

低温渗硫研究

长治液压有限公司 (山西 046011) 董玉明

渗硫是硫与铁元素相结合,在零件表面形成一层厚度由几个到几十个微米的硫铁化合物(FeS 和 FeS_2)。渗硫处理也称为硫化处理。渗硫作为一种化学热处理工艺,虽然起步较晚,但渗硫层优良的减摩、抗咬合等优良性能必将使低温渗硫处理在机械制造行业获得广泛应用。

1. 渗硫层的性能特点

渗硫层实质上是硫与铁元素形成的 FeS 和 FeS_2 等化合物组成。渗硫层主要是硫化亚铁(FeS)。硫化亚铁(FeS)具有密排六方晶格结构,硬度低(67HV),变形抗力小,剪切强度低,受力时易沿着 $\{0001\}$ 滑移面产生滑移。二硫化铁(FeS_2)是由于渗硫后期硫浓度过饱和所致。二硫化铁(FeS_2)不是密排六方结构,不具有固体润滑性能。渗硫层硬度低(50~100HV),网络渗透,多孔疏松,摩擦系数小(仅为0.04),并且与基体金属有良好的结合强度。因此,渗硫层是一种良好的固体润滑剂,能有效地提高零件的抗擦伤、抗咬合等减少摩擦磨损性能。

2. 几种渗硫工艺

(1) 化学渗硫 溶液配方:硫代硫酸钠($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 300g、硫酸氢钠(NaHSO_4) 20g、水 1000mL。每1000mL溶液渗硫零件的总表面积不超过1000 cm^2 。渗硫工艺:把清洗干净的零件放入搅拌均匀的渗硫溶液中,加热到100℃,保温120min。捞出零件清洗,浸油。

(2) 液体渗硫 液体成分:尿素($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) 30%、硫脲($(\text{NH}_2)_2\text{CS}$) 70%。渗硫工艺:将尿素和硫脲按比例倒入液体渗硫槽中,升温到90~120℃;然后把清洗干净(烘干)的零件装入液体渗硫炉内,到温后保温120min;取出零件用100℃热水清洗干净,浸油。

(3) 电解渗硫 盐浴成分:硫氰酸钾(KSCN) 75%、硫氰酸钠(NaSCN) 25%,另加亚铁氰化钾($\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$) 0.1%、铁氰化钾($\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$)

0.9%。渗硫工艺:把清洗干净(烘干)的零件放入配制好的电解液槽中,电压1~3V,电流密度2.5A/ dm^2 ,加热到190℃,保温15~20min。取出零件清洗,浸油。

(4) 等离子渗硫 清洗干净(烘干)的零件装进密封的渗硫炉,抽真空度到20~40Pa,载气为氩气,硫源使用硫磺粉,电压升到400~600V,炉内开始产生辉光放电。加热到180~200℃保温120min,随炉冷却到室温出炉,浸油。低温等离子渗硫,载气也可以使用氢气(H_2)、氩气(Ar),硫源(富化气)可以使用硫化氢(H_2S)、二硫化碳(CS_2),电压500~800V,真空度533.28~1066.6Pa,渗硫温度180~200℃,保温120min。

3. 渗硫存在的问题

(1) 渗硫前零件的清洗 渗硫前对零件的清洗要求很高,尤其是低温等离子渗硫,要求用93#以上汽油进行多遍清洗。使得渗硫工艺加工不仅汽油的消耗量大、加工成本高,而且增加了生产过程的安全隐患。我公司试验用高效金属清洗剂清洗,自来水冲洗,再用压缩空气吹干,效果很好。

(2) 渗剂老化 液体渗硫和电解渗硫都存在渗剂容易老化,使用寿命短等问题。浙江仙居华利热处理材料厂生产的低温液体渗硫盐,解决了液体渗硫渗剂的老化问题,提高了渗剂的重复使用性能。解决低温电解渗硫渗剂老化有两种方法:一是向电解盐浴中添加剂 S_x ,降低盐浴沉渣的形成量(速度);二是给零件和盐浴施加磁场,使电解渗硫过程处在磁场之下进行。

(3) 渗硫层深度的检验 由于渗硫层硬度低(50~100HV),渗硫深度浅(只有几个到几十个微米),试样在磨制时极易形成卷边和倒角,影响试样测量的准确性。因此零件渗硫后,检测渗硫深度的随炉试样表面应进行镀镍(Ni)或用钢片贴紧渗硫层表面进行镶嵌,这样增加了渗硫检测的复杂性,同时渗硫层检验缺少统一的检测标准和规范。 (下转第51页)

是因为淬火时未冷至室温即回火的齿轮表面残余奥氏体量较多,表面相变时体积膨胀较小,因而表面残余压应力较小。因此,汽车齿轮渗碳淬火后,必须冷至室温后才能回火,以确保齿轮表面有较大的残余压应力。另外,如果齿轮正常渗碳淬火后再进行一次深冷处理,则可促使部分残余奥氏体进一步转变成马氏体,从而得到更大的表面残余压应力。齿轮正常渗碳淬火后表面残余压应力为 415MPa (第3组),高于上述回火后的应力值。回火过程中马氏体发生分解,析出碳化物,使马氏体的碳含量和正方度下降,从而比体积也变小,最终导致表面残余压应力减小,但回火提高韧性和强度。

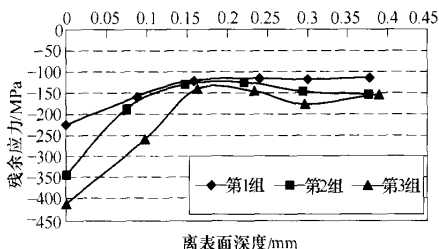


图1 热处理工艺对残余应力的影响

2. 磨削加工对齿轮表面残余应力的影响

磨削加工实际上是由嵌有许多小刀具的砂轮进行的切削加工,这种磨削所产生的齿轮加工变形层比一般切削更局限于表面,而且伴随有很大的发热。为考察磨削量和磨削状况的影响,取同一批渗碳淬火齿轮,分几组进行试验,试样1、试样2和试样3分别从未磨削齿轮、表面磨削深度 0.10mm 和磨削深度 0.15mm 的齿轮上切取。为了更进一步证实磨削工艺的影响,试样4取自磨削开裂的齿轮,残余应力测量见图2。

从图2可以看出,渗碳热处理后最表层的压应力最显著,正确的施行磨削作业并不明显产生新的应力,但磨削量的大小直接影响到表面高压应力层的保留程度。而不恰当的磨削操作会强烈改变表层应力分布,从磨削开裂的齿面测量结果来看,最表面由于砂轮的挤压和热的影响压应力反而增大,而紧接着的次表层由于热的作用,产生过回火等因素导致拉应力的产生,超过抗拉强度后便出现磨削开裂。这些磨削拉应力的产生对齿轮的使用性能带来不利的影响。

三、结语

对齿轮最终表面残余应力有较大影响的因素主要是渗碳热处理工艺过程、磨削加工和强化喷丸处理。渗碳

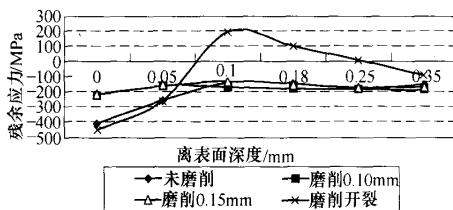


图2 磨削工艺对残余应力的影响

淬火冷却方式对汽车齿轮表面残余应力影响较大,必须确保齿轮淬火后完全冷至室温才能回火,否则将导致齿轮表面残余压应力减小;渗碳淬火齿轮回火后,表面残余压应力有所下降,但会提高齿轮的综合力学性能。渗碳热处理后高的压应力在最表层,正确的磨削工艺虽不改变应力的分布状况,但磨削深度直接影响到高的压应力层的保留程度,不正确的磨削作业会强烈改变热处理后的应力分布,拉应力的产生不仅容易产生磨削裂纹,而且严重影响齿轮的使用性能。 (20050928)

(上接第49页)

4. 渗硫层对摩擦副的影响

有关研究人员曾对摩擦副对磨零件的基体硬度对渗硫层固体润滑性能进行了研究。研究渗硫试样的基体硬度:一件为 58HRC,另一件为 40HRC,表面粗糙度均为 $R_a = 0.13\mu\text{m}$ 。对磨零件硬度为 50HRC,表面粗糙度 $R_a = 4.8\mu\text{m}$ 。研究试验表明,具有高硬度基体的渗硫层比低硬度基体渗硫层对减少摩擦磨损、抗咬合等性能有比较显著的效果。

渗硫层对磨零件具有低的表面粗糙度,可以减轻其对渗硫层的犁削和咬合(擦伤)作用,提高零件渗硫层的减磨作用。

5. 结语

(1) 在摩擦副的对磨过程中,渗硫零件应该具有高的基体硬度,对磨零件应该具有低的表面粗糙度。在高硬度的零件表面再有一定厚度的多孔、疏松的渗硫层(固体润滑剂),就能够起到良好的减少摩擦磨损、抗咬合等作用,从而提高摩擦副的使用寿命。

(2) 生产中应根据零件的使用性能、零件的批量和加工条件,确定使用哪一种渗硫工艺。

(3) 有关部门应尽快制定渗硫层的检验标准和检验规范。 (20050918)