

Control of Dimensional Tolerances in Tantalum Niobium Tube Bar and Wire Products Processing

Zhizhou Zhang, Yajun Zhang, Xinpu Xie

Ningxia Orient Tantalum Industry Limited by Share Ltd., Shizuishan Ningxia
Email: 292678342@qq.com

Received: Aug. 22nd, 2018; accepted: Sep. 20th, 2018; published: Sep. 27th, 2018

Abstract

The machining precision of tantalum-niobium products can be controlled within the range of standard tolerance by means of repeated rotary forging. The feed speed of rotary forging machine and the number of repeated forgings determine the dimensional accuracy of the finished products. The more forging times are, the smaller the ellipticity and standard deviation of the diameter are. On the contrary, the larger the rotary forging + rolling is adopted. In general, the wall thickness tolerance of common pipe can be controlled at +10%. The wall thickness tolerance of high precision pipe can be controlled at +8% by using the principle of point, line surface trimming and mill tripod. The Gage-R diagram data of the gauge show that the number of distinguishable categories of Nb-Zr wire diameter is 5, and the measuring system is acceptable.

Keywords

Principle of Repeated Forging, Rotary Forging, Rolling, Three Tripod Principle, Dimensional Accuracy, Area Classification Number

钽铌管棒线制品加工尺寸公差的控制

张志宙, 张亚军, 谢新普

宁夏东方钽业股份有限公司, 宁夏 石嘴山
Email: 292678342@qq.com

收稿日期: 2018年8月22日; 录用日期: 2018年9月20日; 发布日期: 2018年9月27日

摘要

通过反复旋锻的方法钽铌制品的加工精度能够控制在标准公差范围之内, 旋锻机的进给速度和成品反复锻

造次数决定了其成品的尺寸精度,进给速度越慢锻造次数越多,直径的椭圆度及标准差越小,反之则越大,采用旋锻+轧制的加工方式可以实现大直径薄壁厚到小直径厚壁管材的加工,一般普通管材的壁厚公差能够控制在 $\pm 10\%$,采用点、线面修料及轧机三角架原理的方法高精度管材的壁厚公差能够控制在 $\pm 8\%$ 。通过量具的Gage-R运行图数据统计后发现铌锆丝外径的可区分类别数 = 5,其测量系统是可接受的。

关键词

反复锻造,旋锻,轧制,三角架原理,尺寸精度,可区分类别数

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

相比较传统的拉拔、切削加工的方式,铌锆棒的旋锻具有较好的表面光洁度、较高的材料利用率、和效率,旋锻时变形区的主应力状态是三向压应力,主变形状态是三向压缩一向延伸,这种变形状态有利于提高锻坯的塑性[1][2]。

我分厂有型号 DH7-4、DH50-4 旋锻机各一台(如表 1 所示),由于该设备采用手动送料的方式,所以不能保证棒材匀速送进,进而造成成品尺寸波动较大,在成品的尺寸的精确度控制方面很差,通过适当调节该设备垫片的厚度,采用多道次旋锻的方式经 minitab 数据统计后发现成品管棒材旋锻直径公差能控制在标准偏差范围,其长度公差能控制在 + 6.35 mm。

而铌锆普通管采用旋锻+轧制的方式材成品轧制后的壁厚能够控制在 $\pm 10\%$,通过手工点、线、面修料、三角架原理的调试,高精度管材的加工精度能够控制在 $\pm 8\%$ 。

2. 实验及讨论

2.1. $\phi 10$ mm、 $\phi 20$ mm 铌锆棒实验

两次旋锻后(图 1)的 $\phi 10$ mm 铌锆棒成品锻造后的直径公差可以控制在 ± 0.10 mm 范围之内, $\phi 20$ mm 铌锆棒按照第一次成品锻造外径如图 1 所示,第二次锻造如图 2 所示,经过二次锻造后成品外径的标准差较小,外径值波动的上下限较窄,直径椭圆度较好,其长度公差能控制在 ± 6.35 mm,满足供货要求。

2.2. 管材旋锻实验

对于外径大、壁厚小的管材,可以通过旋锻增壁后再进行成品轧制[3],可以用两辊或三辊轧制后的 $\phi 19 \times 1.2$ mm 的管材旋锻加轧制生产规格为 $\phi 10 \times 1.5$ mm 的铌锆管,采用旋锻工艺旋锻 5 个道次,减径量为 1 mm,当外径为 $\phi 12$ mm 时候,测量壁厚为 1.7~1.8 mm。后续矫直后采用 $\phi 7$ mm 规格的芯棒三辊成品轧制,成品的壁厚公差能够达到 $\pm 7\%$ (即 ± 0.10 mm)(如图 3 所示)。

Table 1. Rotary forging machine performance

表 1. 旋锻机性能

旋锻机型号	旋锻尺寸范围	送料方式	主电机	锻模加压	垫片规格	抗拉强度范围
DH7-4	$\phi 18$ mm~4 mm	人工送料	Y132M2L-6	四向加压	7 种	$\delta b \leq 650$ MPa
DH50-4	$\phi 18$ mm~45 mm	人工送料	Y250M-6	四向加压	7 种	$\delta b \leq 650$ MPa

2.3. $\phi 16 \times 2.5$ 钼管公差控制实验

为了保证多辊轧机滑道的运动速度 V_1 与轧辊 V_2 速度间的一定速比关系, 可通过调整滑块在摇杆导槽中的上下位置调整连杆的长度和高度。满足 $BD \parallel AC$, $\triangle OBD$ 相似 $\triangle OAC$, $AC/BD = AO/BO = V_1/V_2 = L_1/L_2$ 的关系, (L_1 为轧辊的行程, L 为滑道的行程, L_2 滑道相对轧辊移动的距离) 一般情况下, 由于模具的开口度大小不同, 滑块在摇杆导槽中的上下位置不同, 轧辊与管材的接触点最佳位置为 B 点, 轧辊与管材的接触点在 B_1 时, 轧辊给予管材一个作用力, 向前带料, 反之则向后作料(图 4 所示) ([4], 17.2.4), 通过三角架原理的调试使 $\phi 16 \times 2.5$ mm 钼管壁厚公差能够控制在 $\pm 10\%$ 以下, 加工过程中常常会出现壁厚沿着某一个平面、某一条线呈现增大、减小的趋势, 通过对成品管材的局部修料的方式, 进而消除异常

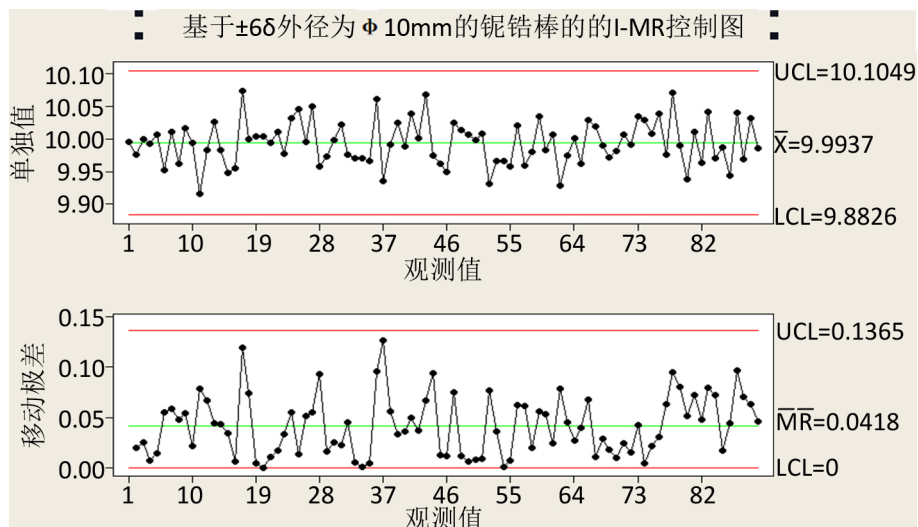


Figure 1. Single value control chart of niobium zirconium rod with diameter of 10 mm based on 6 delta distribution

图 1. 基于 6 δ 分布的直径为 10 mm 的钼锆棒单值控制

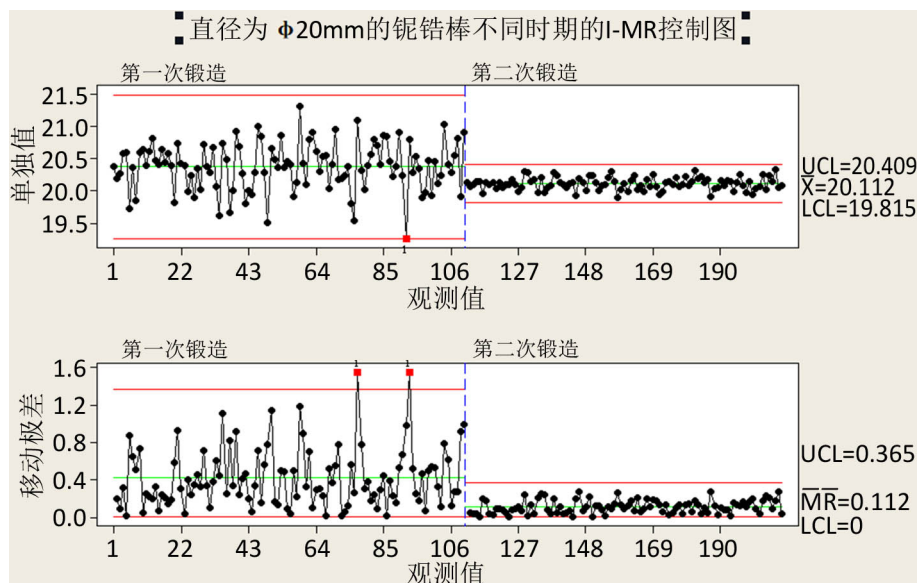


Figure 2. Rotary forging of 20 mm niobium zirconium rod

图 2. 直径 20 mm 钼锆棒旋锻时期的单值控制

偏高、偏低的点，在具体调轧的过程中，我们要尽可能使壁厚值趋于公差中心 2.50，这样就能够缩小壁厚值的波动范围，进而提高过程能力指数(如图 5)。

2.4. 铌锆丝直径 Gage-R 分析

选取成品规格为 $\phi 1.50$ mm 铌锆丝，随即抽取 5 组样品，生产编号为 1#、2#、3#、4#、5#。测量系统

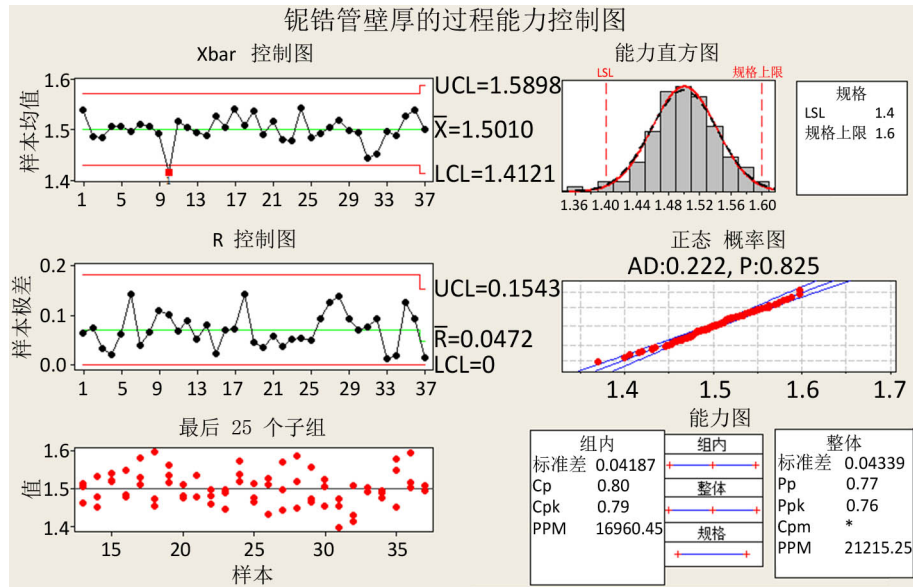


Figure 3. Process capability control chart of niobium and zirconium tube diameter

图 3. 铌锆管壁厚的过程能力控制图

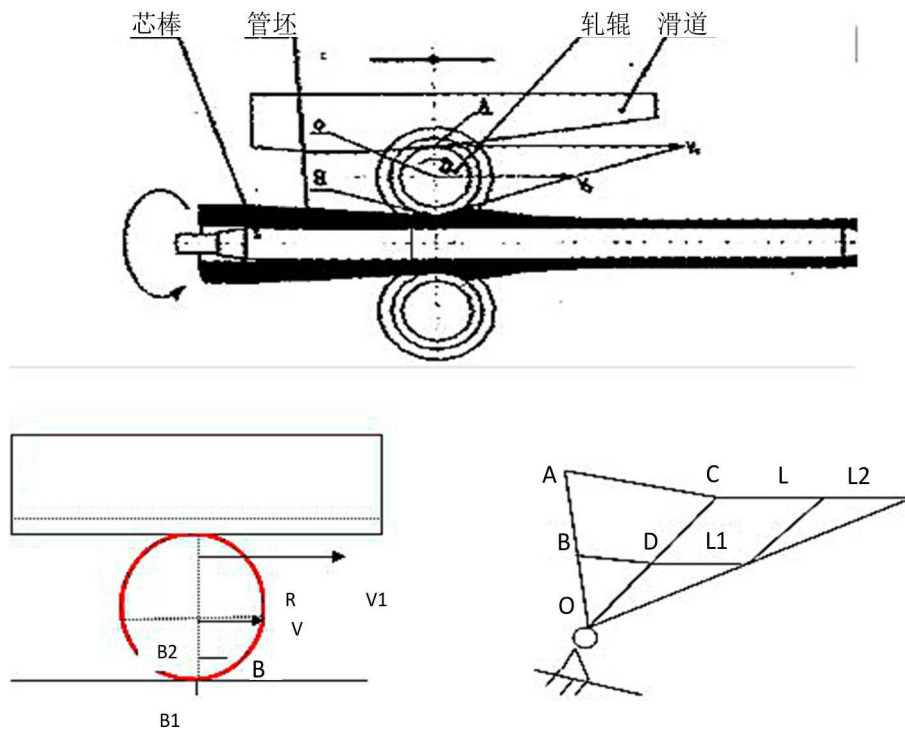


Figure 4. Mill commissioning diagram

图 4. 轧机调试

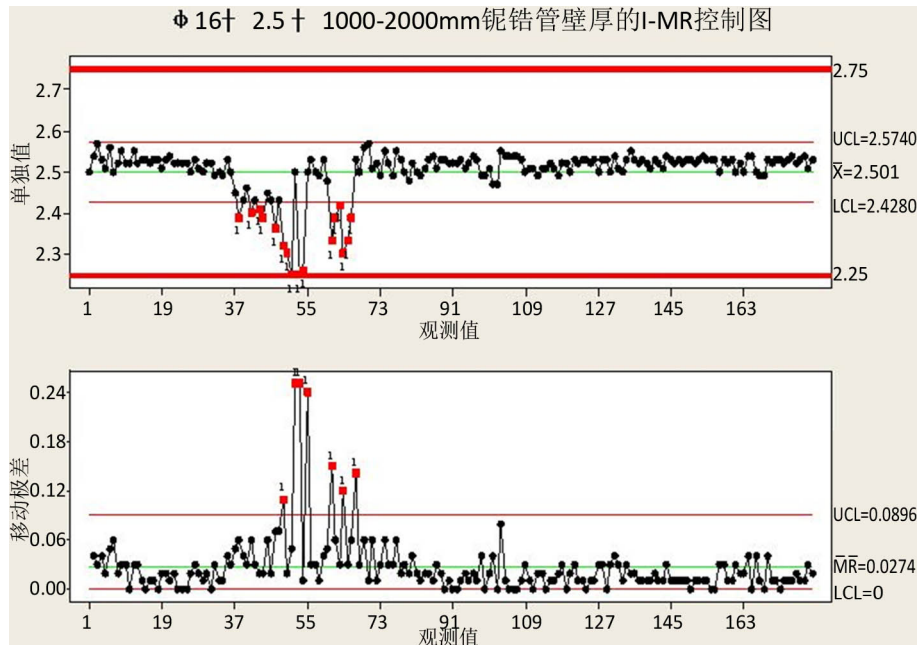


Figure 5. Single value control chart of tantalum tube diameter
图 5. 钽管直径的单值控制

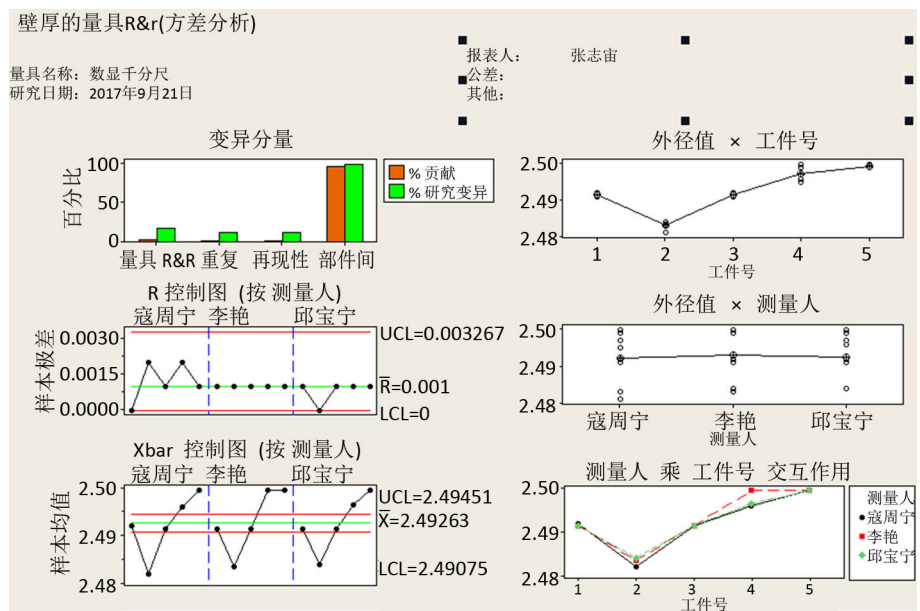


Figure 6. Gage-R operation diagram of niobium zirconium wire diameter
图 6. 钨钼丝直径 Gage-R 运行

人员为：寇周宁(编号 1)、李艳(编号 2)、邱宝宁(编号 3)，寇周宁将 5 组样品测量一遍，并记录数据；李艳将 5 组样品测量一遍，并记录数据；张梅将 5 组样品测量一遍，并记录数据；三个操作人员都测量完一遍后，在重复第一遍测量的操作流程，共 30 个数据，测量系统分析使用 Minitab6 进行测量系统分析。测量使用仪器为机械外径千分尺，量程：0~25 mm，测量精度 0.001 mm。

由以上六合一图所示(图 6，表 2)，可区分类别数 = 5、合计量具 R&R 24.71%、重复性 23.86%、再现性 6.4%，测量人 6.4%，部件间：96.90%，Gage-R 值在 10%~30%之间，测量系统可接受并具有良好的

Table 2. Gauge R&R analysis
表 2. 量具 R&R 分析

研究变异	%研究变来源	标准差(SD)	(6 * SD)异(%SV)
合计量具	R&R	0.0015597	24.71
重复性	0.0015065	0.0090390	23.86
再现性	0.0004038	0.0024227	6.40
测量人_1	0.0004038	0.0024227	6.40
部件间	0.0061173	0.0367040	96.90
合计变异	0.0063130	0.0378782	100.00

可区分的类别数 = 5

分辨力, 可以满足对客户产品的测量要求。可区分的类别数 = 5, 部件中某些部件的差异较大, 可以被测量系统识别, 不需要更精确的量具, 重复性数据表明测量人基本没有差异性, 测量系统数据变异主要由于部件间偏差造成, 与操作者、测量人员、量具无关[5]。

3. 结论

旋锻机的进给速度和成品反复锻造次数决定了其成品的尺寸精度, 进给速度越慢锻造次数越多, 直径的椭圆度及标准差越小, 反之则越大。一般普通管材的壁厚公差能够控制在 $\pm 10\%$, 高精度管材的壁厚公差能够控制在 $\pm 7\%$ 。对钎钎丝直径 Gage-R 分析发现其测量系统可接受, 测量系统数据变异主要由于部件间偏差造成, 与操作者、测量人员、量具等无关。

参考文献

- [1] 邱向东, 何季林, 王向东. 1998 年 8 月钎钎冶金学. 稀有金属冶金学会钎钎冶金专业委员会.
- [2] 熊及兹. 压力加工设备[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
- [3] 王彦, 齐克敏. 金属塑性加工学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
- [4] 马怀宪, 主编. 金属塑性加工学[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008.
- [5] 谭穗懿, 谭穗研, 段文军, 等. Minitab 软件在仪器分析实验数据分析处理过程中的应用[J]. 西北医学教育, 2008, 16(1): 71-72, 90.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7613, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ms@hanspub.org