

不锈钢板型成型技术在水表行业中的应用

杨振中 周桂衡 胡国强

(江西三川水表股份有限公司 技术中心研发部, 江西 鹰潭 邮政编码 335000)

摘要: 提倡环保水工, 研究奥氏体不锈钢替代铸造铅黄铜、球墨铸铁水表壳体等承压件及连接件的基材。采用“薄壁不锈钢钢管冲压成型结合激光焊接”取代传统砂型铸造和精密铸造工艺制造水表壳体等承压件及连接件的毛坯基材。在取材思路和工艺变革上是国内、国际上创造性的研发突破。不锈钢材料拥有保持水质健康环保、生产工艺污染减少、资源重复利用得到保护、综合成本降低等诸多优势, 为水表壳体等承压件、连接件及供水管路的推广普及创造了前所未有的机遇。

关键词: 不锈钢; 成型技术; 水表应用

通常对在大气、水蒸汽和淡水等腐蚀性较弱的介质中不锈和耐腐蚀的钢种称为不锈钢; 在冶金学和材料科学领域中, 依据钢的主要性能特征, 将含铬量大于 10.5%, 且以耐蚀性和不锈性为主要使用性能的一系列铁基合金称作不锈钢。20 世纪初, 英国科学家布亨利·布雷尔利发明了不锈钢, 结束了钢必然生锈的时代。我国不锈钢产业发展进步较晚, 建国以来到改革开放前, 我国不锈钢的需求主要是以工业和国防尖端使用为主。改革开放后, 国民经济的快速发展, 人民生活水平的显著提高, 拉动了不锈钢的需求。进入 21 世纪, 我国不锈钢产业高速增长, 超过美国成为世界第一不锈钢消费大国。

一、薄壁不锈钢水表承压件应用前景

2007 年 7 月 1 日国家标准委、卫生部联合修订的《生活饮用水卫生标准》和 13 项生活饮用水卫生检验方法标准。标准对人体健康产生危害或潜在威胁的指标要求占 80%左右, 属于影响水质感官性状和一般理化指标的约占 20%, 新标准的毒理指标几乎是原标准的 5 倍, 并要求 106 项指标在 2012 年 7 月 1 日全面达标。因此, 中国计量协会水表工作委员会于 2010 年 4 月 20 日发布并于 2010 年 5 月 20 日开始实施《小口径饮用冷水水表表壳技术规范》, 主要从强度、寿命、卫生指标、抗老化、环保方面对水表壳体提出了具体要求。面对国家标准的诸多新要求, 水表承压件材料优选黄铜和不锈钢, 尤其是不锈钢材料性能最

优，主要原因是由于原来标准中的铜合金材料中含有对人体极为有害的铅。为此，国外现对铜合金材料中的含铅量有极为严格的控制，导致水表成本大幅上升。而国内水司用户由于成本的考虑，仍在探索一些价廉物美的材料，不锈钢无毒、无积垢、能杜绝涉水部件二次污染。不锈钢是当今世界上应用最广泛、性能价格比最优的钢材之一，在发达国家自来水输水管道和建筑内给水管道中不锈钢已得到广泛位应用，从水质环保的观点看，在给水管、排水处理装置中，具有优异耐蚀性的不锈钢是最为理想的材料。然而由于目前全球水表行业对不锈钢的应用局限于熔模精密铸造和砂型铸造成型，工艺环节较多、过程复杂周期长，生产环境污染严重，且易出现铸造毛坯缺陷，如气孔、缩孔、缩松、凹陷、多料、黑点、麻坑、裂纹等，缺陷处易产生腐蚀，影响外观及使用寿命。同时因铸造工艺的局限性，不锈钢材料液态下的流动性相对较差，为防止铸件产生冷隔、浇不足及缩孔，工艺上需采用大冒口补缩，同时为减少铸件的薄壁浇不足问题，壁厚相对取用较厚造成产品笨重，因此铸件的毛坯出品率很低；生产成本相对较高。而不能在水表行业得到大范围推广使用的主要原因，产品外观表面粗造度相对较差，直接影响水表产品美观及产品质量。

通过创新提出采用薄壁不锈钢管材压延成型，避免上述不锈钢铸造成型的所有缺陷。不锈钢环保型水表表壳的生产工艺，是将“薄壁不锈钢钢管冲压成型结合激光焊接再通过机加工”生产水表壳体，取代传统砂型铸造或精密铸造毛坯通过机械加工生产水表壳体。冷冲压成形、激光焊接、数控机加工无污染，工艺简便环保，同时保持不锈钢型材原有高强度的致密组织结构，壁厚超薄且均匀轻便，形状变量小流量一致性高，耐压、腐蚀性稳定可靠，生产效率高周期短，产吕合格率明显提高。同时产品表面光洁如镜面、外观新颖亮光，与普通球铁表壳、铜表壳相比，计量水表已提升变为精美的家用小工艺品。新型研发的薄壁不锈钢环保型水表表壳生产工艺目前已广泛扩展延用到水表罩子、管接头、供水管路等配件的基料，彻底改变了传统的落后的翻砂铸造工艺。

二、薄壁不锈钢表壳成型工艺分析

1. 薄壁不锈钢由于材料壁厚较薄的原因，抗压、抗拉、抗扭能力相对较差，壳体生产装配、水表安装易产生挤压、拉伸、扭曲变形。优化产品结构，提高产品抗压、抗拉、抗扭强度是薄壁不锈钢环保型水表表壳的关键，研发人员充分借鉴了食品、医疗器械行业的卫生使用验证结果及其他行业储存的稳压罐、油罐、酸碱盐罐等耐压密封性能优点及设计经验，大胆启用于不锈钢环保型水表表壳的产品结构设计、生产工艺控制方案上。通过对结构形状的多处缩形、胀形、折弯造型设计+壳体内部的加强环形筋的设计”有效防止水表壳体变形及强度的提高。拉深工艺、胀形工艺、翻边工艺、弯曲工艺等，由于奥氏体不锈钢具有较高的强度，其中还具有明显的冷作硬化特性，如果在冷成型过程中，变形量过大，会导致工件裂纹，严重的甚至会损伤模具和机器设备。为提高产品外表美观性和产品强度，通过反复试验，选择合理的工艺圆弧、圆角设计，保持合理的变形量，避免因圆角太大产生压料面积不足，产生起皱；以要防止因圆角太小，导致材料在变形中拉裂。通过合理的参数选择和制订加工成型工艺要求，使水表壳体的承压能力从 2.5Mpa，提升至 4.0 Mpa 以上，并有效提高抗拉、抗压、抗扭机械强度，改变了壳体生产装配、水表安装易产生变形的致命弱点，目前生产的不锈钢环保型水表完全达到水表性能的各项要求，流量精度明显高于铸造壳体的水表。

三、薄壁不锈钢表壳焊接成型工艺

随着制造业的迅速发展，不锈钢产品焊接工艺方案越来越多，但主要为手工电弧焊、氩弧焊接和激光焊接，由于不锈钢的线膨胀系数大，导热系数小，热量不易传递，焊接加热使结构膨胀，冷却时产生较大的收缩变形和拉应力，容易引起热裂纹。

不锈钢采用氩弧焊等强热焊接加工后，焊缝组织粗大，热影响区大，基体变形严重；氩弧焊焊接热影响面积大、焊点大，在焊接热影响区局部贫铬，难以钝化，造成耐蚀性明显下降，易引发晶间腐蚀。氩弧焊接容易出现气孔、咬边、烧穿、缩孔、焊缝黑灰氧化严重、焊缝表面击伤等现象，外表而需进行机

械打磨、抛光等处理，否则美观性较差。

不锈钢采用激光焊接热影响区很小，对基体几乎无变形影响。焊缝区为典型的铸态树枝晶组织，组织细密无裂纹，结合区为不平直界面。激光焊接可将热量降到最低的需要量，热影响区金相变化范围小，且因热传导所导致的变形亦最低，从而对焊接产生的负作用降到最低。激光焊接焊缝小（0.2-1mm），精细美观，光滑平整。激光焊接焊接后密封性好，无泄漏及虚焊的现象。焊接速度较低且有侧吹氩气保护的激光焊接工艺比手工电弧焊、氩弧焊接工艺具有较高的拉断力。随着人们对产品要求的越来越高，不管是焊接质量还是美观度，目前来说唯一能实现不锈钢外表美观、焊接质量好、报废率低的焊接工艺只有激光焊接。目前的不锈钢环保型水表表壳全部采用激光焊接工艺，确保了水表表壳满足水表机械性能的强度要求，生产的水表也达到了流量性能高量程比精度要求。

四、薄壁不锈钢水表承压件表面处理工艺

不锈钢环保型水表壳体在冷冲压加工成型后，不锈钢管件及薄板表面钝化膜会受到损伤，同时还会粘附冲压成型加工中的油污、模具冲压过程产品表面损伤痕迹、及其他金属的碎屑等残留物，这些不作表面处理很容易造成表壳锈蚀问题。为了使冲压成型、机械加工完工后的产品表面同具有良好的不锈性、光洁度和良好的耐腐蚀性能，产品内外表面需要进行电解抛光(电化学抛光)处理，不锈钢电解抛光加工是利用不锈钢在电解液中的选择性阳极溶解而达到抛光和清洁表面目的的一种电化学表面处理方法，极大提高表面耐蚀性. 由于电解抛光对元素的选择性溶出, 使得表面生成一层致密坚固的富铬固体透明膜, 增加了金属表面钝化层并形成等电式表面, 从而消除和减轻腐蚀. 电解抛光后的微观表面比机械抛光的更平滑, 反光率更高. 具有良好的钝化层, 达到较强防腐蚀能力。同时由于表壳内外表面通过表面处理光洁度高, 介质粘附很少, 有利于耐腐蚀通过电解抛光处理的不锈钢材料能满足药品生产质量管理（GMP）规范。

五. 薄壁不锈钢水表壳体及承压件的优势

1. 满足了标准要求及消费者对安全卫生、绿色环保、耐压强度、抗老化耐

腐蚀、使用寿命长和使用成本低等的需求。

2. 不锈钢水表壳体创新生产工艺，消除了原铸造翻砂产生的环境污染；降低了原毛坯加工切削余量多的材料的损耗；提高了因无铸造砂眼及渗漏问题的产品合格率；减少了因铸造需浸渗补漏及喷塑提高外观质量的辅助工序成本。

3. 不锈钢水表壳体内腔光滑，通水量大，且水表壳体内水流导流板的设计可减少水流压力损失，均能达到最新国家标准 GB/T778-2007 计量特性：计量量程比 R100—R160，高于一般普通水表，用到节水型水表上，始动流量也同样确保 $\leq 2\text{L/H}$ ，用到智能表上更加提升了水表的品牌形象。

不锈钢环保型水表表壳从设计上就考虑了成本及其的经济实用性，同时能解决铁壳生锈长期二次污染水质的民生大难题，也解决铜表壳资源缺乏及铅含量难以达到卫生标准的水表新课题。不但水表的内在流量性能及使用功能有着巨大提升改变，而且精亮的不锈钢水表外观给人们的居家生活环境带去了美感，也可让终端客户用上一款放心的物价廉美的是高精度水表。总而言之，不锈钢环保型水表值得水表计量市场大力推广使用。

参考文献

1.SUS 不锈钢激光焊接性能 李刚，王彦芳，任鑫，徐阳，张伟强，刘忆，杨芳
(辽宁工程技术大学， 大连理工大学)