DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.06.010

适于制备不同形状大尺寸块体非晶合金的模具

赵晨光,赵　新,李　炳,杨　珂,孔一龙,范新会
(西安工业大学 材料与化工学院,陕西 西安 710021)

摘　要:针对制备块体非晶所用铜模只能用来制备一种固定形状的块体非晶,要制备不同形状的块体非晶,必须要加工不同的铜模的问题,设计了一种可以制备不同形状大尺寸块体非晶合金的模具。新设计的铜模由冷却部分和成型部分组成,制备不同形状、尺寸的非晶合金时,只需更换带有相应型腔的内模,插入盛有镓铟合金的外模即可,使得冷却部分只需一次性投入,避免了制备不同形状、尺寸非晶合金需要加工不同铜模的问题。

关键词:块体非晶;翻转浇铸;镓铟合金;模具优化

中图分类号:TG241　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2019)06-0556-03

Mold Suitable for Preparing Large-sized Bulk Amorphous Alloys of Different Shapes

ZHAO Chenguang, ZHAO Xin, LI Bing, YANG Ke, KONG Yilong, FAN Xinhui
(College of Material Science and Chemical Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China)

Abstract: For the preparation of bulk amorphous copper mold can only be used to prepare a fixed shape of bulk amorphous, in order to prepare different shapes of bulk amorphous, it was necessary to process and design the mold that can prepare different shapes of large size bulk amorphous alloy. The results show that the newly designed copper mold is composed of a cooling part and a forming part. When preparing amorphous alloys of different shapes and sizes, only the inner mold with corresponding cavity should be replaced and the outer mold containing gallium-indium alloy should be inserted. The cooling part only needs to be invested once, which avoids the problem of processing different copper molds when preparing amorphous alloys of different shapes and sizes.

Key words: bulk amorphous; vacuum inversion casting; gallium indium alloy; mold optimization

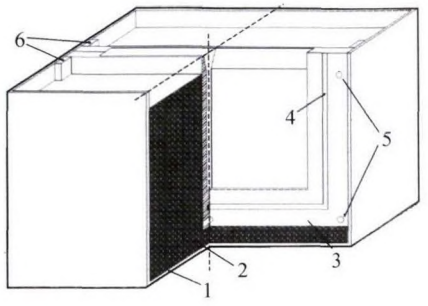
非晶合金因其独特的内部结构而具有特殊的性能,具有广阔的应用前景,近年来一直是材料科学、凝聚态物理级力学领域的研究热点[1]。非晶合金在成型时,需要较高的冷却速度抑制晶体形核、长大,因此往往只能获得较小尺寸的非晶样品,这个问题严重限制了非晶合金的广泛应用。制备不同形状、尺寸的大体积块体非晶合金是各国学者一直在攻关的关键技术[2]。多年来,铜模铸造法一直是制备块体非晶所采用的主要方法,包括吸铸法[3]、喷铸法[4]、浇铸法[5]等,其共同点是将熔融的液态金属快速注入具有一定形状内腔的铜模中,通过铜模的散热能力,使合金液快速冷却,得到块体非晶。这种铜模一般用纯铜制成,为了保证充足的冷却能力,铜模的体积必须足够大。例如,常用的吸铸铜模,其外圆直径约为 100 mm,高 100~120 mm,重约为 7.5 kg。传统的铜模在使用时,存在的两个突出的问题:一是铜模为一个整体部件,具有一个固定尺寸的内腔,只能用来制备一种固定形状的块体非晶。要制备不同形状的块体非晶,必须要加工不同的铜模;二是要制备大体积(如 10 000 mm^3 或更大尺寸)的块体非晶,所需的铜模体积和体重也相应增加,不便于操作。针对第二个问题,人们在上述铜模的基础上,在铜模中通水冷却,即水冷铜模。水冷铜模能提供更强的冷却能力,但使模具的加工工艺变得复杂,同时,要求将冷却水引入电弧炉或感应炉的真空室,使用不便。而且,水冷铜模仍然存在上述的第一个问题。本文针对传统铜模在制备不同形状大尺寸块体非晶合金时存在的问题,设计了一套可以制备不同形状块体非晶合金的模具,使用便捷,加工工艺简单,降低非晶合金的制备成本。

1　模具设计思路

新的模具将传统铜模分解成冷却和成型两部分,如图 1 所示。冷却部分包括外模、冷却介质和冷却铜块,外模材料为 304 不锈钢,冷却介质为

收稿日期:2019-02-12

作者简介:赵晨光(1995-),陕西咸阳人,本科,学士.研究方向:金属非晶.电话:18309220172,
E-mail:827791721@qq.com



1- 外模；2- 镓铟合金；3- 内模；4- 密封条；5- 紧固螺栓；6- 定位卡槽

图 1 新设计的模具示意图

Fig.1 Schematic diagram of newly designed mold

500~1 000 mL 的镓铟合金，冷却铜块尺寸不一，主要是为了提高冷却能力，减少镓铟合金的用量，提供制备非晶合金所需的冷却能力；成型部分为一组具有不同型腔的内模，所用材料为紫铜，对非晶合金进行不同形状的成型。紫铜内模由左右分模的两部分构成，在分型面上加工有安放密封橡胶条的卡槽[6]。

使用此套模具可以浇铸不同形状、尺寸的大块非晶合金。使用时，先将密封橡胶条安放于紫铜内模的卡槽处，用螺栓将两半内模合模紧固后，将紫铜内模插入不锈钢外模的卡槽处固定，再将镓铟合金充入外模。将整套模具置于熔料坩埚的下部，调节合适的浇铸位置。原料经电弧熔炼或感应熔炼后，快速喷入或浇入紫铜内模，待其冷却后形成块体非晶。

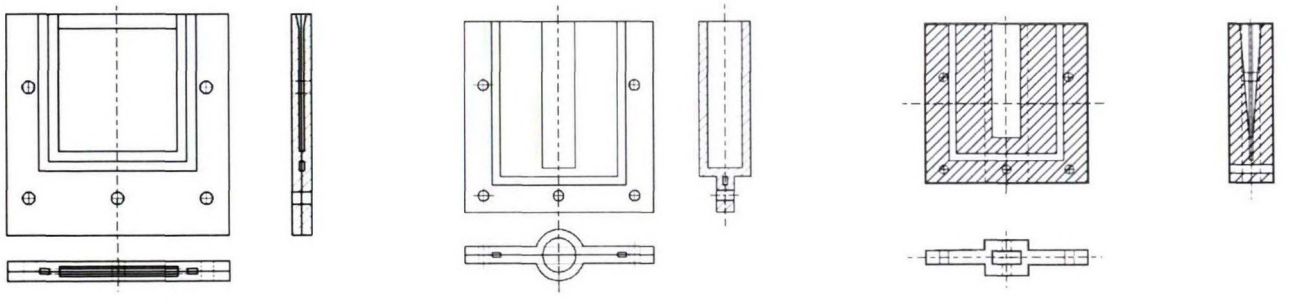
制备不同形状、尺寸的非晶合金时，只需更换带有相应型腔的内模（见图 2），插入盛有镓铟合金的外模即可。采用内模插入外模的固定方式，使得整套模具的使用极为方便。将模具的冷却部分和成型部分分解，使得冷却部分只需一次性投入，避免了制备不同形状、尺寸非晶合金，需要加工不同铜模的问题。

2 不同形状大块非晶的制备

采用新设计的模具，用浇铸法制备不同形状的块体非晶合金。将纯度为 99.8%的 Zr，纯度为 99.9%的 Cu、Al、Y 按照$(Cu_{43}Zr_{48}Al_9)_{98}Y_2$的名义成分配料，置于电弧炉中，真空熔炼 3~5 次，确保成分均匀，得到纽扣状母合金锭。将组装好的模具放入真空室，调节合适位置，确保合金液能顺利浇入模具。母合金放入浇铸坩埚，启动电弧将母合金再次熔化，熔炼1 min后，关闭电弧瞬间，快速倾转坩埚，将液态合金浇进模具，冷却后得到不同形状的$(Cu_{43}Zr_{48}Al_9)_{98}Y_2$块体非晶材料，如图 3 所示。

在制备的大块非晶材料中，平板试样的材料体积最大，为(50~75) mm×50 mm×4 mm，最小的体积达到 10 000 mm^3。对板状材料进行 XRD 检测，取样位置如图 4(a)所示，沿着样品中轴线，由下往上每隔 10 mm 取样。XRD 的检测结果如图 4(b)所示。

可以看出，板状试样从底部向上 30 mm 处的 XRD 谱线都只有一个漫散射峰，呈现出典型的非晶特征。在 40 mm 处，XRD 谱上出现了强度很弱的晶



(a)制备片状非晶的内模　(b)在制备棒状非晶的内模　(c)制备楔形非晶的内模

图 2 具有不同型腔的内模

Fig.2 Internal mold with different cavities

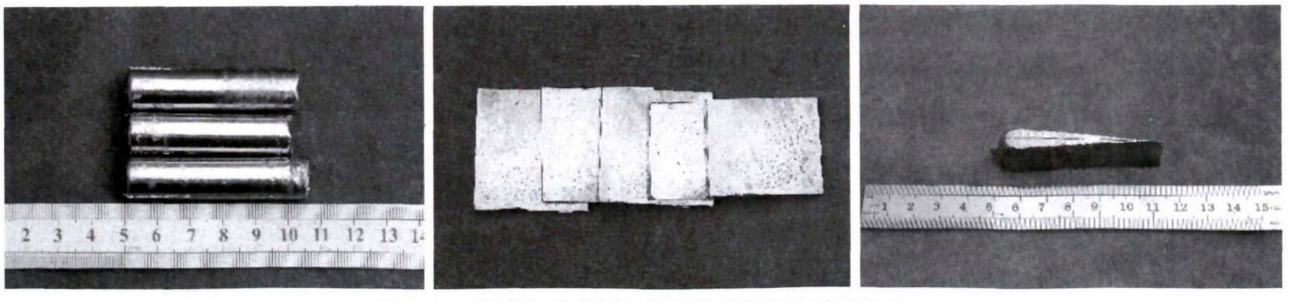
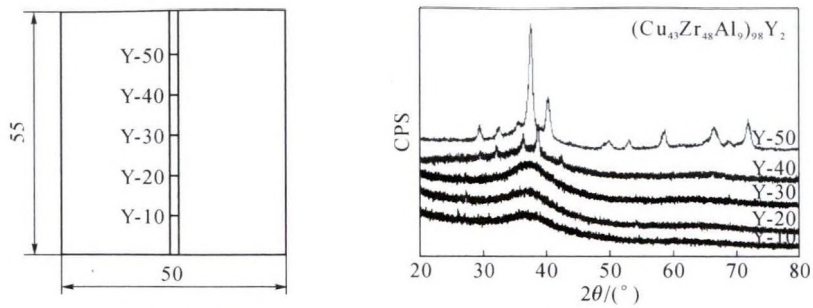


图 3 采用新设计模具制备的不同形状块体非晶材料

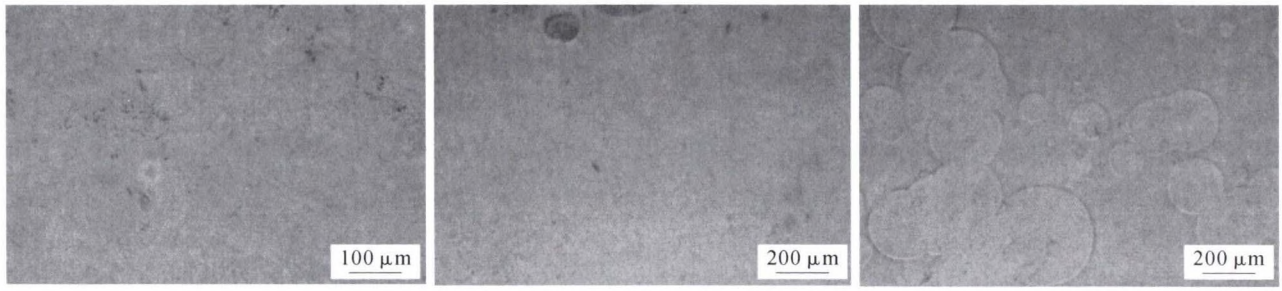
Fig.3 Different shapes of bulk amorphous materials prepared by using new design molds



(a)取样位置　(b)XRD结果

图 4 板状非晶 XRD 检测取样示意图和 XRD 分析结果

Fig.4 Schematic diagram of plate-like amorphous XRD test samples and XRD analysis results



(a)30 mm处　(b)40 mm处　(c)50 mm处

图 5 $(Cu_{43}Zr_{48}Al_9)_{98}Y_2$ 不同位置的金相图

Fig.5 Microstructure in different position of $(Cu_{43}Zr_{48}Al_9)_{98}Y_2$

体衍射峰。在 50 mm 出，XRD 谱上的晶体衍射峰强度大幅度增加，证明材料中形成了大量的晶体相，经分析知析出物为 B2 相。图 5 为试样不同位置的金相组织。可以看出，30 mm 处的样品呈现出无衬度特征，材料组织为单一的非晶态。40 mm 处的样品中出现了及少量的球状 B2 相。50 mm 处的样品中 B2 相的数量明显增多，其尺寸也大于 40 mm 处的析出相。

XRD 和金相照片反应了一致的结果：在板状样品的下半部分，材料为单一的非晶态；在板状样品的下半部分，材料在冷却过程中，析出了 B2 相。出现这种情况和板状样品的冷却过程有关。在浇铸初期，合金液首先在内模底部充型，此时内模和外部的镓铟合金温度最低，冷却能力最强，合金冷却速度快，晶体来不及析出即转变成固态，因此材料呈现出单一的非晶态。在浇铸后期，内模和镓铟合金由于连续传热，已经具有了较高的温度，对后续合金液的冷却不如之前，导致最后进入型腔的合金液体冷却速度较慢，再加上杂质上浮，促进了异质形核，致使最后形成了 B2 相与非晶混合的复合材料。

3 结论

由冷却和成型两部分组成的新模具解决了传统铜模只能制备一种形状块体非晶的问题，新模具避免了制备不同形状、尺寸非晶合金，需要加工不同铜模的问题，使用方便，操作简单。

参考文献：

[1] 宋温丽，宋凯凯，刘增乾，等. 非晶合金的相变韧塑化[J]. 中国材料进展，2014(5): 300-311.

[2] 高凯雄，寇生中，于朋，等. 块体非晶合金研究现状[J]. 铸造工程，2012(2): 15-19.

[3] 刘利召，李福山，耿家源. 吸铸法制备 Mg- 基大块非晶合金[J]. 热加工工艺，2007，36(17): 16-18.

[4] 安泰科技股份有限公司，钢铁研究总院. 制备块体非晶的喷铸方法及装置: 中国 CN1541791 [P]，2003-11-07.

[5] 张敬，贺林，孙军. 电弧炉坩埚浇铸法制备锆基块体非晶[J]. 稀有金属材料与工程，2006，35(6): 998-1001.

精铸用
石英砂、石英粉、铝矾土、高铝砂

灵寿县德泰矿产品有限公司是一家专业从事非金属矿物的生产厂家，设备先进，技术力量雄厚。

让客户满意是我们的宗旨

化学成分

石英砂	石英粉	铝矾土	高铝砂
SiO_2≥98.7%	SiO_2≥98.7%	Al_2O_3≥55%	Al_2O_3≥52%

地　址：河北省灵寿县洞里工业区
电　话：0311-82617801(传真)，15175156717
联系人：刘喜亮