşleme zincirinde daha büyük miktarlarda kullanılırlar ve genellikle daha az miktarda birincil patlayıcıyla başlatılırlar. Trinitro toluen (TNT), Heksojen (RDX), Oktojen (HMX), Kompozisyon B (Comp. B) gibi patlayıcılar ikincil patlayıcılara örnektir [1], [3].

Üçüncül (Tersiyer) Patlayıcılar: Üçüncül patlayıcılar şoka karşı çok duyarsızdırlar; bu nedenle pratik miktarlarda birincil patlayıcı ile patlatılamazlar. Bunun yerine ara patlayıcı olarak bir orta patlayıcı/güçlendirici gerekir. Bunlar genellikle güvenlik için kullanılır ve malzeme ve taşıma maliyetleri genellikle düşüktür. Kullanım alanları genellikle büyük ölçekli maden ve inşaat faaliyetleridir. Amonyum Nitrat - Fuel Oil (ANFO), üçüncül patlayıcıya örnektir. ANFO madencilikte ve inşaat sektöründe yaygın ve sıklıkla kullanılan, karışım halinde hazırlanan bir patlayıcı türüdür [1], [3].

2.1.2 Patlama Hızı

Patlama hızı, patlama dalgasının patlayıcıdan geçme hızıdır. Patlayıcı kimyasalın türüne ve biçimine bağlı olarak 1800 – 7000 m/s arasında olabilir [1]. Patlayıcı maddeler için önemli bir karakteristik ölçü parametresidir. Patlayıcının verimi her durumda patlama hızına bağlıdır. Katı yapıyı parçalayacak patlayıcı güç, patlama etkinliğini belirler. Bu da şunu gösterir; patlama hızı, patlamanın gücünü belirlemede önemli bir göstergedir. Ancak hızlı patlayan bir patlayıcı aynı zamanda güçlüdür diye bir ifade söz konusu değildir. Patlama hızı patlayıcı maddenin etkinliğini belirleyen bir parametredir. Yeri geldiğinde patlayıcının yavaş reaksiyon vermesinin etkinlik açısından daha faydalı olduğu durumlar olabilir [4].

Kimyasal reaksiyon hızları ve reaksiyon sonucu ortaya koydukları etki göz önüne alındığında patlayıcılar, patlama hızlarına göre “düşük patlayıcılar” ve “yüksek patlayıcılar” olarak iki gruba ayrılabilir. İki grup arasında keskin bir ayrım söz konusu

değildir. İki grupta da oldukça yüksek güç gösteren patlayıcılar olabilir. Bu ayrım yalnızca tepkime hızına bağlıdır. Basitçe 1000 m/s reaksiyon hızı referans noktası olabilir.

Burada dikkat edilecek nokta “düşük” ve “yüksek” ifadelerinin patlayıcı maddenin gücünü değil sadece reaksiyon hızını belirtiyor olmasıdır. Örneğin, düşük patlayıcı zayıf tahrip gücüne sahiptir diye bir ifade doğru değildir. Uygun şartlar oluştuğunda düşük patlayıcılarda güçlü tahrip etkisi yaratacak patlamalar meydana getirebilirler.

Düşük patlayıcılar: Bozunma reaksiyonu hızının malzemenin ses hızından daha düşük bir seviyede ilerlediği bileşiklerdir. Bu tip patlamaya “deflegrasyon” denir. Deflegrasyon terimi patlama hızının malzemenin ses hızından daha düşük olduğu patlama türünü ifade eder. Normal koşullar altında, düşük patlayıcılar saniyede birkaç santimetre ile saniyede yaklaşık 1000 metre arasında değişen oranlarda reaksiyon verirler. Reaksiyon, yüksek patlayıcı bir maddenin şok dalgasına göre çok daha yavaş ilerleyen bir alev cephesi ile yayılır. Yanma düşük hızda olduğu için yarattığı basınçta orantılı olarak yavaş meydana gelir. Kapalı bir kap içinde yüksek sıcaklık ve basınç vererek patlama fonksiyonu gösterebilirler. Piroteknik malzemeler, nitroselüloz, çift bazlı barut, dumansız barut, kara barut, metal oksitleyici karışımlar bu gruba örnek verilebilir [1].

Yüksek Patlayıcılar: Bozunma reaksiyonu hızının malzemenin ses hızından daha hızlı olduğu patlayıcı maddelerdir. Patlama hızları 1000 m/s’nin üzerindedir. Yüksek patlayıcı madde yanma ürünleri son derece yüksek sıcaklıklara (ör. RDX 3600 K) sahiptirler ve büyük miktarlarda gaz ve bazı katı maddeler üretirler. Çok ani bir şekilde basınç oluşturarak patlamaya neden olurlar. Örneğin böyle bir madde kovan içerisinde sevk maddesi olarak kullanılırsa, ürettiği güç ile henüz mermi kovandan ayrılıp silahın namlusunu terk etmeden namlu parçalanır. Yanıcı maddeler ve oksijen, her zaman olmasa da, genellikle yüksek patlayıcılarda bulunur. Bu maddeler nitrat ve nitro grupları gibi zayıf bağlı parçalar içeren kararsız moleküller ile karakterize edilirler. Başlatma uyarısı kimyasal bağların kırılmasına sebep olur ve tüm kütleyle neredeyse eş zamanlı olarak sıcak gazların oluşması kadar hızlı bir moleküler yeniden düzenlenme gerçekleşir. Bu oluşum da basıncın ve sıcaklığın çok hızlı bir şekilde artmasına sebep olur ve çok kısa bir zamanda patlama enerjisi oluşur. Piroteknik ve itici gazların hızlı

yanması gibi düşük dereceli patlamalardan ayırmak için “propagation” (patlama ya da yüksek dereceli patlama) olarak adlandırılır. Birincil (kurşun azid, kurşun stıfnat) ve ikincil (TNT, RDX, Comp. B, Amonyum pikrat) patlayıcılar bu gruba örnek verilebilir [5].

2.1.3 Kimyasal Yapı

Patlayıcı maddeler kimyasal yapılarına göre homojen bir kimyasaldan oluşan “bileşik” şeklinde veya farklı patlayıcıların ya da yardımcı kimyasalların birlikte oluşturdukları “karışım” şeklinde olabilirler.

Patlayıcı karışımlar, farklı kimyasalların farklı oranlarda dikkatlice hazırlanmış karışımlarıdır. Bu tarz karışımlar, nitrat veya klorat gibi bir oksidant ve karbon ya da kükürt gibi yanıcı bir kaynak ihtiva ederler. Kara barut tipik bir patlayıcı karışımdır. Bünyesinde karbon, kükürt ve oksidant olarak KNO_3 bulundurur. İkincil patlayıcılar arasında Comp. B, Comp. C ve plastik bağlayıcı patlayıcılar (PBXN) sayılabilir. Ayrıca ileri bölümlerde bahsedilecek olan kapsül eczaları da birer patlayıcı karışımlardır.

Patlayıcı bileşikler ise yanması için gerekli karbon, hidrojen, oksijen gibi kaynakları kendi molekülleri içinde ihtiva eden homojen maddelerdir. Karışımların patlayıcı karakterleri ihtiva ettikleri maddelerin oranlarına göre değişiklik gösterirken, bileşiklerin ki her zaman aynı oranlarda içerik gösterdikleri için değişiklik göstermezler. Bu yüzden bileşiklerin doğası içerdikleri elementlerin miktarı çeşitlendirilerek değiştirilemezler [1].

2.1.4 Kararlılık

Patlayıcılar için kararlılık kelimesi kinetik olarak patlamanın kolaylığını ifade eder. Kinetik olarak dengede olmayan bir maddenin kararsız olduğu söylenebilir. Genellikle, nitro ($-\text{NO}_2$), nitrat ($-\text{ONO}_2$) ve azid ($-\text{N}_3$) gibi bazı grupların özünde kararsız oldukları bilinmektedir. Kinetik olarak, bozunma tepkimesine karşı düşük bir aktivasyon bariyeri vardır. Bu da bu bileşiklerin fiziksel etkilere karşı yüksek hassasiyete sahip oldukları anlamına gelir. Bu bileşiklerin kimyasal bağları kovalent olarak karakterize edilir ve bu nedenle yüksek iyonik kafes enerjiyle termodinamik olarak dengede tutulamazlar. Genel olarak pozitif oluşum entalpisine sahiptirler ve termodinamik olarak daha kararlı

bozunma ürünlerini üretmek için iç moleküler yeniden düzenlenmeye karşı daha az mekanik engelleri vardır. Örneğin, kurşun azid, $Pb(N_3)_2$ 'de azot atomları birbirine zaten bağlıdır, bu nedenle Pb ve N_2 'ye ayrışma göreceli olarak kolaydır. Ayrıca kararlılık, patlayıcı maddelerin depolanma koşullarını belirleyen bir kavramdır. Yüksek sıcaklıklarda patlayıcıların parçalanma oranı artar. Tüm standart askeri patlayıcı maddelerin -10 ila +35°C arasındaki sıcaklıklarda yüksek kararlılık derecesine sahip oldukları kabul edilebilir, ancak her biri yüksek oranda ayrışma hızının hızla arttığı ve istikrarın azaldığı bir sıcaklığa sahiptir. Genel olarak, çoğu patlayıcının 70°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda tehlikeli şekilde kararsız hale gelmediği kabul edilir [1].

2.1.5 Higroskopiklik

Patlayıcı maddenin nem tutma eğiliminin ölçüsü olarak tanımlanır. Higroskopikliği yüksek olan patlayıcının nem tutma oranı yüksektir. Patlayıcı içerisine su/nem girişi, patlayıcı madde patlamasının hassasiyetini, mukavemetini ve hızını düşürdüğü için arzu edilmez. Nem, patlayıcıları istenmeyen kimyasal reaksiyonlara neden olabilecek bir solvent ortamı gibi davranarak olumsuz bir şekilde etkiler. Patlayıcı kütlenin sürekliliğini azaltan inert malzemelerle patlama hassasiyeti, kuvveti ve hızı azalır. Patlama esnasında nem oranı buharlaşınca soğuma oluşur ve bu da reaksiyon sıcaklığını düşürür. Kararlılık da nemden etkilenir; çünkü nem, patlayıcının ayrışmasını önler ve ayrıca patlayıcının içinde bulunduğu metal aksamın korozyonuna neden olur.

Patlayıcılar, suyun bulunduğu yerdeki davranışlarına göre birbirlerinden oldukça farklıdır. Örneğin; barut nem tutan bir patlayıcıdır. Barutun aksine TNT ise neme karşı dayanıklıdır. Nitrogliserin içeren jelatin dinamitler bir derece su direncine sahiptir. Amonyum nitrat bazlı patlayıcılar, amonyak, azot dioksit ve hidrojen peroksidi serbest bırakan su ile amonyum nitrat arasındaki reaksiyon sonucu suya karşı direnç göstermezler [1], [3], [5].

2.1.6 Oksijen Dengesi (Oksijen Balansı, OB%)

Oksijen dengesi, bir patlayıcının ne derecede okside olabileceğini gösteren bir ifadedir. Bir başka deyişle, patlayıcı maddenin karbondioksit, su, alüminyum oksit ve azot gibi dengeli ürünler oluşturmak için salabilecekleri oksijen miktarının, kendi ağırlığı içindeki

yüzdesidir [6], [7]. Patlayıcı bir molekül, tüm karbonunu karbondioksit, tüm hidrojenini suya, metali metal oksite dönüştürmek için yeterli oksijen içeriyorsa, molekülün sıfır oksijen dengesine sahip olduğu söylenebilir. Gerekli olandan daha fazla oksijen içeriyorsa molekülün pozitif bir oksijen dengesine sahip olduğu ve ihtiyaç duyulduğundan daha az oksijen içeriyorsa negatif oksijen dengesinin bulunduğu söylenebilir [1].

Oksijen Dengesi:

$$OB = \frac{N - [(X+Y+Z)] \cdot 16}{mol\ kütlesi} * 100 \quad (2.1)$$

Eşitliği ile hesaplanabilir. Burada;

X: moleküldeki C'ların CO₂'e dönüşmesi için gereken oksijen miktarı,

Y: moleküldeki H'lerin H₂O'ya dönüşmesi için gereken oksijen miktarı,

Z: moleküldeki metalleri metal oksit yapmak için gerekli oksijen miktarı,

N: moleküldeki oksijen sayısıdır.

2.1.7 TNT Eşdeğeri ve R.E. Değeri Kavramları

TNT eşdeğeri: TNT patlayıcısının patlama sırasında açığa çıkardığı enerjiyi referans alan eşdeğerdir. TNT'nin 1 gramının 1 kcal enerji açığa çıkardığı varsayımına dayanır. Bu şekilde diğer patlayıcıların açığa çıkardıkları enerji TNT ile kıyaslanarak ifade edilir.

TNT'nin patlaması sırasında 4100-4800 J/g enerji açığa çıkar [8]. **TNT tonunu** tanımlamak için bu değer, 1 gram TNT = 4184 J eşitliğiyle standart hale getirilmiştir. Bu durum, bir gram TNT'nin patlamayla açığa çıkardığı enerjinin, tam 1 kcal'lik enerjiye eşitlenmesini sağlayarak kolaylık oluşturmuştur [9]. Bu denklik kullanılarak 1 ton TNT'nin 4.184 GJ'lük enerji yoğunluğuna eşit olduğu söylenebilir. TNT'nin enerji yoğunluğu, patlamalarda salınan enerjinin miktarının ölçülmesinde kullanılır. Buna "TNT eşdeğeri" denir. TNT'nin enerji yoğunluğu enerji içeriği kiloton TNT (~4.184 terajoule = 4,184x10¹² J) veya megaton TNT (~4.184 petajoule = 4,184x10¹⁵ J) ile ölçülen nükleer silahlar da dâhil olmak üzere birçok patlayıcı için bir referans noktası olarak kullanılır [10].

R.E. faktörü: (Relative Effectiveness factor), Göreceli Etkinlik Faktörü bir patlayıcı maddenin yıkım gücünü TNT'nin yıkım gücü ile ilişkilendiren faktördür. Dolayısı ile TNT'nin R.E. faktörü 1,00'dir.

2.2 Kullanım Amaçlarına Göre Sınıflandırma

Patlayıcı maddeler kullanım amaçlarına göre 3 farklı sınıfa ayrılabilirler.

2.2.1 Başlatıcı (initial) patlayıcılar

Kapsül eczaları olarak da adlandırılabilirler. Organo metal bileşikleridir. Ateşleme düzenlerinin ilk elemanlarıdır. Başlatıcı patlayıcılar ile ilgili detaylı bilgi bu çalışmanın ileri sayfalarında verilecektir [3].

2.2.2 Buster (güçlendirici) patlayıcılar

Buster (*ing. booster*) kelime anlamı olarak güçlendirici, destekleyici anlamındadır. Bu çalışmada “buster” kelimesi yerine Türkçe ifade olarak “güçlendirici” terimi kullanılacaktır.

Mühimmat sanayinde yemleme şarjları olarak bilinirler. Kapsül eczalarının güçleri tahrip haklarını patlatmaya yetmediği zaman güç artırıcı olarak kullanılırlar. Başlatıcı (kapsül) tarafından uyarı verilerek ana patlayıcının (tahrip hakkı) aktive olmasını sağlarlar. Hassasiyetleri kapsül eczalarından az, tahrip haklarından fazladır. Güçlendirici patlayıcısı olarak en çok RDX (heksojen), Tetril, Nitropenta, Comp. A5 gibi patlayıcılar kullanılır. Bu maddeler preslenerek kullanılır ve tahrip hakkı patlayıcılarına göre çok daha hassas ve tehlikelidirler [2], [3].

2.2.3 Paralama şarjları (tahrip hakkı)

Ateşleme düzeneğinin son sırasında yer alırlar. Ana patlayıcı bölümdür. Patlama hızları, tahrip güçleri ve oksijen dengeleri oldukça yüksektir. Seçimi kullanılma amaçlarına göre yapılır. En çok kullanılanları: TNT (trinitro tolueen) Comp. B, Comp. C, Amonyum pikrat (D-infilak maddesi, explosive D), Oktol, Amonyum nitrat, Amatol, Tetritol, Heksal, Hetro, Torpeks vb. maddelerdir [3].

MÜHİMMAT

Mühimmat, askeri literatürde savaş için gerekli, demirbaş olmayan bütün yedek parça ve ateşli silahlardan atılmak üzere hazırlanmış her türlü patlayıcı veya delici malzemeyi ifade eder. Arapça kökenli bir kelimedir ve orjinal dilinde *mühimma* “önemli şey” anlamındadır.

Düşman unsurlarına (askerlerine, mevzilerine, iletişim ve ulaşım hatlarına ve mühimmatına) zarar veren veya onları yok eden her türlü savaş gereci mühimmat olarak ifade edilir.

Türüne ve kullanım alanına bağlı olarak değişmekle birlikte; patlayıcı, yanıcı veya farklı bir kimyasal madde içerebilir ya da fonksiyonunu patlayıcı içermeksizin kinetik enerji aktarımı ile gerçekleştirebilir. Bir silaha yerleştirilerek veya elle atılabilir, havadan bırakılabilir veya bir yere sabitlenerek ateşlenebilir.

Mühimmatlar; boyutları, kullanım amaçları, patlayıcı içerikleri gibi parametreler baz alınarak birçok şekilde sınıflandırılabilirler. Boyutları baz alınırsa “hafif silah mühimmatları” ve “ağır silah mühimmatları” olmak üzere iki farklı sınıfta incelenirler. Hafif silah mühimmatlar, çapı 5,56 mm ile 20 mm arasında değişen mühimmatlardır. Tabanca, otomatik tabanca, piyade tüfeği, hafif ve ağır makineli tüfekler, av tüfekleri fişekleri bu grupta yer alırlar. Ağır silah mühimmatları 20 mm ve üstü çapa sahip mühimmatlardır. Uçaksavar mermileri, tank, top, obüs, havan gibi ateşli silahlardan atılan mühimmatlar, el bombaları, roket harp başlıkları bu grupta yer alırlar [3].

3.1 Kısımları

Bir mühimmat, her biri aynı amacı güden ve bu amaç için üzerine yüklenen görevi yerine getiren farklı kısımlardan meydana gelir. Mühimmatın temel görevi bir hedefe karşı fonksiyon göstermektir. Her bir aksamının bu fonksiyonu oluşturmak için gerekli görevi vardır.

Genel olarak mühimmatların iki alt sistemden meydana geldiği söylenebilir. (Şekil 3.1) Bunlar “sevk sistemi” ve “mermi kompleksi” [2].

Mermi kompleksi, mühimmatın hedefe karşı fonksiyon gösteren kısmıdır. Bu fonksiyon; yanma, patlama, sis, duman veya ses çıkarma, delme, yıkma, aydınlatma şeklinde olabilir. Fonksiyon çeşidine bağlı olarak mermi kompleksi; gövde, patlayıcı, yanıcı, ses veya sis çıkarıcı kimyasallar, yüksek enerjili mermi alt kompleksi, tapa ve güçlendirici aksamdan oluşabilir.



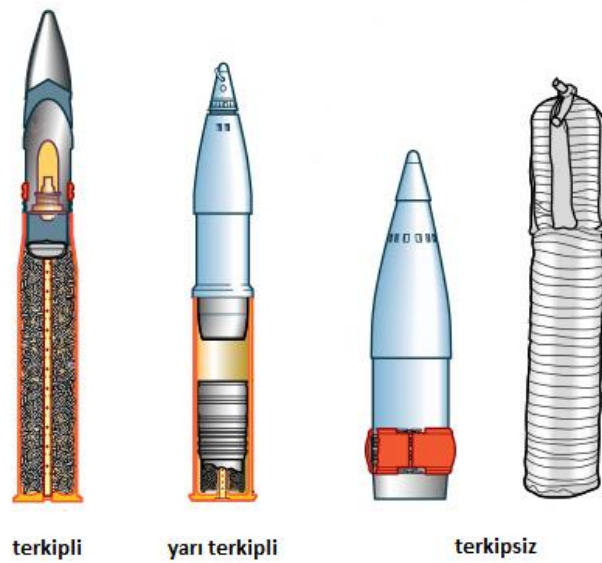
Şekil 3.1 Ağır silah mühimmatının kısımları [11]

Sevk sistemleri ise mermi kompleksini hedefe gönderme görevini yapan fırlatıcı güç birimleridir. Genel olarak fırlatma işlemi patlayıcı bir kimyasal maddenin patlayarak itici bir güç oluşturması ve bu itici gücün mermiyi fırlatması şeklinde gerçekleşir. İtici güç olarak barut, sevk sistemlerinde en çok kullanılan kimyasal maddedir. Bir kovan içinde

mühimmatın parçası olarak kullanıldığı gibi mühimmattan ayrı olarak da silaha yüklenebilirler. Şekil 3.1’de bir tank mühimmatının kısımları görsel olarak verilmiştir. Mühimmata sabit veya yarı sabit olan sevk sistemleri kovan ve ateşleyici bölümler de bulundurlar. Kovanlar metalden (genellikle pirinç) veya selüloz bazlı yanabilen malzemeden üretilebilirler. Barut ve ateşleyiciyi (kapsül) bulundurlar. Ateşlemenin ardından mermiden ayrılırlar.

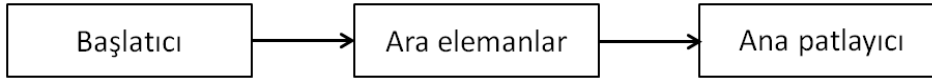
Sevk sistemi her mühimmatta olmayabilir. Örneğin; El bombaları insan gücüyle atılır. Mayınlar, genel olarak yere sabitlendiği için sevk sistemine ihtiyaç duymazlar. Uçak bombalarının bazıları uçaktan serbest bırakılırlar. Bunların itici etkileri yerçekimi ivmesidir ve doğal olarak böyle bir sevk sistemine ihtiyaçları yoktur.

Özellikle topçu mühimmatları için söylemek gerekirse sevk sistemlerinin terkip edilmiş şekillerine göre “terkipli”, “yarı terkipli” ve “terkipsiz” olmak üzere 3 grupta toplanabilirler. Şekil 3.2’de en solda bulunan ve yarı kesit görseli verilmiş tank mühimmatı terkipli mühimmattır. Sevk sistemi mermi kompleksine montelenerek sabitlenmiştir. Ortada yer alan yarı terkipli mühimmatta ise mermi kompleksi ve sevk sistemi ayrıdır. Silaha önce mermi kompleksi daha sonra kovan sürülür ve ateşleme yapılır. Sağda yer alan terkipsiz mühimmatlarda ise mermi kompleksi namluya sürülür ve sevk barutu kese halinde mermi kompleksinin arkasına yerleştirilerek fünüye ile ateşlenir [3].



Şekil 3.2 Terkipli, yarı terkipli ve terkipsiz mühimmatlara örnek [12]

Sevk sistemleri, “ateşleme serisi” veya “ateşleme düzeni” adı verilen bir seri yanmanın gerçekleştiği sistemlerdir. Ateşleme serileri; azalan duyarlılık sırasına göre düzenlenmiş bir yanıcı ve patlayıcı bileşen dizisidir. Burada amaç enerjiyi kademeli olarak artırmak ve ana patlayıcı maddenin fonksiyon yapmasını sağlamaktır. Her mühimmatın tip ve fonksiyonuna göre farklı tasarımlara sahip olmalarına rağmen, basitçe, Şekil 3.3’deki gibi 3 ana bölümden oluştuğu söylenebilir.

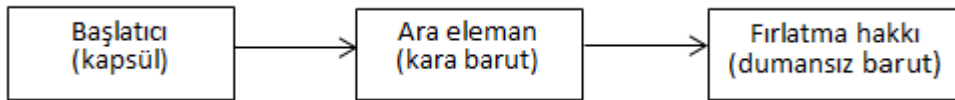


Şekil 3.3 Ateşleme serisinin ana bölümleri [3]

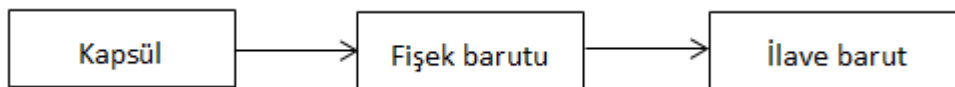
Hafif silah mühimmatlarında basit bir ateşleme sistemi vardır. Kovan dibinde bulunan kapsül silahın tetiği ile darbe alır ve darbenin etkisi ile yanarak kovan içindeki barutu patlatır. Burada ara eleman varlığı söz konusu değildir. Barutun patlaması ile mermi çekirdeği fırlatılır.

Ağır silah mühimmatlarında durum daha farklıdır. Bunlarda mühimmatın tasarımı, kullanım amacı, ana patlayıcı maddenin özellikleri, mühimmatın terkipli veya terkipsiz oluşu ateşleme serisinin tasarımında önemli etkenlerdir.

Ateşleme serileri “yanmalı” ve “patlamalı” olarak iki gruba ayrılabilir. Yanmalı ateşleme serileri daha çok sevk ve fırlatma ihtiyacından doğmuş sistemlerdir. Örneğin; bir topçu mühimmatında ilk ateşleme kapsülle yapılır, kara barut kapsül alevini yükselterek fırlatma hakkı olan dumansız barutu ateşler.



Şekil 3.4 Topçu mühimmatına ait örnek bir yanmalı ateşleme serisi [3]

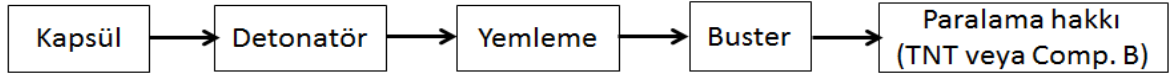


Şekil 3.5 Havan mühimmatına ait yanmalı ateşleme serisi [3]



Şekil 3.6 Piroteknik mühimmata ait yanmalı seri [3]

Şekil 3.4, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da topçu, hava ve piroteknik mühimmatlara ait yanmalı ateşleme serisi örnekleri yer almaktadır. Patlamalı ateşleme serileri ise mühimmatın mermi kompleksi veya harp başlığı içinde bulunan ve kompleenin ana patlayıcısının aktifleşmesini sağlayan serilerdir. Patlayıcı maddenin sadece kapsülle patlatılamayacağı durumlarda ihtiyaç duyulur. Örneğin bir topçu mühimmatı için patlamalı seri Şekil 3.7’deki gibi yazılabilir.



Şekil 3.7 Topçu mühimmatına ait patlamalı seri [3]

3.2 Kapsüller

Kapsüller, ateşleme serileri örneklerinde de dikkat çekileceği üzere serinin ilk elemanıdır ve seriyi başlatmakla görevlidir. Kullanılan mühimmatın türüne ve görevine göre kendi içinde farklı tür ve tasarımlar içermesine rağmen, temelde, fiziksel şoktan etkilenip aktifleşebilen duyarlı bir patlayıcı kimyasal (genellikle birincil patlayıcı) ve bu patlayıcının istenen fonksiyonu yapmasını sağlayan genellikle metal malzemeden uygun tasarımlı dış gövdeden oluşurlar. İhtiva ettikleri kimyasal maddeye “kapsül eczası” denir.

Farklı mühimmatlara göre özel olarak tasarlandığı için yapısal olarak sınıflandırmak zordur. Ancak fonksiyonel olarak “elektrikli” ve “darbeli” olarak iki sınıfta düşünülebilir. Darbeli kapsül, yüksük, örs ve ikisi arasında bulunan eczadan oluşur. Silahın tetikleyicisi tarafından uygulanan vurma etkisi ile aktifleşir ve ateşleme serisini başlatır.

Elektrikli kapsüllerde ise silahın tetikleyici iğnesi tarafından kapsüle elektrik akımı uygulanır. Kapsül içinde bu akımı ileterek devreyi kapatan ve elektrik akımına duyarlı ecza ile temas halinde bulunan iletken bir tel vardır. Bu şekilde elektrik akımına maruz kalan ecza aktifleşir ve seri başlar.

Hafif silah mühimmatlarında daha basit kapsül yapıları vardır. İçinde ecza bulunduran basit bir metal gövdeden ibarettir. Metal gövde yumuşak bakırdan veya pirinç malzemeden oluşur. İç kısma az miktarda darbeye duyarlı birincil patlayıcı (örneğin kurşun stifnat) basılır ve üzerine üçgen biçiminde örs adı verilen metal parça sabitlenir. Silahın ateşleyici pimi kapsül dibine vurduğunda burayı çökertir. Kapsül eczası kap ile

örs arasında sıkıştırılır. Kristalik yapısı bozulmaya başlayan kurşun stifnat hızlı bir yanma reaksiyonu gösterir. Oluşan alev, alev deliğinden çıkarak kovan içindeki karabarutu ateşler. Ateşleme serisi karabarutun yanarak yüksek gaz basıncı oluşturmaları ve bu gaz basıncının itme kuvveti ile mermi çekirdeğini fırlatması ile sona erer.

Ağır silah mühimmatlarında ise mühimmatın tipine ve fonksiyonuna göre yapı değişir. Örneğin havan mühimmatlarında havanın kuyruğuna vidalanacak mekanik bir bağlantı parçasına yerleştirilmiş çarpma ile ateşlenen kapsül vardır.



Şekil 3.8 Tüfek kapsülü örneği [13]

Terkipli ve yarı terkipli topçu mühimmatlarında çarpma veya elektrikle ateşlenebilen, içinde karabarut veya karabaruttan imal edilmiş yanıcı kimyasal bulunduran, 25-50 cm boyunda delikli pirinç borudan imal edilmiş memeli kapsül vardır. Tasarım, mühimmat ihtiyacına göre değiştirilebilir.

3.3 Kapsül Eczaları

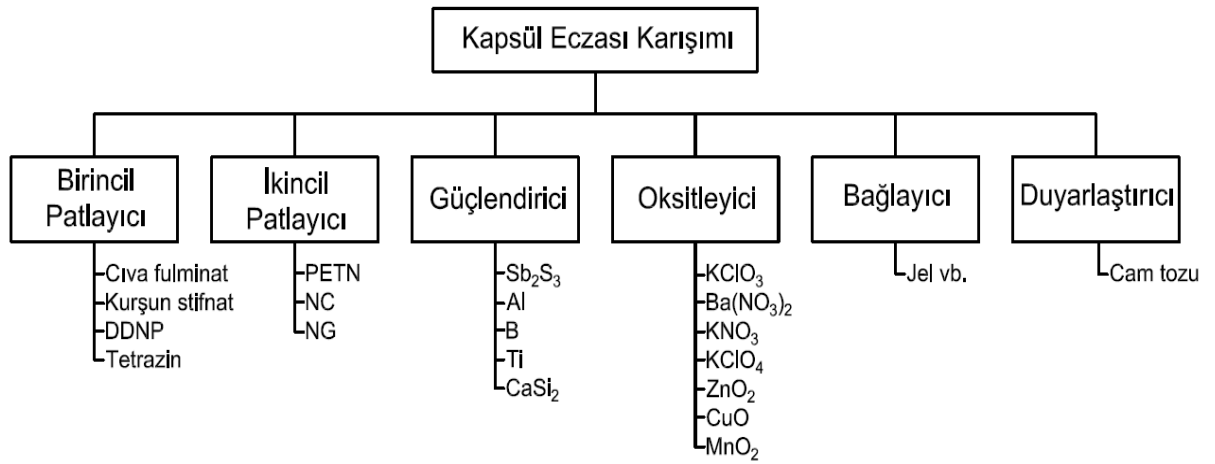
Kapsül eczaları kapsüle uygulanan fiziksel şoka cevap vererek ateşleme serisinin ilk yanma reaksiyonunu gösteren ve seriyi başlatan kimyasal maddelerdir. Genellikle birincil patlayıcılar sınıfına girerler. Birincil patlayıcılar, alev, ısı, darbe, elektrik akımı, kıvılcım vs. gibi patlayıcı olmayan yollarla kolayca patlatılabilen hassas karışımlardır. Bunlar çoğunlukla, daha az hassas (ikincil patlayıcı) bir patlayıcı başlatmak için şok üretmek istenen uygulamalarda kullanılırlar.

Bir diğer önemli kullanımı, kapsül eczası bileşimlerinde duyarlaştırıcı olarak kullanılmalarıdır. Bu karışımların amacı, güvenilir bir ateşleme sağlamaktır ve bu karışımlardaki birincil patlayıcıların rolü, onları kolaylıkla ateşlenebilecek kadar hassas hale getirmektir.

Birincil patlayıcılar için temel gereklilikler, hassasiyet sınırı, başlangıç verimi yüksek, makul akışkanlık, ölü presleme direnci ve uzun vadeli istikrardır. Hassasiyet sınırı, maddenin bir fiziksel etki tarafından başlatılacak kadar hassas olması gerektiği anlamına gelir ancak taşıma veya nakliye için güvensiz olmak için çok hassas değildir. Başlangıç verimliliği, en önemli parametre olduğu söylenebilir, birincil patlayıcının ikincil patlayıcıları başlatma kabiliyetini belirler. Makul serbest akış özellikleri, birincil patlayıcıların hacimsel olarak sık sık yüklendiği üretim için önemlidir. Birincil patlayıcılar preslendiğinde duyarsızlaştırma işlemine maruz bırakılmamalı ve böylece ölü preslenmiş bir ürün ortaya çıkmamalıdır. Birincil patlayıcılar genellikle daha karmaşık mühimmat içine monte edilir ve ömrü boyunca değiştirilmesi beklenmemesi nedeniyle uzun süreli istikrar ve diğer bileşenlerle, yüksek sıcaklıklarda bile uyumluluk önemlidir. Ayrıca nem ve atmosferik karbondioksit karşı duyarlı olmamalıdır. Patlama, kuvvet, patlama hızı veya basınç gibi ikincil patlayıcılar için önemli parametreler, tabii ki yukarıdaki özelliklerle ilişkili olsalar da, birincil patlayıcılar için daha az önem taşır.

Birincil patlayıcılar sıklıkla karıştırılır ve tek bileşenli enerjik malzemelerden çok karışım formunda kullanılırlar. Karışımlar ya bireysel birincil patlayıcılar ya da birincil patlayıcılar ile bazı patlayıcı olmayan katkı maddeleri (kıvam artırıcı, yanmayı hızlandırıcı, yapıştırıcı gibi özellikleri olan yardımcı kimyasal maddeler) içerebilir. Şekil 3.10'da kapsül eczalarında kullanılan patlayıcı maddeler ve yardımcı kimyasallar şematik olarak gösterilmiştir.

Tipik kapsül eczaları; kurşun stiftat, tetrazin, alüminyum, antimon sülfür, kalsiyum silikat, kurşun peroksit, bor, metaller, baryum nitrat, ikincil patlayıcı, bağlayıcı, hassaslaştırıcı vb. gibi kimyasallar içerir [14]. Bileşenlerdeki değişiklikler ve bunların göreceli miktarları, özel istek ve gerekliliklere göre uyarlanmış hassasiyet ve ateşleme özelliklerine sahip karışımlarla sonuçlanır.



Şekil 3.9 Kapsül eczası karışımı [14]

Kapsül eczası üretmek için kullanılan bazı birincil patlayıcılar şu şekildedir:

3.3.1 Kurşun Stıfınat

Kurşun 2,4,6-trinitrorezorsinat olarak da bilinen kurşun stıfınat $C_6H_3N_3O_8Pb$ kimyasal formülüne sahip altıgen monohidrat veya küçük dikdörtgen kristaller şeklinde sarının farklı tonlarında renklere sahip oldukça duyarlı birincil bir patlayıcıdır. Patlama noktası $275-280^{\circ}C$, patlama hızı 5200 m/s 'dir [1]. Kıvılcıma ve statik elektriğe karşı oldukça duyarlıdır. Kuru haldeyken insan vücudundaki statik elektrikten kolayca etkilenebilir. Uzun ve dar kristal formları statik elektriğe karşı daha duyarlıdır.

Kurşun stıfınat, suda hafifçe çözünür ($15^{\circ}C$ 'de 100 g su için 0.04 g veya $17^{\circ}C$ 'de 100 g su için 0.09 g [14]), metanol, piridin ve amil asetat; eter ve yaygın klorlu çözücülerde pratik olarak çözünmez. Etanol ve asetonunda [1], sulu amonyum asetat, formamid, asetik asit ve etanolamin içinde çözünür, asetik asit çözeltisinden alkol eklenerek çöktürülebilir [14]. Kurşun nitrat içeren bir çözeltinin sodyum veya potasyum stıfınat içeren çözeltiye eklenerek kurşun stıfınatın çöktürülmesi ile elde edilebilir [1].

Karbondioksit ile reaksiyona girmez. Kuru hali, yaygın metallerle reaksiyon vermez; ıslak kurşun stıfınat sadece kurşun oluşturan bazik tuz ile reaksiyona girer. Bazlarla birlikte temel tuzlarını ve kurşun hidroksitini oluşturarak ayırır [14].

Alev ve elektrik kıvılcımı için son derece hassastır. Çeşitli taşıma işlemleri veya saklama koşulları, kristallerin yüzeyinde kolayca bir elektrostatik yük oluşturabilir. Duyarlılığı

cıva fulminat, kurşun azid, DDNP ve diğer birçok birincil patlayıcılardan daha yüksektir. Bu yüksek hassasiyet ürünün üretimi, taşınması kullanımı sırasında istenmeyen kazalara sebebiyet verebilir. Bu nedenle, statik elektrik kaynaklarını ortadan kaldırmak için önemli güvenlik tedbirleri alınması gerekebilir [14].

Kurşun stifnat elektrostatik deşarja aşırı duyarlılığı duyarsızlaştırılmış kurşun stifnat geliştirme ve imalatı üzerinde çalışmanın ardında yatan neden olmuştur. Duyarsızlaştırma yöntemlerinden biri, nihai ürünün, bir duyarsızlaştırıcı çözeltisi ile yıkanması işlemine dayanır. Bu işleme tabi tutulan kurşun stifnat, mekanik uyarılara ve elektrostatik deşarjlara karşı daha az duyarlı yeknesak tanecikli bir biçim kazanır, ancak yine de, aleve karşı aynı istenen duyarlılığı korur. Genellikle bir elektrik akımı tarafından ısıtılan tel ile doğrudan temas halinde olan köprü tel bileşimlerinde kullanılır. Yükleme yoğunluğunun kurşun ve baryum stifnat üzerindeki etkileri ile ilgili yapılan bir çalışmada, yükleme yoğunluğu arttıkça, başlatma için gerekli enerjinin sabit kaldığı ve ateşleme süresinin azaldığı bulunmuştur [14].

Darbeye ve elektrik deşarja karşı olan duyarlılığı sayesinde darbeli kapsüllerde, iğneli füyyelerde ve elektrikli kapsüllerde kullanım alanı bulur.

3.3.2 Kurşun Azid

Kurşun Azid, $Pb(N_3)_2$, renksiz iğneli yapıda veya beyaz toz formda, duyarlı bir patlayıcı maddedir. Tutuşma sıcaklığı 320 – 360 °C aralığındadır, patlama enerjisi 1638 kJ/kg'dır. Patlama hızı 5100 m/s'dir [1]. Suda ve amonyakta çözünmez, ısı ve neme karşı dirençlidir ancak çok higroskopik değildir. Asetik asitte oldukça çözünürdür. Kaynayan suda azoimidi (HN_3) serbest bırakarak ayrışır [15].

Kurşun azid ışığa duyarlıdır ve gün ışığında kristalleri önce sarıya ve daha sonra griye döner. Foto ayrışma sırasında kurşun ve azid oluşur. Renk değişikliği yalnızca dış katmanda oluşur, kristal boyunca çoğalmaz. Yüzey tabakasının parçalanması, malzemenin patlayıcı özelliklerinin herhangi bir şekilde bozulmasına neden olmaz.

Isısal dengesi oldukça iyidir. 60°C'de 12 ay sonra veya 80°C'de 1 ay sonra neredeyse hiç bozunma olmaz. Nemin varlığı kurşun azidin bozunması üzerinde kritik role sahiptir. Yapılan çalışmalarda vakumlu ortamda 250°C'de ısıtma süresinin ve dolayısıyla nemi

uzaklaştırmının, nemli havada aynı denemelere kıyasla aynı patlama hızı düşüşünü sağlamak için 80 kat arttırılması gerektiği bildirilmiştir [14]. Kurşun azidin ısısal bozunması sırasında oluşan metalik kurşun hava ile okside olabilir ve kurşun oksit oluşabilir. Kurşun azid zayıf bir foto iletkenidir.

Kurşun azid asitlerin etkisi ile azoimidi serbest bırakarak ve tuz bileşiği oluşturarak bozunur. Bozunma zayıf asitlerle (asetik asit, karbonik asit, atmosferik CO₂, ve hatta kurşun stıfnat gibi) bile gerçekleşebilir. Böylesi bir bozunmaya örnek olarak kurşun azidin nitrik asitle kurşun nitrat oluşturarak verdiği reaksiyon gösterilebilir [14].

Kurşun azidin hassasiyeti kristal formuna bağlıdır. γ -formu darbeye karşı daha hassastır fakat α ve β formlarına kıyasla sürtünmeye karşı daha az duyarlıdır. Bu üç polimorfun elektrik hassasiyetleri hemen hemen birbirine yakındır [14]. Mekanik uyarılara karşı hassasiyeti; üretim metodu, kristal yapısı ve büyüklüğü, kurşun azidden daha yumuşak yan ürünleri varlığı gibi durumlardan etkilenir. Nemin varlığı hassasiyetini önemli ölçüde değiştirmez. Bazı araştırmalarda nemli ve kuru durumda hassasiyetinin aynı olduğunu göstermiştir [16]. Mekanik hassasiyet, parafin, gliserin, yağ gibi hassaslığı giderici maddelerinin eklenmesi ile azaltılabilir. Dekstirine edilmiş kurşun azid daha az, katı parçacıklar içeren (cam gibi) karışımları ise saf kurşun azide göre daha duyarlıdır [14].

Kurşun azid patlayarak azot ve metalik kurşuna bozunur (yaklaşık 350°C'de). Oluşan ürünün gaz hacmi gram başına 231 cm³'tür. Patlama hızı yoğunluğa bağlıdır. Yüksek patlama hızı ile ince tabakalarda kolaylıkla patlar [17].

Standart fünüyelerde bulunan kurşun azidin verimliliği, uzun süreli saklama esnasında havadaki su ve karbondioksit ile reaksiyona girdikten sonra önemli ölçüde etkilenmez. Fonksiyon kaybı riski bulunduğu durumlarda, fünye içindeki nem kontrol edilmelidir. Patlayıcıların yaşlanması, Lamnevik tarafından araştırılmış ve 20 yılın üzerinde depolama sonrasında başarısız olan patlayıcıların kurutulduktan sonra düzgün şekilde çalıştığını tespit etmiştir [14].

Üretimi kurşun nitrat ve sodyum azidin reaksiyonu ile gerçekleşir. Üretim esnasında patlamaya neden olabileceği için büyük kristal formasyonların oluşması engellenir. Reaksiyon %92-96 verimde kurşun azid verebilir.

Kapsül eczası olarak kullanıldığında, küçük miktarlarda bile, cıva fulminata nazaran yüksek tetikleme hızı ile daha etkilidir. Atmosferik karbondioksit'e karşı hidrazoik asit vererek bozunur [1]. Statik elektriğe karşı hassastır. Kapsüllerde ve füyelerde birincil patlayıcı olarak kullanılır.

Bilinen 4 allotropik modifikasyonu (α , β , γ , δ) vardır. α -formu daha dallanmış bir yapıya sahipken β -formu iğne şeklinde kristallerden oluşur. Eski kaynaklarda β -formu oldukça hassas, küçük mekanik uyarılara bile cevap veren ve krsital yapısının kırılması ile patlama gösteren form olarak ifade edilir. Bu 4 form arasında en kararlı olanı α -formudur [14].

3.3.3 Diazo Dinitrofenol

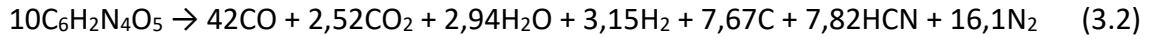
Diazo dinitrofenol (DDNP), saf halde sarı kristal formda duyarlı bir birincil patlayıcıdır. Yoğunluğu genel olarak 1,6 g/cm³ olarak rapor edilmiştir. Patlama hızı yoğunluğuna bağlı olarak değişir. 1,6 g/cm³ yoğunluğa sahip DDNP 6600 m/s patlama hızına sahiptir ve kurşun stifnattan yüksektir [14]. İnfilak sıcaklığı 180°C'dir [1].

Su, asetik asit, sıcak aseton ve nitrobenzende çözünür. Etanol, metanol ve etil asetatta az çözünür. Işığa karşı duyarlıdır, güneş ışığında kararır. Soğuk mineral asitlerde durağandır, sıcak derişik sülfürik asitte ve soğuk seyreltik hidroksit çözeltide azot salarak çözünür. Sodyum azidle yine azot salarak sodyum tuzlarının oluşmasıyla sonuçlanan reaksiyonlar verebilir. Bu, bir örnek içindeki DDNP miktarının, oluşan azot miktarı üzerinden saptanmasında analiz metodu olarak kullanılır [14].

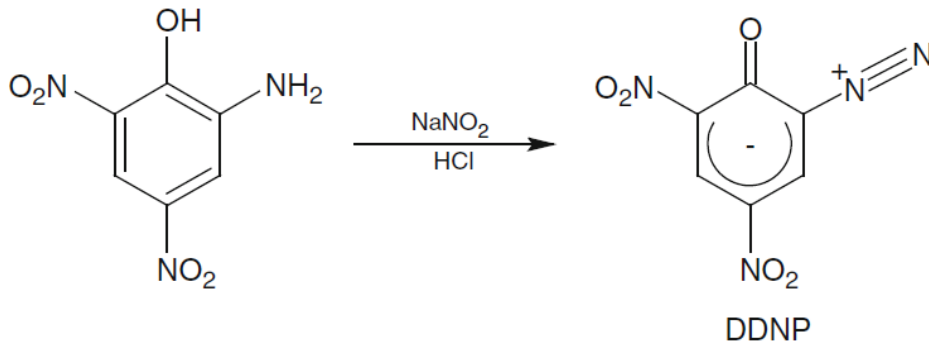
Isısal dengesi cıva fulminattan daha yüksek, kurşun azidden daha düşüktür. 65°C'ye kadar depo sıcaklığı yapısında değişiklik oluşturmaz. 100°C sıcaklıklarda 96 saat ve üzerinde durması ağırlığının %1,25'ini kaybetmesine neden olur. Uzun süreler için maksimum depo sıcaklığı yaklaşık 60°C'dir. 100°C üzeri sıcaklıklarda hızlıca bozunur [14].

DDNP'nin hassasiyeti parçacık boyutuna bağlıdır. İnce kristal formadaki parçacıklar kalın kristal formuna göre daha hassastır. Sürtünmeye ve elektrik akımına karşı fonksiyon gösterir.

DDNP'nin patlama reaksiyonu karbon monoksit, karbondioksit, karbon, hidrojen, hidrojen siyanür ve azot oluşumu ile sonuçlanır. Reaksiyon şu şekildedir [14]:



Pikramik asidin sulu çözeltisinin sodyum nitrit, HCl çözeltisi içinde dinitrolanması ile elde edilir. Oluşan ürün sıcak asetonda saflandırılır ve buzlu suyla yıkanır [14].



Şekil 3.10 DDNP'nin oluşma reaksiyonu [14]

Uygun reaksiyon koşullarında saf reaktanlar kullanıldığı zaman iğne veya yaprak şeklinde kristal DDNP elde edilir.

İlk olarak 1858 yılında kullanılmasına rağmen patlayıcı özelliği 1892 yılında Lenze tarafından keşfedilmiştir. Ticari ve askeri fünyelerde, darbeli kapsüllerde birincil patlayıcı olarak kullanılmaktadır. Yapısında ve yanma ürünlerinde ağır metal bulundurmaması toksisitenin istenmediği uygulamalarda kullanılmasını sağlar. Günümüzde darbeli kapsül karışımlarında kurşun stiftinin yerini alabilmektedir. Ancak ideal bir birincil patlayıcı olmasını engelleyen bir takım dezavantajları da vardır. Alerjik reaksiyonlar vermesi, yoğunluğunun düşük olması ve bu nedenle daha fazla miktarda kullanma gereksinimi yaratması, elektrik akımına karşı hassas olmasından kaynaklı işlem zorluğu, atık su problemleri oluşturması, bazı uygulamalarda düşük ısısal durağanlığa sahip olması gibi durumlar bu dezavantajlar içinde sayılabilir [14].

3.3.4 Cıva fulminat

Cıva fulminat, $\text{C}_2\text{N}_2\text{O}_2\text{Hg}$ kapalı formülüne sahip, renksiz kristaller halinde bir birincil patlayıcıdır. Sürtünme ve darbeye karşı hassastır. Yağ veya parafin katılarak, ve aynı zamanda yüksek basınçla preslenerek duyarsızlaştırılabilir. Cıvanın nitrik asitte

özölmesi ve %95 saflıktaki etanolde safsızlaştırılması ile üretilebilir. Yüksek tahrip gücü, kolaylıkla patlayabilme gibi özelliklerinden dolayı kurşun azitten önce birincil patlayıcı olarak darbeli kapsüllerde ve dinamit tapalarında kullanılmıştır [1]. Darbeye karşı hassasiyeti kurşun azitten daha yüksektir. Hassasiyeti su eklenmesi ile hızlı bir şekilde azalır. Katı parçacık eklenmesi (kum, cam gibi), uzun süre yüksek sıcaklıklara maruz bırakmak hassasiyetini artırabilir. Elektrostatik şarja karşı oldukça duyarlıdır. İnsan vücudunda oluşan statik elektrik ile bile aktive olabilir. Cıva fulminat, uzun patlatma öncesi bölgeye sahip birincil patlayıcılar grubunda yer alır. Diğer bir deyişle, bozunma reaksiyonu ilk başlatıcı darbeden tam patlamaya hızlanmadan önce uzun bir zaman alır ve önemli miktarda şarj kullanır. Bu, gümüş fulminat veya kurşun azit ile karşılaştırıldığında daha düşük başlatma verimliliğini yansıtmaktadır [14].

3.3.5 Tetrazin

$C_2H_8N_{10}O$ kapalı formülüne sahip, renksiz-soluk sarı kristallerden oluşan [1] kabarık katı monohidrat formda [14] birincil patlayıcı olarak kullanılan en yaygın tetrazol maddesidir. Birincil patlayıcı olarak sınıflandırılmasına rağmen başlatıcı efekti düşüktür. Birincil patlayıcı karışımlarında veya füyelerde direk kullanılabilir. Diğer patlayıcılara küçük miktarlarda eklendiğinde bile mekanik şoklara karşı hassasiyetlerini artırabilir. Bu nedenle, çoğu karışımda, özellikle birincil patlayıcılarda, enerjisel bir duyarlaştırıcı görevi görür. Sürtünme, darbe, alev ve kıvılcıma karşı yüksek hassasiyete ihtiyaç duyulan uygulamalarda kullanılır [14]. Pratik olarak su, alkol, eter ve benzende çözünmezdir, amino guanidin tuzları ve sodyum nitritin reaksiyonu ile elde edilebilir [1], [14]. Nispeten higroskopiktir, kaynar suda bozunur. Oda sıcaklığında, konsantre amonya, metaller ve yüksek patlayıcılarla (TNT, RDX, PETN (Pentaeritrol teranitrat), Tetril) reaksiyon vermez. Arkasında herhangi bir kalıntı bırakmadan bozunur, kurşun trinitrosorsinat bazlı kapsül eczalarında katkı olarak kullanılabilir. Normal sıcaklıklarda kararlıdır, ancak sıcaklık artışıyla ısısal dengesi azalır. Darbeye ve sürtünmeye karşı hassasiyeti cıva fulminata eşdeğerdir. Darbeli kapsül karışımlarında kullanıldığında duyarlılığını artırmak için sert inert parçacıklarla karıştırılır. Sıkıştırılmadığında daha kolay patlar ve daha yüksek baskılara tabi tutulduğunda kademeli olarak ölü preslemeye maruz kalır. Tetrazin, birçok uygulamada kullanılabilen ağır metal

içermeyen bir birincil patlayıcıdır. Başlıca dezavantajları zayıf ısı kararlılığı, başlatma verimi düşüklüğü ve ölü presleme eğilimidir [14].

3.3.6 Nitrotetrazol Tuzları

Serbest 5-nitrotetrazol en ufak uyarı ile patlayan veya kendiliğinden patlayan son derece hassas bir maddedir. Bununla birlikte, metalik tuzları kararlı ve ağır metalik tuzlar birincil patlayıcıların özelliklerine sahiptir.

Serbest 5-nitrotetrazol, nemli havaya maruz bırakıldığında basit bir çözeltiye dönüşen renksiz, aşırı higroskopik kristaller oluşturur. Metalik tuzlar çoğunlukla suda çözünür (örn., Alkalın, alkalın toprakların tuzları, kadmiyum ve talyum). Gümüş, cıva, kobalt ve nikel tuzları soğuk suda çözünmez; kobalt ve bakır tuzları bir dihidrat verir. Nitrotetrazol tuzları iyi kimyasal kararlılığa sahiptirler ve karbondioksite duyarlı değildirler, nemden etkilenmezler. Sıcak ve nemli iklimlerde bozulma olmaksızın depolanabilirler. 5-nitrotetrazolün bakır tuzu higroskopik değildir. Alkalın tuzlarının duyarlılığı temel olarak molekül içindeki kristalleşme miktarına bağlıdır. Lityum ve sodyum tuzları hidratlar oluşturur ve bu nedenle hem çarpma hem de sürtünme duyarlılığı düşüktür. Amonyum tuzu ikincil patlayıcı özelliğine sahiptir; darbeye RDX'den daha az duyarlıdır. Sodyum tuzunun dehidratının nispeten düşük hassasiyeti olduğu bilinmektedir. Nitrotetrazol tuzları nemden etkilenmeyen iyi yanabilirliğe sahiptir. Çoğu (hatta alkalın tuzları) güçlü birincil patlayıcı maddelerdir, örneğin sezyum tuzu, kurşun azide benzer bir verime sahiptir [14].

3.4 Örnek Ecza Karışımları

Çizelge 3.1, Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'te farklı kimyasal karışımlarda kapsül eczası örnekleri verilmiştir.

Çizelge 3.1 Cıva fulminat bazlı kapsül eczası karışımı [14]

Kimyasal Madde	Miktar (ağırlıkça %)
Cıva fulminat	13,7
Potasyum klorat	41,5
Antimon sülfür	33,4
Cam tozu	10,7
Jelatin gamı	0,7

Çizelge 3.2 DDNP bazlı kapsül eczası karışımı [18]

Kimyasal Madde	Miktar (ağırlıkça %)
Diazo dinitrofenol	24
Tetrazin	5
Nitroselüloz	22
Atomize aluminyum tozu	5
Mangan dioksit	24
Çinko peroksit	10,5
Çinko oksit	8,3
Bağlayıcı	0,2

Çizelge 3.3 Kurşun stifnat bazlı kapsül eczası karışımı [19]

Kimyasal Madde	Miktar (ağırlıkça %)
Kurşun stifnat	48
Grafit	2
Baryum nitrat	12
Potasyum perklorat	28
Kalsiyum silisid	10

MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Elektrikli Kapsül Çalışma Prensibi Ve Tasarım Parametreleri

120 mm elektrikli tank mühimmatı kapsülleri iki ana parçadan oluşur. İlk parça gövdedir. Gövde ilk ateşleyici olan elektrot ve elektrottan çıkan enerjiyi artıran hızlandırıcı bir parçadan oluşur. Tasarımın ve bu çalışmanın kilit noktası burasıdır. İkinci parça ise alev borusudur. Gövdeden gelen enerjiyi kullanarak yanan barut temelli yanıcı aksamdan ve bu aksamı saran delikli piring borudan oluşur. Yanan barutun verdiği alev bu borunun deliklerinden geçerek mühimmatın kovanının içindeki fırlatıcı hakkını (karabarut) yakarak patlatma işlemini başlatır.

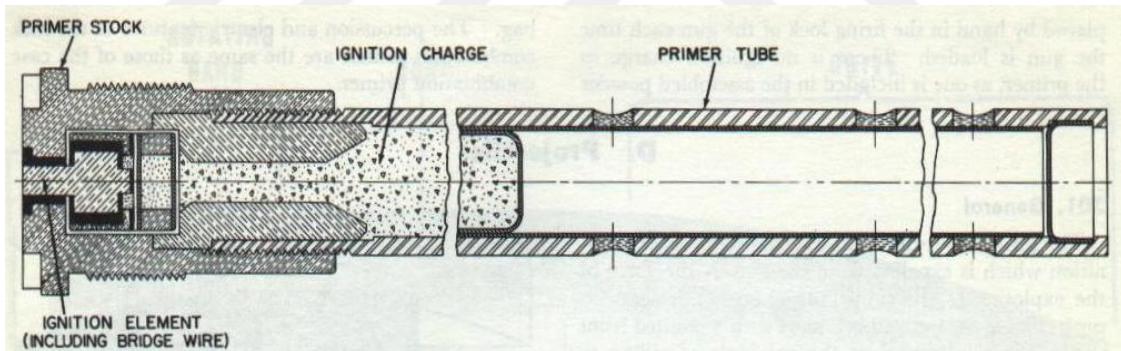
Burada bir ateşleme zinciri söz konusudur. Sadece mühimmatın geneli için değil kapsül özelinde de bir ateşleme zincirinden bahsedilebilir. Kapsül içinde ateşleme 3 kademe gerçekleşir.

1. Kademe (elektrot): Bu kademe ilk ateşlemenin başladığı kademedir. Burada ateşleme “elektrot” adı verilen parça ile sağlanır. Elektrot; birincil patlayıcı ve bu patlayıcıyı aktifleştirecek elektrik akımını tanktan patlayıcıya ileten iletken bir telden meydana gelir. Tankın ateşleme sisteminden verilen elektrik akımı kapsülün dibinden elektroda iletilir ve ateşleme serisi başlar. Birincil patlayıcı ve ateşleme teli birinci kademe için en önemli iki parametredir. Bu iki parametre ayrı ayrı ve özellikle birleşimleri halinde hedef olarak belirlenen fonksiyon zamanına ulaşmada önemli adımlar olmuştur.

2. Kademe (güçlendirici): Bu kademe ilk ateşlemenin hızlandırıldığı güçlendirici (buster) kısımdır. İlk ateşlemeyi sağlayan birincil patlayıcı patlama hızı çok yüksek fakat tahribat

gücü zayıf maddelerdir. Bu zayıflık güçlendirici yardımıyla güçlendirilir. Bu tasarımda güçlendirici basit olarak az miktarda ince toz halinde karabarut bulundurur. İlk ateşleyiciden gelen kıvılcım güçlendirici içindeki karabarutu kolay bir şekilde yakarak alevin yükselmesini sağlar. Alevin yükselmesi üçüncü kademe için önemlidir. Çünkü üçüncü kademedeki bulunan barutun yanabilmesi için güçlü bir alev gerekir. Bu, güçlendirici vasıtasıyla sağlanır. Bu tasarımda güçlendirici basit bir mantıkla ateşlemeyi hızlandırır. Burada etkili olan parametre güçlendiriciden çıkan alevin aldığı yoldaki serbestliktir.

3. Kademe (alev borusu): Alev borusu ve barut temelli patlayıcı olan pelletlerden oluşan sistemdir. Alev borusu alevin rahatça çıkıp kovan içinde yayılmasını sağlayacak şekilde delikli ve uzun olarak tasarlanmıştır. Bu şekilde deliklerden çıkan alevin kovandaki fırlatıcı hakkı içinde homojen olarak dağılımı sağlanır. Güçlendiriciden gelen alevle aktifleşen barutlar yanarak kovan içine alev bırakırlar ve kendi görevleri biterken mühimmatın ateşleme zincirini başlatmış olurlar. Şekil 4.1’de elektrikli bir kapsüle ait ara kesit resmi verilmiştir.



Şekil 4.1 Elektrikli bir kapsüle ait ara kesit resmi [20]

4.2 Tasarım Parametrelerini Etkileyen Teknik İsterler

Kapsül ve çalışma prensipleri kısmında da bahsedildiği gibi tasarımı etkileyen çeşitli tasarımsal parametrelerle birlikte bu parametrelere yön veren çeşitli teknik isterler bulunmaktadır. Bu isterler şu şekildedir:

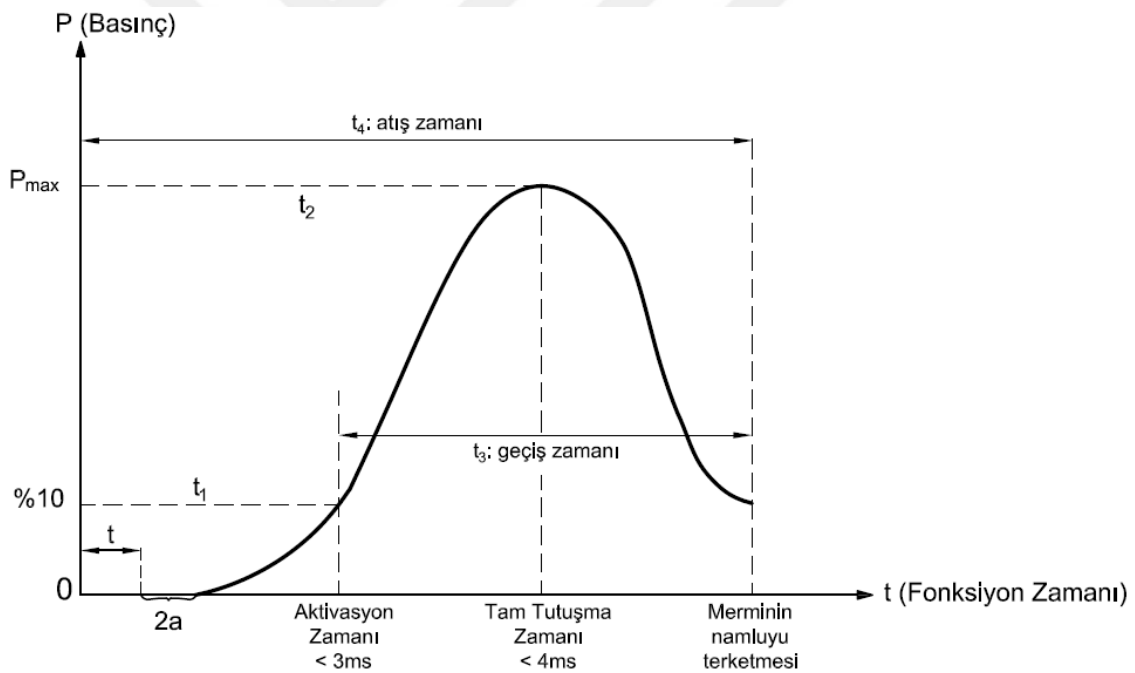
4.2.1 Fonksiyon Zamanı

Fonksiyon zamanı basit bir ifade ile tasarımda ulaşılması hedeflenen isterdir denilebilir. Kapsülün fonksiyon kriterlerini belirler. Alev borusunun 1., 3., ve 5. sıradaki deliklerine

bağlanan basınç ölçerlerle ölçülür. 120 mm tank mühimmatı kapsülleri için iki temel kriteri vardır.

Aktivasyon zamanı (t_1): Kapsülün maksimum basıncın %10'una ulaşması için geçen süredir. Kapsülün alev borusunun birinci sıradaki deliğinden ölçülür. Aslında elektrot ve güçlendiricinin tam yanma göstergesi ve süresidir. 120 mm tank mühimmatı kapsülleri için bu süre 3 ms'dir. (Şekil 4.2)

Tam yanma zamanı (t_2): kapsülün ihtiva ettiği barutun tam manasıyla yandığı süredir. Yanma esnasında barut ölçüm alınan basınç ölçerlere basınç uygular. basınç ölçerlerin ölçüm yapabildiği son nokta, diğer bir deyişle barutun etkin basınç uygulayabildiği son nokta kapsülün tam tutuştuğu noktadır. Bu nokta, genellikle 2. ve 3. basınç ölçerler olmakla birlikte, ölçüm alınan üç delikten herhangi birinde sonuç verebilir. Bu süre 120 mm tank mühimmatı kapsülleri için 4 ms'dir. (Şekil 4.2)



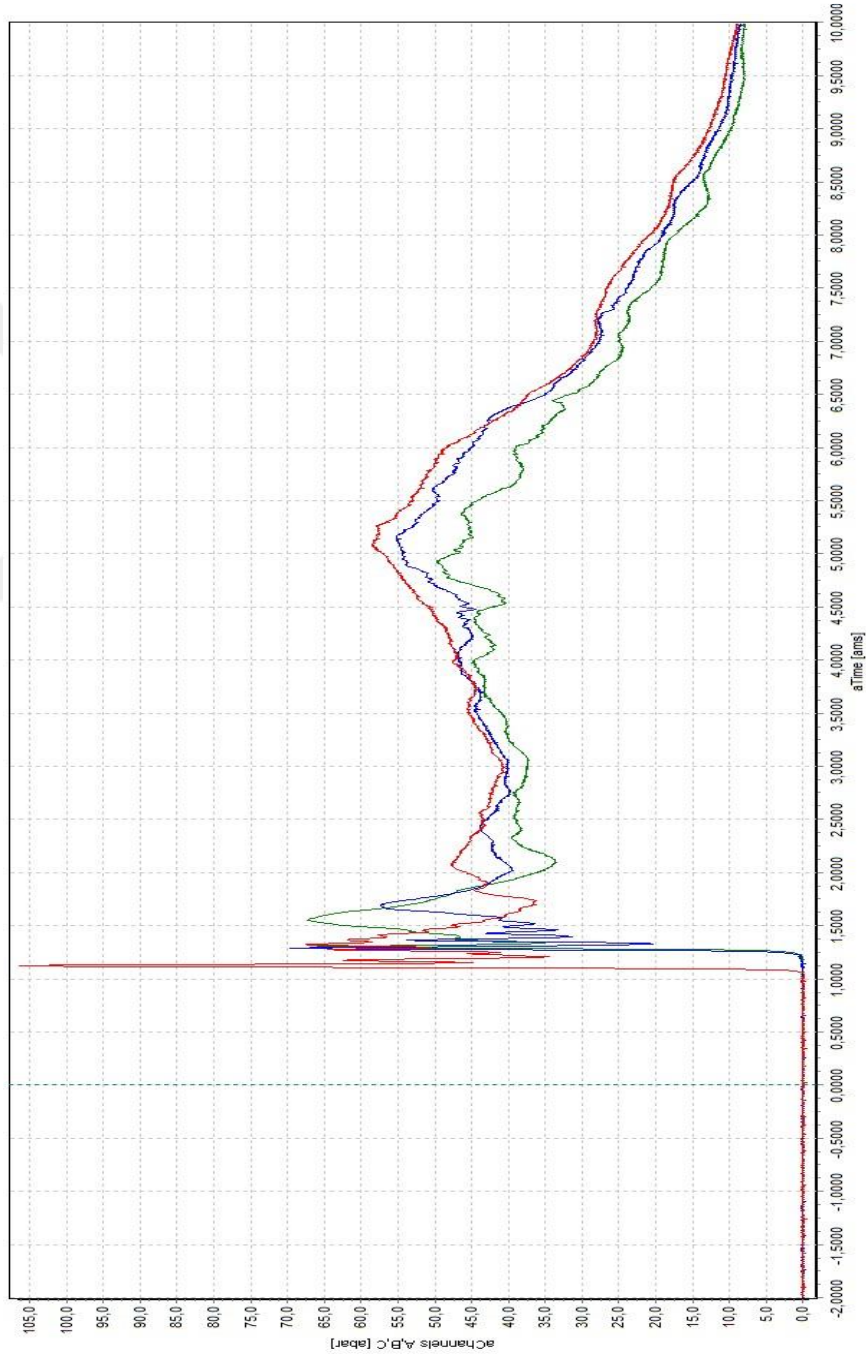
Şekil 4.2 Fonksiyon zamanı – basınç ilişkisi grafiği

4.2.2 Basınç

Alev borusu içinde aktivasyon gösteren barut bulunduğu kapalı alanda fonksiyon zamanı içerisinde maksimum basınç değeri gösterir. Bu değer her ne kadar aktivasyon zamanının hesaplanması için tek kriter olsa da (aktivasyon zamanı maksimum basıncın %10'una ulaşılması için geçen süreydi) tam tutuşma zamanı için bir kriter değildir. Diğer

bir deyişle tam tutuşma zamanı maksimum basınç noktasıdır ifadesi yanlıştır. Maksimum basınç isteri 120 mm tank mühimmatı kapsülleri için 10-120 bar aralığındadır.

Patlatma testlerinde her bir patlatma sonrası elde edilen ve Zaman-Basınç arasındaki ilişkiyi gösteren grafik Şekil 4.3'te verilmiştir. Testler ortam koşullarında (18-25 °C) ve atmosfer basıncında yapılmıştır.



Şekil 4.3 Patlatma testi sonrası elde edilen grafik

Şekil 4.3'te verilen grafikte kırmızı renkli eğri 1. basınç ölçerden alınan değeri, mavi renkli eğri 2. basınç ölçerden alınan değeri, yeşil renkli eğri de 3. basınç ölçerden alınan değeri göstermektedir.

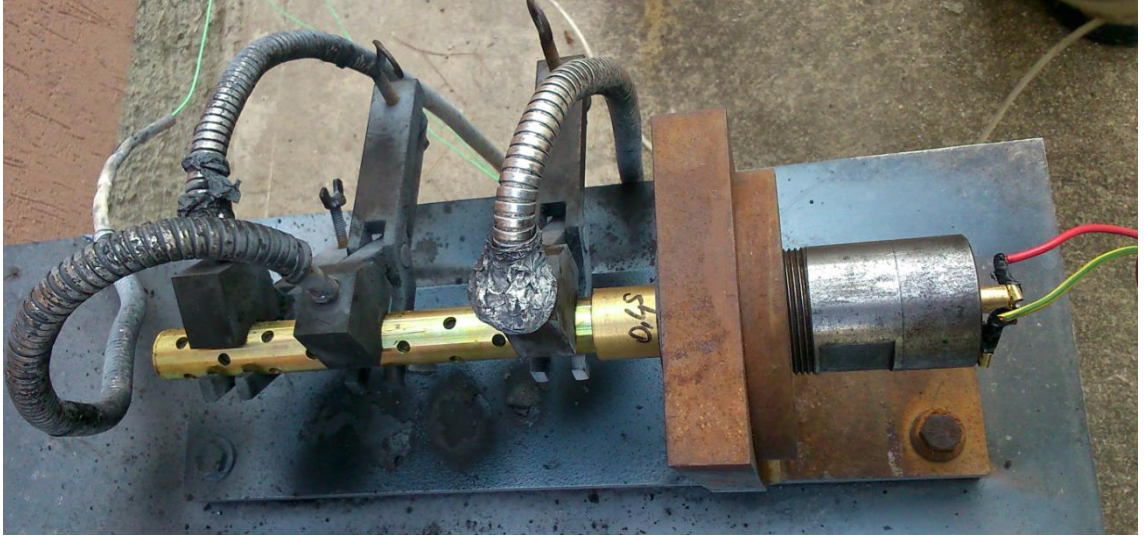
4.2.3 Elektriksel Direnç

120 mm tank mühimmatı kapsülleri elektriksel ateşleme ile aktiveleşen kapsüllerdir ve bu kapsüllerin elektrotlarında bulunan tellerde bir direnç oluşur. Bu direnç değeri kapsülün tank sistemi tarafından sağlıklı ateşlenebilmesi için belli isterlerle kısıtlanmıştır. Bu değerler 0,9-2,5 ohm aralığındadır. Tasarım sürecinde en zorlayıcı kısıt olmuştur. Özellikle kapsül ve direnç teli uyumu açısından zorlayıcıdır. Tasarım sürecinde ayrı ayrı en iyi sonucu veren iki parametrenin birlikte oluşturdukları tasarımların direnç isterine takıldığı olmuştur. Bu nedenle en iyi iki parametrenin birlikteliğinden ziyade önemli olan iki parametrenin oluşturduğu en ideal uyumdur.

4.3 İncelenen Parametreler

Birincil patlayıcı ve farklı direnç telleri kullanılarak oluşturulan yapılar MKE Mühimmat Fabrikasının ilgili birimleri tarafından üretilmiş ve yine ilgili birimleri tarafından patlatma testine tabi tutulmuştur. Patlatma testleri fabrikanın patlatma sahasında gerçekleştirilmiştir.

Testler kapsüllerin alev borusu üzerinde bulunan deliklere basınç ölçer cihaz bağlanarak yapılmıştır. Basınç ölçerler 1., 3. ve 5. sıradaki deliklere 3 adet bağlanmıştır. Basınç ölçer cihazın kapsüle bağlanma şekli Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Kapsül, dip tarafına uygulanan elektrik akımı ile patlatılmıştır. Fonksiyon Zamanı kapsülün cihaza uyguladığı basınç üzerinden ölçülmüştür.



Şekil 4.4 Test cihazına bağlanmış kapsül kompleksi

4.3.1 Kapsül eczası

Stifnat temelli patlama hızı yüksek bir birincil patlayıcı seçilmiştir. Bu patlayıcının farklı özelliklere sahip iletken tellerle olan uyumları test edilmiştir. Testler süresince kapsül ecza içeriği korunmuştur.

4.3.2 İletken Tel

İletken tel seçimi tankın ateşleme sisteminden gelen akımın birincil patlayıcıya iletilmesi ve aktifleştirmesi açısından önem taşımaktadır. Tel seçimini en çok etkileyen teknik ister 0,9-2,5 ohm aralığıdır. Tel kalınlığı şüphesiz en çok etkileyen faktördür. Çalışmalar esnasında tel kalınlığının azalmasıyla direncin arttığı ancak aynı zamanda fonksiyon zamanının iyileştiği görülmüştür. Diğer bir deyişle direnç isteri ile fonksiyon zamanı arasında ters orantı vardır. Direnç azaldıkça fonksiyon zamanları artar. Burada dikkat edilecek husus uygun birincil patlayıcıyı barındıracak elektroda basılacak telin direnç-zaman değişkenliğinde en uygun değeri vermesini sağlamaktır.

Bu çalışmada 30 μm , 40 μm , 45 μm ve 50 μm çaplara sahip krom-nikel alaşımlı 4 tip tel bağlanma şekilleri (seri-paralel) ve boyları (kısa-uzun) göz önüne alınarak farklı özelliklerde üretilen elektrotlarla patlatma testine tabi tutulmuşlar ve bu farklı yapıların verdikleri sonuçlar birbirleriyle kıyaslanarak ideal tasarıma ulaşmaya çalışılmıştır. Test kâlemleri ve sonuçları Bölüm 5’de verilmiştir.

4.3.3 Güçlendirici

Güçlendirici, bu tasarım için, içinde belli miktarda ince toz karabarut bulunduran küçük somun şeklinde bir parçadır. Bu çalışmada güçlendiricinin delik çapı iki katına çıkarılarak yapılan tasarım değişikliğinin fonksiyon zamanını nasıl etkilediği incelenmiştir. 40 μm çapa sahip teller elektroda seri bağlanarak denenmiştir. Böylece tek tip elektrodun farklı güçlendiricilerle oluşturduğu tasarımlar denenmiştir. Oluşturulan farklı özellikteki yapılar ve test sonuçları Bölüm 5’de verilmiştir.



SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 İletken Tel Testleri

Bu çalışmada 30 μm , 40 μm , 45 μm ve 50 μm çaplara sahip krom-nikel alaşımlı 4 tip tel kullanılmış, teller elektrotlara farklı özelliklerde monte edilmiş ve bu farklı yapıların fonksiyon zamanı incelenmiştir.

Çalışmalar esnasında tel kalınlığının azalmasıyla direncin arttığı ancak aynı zamanda fonksiyon zamanının iyileştiği görülmüştür. Diğer bir deyişle direnç isteri ile fonksiyon zamanı arasında ters orantı vardır. Direnç azaldıkça fonksiyon zamanları artar. Burada dikkat edilecek husus uygun birincil patlayıcıyı barındıracak elektroda basılacak telin direnç-zaman değişkenliğinde en uygun değeri vermesini sağlamaktır.

40 μm , 45 μm ve 50 μm çaplı elektrotlar kapsül gövdesine monte edilmeden önce osiloskop ile patlama zamanları ölçülmüş ve karşılaştırılmıştır. Test sonuçları Çizelge 5.1’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde uygulanan akımın süre ile ters orantılı olduğu görülür. Akım arttıkça telin ısınma süresi ve dolayısıyla eczayı aktifleştirme süresi kısalır. Ancak akımın artırılması beraberinde uygulanan voltajın da artırılması gerekliliğini doğurur. Aynı akım değerlerinde eşdeğer direnci yüksek olan numunelerin de daha kısa zamanda ateşlendiği görülmüştür. Eş değer direncin artması ateşlenme süresini azaltır. Pouillet Kanunu’na göre kesit alanı direnç ilişkisi düşünüldüğü zaman tel kalınlığı arttıkça direncin azalması gerekir. Ancak bu durumda ateşlenme süresinin artması tezatlığı görülür. Direnci azaltmak için telleri paralel bağlamak bir çözümdür ancak bu sefer de süre artar.

Çizelge 5.1 Farklı kalınlıklardaki tellerle alınan ateşlenme süresi sonuçları

Tel Kalınlığı (μm)	Bağlanma Şekli	Direnç (Ω)	Uygulanan Akım (A)	Ateşlenme Süresi
40	Seri	2,70	2,20	780 μs
40	Seri	2,80	2,20	960 μs
40	Paralel	1,50	1,95	6,1 ms
45	Seri	2,45	1,90	1,9 ms
45	Seri	2,60	1,90	1,9 ms
45	Paralel	1,95	2,40	4,1 ms
50	Seri	2,50	2,00	1,9 ms
50	Seri	2,29	2,00	2,7 ms
50	Seri	2,37	1,80	2,0 ms

Yapılan denemede en hızlı ateşlenme süresini 40 μm kalınlığa sahip teller vermiştir. Ancak gerek ince oldukları, gerek seri bağlandıkları için eşdeğer direnç değerleri yüksek çıkmıştır.

Dirençte gerekli iyileştirmeyi yapabilmek için 40 ve 45 μm tellerle üretilen elektrotlar kapsül gövdesine monte edilerek patlatma testi yapılmıştır. Teller elektrotlara puntalama yöntemi ile seri bağlanmıştır. 40 μm çaplı tellere sahip elektrotlar “A Grubu”, 45 μm çaplı tellere sahip elektrotlar “B Grubu” olarak adlandırılmıştır. Montaj için tüm elektrotlar stifnat bazlı ecza ile doldurulmuştur. Test sonuçları A Grubu için Çizelge 5.2’de, B Grubu için Çizelge 5.3’te verilmiştir.

Test sonuçlarına incelendiğinde, Şekil 5.1’teki grafikte de görüldüğü gibi Aktivasyon Zamanı açısından A Grubu daha iyi sonuç versede direnç parametresi açısından istenen sonuçları vermemektedir. B Grubu ise daha birbirine yakın ve derli toplu olsada teknik isterler sınırına yakın sonuçlar vermişlerdir. Değerlendirmede sadece zaman değil direnç de düşünüldüğünde iki tasarım açısından B Grubunun A Grubuna göre daha ideal olduğu söylenebilir.

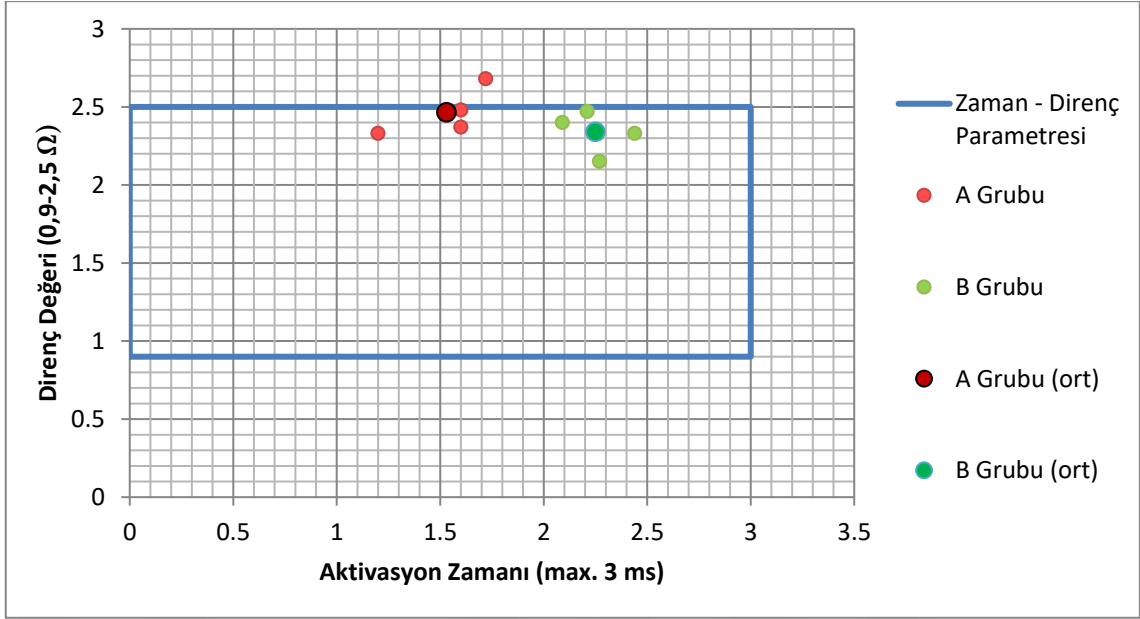
Çizelge 5.2 A Grubu test sonuçları

Tel (μm)	Direnç Ölçümü	Aktivasyon Zamanı	Tam Yanma Zamanı
40	2,33	1,20	5,29
40	2,48	1,60	4,23
40	2,37	1,60	2,555
40	2,68	1,72	4,31
ortalama	2,465	1,53	4,10

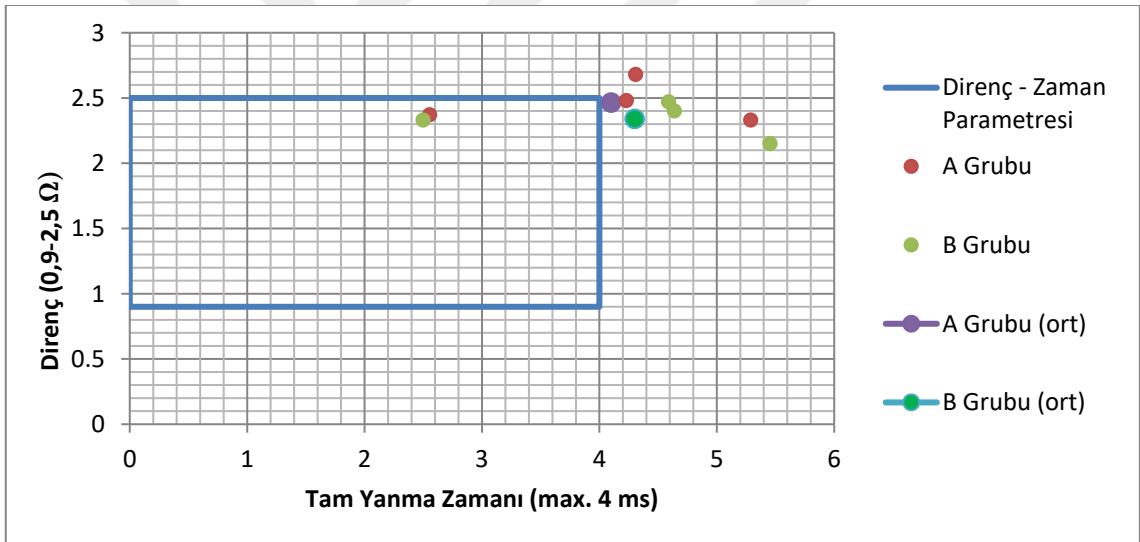
Çizelge 5.3 B Grubu test sonuçları

Tel (μm)	Direnç Ölçümü	Aktivasyon Zamanı	Tam Yanma Zamanı
45	2,47	2,21	4,59
45	2,15	2,27	5,455
45	2,4	2,09	4,64
45	2,33	2,44	2,50
ortalama	2,34	2,25	4,30

Tam Yanma Zamanlarında her ne kadar yine A Grubu daha iyi sonuç verse de her iki tasarım da istenen teknik isterleri karşılayamamaktadır. Bu durum sadece elektrotla bağlı bir durum değildir. Fonksiyon Zamanlarının bu kadar farklı çıkması aynı zamanda sonuca etki eden farklı parametlerin olduğunu da gösterebilir. Güçlendirici ve ayrıca alev borusu içinde ki pelletlerin de yanma özelliklerinin bu sonuca etki ettiği söylenebilir.



Şekil 5.1 A ve B Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Direnç grafiği

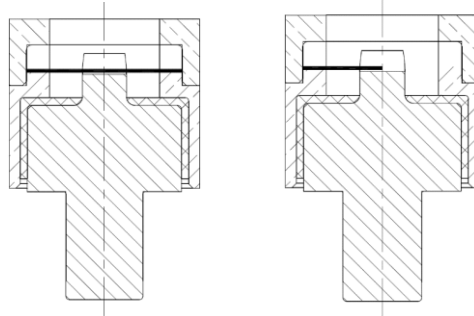


Şekil 5.2 A ve B Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Direnç grafiği

Ayrıca her iki tasarım da direnç isterlerini karşılama konusunda yetersiz kalmışlardır. Teknik ister üst sınırına yakın (ve hatta bazı numunelerin bu sınırı aşması) üretim pratiği açısından zor durum oluşturabilir.

Aktivasyon Zamanı tellerin seri bağlanması ile iyileştirilmiştir. Ancak seri bağlama direnç değerlerini iki katına çıkarmıştır. Bu nedenle paralel bağlı olarak daha iyi fonksiyon gösterebilecek bir tasarım oluşturulmaya çalışılmıştır.

Bir başka denemede 30 ve 40 μm çaptaki teller kullanılarak oluşturulan elektrotların fonksiyon zamanları ölçülmüştür. Bu ölçümde tellerin çapları ile birlikte boylarının ve bağlanma şekillerinin de fonksiyon zamanını nasıl etkilediği test edilmiştir.



Şekil 5.3 Elektrotların paralel (solda) ve seri (sağda) bağlanması

Montaj esnasında tasarımda değişiklik yapılarak tellerin patlayıcıya temas ettikleri mesafe düşürülmüştür. Bu durumun fonksiyon zamanında ve direnç değerlerinde iyi yönde etki edeceği düşünülmüştür.

Çizelge 5.4 4 farklı yapıda üretilen elektrotların özellikleri

Grup Adı	Grup Yapısı	Numune Numaraları
C Grubu	30 μm çaplı ve paralel bağlı kısa telden oluşan elektrot	1-7 no.lu numuneler
D Grubu	30 μm çaplı ve paralel bağlı uzun telden oluşan elektrot	8-12 no.lu numuneler
E Grubu	40 μm çaplı ve seri bağlı kısa telden oluşan elektrot	13-18 no.lu numuneler
F Grubu	40 μm çaplı ve seri bağlı uzun telden oluşan elektrot	19-23 no.lu numuneler

Bir önceki çalışmada tel kalınlığının direnç üzerinde olumlu etki yaptığı ancak Fonksiyon Zamanını olumsuz etkilediğini söylemiştik. Bu çalışmada daha ince tellerin daha iyi sonuç vermesi beklenmektedir. Ancak tasarımda farklılığa gidilerek tel boyunun da zaman üzerindeki etkisi ölçülmüştür. Farklı kalınlıktaki ve uzunluktaki tel kullanılarak üretilmiş 4 farklı özellikteki 23 elektrotun dağılımı Çizelge 5.4’de verilmiştir. Yapılan testler sonucunda alınan sonuçlar Çizelge 5.5, Çizelge 5.6, Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.5 C Grubu Test Sonuçları

No	Direnç (Ω)	Aktivasyon Zamanı (ms)	Tam Yanma Zamanı (ms)
1	1,90	1,09	1,56
2	2,50	1,00	1,53
3	1,80	1,095	1,41
4	1,90	1,07	1,10
5	1,74	1,06	1,89
6	1,80	1,18	1,44
7	2,16	1,21	1,44
Ortalama	1,97	1,10	1,48

Çizelge 5.6 D Grubu Test Sonuçları

No	Direnç (Ω)	Aktivasyon Zamanı (ms)	Tam Yanma Zamanı (ms)
8	2,20	1,47	1,73
9	1,97	1,08	1,32
10	2,40	2,93	3,17
11	1,92	1,40	1,39
12	1,80	1,17	1,40
Ortalama	2,06	1,56	1,80

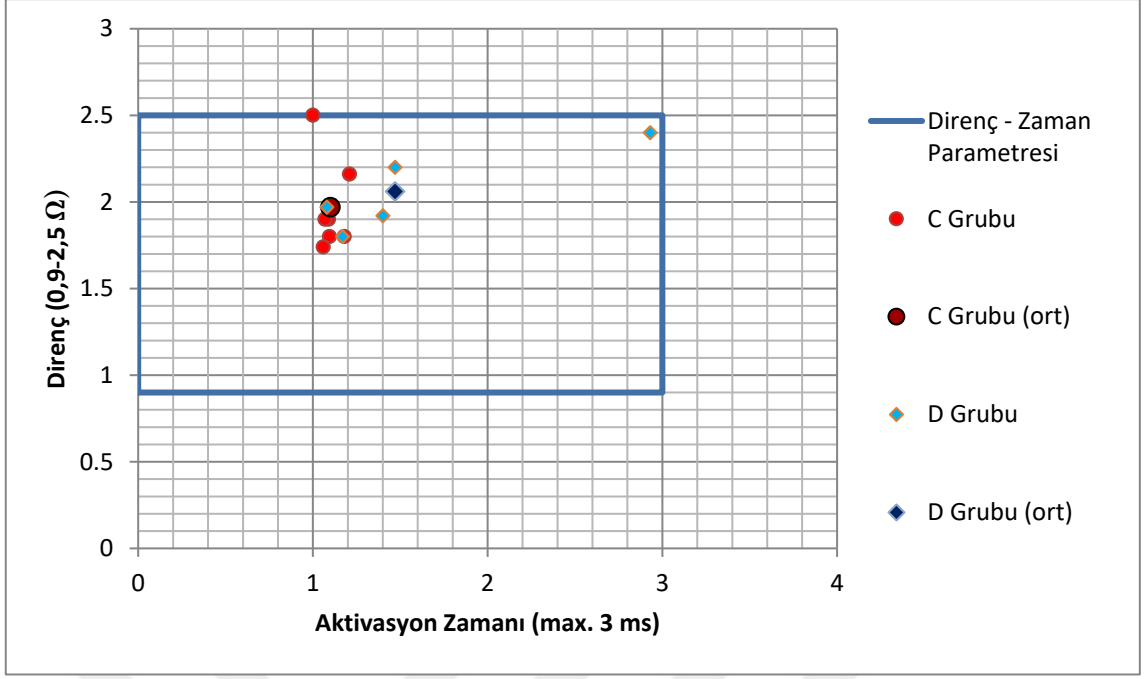
Çizelge 5.7 E Grubu Test Sonuçları

No	Direnç (Ω)	Ateşleme Zamanı (ms)	Tam Yanma Zamanı (ms)
13	1,90	1,04	1,30
14	1,75	1,19	1,53
15	1,60	1,12	1,35
16	1,74	1,17	1,49
17	1,60	1,06	1,31
18	0,85	1,84	2,05
Ortalama	1,57	1,24	1,50

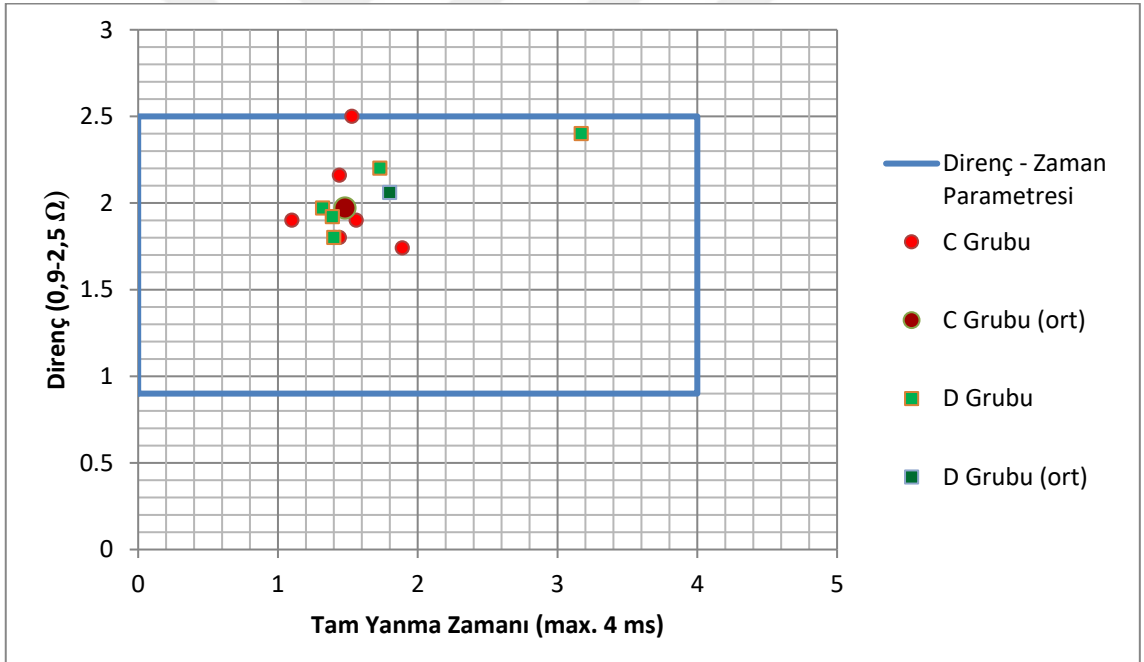
Çizelge 5.8 F Grubu Test Sonuçları

No	Direnç (Ω)	Aktivasyon Zamanı (ms)	Tam Yanma Zamanı (ms)
19	2,20	1,28	1,59
20	1,69	1,11	1,39
21	2,22	1,41	1,60
22	2,00	1,10	1,34
23	1,90	1,21	1,46
Ortalama	2,00	1,22	1,48

Test sonuçlarına incelendiğinde tel uzunluğunun 30 μm çaplı tellerde direnç telin kısılması ile kayda değer iyileşme göstermezken fonksiyon zamanları açısından daha iyi sonuçlar vermiştir. Şekil 5.4 ve Şekil 5.5'deki grafikler incelendiğinde C Grubunun Fonksiyon Zamanlarının birbirine daha yakın dengeli değerler verdiği söylenebilir. D Grubunun sonuçları ise daha dağınık çıkmıştır. Bu nedenle direnç değerleri arasındaki fark dikkate alınmazsa C Grubunun (yani kısa tellerin) daha iyi fonksiyon yaptığı söylenebilir.



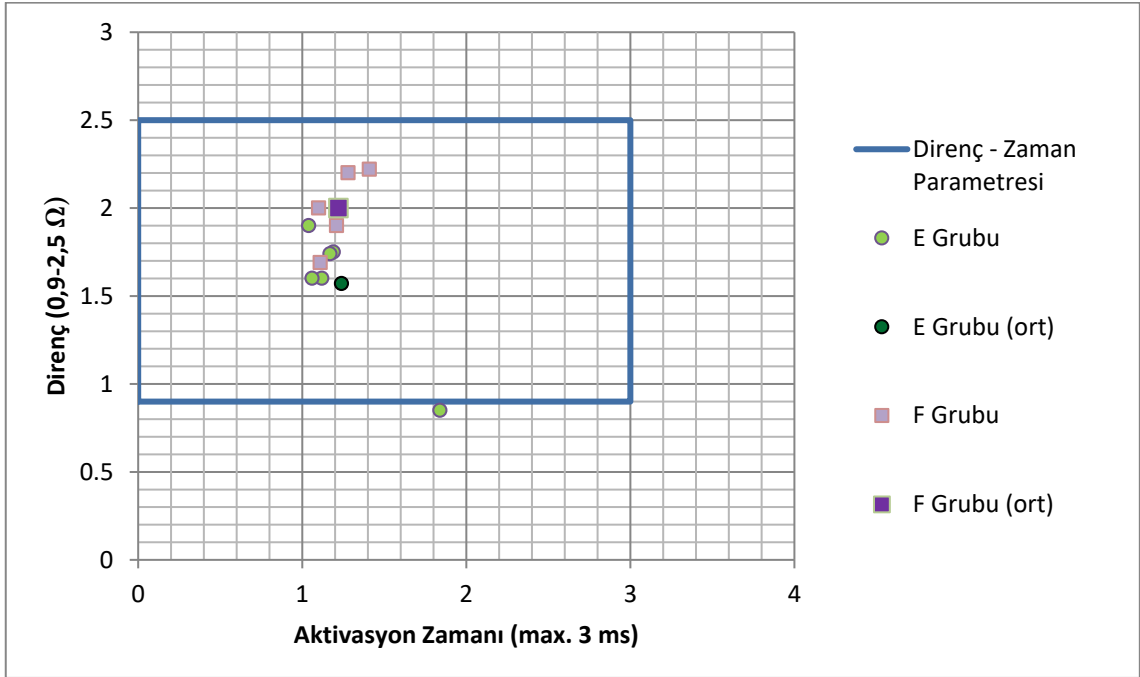
Şekil 5.4 C ve D Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Direnç grafiği



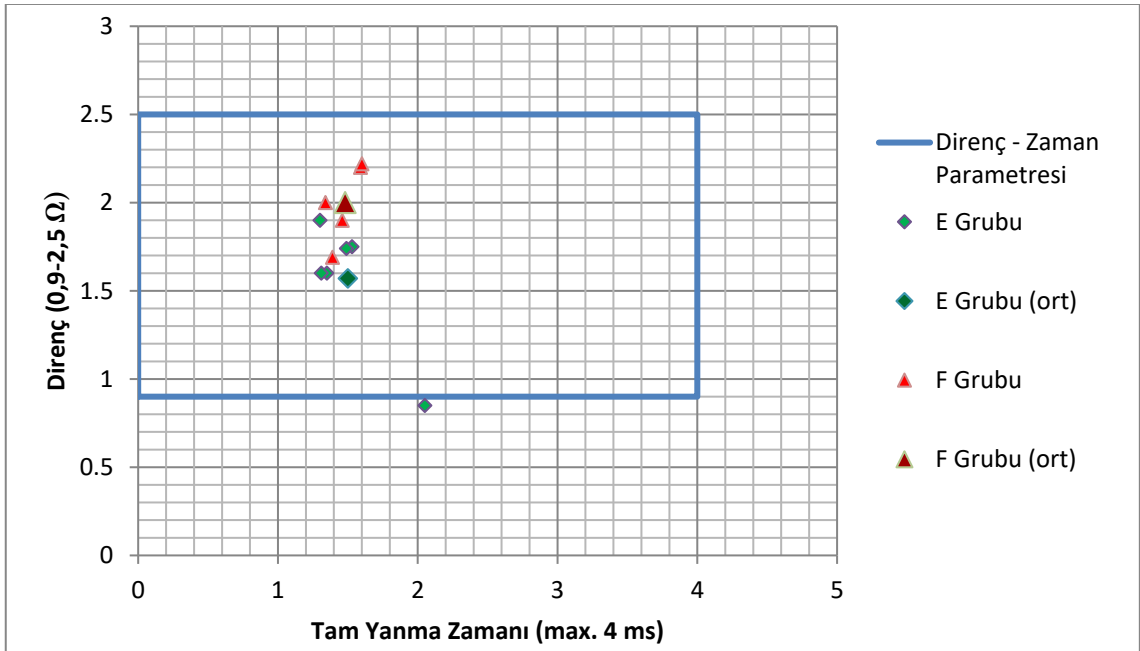
Şekil 5.5 C ve D Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Direnç grafiği

Tel uzunluğunun 40 µm çaplı tellerde ise avantaj sağladığı görülmüştür. E ve F Grupları kıyaslandığında telin boyunun kılalmasının direnç parametresinde bir önceki çalışmaya göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Telin boyunun uzamasının $R_{eş}$ değerini artırdığı, ortalama fonksiyon zamanı değerlerinde ise kayda değer bir değişiklik yaratmadığı görülmüştür. Tel boyunun kılalmasının 40 µm çaplı teller açısından zaman

üzerinde olmasa da direnç üzerinde iyi sonuçlar verdiği söylenebilir. Ayrıca Şekil 5.6 ve Şekil 5.7’deki grafikler incelendiğinde fonksiyon zamanlarının birbirine çok yakın dağılımlar verdikleri görülür. Direnç ekseninde ise E Grubu her iki fonksiyon zamanı ölçümünde daha yakın ve satbil değerler vermişlerdir.

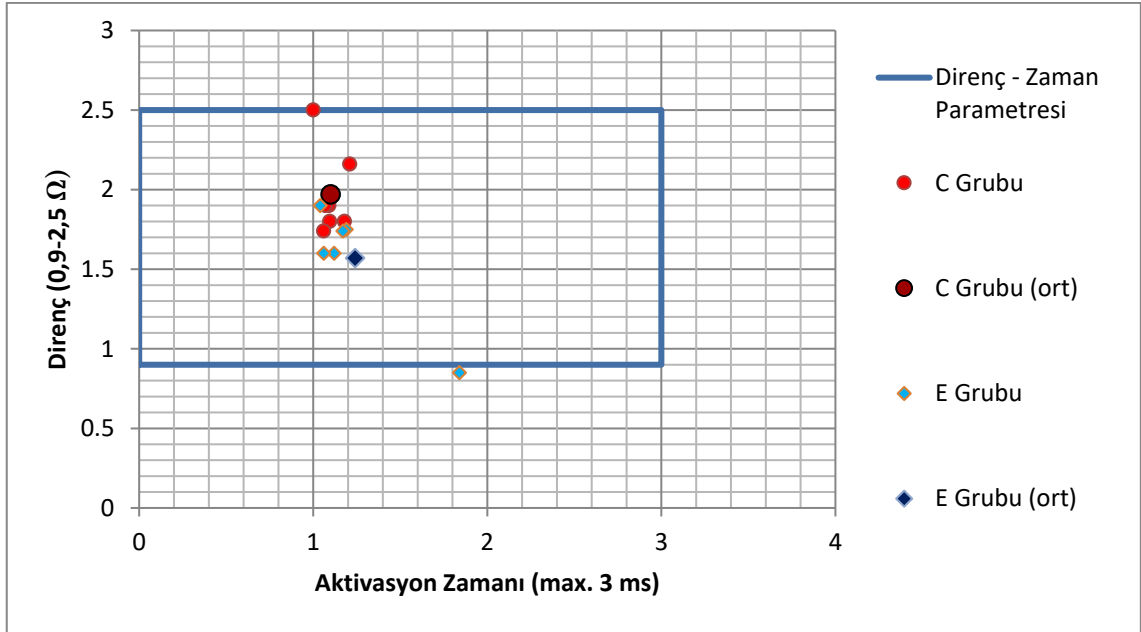


Şekil 5.6 D ve F Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Direnç grafiği

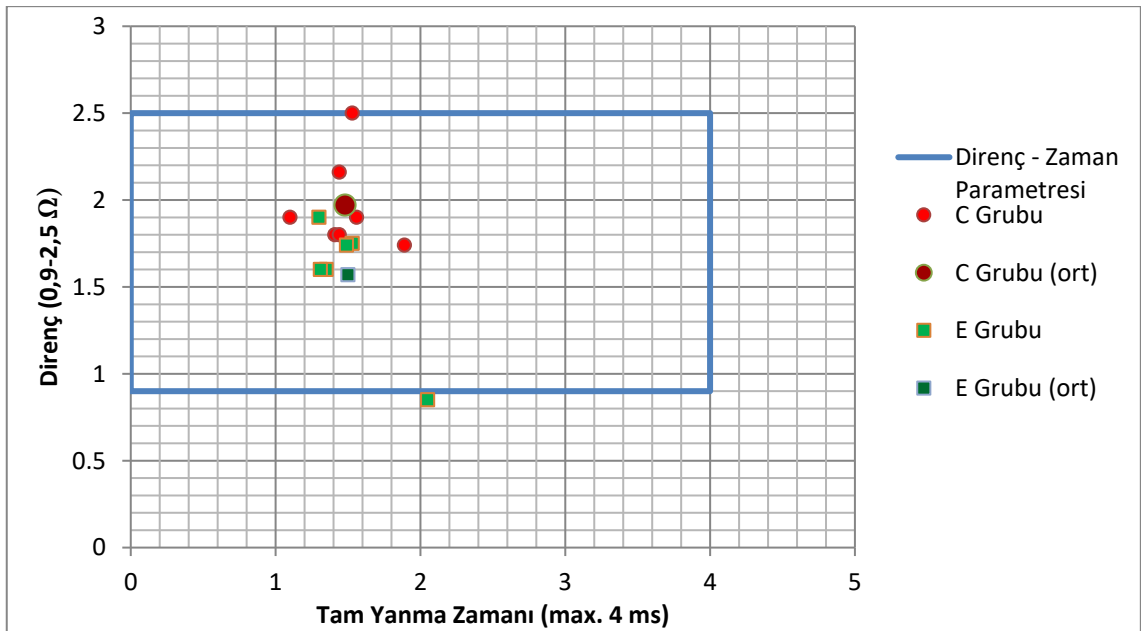


Şekil 5.7 E ve F Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Direnç grafiği

Tel kalınlıkları ve bağlanma şekilleri açısından incelendiğinde, ince ve paralel bağlanan kısa tellerin, kalın ve seri bağlanan kısa tellere göre daha iyi fonksiyon zamanı ve daha yüksek direnç değerleri verdikleri görülmüştür. Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'daki grafikler incelendiğinde C Grubunun dağınık direnç aralığına rağmen daha dengeli fonksiyon zamanı gösterdiği, E Grubunun ise C grubuna göre her iki parametre açısından daha düzenli olduğu söylenebilir.

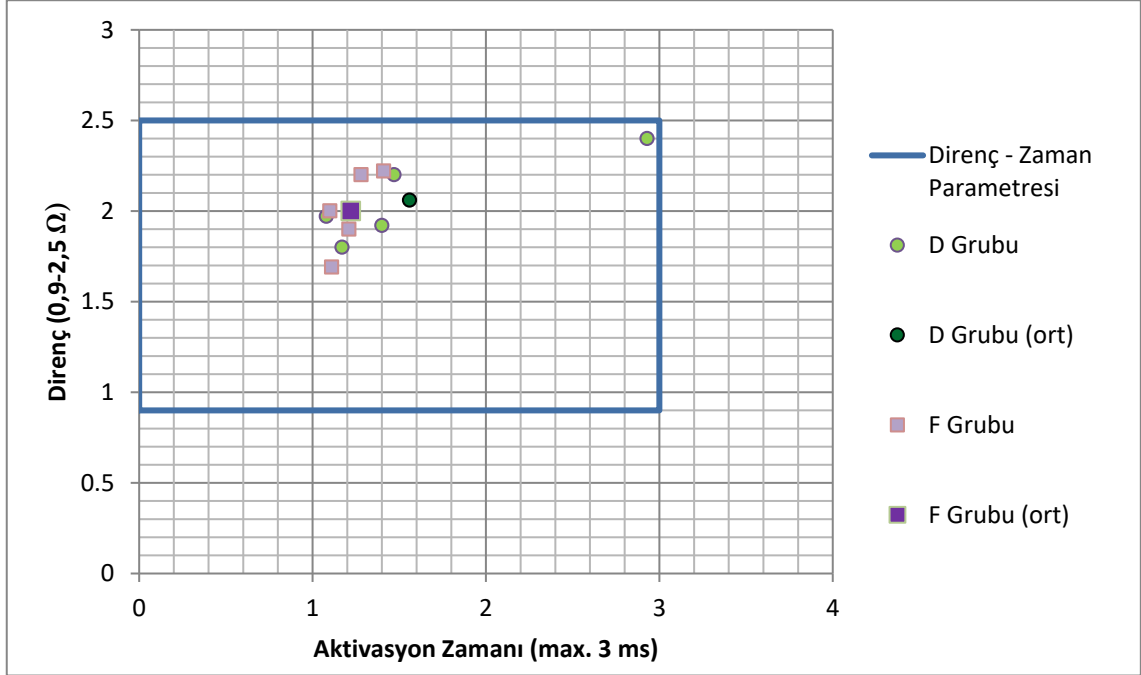


Şekil 5.8 C ve E Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Direnç grafiği

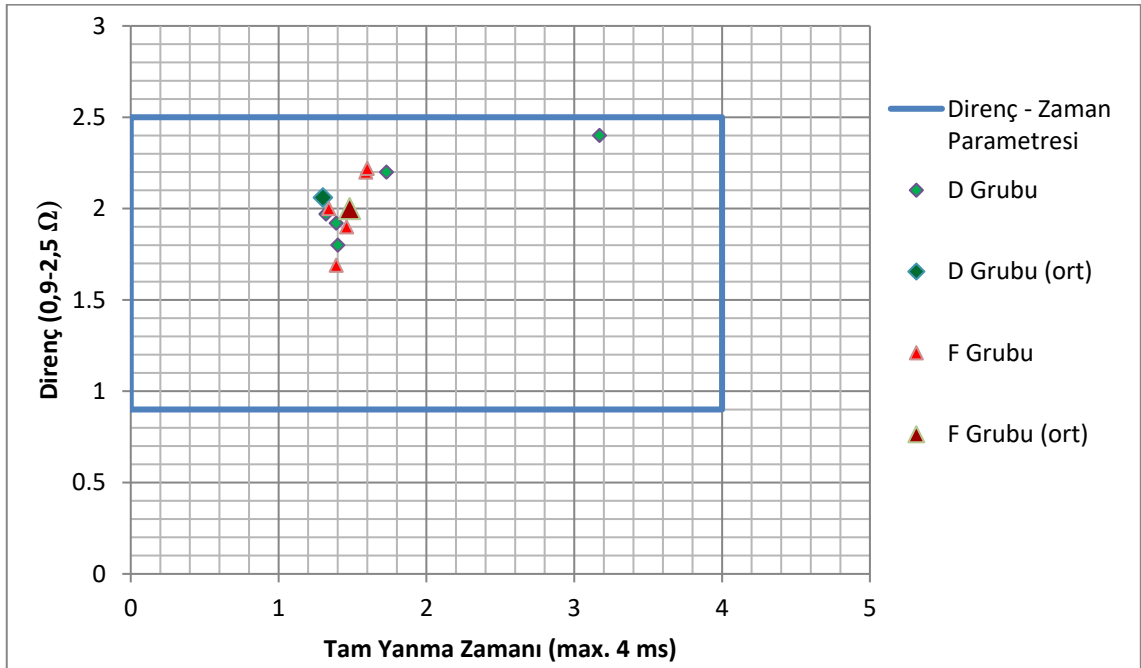


Şekil 5.9 C ve E Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Direnç grafiği

İnce ve paralel bağlanan uzun teller ile kalın ve seri bağlanan uzun teller incelendiğinde ise direnç değerleri arasında çok bir fark olmamakla birlikte fonksiyon zamanı açısından F Grubunun D Grubuna göre üstün olduğu söylenebilir. Şekil 5.10 ve Şekil 5.11’de verilen grafiklerde dağılımlar birbirine yakın olmakla birlikte D Grubunun daha geniş bir aralıkta kaldığı ve sapmış değerler verdiği söylenebilir.



Şekil 5.10 D ve F Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Direnç grafiği



Şekil 5.11 D ve F Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Direnç grafiği

Tüm sonuçları kıyasladığımız zaman direnç faktörünü açısından kısa tellerin daha düşük direnç aralığında çıktığı görülmüştür. Bu kritik bir parametredir. Kısa tellerle üretilen elektrotların direnç zaman parametresinde en verimli sonucu verdiği görülmüştür.

Kısa tellerle oluşturulan tasarımlar içinde ise 40 μm çaplı telle seri bağlanan elektrotların 30 μm çaplı telle paralel bağlanan elektrotlara göre daha avantajlı olduğu söylenebilir.

Tel tasarımı seçilirken $R_{eş}$ değeri göz önünde bulunduğunda kalın çaplı ve seri bağlı kısa telli elektrotlar daha avantajlı olabilir. Ancak $R_{eş}$ değerinin bir parametre olmadığı durumlarda hem üretim kolaylığı hem de fonksiyon zamanı açısından ince ve paralel bağlama avantaj sağlayabilir.

5.2 Güçlendirici Testi

Güçlendirici, bu tasarım için, içinde belli miktarda ince toz karabarut bulunduran küçük somun şeklinde bir parçadır. Bu çalışmada güçlendiricinin delik çapı iki katına çıkarılarak yapılan tasarım değişikliğinin fonksiyon zamanını nasıl etkilediği incelenmiştir. 40 μm çapa sahip teller elektroda seri bağlanarak denenmiştir. Böylece tek tip elektrodun farklı güçlendiricilerle oluşturduğu tasarımlar denenmiştir. Bu deneme de fonksiyon zamanı isteri ve direnç isteri ikinci planda bırakılmış ve sadece güçlendiricinin davranışı gözlemlenmiştir. 2 farklı özellikteki 16 kapsül şu şekilde gruplandırılmıştır:

G Grubu: 40 μm telle üretilmiş elektrot ve dar ağızlı güçlendirici (8 adet)

H Grubu: 40 μm telle üretilmiş elektrot ve geniş ağızlı güçlendirici (8 adet)

Test sonuçları Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Test sonuçlarına incelendiğinde Aktivasyon Zamanı açısından H Grubunun G Grubuna göre çok daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Şekil 5.12 ve Şekil 5.13'de bulunan grafikler incelendiğinde zaman dağılımı daha birbirine yakındır. G Grubu daha yakın ve sınırlar içinde dağılım verirken H Grubu daha düzensiz ve sınırlar dışında dağılım vermiştir. Güçlendirici içindeki yanmanın daha hızlı olması ve burada oluşan basıncın ve enerjinin alev borusuna daha hızlı bir şekilde ilerlediği görülür.

Çizelge 5.9 G Grubu elektrotların test sonuçları

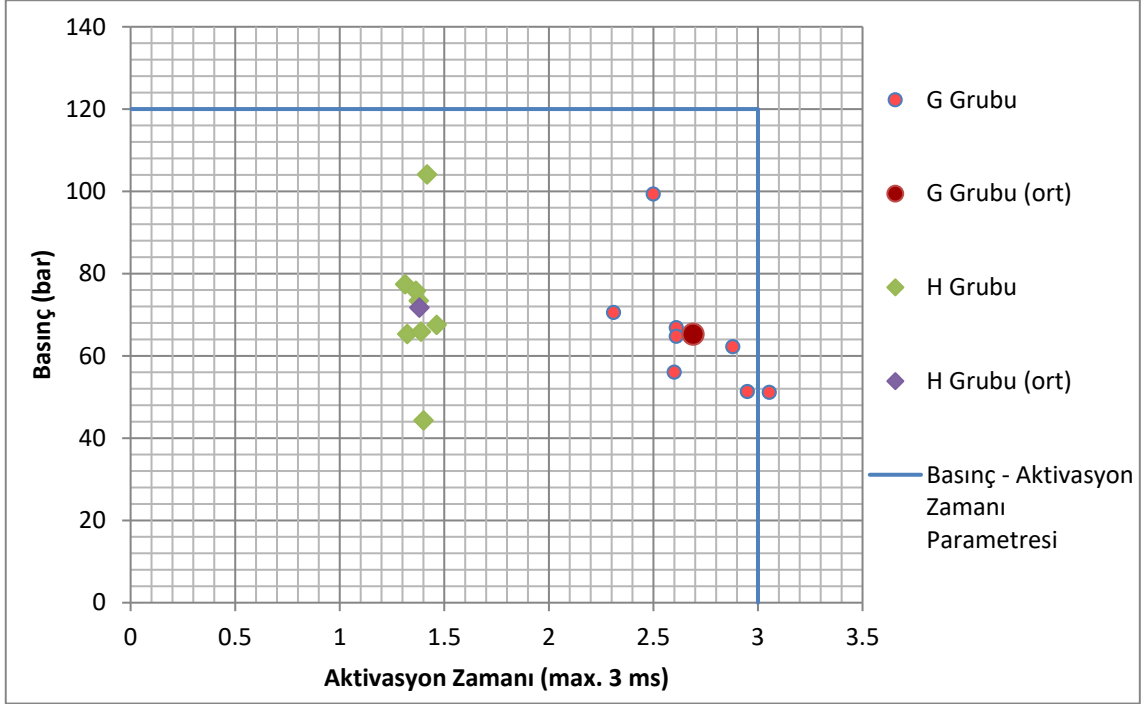
Numune No	Max. Basınç (bar)	Aktivasyon Zamanı (ms)	Tam Yanma Zamanı (ms)
1	51,1	3,055	3,87
2	51,3	2,95	2,98
3	99,3	2,50	3,51
4	66,8	2,61	2,67
5	56,0	2,60	3,54
6	70,5	2,31	2,51
7	64,7	2,61	3,19
8	62,2	2,88	5,67
ortalama	65,24	2,69	3,49

Çizelge 5.10 H Grubu elektrotların test sonuçları

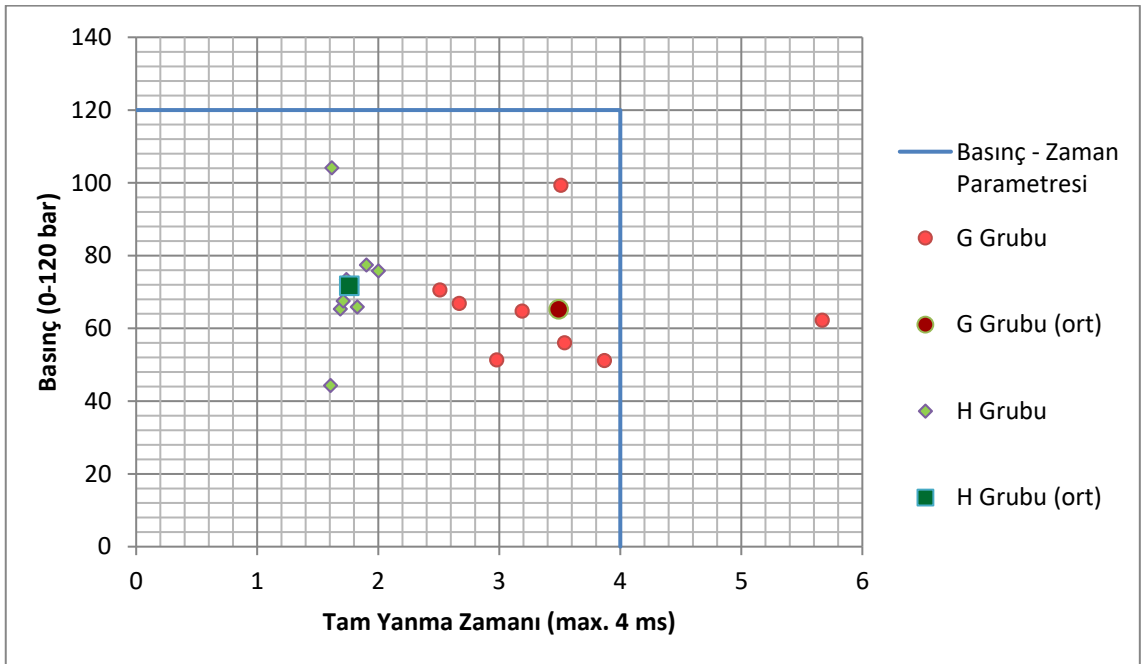
Numune No	Direnç	Max. Basınç (bar)	Ateşleme Zamanı (ms)	Tam Tutuşma Zamanı (ms)
9	2,81	77,4	1,31	1,90
10	2,46	104,1	1,42	1,62
11	2,5	65,3	1,32	1,68
12	2,32	73,4	1,38	1,74
13	2,78	67,5	1,46	1,71
14	2,91	75,8	1,36	2,00
15	2,55	44,3	1,40	1,61
16	2,56	65,9	1,39	1,83
ortalama	2,61	71,71	1,38	1,76

Ayrıca G Grubunun limitlere yakın çıkması (bir patlatmanın limiti aşması) dezavantajdır. Bir başka olumsuz sonuç olarak basınç değerlerindeki dağılım söylenebilir. G Grubu

daha birbirine yakinken H Grubu daha dağınık bir görüntü vermektedir. Bunun nedeni olarak H Grubunda güçlendirici içinde oluşan basıncın serbest olması söylenebilir. Ancak tasarım isterleri içinde olması bu olumsuzluk için sıkıntı doğurmayacak bir durumdur. Aynı yorumlar Tam Yanma Zamanı için de yapılabilir. H Grubu orantılı olarak Tam Yanma Zamanında da G Grubuna göre daha sağlıklı sonuçlar vermiştir.



Şekil 5.12 G ve H Grubu numunelerin Aktivasyon Zamanı – Basınç grafiği



Şekil 5.13 G ve H Grubu numunelerin Tam Yanma Zamanı – Basınç grafiği

5.3 Öneriler

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde farklı özellikteki tasarımların farklı avantaj ve dezavantajlara sahip oldukları söylenebilir.

Direnç isteri eğer kritik bir parametre ise 40 μm çap-kısa-seri bağlama tasarımı tercih edilebilir. Eğer direnç isteri kritik bir parametre değil ise ve fonksiyon zamanı göz önünde bulundurulacaksa 30 μm çap-kısa-paralel bağlama veya 40 μm çap-uzun-paralel bağlama tasarımını tercih etmek mantıklı olabilir.

Güçlendirici seçimi ise tasarımı doğrudan etkilenmektedir. 40 μm çaplı tellerle üretilen elektrotların verdikleri zaman değerleri incelendiğinde ağız çapı geniş olan güçlendiricilerle yapılan testler daha düzgün sonuçlar vermiştir.

Bu tez çalışmasında genel olarak herhangi bir tasarım üzerinde durmaktansa farklı tasarımların verecekleri sonuçları irdelemeye ve kıyaslamaya çalışılmıştır. Ayrıca farklı mühimmat ve/veya kapsül tiplerinin tasarımları için ışık tutabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Meyer, R., Köhler, J., Homburg, Axel., (2007). Explosives, Sixth Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Almanya.
- [2] Yıldırım, F., (2013). Büyük Kalibre Mühimmatta Kullanılan Barutların Geometrik Şeklinin Değişiminin, Namlu İç Basıncı Ve Namlu Çıkış Hızı Üzerindeki Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- [3] Yaşar, H., (1979). Mühimmatın Esasları, MKE Kurumu Matbaası, Ankara, Türkiye.
- [4] Tete, A.D., Deshmukh, A.Y., Yerpude R.R., (2013). "Velocity of Detonation (VOD) Measurement Techniques Practical Approach", International Journal of Engineering and Technology, 2(3): 259-265.
- [5] Weinheimer, R., (2002). "Properties of Selected High Explosives", IPS-PEP, 14-19 Temmuz 2002, Colorado, A.B.D.
- [6] Kunduracı, M., (2010). Dengesizleştirici Bir Grup Ve Azido Gruplarını Bir Arada İçeren Cu(II) Komplekslerinin Termal Analiz Yöntemleri İle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- [7] Derin, İ., Patlayıcı Madde Seçimi, <http://cenker.com.tr/patlay%C4%11c%C4%11%20madde%20se%C3%8imi.pdf>, 22 Ocak 2018.
- [8] Sochet, I., (2010). "Blast Effects of External Explosions. Eighth International Symposium on Hazards, Prevention, and Mitigation of Industrial Explosions (ISHPMIE), Eylül 2010, Yokohama, Japonya.
- [9] Thompson, A. ve Taylor B.N., (2008). Guide for the Use of the International System of Units (SI), National Institute of Standards and Technology Special Publication 811, Gaithersburg, A.B.D.
- [10] Maienschein, J. L., (2002). "Estimating Equivalency of Explosives Through a Thermochemical Approach", 12th International Conference Symposium, 11-16 Ağustos 2002, California, A.B.D.
- [11] MKE Kurumu, <http://mkek.gov.tr/tr/default.aspx>, 22 Ocak 2018.
- [12] <https://global.britannica.com/technology/ammunition>, 22 Ocak 2018.

- [13] [https://en.wikipedia.org/wiki/Primer_\(firearms\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Primer_(firearms)), 22 Ocak 2018.
- [14] Matyas, R. ve Pachman J., (2013). Primary Explosives, Springer-Verlag Berlin, Almanya.
- [15] Patnaik, P., (2003). Handbook of Inorganic Chemicals, The McGraw-Hill Companies, New York, A.B.D.
- [16] Davis, T.L., The Chemistry of Powder and Explosives, [http://www.gunshoplosangeles.com/Pyrotechnic/Pyrotechnic_Books/Tenney L. Davis Chemistry of Powder and Explosives Ocr.pdf](http://www.gunshoplosangeles.com/Pyrotechnic/Pyrotechnic_Books/Tenney_L._Davis_Chemistry_of_Powder_and_Explosives_Ocr.pdf) , 22 Ocak 2018.
- [17] Lewis, B. ve Johnson, Jr., (1967). "Detonation and Propagation of Lead Azide in Compacted Powder Trains", Industrial & Engineering Chemistry Product Research and Development, 6(1):64–67.
- [18] Krampen, A.A., Ells, D.O., Bjerke, R.K., Ward, J.P., (1986). Patent No: US 4608102 A.
- [19] Spear, R.J. ve Redman, L.D., (1986). Patent No: US 4605453 A.
- [20] Naval Ordnance and Gunnery, Ammunition, <http://www.eugeneleeslover.com/USNAVY/CHAPTER-3-2.html>, 24 Ocak 2018.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mustafa DÜNDAR
Doğum Tarihi ve Yeri : 14.11.1988 – İSTANBUL
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : m.dndr@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Kimya Mühendisliği	İstanbul Üniversitesi	2012
Lise	Fen	Bakırköy Lisesi	2005

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2015-...	MKE Mühimmat Fabrikası	Ar-Ge Mühendisi

YAYINLARI

Bildiri

1. Dündar, M., Özkan D., Şahin, A. ve Gülen, J., Examination of The Parameters Affecting The Functional Time Of Electrical Primers, 3rd Internatinal Conference on Advances in Mechanical Engineering (ICAME 2017), 19-21 Aralık 2017, İstanbul.

