

تحلیل و پیش بینی پارامترهای بالستیک داخلی از نوع جنگ افزارهای بدون لگد

مجتبی دهقان منشادی*
 سبجان صفوی منش
 ناصر زارعی

دانشیار، مجتمع دانشگاهی مکانیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین شهر، اصفهان، ایران
 کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین شهر، اصفهان، ایران
 کارشناس ارشد مهندسی هوافضا، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، شاهین شهر، اصفهان، ایران

چکیده

بالستیک داخلی شامل بررسی و مطالعه فشار گازهای حاصل از احتراق است. تحلیل بالستیک داخلی می‌تواند مقدار خرج پرتاب، مقدار انرژی لازم آزاد شده برای حرکت گلوله، فشار وارد بر سطح داخلی گلوله، مشخصات لوله و حد تحمل لوله در مقابل فشار را مشخص کند. در مقاله پیش رو یک روش عددی جهت پیش بینی پارامترهای بالستیک داخلی از جمله فشار، دما، سرعت و نیروی اصطکاک در طول لوله سلاح پرداخته شده است. تولید شبکه در محیط گمبیت انجام شده است. با استفاده از توابع تعریف شده توسط برنامه الحاقی جهت اعمال شرایط مرزی، شبیه سازی حرکت گلوله درون لوله و در محیط نرم افزار فلوئنت صورت گرفته است و رفتار گلوله درون لوله از شروع حرکت ناشی از فشار احتراق تا زمانی که گلوله در دسترس می باشد مورد بررسی قرار گرفته است. با توجه به اینکه هدف نهایی در تحلیل بالستیک داخلی سرعت متناسب با برد است لذا در پژوهش حاضر عوامل موثر برای دست یابی به سرعت بهینه به طور کامل شرح داده شده است. همچنین نحوه حرکت گلوله درون لوله با استفاده از نمودارها و کانتورها نمایش داده شده است. از نتایج مهم می توان به روند صعودی و نزولی فشار و به تبع آن دما در پشت گلوله اشاره کرد. همچنین بیشینه دما در پشت گلوله و کمینه آن در نوک گلوله اتفاق افتاده است.

واژه های کلیدی: بالستیک داخلی، جنگ افزارهای بدون لگد، روش عددی، پارامترهای بالستیک داخلی.

Analysis and Forecast of Internal Ballistic Parameters of Weapon without Recoil

M. DehghanManshadi

Department of Mechanical Engineering, Malek-Ashtar University of technology, Shahin shahr, Esfahan, Iran

S. Safavi Manesh

Energy Conversion Mechanical Engineering, Malek -Ashtar University of technology, Esfahan, Iran

N. Zarey

Aerospace Engineering, Malek -Ashtar University of technology, Shahin Shahr, Isfahan, Iran

Abstract

Internal ballistics include the study of the combustion gases pressure. In the present paper, a numerical method is proposed to predict internal ballistic parameters such as pressure, temperature, velocity and friction force along the length of the weapon tube. The grid generation is done in the Gambit environment and after writing the appropriate code The simulation of the bullet movement inside the tube has been carried out and the behavior of the bullet inside the tube is initiated from the onset of the motion due to the combustion pressure until the bullet is available. It is famous that the ultimate goal in internal ballistic analysis is to determine the relation between speed and range. Here, the factors affecting the optimal speed achievement are fully described. Also, the movement of bullets inside the tube is shown using diagrams and contours. The most important results are about the upward and downward pressure and the temperature behind the bullet. Furthermore, the maximum temperature behind the bullet and its minimum at the tip of the bullet have occurred.

Keywords: Internal Ballistic, Recoilless weapons, Numerical methods, internal ballistic parameters.

مقدمه

گلوله تا زمانی که تحت تاثیر انرژی اولیه ناشی از احتراق است لازم به نظر می‌رسد و می‌تواند کمک زیادی به توسعه و پیشرفت بالستیک داخلی کند. اوایل در سال ۱۷۰۷-۱۷۸۳ از نخستین کسانی است که در زمینه بالستیک ها تحقیقات گسترده‌ای انجام داده است. وی نتایج بدست آمده از شلیک های تجربی را تحلیل کرد تا بتواند پسای وارد بر گلوله توپ را بدست آورد [1]. از اولین کسانی که به اندازه گیری فشار گازهای حاصل از انفجار درون لوله یک پرتابه پرداخته است رامفورد در سال ۱۷۹۲ می‌باشد. وقتی خرج پرتابه دچار احتراق می‌شود گازهای پر انرژی که دارای دما و فشار زیادی است را ایجاد می‌کند. این فشار زیاد به

واژه بالستیک در اصل به معنای پرتابه است. بالستیک داخلی شروع حرکت گلوله تحت تاثیر نیروی اولیه ی ناشی از احتراق و تاثیر عوامل مختلف بر این حرکت تا زمانی که گلوله در داخل لوله سلاح است. تحلیل بالستیک داخلی می تواند مقدار خرج پرتاب، مقدار انرژی لازم آزاد شده برای حرکت گلوله، فشار وارد بر سطح داخلی گلوله، مشخصات لوله و حد تحمل لوله در مقابل فشار را مشخص کند. تاریخچه بالستیک داخلی نشان می دهد که اغلب تحقیقات به عمل آمده در زمینه خرج گلوله و قوانین مربوط به اشتعال است. از این رو تحلیل ابتدای حرکت

* نویسنده مکاتبه کننده، آدرس پست الکترونیکی: mdmanshadi@alum.sharif.edu

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۶

تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۹/۲۶

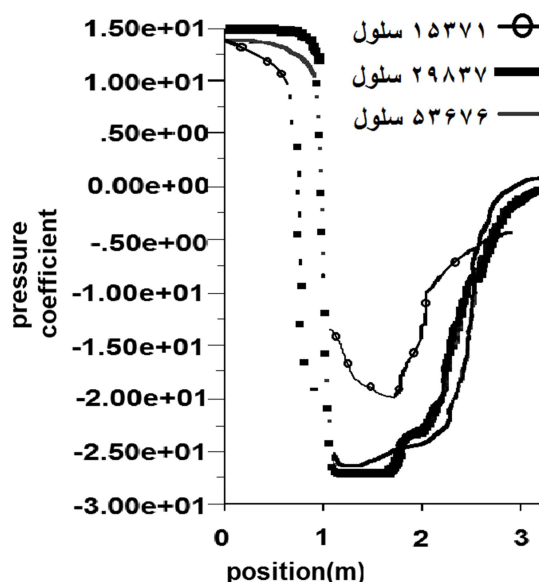
ته گلوله وارد شده و آن را در داخل لوله به جلو پرتاب می‌کند [2]. تحقیقات گسترده‌ای در زمینه بالستیک داخلی هم اکنون در حال انجام است [3,4]. بالستیک داخلی به دلیل سریع بودن فرآیندها و سختی اندازه‌گیری در قسمت لوله از اهمیت بالایی برخوردار است. پژوهشگران بالستیک داخلی تلاش می‌کنند پارامترهای سلاح و مهمات به گونه‌ای تنظیم شود که سرعت دهانه مورد نظر تامین شود [5] و در اثر فشار زیاد لوله سلاح آسیب نبیند. برای اینکه فشار زیاد باعث آسیب رساندن به لوله سلاح نشود محققین باید قادر به محاسبه فشار پشت گلوله باشند همچنین باید بتوانند تغییرات سرعت و شتاب گلوله را در مدت پرتاب درون گلوله پیش بینی کنند [6]. رحیمیان و طالعی به روش حجم محدود با حل معادلات حاکم در بالستیک داخلی منحنی‌هایی بدست آوردند و با نتایج آزمایشگاهی خود مقایسه کرده‌اند که این کار رضایت بخش بوده است [7]. در یک مطالعه رفتاری مهدی نصرآزاده و همکاران به تحلیل پرتابه درون لوله پرتابه پرداختند و نمودارهای فشار، سرعت دهانه و بیشترین فشار وارد بر پرتابه را بدست آوردند. در این تحقیق کمترین ضخامت پوسته به طوری که سازه پرتابه دچار شکست نشود محاسبه شده است [9]. در یک کار عددی کوالینی با استفاده از یک شبکه‌ی یک بعدی ناپایدار جهت پیش بینی رفتار موتور به مدل سازی احتراق پرداخت. او به این نتیجه رسید که اوج فشار بلافاصله پس از سوزش فرسایشی رخ خواهد داد و بیشترین افت فشار مربوط به بخش آخر سوزش می‌باشد [10]. مارتینز و همکاران در یک کار عددی-تحلیلی، در یک شرایط متغیر به توصیف احتراق سوخت در یک پرتابه پرداختند. در تحقیق ایشان نتایج عددی یک بعدی با داده‌های تجربی تیر انداز ۱۵۵ میلی متری مقایسه شده است [11]. هنگ هو و همکاران به روش عددی به مطالعه بر روی بالستیک داخلی راکت با سوخت جامد پرداخته است. محاسبه معادلات بالستیک داخلی با استفاده از روش رانگ کوتا مرتبه چهار انجام شده است. آنها مشکل اصلی در احتراق عملی را وجود سوزش فرسایشی دانسته‌اند. همچنین به این نتیجه رسیدند که میزان شارژ جرقه می‌تواند اثر قابل توجهی در منحنی فشار در محفظه احتراق بگذارد [12]. از جمله تجهیزات بالستیک داخلی می‌توان به جنگ افزارهای بدون لگد اشاره کرد که از هر دو انتها باز هستند. در این تجهیزات از یک سر جنگ افزار پرتابه و از سر دیگر گازهای ناشی از احتراق خارج خواهد شد. در این تجهیزات مومنوم رو به جلوی وارد شده به پرتابه برابر مومنوم خارج شده از گازهای خروجی است. در چنین حالتی دیگر جنگ افزار حرکت رو به عقب ندارد. از مزایای جنگ افزار بدون لگد می‌توان به وزن کم، عمر طولانی و ساختاری ساده اشاره کرد ولی این جنگ افزارها به خرجی بالا نسبت به سایر جنگ افزارها نیاز دارند. با توجه به اینکه آزمایش

های واقعی در تحلیل بالستیک داخلی در فشار بالا بسیار پر هزینه و خطرناک است توجه ما در این جور مسائل معطوف به روش های عددی است. پدیده احتراق و جزئیات آن پدیده‌ای پیچیده است که در این مطالعه رفتاری از آن صرف نظر شده است. در مقاله حاضر به نحوه‌ی چگونگی اشتعال خرج پرتاب و ترکیبات آن در محفظه احتراق پرداخته نشده است. در اینجا به شروع حرکت گلوله ناشی از فشار احتراق تا زمانی که گلوله در دسترس ماست پرداخته شده است. با توجه به اینکه هدف نهایی در تحلیل بالستیک سرعت متناسب با برد است لذا در مقاله حاضر عوامل موثر بر دستیابی سرعت بهینه به طور کامل شرح داده شده خواهد شد و همچنین نحوه‌ی حرکت گلوله درون سلاح مشخص شده است. حل کامپیوتری یک مسئله اطلاعات کامل و جزئیات لازم را به ما خواهد داد و مقادیر تمام متغیرهای مربوط (مانند سرعت، فشار، دما، تمرکز نمونه های شیمیایی، شدت آشفستگی) را در سراسر حوزه مورد علاقه به دست می‌دهد. برخلاف شرایط نامطلوبی که ضمن آزمایش پیش می‌آید، مکان های غیر قابل دسترس در یک محاسباتی کم بوده و اغتشاش جریان در آن وجود ندارد. بدیهی است از هیچ بررسی آزمایشگاهی نمی‌توان انتظار داشت تا چگونگی توزیع تمام متغیرها را روی تمام میدان اندازه بگیرد. بنابراین، حتی وقتی یک کار آزمایشگاهی انجام می‌شود، بسیار با ارزش خواهد بود که جهت تکمیل اطلاعات آزمایشگاهی حل کامپیوتری همزمان با آن به دست آید. برای یک برنامه کامپیوتری، داشتن ابعاد هندسی بسیار بزرگ یا خیلی کوچک، به کار بردن درجات حرارت خیلی کم یا بسیار زیاد، عمل کردن با مواد سمی یا قابل اشتغال، تعقیب فرآیندهای بسیار سریع یا خیلی آهسته مشکل مهمی را ایجاد نمی‌کند. در مقاله حاضر نیز برای چندین حالت مختلف شبه سازی ها صورت گرفته است این در حالی است که در آزمایشگاه محققین قادر نخواهند بود همه‌ی حالات بدست آمده را بررسی کنند. در تحقیقات پیشین بدست آمده در خصوص تحلیل بالستیک داخلی تعداد محدودی از آن‌ها به حرکت درون لوله سلاح مربوط می‌شود و اکثر پژوهش‌ها مربوط به مدل سازی احتراق می‌باشد. اکثر تحقیقات بالستیک داخلی مربوط به حرکت درون لوله سلاح نیز در حالت های خاصی صورت گرفته شده است و کمتر به جنگ افزارهای بدون عقب لگد پرداخته شده است. در حال حاضر مرجع مناسبی که در آن به نحوه حرکت گلوله درون لوله سلاح جنگ افزار بدون عقب نشینی همراه با جزئیات پرداخته باشد موجود نیست. از این رو در مقاله حاضر تحقیقات پیشین در این زمینه به صورت جامع تری دنبال خواهد شد و با یک رویکرد متفاوت کار دیگران توسعه داده می‌شود، طوری که بتوان به یک نتیجه گیری قابل لمس رسید چرا که نتایج در قالب نمودارها و کانتورها به خوبی

یک نتیجه گیری مطلوب از دماغه C برای تحلیل نهایی استفاده شده است.

بررسی استقلال از شبکه

شبکه با تعداد ۲۹۸۳۷ سلول به عنوان شبکه نهایی انتخاب شده است. اختلاف ضریب اصطکاک بین شبکه با تعداد سلول ۲۹۸۳۷ و شبکه با تعداد سلول ۵۳۶۷۶ محاسبه شد و مقدار آن کمتر از ۵٪ بدست آمده است. بنابراین شبکه با تعداد ۲۹۸۳۷ سلول بخاطر کاهش زمان محاسبات و حفظ دقت کافی در محاسبه انتخاب شده است.



شکل ۴- اختلاف ضریب فشار بین شبکه با تعداد سلول ۲۹۸۳۷ و ۵۳۶۷۶

اعتبار سنجی نتایج

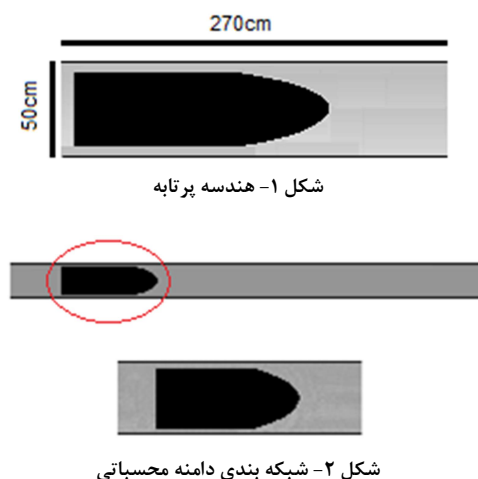
در این مقاله با استفاده از اعتبار بخشی و شبیه سازی، حرکت گلوله درون لوله سلاح معتبر سازی شده است. مطالعه شبکه بر روی چندین المان مورد بررسی قرار گرفته و مناسب ترین گزینه برای تحلیل نهایی این مقاله انتخاب شده است. برای اینکه از اعتبار محاسبات اطمینان حاصل کنیم و بتوانیم از این نتایج استفاده کنیم باید نتایج محاسبات با نتایج عملی و آزمایشگاهی مطابقت داده شود تا در صورت کم بودن خطا از آن استفاده شود. اگر نتایج آزمایشگاهی برای مقایسه موجود نباشد باید از روش های زیر برای اعتبار سنجی نتایج استفاده کرد.

- آزمایش های قبلی انجام گرفته برای پروژه های مشابه
- مقایسه بین حل تحلیلی جریان های مشابه
- مقایسه با نتایج حاصل از مقالات و کتاب های معتبر

قابل درک هستند. مقاله حاضر می تواند ایده و کمکی برای ساخت تجهیزات بالستیک داخلی از نوع جنگ افزارهای بدون لگد باشد.

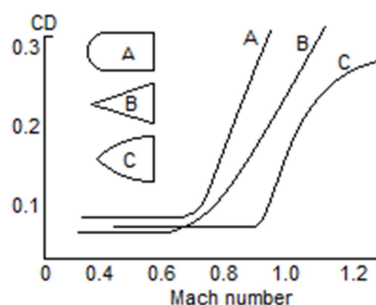
هندسه و مدل سازی

در این مقاله از المان بندی های بی سازمان استفاده شده است. مهمترین ویژگی شبکه ی بی سازمان تطبیق خوب آن با مرزها و هندسه های پیچیده می باشد که باعث می شود زمان تولید شبکه در این روش بسیار کمتر از روش با سازمان شود. البته عیب شبکه بی سازمان پیچیده بودن سازمان اطلاعات آن و نیاز به حافظه و محاسبات بیشتر است. شکل (۱ و ۲).



شکل دماغه

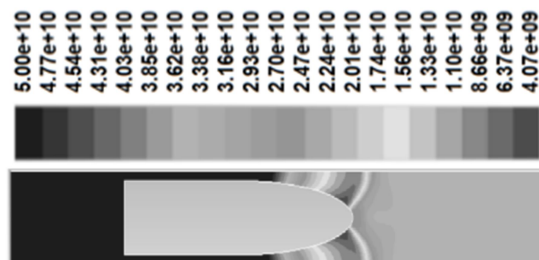
در رژیم های زیر صوت، پسای وارد شده به گلوله پرتابه را به وسیله یک شکل دماغه مناسب و صاف می توان کاهش داد. در شکل ۳ رابطه بین ضریب پسا با افزایش سرعت برای سه دماغه مختلف در رژیم های زیر صوت نشان داده شده است [8].



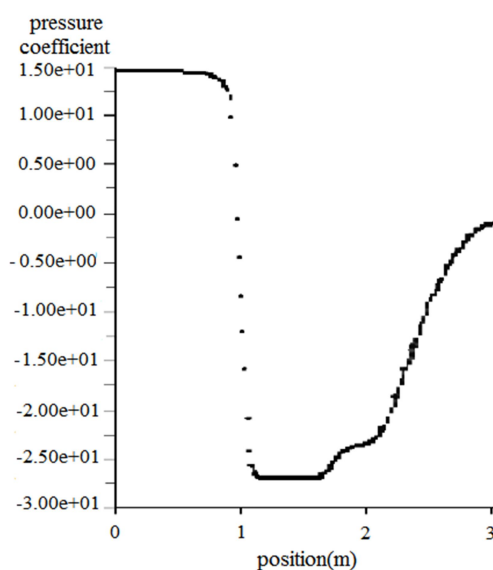
شکل ۳- تغییرات CD با سرعت در ناحیه زیر صوت برای دماغه ها با شکل های مختلف [8]

به طور معمول هر قدر سر بلندتر باشد پسای وارد شده نیز کمتر می باشد. باتوجه به شکل ۳ نیز مشخص است که پسای وارد شده به دماغه C کمتر است. از این رو در مقاله حاضر برای رسیدن به

ما فقط برای یک یا دو حالت عملکردی مسئله نتایج را معتبر سازی می‌کنیم ولی می‌توان برای حالت‌های مختلف نیز بررسی و اطمینان حاصل کرد. اعتبار سنجی نتایج نمودارهای سرعت مکان و نیروی اصطکاک با استفاده از کتاب بالستیک نظامی تالیف سی‌ال فرار دی دبلیو لیمینگ انجام شده است [8]. شکل های ۵ و ۶ اعتبار سنجی برای دو حالت را نشان می‌دهد. از آنجا که دو حالت مختلف از نتایج بدست آمده با منابع معتبر همخوانی دارد می‌توان گفت کل حالت‌های بدست آمده با تقریب خوبی درست هستند، چرا که تمامی نمودارها و کانتورها از یک نوع مش بندی و روش بدست آورده شده اند.

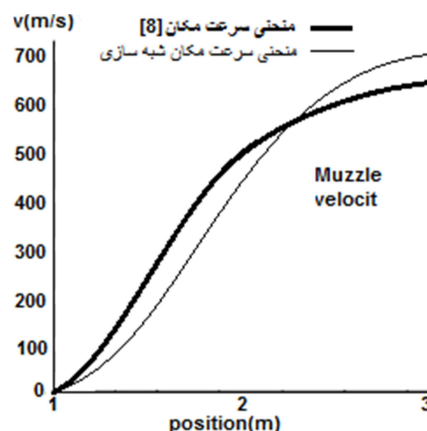


شکل ۷- کانتور توزیع فشار استاتیکی پرتابه

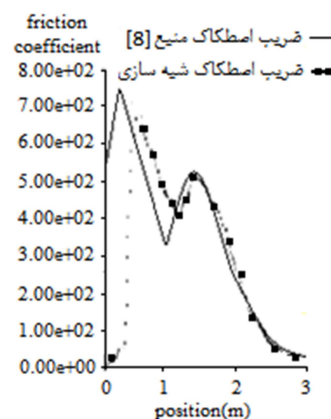


شکل ۸- نمودار ضریب فشار

در نمودار شکل ۸ منحنی ضریب فشار بر حسب تغییر مکان گلوله نشان داده شده است. در ابتدای محفظه خرج به وسیله گلوله مسدود شده است. با آزاد شدن انرژی ناشی از سوخت فشار و درجه حرارت به شدت افزایش می‌یابد با تولید گاز در یک حجم ثابت افزایش ناگهانی فشار در محفظه احتراق را به همراه دارد.



شکل ۵- اعتبار سنجی منحنی سرعت مکان



شکل ۶- اعتبار سنجی منحنی ضریب اصطکاک

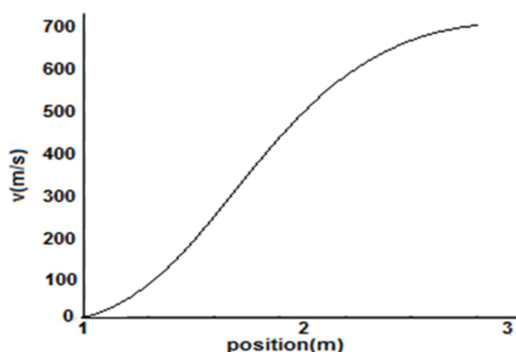
نتایج

نمودارها و کانتورها

عوامل زیادی وجود دارد که بر فشار درون لوله پرتابه تاثیر گذار هستند. فشار پشت گلوله پرتابه تا حدود زیادی متناسب با گرمای ایجاد شده توسط گازهای محفظه احتراق است. با مقایسه شکل های ۷ و ۸ می‌توان به این مورد پی برد. هنگامی

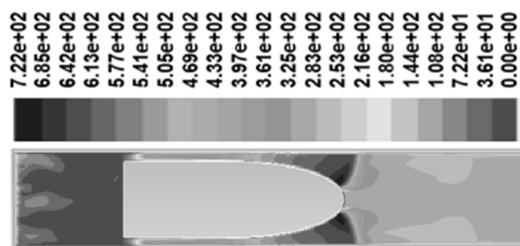
تشکیل می‌دهد [10]. کاهش فشار به معنی نرخ تولید گاز است و افزایش فضای پشت پرتابه باعث افزایش انتقال گرما می‌باشد که این خود کاهش دما و تبع آن کاهش فشار را به عهده دارد. در روش‌های تحلیلی فشار حرکت گلوله را با افزایش نرخ سوزش با نتایج تجربی مقایسه کرده اند.

با توجه به شکل ۱۱ برای کانتور سرعت پرتابه و مقایسه آن با کانتور فشار استاتیکی (شکل ۹) ملاحظه می‌شود که در طول لوله فشار و سرعت با هم رابطه عکس دارند و در پشت گلوله که حداکثر فشار را داریم به نسبت حداقل سرعت را داریم که در شکل مشخص شده است. سرعت گلوله بر خلاف فشار حالت نوسانی به خود نمی‌گیرد و در طول لوله با افزایش زمان افزایش می‌یابد و این برای هر گلوله‌ای درون لوله پرتابه صادق است. در شکل ۱۰ نمودار سرعت مکان به خوبی حاکی از آن است که در طول لوله پرتابه سرعت پرتابه با گذر زمان افزایش می‌یابد.

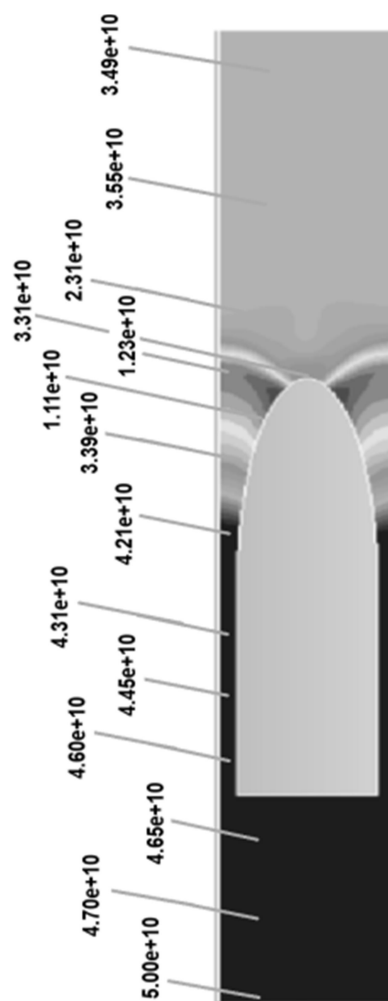


شکل ۱۰- توزیع سرعت بر حسب مکان درون لوله سلاح

در شکل ۱۲ به خوبی مشخص است که در مبدا حرکت سرعت درون لوله دارای مقدار مشخص سرعت است، این سرعت مشخص به دلیل انفجار اولیه و احتراق است که معلوم می‌شود گاز پشت گلوله هنوز به طور کامل متراکم نشده است. همچنین مشخص است که در لبه های کناری جلوی گلوله سرعت مقدار بیشینه خود را دارد. فضای جلوی گلوله هم به دلیل تاثیر پذیری از حرکت گلوله دارای سرعت بیشتری نسبت به پشت گلوله است.

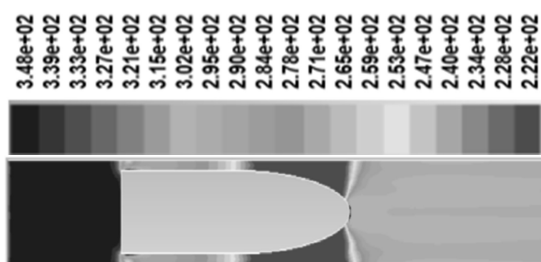


شکل ۱۱- کانتور سرعت پرتابه



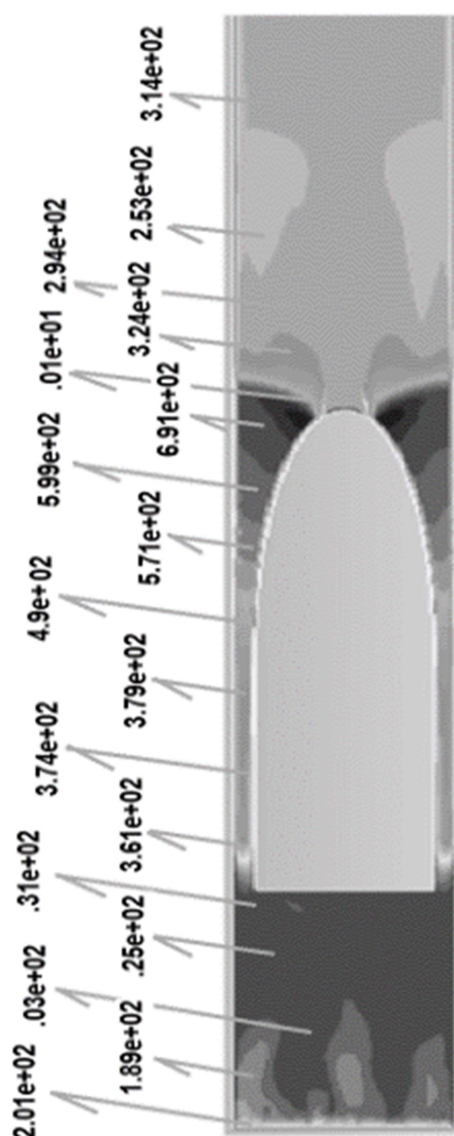
شکل ۹- توزیع فشار استاتیکی درون لوله سلاح بر حسب پاسکال

در لحظه شروع حرکت پرتابه با توجه به کم بودن سرعت حرکت پرتابه (شکل ۱۲) افزایش فضای پشت پرتابه کم است و نمی‌تواند نرخ گاز تولیدی را جواب دهد در این حالت فشار به مقدار زیادی افزایش می‌یابد. در این لحظه گلوله به جلو حرکت می‌کند، وقتی گلوله با سرعت زیاد به جلو پرتاب می‌شود در درون لوله و پشت گلوله حجم فزاینده‌ای بر جای می‌گذارد که این تغییر ناگهانی فشار و ضریب فشار را به همراه خواهد داشت. این پرش در تمام نمودارها در فاصله یک متری از شروع حرکت به خوبی مشخص است. در ادامه حجم فزاینده به وسیله گازهای پر فشار ناشی از احتراق پر می‌شود. در این موقع خرج هنوز در حال احتراق است و آنقدر گاز با فشار بالا تولید می‌شود که سرعت گلوله نمی‌تواند با افزایش حجم آن را جبران کند. نتیجه این عمل افزایش فشار را به دنبال خواهد داشت. هنگامی که گلوله به انتهای لوله می‌رسد به دلیل ازدیاد حجم پشت گلوله و منبسط شدن گازها درون لوله فشار افت پیدا می‌کند و زمانی که گلوله لوله را ترک می‌کند فشار و دما به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا می‌کند. فشار گازهای خروجی معمولاً ۱۰ تا ۳۰ درصد فشار حداکثر را



شکل ۱۳- کانتور دما

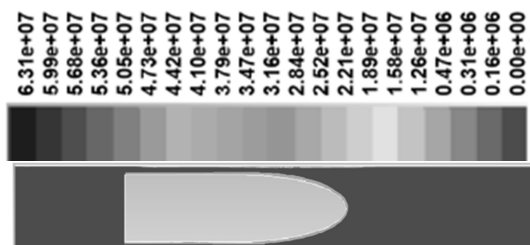
به دلیل اینکه انرژی صرف حرکت طولی گلوله و بخشی از آن هم صرف گرم کردن گلوله و لوله می‌شود و همچنین مقداری از انرژی به صورت حرارت مخفی می‌تواند در گاز باقی بماند و در نهایت از لوله خارج شود، دما در طول لوله سیر نزولی دارد. همان طور که در شکل ۱۳ مشاهده می‌شود به دلیل اینکه در نوک گلوله سرعت خیلی کم است و اصطلاحاً "نقطه سکون رخ می‌دهد فشار و به تبع آن دما بالاتر از سیال جلوی گلوله است. شکل ۱۴ به خوبی نشان می‌دهد که کمینه دما درون لوله در لبه های کناری جلوی گلوله است. سیال جلوی گلوله به دلیل پیشروی گلوله و متراکم شدن دارای دمای بیشتری نسبت به لبه کناری جلوی گلوله است. شکل ۱۵ تغییرات دمای پشت گلوله در توالی شلیک را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در مکان‌های اولیه گلوله در لوله با حرکت رو به جلوی گلوله تا یک متری حرکت دما دچار تغییراتی نشده است، درست در یک متری حرکت به دلیل افزایش ناگهانی حجم پشت گلوله و افت شدید فشار در یک لحظه و زمان بسیار کوتاه افتی در دما مشاهده شده است. با ادامه حرکت گلوله و رسیدن گازهای داغ پرفشار به گلوله دما مقداری افزایش یافته است و بعد از یک افزایش در فاصله یک متری تا نزدیک دومتری لوله افت پیدا کرده است. به طور کلی با حرکت رو به جلوی گلوله در توالی شلیک، دمای پشت پرتابه کاهش پیدا می‌کند ولی این کاهش نوساناتی را تجربه می‌کند.



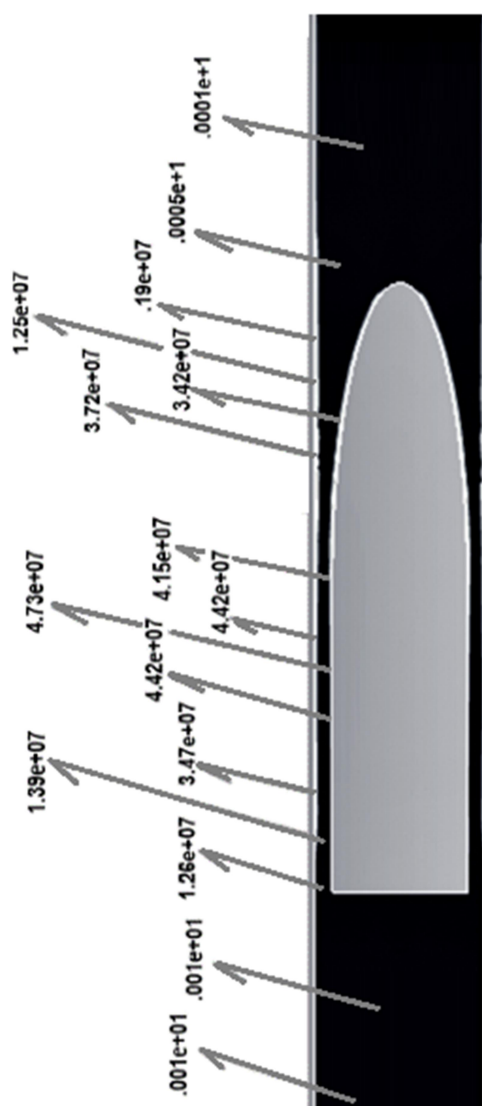
شکل ۱۴- توزیع سرعت درون لوله سلاح بر حسب متر بر ثانیه

هنگام اشتعال خرج و تبدیل آن به گاز در محفظه احتراق درجه حرارت بسیار بالا می‌رود. هر خرجی با یک دما می‌سوزد. این دما در محفظه بسته احتراق بدست می‌آید. به دلیل اینکه در لوله پرتابه رسانش از طریق جداره‌های محفظه احتراق به کندی صورت می‌گیرد. به هنگام حرکت گلوله در طول لوله پرتابه دما خیلی پایین‌تر از نقطه اشتعال است. (شکل ۱۳). اطلاع از این توزیع دما در طول لوله می‌تواند به طراحی و انتخاب جنس لوله کمک زیادی کند. با توجه به نمودار شکل ۱۵ انرژی و به تبع آن دما در طول لوله سیر نزولی دارد.

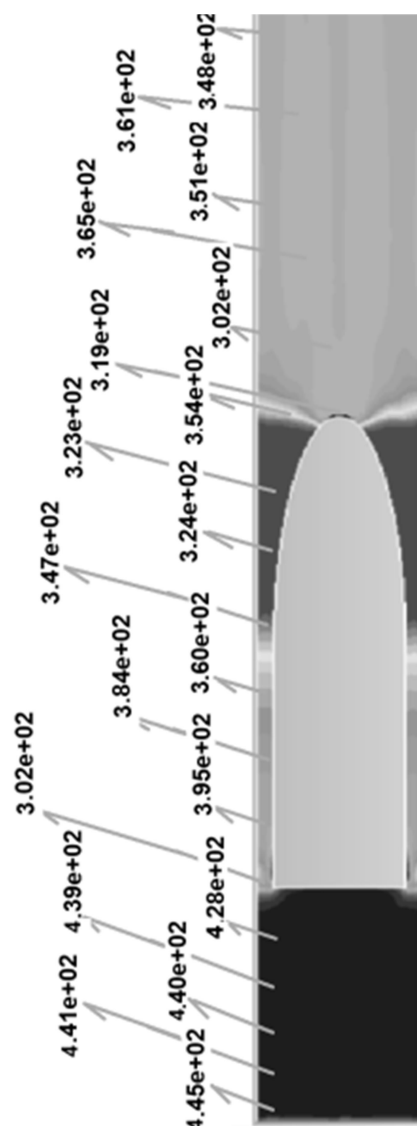
درون لوله پرتابه دو نوع نیرو به گلوله وارد می‌شود. نیروی ناشی از گازهای پر فشار و دیگری نیروی اصطکاک بین گلوله و سطح داخلی لوله است که این نیروی اصطکاک بر خلاف جهت گلوله وارد می‌شود و متناسب با تنش برشی است.



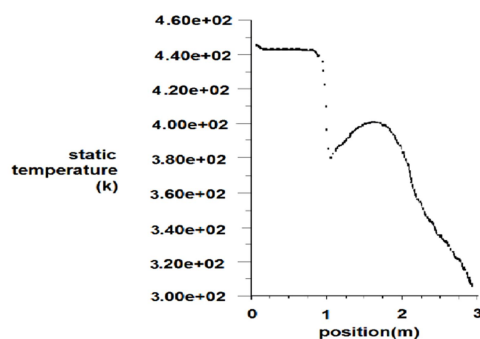
شکل ۱۶- کانتور تنش برشی



شکل ۱۷- توزیع تنش برشی درون لوله سلاح بر حسب پاسکال



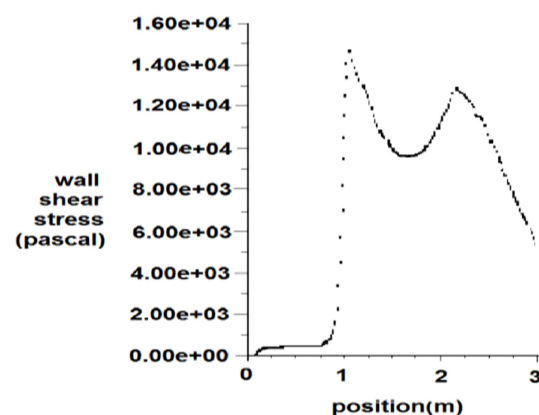
شکل ۱۴- توزیع دما درون لوله سلاح بر حسب کلوین



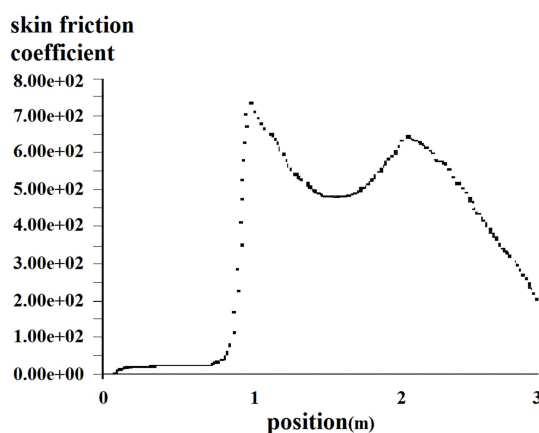
شکل ۱۵- نمودار دما

همان طور که از شکل‌های ۱۶ و ۱۷ و ۱۸ پیداست تنش برشی و ضریب اصطکاک با دما به طور عکس تغییر کرده است که منطقی به نظر می‌رسد. در هر جا در طول لوله دما زیاد است تنش برشی و متناسب با آن نیروی اصطکاک کمتر است. این امر به دلیل این است که در دمای بالا سایش و برخورد مماسی کمتر احساس می‌شود. با کاهش نیروی اصطکاک تنش برشی نیز با افزایش دما کاهش می‌یابد.

در انتهای لوله نیز به دلیل اینکه سطح گلوله به قدر کافی داغ شده با سطح درگیری کمتری دارد و نیروی اصطکاک به شدت کاهش یافته است. در نمودار شکل ۱۸ مشهود است که تنش برشی قابل ملاحظه روی سطح گلوله و سطح داخلی لوله سلاح است.



شکل ۱۸- نمودار تنش برشی



شکل ۱۹- نمودار ضریب اصطکاک

لازم به ذکر است که در طول یک لوله پرتابه انرژی حاصل از احتراق تبدیل به انرژی‌های دیگر می‌شود. از جمله این انرژی‌ها انرژی است که صرف حرکت رو به جلوی پرتابه می‌شود، بخشی دیگری از این انرژی صرف دوران پرتابه در پرتابه‌های چرخشی می‌شود. بخشی دیگر صرف اصطکاک لوله خواهد شد و مقداری

از آن نیز به صورت نهان در گازها از لوله خارج خواهد شد. در جدول ۱ که از کارهای تحقیقاتی هرمن کریر و همکاران در پرتابگر کالیبر متوسط است، این توزیع انرژی نشان داده شده است [13].

جدول ۱- تقسیمات انرژی در پرتابگر کالیبر متوسط

توزیع انرژی	مقدار
انرژی همراه گازهای خروجی	۴۲/۲۶ درصد
تلفات حرارتی	۲۰/۱۷ درصد
انرژی جنبشی گازها	۳/۱۴ درصد
انرژی منتقلی به سامانه	۰/۱۲ درصد
کل انرژی بر پرتابه	۳۴/۳۱ درصد
تلفات اصطکاکی	۲/۱۷ درصد
انرژی دورانی پرتابه	۰/۱۴ درصد
جمع کل	۱۰۰ درصد
انرژی کل منتقل شده به پرتابه	۳۲ درصد

نتیجه‌گیری

انرژی پتانسیل شیمیایی در گازهای داغ و پر فشار ناشی از احتراق عامل اصلی تحرکات گلوله است. درون لوله پرتابه هنگامی که خرج می‌سوزد مقدار انرژی زیادی را به صورت گازهای داغ آزاد می‌کند. نتیجه این گازهای داغ فشار بالا پشت گلوله پرتابه است. عوامل متعددی در هر لحظه بر فشار درون لوله تاثیر گذار است. فشار گاز درون لوله تا حد زیادی متناسب با گرمای ایجاد شده است. با حرکت پرتابه با سرعت بالا در ابتدای حرکت، افتی در فشار به سمت کف گلوله مشاهده می‌شود. این افت به دلیل اصطکاک بین گازهای پیشران و افزایش حجم ناگهانی پشت گلوله است. از پرش نمودار ضریب فشار در یک متری شروع حرکت واضح است که یک اغتشاش قابل ملاحظه‌ای در پشت گلوله وجود دارد. دلیل این موضوع یک ناحیه کم فشار پشت پرتابه است، چون گازهای ناشی از احتراق نمی‌تواند سریعاً به پشت گلوله برسد تا این فضا را پر کند. نتیجه این عمل یک حالت خلا مانند با حداقل فشار است که خود می‌توان نوعی مقاومت در برابر حرکت باشد. دو عامل موثر می‌تواند بر بیشینه فشار درون لوله پرتابه تاثیر زیادی داشته باشد. نخست آزاد شدن سریع گازهای داغ حاصل از احتراق و دوم جرم زیاد پرتابه است. جرم پرتابه تمایل دارد که در برابر افزایش حجم مقاومت کند و این افزایش فشار را به همراه دارد. انرژی ایجاد شده توسط گازهای داغ و پرفشار خروجی در طول لوله عمدتاً به انرژی‌های زیر تقسیم می‌شوند. انرژی که صرف حرکت رو به جلوی گلوله در طول لوله می‌شود و انرژی که صرف تغییر مکان گازها و جابجایی قسمتی از خرج‌های نسوخته احتمالی می‌شود، انرژی که به صورت گرمای مخفی و نهان در گازهاست و در

نهایت از لوله پرتابه خارج می شود، انرژی که باعث گرم شدن لوله و گلوله می شود و انرژی که صرف اصطکاک درون لوله می شود. نقطه قابل توجه این است که بیشینه دما و فشار درون لوله و محفظه احتراق نباید از حد تحمل لوله پرتابه بیشتر باشد. سرعت خروج لوله از دهانه پرتابه به شدت بر فرسودگی و عمر لوله پرتابه تاثیر گذار است. از این رو می توان عمر لوله پرتابه را با سرعت خروج گلوله مربوط ساخت. آگاهی از تغییرات سرعت در طول لوله می تواند به جنس لوله و طراحی آن کمک زیادی کند.

مراجع

- [1] Anti-personnel, Stockholm international peace research institute, Taylor and Francis Ltd., London, 1978
- [2] ballistic range technology, advistory group for aerospace research and development, nasn, Maryland.
- [3] Jaramaz, S.; Mikovic, D. Interior Ballistic Principle of High/Low Pressure Chamber in Automatic Grenade Launchers; 19th Int. Symp. on Bal., Switzerland, 2001, pp. 203-215.
- [4] Struble, R. A. A Study of the Interior Ballistic Equation; Arch. Rational Mech. Anal. 1959, 3, 43-52.
- [5] عباس سیفی پور ، شبیه سازی بالستیک داخلی نارنجک های تفنگی، با محفظه های پرفشار- کم فشار، مجله علمی پژوهشی مواد پرنرژی، سال نهم، شماره ۱، بهار و تابستان ۹۳، ص ۳-۱۱.
- [6] Carlucci, D.; Jacobson S. Ballistics, Theory and Design of Guns and Ammunition; CRC Press, Boca Raton, 2008.
- [7] Axisymmetric Flow Field with Talei, M., Rahimian, M. H. Experimental and Numerical Study of Moving Boundary; In: 11rd Annual Conference of the CFD Society of Canada, Vancouver, 28-30 May 2003.
- [8] بالستیک نظامی، سی ال فرار دی دبلیو لیمینگ، ترجمه مهندس احسان خلیلی دهکردی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، چاپ اول، بهار ۹۱، صفحات ۳۹-۴۲
- [9] مهدی نصر.. زاده، اسماعیل لاکي، جعفر روشنیان، رضا ابراهیمی، تحلیل بالستیک داخلی و بهینه سازی یک پرتابه حامل تحت تنش های داخلی لوله پرتابگر، فصلنامه مکانیک هوافضا جلد ۱۰، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، صفحه ۲۳-۳۲.
- [10] Cavallini E./Internal Ballistics Simulation of a NAWC Tactical arm/ Journal of Applied Mechanics, Transactions ASME 2011-08-25
- [11] R. A. Otón-Martínez¹, G. Monreal-González², J. R. García-Cascales², F. Vera-García², F. J. S. Velasco³ and F. J. Ramírez-Fernández¹, An approach formulated in terms of conserved variables for the characterisation of propellant combustion in internal ballistics, INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL METHODS IN FLUIDS 2015; 79:394-415
- [12] Heng Xue, Chunlan Jiang, Zaicheng Wang, Internal Ballistic Calculation and Test Study on Spinning Solid Rocket Motor, 2009 Second International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation.
- [13] Engineering Design Handbook Gun, Series Interior Ballistics of Gun, Army Material Command Pamphlet, AMCP 706-150, 1964.