

热处理现状及发展趋势

■ 张善庆, 王立红

摘要: 热处理技术是金属材料、制件在固态下,通过加热、保温和冷却的手段,改变材料表面或内部的化学成分与组织,获得所需性能的一种金属热加工技术,是一种传统而古老的精益制造技术。热处理作为唯一的整体改性手段,能够赋予材料的极限性能,赋予制件装机的服役性能和极限的装机服役性能。将热处理作为“特殊工艺过程”,对“人、机、料、法、环、测”诸方面及各关键点,均采用“全过程质量控制与管理”的理念,彼此间遵循“乘法法则”,而绝非“加法法则”,乃是金属热处理发展之精髓。

关键词: 热处理;特殊工艺过程;全过程质量控制与管理;极限性能;装机的服役性能

将热处理作为“特殊工艺过程”,采取“全过程质量控制与管理”,予以最严格的控制与管理,是国外金属热处理之精髓。

特殊工艺过程,即:热处理属于该加工质量(质量特性)不易或不能通过其后的检验或试验而得到充分验证的过程;产品质量(质量特性)需进行破坏性试验或采取复杂昂贵方法才能测量或只能进行间接监控的过程;该过程产品仅在产品使用或交付之后,不合格的质量特性才能暴露出来。

全过程质量控制与管理,即:根据产品工艺特点,加强其热处理工艺方法的试验验证,及时总结最佳工艺控制参数,列入工艺规程,对工艺参数进行连续控制;秉承“人、机、料、法、环、测”诸方面及各关键点,均采用“全过程”质量控制与管理的理念;遵循“乘法法则”,而

绝非“加法法则”;全过程的质量控制与管理,任何工艺环节(影响生产过程质量的各要素)均应始终处于受控状态;持之以恒地进行“全过程”的检查(自查、监督、检查、抽查及审核等),就是为了发现问题;发现了问题,就实事求是地研究“整改措施”;制订好“整改措施”,就脚踏实地予以贯彻与落实;保证各级、各类“复查、复审工作”的及时与到位;保证“整改措施”实实在在地落实到位;保证“整改的问题”能够求真务实地归零;进一步完善管理规范、制度、规程及流程。

一、人员:指制造产品的人员

1. 职业道德

职业道德取决于个人的道德水准与社会的道德水准,其与个

人的出身、受教育程度等并没有本质的关系,与社会环境、主流思想等却存在着密不可分的关键。职业道德的缺失源于社会主流思想的“唯我与利己”,以及社会环境的“金钱至上与缺乏敬畏”。职业道德一旦缺失,又何谈职业素质与职业技能呢?

2. 职业素质

职业素质,既是形式化的表现,又是综合的概括,还带有职业的特征。如果缺失了职业道德,形式化的职业素质就失去了本质的内涵,再丰富的专业知识、再高超的职业技能必将成为“精英式的唯我与利己”,从而职业的特征要么成为“唯我与利己”的工具,要么被彻底抛弃掉。

3. 职业技能

职业技能,尤其是热处理职业技能,就如同厨师技能一

样。共同之处在于，厨师的对象是食料与菜品，热处理的对象是金属材料与制件。不同之处在于，厨师的技能每时每刻都在接受顾客的“挑剔”，一旦无法得到绝大多数顾客的认可，结果只有：形式上被老板“炒鱿鱼”，实际上被顾客所淘汰。因此，需要厨师每时每刻都在历练自己的技能，磨练自己的意志，提升自己的道德。而热处理的技能由于无法每时每刻地接受顾客的“挑剔”，仅依靠从业人员的“自觉”来升华自我，对整个行业而言那是徒劳的。因此，职业技能的提升只有依靠重树职业道德，加强制度化管理，实时监督检查，落实整改措施，保证问题，才能循序渐进地得以提升。

二、机械：指制造产品所用的设备

自主创新、品牌创新，仍然“步履维艰”；专业化的维护、维修与保养，仍然有待“深入探索”；“制件”热处理的实际需求，如何及时反映在设备的更新换代上，仍需深入探讨。

1. 再好的设备也需要优秀的人员来操作

军工企业，随着整体条件建设的日益更新，其热处理行业的条件建设也有了明显的改进。真空热处理设备、多用（渗碳、渗氮等）炉设备、离子渗氮设备、自动控制的高中频设备、精确控制的冷却设备、双循环冷却循环水系统等，已经得到广泛的应用，并逐步取代传统的、非节能环保的老式箱式电阻炉等。就制



件而言，这种替换的比例非常大。新更新的热处理设备通常很先进，尤其是进口热处理设备基本上已经实现了“少人或无人看管的作业模式”，完全利用设备自身的可靠性、稳定性与一致性，来替代人员的不可靠性、不稳定性与不一致性，从而保证材料与制件热处理质量的可靠性、稳定性与一致性。这样，势必导致对此类热处理设备操作人员的综合素质提出了极高的要求，包括：对金属材料与热处理知识、机电一体化知识、计算机知识、真空获得知识，以及测试与计量等诸多知识及彼此的相互耦合具有一定的认识与了解。但是，现行的教育、用人、培训等人才培养体系与目前军工热处理行业的条件建设速度的确非常矛盾，由于技能岗位缺乏与之相关的配套措施，因此不但人员奇缺，而且极不稳定，人才流失极其严重，这也是整个制造业的“通病”。

基于上述情况，热处理仍然延续传统的模式，即：“穿新鞋走老路”。绝大多数企业仍停

留在安排大部分人员看炉子，也就无非装炉、出炉、记录一些人为设定的表格等。这种模式，只能解决就业问题，对员工的技能培养、新产品的开发、产品质量稳定性的提升等诸多方面却起到了体系化的阻碍作用。因此，再先进的设备到了生产现场都实际上被固化成几种最基本的运行模式，绝大多数的功能被闲置（这与条件建设初期购置设备时，极力追求功能全、档次高、品质新的初衷的确是“南辕北辙”）。因此，整体热处理行业产品质量的提升速率与条件建设新增设备的速率相互不成比例，也就非常容易理解了。解决上述问题，核心不在于解决设备的问题，而在于解决人的问题。人的职责必须由“看炉子”，延伸至“保证材料的极限性能、保证产品的装机服役性能”。

2. 再好的设备也需要优秀的人员维护、维修与保养

用好热处理设备，无论对设备的用户而言，还是对设备的制

造商而言，无疑都是非常重要的事情。但是，用好设备的另一项关键内容，就是如何科学地维护好、维修好与保养好设备。

传统的设备维护、维修与保养，仅局限于机电的修补。那是一种“亡羊补牢”式的维护、维修与保养。新型的设备维护、维修与保养，则是基于对产品的热处理过程负责，对产品的热处理质量负责的理念而建立起来的。同时，随着热处理设备“少人或无人看管模式”的不断普及，这就需要以极富专业素质的新型维修（含维护与保养等）工程师取代传统的维修人员。他们必须具有：热处理设备故障的预诊断能力、热处理设备故障的及时与迅速的排除能力、保证热处理设备排故的可靠性与稳定性的能力，以及评估热处理设备维修必要性的能力等。

培养这样新型维修工程师的工作虽然异常严峻与艰难，但是如何留住这样新型维修工程师的工作则更加严峻与艰难。目前，不但军工企业对此“束手无策”，就连国外著名的独资企业也同样对此“无计可施”！其实质问题在于：如何认同其价值，如何认知自身价值，以及如何科学地评估该价值等。

在这些方面，我们的确具有很大的差距。但是，与其彼此无休止地争论“这种价值的差异”，还不如努力创建科学的评估体系，即：在充分承认新型维修工程师社会价值的前提下，利用社会的大市场，同时结合企业自身的评估能力，使新型维修工程师队伍不断健康发展，使企业

的热处理设备得到科学的维修、维护与保养。

3. 任何设备都应该提供诚信的售后服务，尤其是备品备件的供应

设备备品备件的供应问题，是一个各行各业具有共性的问题，也是目前阻碍我国装备制造业创新发展的重要因素之一。设备在采购过程中，由于竞争异常惨烈，供应商的合理利润被剥夺。供应商则将利益的补偿转移至售后服务环节，由于劳务本身的确没有多大空间可以考虑，于是大家就将目光转向备品备件的价格及其质量上。于是，前者导致备品备件价格的不实，后者则导致备品备件质量的不真，同时，售后服务的真实性也逐渐被广泛质疑。

这样，制造环节本身被明显“弱化”，售后服务环节又被明显“造假”，制造业的发展又怎能得以实现？有些人将这一切归结于“招投标”，但真是“招投标”的问题吗？其实持有这种观点的人心里都清楚，真正的问题出在“诚信”二字上，对于诚信，绝大多数人都透支得太多太多，因此，早就到了“赎罪”的时候了！

三、材料：指制造产品所使用的原材料

目前，材料成分的精准性、组织的规范性、加工的精密性、性能的真实性，以及服役行为（使用与服役）的目标性均存在很大的差距。

1. 材料成分的精准性

材料的成分，无论是对热处理制件材料的成分而言，还是对热处理辅助材料的成分而言，对热处理来说，都是绝对不可以回避的关键问题。

如何保证热处理制件材料成分的精准性？那是一个非常大的话题，但是严把制件材料的入厂复检关，却是制件热处理的关键环节之一。因为成分决定组织，组织决定性能。因此，保证热处理制件材料成分的精准性，是保证制件热处理组织与性能可靠性、稳定性与一致性的前提。

如何保证热处理辅助材料成分的精准性？则是一个非常现实的话题，严格保证热处理辅助材料的入厂复检与实时在线检测，的确是制件热处理的关键环节之一。因为辅助材料的成分直接决定制件的热处理质量。如：热处理用氩气与氮气纯度的保证。因此，保证热处理辅助材料成分的精准性，也是保证制件热处理质量可靠性、稳定性与一致性的前提。

2. 组织的规范性

无论材料的组织，还是制件的组织，对热处理而言，都是绝对的核心问题。回避这一核心问题，讨论热处理也就失去了意义。

如何保证材料组织的规范性？同样是一个非常大的话题，但是严格保证材料成分与供应状态的入厂复检，却是保证材料组织规范性的关键环节之一。但是，这一环节往往被忽视。

如何保证制件组织的规范性？确实是一个极其纠结的问

题，但又是一个极为基础性研究的问题。

(1) 之所以说“纠结”，是因为：制件组织的重要性不言而喻，因为组织决定性能，组织无法得以保证，性能又何以能够得到真实的保证。但是，制件组织的规范性是必须通过制件的组织图谱来得以确认的。一直到目前为止，我国尚未建立起制件组织图谱的编制体系，尽管原因是多方面的，可是再不自主创新地创建制件组织图谱，那将会导致更为惨重的后果。实践证明：靠等，等不来！想买，买不来！想躲，躲不过！想替代，更替代不了！

(2) 至于说到“基础性研究”，就不言而喻了。没有其坚实、透彻的研究，就不可能形成具有实用性的组织图谱，更无法保证性能的可靠性、稳定性与一致性。但是，制件组织的图谱研究的确又是极为严谨、艰辛、寂寞、清贫与漫长的过程。因此，对此既需要得到体系上的认知与认可，更需要对整个编制体系的统筹与规划。

3. 加工的精密性

加工的精密性，既包含冷加工的精密性，又包含热加工的精密性。冷加工的精密性通过精密冷加工设备与冷加工技术完全可以得以保证，目前取得了长足的进步。热加工的精密性则是通过精密热加工设备、热加工技术（如：热处理等）、全过程质量控制与管理及严格地审核等方可以得以保证，目前仍存在着极大的差距。

4. 性能的真实性

性能的真实性，既包含材料性能的真实性，也包含制件性能的真实性。就热处理而言，如果随炉性能试样能真实地反映材料、制件的真实性能，则可通过在全过程质量控制与管理下的随炉试样来予以验证；如果随炉性能试样不能真实地反映材料、制件的真实性能，则要通过在全过程质量控制与管理下的同炉特殊位置处（具有代表性）的材料与制件的组织分析予以更严格的验证。

5. 使役行为的目标性

针对材料、制件的使役行为的目标性，就热处理而言，首先应该充分了解材料、制件的使役（使用与服役）行为的目标性能，即材料极限的使用性能与制件装机的服役性能；其次，通过热处理特殊工艺过程的全过程质量控制与管理手段，赋予材料极限的使用性能与制件装机的服役性能。

四、法规：指制造产品所使用的方法

1. 法规的建立

热处理作为特殊工艺过程，相关法规的建立，既是热处理特殊工艺全过程质量控制与管理的依据，也是赋予材料的极限性能和制件的装机服役性能的根基。

热处理法规的建立，应充分体现其科学性与实用性。既能保证热处理特殊工艺全过程质量控制与管理的实施，又能赋予材料的极限性能和制件的装机服役性能。

2. 法规的执行

热处理法规的执行，就是贯彻与落实热处理特殊工艺全过程质量控制与管理的过程。同时，只有通过实时（或定期、不定期）的监督、检查与审核，才会及时发现热处理法规在执行过程中的问题，也会及时发现热处理特殊工艺过程全质量控制与管理中的各种问题，并通过制订整改措施，实施整改措施，监督、检查与审核整改的落实结果，从而实现问题的归零。

3. 法规的完善

通过上述问题整改，不但能够保证问题的归零，而且还能使法规不断地得以完善。法规的不断完善，又会循序渐进地推动热处理特殊工艺全过程质量控制与管理的进一步改进与提高，从而更好地保证赋予材料的极限性能与制件的装机服役性能。

五、环境：指产品制造过程中所处的环境

1. 热处理对环境的污染

(1) 对大气的污染 传统的热处理，不但能耗极大，而且制件在冷却过程中或者由于制件未清洗干净在加热过程中，所产生的油烟同样会对大气造成一定的污染。随着热处理技术与热处理装备的日益更新，传统的油淬已经被新型、绿色、环保的有机淬火冷却介质所替代，同时随着各种类型的清洗机及抽油烟装置的孕育而生，对淬火油烟起到了根本的治理效果，极大地降低了其对大气的污染。传统的盐浴处

理,所产生的盐蒸气同样对大气造成一定的污染。随着热处理技术及热处理装备制造业的迅速发展,传统的盐浴处理已被新型、绿色、环保的热处理技术所替代,同时新型的盐浴设备,对盐蒸气进行了有效的回收,极大地降低了其对大气的污染。

(2) 对水的污染 早期制件油淬或盐浴处理后都需要用清水清洗或冷却,随后带有油污与含有盐的水,未经处理就被排放到自然界中,从而对水造成了一定的污染。随着热处理装备的不断更新,各种类型的清洗机取代了传统的清洗方式,各种类型的分离装置保证盐水中盐分充分地得以分离出来,从而保证排放到自然界中的水完全能够符合国家相关标准所规定的排放要求。

(3) 对土壤的污染 早期的废油、废盐都会直接扔掉,这样会对土壤造成一定的污染。现在随着废油、废盐的集中回收利用,不但能够“变废为宝”,而且也不会对土壤造成污染。

2. 热处理应有的生产环境

(1) 人员办公环境 力求舒适、整齐、规范。

(2) 生产作业环境 力求科学、合理、安全。

(3) 材料及制件物流环境 力求严格、规矩、精准。

(4) 文件与资料保管环境 力求实时、严谨、细实、可追溯。

(5) 测试工作环境 力求严格、规矩、精准、守法。

六、测量：指产品制造过程中所有与之相关的测试与计量

1. 测试

(1) 热处理生产过程数据的测试 是热处理生产过程实测数据的实时记录,是热处理生产过程检验的重要依据,是热处理特殊工艺全过程质量控制与管理的重要环节,是热处理生产交付与留档的重要文件,是热处理生产过程可追溯性的具体体现。

(2) 热处理设备指标的测试 是对热处理设备指标的定期测试(强制性),是热处理设备开展热处理生产的重要依据(同步性),是热处理生产过程检验的重要依据,是热处理特殊工艺全过程质量控制与管理的重要环节,是热处理生产交付与留档的重要文件,是热处理生产过程可追溯性的具体体现。可依据 GJB509B、AMS2750E 执行。

(3) 产品热处理后相关组织与性能的测试 是热处理生产过程检验的关键内容,是热处理特殊工艺过程全过程质量控制与管理的重要环节,是热处理生产交付与留档的重要文件,是热处理生产过程可追溯性的具体体现。

2. 计量

(1) 热处理生产过程数据的测试用仪器仪表的检定 是热处理生产过程数据测试正确性的必要保证,是热处理生产过程数据测试合法性的必要保证,是热处理生产安全性的可靠保证,是热处理生产可靠性、稳定性与同

一性的必要保证。

(2) 热处理设备指标的测试用仪器仪表的检定 是保证热处理设备指标定期测试的前提条件,是保证热处理设备指标测试数据正确性的前提条件,是保证热处理设备指标测试合法性的必要手段,是热处理生产可靠性、稳定性与同一性的必要保证。

七、结语

(1) 将热处理作为“特殊工艺过程”。

(2) 对该特殊工艺过程,针对“人、机、料、法、环、测”诸方面及各关键点,采取“全过程质量控制与管理”的理念,予以最严格的控制与管理。

(3) 热处理过程的诸环节之间,彼此间遵循的是“乘法法则”,而绝非是“加法法则”。其中任意一个环节是“零”,材料的极限性能就是“零”,制件的装机服役性能也就是“零”。

(4) 热处理的难点在于可追溯性。热处理绝对不能当成“大扫除”,靠“突击”解决不了问题。

(5) 热处理的目标是可靠性、稳定性与一致性。热处理如同日常“做饭”,做好一顿容易,年复一年、日复一日地每顿做好就“难”了。

(6) 热处理的目的是赋予材料的极限性能,赋予制件装机服役性能及极限的装机服役性能。

作者简介:张善庆,北京航空材料研究院;王立红,北京汉莎航空公司飞机大修厂。

MW 20161009