

铝合金聚四氟乙烯复合涂膜技术及应用

杨中东 陈淑华 宫秋苓

(东北大学材料冶金学院 沈阳 110006)

文 摘 介绍了一种新的复合固体润膜技术,即利用铝合金硬质阳极氧化处理技术与固体润滑剂聚四氟乙烯复合,从而形成铝合金聚四氟乙烯复合涂膜。介绍了该方法的技术原理和工艺,该复合涂膜具有自润滑减磨性能以及国内开发应用的前景。

关键词 铝合金,聚四氟乙烯,复合涂膜,自润滑减磨,应用

PTFE Composite Coating on Aluminum Alloy and Its Application

Yang Zhongdong Chen Shuhua Gong Qiuling

(College of Material and Metallurgy, Northeastern University Shenyang 110006)

Abstract A new technique of composite solid lubricant coating-PTFE composite coating on aluminum alloy by hard anodic oxidation treatment combined with solid lubricant of PTFE, is introduced. Principle and process of the technology, characteristics of self-lubricant anti-friction and broad application prospects of the PTFE composite coating are presented.

Key words Aluminum alloy, PTFE, Composite coating, Self-lubricant anti-friction, Application

1 引言

聚四氟乙烯(简称 PTFE)是含氟有机高分子聚合物,是由 $(CF_2-CH_2)_n$ 结构单元反复构成的直链、没有分枝^[1],分子呈柱状流线型结构。由于分子中 C—F 键结合极强(结合能高达 460 kJ/mol)及特殊的聚合物结构^[1]等内在因素,使其既耐热又耐寒,可在 $-100^\circ\text{C} \sim +280^\circ\text{C}$ 长期工作;表面能极低,不易被润湿,具有优异的排水、排油和不粘等性能;耐各种酸碱及大部分有机溶剂的侵蚀;它的摩擦系数是目前所有材料中最小的, $\mu_{静} = \mu_{动} = 0.04$ ^[1],作为固体润滑剂,在摩擦过程中不会发生粘着与咬死,摩擦面间不发生胶合,具有自润滑减磨性能;且受环境温度、湿度等影响较小,即使在真空下也能保持润滑性能;

所以聚四氟乙烯在各种工业场合都具有广泛的应用。例如,含有 PTFE 的固体润滑涂料(粘结型固体润滑膜)和含有 PTFE 的金属复合镀(Ni-PTFE、Ni-P-PTFE)等表面处理技术在汽车、飞机、宇航、医疗器械、光学仪器等工业部门都获得了广泛的应用^[2-11]。

铝合金材料由于质轻又有一定的机械强度,围绕它的合理利用,美国等工业发达国家结合铝合金材料的表面处理特点及 PTFE 的润滑特性,开发出了专门的复合涂膜技术,即塔夫拉姆处理技术(TUFRAM);但最初由于应用在较敏感的工业部门,所以文献报道较少。本文结合我们近几年的开发与应用经验,就这一技术做一交流论述,以期引起工业

收稿日期:2001-07-03

杨中东,1960年出生,副教授,主要从事材料表面处理技术研究和教学工作

应用部门的重视。

2 塔夫拉姆处理技术简介

2.1 发展历史

这是美国为发展外空事业(阿波罗宇宙飞船)于1964年开发成功的一种特殊处理技术。因为在外层空间,通常的润滑剂会在真空中挥发掉而失去润滑保护作用,而一般部件在月球上超冰冻温度下又会发生冻结;所以就要求这些部件表面具有永久性干润滑膜,应用塔夫拉姆特殊处理技术就很好地解决了这些问题,在卫星、火箭、航天飞机上得到了较好的应用。经过这种处理的零部件有:照相机、遥测接受器和发射器、着陆架、钻机、保护罩、座轨、登月舱、土壤取样机、燃料阀和航天服上的部件等。另外,直升飞机内燃机部件和各种武器上的铝制光学瞄准器经过这种处理后,大大提高了转动、传动的灵活性和瞄准精度,提高了使用寿命及在低温、气候恶劣条件下的作战能力^[12]。

这项技术也受到了日本的重视,日本的三菱金属公司和金属表面化学公司分别从美国引进了该项技术,主要应用于汽车、纺织机械、食品机械、包装机械、制药机械、光学设备、复印机等铝合金部件的表面润滑处理,使这项应用技术得到了迅速发展。目前该技术经过几十年的发展,已开发出了十几种不同性质的保护涂层。

2.2 工艺原理及特点

这是一种专门在铝合金零部件上处理从而形成PTFE复合固体润滑膜的方法,首先通过阳极氧化处理工艺,在铝合金表面形成硬质氧化膜或陶瓷膜,然后再经较精确的热处理和物理化学处理使PTFE和氧化膜结合,这样就形成了一种极为牢固且与基体不可分割的既硬又润滑的复合膜,其工艺过程简括如下:铝合金零件→前处理→硬质阳极氧化→PTFE多级涂覆复合处理→特殊热处理→特殊后处理→交付使用。

实际上这种方法主要由两种表面处理工艺组成。电化学硬质阳极氧化是第一步,利用氧化层多孔特点,使PTFE润滑粒子填充到孔中成为可能;第二步就是涂覆工艺,这是一个精确定时的物理化学过程。

宇航材料工艺 2002年 第2期

一般适合于塔夫拉姆处理的铝合金材料有A1050、A3003、A5052、A6061及AC7A等(JIS),但应用效果最好的是Al-Mg系防锈铝合金以及含Cu≤5%、Si≤7%、Zn≤6%的高强度铝合金。铝合金成分对复合润滑膜有较大的影响,一般Cu、Si含量大有不利的影晌,会引起膜粗糙、硬度下降和膜不均匀,这样的塔夫拉姆膜使用效果较差。

塔夫拉姆处理技术适应性较好,可对任何形状、质量及尺寸的铝合金零部件进行处理。复合膜厚在25 μm~50 μm范围内;膜厚及公差不仅能准确控制,而且非常均匀;与无电解Ni-P-PTFE复合镀膜一样,克服了电镀复合镀膜因电流密度不均而膜厚不均的缺陷;且与复合镀膜相比,具有很小的尺寸增加,如图1所示。 $b/a \times 100\% \approx 35\% \sim 40\%$,能保证零部件的精密配合。

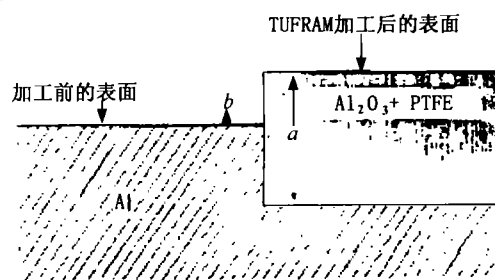


图1 TUFGRAM加工后尺寸增加略图

Fig.1 Dimensions of TUFGRAM film after machining

图2^[13]是各种硬质膜与塔夫拉姆膜耐磨耗试验比较。由图可见,塔夫拉姆膜耐磨耗性大大优于硬质氧化膜和硬铬镀层及其它硬化钢。这说明虽然塔夫拉姆膜硬度不是很高(350 HV),但由于具有润滑作用,起到了减磨效果,因而磨耗量大大降低。一般,塔夫拉姆膜摩擦系数都很低(因铝合金材料不同稍有差别),具有良好的自润滑特性。它的特点是负载越大静摩擦系数越小,这可以防止摩擦部件的粘滞现象,避免因克服这种粘滞而产生的振动。它的使用温度范围一般较宽(-200℃~+260℃),耐击穿电压也很高(1 000 V~2 000 V),而一般阳极氧化膜在340 V就可能被击穿。此外,它还具有很高的耐蚀性,比硬质氧化膜高许多倍^[12]。

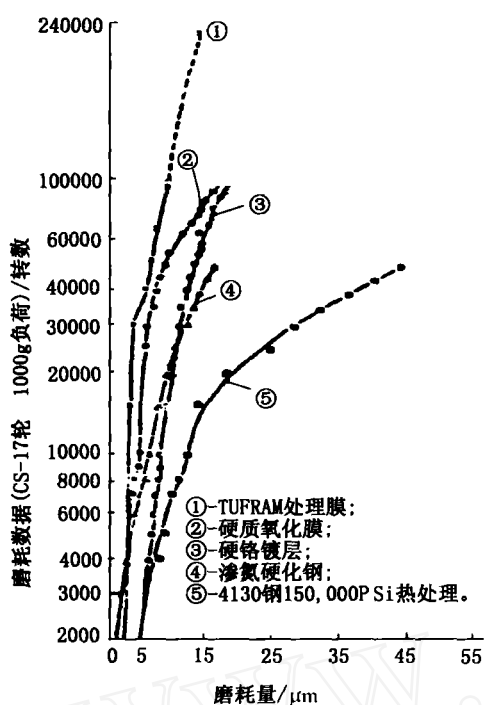


图2 磨耗试验比较

Fig.2 Taber wear resistance test comparisons

3 国内开发应用前景

我们与沈阳某精密机械公司合作,在大量实验基础上,结合国内 PTFE 等化工原料资源,成功的开发出了铝合金硬质氧化表面 PTFE 固体润滑膜技术,为该公司产品出口做出了贡献。该技术工艺原理与塔夫拉姆处理技术相似,其指标如下:膜厚不小于 25 μm ;硬度不小于 350 HV;涂覆量不小于 60 mg/dm^2 ;摩擦系数小于 0.2;与国外同类产品相当。该复合涂膜外观光滑,具有蜡光灰黑色表面,既有自润滑减磨性能又有较高的耐腐蚀性。

目前,此项技术已成功应用于高速平缝机针杆(GC6—1型)、包缝机针杆、压布杆、滑套架、纺织机杯头、绕线辊、走线槽等铝合金零部件,提高了整机的出口价格。目前,产品远销于德国、日本和我国台湾省。最近,又成功的将此技术应用于三菱(合资)越野吉普车发动机汽缸、摇臂、活塞等部件的处理。已加工了几千台套,达到了验收标准,完全可以替代进口产品,使整机的国产化率得到进一步提高。

相信此项技术随着经济的不断发展,在我国会有更广泛的应用。

4 结束语

铝合金材料由于质轻、有一定的机械强度,在现代工业中应用越来越广,有关的表面处理技术如硬质阳极氧化、微弧超硬质阳极氧化(陶瓷膜)技术也都获得了应用,但相关的具有自润滑性能的塔夫拉姆处理技术在我国可能还是一个新事物。我们所研究的铝合金聚四氟乙烯复合涂膜技术已被国家列为“九五”重点推广应用项目。最近,又为两个不同行业的工厂的铝合金零件进行了应用研究,取得了较好的效果。本文的目的就是与感兴趣的读者或同行一道,进一步推动这一技术在我国的研究、开发和应用,为我国的工业发展作出应有的贡献。

参考文献

- 1 小川年之.ふっ素脂の特性とコーティングの应用.见:第134回金属化学研究会にて講演.1979:11
- 2 刘洁.用聚四氟乙烯制润滑涂料.涂料工业,1993;(1):5
- 3 松村宗顺.フッ素脂含有複合めっき.色材,1983;(5):42
- 4 周兆福等.改性酚醛环氧-PTFE 耐磨防蚀涂层.材料保护,1996;(4):3
- 5 曾祥举.聚四氟乙烯复合润滑涂料及其涂装工艺.涂料工业,1988;(11):1
- 6 松村宗顺.复合化学镀镍.电镀与环保,1992;(9):4
- 7 松村宗顺.複合めっきによる高分子粒子分散とその性质.金属表面技术,1985;(11):1
- 8 David J.聚四氟乙烯-镍化学镀的工艺管理.电镀与环保,1990;(1):31
- 9 Luce W M. Nickel/PTFE-nicht nurein Guleitverbund Metalloberfläche.,1986;(7):283
- 10 何正山等.无电解复合镀镍-磷-聚四氟乙烯工艺.材料保护,1995;(1):16
- 11 汤蛟宁等.Ni-P-PTFE 复合镀层应用研究.材料保护,1995;(7):10
- 12 宋镛.“涂敷隆”涂层.轻合金,1987;(10):8
- 13 菊池和彦.特殊硬質アルマイトタフラム.金属臨時増刊号,1977;8:29

(编辑 任涛)