

不锈钢管冷旋压成形试验

王宾¹, 秦建平¹, 王福利², 李鸿斌²

(1. 太原科技大学 材料科学与工程学院, 太原 030024;

2. 山西北方惠丰机电有限公司, 山西 长治 046012)

摘要: 介绍了3种奥氏体不锈钢材料的特性,主要旋压工艺参数对旋压成形的影响。在不同工艺参数下,采用三旋轮错距、无中间退火、直接强力冷旋压工艺,对3种奥氏体不锈钢管材料进行反旋压成形,分析了不同参数下奥氏体不锈钢管旋压成形的特点,提出了针对3种奥氏体不锈钢管冷旋压的合理工艺参数。

关键词: 工艺参数; 奥氏体不锈钢管; 冷旋压

中图分类号: TG376.3 **文献标识码:** A

文章编号: 1674-6457(2011)03-0005-05

The Research of Cold Spinning Forming of Stainless Steel Pipes

WANG Bin¹, QIN Jian-ping¹, WANG Fu-li², LI Hong-bin²

(1. College of Materials Science and Engineering, Taiyuan University of Science and Technology, Taiyuan 030024, China;

2. Shanxi North Huifeng Mechanical Electronical CO., LTD., Changzhi 046012, China)

Abstract: The paper presents material properties of three austenitic stainless steel and influences of main spinning technological parameters on spinning forming. Three kinds of austenitic stainless steel pipe were backward spun with spinning process of three wheels stagger, without intermediate annealing, direct cold spinning in different technological parameters. It analyses characters of spinning forming of austenitic stainless steel pipe in different technological parameters, it puts forwards reasonable technological parameters to cold spinning of three kinds of austenitic stainless steel pipe.

Key words: technological parameter; austenitic stainless steel pipe; cold spinning

冷旋压能够细化晶粒,提高组织的致密度,提高材料的屈服强度、硬度和抗疲劳、抗氧化的性能。随着国内旋压设备的普及和旋压工艺研究的不断深入,一些应用于特殊行业的钢管和零件逐渐采用旋压加工方式获得。已有文献介绍不锈钢管的热旋压加工^[1],热旋压加工对材料性能提高不大,如果工艺参数选择不合理还对材料的性能起负作用。文中在不同工艺参数下对3种奥氏体不锈钢管进行冷旋压成形,通过分析成形结果,总结出合理的工艺参

数,希望能对以后奥氏体不锈钢管或是筒形件冷旋压提供借鉴。

1 旋压主要工艺参数介绍^[1-4]

1.1 进给率

进给率是芯模每转1圈旋轮钢管母线的进给量。在变薄旋压时,进给率对钢管直径的胀缩和钢管质量

收稿日期: 2010-12-24

基金项目: 太原市大学生创新创业专项(100115156)

作者简介: 王宾(1980—),男,河北秦皇岛人,助理工程师,主要研究方向为轧制新技术。

均有影响。适量的大进给率有利于钢管的缩径,小的进给率容易导致扩径。过大的进给率易造成旋轮前材料堆积,出现起皮。在多道次的变薄旋压厚管坯时,受到设备能力限制,进给率不宜选择太大。由前道次造成的工件扩径量可由后面的道次增加进给率来缩径,提高工件的尺寸精度。

1.2 主轴转速

转速与进给率有关,旋轮轴向进给量不变时,转速高则进给率下降,转速低则进给率上升。转速过高容易引起机床振动,变形热量增加,需要大量的冷却液。转速过低时为了保持一定的进给率需要用低进给速度配合,机床容易出现爬升现象。参数进给率最活跃,与变薄率和旋轮结构参数关系密切,是影响工件直径和壁厚的主要因素。为了有效地控制工件直径,常以工件贴模保证工件精度为主,旋轮工作角不同,进给率也要相应变化。

1.3 减薄率

变薄旋压减薄率反映工件的变形程度,减薄率

表 1 304 室温下的力学性能(最小值)

Table 1 Mechanical properties at room temperature of 304 (minimum)

抗拉强度 σ_b /MPa	屈服极限 σ_s /MPa	延伸率 δ_5 /%	断面收缩率 ψ /%	硬度 HB	备注
520	205	40	60	≤ 187	GB 1221-92

表 2 316 室温下的力学性能(最小值)

Table 2 Mechanical properties at room temperature of 316 (minimum)

抗拉强度 σ_b /MPa	屈服极限 σ_s /MPa	延伸率 δ_5 /%	断面收缩率 ψ /%	硬度 HB	备注
520	205	40	60	≤ 187	GB 1221-92

表 3 321 室温下的力学性能(最小值)

Table 3 Mechanical properties at room temperature of 321 (minimum)

抗拉强度 σ_b /MPa	屈服极限 σ_s /MPa	延伸率 δ_5 /%	断面收缩率 ψ /%	硬度 HB	备注
520	205	40	50	≤ 187	GB 1221-92

3 不同工艺参数下不锈钢管旋压成形特点

钢管旋压主要根据毛坯材料的特点选用三旋轮错距反旋压加工方法,芯模外径为 $\phi 95.03$ mm,表面粗糙度为 0.8,芯模上用齿环定位旋压毛坯端面。

对工件的胀缩量 and 尺寸精度影响很大,在总的减薄率确定以后,根据工艺条件和工件的尺寸精度要求,可分为若干道次旋压。道次减薄率过小会造成工件壁厚变化不均匀,出现裂纹;道次减薄率过大会造成工件塑性流动失稳堆积,表面出现起皮。多道次旋压对工件的综合性能影响很大。

2 选用不锈钢管材料的主要特性

选用的不锈钢管材料分别是:0Cr18Ni9(304), 0Cr17Ni12Mo2(316), 1Cr18Ni9Ti(321)^[5]。3 种材料属于奥氏体不锈钢,奥氏体不锈钢是非热处理强化的耐热钢,能够通过塑性加工提高其强度和硬度。钛元素与碳的亲合能力极强,加入合金,在凝固过程中形成高度弥散分布的硬度极高的碳化物和氮化物微粒。钼元素可以提高不锈钢对氯离子的抗蚀能力,还可以提高奥氏体不锈钢的高温力学性能。室温下 304,316,321 的力学性能(最小值)分别见表 1、表 2、表 3。

使用的旋压设备是国产的 3GFF-600CNC 数控旋压机,如图 1 所示。润滑剂采用二硫化钼润滑脂,冷却液采用切削液。毛坯尺寸为 $\phi 108$ mm $\times$ $\phi 95^{+0.25}_{-0.15}$ mm $\times$ (200 $\pm$ 0.2) mm,外圆不加工,内孔表面粗糙度为 1.6。毛坯如图 2 所示,旋轮采用机床上本身配套的三旋轮。



图 1 三轮旋压机
Fig. 1 Three-roller spinning machine

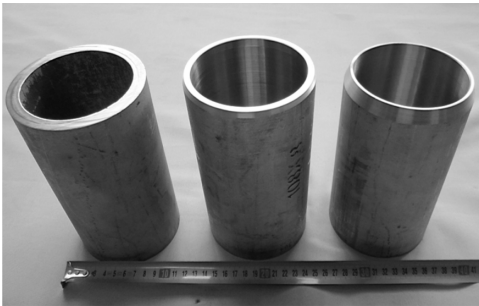


图 2 毛坯
Fig. 2 Stock

3.1 304 不锈钢管旋压

主要旋压了 3 种壁厚的 304 不锈钢管,其工艺参数见表 4。旋压后钢管的成形状态如图 3 和图 4 所示。

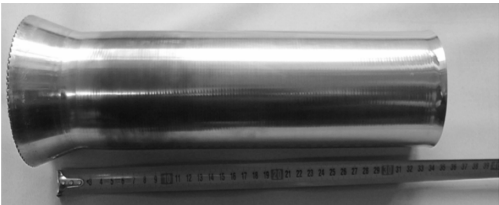


图 3 壁厚为 3 mm 的 304 旋压管
Fig. 3 A piece of 3mm spinning pipe of 304

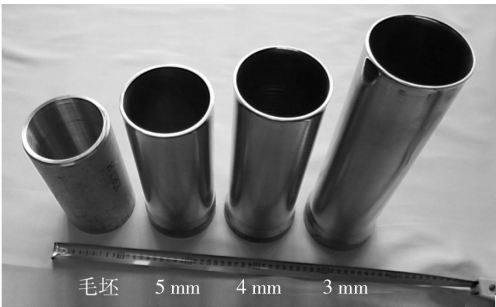


图 4 3 种壁厚的 304 旋压管
Fig. 4 Spinning pipes of 304 with three kinds of wall thickness

表 4 304 旋压工艺参数
Table 4 Spinning technological parameters of 304

壁厚实测/mm	模间距/mm	减薄率/%	进给量/(mm·r ⁻¹)	芯轴转速/(r·min ⁻¹)	状态
4.06	3.2	42.0	1.3	200	回流较好,齿环接触端及口部轻微扩口,贴模较好
3.04	2.1	56.6	1.3	200	回流较好,齿环接触端较大扩口,口部稍微扩口,少量裂纹
3.09	2.1	55.9	0.85	200	回流较好,齿环接触端及口部轻微扩口,贴模较好
5.09	4	27.3	1.4	200	回流较好,齿环接触端及口部轻微扩口,贴模较好

从图 3 可以看出钢管端部与模具端部接触部分出现了膨胀现象,由于旋轮进给量较大,材料没有来得及回流导致材料堆积,周向应力大于材料的抗拉强度导致纵向裂纹。从图 4 看到除口部有略微的胀形外其余形状较好。

3.2 316 不锈钢管旋压

主要旋压了 3 种壁厚的 316 不锈钢管,其工艺参数见表 5。旋压后钢管的成形状态如图 5 和图 6 所示。

表 5 316 旋压工艺参数
Table 5 Spinning technological parameters of 316

壁厚实测/mm	模间距/mm	减薄率/%	进给量/(mm·r ⁻¹)	芯轴转速/(r·min ⁻¹)	状态
4.11	2.3	41.3	1.0	200	回流较好,齿环接触端及口部轻微扩口,贴模较好
3.08	1.6	56.0	0.9	200	全裂纹
5.12	4	26.9	1.6	200	回流较好,齿环接触端及口部轻微扩口,贴模较好
5.12	4	26.9	1.6	200	回流较好,齿环接触端及口部轻微扩口,贴模较好

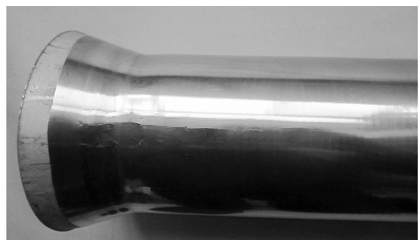


图5 壁厚为3 mm的316旋压管

Fig. 5 A piece of 3mm spinning pipe of 316

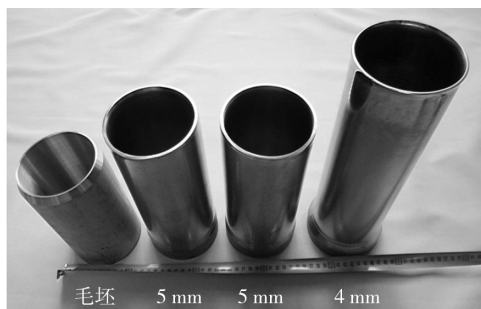


图6 壁厚为4,5 mm的316旋压管

Fig. 6 Pieces of 4,5 mm spinning pipe of 316

从图5看出,管料内外径全身出现均匀裂纹,一开始旋压口部就出现了裂纹,由于变形抗力超过强度极限即强化导致屈强比增大。在管卸下时周身裂纹不多,过了几分钟由于外力消失应力释放导致出现了很多大小不一的裂纹^[6]。在加工时贴模较好的旋压管如图6所示。

3.3 321 不锈钢管旋压

主要旋压了2种壁厚的321不锈钢管,其工艺参数见表6。旋压后钢管的成形状态如图7和图8所示。

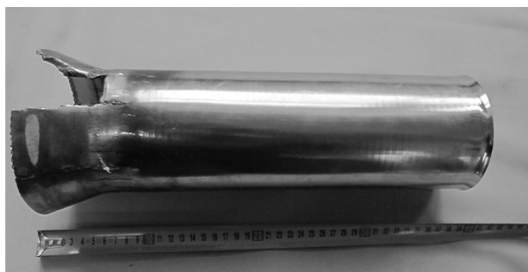


图7 壁厚为3 mm的321旋压管

Fig. 7 A piece of 3mm spinning pipe of 321

表6 321旋压工艺参数

Table 6 Spinning technological parameters of 321

壁厚实 测/mm	模间距 /mm	减薄率 /%	进给量 /(mm·r ⁻¹)	芯轴转速 /(r·min ⁻¹)	状态
3.03	2.3	56.7	1.1	200	回流较好,齿环接触端及口部轻微扩口,贴模较好
3.06	1.6	56.3	0.95	200	回流较好,齿环接触端扩口、裂开,其余略微扩径
5.15	4	26.4	1.6	200	回流较好,齿环接触端及口部轻微扩口,贴模较好
5.13	4	26.7	1.8	200	回流较好,齿环接触端及口部轻微扩口,贴模较好



图8 壁厚为5 mm的321旋压管

Fig. 8 Pieces of 5mm spinning pipe of 321

3.4 加工后部分其它缺陷

从图9可以看出旋压管表面有不均匀细长裂纹

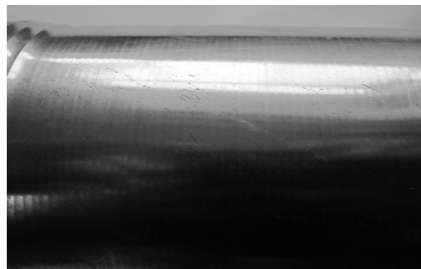


图9 表面痕迹

Fig. 9 Surface trail

从图7可以看出3 mm管料在旋压开始状态较好,末端出现了胀形和裂纹,其原因是初期旋压贴模较好,压下量较大,旋压后管料缩径,材料流动不好出现堆积,应力大于抗拉强度导致周向开裂。5 mm管料旋压效果较好。

的损伤痕迹,原因是旋压毛坯外圆没有经过加工,毛坯表面的细小裂纹遗留到旋压管的表面。部分毛坯管内孔加工后,由于外圆毛坯尺寸不规则导致壁厚

差,在加工时受力不均匀,端面材料流动不均匀,导致端面发生扭曲现象,变形情况如图10所示。

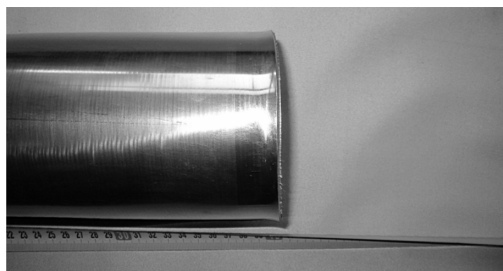


图10 端面扭曲

Fig. 10 End surface twist

4 结语

以上是采用三旋轮错距反旋压1道次情况下的结果。加工后可以分析出321管旋压过程中较316,304硬化较快,产生热量较高,对模具有少量的磨损,工艺参数相对不好控制。316在旋压过程中出现全身裂纹说明了残余应力对其旋压质量有较大的影响。304材料旋压流动性最好,旋压状态最稳定。通过旋压结果可以看出旋压工艺参数中

进给量、压下量、减薄率对旋压结构都有很大的影响,旋轮与芯模之间的间距往往根据设备的性能和现场经验调节,所以对旋压结果影响也较大。错距旋压工艺参数较多,各个参数只有互相匹配才能发挥其工艺的优越性。

参考文献:

- [1] 赵云豪,李彦利. 旋压技术与应用[M]. 北京:机械工业出版社,2008:60—73.
- [2] 杨延涛,张立武,张强,等. 薄壁长筒形件正旋压工艺参数优化实验研究[J]. 热加工工艺,2004,33(6):37—38.
- [3] 卫原平,王轶为. 工艺参数对筒形件强力旋压过程的影响[J]. 模具技术,2000(4):12—16.
- [4] 牟少正,韩冬,杨英丽,等. 铸造钛合金管坯的旋压成形及性能研究[J]. 锻压设备与制造技术,2009(2):98—100.
- [5] 徐自立. 高温金属材料的性能、强度设计及工程应用[M]. 北京:化学工业出版社,2005:16—30.
- [6] 王芳,张宁,范涛,等. GH4169薄壁管滚珠旋压过程的缺陷研究[J]. 锻压技术,2010,35(4):52—55.

(上接第4页)

3 结语

1) 铸态AZ91D镁合金经过1道次ECAE变形后,室温力学性能提高,但是随着道次的增加,屈服强度降低。

2) 铸态AZ91D镁合金经过挤压1道次ECAE变形后的微观组织:枝状晶的晶粒在等径道弯角处破碎、发生滑动和转动,晶粒沿挤压方向拉长变为条带状;黑色共晶相也沿挤压方向拉长。

3) 铸态AZ91D镁合金经过挤压2道次后的微观组织:黑色共晶相 $Mg_{17}Al_{12}$ 开始部分回溶,共晶相有所减少且呈非连续分布,基体成分改变不大,但共晶相 $Mg_{17}Al_{12}$ 没有完全消失,Al成分大幅增加。

参考文献:

- [1] 傅定发,张晖,夏伟军,等. 细晶镁合金的制备方法[J]. 轻合金加工技术,2004,32(3):41—43.
- [2] VALIEV R Z, LANGDON T G. Principles of Equal-

channel Angular Pressing as a Processing Tool for Grain Refinement Prog[J]. In Mater Sci,2006,51(7):881—981.

- [3] 常海. ECAP变形对AZ91镁合金及SiCp/AZ91镁基复合材料显微组织和力学性能的影响[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006.
- [4] KIM W J, HONG S I, KIM Y S, et al. Texture Development and Its Effect on Mechanical Properties of an AZ61 Mg alloy Fabricated by Equal Channel Angular Pressing [J]. Acta Materials,2003,51:3293—3307.
- [5] KIM W J, JEONG H G. Mechanical Properties and Texture in ECAP Processed AZ61 Mg Alloys[J]. Materials Science Forum,2003:419—422.
- [6] YOSHIDA Y, CISAR L, KAMADO S, et al. Effect of Microstructural Factors on Tensile Properties of an ECAE-Processed AZ31 Magnesium Alloy[J]. Materials Transactions,2003,44(4):468.
- [7] HIROYUKI Waatanabe, TOSHIJI Mukai, SHIGEHARU Kamado, et al. Mechanical Properties of Mg-Y-Zn Alloy Processed by Equal-Channel-Angular Extrusion[J]. Materials Transactions,2003,44(4):463.