

CN9100192

CNIC-00358

NINF-0003

中国核科技报告

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT

低温堆用Zr-4合金大方管研制

THE DEVELOPMENT OF OCTAGON Zr-4

ALLOY TUBE FOR HEATING REACTORS

(In Chinese)



原子能出版社

中国核情报中心

China Nuclear Information Centre

CNIC-00358

NINF-0003

低温堆用Zr-4合金大方管研制

THE DEVELOPMENT OF OCTAGON Zr-4
ALLOY TUBE FOR HEATING REACTORS

(In Chinese)

杨芳林 杨葵丽 王光盛

(西北有色金属研究院, 宝鸡)

中国核情报中心
原子能出版社

北京·1989.10

THE DEVELOPMENT OF OCTAGON Zr-4 ALLOY TUBE FOR HEATING REACTORS

Yang Fanglin Yang Yingli Wang Guangshen

(Northwest Institute for Non-ferrous Metal Research, Baoji)

ABSTRACT

The asymmetrical octagon Zr-4 alloy tubes which are used for fuel assembly in the heating reactor have been developed. The thickness of tube wall is 1.5mm and the length is 1725mm. The long side of the octagon is $138.7^{+0.3}_{-0.2}$ mm, the short side is 93.1 ± 0.1 mm. To manufacture these tubes a stretch draw forming processing method is adopted. The process is divided into two phases. In the first phase, a short draw mould is used to stretch the Zr-4 alloy tube, In the second phase, by using a long draw mould, its length is equal to the end-product length, completes the final processing. The size accuracy and repeatability of this method are excellent and fully meet the design requirements.

低温堆用Zr-4合金大方管研制

杨芳林 杨美丽 王光盛

(西北有色金属研究院, 宝鸡)

摘 要

介绍了用短芯头过渡拉伸、再用与成品等长的长芯头进行成品拉伸的方法研制低温供热实验堆堆芯燃料元件盒所用的Zr-4合金薄壁大方管的过程, 对称不等边的八边形截面方管尺度大, 精度要求高, 长边为 138.7 ± 0.3 mm, 壁厚只有1.5mm, 用本文介绍的方法研制的管材达到了使用要求的精度, 工艺重复性能也比较好。

关键词 Zr-4合金 堆芯燃料元件 加工工艺

一、前 言

为解决北方城市冬季取暖问题, 清华大学核能技术研究所设计和建造低温供热实验堆, 堆芯的燃料元件盒采用Zr-4合金薄壁大方管。方管的断面形状复杂, 公差要求严格, 作者采用特殊的加工工艺, 成功地研制出合格的薄壁合金方管。

二、方管的技术要求

方管的横截面形状是对称不等边的八边形, 壁厚只有1.5mm (见图1, 2), 长边为

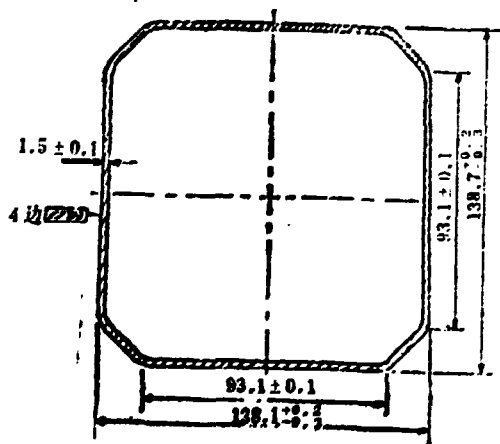


图1 方管截面尺寸及公差

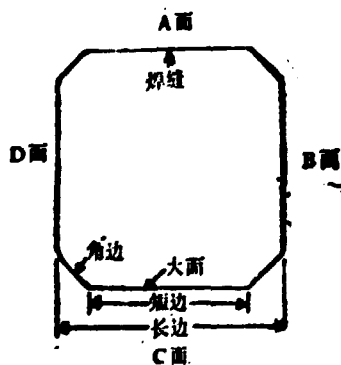


图2 方管技术术语示意图

138.7 ± 0.3 mm, 短边为 93.1 ± 0.1 mm, 方管全长为1725mm, 纵向弯曲和纵向扭曲均不得大于

0.6mm, 还有对边不平行度、邻边不垂直度的严格限制以及表面光洁度要求等。从图1和技术要求来看, 这是一种高精度的薄壁八角管。截面形状较复杂, 公差控制相当严的一种异型管材, 制造难度比较大。

三、锆合金异型管的研制现状

过去国内尚没有反应堆用的薄壁异型锆管。1977年前后北京有色金属研究院曾研制了一支Zr-2管。我们在同一时期研制了几支Zr-2小方管和矩形管, 以后由于没有进一步的使用要求, 故锆材异型管的研制工作也就停止下来。国外沸水堆使用的Zr-2合金方管已经批量生产, 也有采用滚模拉伸的方法进行生产的, 但均未见报道。

四、研制方案的确定

研制异型管, 对于锆材来说, 可以采用的成型方法有轧制、滚压、滚模拉伸、压形和拉伸成型等, 但由于目前国内还没有能加工这样大尺寸的薄壁异型锆管的轧制、滚压、滚模拉伸设备。压形后焊接的方案虽然可行, 但模具费太昂贵。另外, 如果采用拉伸方案, “空拉”不可取, 因管的尺寸大, 壁薄, 空拉时产生塑性失稳, 无法成型。所以, 采用了短芯头过渡拉伸, 用与成品管等长的长芯头进行成品管拉伸。成品管拉伸时与被拉伸变形的管材整体同步拉伸, 这样才能得到精度很高的方管。

当然, 拉伸用的长芯头的尺寸精度一定要高, 不能低于成品管的精度, 否则就达不到拉伸成品方管所要求的尺寸精度。

成品管的最终退火采用塞长芯棒的办法进行成品退火, 目的是利用钢的热膨胀系数比锆的热膨胀系数大, 在高温下锆方管被“胀形”, 冷却下来后就会获得高精度的方管。

五、研制过程

1. 铸锭准备: 关键是要注意铸锭的气孔、夹杂、成分偏析及主成分和杂质含量必须符合标准。

2. 加工成合格板材: 将铸锭经过热、冷加工及成品退火等工序得到合格板材。要注意板厚的尺寸公差要求 ($1.5 \pm 0.05\text{mm}$)。

3. 板材卷焊成圆管: 关键是要控制焊接质量, 控制焊缝的气孔、夹杂, 不容许有“不熔合区”, 表面不能氧化, 焊缝要平滑。

4. 涂层和润滑: 拉伸薄壁管要严格进行涂层和润滑操作。

5. 预压方形: 将焊接圆管进行两个方向的预压, 形成一个“方形”轮廓, 尽管有较大的弧度, 但由于有了这一步操作, 后面的拉伸操作就容易多了, 特别是可以保证焊缝在拉伸时不落入“角部”, 而应正好在“大面”的中部 (见图3)。

6. 过渡拉伸: 由于管壁薄, 拉伸变形量是很小的, 大了就会产生横向“波纹”, 因此就需要进行过渡拉伸, 就是把管材拉成“大面”略有弧度的“方管”。过渡拉伸是用短芯头拉伸的 (见图4)。

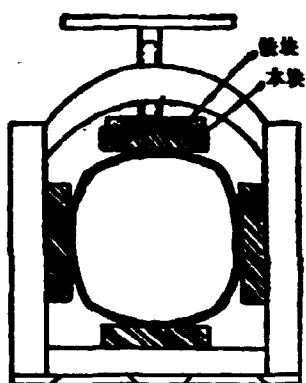


图3 预压方形示意图

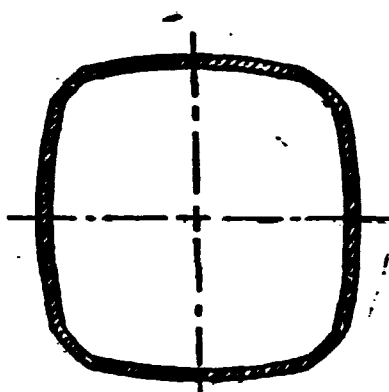


图4 方管过激拉伸后截面图

7. 成品管拉伸：成品管拉伸是用长芯头进行的，一般要进行两次。这是很关键的一步工序，拉伸方管成功与否就在此！严格检查外模和长芯头的尺寸公差及表面光洁度。操作极须谨慎。芯棒脱出过程中不能破坏方管的尺寸公差。

8. 成品退火：由于管材的性能和壁厚不可能很理想地一致均匀，因此，拉伸后管壁的应力不一样，芯头脱出后，方管各边的“回弹量”也不一样，尺寸公差就很难达到最终的高精度要求，因此需要采取矫形退火。

矫形退火就是在成品管内塞进一支等长的芯棒。这根芯棒的尺寸公差及表面光洁度不能低于成品管的要求。退火前要注意把管材和芯棒的表面清理干净。退火后要防止管材表面氧化。

9. 方管尺寸公差的全方位测量及数据处理：见图5，在方框的四边装上12块千分表，每边3块。中部放一块尺寸公差符合方管要求的标准块，调整好每块表的“零位”，把调整好的框架置于车床的刀架底座上，方管穿过框架中心并将两端卡在车床的卡盘和尾座上。将方管外表面10等分划线，表架每移至一条线处即可测出12个点的数值。根据这些点的绝对值和相对值就可算出方管全方位尺寸公差。这项工作由计算机完成。

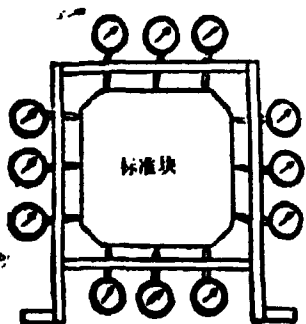


图5 方管尺寸公差测量图

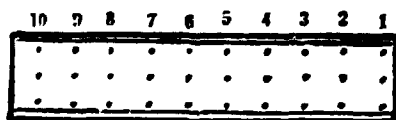


图6 方管尺寸公差测量点分布

六、结果和结论

采用板材卷焊、拉伸成形和矫形退火研制出的Zr-4合金大方管，典型数据如下：

管材编号：10(L)

1. 截面尺寸： $138.7^{+0.3}_{-0.5}$ mm
2. 表面弯曲 A面：0.21mm C面：0.16mm
B面：0.41mm D面：0.52mm
3. 扭转 A面：0.19mm C面：0.22mm
B面：0.34mm D面：0.45mm
4. 对边不平行度 A-C间：-0.04mm
B-D间：0.04mm

结论：1. 板材卷、焊、拉伸成形和矫形退火工艺，在利用现有设备条件下完全能够生产薄壁异型Zr-4合金高精度管材，适于核低温堆用。2. 该工艺重复性好，产品尺寸公差、性能比较稳定。3. 建立了方管尺寸公差的全方位测量方法，与批量生产异型管的全方位测量尺寸公差及其自动化提供了思路。

CHINA NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY REPORT



书号: 15175-00358

P.O.Box 2103

Beijing, China

China Nuclear Information Centre