

钛合金电火花沉积硬质合金的强化工艺研究

沈阳黎明航空发动机(集团)有限责任公司 (110043) 陈文华 王德新 魏姝恒

在现代工业生产中,钛合金材料以其良好的综合性能成为航空、航天工业最多采用的工程材料之一。但是由于钛合金存在耐磨损性能差的缺点,限制了它在许多领域的应用,这个缺点可以通过表面强化技术来弥补。电火花强化是一种无应力、无变形的表面处理新工艺。采用电火花强化工艺对BT20钛合金表面沉积YT15硬质合金,大大提高了钛合金零件的抗磨损性能。

研究电火花表面沉积的形成过程和强化机理,了解各项工艺参数对强化层厚度和质量的影响规律,是获得优质强化层的依据。

采用旋转电极代替振动电极提高了强化层的密度,改善了表面的粗糙度,有利于提高强化层的质量。同样,提高放电频率、改善工艺氛围也有利于提高强化效果。

1. 电火花表面沉积强化机理

当旋转电极与零件表面接近达到了击穿电压的间隙时产生火花放电,放电点的阳极电极与阴极基体瞬间产生等离子弧,其放电能量使电极熔化,同时基体表面形成很浅的熔池,电极熔滴射向熔池。等离子弧产生的压力使熔池中液态金属向四周涌出,同时空气发生爆炸,旋转电极也迫使熔池内的液态金属向四周移动,形成单个脉冲强化点熔坑,材料发生合金化反应,分布在熔坑周围,这一现象叫“坑涌”。

在强化过程中,由单个脉冲产生的合金化强化相(W_2C 、 TiC)形成的强化点不断生成,并熔铸成强化层。当电极往复移动时强化点断续重叠,直到生成连续的强化薄层。强化过程是:熔化—凝固—再熔化—再凝固的合金化过程的不断重复,使电极材料熔化过渡到基体。电极的移动方向、转速、倾斜角的变化,使强化过程具有随机性。经过多次往复最终形成致密的强化层。图1是单个脉冲强化过程的物理模型。

2. 钛合金电火花沉积YT15硬质合金强化层的结构分析

强化试样截面的扫描电镜检测(见图2)分析

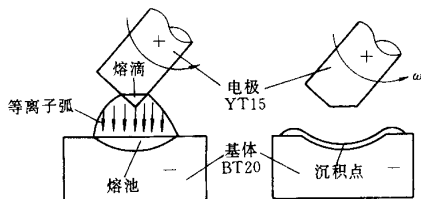


图1 电火花表面强化过程物理模型

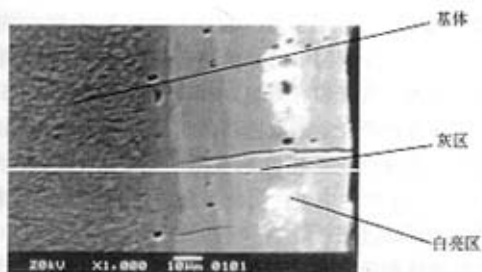
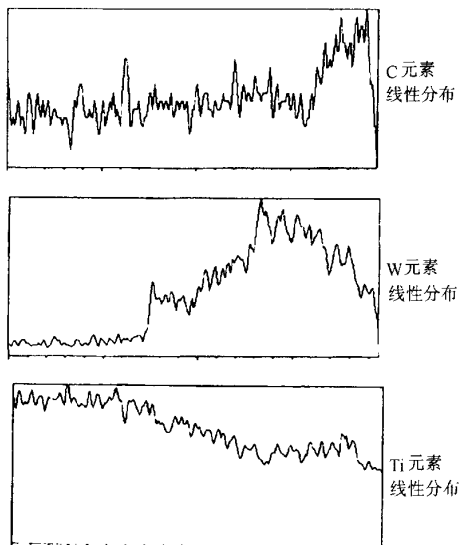


图2 试样截面线扫描分析图

表明:强化层呈白亮层,由电极材料与基体材料的元素组成,组织细密,有较高的耐磨性。白亮层内侧呈灰色,称为灰区。灰区为扩散区,是由电极材料元素熔渗扩散到基体材料中的区域,同时观察到白亮层内含有较高的基体Ti元素,这是因为Ti在高温下具有很高的化学活性,Ti元素的扩散比其

他元素更明显。

X射线衍射分析(见图3)表明:强化层是由 W_2C 、TiC、W、Ti组成, W_2C 、TiC具有极高的硬度,构成强化层的强化相,是实现钛合金表面改性的主要结构相。

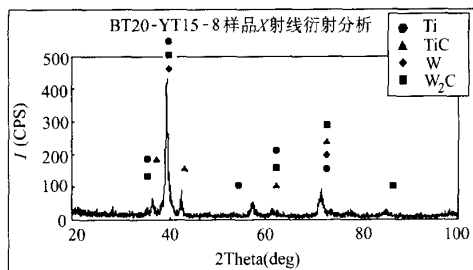


图3 样品X射线衍射分析结果

3. 强化参数对强化效果的影响

由上述沉积层形成的机理可知,电火花沉积是一个瞬时的合金化过程。强化层的形成、性质、厚度与电极和工件材料、沉积规范、强化时间、工艺氛围有很大关系。研究工艺参数对沉积层厚度的影响规律对获得良好的强化层是很重要的。

(1) 放电能量对沉积层的影响 图4为氩气保护下,相同放电频率和输出电压,不同放电电容的沉积试验所获得的强化层厚度与时间的关系图。

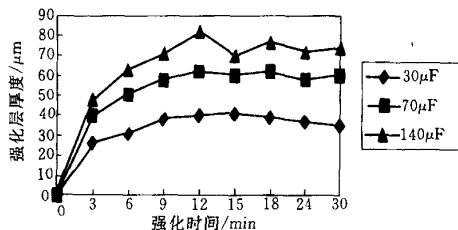


图4 不同放电电容强化层厚度随时间的变化

图中表明:强化层厚度开始上升较快,达到一个最大值后即缓慢下降。其原因是随着沉积的进行,阳极材料不断向基体表面迁移,同时基体表面也发生电蚀现象,并在放电微区进行了剧烈的物理化学反应,硬脆的沉积层反复受到热冲击。产生了内应力,积累到一定程度就会产生裂纹和断裂。在电火花爆炸和电极的机械作用下,破裂的碎片脱离沉积层飞溅出去,当沉积一飞溅达到平衡时,即达到沉积厚度的峰值;当脱离量超过沉积量时,沉积厚度开始下降。

图中表明:电容不同沉积厚度峰值不同,输出能量越大,峰值厚度越大,同时单个脉冲能量的增加,

形成的放电坑和强化点越大,表面粗糙度值越大。

(2) 放电频率对沉积层的影响 放电频率指的是放电电容单位时间内的放电次数,从图5可以看出,高频时能达到要求的强化层厚度比低频的时间要短,另外,从试验中发现高频时表面粗糙度比低频时要好得多,放电频率越高,单位时间内在放电微区内电极和基体材料形成的熔滴就越小,这样形成的强化层比较致密,表面粗糙度好。

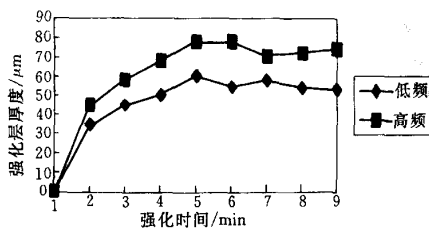


图5 不同频率下强化层厚度随时间的变化

(3) 强化输出电压对沉积层厚度的影响 图6表明输出不同的电压、强化层的厚度随时间的变化。

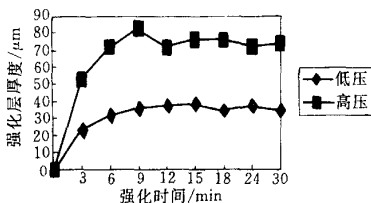


图6 不同电压下强化层厚度随时间的变化

从图中可看出,输出电压对强化层厚度的大小与时间也同样有着密切的关系,输出电压高,强化层厚度增加时间很短,强化层厚度随时间变化比较剧烈;输出低电压时,强化层厚度变化缓慢,要想达到一定的厚度,时间就得延长。

(4) 工艺氛围对沉积层质量厚度的影响 在钛合金材料易氧化情况下,氩气保护尤为重要。经过大量的试验可以看出,在空气中进行试验可观察到强化过程中有黑色的物质生成,存在严重的氧化和掉渣现象。电火花强化过程中,放电微区温度很高,各元素之间发生剧烈的反应,在缺乏氩气保护的情况下,电极材料和基体材料除了互相混合反应外,空气电离的元素,如氮离子、氧离子也参与了反应,造成严重的氧化。一部分氧化物飞溅出去,损失掉,另一部分粘接在金属层里成为夹渣。另外,由于电极基体表面清洁度和周围环境的影响,强化层存在杂物和气孔,使强化层变得疏松,

电火花沉积技术及其应用

昆明理工大学材料冶金工程学院 (云南 650093)

王建升 王华昆 钟毅

李勇 张玉新

一、概述

金属表面电火花沉积技术是近期发展起来的新技术,是在传统工艺基础上发展起来的新工艺,它具有较强的实用性。电火花沉积工艺是将电源存储的高能量电能,在金属电极(阳极)与金属母材(阴极)间瞬间高频释放,通过电极材料与母材间的空气电离,形成通道,使母材表面产生瞬间高温、高压微区;同时离子态的电极材料在微电场的作用下融渗到母材基体,形成冶金结合。由于电火花沉积工艺是瞬间的高温—冷却过程,金属表面不仅会因迅速淬火而形成马氏体,在狭窄的沉积过渡区还会得到超细奥氏体组织。电火花沉积工艺有别于焊接、喷镀或元素渗入等工艺,简单地讲,是介于它们中间的工艺,是兼有焊接等工艺的一些特点,又有热输入量小,沉积层与母材有冶金结合等独特的优点。电火花沉积工艺方法是由新型实用技术电火花沉积(Electron—Spark Deposition,简称ESD)设备把电极材料沉积在某种基体金属和合金上。ESD设备功率强大,旋转电极、氩气保护,能够获得均匀的沉积层,能达到的实际沉积层厚度

通常范围是 $3 \sim 300 \mu\text{m}$ 。经过电火花沉积技术处理的金属沉积层具有较高硬度及较好的耐高温性、耐腐蚀性和耐磨性。电火花沉积技术不仅有效地改善金属的表面性能(如硬度、耐磨性、抗腐蚀性、导热、导电性能等),与其他常用的表面处理工艺(如淬火、热喷涂、堆焊、电刷镀、表面渗氮等)相比,还具有以下特点:

(1) 设备简单,造价低。电火花沉积是在氩气保护中进行的,不需要特殊的、复杂的处理装置和设备。目前国产的ESD设备既有便携式的(900W),也有移动式的(1400W),由于工艺设备简单,使用灵活,成本较低,因此易于推广。

(2) 用途广泛。沉积对象无大小限制,一般几何形状的平面或曲面均可进行处理,既可对设备进行表面沉积,也可对零件进行局部沉积或修补。

(3) 沉积层与基体的结合非常牢固,一般不会发生剥落。由于沉积层是电极和工件材料在放电瞬间高温高压条件下重新合金化而形成的合金层,沉积层与基体间的结合属于冶金结合,结合强度明显高于其他表面涂层工艺。

(4) 电火花沉积处理不会使工件退火或变形。

夹杂物和气孔使强化层的机械性能下降,在多次放电的热应力和机械作用下强化层会出现碎裂和脱落。在氩气保护下,形成的强化层较均匀,可获得性能稳定优良的强化层。图7表明不同沉积气氛下沉积层厚度与时间的关系。

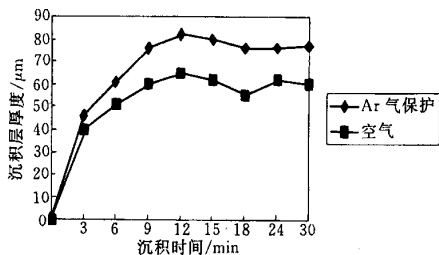


图7 不同沉积气氛下沉积层厚度与时间的变化曲线

综上所述,最佳强化时间应当根据放电能量、强化电压、放电频率和在氩气保护下,对强化层厚度影响的试验结果,进行优选确定。

4. 结束语

电火花沉积是一项表面强化的新工艺,对钛合金零件表面实施电火花沉积硬质合金,使钛合金表面获得了新的特性。有效地解决了钛合金零件对磨副表面的粘接损坏,提高了抗磨损性能。为航空、航天工业钛合金材料的应用,提供了一项良好的工艺保证。采用不同的电极材料对钛合金零件表面进行电火花沉积强化,可以获得不同的表面特性,通过试验选出不同的耐磨配副,使钛合金零件更加适用于不同的工作条件。

(收稿日期:20031114)