

关于火炮身管烧蚀磨损与寿命问题的研究

薛剑博

北京市丰台区杜家坎装甲兵工程学院 北京 100000

【摘要】在火炮寿命的众多制约因素当中,身管的内膛烧蚀是十分主要的一个制约因素,同时,身管的内膛烧蚀还会对火炮的战斗作用能力有着很大的影响,因此,对于火炮身管烧蚀磨损与寿命问题的研究是很有必要的。本文结合多种理论技术,对实际的火炮发射过程当中,造成的身管烧蚀磨损与寿命问题进行了研究。

【关键词】火炮内弹道;烧蚀磨损;数值分析

DOI:10.13751/j.cnki.kjyqy.2016.07.176

作为常规武器,火炮是战斗当中应用最为广泛的武器之一,火炮的炮身寿命直接影响其所在部队的战斗力。而在火炮炮身寿命的众多制约因素之中,身管的内膛烧蚀是最为关键的一项因素,因此,在火炮的实际设计以及使用当中,都需要考虑到身管的内膛烧蚀问题。延长火炮身管寿命能够有效的保证火炮的战斗力,同时也是重要的战术指标。

在进行射击的时候,火炮会产生大量的高温气体,使得内膛达到很高的温度,在燃气的推动下,弹丸沿炮口方向运动。在发射过程当中,膛内气体向身管内壁进行传热,并瞬间提高内壁的温度,打破热平衡,形成不定的温度分布。然而,火炮的工作原理会造成内膛的烧蚀磨损。在高温火药的作用下,火炮的身管内壁材料会受到不断的去除,最终导致身管直径的增大,而这些结果会使得火炮性能下降,影响设计精度,并促使其寿命的终止。

一、火炮内弹道模型

就火炮的身管烧蚀磨损程度来讲,是和火药气体的热作用有着很大的关系的,一般来讲,热作用是造成身管烧蚀的主要原因,因此在对这一问题进行研究的时候,需要对火药气体进行参数的计算,尤其是需要计算燃气的热学参数,而热血参数也是计算身管烧蚀的重要基础,这需要通过模型来对气体温度的变化规律进行计算。

我们通过经典的内弹道模型编写了火炮内弹道程序,得到了弹道的各项特征,并在对其进行分析研究之后进行了相关计算,通过研究我们发现,在火炮的实际发射过程当中,膛内的气流会发生剧烈的变化,压力会在几毫秒内上升到375.4MPa,而压力峰值对应的位置是则是火炮的坡膛附近。随着弹丸的不断运动,空间逐渐增大,压力随之下降。弹丸在火药推动下进行运动,且火药气体不断增加,在弹丸行程的后半段,由于火药的燃尽使得弹丸速度增加速度趋于平缓,气体温度瞬间达到峰值,随后逐渐下降。

二、身管热传导分析

本文通过实际研究,发现在火炮的连续射击过程当中,与身管的单发射击有一定的区别,由于温度的累计效应,因此火炮炮身的内膛温度会随时间不断上升。内壁温度成脉冲式上升,此外内壁能达到的温度峰值也会不断增大,回落速度会不断递增,这是连续发射时表现的趋势。但在实际的发射过程当中,身管整体的温度也会随着发射次数的不断增加而进行增长。

在火炮的连续发射过程当中,内壁的能达到的温度峰值不断增大,但是温度的增幅会逐渐减小。

在实际的研究当中我们发现,在发射后的极短时间内,内壁的温度会出现剧烈的变动,而距离内壁的距离越远,温度的变化越平缓。在连续发射过程当中,内壁温度呈脉冲式变化,在发射一定的弹数后,内壁的温度递增趋势会逐渐平缓。身管温度的变化会因为其位置的不同而存在的一定的差别,靠近内壁的位置,其温度变化特征明显,反之则不明显,也就是说,在距离内壁较远的地方,温度

的变化不再呈脉冲型,而是比较平缓。

三、身管烧蚀磨损模型建立

本文利用经验公式等模型来对火炮身管过程当中出现的烧蚀量进行了计算。本文采用的公式考虑到了火药的热作用对身管烧蚀的影响,并将化学公式纳入到对于实际烧蚀的计算过程当中。本文的研究,采用了双芳-3火药进行相关的分析,并结合火炮身管自身的温度,计算出了在火炮单独发射以及连续发射两种情况下,火炮身管内壁产生的实际的烧蚀程度,通过实际的计算我们发现:

(1)通过一些化学公式进行实际的计算,我们发现火炮身管的实际烧蚀量是与所使用的火药有着十分密切的关系的。在本文的研究当中,选用的是双芳-3火药,并通过建立模型的方式进行计算,发现在实际的火炮身管发射过程当中,热因素会对火炮身管产生更大的烧蚀量。

(2)火炮身管在实际的烧蚀过程当中,其经受的烧蚀程度会随着时间而进行不断的变化,并在达到峰值之后不断减小。

(3)如果火炮进行连续射击,那么这会导致火炮的身管温度出现不断上升的情况,这同时也会导致火炮神官内膛烧蚀量的不断增加。

四、身管寿命分析

如今,随着时代的发展以及科技的不断进步,现代战争对火炮提出了越来越高的要求,大威力、高射速火炮的大规模应用,更加突出了身管寿命的问题。一般来讲,对于火炮寿命的问题应从火炮身管的寿命以及火炮系统当中的零部件寿命两个方面进行考虑。在火炮当中有着很多零件,这些零件组合在一起,构成了火炮自身的复杂系统,这就需要了解火炮的各部分功能。就一般的火炮来讲,部件可以在发生损坏或者出现故障的时候,进行维修或者是更换,但是由于身管费用较高,且无法修复,身管就成为了制约火炮寿命的关键因素。一般来讲,我们将最大射速下身管在丧失功能前射击的发射数称之为火炮的寿命。

1.身管寿命终止评估标准

一般来讲,对于火炮身管寿命终止的评判标准有弹带削光、弹丸初速下降等许多因素。这些因素都会在一定程度上是火炮性能下降,导致其难以达到作战的需求。

就目前来讲,我国采用以下标准对炮身寿命进行评估:

- (1)初速下降量大于规定值;
- (2)火炮最大膛压大于规定值;
- (3)立靶密集度或地面密集度超过规定值八倍;
- (4)早炸或连续瞎火。

在以上标准当中,不仅涉及到身管,同样也与弹丸也有关系,其中第五条就是从弹丸的角度来对寿命进行判断。尽管这些条件并不相同,但是他们还存在着一定的关联性,在这些标准当中,如果有一条出现,那么我们就认为火炮的身管寿命终止。

本文是选择了其中一种标准来对身管的极限寿命进行研究,因为火炮对弹丸有着严格的初速度要求,因此,我们用弹丸初速下降量来对身管寿命进行判断。而弹丸的初速下降量与身管的磨损有着密切的练习,随着磨损的进行,身管直径不断增大,容积也随之而增大,导致弹丸启动压力不断减小,因此根据这一关系,则可以求出弹丸初速的下降量。下表为部分火炮寿命极限特征量数值表。

(>>下转第211页)

“21世纪的绿色金属结构材料”。

2. 镁合金在车辆结构构件的应用情况

目前的镁合金制造工艺技术,能够有效的实现利用镁合金制造集成性能较高的车辆结构构件,一方面,镁合金具有良好的铸造性,加工条件较为简单,加工工艺简单,且加工有效性较高,不易产生废品,另一方面,镁合金较高的阻尼系数,能够增添汽车结构的抗震性,十分符合汽车工业制造对于材料的多项功能的追求目标。目前,镁合金在车辆结构构件的制造中广泛应用,例如在车辆的传动系统中,在合器外壳、齿轮箱外壳、变速箱外壳等零件的铸造方面就大量的使用了镁合金。在车体结构中,车门内衬、仪表板、车灯外壳、引擎盖、车身骨架、底盘系统转向架等也大量使用了镁合金压铸产品。许多国外发达国家对于镁合金的应用程度要远远高于国内汽车制造业,例如许多汽车高端品牌兰博基尼、保时捷等都采用了镁合金减重设计,其车辆的相关性能都得到了很好的提升。但由于国内基于汽车安全性的考量,对于镁合金材料的应用情况较少,仍旧多用铝合金的形式来对汽车重量进行控制。

3. 镁合金在车辆构件应用中存在的问题

镁合金的广泛应用为汽车减重、节能减排带来了新的机遇,但同时也还存在一些问题有待解决。首先,是镁合金材料的回收问题,目前对于镁元素的回收技术相对局限,且回收成本极高,大大的超出了一般性合金的回收价格。其次则是镁元素的易氧化、较活泼的化学性质,为镁合金的集成化、模块化在汽车零部件使用上带来了调整,其对制造工艺的要求较高,大大增强了生产工艺的难度。最后一点,则是对于镁合金的相关性能测试的数据存在一定的欠缺,由于对镁合金材料的研究不深,在信息时代,对于镁合金相关的基础数据资料的整合存在较大的欠缺,无法更有效的提升对镁合金性能的利用程度。

4. 镁合金在车辆构件应用的发展趋势

镁合金与铝合金相比,其合金强度存在一定的弱势,因此,为了进一步的提升镁合金在汽车领域的应用,其未来的发展趋势应该可以分为高强度镁合金、耐热镁合金、耐蚀镁合金、阻燃镁合金。

提升镁合金的强度,一般可以从改变合金元素(加入稀土元素、铝元素等)、改变铸造成型工艺(半固态成型技术)、改变合金纯度等方式。提升镁合金的耐热强度,一般采用天剑钙,稀土等元素,提升镁合金的耐腐蚀、阻燃性,则可以采用表面处理技术、无溶剂气体保护法等方式。

参考文献

- [1]杨忠振,陆化普.日本的私营铁道发展历程及其对中国城市铁道建设的启示[J].交通运输工程学报,2011年03期
- [2]宣财鑫.铁道车辆维修系统[J].国外机车车辆工艺,2012年03期
- [3]高井莫夫,张耀宏.摩擦搅拌焊接在铁道车辆上的应用[J].国外机车车辆工艺,2012年04期
- [4]Norimichi KUMAGAI,孙爱玉.燃料电池车辆的开发[J].国外铁道车辆,2012年03期
- [5][日本]金子纯一,菅又信,沼政弘,西川泰久,高田秀男.金属学会杂志[J],2000
- [6]肖英龙.日本铁道车辆轻量化材料的选择及使用[N].世界金属导报,2013年

(>>上接第209页)

表1 部分火炮寿命极限特征量数值表

火炮名称	身管寿命极限特征量	
	初速相对该变量(%)	最大膛压相对改变量(%)
1959年-1式130mm加农炮	7.34	16.26
1966年式152mm加农榴弹炮	10.00	35.00
1954年式122mm榴弹炮	10.00	40.00
1956年式85mm加农炮	2.68	10.16
1965年式双管37mm高射炮	4.20	10.13
1986年式100mm滑膛炮	4.14	13.52

2. 身管寿命理论模型

在经典的计算当中,通常会根据经验来对启动压力取一常量。但这只是工程上的简化,实际上对弹丸的挤压并非常量,在不同的时段当中,弹丸会收到不同的加压力,并随磨损量的变化而不断变化。一般来讲,受到越严重的磨损,弹丸收到的起压动力就会越小。

3. 身管寿命发数计算

从下表的计算当中我们可以看到,在连发过程当中,身管的寿命会比单发时的寿命小,这说明,在传统的计算过程当中,采用单发磨损来估算身管的寿命结果是偏大的,其实际寿命应比单发要小,采用连发的情况来计算寿命更加贴合实际,能够为火炮寿命问题提供参考结果。

表2 连发时身管膛壁温度峰值及磨损量计算

射击发数	射击时间	膛壁峰值温度	单发磨损量
1	10	1527.8	10.4
2	20	1540.3	11.4
3	30	1548.4	14.7
4	40	1554.5	19.9
5	50	1559.5	23.7
总磨损量		80.1	
极限寿命射击发数		156	

我们在传统的火炮身管寿命评判的基础上,对弹丸初速与火炮内膛磨损之间建立了一定关系,通过在实际的研究当中,对火炮身管的烧蚀进行计算。并利用这种方法,来对火炮身管的寿命进行经济意义的预测。但是由于在实际的实验过程当中,本文对弹丸起步压力的计算进行了简化处理,这就表示本文的计算分析仍然与实际情况有着一定的分别,还需要在日后进行更加细微的研究。

结束语:随着火炮的广泛应用,火药的能量也在不断的提高,这使得身管内膛烧蚀的问题更加突出。因此,本文的研究有一定的显示意义。本文对身管在发射当中的磨损进行了计算,并据此预测了身管的极限寿命,希望能够起到一定的参考价值。

参考文献

- [1]张羽.高超声速弹丸气动烧蚀数值模拟[D].南京理工大学,2010
- [2]傅朝斌.全可燃药筒高射速火炮身管传热性能研究[D].南京理工大学,2010
- [3]杨晨.高超声速飞行器的气动烧蚀及内部传热研究[D].南京理工大学,2010
- [4]牛群峰.高射速身管刚强度及热分析[D].南京理工大学,2010
- [5]胡振杰.火炮发射过程中的身管热弹耦合分析[D].南京理工大学,2010