

机床镗杆气体渗氮后表面缺陷的分析与对策

■ 刘振民

摘要: 就镗杆气体渗氮后在精加工过程中出现表面麻点、并导致镗杆报废的质量问题,通过分析确定生产上不再使用该批材料制造镗杆,再生产需增加镗杆材料低倍组织检查。

关键词: 镗杆; 氮化; 砂眼; 夹渣

出现表面缺陷的镗床镗杆(见图1),是中型规格的镗杆。材料为38CrMoAlA,要求气体氮化处理,氮化后镗杆表面硬度要求 $\geq 900\text{HV}$,保证镗杆弯曲 $\leq 0.08\text{mm}$,M100螺纹要求防氮化保护。由于该镗杆的长径比超过20,且镗杆上长键槽长度接近镗杆总长2/3,氮化中控制镗杆变形是工艺关键。但镗杆在氮化合格转入下序,在精加工过程中发现镗杆表面频繁出现麻点、气孔式砂眼等质量缺陷。故对该批镗杆材料、加工及热处理过程进行了研究分析,以期找到问题点,采取措施防止问题再发生。

1. 表面缺陷的宏观分析

机床镗杆气体氮化后,在精磨外圆时,镗杆表面出现局部的麻点和砂眼,如图2所示。

在精磨加工中,镗杆表面出现随机分布的麻点和砂眼缺陷,存在位置表现出较大的随机性和分散度。表面缺陷随精加工过程杆外表面磨得越光表现得越明显,较大的砂眼和麻点裸视就能

明显观察到(见图2)。因此按工件质量要求,该类出现麻点和砂眼的镗杆为不合格品,但由于精磨量很小($\leq 0.08\text{mm}$),并且随精磨过程缺陷表面更加明显,因此,该类镗杆无法补救。通过图3看出,在裸视所见的麻点和砂眼旁还伴存着较多的表面凹坑缺陷,该类小凹坑在精磨过程中会逐步连贯,形成更大的凹坑缺陷。因此,也说明在镗杆精磨过程中表面缺陷会越来越明显,并且难以通过精磨消除该类麻点和砂眼缺陷。

2. 镗杆化学成分分析

分别在出现表面缺陷和没有出现表面缺陷的两根镗杆上取样进行化学成分检验,结果见表1,其中镗杆1为出现麻点和砂眼缺陷处镗杆化学成分,镗杆2为无表面缺陷的镗杆的化学成分。对照镗杆材料的标准值分析,镗杆材料各项元素化学成分在38CrMoAlA钢材合格范围内,表面缺陷区和无缺陷区各元素化学成分基本均匀,化学成分均在合

格范围内^[1],杂质元素S、P含量也在合格范围内,即化学成分没有问题。

3. 气体渗氮工艺及质量分析

镗杆的工艺流程是:毛坯料粗车后调质并校直处理,精车外圆,加工键槽后进行 $600\sim 620^\circ\text{C}$ 的去应力退火处理,粗磨后留精磨量进行气体渗氮处理,渗氮前镗杆螺纹处涂防渗氮涂料进行防渗氮保护,二段气体渗氮^[3],要求渗氮后镗杆表面硬度 $\geq 950\text{HV}$,精磨精研后成品表面

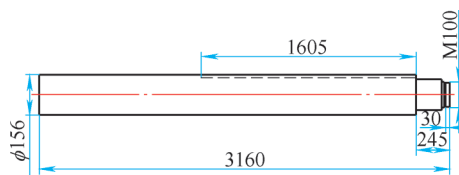


图1 镗杆

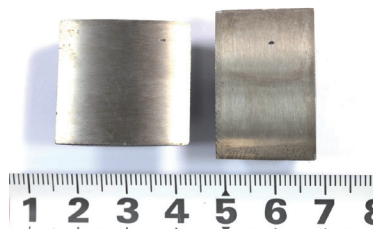


图2 镗杆表面肉眼所见的局部麻点和砂眼

硬度 $\geq 900\text{HV}$ 。

分析该氮化工艺对镗杆表面质量的影响主要有螺纹局部防渗氮剂和氮化后的校直方式。在工艺实施中，采用的防渗氮剂为常年使用正规热处理涂料厂提供的硅酸铝型防渗氮剂，防渗涂料在氮化后无流淌挂滴现象，被防护的螺纹及附近清理后无腐蚀印记，并且由于精加工后镗杆表面麻点和砂眼是无规则出现，因此该批镗杆表面缺陷不是局部防渗氮剂造成的；氮化后镗杆主要采用热校直法，镗杆氮化处理后弯曲变形 $0.5\sim 0.7\text{mm}$ ，校直后弯曲 $\leq 0.08\text{mm}$ ，待校直杆加热至 $210\sim 230^{\circ}\text{C}$ 后，三点校直，校直后进行回火定型，再检查弯曲度，合格后转精加工序。同理，由于镗杆表面精加工时出现的麻点和砂眼是无规律分布的，与校直支撑点、压力点无关。

对出现表面质量问题的镗杆进行了氮化层的质量分析，结果见表2。可见，氮化层脆性及氮化级别符合机床主要件特性指标要求，该批氮化质量符合工艺及标准要求^[2]。

4. 扫描电镜及能谱分析

在存在表面缺陷处取样进行扫描电镜分析，表面缺陷形态见图3、图4，对该图中表面缺陷及正常表面进行了微量元素对比分析，如图5、图6、图7所示。

图4表面缺陷处微量元素分析结果表明，在镗杆表面存在麻点、砂眼缺陷的部位，微量元素含量区别较大。图4中第1点处缺陷存在较多微量元素，属氧化物类夹杂；图4中第2点虽然有较大的凹坑形态，但凹坑缺陷内微量元素与正常表面区域（图4中的3点位置处）微量元素基本一致，没有较高量的氧元素分布，见图6、图7比较。

通过扫描电镜及能谱分析表明，该批镗杆材料存在随机分布的夹杂缺陷（图4中的第1点），这些夹杂在镗杆该处位置形成蜂窝状缺陷，镗杆经过氮化处理后，该蜂窝状缺陷金属脆性增大，因此，存在该类缺陷的镗杆在后序精磨加工中，蜂窝状夹杂随磨粒磨削脱落形成更大的凹坑（如图4中的第2点凹坑），精磨加工中也就出现麻点、砂眼越磨越明显的现象，而连在一起的凹

坑就成为裸视可见的砂眼（见图2）。

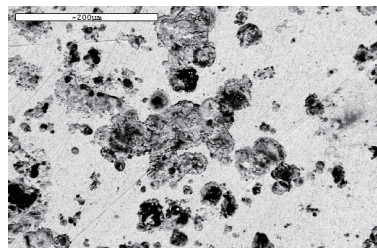


图3 扫描电镜下的局部麻点和砂眼

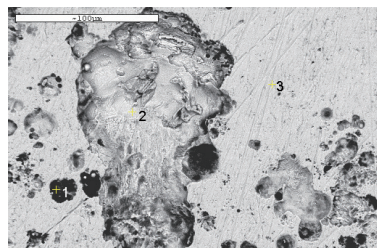


图4 麻点、砂眼高倍照片

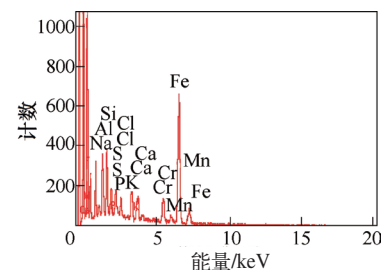


图5 在图4中第1点处微量元素能谱曲线

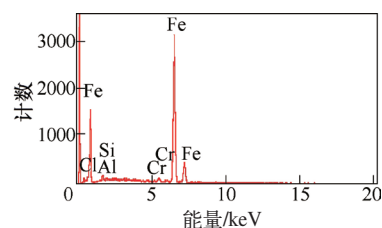


图6 在图4中第2点处微量元素能谱曲线

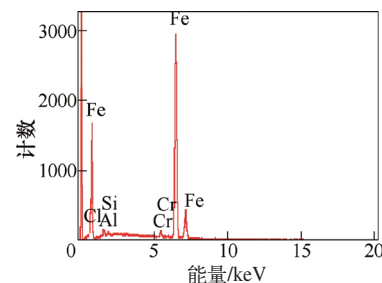


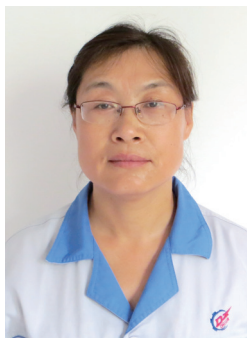
图7 在图4中第3点处微量元素能谱曲线

表1 化学成分分析结果（质量分数）（%）

类别	C	Si	Mn	Cr	Mo	Al	S	P
标准值	0.35 ~ 0.42	0.20 ~ 0.45	0.30 ~ 0.60	1.35 ~ 1.65	0.15 ~ 0.25	0.70 ~ 1.10	≤ 0.035	≤ 0.035
镗杆1	0.413	0.326	0.398	1.5	0.178	0.99	0.008	0.016
镗杆2	0.411	0.321	0.405	1.51	0.17	0.96	0.008	0.016

表2 存在表面缺陷的镗杆氮化检测结果

镗杆试样	渗层深度/mm	表面硬度HV5	渗层脆性/级	心部组织/级	氮化物级别/级
1	0.50	1050、1060、1030	1	2~3	2
2	0.51	1045、1051、1034	1	2~3	2



超级渗碳技术成本分析

■ 李玉婕

众所周知,目前国内外常用的可控气氛渗碳方式主要有三种,这三种渗碳方法各有其优缺点,尤其在 实际生产中,更为关注的是效率和效益。

本文结合生产实践分别对三种可控气氛渗碳方法做一介绍,重点介绍超级渗碳技术的优势和成本分析。

1. 当前国内外所采用的三种可控气氛渗碳方法

(1) 发生器式吸热式保护

气可控气氛渗碳方法 第二次世界大战以后,发生器式吸热式保护气可控气氛渗碳方法首先是在美国发展起来的,改变了以往传统的各种渗碳方法如固体、液体和气体渗碳,实现了渗碳过程炉气碳势的自动控制,使渗碳零件的质量有了很大的提高,因而在世界工业先进国家得到广泛的推广和应用。该渗碳方法采用吸热式平衡气氛,炉气成分稳定,碳势控制精度高,适用的工艺温度范围较宽。因而直至今日,在大

规模的连续式生产作业线上仍得到广泛采用。

(2) 滴注式可控气氛渗碳法 滴注式可控气氛渗碳是瑞士提出的渗碳方法,国际上称为卡博-玛格法,该工艺的实质就是在整个渗碳周期内,同时向炉内滴进两种碳当量不同的有机介质。一种介质在高温下能产生相当于稀释气体;另一种产生渗碳气氛。调节两者的配比,以实现炉气碳势的自动控制。

该方法的优点在于,吸热式保护气由直接滴入的介质产生,不需要专门的发生器,可大大节省能源。其兼有传统的滴注法和发生器式控制气氛渗碳的优点,既经济简单,炉气碳势又可控。

(3) 超级渗碳(Supercarb GA法) Supercarb GA超级渗碳,是将碳氢化合物直接通入炉内产生的渗碳气氛,即所谓的直生式气氛。其气氛碳势可控,得益于当代气氛监控装置和计算机控制技术在热处理领域的飞速发展。直生式气氛比发生器制备的吸热式气氛,可以节省大量能源。因为采用发生器制备的吸热式气氛渗碳,相当于两台炉子同时工作。另外,发生器启动需要

5. 结语

镗杆氮化处理及工艺过程符合质量控制要求,局部防氮化涂料和氮化后的热校直不是镗杆精加工过程中出现表面麻点、砂眼的直接原因。在表面麻点、砂眼处存在随机分布的夹渣缺陷是造成镗杆氮化后精加工过程中出现表面麻点、砂眼缺陷的主要原因。生产上不再使用该批材料制造镗杆,以后生产应增加镗杆材料的低倍组织检查。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB-T3077—1999合金结构钢的牌号及化

学成分[S].北京:中国标准出版社,1999.

- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.GB/T11354—2005 钢铁零件渗氮层深度测定和金相组织检验[S].北京:中国标准出版社,1999.

- [3] 阎利民.气体氮化工艺探究[J].金属加工(热加工),2009(19):40-42.

作者简介:刘振民,高级工程师,研究生,主要研究方向为材料工程学专业,沈阳机床(集团)有限责任公司。

MW 20160718