(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107052110 A
(43)申请公布日 2017.08.18

(21)申请号 201710324142.7

(22)申请日 2017.05.10

(71)申请人 南京航空航天大学
地址 211106 江苏省南京市秦淮区御道街29号

(72)发明人 王辉 郭训忠 陶杰 靳凯 谷岩波 陈文亮

(74)专利代理机构 北京恒创益佳知识产权代理事务所(普通合伙) 11556
代理人 宋华

(51)Int.Cl.
B21D 7/08(2006.01)
B21D 7/16(2006.01)
B21D 43/00(2006.01)

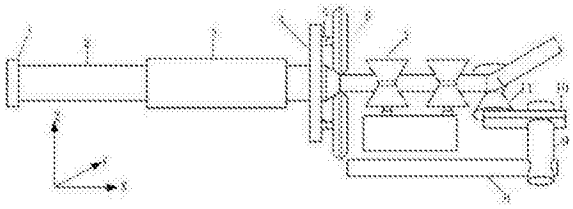
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置和方法

(57)摘要

本发明公开了一种变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置和方法，包括推进机构(1)、夹紧机构(3)、旋压固定盘(4)、旋压轮移动机构(5)、旋压轮(6)、辊轮导向机构(7)、弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)、柔性辊轮弯曲模(11)，通过辊轮导向机构出口和柔性辊轮弯曲模的相对位置和角度变化实现管材的弯曲成形，最终得到变截面空间形状复杂的材料空心构件。



CN 107052110 A

1.一种变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，其特征在于，包括推进机构(1)、夹紧机构(3)、旋压固定盘(4)、旋压轮移动机构(5)、旋压轮(6)、辊轮导向机构(7)、弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)、柔性辊轮弯曲模(11)；旋压固定盘(4)开设用于管坯(2)进入的圆孔，盘面上开设有中心对称的移动导槽(12)，移动导槽(12)内设置旋压轮移动机构(5)，旋压轮移动机构(5)上固定有旋压轮(6)；旋压轮(6)通过旋压轮移动机构(5)在移动导槽(12)中移动来调整旋压轮(6)之间的间隙，以此达到控制旋压轮压下量的功能，实时控制压下量及推进机构(1)的推进速度，通过局部旋压减径技术实现管材的截面连续变化；辊轮导向机构(7)用于对经过旋压固定盘(6)旋压后的管坯进行导向并传输到柔性辊轮弯曲模(11)；柔性辊轮弯曲模(11)在弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)和弯曲模上下移动杆(10)的综合驱动下对管坯进行弯曲成形。

2.根据权利要求1所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，其特征在于，弯曲模旋转移动杆(9)转动的连接在弯曲模前后移动杆(8)的一端，弯曲模上下移动杆(10)套接在弯曲模旋转移动杆(9)上，柔性辊轮弯曲模(11)通过转轴连接在弯曲模上下移动杆(10)上，弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)、柔性辊轮弯曲模(11)四者之间相互垂直；所述的弯曲模前后移动杆(8)可以沿X轴(平行于管坯送入的方向为X轴方向)移动，弯曲模旋转移动杆(9)可以以弯曲模前后移动杆(8)为轴转动，弯曲模上下移动杆(10)可以沿弯曲模旋转移动杆(9)平动。

3.根据权利要求1所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，其特征在于，移动导槽(12)的数量为1-4对，每对都轴对称的分布在圆盘的直径上，相应的设置1-4对旋压轮移动机构(5)和旋压轮(6)；每一对旋压轮(6)之间并行设置在一个平行于旋压固定盘的平面上，或者每一对旋压轮(6)设置在不同的平行于旋压固定盘的平面上，距离旋压固定盘的距离依次增大，以对管坯进行多次不同压下量的旋压。

4.根据权利要求1所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，其特征在于，旋压装置的减径区间为直径4mm到30mm的管子，通过旋压装置的局部旋压缩径技术，实现管坯截面连续变化。

5.根据权利要求1所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，其特征在于，辊轮导向机构和柔性辊轮弯曲模采用V形开口辊轮，V形开口的开口大小根据所要弯曲的管材直径实时调节，实现在线变截面管材的连续生产，不用更换不同尺寸的模具。

6.根据权利要求1所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，其特征在于，管坯在推进机构(1)连续推动下向前运动，夹紧机构(3)对管坯(2)进行夹紧定位，管坯由夹紧机构(3)进入到旋压固定盘(4)，根据所要弯曲管材的截面尺寸不同，旋压轮(6)通过旋压轮移动机构(5)在移动导槽(12)中移动来调整旋轮的间隙，达到控制压下量的功能，实时控制压下量及推进机构的推进速度，通过局部旋压减径技术将管材的截面实现连续变化，随后减径后的管坯进入到辊轮导向机构(7)，辊轮导向机构采用2组V形开口的辊轮，同时辊轮的V形开口的开口大小根据所要弯曲的管材直径实时调节，管坯在辊轮导向机构的导向作用下顺利通过柔性辊轮弯曲模(11)，在管坯通过V形开口的柔性辊轮弯曲模时，弯曲模前后移动杆(8)通过沿X轴方向(平行于管坯送入的方向为X轴方向)移动带动

弯曲模旋转移动杆(9)沿X轴移动到合适位置,同时弯曲模旋转移动杆(9)沿弯曲模前后移动杆(8)旋转一定角度,弯曲模上下移动杆(10)沿着弯曲模旋转移动杆(9)平动,柔性辊轮弯曲模(11)在弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)带动下实现任意角度任意位置的运动,通过改变辊轮导向机构出口和柔性辊轮弯曲模的相对位置和角度变化实现管材的弯曲成形,最终得到变截面空间形状复杂的材料空心构件。

7.根据权利要求1所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置,其特征在于,弯曲成形过程中最小相对弯曲变径为2.5。

8.根据权利要求1所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置的成形方法,其特征在于,管坯在推进机构(1)连续推动下向前运动,夹紧机构(3)对管坯(2)进行夹紧定位,管坯由夹紧机构(3)进入到旋压固定盘(4),根据所要弯曲管材的截面尺寸不同,旋压轮(6)通过旋压轮移动机构(5)在移动导槽(12)中移动来调整旋轮的间隙,以此达到控制压下量的功能,实时控制压下量及推进的速度,通过局部旋压减径技术将管材的截面实现连续变化,随后减径后的管坯进入到辊轮导向机构(7),辊轮导向机构采用2组V形开口的辊轮,同时辊轮的V形开口的开口大小根据所要弯曲的管材直径实时调节,管坯在辊轮导向机构的导向作用下顺利通过柔性辊轮弯曲模(11),在管坯通过V形开口的柔性辊轮弯曲模时,弯曲模前后移动杆(8)通过沿X轴方向(平行于管坯送入的方向为X轴方向)移动带动弯曲模旋转移动杆(9)沿X轴移动到合适位置,同时弯曲模旋转移动杆(9)沿弯曲模前后移动杆(8)旋转一定角度,弯曲模上下移动杆(10)沿着弯曲模旋转移动杆(9)平动,柔性辊轮弯曲模(11)在弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)带动下实现任意角度任意位置的运动,通过改变辊轮导向机构出口和柔性辊轮弯曲模的相对位置和角度实现管材的弯曲成形,最终得到变截面空间形状复杂的材料空心构件。

9.根据权利要求8所述的成形方法,其特征在于:弯曲成形过程中最小相对弯曲变径为2.5。

变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置和方法

技术领域

[0001] 本发明属于变截面三维复杂构件渐进先进制造技术领域，特别涉及变截面三维复杂构件的局部旋压及三维自由辊弯综合成形方法。

背景技术

[0002] 航空航天器中经常采用难变形材料如铝合金、双金属复合管、高温合金、高强钢等材料空心构件，且航空航天器中的空心构件形状复杂(通常呈现各种复杂空间构型)，各处弯曲半径不尽相同，成形精度要求高。并且，空心构件的截面特征有可能是沿轴线连续变化的。同时，由于特殊的工作环境，因此要求其能承受液体流通产生的高压，且管坯冷弯时不产生截面畸变，可扩口、压扁无裂痕，以上技术要求对空心构件的成形质量提出了很高的要求。预弯—内高压成形多工步制造技术虽然可以实现变截面三维复杂空心件的制造，但是多工步制造技术并不能同时满足空心构件精度和力学性能的要求，同时，根据空心构件相对弯曲半径和空间形状的不同，在预弯和内高压每个工步中必须不断更换弯曲模和内高压模具，从而极大降低了生产效率、提高了生产成本。变截面三维复杂构件的局部旋压及三维自由辊弯综合成形先进制造技术将局部旋压缩径技术和三维自由弯曲成形技术有机结合，提出了变截面三维复杂构件渐进成形技术。变截面三维复杂构件的局部旋压及三维自由辊弯综合成形技术则能实现铝合金、双金属复合管、高温合金、高强钢等材料的空心构件在各种弯曲半径条件下的高精度无模变截面连续成形，极大提高了生产效率和降低了生产成本，同时能够很好地满足航空航天空心构件的性能要求。

[0003] 变截面三维复杂构件的局部旋压及三维自由辊弯综合成形技术相对传统成形技术的重要优势有：

[0004] (1)通过对柔性辊轮弯曲模位置和角度的改变即可满足空心复杂构件不同弯曲半径条件下的弯曲成形，避免了传统技术需要更换模具才能实现不同弯曲半径的缺陷，大大提高了弯曲复杂构件时的效率，同时极大的降低了生产成本；

[0005] (2)该技术可以很容易地实现变弯曲半径弯曲、变弯曲角度弯曲、螺旋形弯曲、空间弯曲等多种空心复杂弯曲构件的成形。该技术完全通过控制工艺参数，无须改变模具或工装即可实现航空器所需的各种异形复杂弯曲件的精确成形，属于典型、高效、新型的航空柔性制造技术；

[0006] (3)通过对弯曲后的空心构件进行三维扫描，并与目标产品的三维几何模型进行尺寸对比，进而修改弯曲工艺参数，可以彻底解决传统技术所存在的弯曲后回弹问题，实现复杂空心构件高精度成形。

发明内容

[0007] 本发明针对现有制备方法的弊端，提出了新的成形方法。采用将局部旋压缩径技术和三维自由棍弯成形技术的有机结合，提出了变截面三维复杂构件的局部旋压及三维自

由辊弯综合成形技术，有效地解决了实际应用中的变截面三维复杂构件的生产效率低、生产成本高和成形质量不高的问题。

[0008] 本发明的技术方案如下：

[0009] 一种变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，包括推进机构(1)、夹紧机构(3)、旋压固定盘(4)、旋压轮移动机构(5)、旋压轮(6)、辊轮导向机构(7)、弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)、柔性辊轮弯曲模(11)；旋压固定盘(4)开设用于管坯(2)进入的圆孔，盘面上开设有中心对称的移动导槽(12)，移动导槽(12)内设置旋压轮移动机构(5)，旋压轮移动机构(5)上固定有旋压轮(6)；旋压轮(6)通过旋压轮移动机构(5)在移动导槽(12)中移动来调整旋压轮(6)之间的间隙，以此达到控制旋压轮压下量的功能，实时控制压下量及推进机构(1)的推进速度，通过局部旋压减径技术实现管材的截面连续变化；辊轮导向机构(7)用于对经过旋压固定盘(6)旋压后的管坯进行导向并传输到柔性辊轮弯曲模(11)；柔性辊轮弯曲模(11)在弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)和弯曲模上下移动杆(10)的综合驱动下对管坯进行弯曲成形。

[0010] 所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，弯曲模旋转移动杆(9)转动的连接在弯曲模前后移动杆(8)的一端，弯曲模上下移动杆(10)套接在弯曲模旋转移动杆(9)上，柔性辊轮弯曲模(11)通过转轴连接在弯曲模上下移动杆(10)上，弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)、柔性辊轮弯曲模(11)四者之间相互垂直；所述的弯曲模前后移动杆(8)可以沿X轴(平行于管坯送入的方向为X轴方向)移动，弯曲模旋转移动杆(9)可以以弯曲模前后移动杆(8)为轴转动，弯曲模上下移动杆(10)可以沿弯曲模旋转移动杆(9)平动。

[0011] 所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，移动导槽(12)的数量为1-4对，每对都轴对称的分布在圆盘的直径上，相应的设置1-4对旋压轮移动机构(5)和旋压轮(6)；每一对旋压轮(6)之间并行设置在一个平行于旋压固定盘的平面上，或者每一对旋压轮(6)设置在不同的平行于旋压固定盘的平面上，距离旋压固定盘的距离依次增大，以对管坯进行多次不同压下量的旋压。

[0012] 所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，旋压装置的减径区间为直径4mm到30mm的管子，通过旋压装置的局部旋压缩径技术，实现管坯截面连续变化。

[0013] 所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，辊轮导向机构和柔性辊轮弯曲模采用V形开口辊轮，V形开口的开口大小根据所要弯曲的管材直径实时调节，实现在线变截面管材的连续生产，不用更换不同尺寸的模具。

[0014] 所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，管坯在推进机构(1)连续推动下向前运动，夹紧机构(3)对管坯(2)进行夹紧定位，管坯由夹紧机构(3)进入到旋压固定盘(4)，根据所要弯曲管材的截面尺寸不同，旋压轮(6)通过旋压轮移动机构(5)在移动导槽(12)中移动来调整旋轮的间隙，达到控制压下量的功能，实时控制压下量及推进机构的推进速度，通过局部旋压减径技术将管材的截面实现连续变化，随后减径后的管坯进入到辊轮导向机构(7)，辊轮导向机构采用2组V形开口的辊轮，同时辊轮的V形开口的开口大小根据所要弯曲的管材直径实时调节，管坯在辊轮导向机构的导向作用下顺利

通过柔性辊轮弯曲模(11)，在管坯通过V形开口的柔性辊轮弯曲模时，弯曲模前后移动杆(8)通过沿X轴方向(平行于管坯送入的方向为X轴方向)移动带动弯曲模旋转移动杆(9)沿X轴移动到合适位置，同时弯曲模旋转移动杆(9)沿弯曲模前后移动杆(8)旋转一定角度，弯曲模上下移动杆(10)沿着弯曲模旋转移动杆(9)平动，柔性辊轮弯曲模(11)在弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)带动下实现任意角度任意位置的运动，通过改变辊轮导向机构出口和柔性辊轮弯曲模的相对位置和角度变化实现管材的弯曲成形，最终得到变截面空间形状复杂的材料空心构件。

[0015] 所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，弯曲成形过程中最小相对弯曲变径为2.5。

[0016] 根据所述的变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置的成形方法，管坯在推进机构(1)连续推动下向前运动，夹紧机构(3)对管坯(2)进行夹紧定位，管坯由夹紧机构(3)进入到旋压固定盘(4)，根据所要弯曲管材的截面尺寸不同，旋压轮(6)通过旋压轮移动机构(5)在移动导槽(12)中移动来调整旋轮的间隙，以此达到控制压下量的功能，实时控制压下量及推进的速度，通过局部旋压减径技术将管材的截面实现连续变化，随后减径后的管坯进入到辊轮导向机构(7)，辊轮导向机构采用2组V形开口的辊轮，同时辊轮的V形开口的开口大小根据所要弯曲的管材直径实时调节，管坯在辊轮导向机构的导向作用下顺利通过柔性辊轮弯曲模(11)，在管坯通过V形开口的柔性辊轮弯曲模时，弯曲模前后移动杆(8)通过沿X轴方向(平行于管坯送入的方向为X轴方向)移动带动弯曲模旋转移动杆(9)沿X轴移动到合适位置，同时弯曲模旋转移动杆(9)沿弯曲模前后移动杆(8)旋转一定角度，弯曲模上下移动杆(10)沿着弯曲模旋转移动杆(9)平动，柔性辊轮弯曲模(11)在弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)带动下实现任意角度任意位置的运动，通过改变辊轮导向机构出口和柔性辊轮弯曲模的相对位置和角度变化实现管材的弯曲成形，最终得到变截面空间形状复杂的材料空心构件。

[0017] 所述的成形方法，弯曲成形过程中最小相对弯曲变径为2.5。

[0018] 有益效果：

[0019] 1、本发明无需更换弯曲模即可改变弯曲半径，避免了传统技术需要更换模具才能实现不同弯曲半径的缺陷，极大的降低了生产成本；

[0020] 2、本发明方法简单可行，可以很容易地实现变弯曲半径弯曲、变弯曲角度弯曲、螺旋形弯曲、空间弯曲等多种空心复杂弯曲构件的成形，避免了传统技术需要更换模具才能实现不同弯曲半径的缺陷，大大提高了弯曲复杂构件时的效率，在航空、航天、汽车制造等工程领域具有重要的工程应用价值和明显的经济效益。

附图说明

[0021] 图1为变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形原理示意图；

[0022] 图2为柔性辊轮弯曲模示意图

[0023] 图3为旋压移动机构示意图

[0024] 图4为零件示意图；

[0025] 图5为零件示意图；

[0026] 图6为零件示意图；

[0027] 1推进机构、2管坯、3夹紧机构、4旋压固定盘、5旋压轮移动机构、6旋压轮、7辊轮导向机构、8弯曲模前后移动杆、9弯曲模旋转移动杆、10弯曲模上下移动杆、11柔性辊轮弯曲模、12移动导槽。

具体实施方式

[0028] 下面通过具体的实施例子，详细说明5754铝合金管、6063铝合金管以及GH625高温合金管渐进变截面复杂空心件的成形工艺。

[0029] 参考图1-3，一种变截面三维复杂构件局部旋压及三维自由辊弯综合成形装置，包括推进机构(1)、夹紧机构(3)、旋压固定盘(4)、旋压轮移动机构(5)、旋压轮(6)、辊轮导向机构(7)、弯曲模前后移动杆8、弯曲模旋转移动杆9、弯曲模上下移动杆(10)、柔性辊轮弯曲模(11)。

[0030] 旋压固定盘(4)为圆盘结构，圆盘中心开设用于管坯2进入的圆孔，盘面上开设有中心对称的移动导槽12，移动导槽12内设置旋压轮移动机构(5)，旋压轮移动机构(5)上固定有旋压轮(6)；旋压轮(6)通过旋压轮移动机构(5)在移动导槽(12)中移动来调整旋压轮6之间的间隙，以此达到控制旋压轮压下量的功能，实时控制压下量及推进机构(1)的推进速度，通过局部旋压减径技术实现管材的截面连续变化。

[0031] 移动导槽12的数量为1-4对(2-8个)，每对都轴对称的分布在圆盘的直径上，相应的可以设置1-4对旋压轮移动机构(5)和旋压轮(6)。每一对旋压轮(6)之间可以并行设置在一个平行于旋压固定盘的平面上，优选的，每一对旋压轮(6)设置在不同的平行于旋压固定盘的平面上，距离旋压固定盘的距离依次增大，可以对管坯进行多次不同压下量的旋压。

[0032] 辊轮导向机构(7)用于对经过旋压固定盘6旋压后的管坯进行导向并传输到柔性辊轮弯曲模(11)；柔性辊轮弯曲模(11)在弯曲模前后移动杆8、弯曲模旋转移动杆9和弯曲模上下移动杆(10)的综合驱动下对管坯进行弯曲成形；

[0033] 弯曲模旋转移动杆9可转动的连接在弯曲模前后移动杆8的一端，弯曲模上下移动杆(10)套接在弯曲模旋转移动杆9上，柔性辊轮弯曲模(11)通过转轴连接在弯曲模上下移动杆(10)上，弯曲模前后移动杆8、弯曲模旋转移动杆9、弯曲模上下移动杆(10)、柔性辊轮弯曲模(11)四者之间相互垂直；所述的弯曲模前后移动杆8可以沿X轴移动，弯曲模旋转移动杆9可以以弯曲模前后移动杆8为轴转动，弯曲模上下移动杆(10)可以沿弯曲模旋转移动杆9平动。

[0034] 管坯在推进机构(1)连续推动下向前运动，夹紧机构(3)起到了管坯(2)定位作用，防止管坯通过后续装置时发生错位，同时可以防止在成形过程中管坯振动，管坯由夹紧机构3进入到旋压固定盘(4)，根据所要弯曲管材的截面尺寸不同，旋压轮(6)通过旋压轮移动机构(5)在移动导槽(12)中移动来调整旋轮的间隙，以此达到控制压下量的功能，实时控制压下量及推进的速度，通过局部旋压减径技术将管材的截面实现连续变化，随后减径后的管坯进入到辊轮导向机构(7)，辊轮导向机构采用2组V形开口的辊轮，同时辊轮的V形开口的开口大小根据所要弯曲的管材直径实时调节，管坯在辊轮导向机构的导向作用下顺利通过柔性辊轮弯曲模(11)，在管坯通过V形开口的柔性辊轮弯曲模时，弯曲模前后移动杆(8)通过沿图1中X轴方向移动带动弯曲模旋转移动杆(9)沿X轴移动到合适位置，同时弯曲模旋转移动杆(9)沿弯曲模前后移动杆(8)旋转一定角度，弯曲模上下移动杆(10)沿着弯曲模旋

转移动杆(9)平动，柔性辊轮弯曲模(11)在弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)带动下实现任意角度任意位置的运动，通过弯曲模前后移动杆(8)、弯曲模旋转移动杆(9)、弯曲模上下移动杆(10)的协作实时改变辊轮导向机构出口和柔性辊轮弯曲模的相对位置和角度，实现管材的弯曲成形，最终得到变截面空间形状复杂的材料空心构件。

[0035] 实施例1

[0036] 第一步，将长1170mm、直径25mm、壁厚4mm的5754铝合金管放入设备中，由推进机构推动管坯向前运动；

[0037] 第二步，利用夹紧机构起到了管坯定位作用，防止管坯通过后续装置时发生错位，同时可以防止在成形过程中管坯振动；

[0038] 第三步，利用旋压装置对管坯进行局部旋压减径，实时控制压下量和推进速度，得到变截面管坯；

[0039] 第四步，利用辊轮导向机构和柔性辊轮弯曲模V形开口尺寸自动调节，以便适合减径后管材的尺寸，同时在弯曲模前后移动杆、弯曲模旋转移动杆：以弯曲模前后移动杆为轴转动和弯曲模上下移动杆配合运动下带动柔性辊轮弯曲模相应运动，实现对减径后的管坯三维自由弯曲成形，最终得到如图4所示的螺旋弯曲的空心构件。

[0040] 实施例2

[0041] 第一步，将长1500、直径15mm、壁厚2mm的6063铝合金管放入设备中，由推进机构推动管坯向前运动；

[0042] 第二步，利用夹紧机构起到了管坯定位作用，防止管坯通过后续装置时发生错位，同时可以防止在成形过程中管坯振动；

[0043] 第三步，利用旋压装置对管坯进行局部旋压减径，实时控制压下量和推进速度，得到变截面管坯；

[0044] 第四步，利用辊轮导向机构和柔性辊轮弯曲模V形开口尺寸自动调节，以便适合旋压减径后管材的尺寸，同时在弯曲模前后移动杆、弯曲模旋转移动杆：以弯曲模前后移动杆为轴转动和弯曲模上下移动杆配合运动下带动柔性辊轮弯曲模相应运动，实现对减径后的管坯三维自由弯曲成形，最终得到如图5所示变弯曲半径弯曲的空心构件。

[0045] 实施例3

[0046] 第一步，将长1000mm、直径10mm、壁厚1mm的GH625高温合金管放入设备中，由推进机构推动管坯向前运动；

[0047] 第二步，利用夹紧机构起到了管坯定位作用，防止管坯通过后续装置时发生错位，同时可以防止在成形过程中管坯振动；

[0048] 第三步，利用旋压装置对管坯进行局部旋压减径，实时控制压下量和推进速度，得到变截面管坯；

[0049] 第四步，利用辊轮导向机构和柔性辊轮弯曲模V形开口尺寸自动调节，以便适合旋压减径后管材的尺寸同时在弯曲模前后移动杆、弯曲模旋转移动杆：以弯曲模前后移动杆为轴转动和弯曲模上下移动杆配合运动下带动柔性辊轮弯曲模相应运动，实现对减径后的管坯三维自由弯曲成形，最终得到如图6所示变弯曲半径弯曲的空心构件。

[0050] 应当理解的是，对本领域普通技术人员来说，可以根据上述说明加以改进或变换，

而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

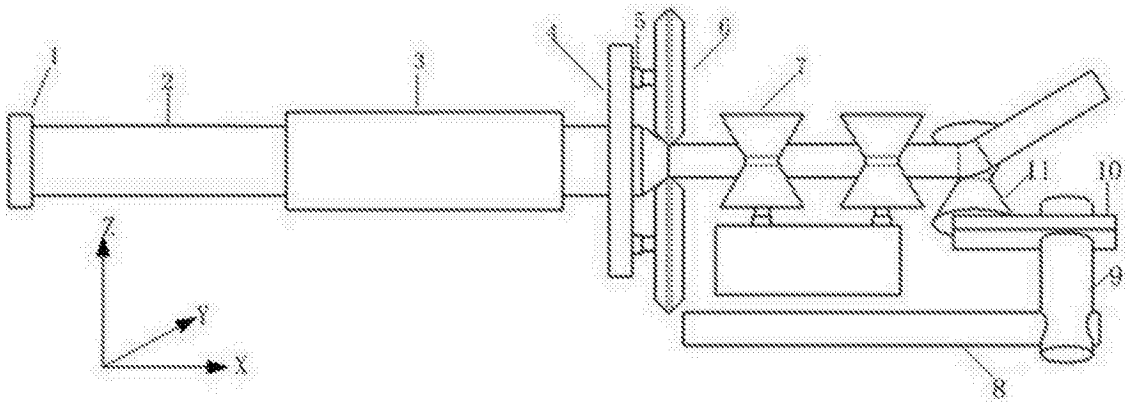


图1

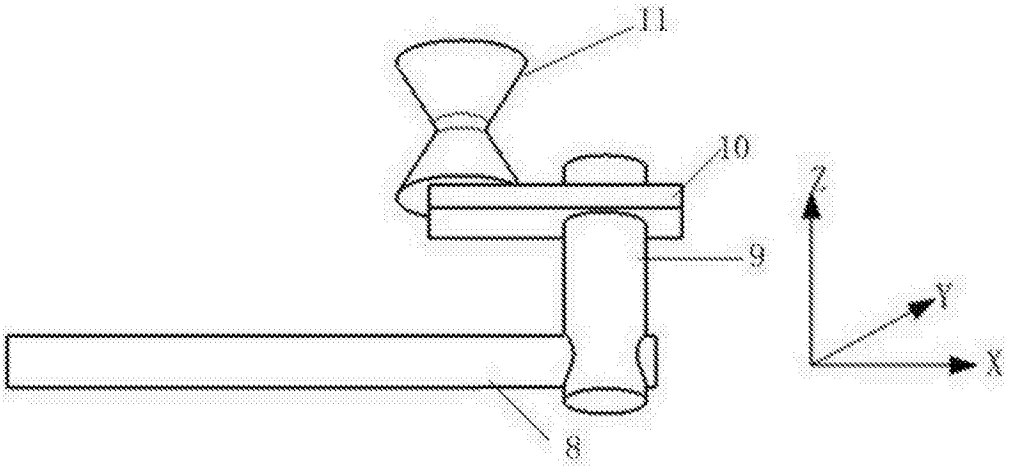


图2

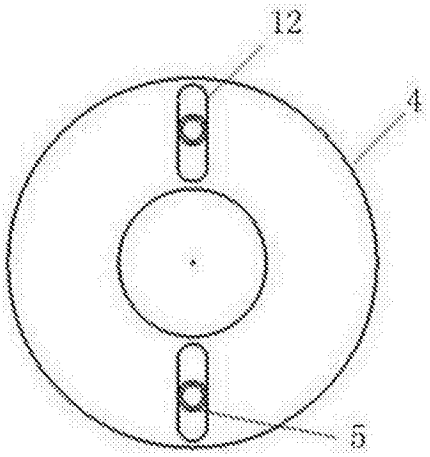


图3

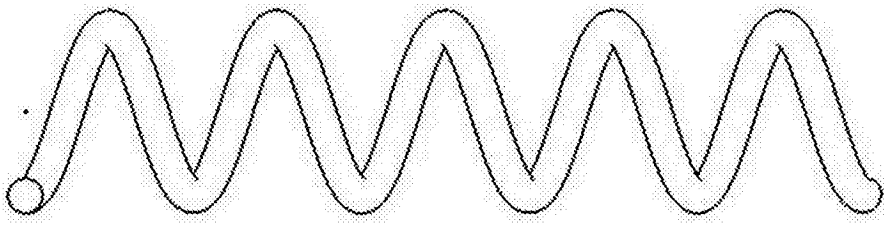


图4

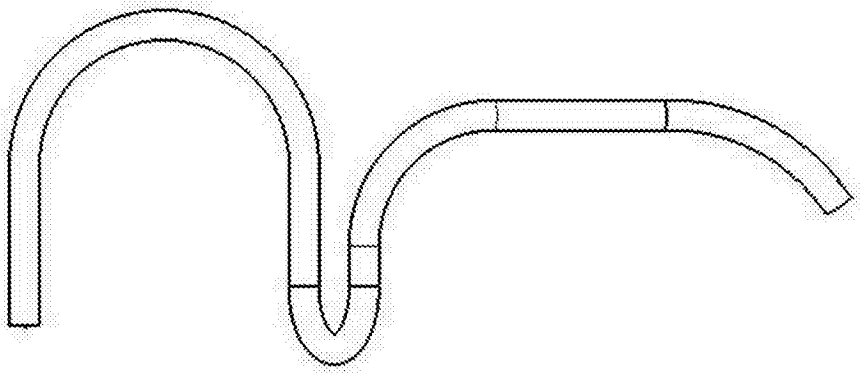


图5

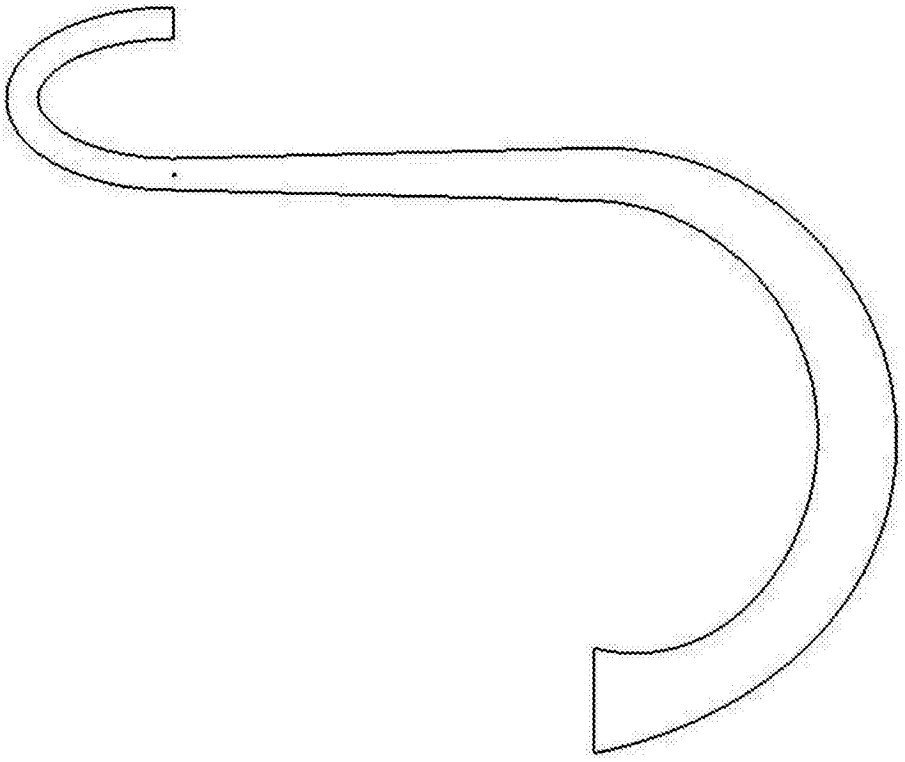


图6