

# 某炮弹底塞表面防护工艺霉菌试验研究

殷宗莲, 黄波, 胥泽奇, 刘杰, 张凯

(西南技术工程研究所, 重庆 400039)

**摘要:** 目的 研究某炮弹底塞最佳表面防护工艺。方法 采用霉菌试验方法,对2种底塞材料多种表面处理与防护工艺样品的防霉性和防腐蚀性能进行试验和优选。结果 分析了防霉性和防腐蚀性能优劣的原因,评定出了最优的材料和表面处理与防护工艺组合,提出了炮弹长贮防霉和防腐蚀的建议和措施。结论 底塞最佳的材料和表面处理与防护工艺组合为30CrMnSiA+镀锌/镀锌镍合金+涂7258号航空润滑油脂。

**关键词:** 底塞; 30CrMnSiNi2A; 30CrMnSiA; 霉菌试验; 防护工艺; 润滑脂

**DOI:** 10.7643/issn.1672-9242.2015.04.014

**中图分类号:** TJ413 **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2015)04-0072-04

## Mold Test of Surface Protection Technology for Base Plug of a Type of Bullet

YIN Zong-lian, HUANG Bo, XU Ze-qi, LIU Jie, ZHANG Kai

(Southwest Research Institute of Technology and Engineering, Chongqing 400039, China)

**ABSTRACT: Objective** To study the optimal surface protection technology for Base Plug of a type of bullet. **Methods** Mold test method was used to test the anti-mold property and corrosion resistance of specimens of two kinds of base plug materials processed by different protection technologies. **Results** The causes for the different corrosion resistance and anti-mold performance was analyzed, the optimal combination of material and surface protection technology was selected, and some suggestions and measures for long storage and corrosion proof of bullets were put forward. **Conclusion** The optimal material and surface protection technology for base plug of bullet was 30CrMnSiA + galvanizing/zinc-nickel alloy coating + coating with 7258 aviation grease.

**KEY WORDS:** base plug; 30CrMnSiNi2A; 30CrMnSiA; mold test; protection technology; grease

霉菌生长可使有机材料发生直接降解,其分泌的新陈代谢排泄物(草酸、乳酸、醋酸及柠檬酸等有机酸)和其他离子化合物能导致金属腐蚀,影响产品的外观乃至使用性能<sup>[1]</sup>。炮弹底塞为金属材料,在长期贮存过程中如发生表面长霉,会导致表面防护工

艺破坏乃至基体腐蚀<sup>[2-6]</sup>,导致点火药剂吸潮变质、点火头<sup>[7-8]</sup>和电极塞失效<sup>[9-10]</sup>等情况发生,致使炮弹不能正常工作,影响使用。武器装备的防霉设计最主要的是尽量选用能防霉的材料或表面防护工艺(镀层、涂层等)。为提高某炮弹底塞的防霉菌防腐蚀能力,优

收稿日期: 2015-06-05; 修订日期: 2015-06-23

Received: 2015-06-05; Revised: 2015-06-23

作者简介: 殷宗莲(1965—),女,重庆丰都人,工程师,主要从事环境试验与评价工作。

**Biography:** YIN Zong-lian(1965—),Female, from Fengdu, Chongqing, Engineer, Research focus: environmental test and evaluation.

选不同表面防护和处理工艺,对2种底塞金属材料的不同表面防护和处理工艺进行了霉菌试验研究。

## 1 试验

### 1.1 试验样品

炮弹底塞材料为30CrMnSiNi2A,30CrMnSiA。为提高试验结果的一致性和代表性,采用比实际产品尺寸更大的模拟件进行试验。模拟件分别为圆柱体和立方体,圆柱体直径为 $\phi 66$  mm,厚度为8 mm;立方体尺寸为140 mm $\times$ 140 mm $\times$ 8 mm。模拟件表面防护处理工艺及涂油状态与底塞实际使用状态相同。

### 1.2 试验方式

1) 温、湿度条件。试验参照GJB 150.10—1986<sup>[1]</sup>进行,试验的温、湿度条件由专用霉菌培养箱控制。试验在温湿度交变循环条件下进行,每24 h循环1次。前20 h,保持温度为29.7~30.1 $^{\circ}$ C,相对湿度为94.3%~95.7%。在以后的4 h中,前1 h内将温度由29.8~30.1 $^{\circ}$ C降到25.0~25.1 $^{\circ}$ C,降温过程中相对湿度不小于90%,然后保持温度为25.0~25.2 $^{\circ}$ C,相对湿度为96.2%~100% 2 h,最后1 h内将温度由25.0~25.2 $^{\circ}$ C升到29.7~30.1 $^{\circ}$ C,相对湿度不小于90%。试验周期为28天。

2) 接种菌种。按GJB 150.10—1986规定的菌种,即黑曲霉、黄曲霉、杂色曲霉、绳状青霉和球毛壳霉等5种菌种。

3) 培养及检查。将样品分别按Ja,Jb方法接种菌种霉菌孢子,在规定条件的霉菌培养箱中进行培养,培养7天、28天后分别进行逐件检查记录长霉情况。Ja:在试验样品上直接接种霉菌孢子;Jb:先用营养液预处理样品后,再接种霉菌孢子。

### 1.3 评定方法

评定指标为样品表面霉菌生长等级和基体金属腐蚀面积。霉菌生长等级按GJB 150.10—1986表1评定,根据霉菌生长程度分为0—4级共5个等级。基体腐蚀情况按试验样品表面腐蚀面积占比计算。

## 2 试验结果和讨论

### 2.1 试验结果

经霉菌培养箱试验7天后,检查与样品处于同一水平位置的对照棉布条长霉情况,每个棉布条长霉面积均在90%以上,表明霉菌接种成功,试验箱内环境适合霉菌生长。试验28天后,检查各试验样品表面霉菌生长与金属材料或表面镀层的腐蚀情况,检查结果见表1。样品表面长霉与腐蚀图片见图1—7。

表1 不同表面工艺下样品霉菌生长对比

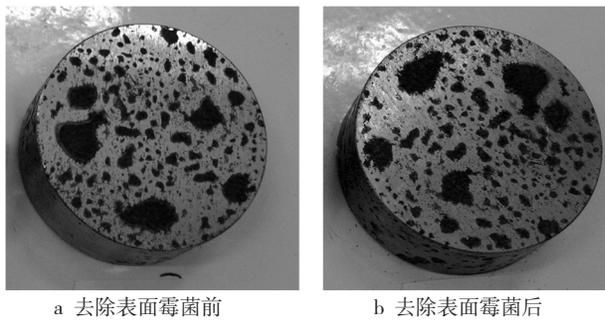
Table 1 Comparison of mold growth on specimens with different kinds of surface processing technologies

材料及表面防护与处理工艺(试验样品编号)	长霉等级(百分率/%)	腐蚀面积占比/%
金属/金属镀层		
30CrMnSiNi2A 裸金属(1-1)	3(70)	85
30CrMnSiNi2A 镀锌(1-2)	2(30)	0
30CrMnSiNi2A 镀锌镍合金(1-3)	2(20)	0
表面涂炮油		
30CrMnSiNi2A 裸金属(1-4)	3(60)	50
30CrMnSiA 镀锌后(2-5)	3(50)	0
表面涂炮用润滑脂		
30CrMnSiNi2A(1-5)	1(5)	0
30CrMnSiA 镀锌(2-1)	1(4)	0
表面涂7258号航空润 滑脂		
30CrMnSiNi2A(1-6)	0	1
30CrMnSiA 镀锌(2-2)	0	0
30CrMnSiA 镀锌镍合金(2-3)	0	0
表面涂耐腐蚀高温润 滑脂		
30CrMnSiNi2A(1-7)	0	50
30CrMnSiA 镀锌(2-4)	0	表面1%黑斑,10%白斑
30CrMnSiA 镀锌镍合金(2-6)	0	表面1%黑斑

### 2.2 讨论与分析

霉菌生长必须要满足4个条件,即要存在有活力

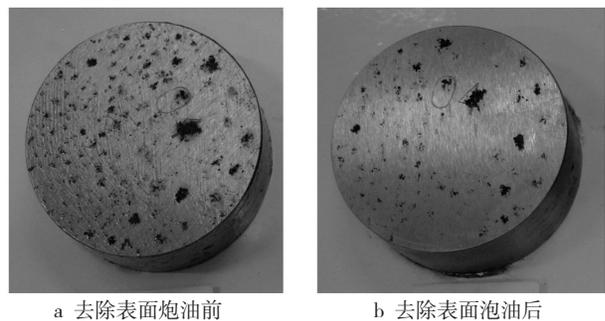
的霉菌孢子,适宜的温度、湿度条件和霉菌生长所必需的营养物质。霉菌孢子直径仅为1~10 $\mu$ m,在流动的空气中极易传播,凡空气可达之处一般都有霉菌



a 去除表面霉菌前 b 去除表面霉菌后

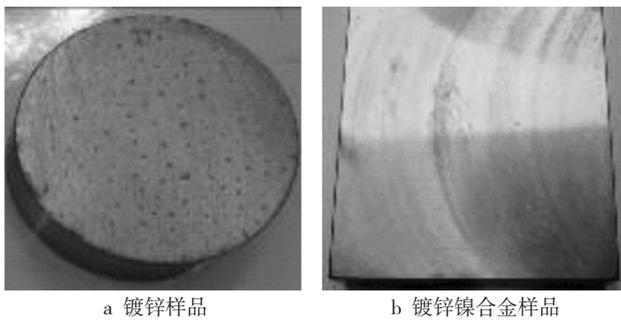
图1 30CrMnSiNi2A 裸金属样品霉菌生长与腐蚀形貌

Fig.1 Mold growth and corrosion morphology of 30CrMnSiNi2A bare metal samples



a 去除表面炮油前 b 去除表面炮油后

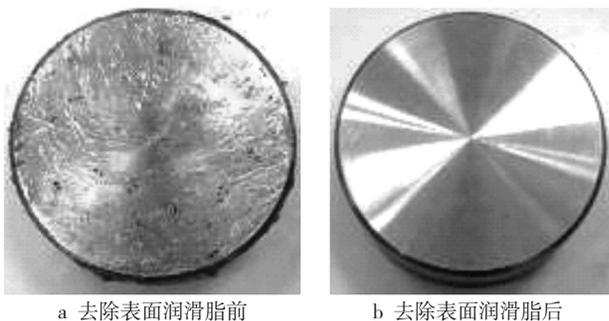
图2 30CrMnSiNi2A 裸金属表面涂炮油样品霉菌生长与腐蚀形貌  
Fig.2 Mold growth and corrosion morphology of 30CrMnSiNi2A bare metal samples coated with gun oil



a 镀锌样品 b 镀锌镍合金样品

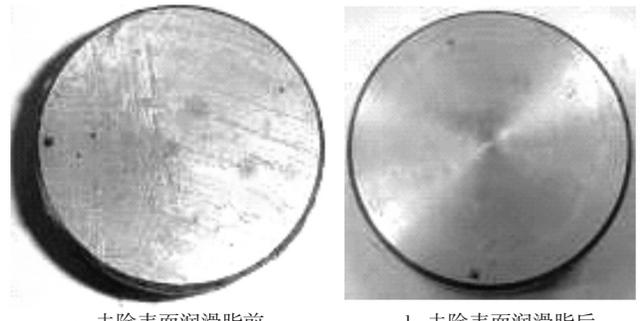
图3 30CrMnSiNi2A 镀锌、镀锌镍合金样品霉菌生长对比

Fig.3 Comparison of mold growth on 30CrMnSiNi2A specimens after galvanizing and zinc-nickel alloy coating



a 去除表面润滑脂前 b 去除表面润滑脂后

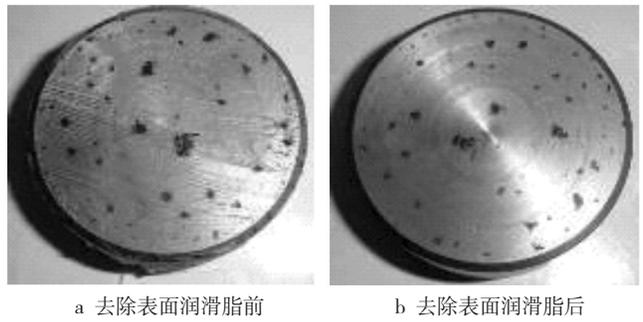
图4 30CrMnSiNi2A 表面涂炮用润滑脂样品霉菌生长与腐蚀形貌  
Fig.4 Mold growth and corrosion morphology of 30CrMnSiNi2A specimen coated with gun grease



a 去除表面润滑脂前 b 去除表面润滑脂后

图5 30CrMnSiNi2A 表面涂7258号航空润滑脂样品霉菌生长与腐蚀形貌

Fig.5 Mold growth and corrosion morphology of 30CrMnSiNi2A specimen coated with 7258 aviation grease



a 去除表面润滑脂前 b 去除表面润滑脂后

图6 30CrMnSiA 涂耐腐蚀高温润滑脂样品霉菌生长与腐蚀形貌  
Fig.6 Mold growth and corrosion morphology of 30CrMnSiA specimen coated with corrosion and high temperature resistant grease

孢子的存在。适于大多数霉菌生长的最适宜温度为 25 ~ 30 ℃,湿度为 85% 以上,温度低于 0 ℃ 或高于 30 ℃ 及湿度在 70% 以下,大多数霉菌难以生长<sup>[12]</sup>。炮弹贮存环境相对于导弹要严酷很多,在我国南方地区,库房环境温湿度极易达到大多数霉菌生长适宜的条件,因而选择防霉材料和表面处理与防护工艺是极为重要的。

由表 1 及图 1、图 3 可见,作为对比试验的 30CrMnSiNi2A 裸金属样品和镀锌、镀锌镍合金样品试验后发生了中度(长霉 3 级)和轻度(长霉 2 级)的霉菌生长,裸金属样品发生了较为严重的腐蚀现象,腐蚀面积达 85%。虽然 30CrMnSiNi2A 金属表面镀层为无机材料,无法为霉菌生长提供必要的营养物质,但在实际生产中,无法保持镀层表面的绝对清洁,表面极易沾污手汗、沉积灰尘等,在适宜的温湿度条件下,很容易长霉。长时间的霉菌生长,会致使镀层破坏甚至发生基体腐蚀,导致严重后果。

在材料表面涂覆油脂,一方面可以保护基体材料和防护层,防止腐蚀;另一方面也可以起到一定的密

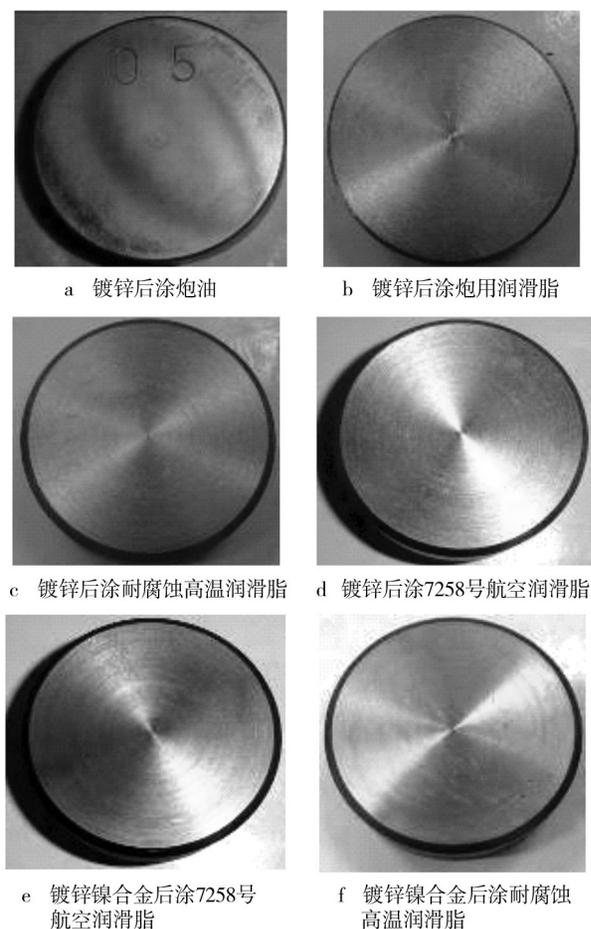


图7 30CrMnSiA在六种表面防护工艺下样品腐蚀形貌对比  
Fig.7 Comparison of mold growth on specimens with six kinds of surface processing technologies

封作用。由表1和图2—7可见,表面涂炮油处理,对基材材料的防护能力有限,腐蚀面积达50%。炮油在试验中也易长霉,长霉等级达3级。三种润滑脂(高温润滑脂、炮用润滑脂、7258号航空润滑脂)防霉能力均较好,仅炮用润滑脂发生微量霉菌生长,但仍在合格范围内。防腐蚀性能方面,除高温润滑脂外,炮用润滑脂和7258号航空润滑脂对材料的防护能力均较好,仅涂7258号航空润滑脂的30CrMnSiNi2A表面出现极少锈点。润滑脂防腐蚀性能优于炮油的主要原因在于,润滑脂不会受本身重量的影响而从样品表面自动地流失掉,具有保持能力,而且一般脂层又都比油层厚,因而防止水或水蒸气渗透到金属表面的能力也较强,并能隔离酸、碱、湿气、氧气和水直接侵蚀工作表面,而炮油的防护能力相对较差,仅能在短暂时间能起一定防护作用<sup>[13-16]</sup>。

综上所述,综合考虑防霉和防腐蚀性能后,优选的最佳材料和表面处理与防护工艺组合为30CrMnSiA镀锌+表面涂7258号航空润滑脂和30CrMnSiA镀锌镍

合金+表面涂7258号航空润滑脂,其次为30CrMnSiNi2A+表面涂7258号航空润滑脂、30CrMnSiA镀锌+表面涂炮用润滑脂、30CrMnSiNi2A+表面涂炮用润滑脂及30CrMnSiA镀锌镍合金+表面涂耐腐蚀高温润滑脂。

### 3 结论与建议

1) 为防止长期贮存过程中发生霉与腐蚀并满足底塞功能要求,材料须经必要的防护处理,表面选择涂覆防霉性能优良的润滑脂。经优选,最佳的材料和表面处理与防护工艺组合为30CrMnSiA镀锌+表面涂7258号航空润滑脂和30CrMnSiA镀锌镍合金+表面涂7258号航空润滑脂。

2) 控制炮弹长贮环境条件也是防霉和防腐蚀的有效措施。为此,将炮弹装配车间环境及贮存库房环境控制在“三七线”(温度 $\leq 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度 $\leq 65\%$ )以内,保持炮弹良好的包装条件等均是十分重要的。

#### 参考文献:

- [1] 王俊,黄本诚,万才大. 环境模拟技术[M]. 北京:国防工业出版社,1996.  
WANG Jun, HUANG Ben-cheng, WANG Cai-da. Environment Simulation Technology[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1996.
- [2] 齐俊臣,李新俊,刘春和. 武器装备的霉菌防护技术[J]. 装备环境工程,2004,1(2):69—72.  
QI Jun-chen, LI Xin-jun, LIU Chun-he. Precautions Against Mildew Technology for Weapon Material[J]. Equipment Environment Engineering, 2004, 1(2): 69—72.
- [3] 吕人豪. 工业微生物学成就[M]. 北京:科学出版社,1998.  
LYU Ren-hao. The Industrial Microbial Achievement[M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [4] 王效安. 国防仓储防霉学[M]. 北京:国防工业出版社,2001.  
WANG Xiao-an. Defense Warehousing Moldproof[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2001.
- [5] 于运治,李建林,龚红良. 导弹贮存的失效模式及失效机理[J]. 四川兵工学报,2009,30(4):27—29.  
YU Yun-zhi, LI Jian-lin, GONG Hong-liang. Failure Mode and Failure Mechanism of the Missile Storage[J]. Journal of Sichuan Ordnance, 2009, 30(4): 27—29.
- [6] 宣卫芳,王一临. 小口径弹及其包装贮存长霉的对策研究[J]. 包装工程,2002,23(3):11—13  
XUAN Wei-fang, WANG Yi-lin. Countor Measure Research of Mold in Packaging Storing of Small Cartridge[J]. Packaging

(下转第94页)

- [12] 蔡森,王贵森,金日光,等.影响涂料耐磨性的主要因素[J].材料保护,2003,36(1):15—18.  
CAI Sen, WANG Gui-sen, JIN Ri-guang, et al. Factors Influencing Wear Resistance of Coating[J]. Materials Protection, 2003, 36(1): 15—18.
- [13] GB/T 23987—2009,色漆和清漆 涂层的人工气候老化暴露 暴露于荧光紫外线和水[S].  
GB/T 23987—2009, Paints and Varnishes—Exposure of Coat-
- ings to Artificial Weathering—Exposure To fluorescent UV Lamps and Water[S].
- [14] GB/T 1766—2008,色漆和清漆 涂层老化的评级方法[S].  
GB/T 1766—2008, Paints and Varnishes—Rating Schemes of Degradation of Coats[S].
- [15] GB/T 1771—2007,色漆和清漆 耐中性盐雾的测定[S].  
GB/T 1771—2007, Paints and Varnishes—Determination of Resistance to Neutral Salt Spray(Fog) [S].



(上接第75页)

Engineering, 2002, 23(3): 11—13.

- [7] 涂小珍,严楠,华琦,等.电点火头药剂贮存失效的组分分析[J].含能材料,2004,12(6):346—349.  
TU Xiao-zhen, YAN Nan, HUA Qi, et, al. Composition Analysis on Deterioration of Electric Match Charge in Storage[J]. Energetic Materials, 2004, 12(6): 346—349.
- [8] 龚继海,索卫东.某电火头长贮失效研究[J].火工品,2003,6(1):22—25.  
GONG Ji-hai, SUO Wei-dong. Study on Long Term Storage Invalidation of Electric Match[J]. Initiators Pyrotechnics, 2003, 6(1): 22—25.
- [9] 涂小珍,韦兴文,王培,等.电爆管失效模式及影响因素研究[J].含能材料,2012,20(1):117—119.  
TU Xiao-zhen, WEI Xing-wei, WANG Pei, et, al. Failure Modes of Electric Squib and Its Effect Factor[J]. Energetic Materials, 2012, 20(1): 117—119.
- [10] 王宇翔.电子设备元器件的防霉变技术[J].电子产品可靠性与环境试验,2009,27(2):29—32.  
WANG Yu-xiang. Anti-mildew Techniques for Electronic Components[J]. Electronic Product Reliability and Environment Testing, 2009, 27(2): 29—32.
- [11] GJB 150.10—1986,军用装备环境试验方法——霉菌试验[S].  
GJB 150.10—1986, Environment Test Method of Military Equipment—Mold Test[S].
- [12] 李慧艳,董超芳,邹士文,等.霉菌对超强钢腐蚀行为的影响[J].北京科技大学学报,2013,35(6):753—762.  
LI Hui-yan, DONG Chao-fang, ZOU Shi-wen, et al. Effect of Mold on Corrosion Behavior of Ultra High Strength Steels [J]. Journal of University of Science and Technology Beijing, 2013, 35(6): 753—762.
- [13] 李霞,王友斌,丁培,等.不同金属样品的抗菌性能研究[J].环境与健康杂志,2007,24(7):517—518.  
LI Xia, WANG You-bin, DING Pei, et al. Institute for Environment Health and Related Product Safety[J]. Environment Health, 2007, 24(7): 517—518.
- [14] 李慧艳,董超芳,邹士文,等.超高强钢在不同单一霉菌环境中的腐蚀行为研究[J].中国腐蚀与防护学报,2013,33(2):129—135.  
LI Hui-yan, DONG Chao-fang, ZOU Shi-wen, et al. Corrosion Behavior of Ultra High Strength Steels in Different Single Mold Environments[J]. Journal of Chinese Society for Corrosion and Protection, 2013, 33(2): 129—135.
- [15] 梁子原,林燕顺,叶德赞,等.霉菌对金属材料腐蚀的研究[J].海洋学报,1986,8(2):251—254.  
LIANG Zi-Yuan, LIN Yan-Shun, YE De-zan, et al. Study on Corrosion of Metal Materials by Mold[J]. Acta Oceanologica Sinica, 1986, 8(2): 251—254.
- [16] 李历明.环境工程、防腐与包装[M].北京:国防工业出版社,1993.  
LI Li-ming. Environment Engineering, Corrosion Protection and Packaging[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 1993.