

真空炉真空系统的故障分析

Trouble Analysis of Vacuum System of the Vacuum Furnace

吴建设 (沈阳飞机制造公司四十一厂)

Wu Jianshe (Shenyang Aircraft Industrial Company)

[摘要] 真空热处理设备在正常使用过程中往往会出现真空系统达不到所需真空度的情况, 本文对 PFTH 型立式真空油淬炉和 PFSE 型立式真空气淬炉常见故障做了分析, 并提出了故障排除方法。

关键词: 真空热处理 真空炉 故障分析

[Abstract] The vacuum of which vacuum heat treatment equipment is using can't often achieved the standards during an operation. These troubles have been analyzed and have been eliminated, which occurred to the vertical vacuum quench furnace in oil or in air.

Keywords: vacuum heat treatment vacuum furnace trouble analysis

1 前言

随着科学技术的发展, 真空热处理技术的应用已遍及各行各业, 越是尖端的领域, 对真空热处理技术的要求就越强烈。现在, 该技术已成为航空、航天、核能与电子等行业发展中不可缺少的热处理手段之一。其主要优点是可使工件在无氧化、无脱碳和小变形条件下完成热处理工序; 经此处理后的工件表面光洁、力学性能高、使用寿命长; 同时还具有脱气效果好、不污染环境 and 便于实现自动化操作等优点。

真空热处理技术在工业发达国家采用得较早, 而且技术上也比较成熟。为提高产品质量, 增强市场竞争力以及改变热处理设备陈旧落后的状况, 本公司于 1993 年从法国引进了两台 ECM 公司生产制造的真空热处理炉, 一台为 800mm × 1700mm 的 PFTH 立式真空油淬炉, 另一台为 850mm × 1500mm 的 PFSE 型立式真空气淬炉。经过近三年的安装、调试和使用, 发现即使是在正常的使用过程中, 设备往往也会出现真空系统达不到真空度要求的情况, 本文对此进行分析研究, 使问题获得妥善解决。常见故障有三种, 即真空系统泵抽效果不良, 真空系统漏气和真空系统放气, 分叙如下。

2 真空系统泵抽效果不良

真空系统泵抽效果不良是泵抽系统本身存在的问题, 原因主要有两个: 一是前级泵达不到极限真空度, 二是扩散泵有故障。

2.1 前级泵达不到极限真空度

当发现前级泵真空度不高时, 应按下述步骤逐条进行检查, 并加以排除。

2.1.1 泵温太高

(1) 检查控制泵温的恒温器设定值是否符合规定, 如果不符, 应重新设定。

(2) 泵冷却水流量因水垢或其它污物的堵塞而变小, 导致泵温升高。因为泵油必须具有一定的粘度以保证泵的密封性, 粘度过小, 密封性能变差。而泵油的粘度随温度升高而下降, 致使泵的密封变差, 油的饱和蒸气压增大, 真空度降低。解决办法是疏通水路, 加大冷却水的流量, 使泵油的温度不得超过 100℃ 这规定值, 一般以 40℃ 左右为宜。

(3) 元件装配不当, 造成磨损, 应重新装配。

2.1.2 泵油问题

(1) 油位过低。应补充油量到说明书所规定的位置。

(2) 泵油老化或被污染。泵油使用寿命一般为 2000h。使用时间过长或使用不当而被污染时, 泵油将由原来的浅黄色、清洁、透明变成颜色较深的乳油状。泵油粘度增大会使泵的性能降低, 一般规定泵油粘度不得超过 $0.3 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ (在温度为 25℃), 否则应予更换。

(3) 泵油含有水分。打开气镇阀 15 ~ 30min 即可使真空度提高。原因是: 当被抽气体中含有蒸气等可凝性气体时, 它们进入泵的工作室后将受到压缩, 从而凝结成水和其它液体。这些凝结液不但降低了真空度, 还会

使泵油变质,从而使泵的性能大为降低。为了避免凝结液对泵性能的影响,在泵的压缩排气位置配上一只气镇阀。当泵将气体压缩时,通入一点空气,以便提高工作室内的压强,使混合气体中的可凝性气体在未达到饱和蒸气压时就被排出泵外,从而达到排除水分和其它可凝性气体、不污染泵油和提高真空度之目的。

- (4) 选用的泵油规格不对。
- 2.1.3 过滤网被堵塞。应将进气口与气镇阀处的滤网拆下并清洗干净,重新安装。
- 2.1.4 泵本身漏气

- (1) 检查密封胶圈是否老化失效和发生永久变形等,若发现问题应予更换。
- (2) 气镇阀垫圈损坏或未拧紧,应及时更换或拧紧。
- (3) 排气阀片损坏致使密封不好,应更换排气阀片。

2.1.5 泵在运转过程中有异常杂音、噪声、转动困难现象时,应按下列条款进行处理:

- (1) 泵温太高。可参照 2.1.1 节第(1)条处理。
- (2) 过滤网损坏,致使金属屑、陶瓷、纤维屑等落入泵内,使其运转发生阻碍。应拆泵检查、清除碎屑、更换滤网和被磨损的部件,并将其装配好。
- (3) 泵油变质,粘度增大。应更换泵油。
- (4) 减震装置装配不当而产生噪音。应重新装配。
- (5) 电机故障产生杂音。应检修电机或给电机轴承加润滑油。

2.1.6 泵启动困难。造成泵启动困难的原因主要有以下三种,即:

- (1) 室内温度太低,致使油的粘度增大,因而造成泵启动困难。应将泵房室内温度保持在 12℃ 以上。
- (2) 泵油已变质,致使泵油的粘度增大,造成泵启动困难。应及时更换泵油。
- (3) 电机电源故障。应检修电源。

2.2 扩散泵有故障

一套真空系统的前级泵已达到极限真空度且无漏气现象时,若真空度仍抽不上去,那么就应检查扩散泵。检查可按下列步骤逐项进行。

2.2.1 系统真空度达不到极限值

- (1) 泵油太少或泵油受污染。正常情况下泵油为白色、清洁、透明的液体,如若变色或变混浊则说明泵油已被污染,须拆开泵进行彻底清洗,并更换新油。泵油正常使用应两年更换一次。若泵油未被污染,只是量少了,那么只需添入同规格的泵油至油标位置即可。
- (2) 泵油加热不足。应检查供电电源和保险丝有无

故障,以查明泵加热器是否正常工作。若有故障应及时排除。

- (3) 泵冷却不足,致使泵内油蒸气不能完全迅速地凝聚,而已凝聚的油在未流回冷阱前又重新蒸发,有可能返流到真空系统,污染加热室。排除方法应加大冷却水流量。

- (4) 冷却水流量过大,致使泵壁表面温度降低,增加了油蒸气返流,影响了极限真空。扩散泵在工作时,冷却水出口温度以 26℃ 左右为宜(不得超过 30℃)。

- (5) 扩散泵内油蒸气导流片装配不当。应检查各级喷口的几何尺寸、位置、间隙是否正常,有无倾斜等。如若有问题,应重新装配。

2.2.2 扩散泵不工作

- (1) 真空系统漏气严重。应检查炉门、电极、热电偶等易出现泄漏的密封部件,找出泄漏的位置并进行排除。
- (2) 扩散泵预热不充分。扩散泵应提前 30min 进行预热,使泵油加热到工作温度才能启动工作。
- (3) 前级泵有故障或前级管路存在泄漏,致使扩散泵前级管路压强过高,扩散泵启动困难。故障排除可参考本文第 2.1 节。若前级泵无故障而前级管路压强过高,说明前级管路存在泄漏,应查找漏孔的位置给予排除。
- (4) 皮拉尼真空计出现故障,使程序逻辑控制器得不到前级管路的压强信息,致使扩散泵无法启动。应对皮拉尼真空计进行检修或更换。

3 真空系统漏气

真空系统漏气是造成真空系统真空度抽不上去的主要原因之一。为了确保真空系统保持良好的密封性能,应定期对其进行压升率的检测,一旦压升率大于 0.27Pa/h (2×10^{-3} mmHg/h) 时,就应对真空系统进行检漏。真空设备漏气的位置,通常易发生在其经常活动的地方,如炉门、热电偶、电极以及真空计等部件的密封处。检漏所采用的方法有“喷吹法”、“氦罩法”或二者相结合的方法。实践证明,先用氦罩法粗检,确定漏气的大致位置,然后再用喷吹法仔细寻找确切的漏孔位置,比较快捷、准确。

找到确切的泄漏位置后,可按下述步骤查找产生泄漏的原因并予排除。

- (1) 检查胶圈与密封槽是否匹配。如二者不相匹配,则易产生泄漏,应更换规格合适的胶圈。
- (2) 查看胶圈是否因使用时间太长或过热,而产生

永久性变形或发生微裂。若已产生这些现象，则应及时更换。

(3) 检查密封法兰盘和菌形件是否有锈蚀、划伤、变形等，如果有，则应将锈蚀、划痕等研磨掉，或将变形校正过来直至更换新的密封法兰盘和菌形件。

(4) 检查密封元件是否装配得当。装配时，应均匀对称拧紧密封法兰的螺栓，以防止其一边松，另一边紧，而使密封效果不好。装配压紧力不宜过大，以免胶圈发生永久性变形。

(5) 查看密封元件是否清洁。其表面不得有油污和任何物质纤维或碎末的污染物。若密封元件已被污染，则应进行彻底清洗。

4 真空系统放气

由于真空系统内各部件的表面，尤其是那些分子密度小的部件，如石墨、陶瓷、纤维毡等，都吸附有大量的气体和水份，被吸附的气体和水份在外界条件（如温度、压强）发生变化时，将从这些部件的表面逸出，致使真空系统的真空度降低。在不采取其它任何措施的情况下，要将吸附在真空系统内各部件表面的气体，尤其是水蒸气全部解吸掉是很难的。因为 20℃ 时水的饱和蒸汽压为 2299.8Pa，也就是说对充满水份的材料进行抽气，真空度只能抽至 $97.8 \times 10^3 \text{Pa}$ 。为了将水份抽走，

采取对其进行加热烘烤的办法，边加热、边抽气，直到水份全部气化、抽走。烘炉排气工艺如图 1 所示。

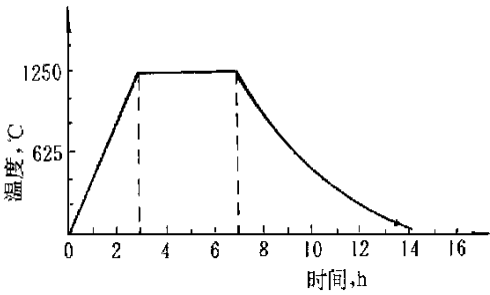


图 1 PFTH 和 PFSE 真空炉排气工艺曲线

为了避免真空炉吸附大量的气体和水份，真空炉在不工作时也应处于真空状态。对于工装夹具及所要处理的零件，在入炉前一定要彻底地清洗、烘干，使其表面保持清洁、干燥。另外，真空油淬炉的淬火夹具不允许用普通砂型铸造工艺进行制造。因为用这种方法制造的夹具，尤其是形状复杂的大型夹具，不但组织疏松，而且还有大量的砂眼、气孔、微裂纹等缺陷。当其和工件一起淬入油中之后，淬火油将残留其内，使除油变得非常困难。进行抽真空加热后，渗入其内的油将挥发出来，使真空炉内部和零件受到污染。

* * * * *

世界各地真空炉生产厂一览表

ABB Alamsas Agir Sanayii As	土耳其	Composite Metal Services Ltd	英国
Aces Trading Company	法国	Cousarc Eng Ltd	英国
AET	法国	Crossley Technology Ltd	英国
Agotherm Industrieofenbau	德国	Daido Steel Co Ltd-Machinery Division	日本
Aichelin GmbH	奥地利	东华工业炉	中国
ALD Vacuum Technologies Ltd.	英国	ECM (infrafour)	法国
ALD Vacuum Technologies GmbH	法国	Edenbridge Metals Ltd	英国
Atmosphere Furnace Company	美国	Elatec Technology Group	美国
Bale Furnace Pte Ltd.	新加坡	Electric Melting Services Co Ltd	英国
Busch (UK) Ltd	英国	Elind Srl	意大利
BVK Furnaces Ltd	英国	EMI Italia Srl	意大利
Calamari Spa	意大利	Energomach Export	俄罗斯
Cambridge Consultants Ltd	英国	Essex Kilns Ltd	英国
Cambridge Vacuum Eng Ltd	英国	Eucon SA	西班牙
Carbolite	英国	Ferofluidics Ltd	英国
Centorr/ Vacuum Industries Inc	美国	佛山电炉厂	中国
Cheltenham Induction Heating Ltd	英国	中国机械工程学会铸造研究所	中国
重庆电炉厂	中国	Fours Industriels BM121	法国
Climax Special Metals Fabrication Ltd	英国	Furnace Engineering Pty Ltd	澳大利亚
Coel SA	西班牙		

(下转第 29 页)