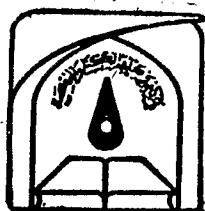


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ  
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي  
خَلَقَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضَ  
وَالَّذِي يُرِيهِمْ آيَاتِهِ  
وَالَّذِي يُخْرِجُ النَّوْمَ  
وَالَّذِي يُخْرِجُ النَّوْمَ  
وَالَّذِي يُخْرِجُ النَّوْمَ

مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران  
تهیه شده در مرکز



## دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی و مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش طراحی کاربردی

بررسی نفوذ گلوله در اهداف فلزی

توسط : ابوالفضل مبینی

استاد راهنما : دکتر غلامحسین لیاقت

شهریور ۱۳۷۲

۱۷۳۸۳

با نام و یاد خدای حکیم و علیم که به لطف او این پایان نامه به پایان رسید و آرزوی شادی برای روان پاک امام خمینی و تمامی شهدای اسلام و آرزوی شادی برای مرحوم پدرم و سلامتی کامل مادرم، آنان که مشوق اصلی اینجانب در تحصیل علم بوده‌اند. و همسر و فرزندانم که سختی‌های دوران تحصیل ام را بر خود هموار کردند.

شواب این مکتوب، اگر قابل باشد، نثار امام (ره) و شهدای اسلام باد.

## تشکر و قدردانی

با راهنمایی و نظارت آقای دکتر غلامحسین لیاقت و با مشاورت آقای دکتر محمود فرزین این رساله به سرانجام رسید. به عنوان وظیفه پس از حمد و ثنا به درگاه ایزد منان از اساتید مذکور و بقیه اساتیدی که در دوران تحصیل از آنان بهره علمی برده ام، تشکر و قدردانی می نمایم.

## چکیده پایان نامه

عنوان پایان نامه : بررسی نفوذ گلوله در اهداف فلزی

نویسنده : ابوالفضل مبینی

استاد راهنما : دکتر غلامحسین لیاقت

استاد مشاور : دکتر محمود فروتن

دانشکده : فنی و مهندسی رشته : مکانیک تاریخ دفاع : ۲۲/۶/۲۴

موضوع این پایان نامه بررسی نفوذ گلوله در اهداف فلزی می باشد با این بررسی سرعت خروجی گلوله از هدف و زمانی که این نفوذ طول می کشد تعیین می گردد.

در ابتدا توضیحاتی از انواع گلوله و هدف و تاریخچه و روش های حل مسائل مربوطه آورده شده است.

در فصل ۲ وسایل مختص یک آزمایشگاه بالستیک آورده شده است.

در فصل ۳ پنج تئوری از پنج دانشمند بترتیب زمانی که روی مسئله نفوذ گلوله کار کرده اند، آورده شده است.

در فصل ۴ تئوریهای لازم از پلاستیسیت و روابط مورد استفاده در این پروژه آورده شده است.

پس از آن روشی نو در تحلیل مسئله و حل آن آورده شده است. ماده هدف بصورت صلب - کرنش سختی و گرمانرمی منظور گردیده است.

در فصل ۵ نتایج حل مسئله به روش این پروژه آورده شده و با نتایج تجربی، تئوری آوربوخ و بودنر و دکتر لیاقت مقایسه گردیده است.

در فصل ۶ نتیجه گیری و پیشنهادات آورده شده است.

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	۱- مقدمه
	۱-۱- کلوله ها
۲	
۲	۱-۱-۱- کلوله های سلاح های کوچک
۲	۲-۱-۱- کلوله های شدید الانفجار
۳	۳-۱-۱- کلوله های ضد زره
۳	۱-۳-۱-۱- انرژی جنبشی
۴	۲-۳-۱-۱- انرژی جنبشی کوچکتر از کالیبر
۴	۳-۳-۱-۱- SHAPE CHARG (خرج گود)
۵	۴-۱-۱- کلوله با سر له شونده
۵	۵-۱-۱- کلوله فلانچی مخصوص سلاح های با لوله مخروطی
۶	۶-۱-۱- کلوله پیکانی
۷	۷-۱-۱- کلوله فوق کالیبر
۷	۸-۱-۱- کلوله تقویت شده با جت
۷	۹-۱-۱- کلوله حامل
۷	۱۰-۱-۱- کلوله مخصوص
۸	۲-۱- هدف ها
۹	۱-۲-۱- تقسیم بندی هدف ها از نظر ضخامت
۹	۲-۲-۱- تقسیم بندی هدف ها از نظر جنس
۹	۳-۲-۱- تقسیم بندی هدف ها از نظر مقاومت
۹	۴-۲-۱- زره های فلزی
۱۰	۵-۲-۱- معیار های مقایسه زره ها
۱۱	۶-۲-۱- تقسیم بندی پدیده برخورد
۱۲	۷-۲-۱- تعاریف

۱۳	۸-۲-۱ - انواع شکست ناشی از برخورد
۱۵	۹-۲-۱ - عوامل موثر در حد بالستیک
۱۶	۱۰-۲-۱ - روش های بررسی مساله نفوذ
۱۷	۱-۱۰-۲-۱ - بررسی تجربی
۱۷	۲-۱۰-۲-۱ - بررسی تحلیلی
۲۱	۳-۱۰-۲-۱ - روش عددی
	<b>۲- طرح آزمایشگاه بالستیک</b>
۳۱	۱-۲ - تفنگ
۳۵	۲-۲ - فیکچر
۳۹	۳-۲ - دستگاه نفوذ کنترل شده
	<b>۳- مروری بر تئوریهای موجود</b>
۴۲	۱-۳ - تئوری نی شی واک
۴۷	۲-۳ - تئوری تامسون
۵۰	۳-۳ - تئوری رشت و ایپسون
۵۳	۴-۳ - تئوری آوریوخ
۵۷	۵-۳ - تئوری روید و بوداز
	<b>۴- تئوری</b>
۶۰	۱-۴ - پلاستیسیته
۶۱	۱-۱-۴ - کرنش - نرخ کرنش - تنش
۶۵	۲-۱-۴ - معیار تسلیم
۷۰	۳-۱-۴ - پتانسیل پلاستیک و قانون جریان
۷۲	۴-۱-۴ - تنش و کرنش موثر
۷۴	۵-۱-۴ - رفتار مواد و تنش جریان

صفحه	عنوان
۷۸	۴-۲- حل مسئله مورد نظر
	۵- نتایج و بحث
۸۷	۵-۱- نتایج
۱۰۱	۵-۲- بحث
	۶- نتیجه گیری و پیشنهادات
۱۰۷	۶-۱- نتیجه گیری
۱۰۸	۶-۲- پیشنهادات



## فصل ۱

### مقدمه :

اخیراً مسائل برخورد بین دو یا چند جسم مورد توجه بسیار واقع شده است. زمانی این پدیده عمدتاً از دیدگاه نظامی اهمیت داشت اما در حال حاضر، با پیشرفت تکنولوژی مسائل عمده در مورد رفتار مواد و مصالحی که در زمان بسیار کوتاه تحت بارگذاری زیاد قرار می‌گیرند، پیش آمده است. طراحی با صرفه و مطمئن دستگاههایی که چنین پدیده‌ای در آن مطرح می‌باشد، مستلزم درک رفتار سازه و موادی است که تحت بارهای ضربه‌ای شدید قرار می‌گیرند، مطالعه چنین پدیده‌ای در موضوعات زیر کاربرد دارد: [1]

- ۱- تصادف اتومبیل‌ها و محافظت سرنشینان یا محموله‌های آنها
  - ۲- تخریب بی‌ضرر سازه‌های بتونی پیش ساخته
  - ۳- ایمنی در راکتورهای هسته‌های که بار ضربه‌ای ناشی از عوامل خارجی نظیر برخورد موشک، هواپیما و... یا عوامل داخلی نظیر افزایش بیش از حد فشار که به آنها وارد می‌شود.
  - ۴- طراحی سیستم‌های زره سبک (زره شخصی) به منظور محافظت از افسران پلیس و عوامل حکومت و افراد نظامی.
  - ۵- آسیب پذیری وسایل نقلیه نظامی، هواپیماها و ساختمانها در برابر ضربه و بارگذاری انفجاری.
  - ۶- فرسایش و شکست اجسامی که تحت بارهای مکرر ضربه‌ای توسط ذرات مایع یا جامد هستند.
  - ۷- حفاظت سفینه‌های فضائی و ماشین‌های دوار در مقابل ضربه
  - ۸- شکل دادن و یا جوشکاری انفجاری فلزات.
  - ۹- معدن کاری و تکنولوژی ساخت.
- کاربردهای نظامی این قسمت از مکانیک بزرگترین دلیل توسعه تحقیقات در این زمینه بوده و آلات فلزی نظامی بهترین شکل پرتاب کنترل شده نفوذ کننده‌ها هستند.
- پدیده برخورد در مسائل نظامی بیشتر در پرتابه‌ها و هدف‌ها معمول است و با توجه به اینکه در اینجا

برخورد گلوله و اهداف فلزی مد نظر است، به تعاریف و تقسیم بندی پرتابه‌ها و هدف‌ها می‌پردازیم:

۱-۱- گلوله‌ها: [2]

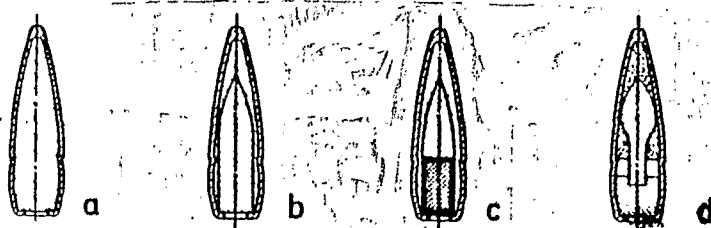
از مهمترین پرتابه‌ها هستند و کاربردهای فراوان دارند، انواع آن که از لوله پرتاب می‌شوند عبارتند از:

۱-۱-۱- گلوله‌های سلاح‌های کوچک:

تا کالیبر ۱۵/۲۴ میلیمتر است، مغز آنها فولاد و دارای پوسته فلزی است که با کشش عمیق تولید می‌شود.

برای مهمات استاندارد پیاده گلوله با مغزی نرم یا از جنس سرب سخت استفاده می‌شود. برای زره سبک از گلوله با مغزی فولادی یا مغزی سخت از جنس کاربید تنگستن پر شده با سرب استفاده

می‌شود.



a- گلوله‌ها هسته نرم

c- گلوله‌ها هسته فلزی و دندیل کننده

b- گلوله‌ها هسته فولادی

d- گلوله‌ها هسته فولادی و با فسفر

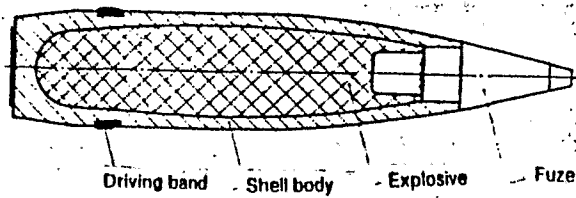
شکل ۱-۱- مهمات استاندارد پیاده نظام

گلوله‌های با مغزی فولادی همراه با رسام یا فسفر، علیه هواپیما بکار می‌رود.

۱-۱-۲- گلوله‌های شدید الانفجار<sup>(۱)</sup> HE:

این گلوله‌ها در توپ‌های خودکار و مهمات توپخانه به کار می‌رود. معمولاً دارای جسمی دوار است

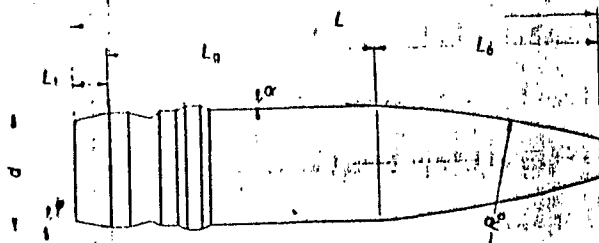
که ماده منفجره در داخل آن بصورت فشرده قرار دارد.



شکل ۱-۲- پرتابه HE کالیبر ۱۰۵

به علت انفجار شارژ HE در هدف یا نزدیک آن، پوسته آن قطعه قطعه شده و با گازهای انفجاری شتاب می‌یابد و دارای انرژی تخریبی قابل ملاحظه می‌شود، علاوه بر آن یک موج ضربه‌ای ناشی از انفجار باعث خرابی یا صدمه دیدن هدف‌های بدون زره یا دارای زره سبک می‌شود.

Projectile weight $m_p$ (kg)	$(13 \dots 15) d^3$ ( $d = \text{caliber in dm}$ )
Overall length $L$ (mm)	$(4 \dots 6) d$
Ogival length $L_o$ (mm)	$(2 \dots 3) d$
Guide length $L_g$ (mm)	$(1.5 \dots 2) d$
Tail length $L_t$ (mm)	$\approx 0.5 d$
Ogival radius $R_o$ (mm)	$(10 \dots 20) d$
Tail angle $\varphi$	$(5 \dots 9)^\circ$
Ogival insertion angle $\alpha$	$(3 \dots 5)^\circ$



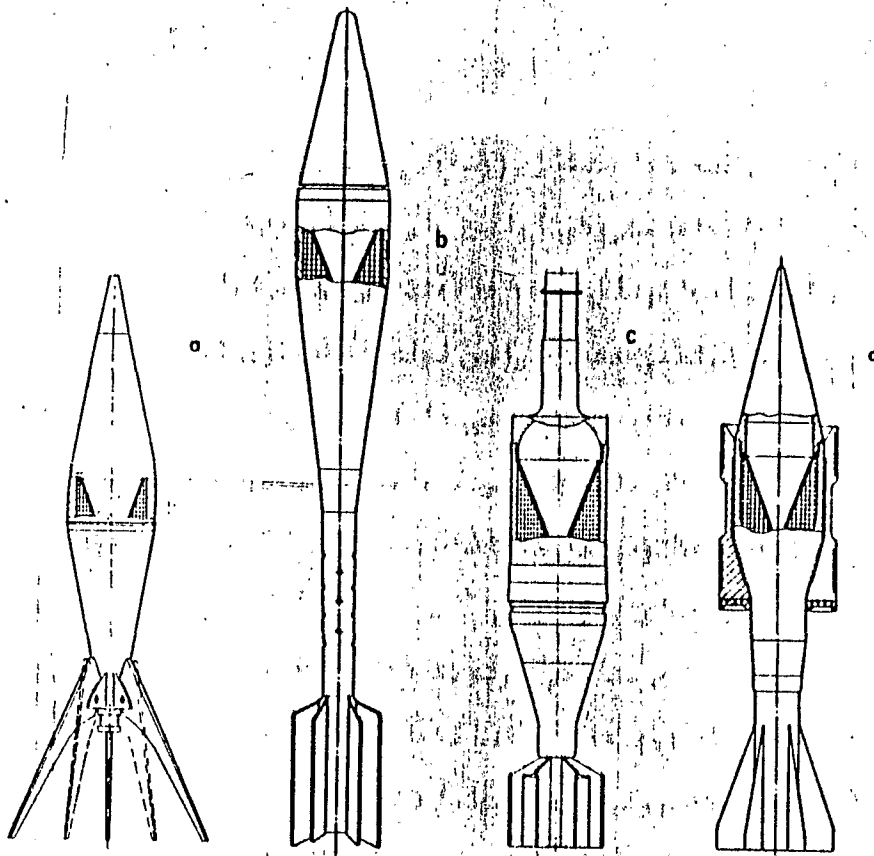
شکل ۱-۳- گلوله شدیداً لانفجار

۱-۱-۳- گلوله‌های ضد زره:

این گلوله‌ها در هدف‌های زرهی نفوذ نموده و در پشت زره تاثیر می‌گذارد، انواع آن بشرح زیر است:  
 ۱-۱-۳-۱- گلوله‌های انرژی جنبشی: ماده منفجره ندارد و به خاطر انرژی جنبشی خود در هدف تاثیر می‌کند.

۱-۱-۳-۲- گلوله انرژی جنبشی کوچکتر از کالیبر: قطر این گلوله‌ها کوچکتر از قطر لوله ایست که از آن شلیک می‌شود.

۱-۱-۳-۳- گلوله‌های خرج گود: این گلوله‌ها اثر ضد زره خود را با عملیات خرج گود بدست می‌آورند. فلزی در داخل یک جت توسط گازهای حاصل از انفجار، شکل می‌گیرد، پس از شلیک بدلیل سرعت فوق‌العاده خود در زره‌های ضخیم نفوذ می‌کند.

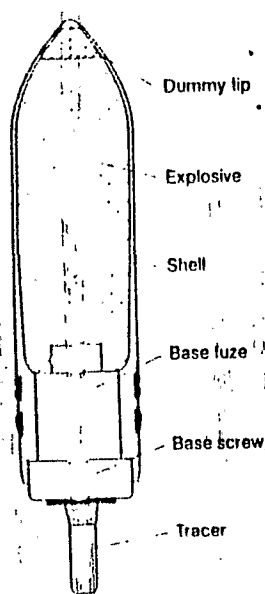


a - دارای راهنما با دنباله - راهنما با هسته کامل الومینیومی اکستروژده  
 b - دارای راهنما با هسته کامل - دارای راهنمای زیرکالیبر با ساپوت جداکننده  
 c - راهنما با هسته کامل الومینیومی اکستروژده  
 d - دارای راهنمای زیرکالیبر با ساپوت جداکننده

شکل ۱-۲ - پرتابدهای "شپ‌شارژ"  
 پایدارشونده با بالک

برای اطمینان از تشکیل جت خرج گود قبل از برخورد شارژ اصلی و انفجار در زره، این گلوله‌ها دارای نوک بلند و تو خالی هستند.

۱- ۱- ۴- گلوله با سر له شونده<sup>(۱)</sup> در اثر انفجار ماده منفجره گلوله در زره، یک موج شدید ایجاد و با انعکاس این موج تنشی از داخل زره، قطعاتی از داخل زره اسپال<sup>(۲)</sup> شده و بسوی سر نشینان پرتاب می‌شود.



شکل ۱- ۵ - پرتابه "شپ شارژ"

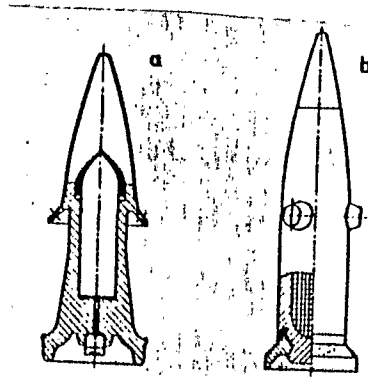
با سر له شونده

۱- ۱- ۵- گلوله‌های فلانچی مخصوص سلاح‌های با لوله مخروطی:

این گلوله‌های دارای قسمت فلانچی هستند که هدایت گلوله در لوله مخروطی را بعهده دارد. این گلوله‌ها با سرعت اولیه زیاد به گلوله برخورد می‌کنند. پائین بودن نسبت جرم به مساحت مقطع در این

1- SQUASH HEAD    2- SPALL

گلوله‌ها باعث رفتار خارجی بالستیک مطلوب می‌گردد.

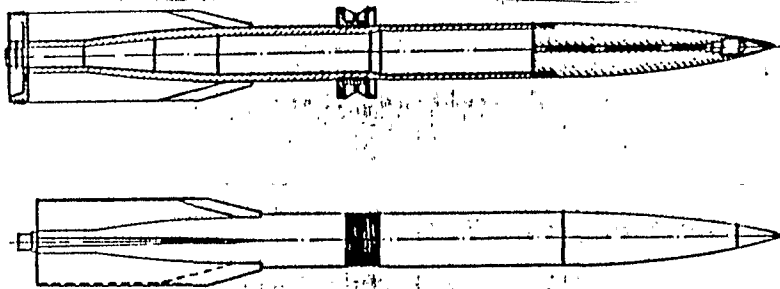


a - پرتابه با هسته سخت      b - پرتابه با فلانچ پشتی

شکل ۱-۶ - پرتابه‌های فلانچی  
برای لوله‌های مخروطی

۱-۱-۶ - گلوله‌های پیکانی (۱)

در توپخانه استفاده شده و نسبت طول به قطر آن زیاد است ( $l/d=10-20$ )



بالا : پرتابه در حالت مسلح  
پائین : پرتابه در حالت پرواز

شکل ۱-۷ - پرتابه‌های پیکانی

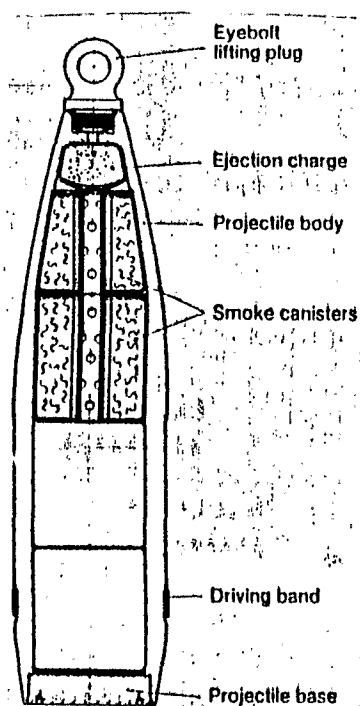
۱-۱-۷- گلوله‌های فوق کالیبر: (۱) قطر آنها بیش از قطر لوله سلاح است و گاهی تا ۱۰ برابر قطر لوله سلاح است.

۱-۱-۸- گلوله‌های تقویت شده با جت: (۲) دارای موتور جت در قسمت عقب هستند که پس از ترک لوله روشن می‌شود و برد گلوله را افزایش می‌دهد.

۱-۱-۹- گلوله حامل: (۳) یک یا چند سرچنگی یا اجزاء فعال دیگر را به سمت هدفهای دور دست حمل و با سرعت‌های متفاوت رها می‌کند.

۱-۱-۱۰- گلوله‌های مخصوص:

ماموریت انهدامی ندارد، بلکه نقش حمایت کننده دارند، نظیر گلوله‌های دودزا و منور.



شکل ۱-۸- پرتابگر دودزا