

兵器工业热处理的现状、需求和措施

孟冲云

兵器工业新技术推广所，北京 100089

1. 兵器工业热处理技术发展现状、存在的问题、解决措施与建议

全国热处理学会荣誉理事长樊东黎先生在《金属热处理》2006年第1期上撰文介绍了“美国热处理技术发展路线图概况”，引起热处理学界的高度重视和强烈的反响。在公布的“2004年热处理技术路线图HTS修订稿”中，提出了2020年美国热处理生产技术发展的设想目标是：能耗降低80%，工艺周期缩短50%，生产成本降低75%，热处理畸变为零，热处理件质量分散度为零，热处理炉寿命提高到原来的10倍，热处理炉价格降低50%，热处理生产对环境的影响是零。为具体实现路线图目标，同时还提出了16项值得重视的研发项目和70余项重点研发项目；在组织落实方面，先后成立了“热处理高新技术中心”和“热加工技术中心”。

对比美国的热处理行业技术现状，我国热处理行业的整体技术水平存在较大差距，尤其是在理念、思路上。主要表现在：

一是从经济、社会发展层面看，要体现出可持续发展理念和绿色制造理念，大工业生产要达到“节能、减排、优质、高效”要求。而热处理行业是在被大工业领域中公认的能源消耗大户，其能源使用方式与极受关注和重视的环境友好生产极不适应。

二是从装备制造业层面看，热处理是对装备制造业具有实质性影响的重要行业，要整体提升装备制造业、提高技术水平，实现装备制造业的自主创新，热处理行业是必要的产品质量保障的基础。因此，必须重视热处理行业作为关键技术环节的重要作用。

三是从热处理行业自身看，在现实已经有相当技术、装备差距的情况下，必须清楚认识到，如不尽快重视热处理行业技术和装备的全面提升和改造，强化行业的技术创新，必将进一步拉大与发达国家的技术差距，将形成新的技术弱势。

兵器工业企业近些年受惠于国家的国防现代化政策，进行了大规模的技术改造和设备更新。且随着民营企业的兴起，以及国防工业的技改，“十五”期间更有了一定程度的更新。但至今还有相当一部分企业的热工设备基本无大改观，一方面是由于资金短缺，另一方面是热处理得不到重视，即使有资金来源也轮不到热处理的技术改造。据估计，全国热处理企业的设备80%以上是40年以上役龄的老设备，而且大都是箱式、井式、盐浴炉老三样，并且在兵器企业中占有相当大比例。可见和国外先进热处理技术相比，兵器工业热处理技术存在的差距更大。

- 1) 部分工艺及设备明显落后。如热处理有氧加热工艺，以及盐浴炉、各种超期服役热加工设备，“三耗”高、污染重、效率低；
- 2) 工艺创新不够，始终延用传统热处理工艺，先进的新工艺尝试太少，存在“重冷轻热”（即重视冷加工，轻视热加工）现象；
- 3) 设备控制方式落后，多数热工设备还在采用通断式或人工PID控制方式控制接触器的动作，控制精度低（ $\geq \pm 15^\circ\text{C}$ ），稳定性差，易失控，既浪费能源又直接影响产品质量；
- 4) 人才队伍薄弱，管理模式落后，人为影响产品质量因素过多，节能措施少。

上述问题的存在，造成兵器工业热处理设备能耗大，能源利用率低，资源浪费，环境污染严重等，已难以适应军工产品的发展要求，成为军工产品特别是高新产品研制生产的瓶颈或窄口，严重影响了军工产品科研生产的进度和质量可靠性的提高。在面临日益恶化的资源、能源和环境问题的当前，要解决以上问题，必须进行技术改造，走可持续发展的道路。首先是更新设备，因为设备是先进工艺的载体；其次是技术改造，改造旧设备推行新工艺，同时提高企业职工的管理和技术水平以及操作技能，积极开展再教育和培训；再者是提高企业的自行开发能力，不断进行新技术的研究开发。

2. 兵器工业热处理行业面临的机遇与挑战

兵器工业肩负着为陆、海、空三军和二炮提供所有常规武器、弹药和引信、火工品、光电仪器等配套装备的重要任务。经过几十年的发展，已经成为制造工艺专业门类齐全、拥有一定技术力量、能够独立研制开发各种武器系统和组织批量生产、拥有众多企业和科研单位的大型军工集团。但军工企业的热处理技术还属落后行列，要想在激烈的竞争中谋求发展，必须持续开展生产技术的革新改造。针对当前和今后一个时期兵器工业发展面临的新任务、新挑战，必须紧紧围绕提升自主创新能力、提高发展质量、履行社会责任三大任务，强力推进结构调整和发展转型，努力做到销售收入和利润稳步增长、经营和资产质量积极改善、产业和产品结构加快优化、投资和财务风险适度可控。

兵器系统多数企业经过了几十年的风雨历程，科研生产现行热工工艺和关键设备状况参差不齐，“三耗”高、污染环境、效率低下、

自动化程度低的落后工艺和设备在一些企业仍在使用，诸如含铅盐浴炉、有氰电镀等国家明令强制淘汰的设备还在服役，这与全社会落实科学发展观、建立资源节约型社会很不协调，与兵器集团建立高科技现代化国际化兵器工业的发展战略极不适应。坚决淘汰这些落后工艺和设备，推广应用先进的工艺和设备并不断进行技术创新，降低能源消耗、材料消耗和劳动力消耗，减少环境污染，既是兵器集团落实中央要求的一项重要任务，也是建立资源节约型企业，增强集团竞争能力，保持持续高效发展的需要。

“十一五”期间，兵器工业军工产品批生产、研制任务十分繁重，热处理工艺技术保障能力更为重要。随着军工产品向着高效能、小型化、低成本、多功能方向发展、以及研制周期越来越短的要求，对热工工艺技术提出了更高的要求。推广应用新技术新工艺，淘汰落后工艺与设备，是兵器工业热处理技术发展的必由之路。落后热工工艺与设备淘汰计划项目主要解决先进工艺技术推广应用后需要淘汰的落后工艺和设备，以及列入国家强制淘汰名录的设备，项目的实施主要争取国家技术改造、安全改造、条件保障等计划的支持，同时要充分利用企业折旧费进行更新改造；先进热工工艺技术与设备推广应用计划项目重点解决产品研制生产中质量、进度、效益、安全和环保等共性技术问题，由兵器集团有组织、有计划的实施推广应用和引进工作，项目实施既要努力争取国家相关计划支持，也要求企业根据自身需求自主投入；技术创新计划项目主要解决兵器集团发展需要的一些重大共性和关键技术，项目实施以争取总装预研和科工委国防基础科研“十一五”计划支持为主。

到“十一五”末兵器工业初步建立“五个体系”、形成“五种能力”：

- 1) 建立兵器工业数字化、网络化、一体化设计体系，形成以异地协同设计、虚拟装配、虚拟制造、虚拟试验为特征的快速、高效的设计能力。
- 2) 建立兵器工业先进制造技术体系，初步形成适应多品种、变批量、高效率、低成本要求的快速响应敏捷制造能力。
- 3) 建立具有完善材料基础性能数据和配套规范生产工艺的兵器材料体系，形成兵器先进材料基础保障能力。
- 4) 建立虚拟试验、实验室试验与外场试验相结合的兵器测试试验体系，形成系统高效的武器系统性能试验、测试与评估能力。
- 5) 建立具有数字化、网络化的工作平台和技术服务平台的兵器技术基础保障体系，提高技术引导、技术规范、技术服务和技术监督能力。

3. 可推广的先进热处理工艺与设备

针对大型高硬度装甲件，突破装甲热处理变形关键技术，形成优化工艺技术规范，解决高硬度装甲钢件的热处理生产常出现的微裂纹，变形大，矫正崩裂等问题。采用先进激光淬火技术，重点解决高硬度形状复杂结构件淬火变形超差或淬火硬度不足等问题。

为确保兵器工业“十一五”目标实现，也为进一步作好“十二五”规划，热处理技术的发展不容忽视，需进一步加强：

3.1 进一步推广少无氧化技术

进一步大力宣传少无氧化热处理技术具有节能、节约原材料、零件热处理质量稳定，无环境污染等优点。再有进一步加大固定资产投资力度，发展和推广先进的密封多用热处理炉、连续渗碳淬火炉、真空炉、感应加热设备等热处理工艺装备，继续提高兵器工业热处理中少无氧化加热的比重。

如：感应加热内热式真空渗碳工艺针对车辆齿轮，在加热方式、渗碳压力、渗碳温度等关键技术均对传统的气体渗碳工艺进行了革命性的变革，是将气体渗碳、真空热处理、感应加热技术的优势在新的平台上予以集成，建立一种全新的金属表面强化工艺，国内尚未见相同的工艺研究成果及应用，与国内目前已有的低压渗碳工艺相比，从技术到设备都有较大程度的创新，高效、环保，且渗剂用量少，炉体造价低，易于实现机械化和自动控制。已由中国兵器工业新技术推广研究所承担并完成了该项技术的预先研究，取得了初步成果，渗碳温度 1100°C ，压力 $0.8\text{kPa}\sim 2\text{kPa}$ ；30分钟内渗层达到 $0.7\sim 1.0\text{mm}$ ；组织晶粒细小，晶粒度 $6\sim 7$ 级；表面无氧化脱碳，外观质量好；准备进一步开展工程化应用方面研究。

3.2 加快先进热处理技术的应用

先进热处理技术是计算机技术、信息技术、自动化技术、新材料技术、现代管理技术与传统热处理技术结合形成的一系列优质、高效、低耗、清洁、灵活热处理的总称，强调“更精、更省、更净”。更精：是指精确的生产过程，实现精密生产，包括精心的生产组织管理；更省：是在热处理生产中，实现能源和材料的有效利用，提高能源利用效率，减少资源和能源的浪费；更净：是要消除热处理生产过程对环境的污染，实现热处理过程的清洁生产，保护操作工人的身心健康。

精密热处理是指以组织、硬度、硬化层为控制指标的内在质量的精密化，和以零件外形特征为指标的畸变量的严格控制。只有对材料成份、工艺装备、工艺过程、冷却技术等系统的严格设计、控制，才有可能最大限度地减少质量分散度，达到均一的产品质量。理想标准是热处理畸变为零，质量分散为零。精密热处理包括热处理零件形状尺寸精密和组织性能精密。

节能技术的开发和应用，对热处理节能降耗、降低生产成本具有十分重要的意义。主要从几个方面开展（1）实现专业化、规模化生产；（2）节能材料和新加热源的采用；（3）热处理余热的利用；（4）节能热处理工艺的应用。

清洁生产是指通过对生产过程和产品的综合治理，最大限度地保护自然环境和利用自然资源。从清洁生产的观点出发，在热处理生产中必须选用清洁的能源和设备、清洁的工艺材料(包括热处理生产中所采用的各种固体、液体和气体原料)，采用清洁的工艺和生产过

程，最大限度地节能节材，减少对环境的污染。

如：钢丝在冷态拉拔过程中会产生加工硬化现象，必须进行热处理消除加工硬化，提高塑性，降低强度，以便进行下一步的拉拔，对于中高碳钢钢丝，长期以来，国内外普遍采用铅浴等温索氏体化处理，可以获得适合于继续拉拔的性能。但是铅浴作为等温处理介质在450~600℃之间有大量铅蒸汽散发到空气中，形成严重的环境污染，危害操作人员和周围的人群。采用快速感应加热、喷雾冷却以及保温方案，完全可以达到和铅浴处理相同的效果，从而替代铅浴炉，彻底消除铅蒸汽污染，节省熔化铅浴的能量，减少铅的资源消耗。

“更精、更省、更净”，是对先进热处理的总要求，是实现热处理可持续发展的总战略。积极发展热处理清洁生产技术，推广高效节能、少无氧化技术，全面提高企业现代化、规范化管理水平，从而达到精密热处理，节能热处理，清洁热处理，提高材料利用率，实现兵器工业热处理技术的可持续发展。

3.3 大力开发和推广热处理信息化技术

继续深一步推进用数字化技术改造传统热处理设备的工作，并在现有基础上加强计算机集散控制系统的广泛应用。

在军工产品制造中热处理是保证零件的内在质量，提高其承载能力、使用寿命和可靠性的关键工序，但热处理过程中工件内部的热、扩散、相变、内应力与应变以及工件与周围介质之间的换热或界面上的化学反应等一系列复杂的现象不可能直接观察和直接测量。在传统的热处理技术中只能用经验的或半经验的方法对上述种种复杂现象作定性的估算，难以做到热处理质量的精确控制，以致常常出现零件的使用可靠性得不到保证、或者因没充分发挥材料的潜力而增加产品的重量和体积等不良后果，已成为制约军工制造业水平的瓶颈。只有借助于计算机模拟，利用信息技术对这个传统技术加以改造，才能使热处理的由技艺型的技术向高科技型的技术转化，摆脱凭经验和定性估计进行生产的落后状态，向着定量预测和精确控制方向飞跃，这对于军工制造业的跨越式发展定会有相当大的作用。

通过建立数据库，用可视化编程技术软件来实现加热速度、淬火过程、组织转变、应力状况、开裂倾向及预防、变形规律、零件性能等的计算机模拟仿真，为摸索工艺与组织性能、探索合理的热处理工艺以及减少产品废损率奠定良好基础；并可以运用计算机控制炉内气氛、温度变化、炉内碳势以及在线控制数控仪表和装出炉工装，建立集散控制系统实现热处理生产的自动化等。

3.4 增强节能工艺和设备的应用开发

能源的紧缺是世界性问题，工业发达国家对开发新能源，尤其是节约使用能源都极为重视。注重合理选择热处理能源，广泛采用节能工艺、对传统的工艺方法从节能角度重新给予“检讨”、开发推广节能的热处理设备。限期强制淘汰氯化钡盐浴炉、铝合金井式热处理炉等高能耗加热炉，改用真空炉、电加热炉，减少能耗和排放；强制实行废热和余热的多次利用，合理组织热处理生产。尽可能保证设备满负荷连续运转等，改变目前能耗远高于日本、欧美的能耗指标的现状。热处理用电量约占机械制造业总用电量的25%~30%，是制造业中的耗能大户。全国热处理的平均单位电耗虽已由1978年的约1600kW·h/t下降到1000kW·h/t，主要工业城市及大中型企业约为500~800kW·h/t，但和工业发达国家的水平相比，还存在着相当大的差距。欧美国家热处理平均单位电耗为400kW·h/t左右，而日本各种热处理工艺平均单位电能消耗仅为300kW·h/t左右。况且兵器工业热处理能耗还居全国平均水平之上。争取“十一五”末低于全国平均能耗水平或与之持平。

3.5 加强人才队伍建设

企业产品的市场竞争，归根到底可以说是人的能力和素质高低之争。发展热处理技术必须坚持以人为本，要通过普通教育、职业教育和继续教育等多种途径提高热处理职工队伍的整体水平。加强有关高新技术、先进热处理技术和管理知识培训和学习，不断提高新技术开发能力。在当今知识经济中，人才是创造财富的最缺少和最珍贵的资源，在激烈的市场竞争中，人赢则赢已为企业界所共识，因此加强人力资源开发，稳定专业队伍，是推进兵器工业热处理技术发展至关重要的方面之一。