

# 频谱谐波时效技术在立式车床中的应用

姬国栋,徐宗宇,高宝龙

(齐重数控装备股份有限公司 工艺部,黑龙江 齐齐哈尔 161005)

**摘要:**零件在制造加工过程中,由于受到热、冷、切削加工等作用,会在工件内部产生残余应力,致使工件内部应力发生变化,处于一个不平衡的状态,使工件产生变形、扭曲、裂纹、降低疲劳强度等质量问题。大多数企业都采用过自然时效、热时效、振动时效等措施来降低和均化工件的内应力,以保证工件精度的稳定性。本文阐述了频谱谐波振动时效在我公司生产的焊接结构件上应用所取得的良好效果以及与亚共振时效方式的对比结果。

**关键词:**残余应力;焊接结构件;振动时效;频谱谐波;亚共振

**中图分类号:**TG 156 **文献标志码:**B

## The Application of VSR in Vertical Lathe

Ji Guodong, XU Zongyu, GAO Baolong

(Technology Department, Qiqihar Heavy CNC Equipment Co., Ltd, Qiqihar 161005, China)

**Abstract:** Due to the heat, cold, cutting processing function, parts in manufacturing process will produce residual stress in the internal, which cause internal stress of workpiece change in an unbalanced state, such as the workpiece deformation, twisted, crack, reducing fatigue strength of quality problems. Most companies adopt VSR and TSR, VSR measures to reduce and homogeneous chemical parts forming stress to ensure the stability of the workpiece precision. This paper expounded the application of harmonic frequency spectrum vibratory stress relief used in the welded structure which produced by our company and achieved good effect and the result of the contrast to the resonance limitation.

**Key words:** Residual stress, Welding structure, Vibratory Stress Relief(VSR), Harmonic Frequency Spectrum (VSR), Sub-resonance

产生残余应力的因素很多,但归纳起来,主要是2个因素,其一是热影响,工件在毛坯制造、后期热处理等过程中由于冷却不均匀而产生应力,冷却不均匀常见的工艺有铸造、焊接、热处理等;其二是力的影响,对工件施加外力导致金属表层或内部发生塑性变形,如金属切削加工、加载等。残余应力的产生,直接影响到零件精度的稳定性及使用寿命,对金属零件来说无疑是一种潜在的危险。为了解决此类问题,大多数企业都采取了各种各样的解决办法,这些方法大致可分为3种:自然时效、热时效、振动时效。从时效的发展历史来说,自然时效是一种很古老的方法,相比之下,热时效缩短了工件时效所用的时间,而振动时效另辟蹊径,在极大降低时效周期的基础上,解决了热时效高耗能、高污染等问题。目前,世界倡导环保,国家提倡可持续发展,生产企业贯彻节能减排政策,就焊接行业来说,振动时效发挥着越来越大的作用。

## 1 焊接构件在生产过程中存在的时效问题

1) 传统热时效工艺能耗高、成本高、污染环境,且易产生新的热应力,时效处理效果不好。同时热时效会产生氧化皮,增加清理工作量。大吨位工件缺少合适的时效炉,无法进行时效,即使找到合适的

时效炉,时效成本也非常高。

2) 因为热时效高昂的费用,很多企业为了提高效益,在时效这一工艺环节“偷工减料”,没有按照标准的热时效工艺进行。如有的企业为了提高生产效率,缩短热时效工艺时间,有的企业竟然不时效而采用放置15~30 d的方式对工件进行处理。

3) “二次时效”的缺失:焊接构件在加工后,会导致应力重新分布,并产生新的机加应力,如果不进行应力消除工艺,同样会影响最后产品的精度与尺寸稳定性。但二次时效会导致产生新的时效费用,降低企业的生产效率,而且有的工件不能够采用热时效的方式来进行二次时效。所以,很多企业在二次时效方面是缺失的,这也是导致我国很多的焊接构件生产企业,尤其是一些中小焊接构件生产企业产品质量不高的原因之一。

## 2 振动时效技术在焊接行业的对比应用

### 2.1 传统的振动时效(亚共振时效)技术

振动时效技术虽然在高效、节能、环保等方面有着非常明显的优势,但传统的振动时效设备经历了几十年的发展,仍然存在着无法逾越的技术瓶颈,始终无法纳入正式生产工艺,没有得到企业的广泛认可及大规模的应用。传统的振动时效(亚共振时效)

技术存在以下的问题:

1) 对支撑点、激振点、拾振点及方向有严格要求,需要不断的扫频、调整位置,所以设备操作必须是受过专业培训的技术人员,一般的工人即使受过培训也很难掌握这项技术;其次工件在单件生产时调整相当繁琐,拾振点、支撑点很难调到最佳状态,一种工件就需要制订一种工艺,这对操作者的经验要求也比较高;

2) 因为是通过扫频的方式寻找共振峰,而电动机的转速是有限的,当工件共振频率超出激振器的频率范围时,通过扫描就无法找到工件共振频率,因而无法对工件进行有效的振动处理。国家统计局数据表明,亚共振技术可处理的工件在机械制造业覆盖面仅为 23%;

3) 有效振型较少,振动时效的应力消除不稳定,应力的消除不能得到最佳的结果;

4) 噪声过大也是难以推广的主要原因。

## 2.2 频谱谐波振动时效技术

频谱谐波时效技术起源于振动时效,但其摒弃了原有振动时效技术的攻关方向,独辟蹊径,从另外一个全新的角度去诠释振动时效的价值,突破了原有的技术瓶颈,迎来了振动时效应用的一个全新时代。因其独有找频方式与处理频率,被称为频谱谐波时效技术。频谱谐波时效技术不再沿用原有的扫频方式,而是通过傅立叶方法对工件进行频谱分析,找出工件的几十种谐波频率,在这几十种谐波频率中优选出对消除工件残余应力效果最佳的 5 种不同振型的谐波频率进行时效处理,达到多维消除应力,提高尺寸精度稳定性的目的。频谱谐波时效技术的主要特点如下:

1) 采用频谱分析技术,解决了亚共振模式因激振器频率范围限制而不能对高刚性固有频率工件进行振动处理的难题,把振动时效在机械制造领域的应用范围从 23% 提升到近 100%;

2) 对所有工件都能分析出几十个谐振频率,优选处理效果最佳的 5 种振型频率,2 种备选频率,从而解决了亚共振模式不能对残余应力成多维分布、精度要求高、结构复杂的工件进行时效处理的难题。多种振型多方向与工件多维残余应力充分叠加,使处理效果显著优于热时效和传统的振动时效(亚共

振时效);

3) 自动确定振动时效工艺参数,对激振点、支撑点、传感器位置无特殊要求,对振动参数自动选取、自动优化,对操作者的要求降低,从而解决了亚共振模式必须依靠操作者经验来选取振动工艺参数,且处理效果各异,以至很难纳入正式工艺的缺陷。

4) 由于采用 6 000 r/min 的低频谐波,振动处理时噪音很小,而亚共振模式产品是在工件共振频率下振动,噪音很大,使用者常常很难忍受,也不符合环保要求。

## 3 频谱谐波时效技术在焊接构件上的应用案例

作为机械制造的母机,机床工件的尺寸精度有着非常严格的工艺要求,并且在以后的使用过程中,零件精度也必须保持稳定,所以在立车振动时效研究过程中,不但要求精加工后的工件尺寸精度,而且对粗加工之后尺寸的稳定性也进行了深入细致的记录,并且在横梁工件上和原有的亚共振处理进行了对比。

### 3.1 工件一:横梁

1) 工件情况:尺寸 13 730 mm×2 020 mm×60 mm;质量:55 t。

2) 工艺要求:导轨面直线度为 0.02 mm,平行度为 0.02 mm,垂直度为 0.01 mm。

3) 工艺路线:粗加工→振动时效→半精加工→精加工。

横梁图见图 1。



图 1 横梁

4) 测量结果见表 1,表 2 和表 3。

表 1 频谱谐波(粗加工测量所得)

单位:mm

测量时间 内容	4月6日	4月7日	4月8日	4月9日	4月15日	4月25日	5月5日	5月15日	5月25日	6月5日
直线度	0.020	0.018	0.020	0.018	0.020	0.019	0.020	0.019	0.020	0.020
平行度	0.012	0.014	0.014	0.012	0.012	0.012	0.010	0.014	0.018	0.018
垂直度	0.010	0.010	0.009	0.010	0.010	0.008	0.010	0.007	0.009	0.010

表 2 亚共振(粗加工测量所得)

单位:mm

测量时间 内容	4月6日	4月7日	4月8日	4月9日	4月15日	4月25日	5月5日	5月15日	5月25日	6月5日
直线度	0.020	0.025	0.026	0.023	0.023	0.028	0.029	0.027	0.028	0.030
平行度	0.023	0.025	0.026	0.030	0.029	0.029	0.028	0.026	0.029	0.028
垂直度	0.012	0.011	0.009	0.012	0.010	0.012	0.013	0.016	0.018	0.015

表 3 7月份精加工后测量结果 单位:mm

内容	状态	频谱谐波	亚共振
直线度		0.015	0.025
平行度		0.018	0.022
垂直度		0.010	0.015

5) 从以上数据不难看出,频谱谐波振动时效在处理效果上及保持工件精度稳定性方面要优于亚共振,处理后的工件达到了产品的工艺要求。

### 3.2 工件二:立柱

1) 工件情况:尺寸为 8 600 mm×3 300 mm×1 900 mm,质量 48.5 t。

2) 工艺要求:平面度为 0.04 mm,直线度为 0.03 mm,平行度为 0.02 mm,垂直度为 0.03 mm。

3) 工艺路线:毛坯粗加工→振动时效→半精加工→精加工。

立柱图见图 2。



图 2 立柱

4) 测量结果见表 4。

表 4 精加工后测量所得 单位:mm

内容	状态	工艺要求	频谱谐波
平面度		0.04	0.030
直线度		0.03	0.030
平行度		0.02	0.018
垂直度		0.03	0.025

同样立柱经频谱谐波时效处理后的测量结果也完全达到了产品要求。

## 4 结语

随着国家、政府、企业对节能减排的重视程度越来越高,传统的热时效技术最终会被淘汰,而中国的

焊接工艺需要提高产品质量,必须严格执行时效处理工艺。而频谱谐波时效技术既具备振动时效技术所特有的高效节能特点,又能够达到甚至超过传统热时效的处理效果,最终会成为焊接工艺普遍采用的新型节能减排先进技术。

## 参考文献

[1][日]米谷茂.残余应力的产生和对策[M].北京:机械工业出版社,1983.

[2]中华人民共和国机械行业标准.焊接构件振动时效工艺参数选择及技术要求.JB/T10375-2002.

[3]中华人民共和国机械行业标准.机械式振动时效装置.JB/T5925.1-2005.

作者简介:姬国栋(1983-),男,本科,工艺工程师,主要研究方向为新材料、新工艺、新技术的研究、引进及在机床行业内的推广应用。

收稿日期:2010年12月30日

责任编辑 王亚昆

