

电液压脉冲水气射流强化淬火后工具钢的表面研究

蒋翎

(重庆教育管理学校,重庆 400066)

[摘要] 为了提高工具钢表面的精度,提出了采用电液压脉冲水气射流来强化淬火后工具钢表面的新方法。基于电液压脉冲水气射流发生器的工作原理和结构,通过对铁及其合金的电液压脉冲水气射流强化的理论和试验研究结果,结果表明:电液压脉冲水气射流的最大优点是它所产生的压力可任意调节,根据工件的不同要求,完成对零件表面的强化。高速变形对承受脉冲载荷工件的物理力学特性有着重大影响,电液压脉冲水气射流消除铸件和焊接件的残余应力达40%~70%,并且不会影响工件的加工表面质量。

[关键词] 电液压脉冲;水气射流发生室;强化淬火;工具钢;变形特性

[中图分类号] TG176

[文献标识码] A

[文章编号] 1001-3660(2008)06-0051-03

Study on Surface of Tool Steel after Quenching Intensified by Electro-Hydraulic Power Impulse Water-gas Jet

JIANG Ling

(Educate Administer School of Chongqing, Chongqing 400066, China)

[Abstract] In order to enhance the surface precision of steel for intensified quenching, a new technology of electro-hydraulic power impulse water-gas jet was presented. Based on working principle of electro-hydraulic power impulse water-gas jet and structure of reaction room, the academic and experimental research that electro-hydraulic power impulse water-gas jet intensified jet for steel and alloy shows: pressure produced can be adjusted arbitrary and workpiece surface can be intensified according to different requirement. High speed distortion has an important influence for physical mechanical performance of workpiece received by impulse load, and remainder stress of eliminating casting and jointing can get 40%-70% by electro-hydraulic power impulse water-gas jet. Finally it will not impact on the quality of finished surface of workpiece.

[Key words] Electro-hydraulic power impulse; Reaction room of water-gas jet; Intensified quenching; Tool steel; Distortion characteristic

0 引言

随着科学技术的迅猛发展,对机械零、部件提出了更高的要求,不仅是零件的尺寸、形状和表面粗糙度等精度方面,对力学特性也有更严格的要求。工具钢(高碳钢、合金结构钢和高速切削钢)淬火后,常常还要进行研磨、抛光和精磨等工序,此时在零件表层常常产生残余的拉应力,出现斑点,产生研磨特征,使零件表层结构变软,大大降低了零件的运行性能。目前常用于强化淬火后工具钢的一些方法均有一定的局限性,例如利用气相沉积法强化大型部件(如重型钢轨、模具等)就很困难。有些方法(如激光、爆炸等)不能保证零件表面获得均匀的力学特性,更不能对复杂表面进行强化(例如滚珠或滚柱的滚压),还有些方法强化后易引起表层脱落、翘曲、刀具刃口的磨圆或增加工件的表面粗糙度(如用喷丸强化)等^[1-2]。为此,本文提出采

用电液压脉冲水气射流来强化淬火后工具钢表面的新方法。

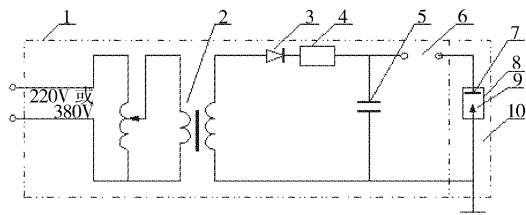
1 电液压脉冲发生器的工作原理

电液压脉冲发生器的工作原理如图1所示^[3-6],它由脉冲电流发生器(包括高压变压器、高压硅堆、限流电阻、脉冲电容器、空气开关)和电液压脉冲水气射流发生器(包括由正、负电极组成的工作腔)两部分组成,正、负电极均为尖状。当施加在空气开关上的电压能击穿其空气间隙时,发生器中的一对电极也随之击穿,从而将贮存在电容器内的能量($10^3 \sim 10^6$ J)瞬间释放出来,在这一瞬间的能量密度将被提高到 10^9 J/m³,形成等离子活塞并以每秒数十到数百米的速度向外迅速膨胀,压缩周围的不可压缩介质(水),此时所产生的冲击压力的峰值高达 $10 \sim 1\,000$ MPa。当空腔(等离子活塞)内的压力小于外界压力时膨胀停止,但在惯性作用下液流会突然闭合而形成空化流,迫使液流作反向运动,空腔内的压力又急剧增加,等离子活塞再次膨胀。这一过程将重复数次并随时间的增加而逐渐衰减。放电时所产生的高压迫使水携带空气从特殊喷嘴射出,从而形成电液

[收稿日期] 2008-07-07

[作者简介] 蒋翎(1970-),女,重庆人,高级讲师,学士,主要从事电气控制技术和电子技术方面的研究。

压脉冲水气射流。当电容和空气间隙距离不变时,只需调节输入电压就可改变水气射流的压力大小和它的发射频率。



1. 脉冲电流发生器 2. 高压变压器 3. 高压硅堆 4. 限流电阻
5. 脉冲电容器 6. 空气开关 7. 正电极 8. 工作腔 9. 负电极
10. 电液脉冲水气射流发生器

图1 电液脉冲发生器的的工作原理示意图

Figure 1 Operating principle of electro-hydraulic power impulse jet of water and gas

2 电液脉冲水气射流发生器

2.1 电液脉冲水气射流发生室的结构

电液脉冲水气射流发生室的结构如图2所示。图上, d 为水气出口直径, α 为喷嘴内夹角。水面距喷嘴出口有一定的距离,以便保证有一定数量的空气随水一起从喷嘴射出而形成水气射流。

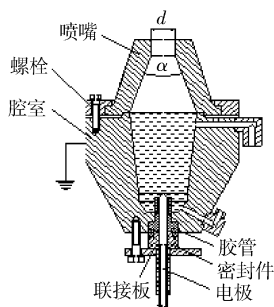


图2 电液脉冲水气射流发生室的结构

Figure 2 The structure of working room for electro-hydraulic power impulse water-gas jet

高速摄影和激光测速仪所得的数据表明,沿射流断面有不同的速度。电液脉冲水气射流的最大速度达1500~2000m/s(当 $E=15\text{kJ}$ 时),它比常规的高压水射流的平均速度高2~3倍。射流作用在工件表面所产生的脉冲压力为:

$$P_c = \frac{V_c \rho_0 c_0}{1 + \rho_0 c_0 / (\rho_2 c_2)} \quad (1)$$

式(1)中, V_c 为射流的速度,m/s; ρ_0 为水的密度, kg/m^3 ; c_0 为声波在水中的传播速度,m/s; ρ_2 为工件的密度, kg/m^3 ; c_2 为声波在工件中的传播速度,m/s。

根据对铁及其合金的电液脉冲水气射流强化的试验研究表明,大多数情况下,铁基合金产生相变时均伴随硬度的急剧增加,在此压力范围内呈多晶转变。在分析电液脉冲水气射流的强化机理时,可采用类似爆炸载荷分析问题时的某些假设。

2.2 电液脉冲水气射流试验

利用电液脉冲水气射流(压力低于500MPa)对CrWMn、W9Cr4V2、Cr12MoV、9SiCr、Ti10A等工具钢(未淬火)的表面进行强化,由于水气射流脉冲压力都超过了淬火工具钢的持久极限,

作用时间又非常短暂(小于500 μs),故可将此过程视为绝热过程。在金属表层细分散相结构的碳化物及碳粒的析出特别明显,残余奥氏体转变成马氏体,粗粒的马氏体变成细分散相结构,残余应力重新分布,从过饱和的固体溶液中析出细分散相的碳化物,马氏体附加的冷作硬化作用等,使金属表层硬度和强度明显提高。经测定,表面的显微硬度大约能提高25%~35%。根据电液脉冲水气射流的能量大小,硬化层的厚度大约为150~350 μm 。

电液脉冲发生器的放电能量愈大,水气射流的能量也愈大,通过研究CrWMn钢强化与压力的关系发现,当射流压力超过650MPa时,试件表面会出现破损,而采用低压(150MPa)大流量进行强化时,时间稍长则会使表层软化(过冷作硬化),因此压力选在350~500MPa范围内。当采用压力小于100MPa的射流时,金属表层硬度不发生改变,但强化后的材料表层呈现压应力状态,碳钢的应力值由+0.38kg/mm²变为-16.67kg/mm²,钛板由-11.6kg/mm²变为-20.36kg/mm²,不锈钢由+7.6kg/mm²变为-38.23kg/mm²,因此低压水气射流可用于提高工件的疲劳强度和抗应力腐蚀的能力。因为零件的疲劳破坏是首先从表面上形成裂纹开始,这种裂纹是交变拉应力造成的,强化后形成的残余压应力层正好抵消了一部分零件工作中产生的拉应力,从而能延长零件的疲劳寿命。我们可根据零件的用途,选择最佳的压力值。电液脉冲水气射流的最大优点是它所产生的压力在0~1000MPa可任意调节,而且非常简便,只需调节输入电压,就能根据工件的不同要求获得所需的压力,从而完成对零件表面(包括复杂的曲面)的强化。

3 电液脉冲水气射流作用下材料变形特性

3.1 理论研究

射流的脉冲压力也不是瞬间作用在工件的所有部分。在离作用点较远处,工件本体并未受到扰动,因为应变或应力在金属体中是以一定波速传播的。变形是由于拉伸和弯曲的塑性波扩展所致,高速变形对承受脉冲载荷的工件的物理力学特性有着重大影响。同时,金属压力加工时,变形速度对工件塑性变形阻力和极限塑性的影响也很重要。大家知道脉冲变形条件下,金属的阻力使塑性变形增加,这反映在它的持久极限或强度极限增加,提高金属的变形阻力,当变形时间减小时,在许多情况下表现出屈服极限的延迟,它们既与材料的特性有关,也与作用的载荷特点有关。由于在脉冲载荷作用下屈服极限延迟,故在材料内有比在静载荷时更高的应力。这时,材料的变形机理可能发生改变或者导致整个变形发生重新分布。如果在静载荷作用下的变形机理主要是滑移,它们从最“薄弱”晶粒的最有利位置开始,多晶体形变的主要部分发生在晶粒间的边界滑移,那么在高速变形时,边界滑移的作用大大降低,而孪生晶体和晶粒内的滑移成分大大增加。这时,脉冲载荷作用下晶粒内的滑移是多重性的,亦即是沿几个平面同时发生,这个效果可以根据位错的动力学理论来解释。

当射流以数百兆帕的压力作用于工件而且作用的时间在微秒级时,将在许多滑移平面或孪生晶体产生很大的切向应力,在此载荷作用下就发生位错移动。位错移动的速度 v 与作用应力

的关系为:

$$v = v_0 \exp(-\tau_0/\tau) \quad (2)$$

式(2)中, v_0 为声波在金属中的传播速度; τ_0 为产生每秒一厘米位错移动速度所需的应力值, 对于给定的材料, 它为一常数; τ 为作用在滑移面上的应力。

材料的塑性变形 ε 与位错移动的速度 v 成比例关系:

$$\varepsilon = \phi L b v \quad (3)$$

式(3)中, ϕ (≤ 0.5) 为斯米德定向因子, L 为在晶体的单位体积内发生位错移动的总量, b 为伯尔格斯矢量。

位错的移动速度对位错附近区域变形区的扩展有很大的影响, 位错的特征宽度 λ 为:

$$\lambda = \lambda_0 \sqrt{1 - v^2/c_t^2} \quad (4)$$

式(4)中, λ_0 为位错的歪斜宽度, c_t 为横波在固体中的传播速度。

从一个平衡位置转变到另一个平衡位置, 位错所需克服的摩擦力(与位错宽度有关)为:

$$\tau = (2G/K) \exp[-(2\pi/K) \cdot (\lambda/b)] \quad (5)$$

式(5)中, G 为剪切模量, K ($=1$) 为常数, b 为在垂直剪切平面方向上原子间的距离。

因此, 从式(4)、(5)可知, 位错移动速度增大将使摩擦力或使金属发生塑性变形的阻力增加, 这一现象是变形速度增加、变形阻力和强度增加的一个重要原因。变形速度增加, 强度提高的大小还与强化和软化现象有关。因为软化过程需要一定的时间才能使材料的内部状态和结构重组, 因此软化延迟, 而强化现象则使金属的变形阻力增加。

3.2 试验研究

利用电液脉冲水气射流发生器的工作原理, 消除铸件和焊接件的残余应力达 40% ~ 70%, 对一球墨铸铁减速机壳体用脉冲水气射流进行处理, 处理前盖子接合面的最大翘曲度为 0.15mm, 壳体接合面为 0.1mm, 处理以后分别降为 0.07mm 和 0.05mm。

工件在电液脉冲水气射流强化后经自然时效处理, 测定微硬度在 90d 内的变化情况, 发现在第 16d 到 30d 之间, 微硬度有明显降低的趋势, 此后就稳定在一个高于初始值而低于最大值的数值上(高于初始值的 25% ~ 35%)。因此, 建议工件在电液脉冲水气射流强化后, 最好在不低于室温的温度下进行时效处理, 提高其表层硬度。曾将零件表层的微结构在电子显微镜下放大 1 000 倍进行观察, 未查出晶粒发生变形, 这说明电液脉冲水气射流强化工件表面与喷丸强化的机理不同, 它不影响工件的加工表面质量。

利用 CrWMn 钢制造的冲头进行了对比试验。电液脉冲水气射流的主要技术参数为: $C=45\mu\text{F}$, $V=50\text{kV}$, $E=50\text{kJ}$, 水气射流喷嘴的工作容积为 400cm^3 , 空气与喷嘴出口的距离为 40mm, 放电回路电感为 $6\sim 8\mu\text{H}$ 。总共对 400 只用于摩托车链轮(俗称大飞)的冲头进行了试验, 其中: 20 只未作处理, 它们的平均使用寿命为 3 550 次; 100 只冲头用 500MPa 压力的电液脉冲水气射流进行强化, 寿命达 5 600 次; 100 只用 300MPa 压力的电液脉冲水气射流进行强化, 并在室温下放置 90d 作时效处理, 冲头的寿命均在 5 000 次以上。虽然试验的钢种有限, 但

仍显示了电液脉冲水气射流强化 CrWMn 零件的良好效果。

4 结 论

1) 电液脉冲发生器的放电能量愈大, 水气射流的能量也愈大。电液脉冲水气射流的最大优点是它所产生的压力可任意调节, 而且非常简便, 只需调节输入电压, 就能根据工件的不同要求, 获得所需的压力, 从而完成对零件表面的强化。

2) 电液脉冲水气射流作用下材料变形特性的理论研究表明: 高速变形对承受脉冲载荷工件的物理力学特性有着重大影响。在任何条件下, 变形速度的增加必将伴随变形阻力的增加, 材料变形的特性具有应变速度高、变形速度快和变形具有波动的特点。

3) 电液脉冲水气射流作用下材料变形特性的试验研究表明: 利用电液脉冲水气射流消除铸件和焊接件的残余应力可达 40% ~ 70%, 通过对其进行自然时效处理发现, 电液脉冲水气射流强化工件不影响工件的加工表面质量; 同时, 利用 CrWMn 制造的冲头进行的对比试验显示, 电液脉冲水气射流强化 CrWMn 零件能达到良好的效果。

[参 考 文 献]

- [1] 刘颖, 苗立贤. 钢铁制件热浸镀锌的锌耗分析与控制[J]. 电镀与涂饰, 2007, 26(10): 36-39
- [2] 邹庆化. 表面淬火时氢应力的腐蚀与防护[J]. 表面技术, 1998, 27(5): 25-26
- [3] Liao zhenfang. Design factors on electrohydraulic pulsed focus water jet generator [A]. Proceedings on Water Jet in Beijin [C]. Cosha; Water Jet Technology, 1987. 88-96
- [4] 廖振方. 电液清砂的机理及其有关参数的选择[J]. 重庆大学学报, 1987, 10(6): 16-18
- [5] 廖振方. 电液脉冲射流最大出口压力的计算[J]. 高压水射流, 1991, (4): 42-47
- [6] 廖振方. 电液脉冲水气射流及其应用[J]. 高压水射流, 1989, (4): 6-16

专利名称: 整片式滤光片的多色镀膜制程及装配有此滤光片的彩色转轮组

专利申请号: 03121432.0 公开号: CN1534109

申请日: 2003-03-27 公开日: 2004-10-06

申请人: 台湾省亚洲光学股份有限公司

本发明是提供一种整片式滤光片的多色镀膜制程及装配有此滤光片的彩色转轮组, 该镀膜制程包含: 1. 准备一具有待镀面的基板, 及复数个具有至少一镂空区的镀膜挡盘, 2. 将其中一镀膜挡盘装设于与该待镀面相对叠合的位置上, 3. 进行镀膜上色, 使色料通过该镂空区, 并附着于该待镀面对应该镂空区的范围上, 而于该待镀面上形成一色区, 4. 将该镀膜挡盘拆离该待镀面, 5. 重复 2 ~ 4 步, 使该待镀面上形成复数色区, 则该基板可成为一具有多色镀膜的整片式滤光片, 而可组装于该彩色转轮组的马达上。