

مروری بر روش‌های استاندارد ترکش‌گیری گلوله‌های شدیدالانفجار توپخانه

وحید شعبانی*

چکیده:

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱/۱۶
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۳/۰۸

استانداردها، مشخصه‌هایی هستند که کارکردها و جنبه‌های یک محصول یا فرایند را تعریف کرده و تولیدکنندگان می‌توانند کارایی تولید را بر مبنای آن بهبود بخشند. از منظر مصرف‌کننده، استانداردها، کارایی انتخاب محصول را افزایش می‌دهند، چون محصولات منطبق با استانداردهای مشابه، به راحتی می‌توانند مقایسه شوند. کارایی مورد انتظار مهمات موجب ارتقای توان رزمی شده و اطمینان مصرف‌کننده را به دنبال خواهد داشت. رجوع به استانداردها نشان می‌دهد، این اسناد با تبیین سطح کیفی کالاهای تولیدی، مبتنی بر توافق ذی‌نفعان، قدم‌های لازم برای بهبود کیفیت محصولات را تعیین کرده و روش‌های آزمایش استاندارد، دستیابی به این هدف را تسهیل می‌نمایند. به کارگیری روش‌های آزمایش استاندارد در ترکش‌گیری گلوله‌های شدیدالانفجار، علاوه بر تکرارپذیری و قابلیت اتکا به داده‌های کسب‌شده، تضمین کیفیت و درنهایت، اطمینان مصرف‌کننده به محصولات دفاعی را به دنبال خواهد داشت. با توجه به روش‌های قابل کاربرد در ترکش‌گیری، تعیین پارامترهایی متعددی چون ابعاد، وزن، انرژی و دانسیته‌ی توزیع ترکش‌های ایجادشده مورد توجه است. بهبود ترکش‌زایی گلوله‌ها یک ضرورت عملیاتی است و این مشخصه در طراحی و توسعه‌ی سامانه‌های دفاعی آتی، با تکیه بر رویه‌های مناسب نقش بسزایی را ایفا خواهد نمود. نظر به کاربرد عملیاتی مهمات شدیدالانفجار و به منظور بررسی وضعیت ترکش‌های حاصل از انفجار گلوله‌های شدیدالانفجار توپخانه از نظر نوع ترکش، تعداد، وزن، ریزی، درشتی، برندگی و شعاع مؤثر هر کدام از ترکش‌ها، لازم است تا آزمایش‌های ترکش‌گیری متناسب با استفاده از روش‌های استاندارد که تجدیدپذیری و تکثیرپذیری نتایج آن‌ها تثبیت‌شده، صورت پذیرد تا امکان چانه‌زنی ذی‌نفعان روی کارایی موردنظر فراهم باشد. از مهم‌ترین روش‌های متداولی که در این مقاله به آن‌ها پرداخته شده است، می‌توان به روش‌های ترکش مؤثر، چال ترکش و ترکش‌گیری زیر آب اشاره شود.

واژگان کلیدی:

گلوله‌های شدیدالانفجار، ترکش‌گیری، چال ترکش، ترکش‌گیری روی سیبل، ترکش‌گیری زیر آب.

۱. مقدمه

استانداردها مبنای کنترل کیفیت فرایندهای تولید و محصولات نهایی بوده و از منظر مصرف‌کننده، کارایی محصول را افزایش می‌دهند. مبنای طراحی و توسعه‌ی اقلام نظامی، نیازهای عملیاتی کاربران است و دفاتر طراحی و ساخت، نیازهای اعلام‌شده را بر مبنای استانداردها، در طراحی و تولید این اقلام مورد توجه قرار می‌دهند. این اسناد با تبیین سطح کیفی کالاهای تولیدی، مبتنی بر توافق ذی‌نفعان، قدم‌های لازم برای بهبود کیفیت محصولات را مشخص کرده و روش‌های آزمایش استاندارد، دستیابی به این هدف را تسهیل می‌نمایند (روضه‌سرا و بحیرایی، ۱۳۹۵).

به کارگیری روش‌های آزمایش استاندارد در ترکش‌گیری

گلوله‌های شدیدالانفجار، علاوه بر تکرارپذیری و قابلیت اتکا به داده‌های کسب‌شده، تثبیت و تضمین کیفیت محصولات دفاعی را به دنبال خواهد داشت. بهبود ترکش‌زایی گلوله‌ها یک ضرورت عملیاتی است و این مشخصه در طراحی و توسعه‌ی سرجنگی‌ها، با تکیه بر رویه‌های مناسب نقش بسزایی را ایفا خواهند نمود. نظر به کاربرد عملیاتی مهمات شدیدالانفجار و به منظور بررسی وضعیت ترکش‌های حاصل از انفجار گلوله‌های شدیدالانفجار توپخانه، از نظر نوع، تعداد، وزن، ریزی، درشتی، برندگی و شعاع مؤثر ترکش، لازم است تا آزمایش‌های ترکش‌گیری با استفاده از روش‌های استاندارد که تجدیدپذیری و تکثیرپذیری نتایج آن‌ها تثبیت‌شده است، صورت پذیرد (کروچ، ۲۰۱۷).

بدنه‌ی فولادی گلوله‌های شدیدالانفجار حاوی مواد منفجره، در اثر تحریکات خاص، منفجر و به قطعات ریزودرشت مختلف، با اشکال و ابعاد گوناگون تبدیل می‌شوند. بعد از ترکیدن بدنه‌ی گلوله بر اثر انفجار شدید خرج انفجاری و موج حاصل از آن، ترکش‌های ایجادشده، با سرعت‌های بسیار بالا از مرکز انفجار، پراکنده می‌شوند (رینمتال، ۱۹۸۲).

عواملی که در به وجود آمدن ترکش‌های مناسب از اهمیت خاصی برخوردارند شامل موارد زیر هستند (رینمتال، ۱۹۸۲):
الف) همگن و یکنواخت بودن دیواره‌ی بدنه‌ی گلوله و بدون ترک، حفره و مک بودن آن؛

ب) خرج انفجاری؛

پ) چاشنی؛

ت) خرج میانجی؛

ث) کالیبر بدنه؛

ج) نسبت شعاع خرج انفجاری به بدنه؛

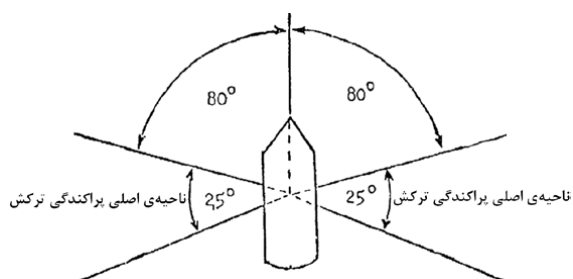
چ) کیفیت و جنس بدنه.

شتاب ترکش‌های بدنه‌ی گلوله^(۱) (M)، به نسبت جرم بدنه‌ی گلوله (m) و جرم خرج انفجاری^(۲) (M) بستگی دارد. ضربه‌ای که از طریق انفجار ماده‌ی منفجره در داخل بدنه‌ی گلوله ایجاد می‌شود، امواج ضربه‌ای را با خود حمل می‌کند. این امواج به‌طور مکرر به سطح داخلی بدنه، اصابت و برگشت می‌کنند تا اینکه پوسته‌ی گلوله را بترکانند. از طرف دیگر، ترکش‌های حاصل از انفجار خرج اصلی، به‌وسیله‌ی گازهای منبسط‌شده‌ی ناشی از انفجار، به اطراف پراکنده می‌شوند. جهت حرکت ترکش‌ها عموماً عمود بر سطح خارجی خرج انفجاری است. از طریق عکس‌برداری به‌وسیله‌ی دستگاه اشعه‌ی ایکس می‌توان شتاب هر یک از ترکش‌ها را به‌صورت انفرادی نیز به دست آورد. در پایان فاز شتاب‌گیری ترکش‌ها، سرعت هر کدام از آن‌ها بین ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر بر ثانیه قرار خواهد داشت. به دلیل نیروهایی که از طریق مقاومت هوا به ترکش‌ها وارد می‌آید، تعیین افت سرعت ترکش‌ها بسیار مشکل است. اصولاً ترکش‌ها در مسیر پرواز به حالت چرخشی در حرکت‌اند و یک پرواز ثابت و یکنواختی ندارند؛ به همین دلیل است که افت سرعت آن‌ها بسیار زیاد است و ترکش‌های سبک، علی‌رغم اینکه از سرعت اولیه‌ی بسیار زیادی برخوردارند ولی پس از سیر مسافتی، اثر تخریبی خود را از دست می‌دهند (رینمتال، ۱۹۸۲).

براساس استانداردها، تعداد ترکشی مؤثر است که بتواند سوراخ

کاملی در یک صفحه‌ی چوبی از جنس چوب کاج سوزنی به ضخامت ۲۰ میلی‌متر یا صفحه‌ی فلزی از جنس فولاد معمولی به ضخامت یک‌ونیم میلی‌متر ایجاد نماید. برای محاسبه‌ی تعداد ترکش‌های مؤثر، یک گلوله‌ی شدیدالانفجار، در میدان ترکش‌گیری، کاشته شده و به شعاع مشخصی از آن، تعدادی سیبیل با ابعاد یک‌ونیم در سه متر (چهارونیم متر مربع) مستقر می‌شود. گلوله با وسایل مخصوص، منفجر و تعداد سوراخ‌های ایجادشده ناشی از عبور ترکش از سیبیل، شمارش و با توجه به فاصله‌ی سیبیل از مرکز انفجار، در واحد سطح گزارش می‌شود. تعداد ترکش‌های مؤثر با افزایش فاصله‌ی سیبیل‌ها از مرکز انفجار، به دلیل افت انرژی جنبشی ترکش‌ها بر اثر مقاومت هوا کاهش می‌یابد.

همانطور که در شکل (۱) نشان داده‌شده است، به دلیل مخروطی بودن حرکت پروازی ترکش‌ها از نقطه‌ی انفجار و عدم امکان پوشش کامل محیط اطراف گلوله با استفاده از سیبیل‌های استوانه‌ای شکل با ارتفاع بلند، مهار کردن تمامی ترکش‌ها عملاً غیرممکن است. به‌عنوان مثال اگر برای گلوله‌ای که در مرکز کاشته شده تعداد ۲۰ سیبیل در شعاع ۲۰ متری مستقر شوند، نسبت پوشش مساحت سیبیل‌ها از سطوح جانبی استوانه‌ای با ارتفاع یک‌ونیم متر (ارتفاع سیبیل)، یک‌دوم بوده و در صورتی که تعداد سیبیل‌ها، ثابت و شعاع استقرار سیبیل‌ها از مرکز، ۲۰۰ متر باشد، این نسبت به یک‌سی‌ام خواهد رسید. بنابراین تعدادی از ترکش‌ها به دلیل ارتفاع کوتاه سیبیل‌ها از بالای آن‌ها و تعدادی نیز به دلیل خالی بودن فضای بین سیبیل‌ها از بین آن‌ها به اطراف پراکنده می‌شوند. در نتیجه، تعداد ترکش‌هایی که به‌طور اتفاقی به سیبیل‌ها اصابت کرده‌اند و اثرات تخریبی روی سیبیل‌ها داشته‌اند ملاک محاسبه‌ی ترکش مؤثر قرار خواهد گرفت (TOP 2-2-722، 1983).



شکل ۱: نواحی اصلی پخش ترکش‌های حاصل از انفجار

گلوله‌های شدیدالانفجار (TOP 2-2-722، 1983)

1. Shell Body
2. High Explosive Mass

در اثر انفجار مواد منفجره، مقادیر عظیمی گاز پرفشار، در حدود ۲۰۰ کیلو بار و دمای ۵۰۰۰ درجه‌ی سلسیوس ایجاد می‌شود. موج شوک حاصل از انفجار، موجی فشاری است که در کسری از ثانیه، مقدار فشار آن از فشار اتمسفر به ماکسیمم فشار، افزایش و سپس در یک صدم ثانیه به فشار اتمسفر افت می‌کند. این بخش به‌عنوان فاز مثبت موج شوک شناخته می‌شود. در ادامه‌ی این فرایند، افت فشار به کمتر از فشار اتمسفر می‌رسد که این بخش به‌عنوان فاز منفی موج شناخته می‌شود. سطح زیر منحنی فاز مثبت یک پالس مثبت و سطح زیر منحنی منفی یک پالس منفی به محیط اطراف وارد می‌کند که نتیجه‌ی این تغییر فشار مثبت و منفی، اعمال یک پالس بسیار قوی فشاری کششی روی اهداف است که نتیجه‌ی آن، انهدام هدف خواهد بود. با افزایش فاصله از مرکز انفجار، ماکسیمم فشار اعمال شده به هدف، کاهش می‌یابد. کاربرد اصلی این پرتابه‌ها، تخریب اهداف زیردریایی و ضد نفرات است (رینمتال، ۱۹۸۲).

گلوله‌های شدیدالانفجار ترکش‌زا دارای پوسته‌ای با طراحی و ضخامت ویژه است که بخشی از انرژی انفجار (حدود ۳۰ درصد) را به خود اختصاص داده و موجب شکل‌گیری ترکش‌هایی با انرژی جنبشی بالا و سرعت زیاد می‌شود. باقیمانده‌ی انرژی، رفتاری مشابه گلوله‌های شدیدالانفجار معمولی از خود نشان می‌دهد. از آنجاکه نرخ افت سرعت ترکش‌ها کمتر از موج شوک است، آن‌ها پس از طی فاصله‌ی کوتاه، از جبهه‌ی موج شوک پیش افتاده و در عمل، تخریب حاصل از ترکش‌ها به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر از شعاع تخریب ناشی از موج شوک است. سرعت ترکش در گلوله‌های ترکش‌زای معمول، در حدود ۱۵۰۰ متر بر ثانیه است که گاهی تا فواصل چند کیلومتری را نیز پوشش می‌دهد. به‌منظور افزایش یکنواختی ترکش‌ها، ممکن است سطح داخلی یا بیرونی بدنه‌ی گلوله شیار داده‌شده و یا داخل بدنه‌ی گلوله توسط مجموعه‌ای از پیش ترکش‌ها پر شود. در گلوله‌های شیاردار، به‌محض انفجار، ترکش‌هایی با اندازه و شکل خاص ایجاد می‌گردد. در این روش برای شکسته شدن پوسته، انرژی کمتری نسبت به گلوله‌های پیش‌ترکش موردنیاز است؛ از این‌رو، ترکش‌ها دارای انرژی بیشتری بوده و کارایی این نوع گلوله‌ها نیز بیشتر است. روش دیگر که بیشترین کارایی را از نظر الگوی توزیع یکنواخت ترکش‌ها داراست، فرایندی است که ترکش‌ها از قبل شکل داده می‌شوند (رینمتال، ۱۹۸۲).

بررسی کارایی ترکش‌های گلوله‌های شدیدالانفجار، با طراحی آزمون‌های استاتیکی یا دینامیکی انجام می‌شوند. در آزمون استاتیکی، پرتابه ثابت است (شکل ۲) ولی در آزمون دینامیکی، یک سرعت اولیه به پرتابه اعمال می‌شود. با توجه به هزینه‌بر بودن آزمون دینامیکی، ترجیحاً آزمون استاتیکی، طراحی و استفاده می‌شود. آزمون استاتیکی، برای تعیین سرعت ترکش‌ها، توزیع فضایی اصابت ترکش‌ها، دانسیته‌ی ترکش‌ها، کارایی ترکش‌ها و ... استفاده می‌شود (آنجل، ۲۰۰۹).



شکل ۲: استقرار یک پرتابه جهت ترکش‌گیری استاتیکی

در این مقاله، ابتدا تقسیم‌بندی مهمات و دسته‌بندی مهمات توپخانه معرفی گردیده و در ادامه، طراحی میدان ترکش‌گیری، انواع روش‌های استاندارد ترکش‌گیری گلوله‌های شدیدالانفجار توپخانه‌ای که نقش به‌سزایی در توسعه و ارزیابی این دسته از مهمات دارد، پرداخته خواهد شد.

۲ تقسیم‌بندی انواع مهمات

بر اساس مراجع مختلف، مهمات به روش‌های مختلفی دسته‌بندی شده‌اند که اغلب دارای شباهت‌های زیادی به یکدیگر هستند (Jane، 2017). مطابق مرجع TM 9-1300-200، انواع مهمات به‌صورت زیر طبقه‌بندی می‌شوند: (MIL-STD-444، 1959)

- مهمات کالیبر کوچک (Small arms Ammunition)
- نارنجک‌ها (Grenades)
- مهمات توپخانه (Artillery Ammunition)
- بمب‌ها (Bombs)
- پیروتکنیکی‌ها (Pyrotechnics)
- راکت‌ها (Rockets)
- تخریب‌کننده‌ها (Demolitions)
- مین‌های زمینی (Land Mines)
- سیستم‌های پرواز با کمک نیروی جت (JATOS)

• موشک‌های هدایت‌شونده (Guided missiles)

• تجهیزات تحریک به‌صورت کارتریج برای استفاده در هواپیما (Cartridge-actuated devices for aircraft use)

با توجه به آن‌که در این مطالعه، روش‌های استاندارد ترکش‌گیری گلوله‌های شدیدالانفجار توپخانه‌ای مورد مطالعه و نظر قرار گرفته است، در بخش (۱-۲) این مقاله نیز تنها

دسته‌بندی مهمات توپخانه معرفی شده است.

۱-۲ دسته‌بندی مهمات توپخانه

با توجه به این‌که در این مقاله روش‌های ترکش‌گیری مهمات توپخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفته است، انواع مهماتی که در این طبقه قرار گرفته‌اند، بر اساس نوع گلوله، سلاح و کاربرد نیز دسته‌بندی شده که در جدول (۱) بیان شده است:

جدول ۱: طبقه‌بندی مهمات توپخانه (TM 9-1300-200, 1969)

طبقه‌بندی بر اساس کاربرد (Use)	طبقه‌بندی بر اساس نوع سلاح (Type of Weapon)	طبقه‌بندی بر اساس نوع گلوله (Type of Projectile)
سرویس (Service) تمرین به هدف (Target Practice) آموزشی (Training) مانوری (Blank) مشقی (Dummy) آزمایشی (Test)	توپ (Guns) هویتزر (Howitzer) خمپاره (Mortars) تفنگ بدون عقب‌نشینی (Rifle Recoilless)	گلوله‌ی شدیدالانفجار* (High Explosive shell) گلوله‌ی شدیدالانفجار ضدتانک (High Explosive Anti Tank shell) گلوله‌ی شیمیایی (Shell Chemical) گلوله‌ی منور (Illuminating Shell) گلوله‌ی ضد زره (Armor Piercing projectile) گلوله‌ی ضد زره با سرعت‌بالا (Hipervelocity Armor Piercing shot (HVAP) گلوله‌ی افشان (Canister) گلوله‌ی اوراق‌پخش‌کن (Leaflet) گلوله‌ی خوشه‌ای (Cargo)
* این نوع از گلوله‌ها برای ایجاد ترکش و موج انفجار به کار می‌روند.		

۳ طراحی میدان ترکش‌گیری روی سیبل

به لحاظ کاربرد گسترده‌تر و متداول روش ترکش‌گیری روی سیبل نسبت به سایر روش‌ها، در این مقاله تمرکز بیشتری بر جزئیات این روش شده است. در این روش، میدان‌های ترکش‌گیری بسیار متنوع بوده و با توجه به نوع گلوله و امکانات، دارای طراحی‌های مختلفی است. میدان‌های ترکش‌گیری براساس وزن پرتابه‌ها به دو نوع میدان‌های کوچک و بزرگ دسته‌بندی می‌شوند. میدان کوچک مربوط به پرتابه‌هایی با وزن تا ۱۰ کیلوگرم و میدان‌های بزرگ مربوط به وزن بالای ۱۰ کیلوگرم است (گلد و همکاران، ۲۰۰۷).

۱-۳ فضای میدان

• فضای میدان ترکش‌گیری با توجه به الزامات ایمنی، باید خارج از مناطق مسکونی و اداری باشد. مناسب‌ترین فضا، یک سطح صاف و وسیع است که در محیط آن تپه یا خاک‌ریز وجود داشته باشد.

• میدان‌های آزمون کوچک، باید دارای یک سطح دایره‌ای با قطر کمینه ۴۰ متر بوده و میدان‌های بزرگ، با توجه به وزن پرتابه‌های مورد آزمایش، تا قطر ۱۰۰ متر و بیشتر از آن نیز نیاز است.

• اتاق فرمان کنترل آتش باید خارج از این فضا و در یک

نقطه‌ی ایمن، در پشت خاک‌ریز در نظر گرفته شود. توصیه می‌شود در اطراف میدان‌های آزمون ترکش‌گیری، خاک‌ریز تعبیه شود.

• کف میدان آزمون کوچک (به‌جز حوالی پرتابه) می‌تواند با استفاده از بلوک سیمانی پوشانده شود تا از پخش زیاد گردوغبار جلوگیری شود. چنانچه کف میدان، خاکی است بهتر است که سنگ‌های آن جمع‌آوری شود. قبل از آزمون ترکش‌گیری می‌توان سطح میدان خاکی، آب‌پاشی گردد.

۲-۳ وضعیت استقرار گلوله

• برای گلوله‌های از سر منفجر شونده که شروع انفجار^۳ از قسمت جلو صورت می‌گیرد، پس از انفجار، زاویه‌ی پراکندگی ترکش اندکی به سمت پایین میل می‌کند. برای جبران این انحراف و به‌منظور برخورد حداکثری ترکش‌ها به اهداف، معمولاً مرکز پرتابه به‌اندازه‌ی ۳۰ سانتی‌متر بالاتر از مرکز ورقه‌ها قرار داده می‌شود. به‌عنوان نمونه، برای گلوله‌هایی که در فاصله‌ی پنج متری از سیبل قرار می‌گیرند، با احتساب افزایش ۳۰ سانتی‌متر، زاویه‌ی بین مرکز گلوله و ورقه‌ها باید ۳/۴ درجه در نظر گرفته شود.

• برای گلوله‌های از ته منفجر شونده که شروع انفجار^۴ از قسمت

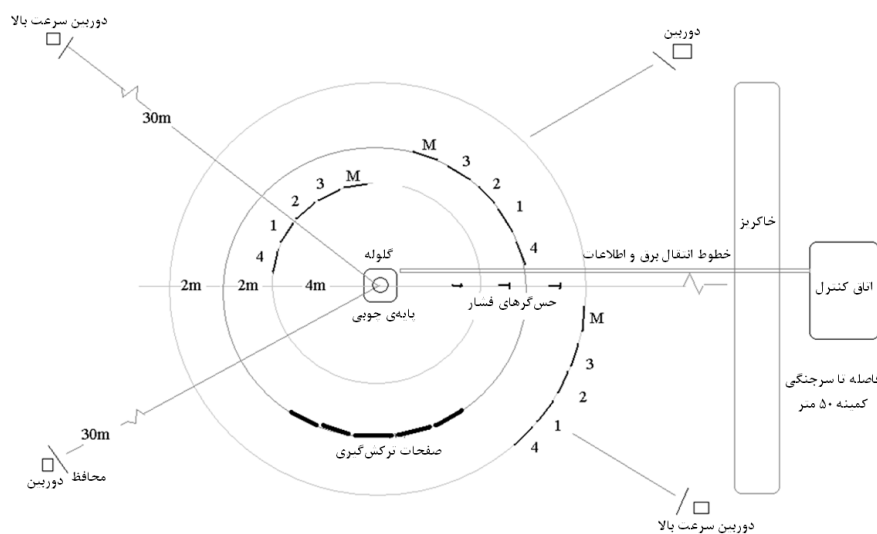
3. Point Detonating (PD)
4. Baes Detonating (BD)

پایین پرتابه صورت می‌گیرد، مقدار انحراف ۳۰ سانتی‌متری باید در جهت بالا در نظر گرفته شود و پرتابه در ارتفاع کمتری نصب گردد.

• پرتابه باید روی یک چهارپایه‌ی چوبی در ارتفاع حدود یک متری از سطح زمین نصب گردد. ارتفاع دقیق پرتابه با توجه به زاویه‌ی پخش ترکش‌ها محاسبه می‌شود. زاویه‌ی پخش به طراحی بدنه‌ی گلوله و نقطه‌ی شروع انفجار پرتابه بستگی دارد. با توجه به مطالب ذکرشده، در پرتابه‌های بزرگ که صفحات در فاصله‌ی دوری قرار دارند، باید افت ارتفاع ترکش نیز در نظر گرفته شود. (گلد و همکاران، ۲۰۰۷)

۳-۳ وضعیت استقرار تجهیزات در میدان ترکش‌گیری کوچک
در این میدان‌ها، صفحات ترکش‌گیری به صورت دایره‌وار، متناسب با وزن پرتابه، در فواصل یک تا ۱۰ متری نصب می‌گردند. به‌عنوان مثال برای یک پرتابه‌ی یک کیلوگی،

صفحات در فاصله‌ی یک، دو و سه متری نصب می‌شود. در شکل (۳)، نمایی از چیدمان یک میدان ترکش‌گیری کوچک ارائه‌شده است. برای پرتابه‌های با وزن‌های مختلف، باید فاصله‌ی صفحات تا پرتابه محاسبه گردد. صفحات ترکش‌گیری متناسب با سرعت، ابعاد و جنس ترکش، انتخاب و نصب می‌گردند. جنس صفحات، فولادی و ضخامت آن‌ها دو تا ۱۰ میلی‌متر است که با توجه به نوع گلوله انتخاب می‌شوند. ابعاد صفحات یک در دو متر بوده و روی فریم فولادی نصب می‌شوند. در هنگام نصب ورقه‌ها، باید فشار دتونیشن مواد منفجره نیز در نظر گرفته شود تا در اثر آن، ورقه‌ها تخریب یا پرتاب نگردند. بنابراین باید صفحات با سازه‌ی مناسب در زمین تثبیت شوند. در میدان دو دوربین معمولی (۱۰۰۰ فریم بر ثانیه) و دو دوربین تصویربرداری سرعت‌بالا نیز مستقر می‌شود (زکویچ و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۳: وضعیت استقرار تجهیزات و پرتابه در میدان ترکش‌گیری کوچک

۳-۴ وضعیت استقرار تجهیزات در میدان ترکش‌گیری بزرگ

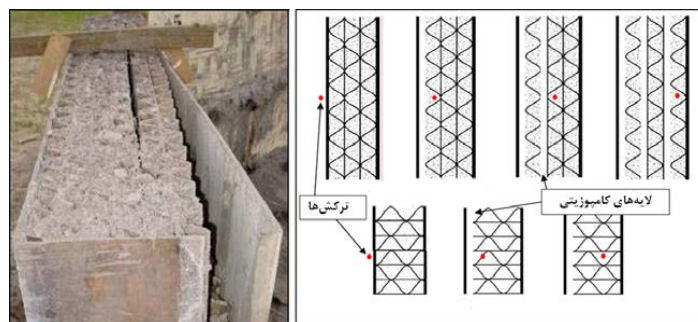
در این میدان‌ها، صفحات ترکش‌گیری متناسب با وزن پرتابه و زاویه‌ی پراکندگی ترکش‌ها، در قسمتی از میدان دایره‌ای شکل و در فاصله‌ای که دارای بیشترین احتمال برخورد است، نصب می‌شوند. در میدان‌های بزرگ باید فشار دتونیشن نیز در محاسبات در نظر گرفته شود، تا صفحات در شعاعی مستقر گردند که تغییر شکل نداده و پاره نشوند. در صورت

نصب صفحات در فواصل دور، با توجه به محدود بودن ارتفاع آن‌ها (دو متر)، فقط بخشی از ترکش‌ها به صفحات اصابت می‌کند. پرتابه‌های بزرگ، اغلب از نوع ترکشی موج انفجاری هستند و بخش انفجاری آن‌ها قوی‌تر از قسمت ترکشی است (توایت و اسمین، ۲۰۰۶).

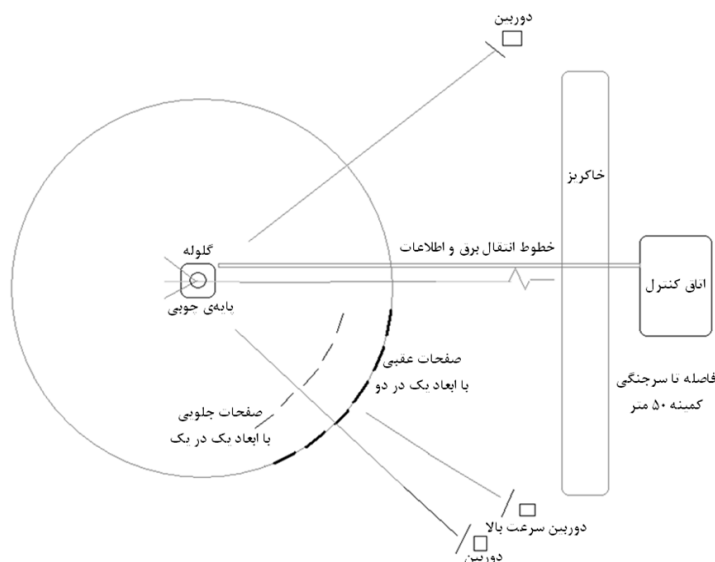
ضخامت صفحات دو تا سه میلی‌متر و ابعاد آن‌ها یک در دو متر است که در یک چارچوب نگه‌دارنده قرار می‌گیرند. چارچوب‌ها اغلب از جنس فولاد معمولی یا چوبی هستند.

چارچوب‌های فولادی باید دارای پایه‌ی محکم و موج‌گیر بوده تا حد امکان در اثر موج انفجار کنده نشود. بر روی پایه‌های متحرک کیسه‌های شن قرار داده می‌شود. کلیه‌ی صفحات شماره‌گذاری شده و موقعیت آن‌ها در میدان ثبت می‌گردد. در صورت نیاز، برای اندازه‌گیری ترکش‌هایی که به زمین می‌خورند، صفحاتی روی سطح زمین نیز نصب می‌شود. صفحات با ارتفاع کوتاه‌تر، در ردیف جلوتری نسبت به صفحات بلندتر نصب می‌شوند. این صفحات مانع از برخورد ترکش‌هایی که به زمین خورده و کمانه کرده‌اند، به صفحات اصلی پشتی می‌گردند. در این میدان‌ها، نیازی به چیدمان کامل صفحات در اطراف گلوله نیست. گاهی اوقات صفحات کامپوزیتی هدف از لایه‌های مختلفی تشکیل شده که در بین لایه‌ها از موادی

مانند ماسه‌ی نرم استفاده می‌شود که این کار برای کاهش سرعت ترکش‌ها و به دام انداختن آن‌ها انجام می‌شود. شکل (۴) را ببینید. پیشنهاد می‌شود در میدان آزمون شاخص‌هایی با رنگ و طول مشخص قرار داده شود تا در هنگام فیلم‌برداری بتوان فواصل را به‌خوبی تشخیص داد. این کار برای اندازه‌گیری حجم آتش گلوله و تخمین سرعت، مفید است. در هنگام آزمون ترکش‌گیری بایستی پرتابه در حالت مسلح قرار گیرد. در صورت نداشتن این سیستم، باید موارد ایمنی کاملاً رعایت شده و از چاشنی‌های الکتریکی نمره‌ی ۶ و ۸ استفاده شود. دانسیته‌ی ترکش‌ها از روی تعداد سوراخ‌ها در یک سطح مشخص اندازه‌گیری می‌گردد. در شکل (۵)، نمایی از چیدمان یک میدان ترکش‌گیری بزرگ ارائه شده است (آنجل، ۲۰۰۹).



شکل ۴: نمایی از صفحات کامپوزیتی ترکش‌گیری

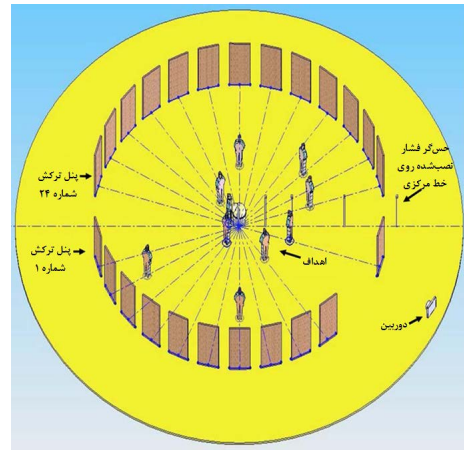


شکل ۵: وضعیت استقرار تجهیزات و پرتابه در میدان ترکش‌گیری بزرگ

در شکل (۶) چیدمان صفحات برای یک میدان ترکش‌گیری نشان داده شده است. صفحات به‌صورت دایره‌ای با شعاع ثابت و با دو ضخامت متفاوت نصب شده‌اند. صفحات نازک برای به

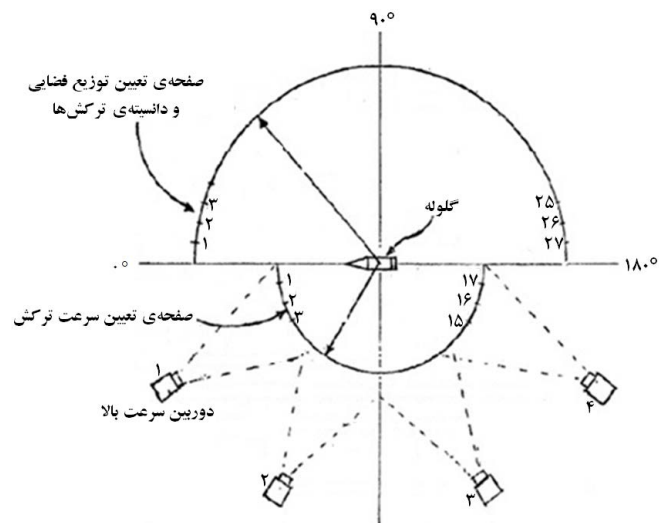
دست آوردت مشخصات ترکش‌ها و صفحات ضخیم‌تر برای اندازه‌گیری نفوذ است. برای جلوگیری از افتادن صفحات بر اثر موج انفجار، بین صفحات فاصله در نظر گرفته می‌شود. دوربین

فیلم برداری در فاصله‌ی دور نصب شده است و حس‌گرهای اندازه‌گیری فشار در فواصل مختلف و در یک ردیف نصب شده‌اند. جهت بررسی اثرات ترکش‌ها و انفجار روی انسان، آدمک‌هایی شبیه انسان مستقر شده است (گلد و همکاران، ۲۰۰۷)



شکل ۶: چیدمان صفحات و اهداف در یک میدان ترکش‌گیری

اگر پرتابه دارای زوایای پراکندگی ترکش گسترده‌ای باشد، طراحی میدان ترکش‌گیری طبق شکل (۷) صورت پذیرد. این میدان، از دو نیم‌دایره با مرکز یکسان تشکیل شده است. نیم‌دایره‌ی با شعاع کمتر جهت ثبت سرعت ترکش‌ها و نیم‌دایره‌ی بزرگ‌تر جهت ثبت و بررسی توزیع فضایی و دانسیته‌ی ترکش‌ها به کار می‌رود. جنس ورقه‌های به‌کاررفته در نیم‌استوانه‌ها آلومینیوم و فولاد نرم هستند (زکویچ و همکاران، ۲۰۰۸).



شکل ۷: نمونه‌ای از یک طراحی میدان ترکش‌گیری

۳-۵ تجهیزات

از جمله تجهیزات لازم برای میدان‌های ترکش‌گیری، می‌توان به اتاقک کنترل (مجهز به تجهیزات فرمان آتش، سیستم اطلاعات برداری دیجیتال و اسیلوسکوپ) ایمن در برابر اثرات موج انفجار که در پشت خاکریز مستقر شده است، اشاره نمود. دوربین‌های سرعت بالا و دوربین‌های معمولی در فاصله‌ی دور از انفجار نصب می‌گردند. در صورت نیاز به اندازه‌گیری موج انفجار، تجهیزات و حس‌گرهای موردنظر نیز باید در نظر گرفته شوند. توجه به موارد زیر برای حفاظت از تجهیزات مستقر در میدان آزمون ترکش‌گیری ضروری هستند (توایت و اسمین، ۲۰۰۶):

- سیم‌های انتقال اطلاعات و سیم‌های فرمان آتش باید از زیر سطح زمین عبور داده شوند تا در برابر اصابت ترکش، آسیب نبینند. برای این منظور، یک کانال یا لوله‌های زیرزمینی می‌تواند طراحی شود.

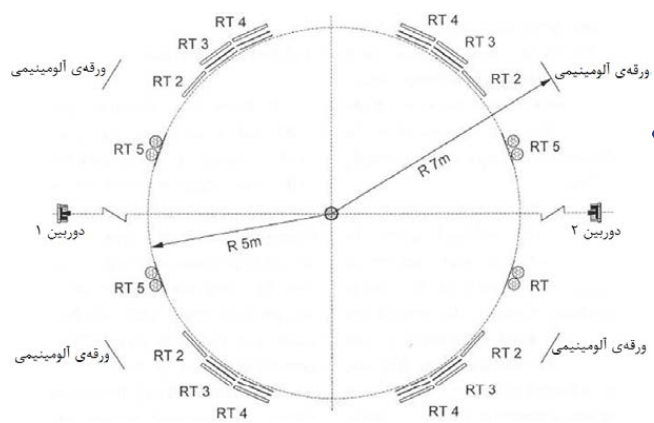
- دوربین‌ها باید در برابر ترکش محافظت گردند. این محافظت می‌تواند توسط صفحات شیشه‌ای ضد گلوله و قرار دادن دوربین در محفظه صورت گیرد.

- در حین ترکش‌گیری، معمولاً پایه‌های نگه‌دارنده‌ی صفحات نیز دچار آسیب می‌شوند. این پایه‌ها قابل حفاظت نیستند و باید از جنس فلز یا چوبی ارزان قیمت ساخته شوند و به تعداد زیاد در میدان آزمون وجود داشته باشند.

۳-۶ اندازه‌گیری سرعت ترکش با استفاده از دوربین‌های سرعت بالا

به‌طور معمول برای ارزیابی دقیق سرعت ترکش‌ها از دوربین‌های سرعت بالا استفاده شده و برای ثبت برخورد ترکش‌ها از ورقه‌های آلومینیومی با ضخامت دو میلی‌متر استفاده می‌شود. معمولاً برای ثبت سرعت ترکش در محدوده‌ی ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰ متر بر ثانیه از ورقه‌های آلومینیومی استفاده می‌شود. نور حاصل از برخورد و نفوذ ترکش‌ها به ورقه‌ی آلومینیومی توسط دوربین، ثبت و در نهایت میانگین سرعت ترکش‌ها از روی داده‌های ثبت شده محاسبه می‌شود. با افزایش سرعت ترکش‌ها، نور ساطع شده شدیدتر شده و در ثبت داده‌های (نور) حاصل از برخورد ترکش‌های دیگر اختلال ایجاد می‌کند. به همین منظور برای محاسبه‌ی سرعت ترکش بالای ۱۲۰۰ متر بر ثانیه از ورقه‌های فولادی استفاده می‌شود. دوربین سرعت بالا باید توانایی ثبت کمینه ۱۵۵۰۰ فریم در ثانیه را داشته باشد. آقای

هد و همکارانش در سال ۱۹۹۹ میلادی دوربین با منشور دورانی مدل Hycam⁵ با ۱۵۵۰۰ فریم بر ثانیه را برای ثبت سرعت ترکش‌ها به کار بردند. شکل (۲) نحوه‌ی قرارگیری دوربین‌ها در این آزمون را نشان می‌دهد. با توجه به شکل (۸)، ورقه‌های آلومینیومی بافاصله‌ی دو متر بیشتر از دیگر ورقه‌ها قرار داده شده‌اند؛ به عبارتی ورقه‌های آلومینیومی در فاصله‌ی هفت متری و سایر ورقه‌ها در فاصله‌ی پنج متری از مرکز قرار داده می‌شوند. یکی از دلایل افزایش فاصله، افزایش زمان پرواز ترکش‌ها تا لحظه‌ی برخورد ترکش و در نهایت بالا رفتن دقت و صحت ثبت داده‌ها با دوربین است. مثلاً در فاصله‌ی هفت متری، دقت ثبت داده‌ها ۴۰ درصد بیشتر از داده‌های ثبت شده در فاصله‌ی پنج متری است. البته با افزایش اندازه‌ی ترکش‌ها، کاهش سرعت ترکش‌ها در ورقه‌های ثبت سرعت فولادی و آلومینیومی خیلی کمتر می‌شود و می‌توان ورقه‌ها را در فواصل یکسان از هدف قرار داد (توایت و اسمین، ۲۰۰۶).



شکل ۸: نحوه‌ی استقرار دوربین و ورقه‌های تست در آزمون اندازه‌گیری سرعت ترکش

۴ انواع روش‌های استاندارد ترکش‌گیری

۴-۱ روش ترکش مؤثر

۴-۱-۱ وسایل لازم

• ورقه‌های فلزی از جنس فولاد معمولی به ضخامت یک‌ونیم میلی‌متر و به عرض 1 ± 0.1 متر و طول 5 ± 0.2 متر یا صفحات چوبی از جنس کاج سوزنی به ضخامت ۲۰ میلی‌متر و با همان ابعاد اشاره شده؛

• نگه‌دارنده‌ی گلوله؛

• نگه‌دارنده‌ی ورقه‌های فلزی یا صفحات چوبی؛

• لوازم تخریب.

۴-۱-۲ روش اجرا

• همانطور که در شکل‌های (۹) و (۱۰) نشان داده شده است، صفحات فلزی با استفاده از نگه‌دارنده‌ی مناسب به نحوی در کنار هم بر روی زمین مستقر می‌گردند که فاصله‌ی لبه‌ی زیرین آن‌ها از سطح زمین حدود ۶۰ سانتی‌متر بوده و در مجموع نیم‌دایره‌ای را تشکیل دهند. توصیه می‌شود به منظور استحکام بیش‌تر فضای پشت صفحه‌های فلزی با تعبیه‌ی دیواره‌ی ثانویه، با خاک پر شود. فاصله‌ی استقرار سیل از گلوله باید طبق جدول (۲) در نظر گرفته شود.

• گلوله با استفاده از نگه‌دارنده‌ی مناسب در مرکز نیم‌دایره، مستقر می‌گردد، به طوری که محور گلوله به سمت ابتدا و انتهای صفحه‌ها بوده و از نظر ارتفاع نیز در مقابل مرکز صفحه‌ها قرار گرفته شود.

• برای جلوگیری از اصابت ترکش‌های کمانه شده از سطح زمین به صفحات فلزی، مانع ترکش در نیمه‌ی فاصله‌ی مرکز با محیط نیم‌دایره ایجاد می‌شود، به نحوی که سطح بالایی آن مماس با امتداد گلوله و لبه‌ی پایینی صفحه‌ها باشد.

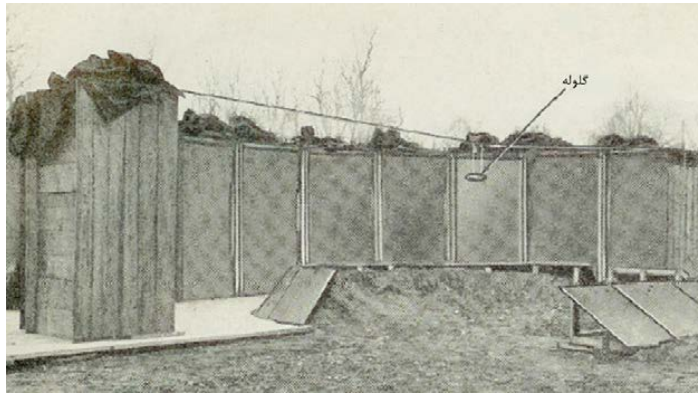
• با استفاده از چاشنی الکتریکی نظامی و بوستر استاندارد، مدار انفجاری در قسمت حفره‌ی دهانه‌ی گلوله، ایجاد می‌شود.

• با استفاده از ماشین انفجار، گلوله منفجر گردد.

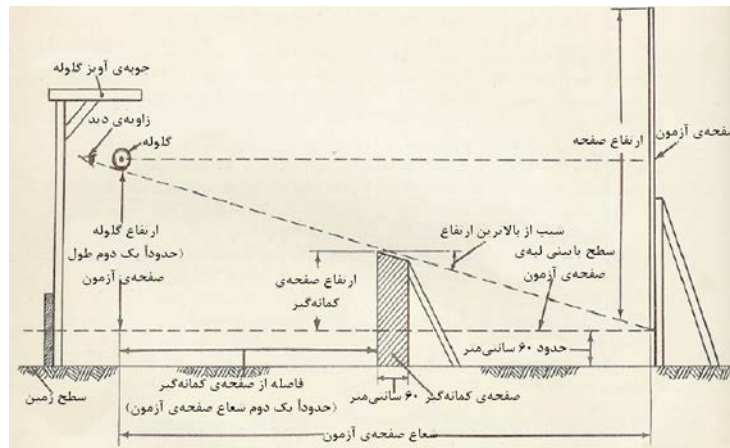
• یک گلوله‌ی دیگر، در همان محل استقرار گلوله‌ی اول و خلاف جهت‌گیری آن، مستقر و نسبت به انفجار آن اقدام می‌گردد.

• تعداد سوراخ‌های ایجاد شده بر روی صفحات، شمارش و متوسط آن‌ها در واحد سطح، به عنوان ترکش مؤثر، گزارش می‌شود.

5. rotating prism camera, type Hycam



شکل ۹: نمونه‌ای از کارگاه آزمون ترکش مؤثر (Panel Test)



شکل ۱۰: چگونگی ایجاد مانع ترکش

جدول ۲: فاصله و تعداد سیبل‌ها از مرکز انفجار گلوله‌های توپخانه (تویت و اسمیت، ۲۰۰۶)

فاصله‌ی استقرار سیبل از گلوله (متر)	تعداد سیبل‌ها	خمپاره‌ی ۶۰ م.م. شدیدالانفجار	خمپاره‌ی ۸۱ م.م. شدیدالانفجار	خمپاره‌ی ۱۲۰ م.م. شدیدالانفجار	گلوله‌ی ۱۰۵ م.م. شدیدالانفجار	گلوله‌ی ۱۳۰ م.م. شدیدالانفجار	گلوله‌ی ۲۰۳ م.م. شدیدالانفجار
۲۵	۹	-	-	✓	✓	✓	✓
۵۰	۱۷	-	-	✓	✓	✓	✓
۷۵	۲۱	-	-	✓	✓	✓	✓
۱۰۰	۲۱	-	-	✓	✓	✓	✓
۱۲۵	۲۸	-	-	✓	✓	✓	✓
۱۵۰	۲۹	-	-	✓	✓	✓	✓
۱۷۵	۳۱	-	-	-	-	✓	✓
۲۰۰	۳۱	-	-	-	-	✓	✓
۲۲۵	۳۱	-	-	-	-	-	✓
۵	۴	✓	✓	-	-	-	-
۱۰	۴	✓	✓	-	-	-	-
۱۵	۸	✓	✓	-	-	-	-
۲۰	۸	✓	✓	-	-	-	-
۲۵	۹	✓	✓	-	-	-	-
۳۰	۹	✓	✓	-	-	-	-
۳۵	۹	✓	✓	-	-	-	-
۴۰	۱۳	✓	*	-	-	-	-
۴۵	۱۷	✓	-	-	-	-	-
۵۰	۱۷	✓	✓	-	-	-	-
۷۰	۱۹	-	✓	-	-	-	-
۸۰	۲۱	-	✓	-	-	-	-
۹۰	۲۱	-	✓	-	-	-	-

* تعداد سیبل‌های مستقر شده در فاصله‌ی ۴۰ متری برای خمپاره‌ی ۸۱ م.م. شدیدالانفجار، ۹ عدد است.



۴-۲ ترکش‌گیری به روش چال ترکش^۶

۴-۲-۱ وسایل موردنیاز

- چاله‌ی بتون‌آرمه‌ی مخصوص ترکش‌گیری (طبق شکل ۱۱)؛
- ماسه‌ی بادی یا خاکاره و عاری از بقایای ترکش؛
- جعبه‌ی چوبی به ابعاد بیرونی و ضخامت مشخص شده در جدول (۳). برای گیر افتادن ترکش‌ها و ممانعت از برگشت ترکش‌ها و نیز، کاهش شکسته شدن مجدد ترکش‌ها، دیواره‌ی جعبه باید از یک لایه‌ی خارجی از جنس چوب یا مقوای فشرده و لایه‌ی داخلی از جنس چوب یا کامپوزیت با سختی مشابه چوب کاج تشکیل شده باشد.
- دستگاه جداسازی ماسه از ترکش‌های حاصله (طبق شکل ۱۱)؛
- لوازم تخریب.

۴-۲-۲ روش اجرا

- بدنه‌ی گلوله به صورت طولی در داخل جعبه، مستقر و توسط نگه‌دارنده‌های چوبی در قسمت وسط جعبه، تثبیت می‌شود.
- با استفاده از چاشنی الکتریکی نظامی و بوستر استاندارد، مدار انفجاری در قسمت حفره‌ی دهانه‌ی گلوله، ایجاد شده و در جعبه بسته شود.
- جعبه به صورت ایستاده (سر گلوله رو به بالا) در داخل چاله قرار گرفته (طبق شکل ۱۱) و روی آن ماسه ریخته شود، به طوری که فاصله‌ی مرکز جعبه از انتهای چاله و سطح ماسه‌ی ریخته شده (طبق شکل ۱۱)، مطابق جدول (۳) باشد.
- با استفاده از ماشین انفجار، گلوله منفجر گردد.
- شن داخل چاله و بقایای جعبه‌ی حاصل از انفجار از درون چاله به طور کامل از درون چال ترکش‌گیری تخلیه می‌شود.
- برای خارج کردن ترکش‌هایی که در دیواره‌ی جعبه نفوذ کرده‌اند، بقایای چوبی جعبه به طور کامل سوزانده شده و ترکش‌های موجود در آن جمع‌آوری می‌شود.
- با استفاده از دستگاه مخصوص نسبت به جداسازی ترکش‌ها از ماسه‌ی موجود در چاله‌ی انفجار اقدام می‌گردد.
- ترکش‌های به دست آمده از انفجار بدنه‌ی گلوله، وزن شده و نسبت به دسته‌بندی وزنی^۸ آن‌ها بر مبنای محدوده‌های وزنی مشخص شده در جدول (۴) اقدام می‌شود.

- برای ترکش‌گیری از مهمات ثابت^۷، ابتدا بایستی گلوله از پوکه خارج شود.
- ماسوره‌ی جنگی گلوله، باز می‌شود. دارای درپوش یا قلاب گلوله‌ها نیز بایستی باز شود. در رابطه با خمپاره‌ها، بایستی دنباله نیز از بدنه دمونتاز شود.

جدول ۳: ضخامت دیواره‌ی جعبه در ترکش‌گیری از خمپاره‌ها و گلوله‌های توپخانه (تویت و اسمیت، ۲۰۰۶)

گلوله	ابعاد داخلی جعبه (سانتی‌متر)	ضخامت جعبه (سانتی‌متر)	ضخامت لایه‌ی خارجی (سانتی‌متر)	ضخامت لایه‌ی داخلی (سانتی‌متر)	فاصله‌ی مرکز جعبه از انتهای چاله (متر)
خمپاره‌ی ۶۰ م.م شدیدالانفجار	۵۰×۱۸×۱۸	۲	۲	۱۲	۳
خمپاره‌ی ۸۱ م.م شدیدالانفجار	۷۰×۲۵×۲۵	۲	۲	۱۲	۱٫۸
گلوله‌ی ۱۰۵ م.م شدیدالانفجار	۸۰×۳۲×۳۲	۱۲٫۵	۲	۱۰٫۵	۱
گلوله‌ی ۱۳۰ م.م شدیدالانفجار	۷۰×۷۰×۱۱۵	۲	۲	۱۳	۳٫۶

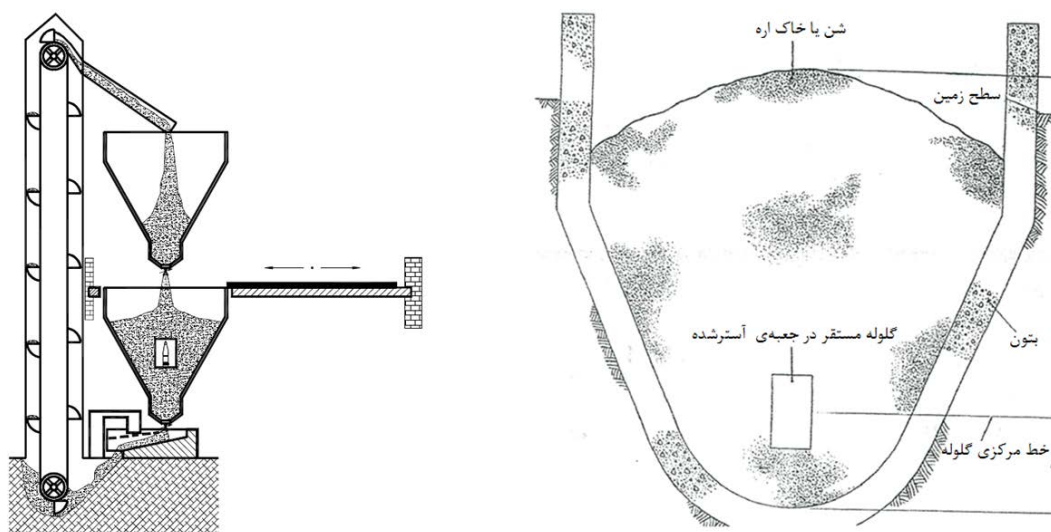
6. Closed Pit or Pit Test

7. Fixed Ammunition

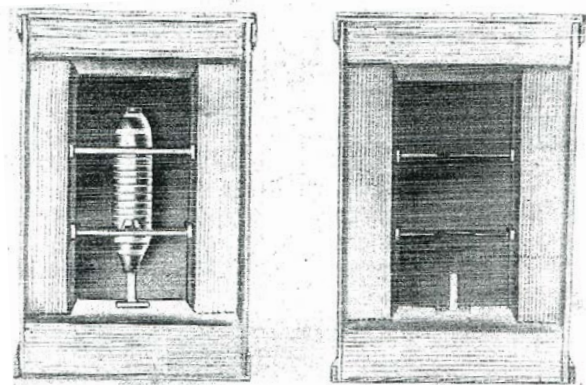
8. Mass Distribution Measurement

جدول ۴: محدوده‌ی مجاز وزنی ترکش‌های گلوله‌های توپخانه

محدوده‌ی وزنی ترکش (گرم)	خمپاره‌ی ۶۰ م.م. شدیدالانفجار	خمپاره‌ی ۸۱ م.م. شدیدالانفجار	خمپاره‌ی ۱۲۰ م.م. شدیدالانفجار	گلوله‌ی ۱۰۵ م.م. شدیدالانفجار	گلوله‌ی ۱۳۰ م.م. شدیدالانفجار	گلوله‌ی ۱۵۵ م.م. شدیدالانفجار
$0,2 < x \leq 0,5$	✓	✓	✓	-	-	-
$0,5 < x \leq 1$	✓	✓	✓	-	-	-
$1 < x \leq 2$	✓	✓	✓	-	-	-
$2 < x \leq 4$	✓	✓	✓	-	-	-
$4 < x \leq 8$	✓	✓	-	-	-	-
$8 < x \leq 16$	✓	✓	-	-	-	-
$16 < x \leq 32$	✓	✓	-	-	-	-
$32 < x \leq 64$	-	✓	-	-	-	-
$64 < x \leq 100$	-	-	✓	-	-	-
$100 < x \leq 200$	-	-	✓	-	-	-
$200 < x \leq 250$	-	-	✓	-	-	-
$x > 250$	-	-	✓	-	-	-
$0,2 < x \leq 0,8$	-	-	-	✓	-	-
$0,8 < x \leq 1,5$	-	-	-	✓	-	-
$1,5 < x \leq 4,7$	-	-	-	✓	-	-
$4,7 < x \leq 9$	-	-	-	✓	-	-
$0,31 \leq x < 0,42$	-	-	-	-	✓	✓
$0,42 \leq x < 0,55$	-	-	-	-	✓	✓
$0,55 \leq x < 0,88$	-	-	-	-	✓	✓
$0,88 \leq x < 1,25$	-	-	-	-	✓	✓
$1,25 \leq x < 1,59$	-	-	-	-	✓	✓
$1,59 \leq x < 2,36$	-	-	-	-	✓	✓
$2,36 \leq x < 3,09$	-	-	-	-	✓	✓
$3,09 \leq x < 4,71$	-	-	-	-	✓	✓
$4,71 \leq x < 6,66$	-	-	-	-	✓	✓
$6,66 \leq x < 14,6$	-	-	-	-	✓	✓
$x > 14,6$	-	-	-	-	✓	✓



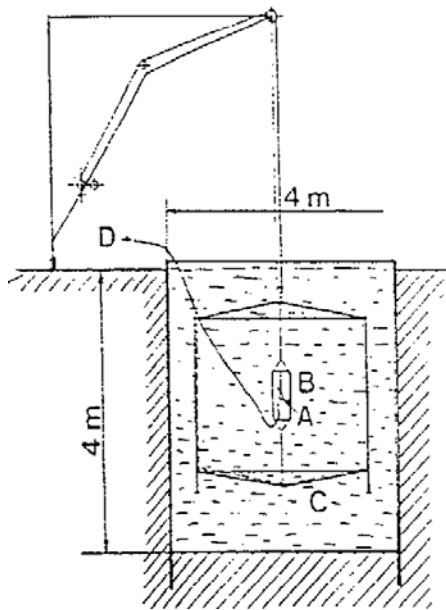
شکل ۱۱: چالهی ترکش‌گیری و دستگاه جداسازی ترکش‌ها از ماسه



شکل ۱۲: وضعیت استقرار گلوله در داخل جعبه

۳-۴ روش ترکش‌گیری زیر آب^۹

آزمایش ترکش‌گیری می‌تواند با استفاده از انفجار گلوله در یک حوضچه‌ی مناسب در زیر آب صورت پذیرد. اصول به دست آوردن ترکش‌ها از یک بدنه‌ی انفجاری ساده است. یک عامل کاهنده باید انرژی جنبشی ترکش‌ها را جذب نماید تا امکان استحصال ترکش‌ها را فراهم آورد. در عمل، از عوامل مختلفی مثل شن، خاکاره، آب و غیره، به‌عنوان کاهنده‌ی انرژی جنبشی ترکش‌ها استفاده می‌شود. روش ابداع‌شده توسط لیندیجر و لیمانس^{۱۰}، آزمایش و دقت و صرفه‌جویی در زمان آن اثبات گردید. این روش، یک روش جدید برای اندازه‌گیری توزیع ترکش مهمات ترکش‌زا محسوب می‌شود. جزئیات روش در شکل (۱۳) تشریح شده است. انفجار زیر آب گلوله در یک کیسه‌ی پرشده با هوا (از جنس PVC) صورت می‌پذیرد. در فاصله‌ی مناسبی از اطراف گلوله، یک تور نایلونی با سوراخ‌های ریز قرار داده می‌شود تا تمامی ترکش‌هایی را که سرعت آن‌ها اُفت کرده است را جمع نماید. برای اطمینان از اینکه فرایند ترکش‌گیری، توسط عامل کاهنده تحت تأثیر قرار نگرفته است، قطر سیلندر هوا باید کمینه به‌اندازه‌ی پنج برابر کالیبر گلوله انتخاب‌شده و گلوله در وسط سیلندر اشاره‌شده، آویزان شده باشد. این روش با موفقیت بسیار بالایی تثبیت‌شده و مقدار ترکش‌های به‌دست‌آمده با این روش، بیش از ۹۸ درصد از بدنه‌ی گلوله‌ی اصلی را دربر می‌گیرد (Orlikon, 1981).



شکل ۱۳: روش ترکش‌گیری زیر آب

۵ نتیجه‌گیری

بر اساس مراجع، تقسیم‌بندی مهمات شامل مهمات کالیبر کوچک، نارنجک‌ها، مهمات توپخانه، بمب‌ها، پیروتکنیکی‌ها، راکت‌ها، تخریب‌کننده‌ها، مین‌های زمینی، سیستم‌های پرواز با کمک نیروی جت، موشک‌های هدایت‌شونده و تجهیزات تحریک به‌صورت کارتریج برای استفاده در هواپیما است. در این مقاله، روش‌های استاندارد ترکش‌گیری گلوله‌های شدیدالانفجار توپخانه‌ای مورد مطالعه قرار گرفته است. در طراحی میادین ترکش‌گیری، بایستی الزامات فضای میدان وضعیت استقرار گلوله و وضعیت استقرار تجهیزات در میدان ترکش‌گیری مورد توجه قرار گیرند. برای بررسی وضعیت ترکش‌های حاصل از انفجار گلوله‌های شدیدالانفجار توپخانه و خمپاره از نظر نوع ترکش، تعداد، وزن، ریزی، درشتی، برندگی و شعاع مؤثر هرکدام از ترکش‌ها، لازم است تا آزمایش‌های ترکش‌گیری با استفاده از روش‌های استاندارد که تجدید پذیری و تکثیر پذیری نتایج آن‌ها تثبیت‌شده، صورت پذیرد. از مهم‌ترین روش‌هایی که در این مقاله به آن پرداخته‌شده است، می‌توان به روش‌های ترکش مؤثر، چال ترکش و ترکش‌گیری زیر آب اشاره نمود. در روش ترکش مؤثر، برای تعیین انرژی ترکش‌ها از ورقه‌های فلزی از جنس فولاد معمولی به ضخامت یک‌ونیم میلی‌متر یا صفحات چوبی از جنس کاج سوزنی به ضخامت ۲۰ میلی‌متر که در فاصله‌ی معینی از مرکز انفجار

9. Underwater firing pit test
10. Lindeijer, Leemans

Procedure Manual for Bombs, Bomb Fuzes Pyrotechnics, Chemical Dispersion Equipment Bomb Handling Bomb Carrying and Releasing Equipment and Related Items. Defense Technical Information Center: 2008; To Obtain Fragment Velocities with Related Masses, and Spatial Distribution of Fragments of Shell, HE, Soviet, 122 mm, Models OF-471N, O-462A, and OF-462. TOP 2-2-722, Fragment Penetration Tests of Armor, 1983. TOP 4-2-012, Mortar Ammunition, 1983. Engineering Technical Letter (ETL) 10-3: Procedures and Acceptance Criteria for Protective Materials Resistant to 155 mm and Smaller Fragmenting Munitions, Department of the Air Force, Headquarters Air Force Civil Engineer Support Agency, 2010. Jane's Armour and Artillery, 2016-2017. TM 9-1300-200, Ammunition, General, 1969. TM 9-1300-203, Artillery Ammunition Guns, Howitzers, Mortars and Recoilless Rifle, 1967. TM 9-1300-204, Ammunition for Recoilless Rifles, 1959. MIL-STD-444, Nomenclature and Definitions in the Ammunition Area, 1959. TM 9-1300-206, Ammunition and Explosives Standards, 1973. Patric MALBO, Christophe BAR, New Insensitive Rifled 120-mm Mortar Ammunition with Enhanced Lethal Performance, TDA Armements SAS, Route d'Ardon, 45240 La Ferte Saint Aubin, France. Zecevic, B., Terzic, J., Catovic, A., & Serdarevic-Kadic, S. (2006, April). Influencing parameters on HE projectiles with natural fragmentation. In International Conference on New Trends in Research of Energetic Materials (pp. 780-795). Gooch Jr, W. A. Weapons and Materials Research Directorate US Army Research Laboratory Aberdeen Proving Ground, Maryland, USA. Berko ZECEVIC, Alan CATOVIC and Jasmin TERZIC, Zecevic, B., Catovic, A., & Terzic, J. (2008). Comparison of lethal zone characteristics of several natural fragmenting warheads. Central European Journal of Energetic Materials, 5(2), 67-81. V. M. Gold, E. L. Baker and W. J. Poulos. (April 2007) Modeling Fragmentation Performance of Natural and Controlled Fragmentation Munitions, 23rd International Symposium on Ballistics Tarragona, Spain 16-20. Barnard, R., & Nebolsine, P. (2000). Fragment-Field Analysis Testing System. PHYSICAL SCIENCES INC ANDOVER MA. C E du Toit and B T Smit. (2006). High Explosive Formulation for and Full-scale Characterisation of an IM Missile Fragmentation Warhead, Insensitive Munitions & Energetic Materials Technology Symposium. TM 9-1907, Ballistic Data Performance of Ammunition, 1948. Oerlikon Pocket Book, 1981.

گلوله قرار می‌گیرند، استفاده می‌شود. در این روش، صفحات فلزی به نحوی در کنار هم بر روی زمین مستقر می‌گردند که در مجموع یک نیم‌دایره را تشکیل دهند. گلوله در وضعیت افقی در مرکز نیم‌دایره و در مقابل مرکز صفحات، مستقر و نسبت به فعال‌سازی مدار انفجاری برقرار شده در قسمت حفره‌ی دهانه‌ی گلوله، اقدام می‌شود. تعداد سوراخ‌های ایجاد شده بر روی صفحات، شمارش و به‌عنوان ترکش مؤثر، گزارش می‌شود. در ترکش‌گیری به روش چاله، گلوله در داخل جعبه، مستقر و توسط نگه‌دارنده‌های چوبی مستقر در وسط جعبه، تثبیت می‌شود. جعبه در وضعیت ایستاده (سر گلوله رو به بالا) درون چاله‌ی بتون‌آرمه‌ی مخصوص ترکش‌گیری قرار گرفته و روی آن ماسه ریخته شده و نسبت به فعال‌سازی مدار انفجاری برقرار شده در قسمت حفره‌ی دهانه‌ی گلوله، اقدام می‌شود. با استفاده از دستگاه مخصوص، ترکش‌ها از ماسه‌ی موجود در چاله‌ی انفجار، جدا و نسبت به دسته‌بندی وزنی آن‌ها اقدام می‌شود. ترکش‌گیری زیر آب، در یک حوضچه‌ی مناسب انجام می‌شود. گلوله در یک کیسه‌ی PVC پر شده از با هوا (با قطر پنج برابر کالیبر گلوله) قرار می‌گیرد. در فاصله‌ی مناسبی از بالا و پایین گلوله، یک تور نایلونی با سوراخ‌های ریز قرار داده می‌شود تا پس از انفجار گلوله، ترکش‌های حاصل از انفجار را جمع کنند.

۶ منابع

محمدروضه سره، مریم؛ بحیرایی، مجتبی. (۱۳۹۵). استانداردسازی دیر هنگام و هم‌پایی فناوریانه، موسسه آموزشی و تحقیقاتی صنایع دفاعی. ریاحی، بهروز؛ هادوی، سیدمحمد مهدی. (۱۳۸۹). استانداردسازی رویکردی کسب و کارانه به سازمان‌های ملی استانداردسازی، تهران، مربع. Rheinmetall. (1982). A Military Technology Compan, Rheinmetall GmbH, Dusseldorf, February. Jorgensen, J. J., Naess, P. A., & Gaarder, C. (2016). Injuries caused by fragmenting rifle ammunition. Injury, 47(9), 1951-1954. Moxnes, J. F., & Børve, S. (2015). Simulation of natural fragmentation of rings cut from warheads. Defence Technology, 11(4), 319-329. Crouch, I. G. (2017). Introduction to armour materials. In The science of armour materials (pp. 1-54). Woodhead Publishing. Verreault, J. (2015). Analytical and numerical description of the PELE fragmentation upon impact with thin target plates. International Journal of Impact Engineering, 76, 196-206. TM 9-1977-1: 1954; Development Test and Evaluation