DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2020.03.002

制备气氛的氧含量对 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金性能的影响

王　龙,惠佳蕾,王　涛,李　强
(新疆大学 物理科学与技术学院,新疆 乌鲁木齐 830046)

摘　要:为探究制备气氛中的氧对 Fe 基非晶态合金性能的影响,采用 Fluxing 提纯技术和 J-quenching 快速凝固技术分别在氩气、空气和氧气气氛下制备了 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金,对不同气氛下制备样品的玻璃化形成能力、热稳定性、磁性能和力学性能进行了对比研究。结果表明,在氩气、空气和氧气气氛下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 非晶态合金棒的最大直径分别为 2.0、1.5 和 1.0 mm。随着制备气氛中氧含量的增加,$Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 合金的玻璃化形成能力逐渐下降;玻璃转变温度(T_g)和起始晶化温度(T_x)逐渐下降,热稳定性降低;饱和磁化强度逐渐增加,从氩气下的 0.74 T 增加到氧气下的 0.80 T;压缩强度略有下降,但塑性应变略有增加。

关键词:块体非晶态合金;玻璃化形成能力;气氛;力学性能;磁性能

中图分类号:TG139⁺.8　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1000-8365(2020)03-0203-05

Effects of Oxygen Content in Preparation Atmosphere on the Properties of $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ Bulk Metallic Glasses

WANG Long, HUI Jialei, WANG Tao, LI Qiang
(School of Physics Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: To explore the preparation of oxygen in the atmosphere affect the performance of Fe-based amorphous alloy, the Fe40Ni40P14B6 bulk amorphous alloy was prepared by Fluxing purification and J-quenching rapid solidification in argon, air and oxygen respectively. The vitrification forming ability, thermal stability, magnetic properties and mechanical properties of the samples prepared under different atmospheres were compared. The results show that the maximum diameters of $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ bulk amorphous alloy rods prepared in argon, air and oxygen atmospheres are 2.0, 1.5 and 1.0 mm, respectively. With the increase of oxygen content in the preparation atmosphere, the vitrification forming ability of $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ alloy decreased gradually. The transition temperature (T_g) and initial crystallization temperature (T_x) of the glass gradually decrease, and the thermal stability decrease. The saturation magnetization gradually increased from 0.74 T in argon to 0.80 T in oxygen. The compressive strength decrease slightly, but the plastic strain increase slightly.

Key words: Fe-based bulk metallic glasses; preparation atmosphere; oxygen; glass forming ability; properties

非晶态合金又叫做金属玻璃,它的原子排布具有和玻璃一样长程无序,短程有序的特点,这与原子排布呈周期性结构的晶态合金截然不同,使得非晶态合金拥有一些超越晶态合金的性能,包括超高强度、优异的软磁性能和良好的抗腐蚀性能[1]等。在非晶态合金中,以铁为主要元素的铁基非晶态合金表现出优异的磁性能和力学性能,铁元素具有丰富的自然资源储备,成本低廉[2],这些优势使得铁基非晶态合金展现出巨大的商业应用前景。然而,Fe 基非晶态合金的玻璃化形成能力较低,为避免制备气氛中的氧使熔体合金氧化,从而导致玻璃化形成能力劣化,目前实验室通常在高真空或氩气保护气氛下进行 Fe 基非晶态合金的制备,这增加制备的成本和难度,制约了 Fe 基非晶态合金的工业化应用。因此,调查制备气氛中的氧对 Fe 基非晶态合金的玻璃化形成能力以及性能的影响,对于其工业化生产具有重要的意义。

关于制备气氛中的氧对非晶态合金玻璃化形成能力的影响目前已经有一些研究。对于 Zr 合金,通常认为制备气氛中的氧将导致其玻璃化形成能力劣

收稿日期:2020-01-01
基金项目:国家自然科学基金(No. 51561028, 51771161);新疆大学国家级大学生创新创业训练计划项目(No. 201810755039)
作者简介:王　龙(1997-),湖北松滋人,本科生.研究方向:块体非晶态合金.电话:15099195211,
E-mail:2924351987@qq.com
通讯作者:李　强(1971-),新疆乌鲁木齐人,博士,教授.研究方向:块体非晶态合金.电话:+86-991-8583183,
E-mail:qli@xju.edu.cn

化[3],但制备气氛中的氧对于 Fe 基合金玻璃化形成能力的影响不同的研究结果并不一致。Chang C T 等报道制备气氛中的氧导致 Fe-Si-P-B 合金玻璃化形成能力增加,他们提出氧作用在熔体合金表面导致表面能张力增加,从而形核率减小,因而导致合金玻璃化形成能力变大[4]。Yang W M 等也报道制备气氛中的氧有利于 $Fe_{80}P_{13}C_7$ 合金的非晶形成,他们提出氧能够帮助清除熔体中的杂质,从而提高合金的玻璃化形成能力[5]。Li H X 等通过向合金中掺入氧化物的方法在合金中加入不同含量的氧,结果发现,在体系中添加氧化铁成分[6],适量氧的添加将导致 Fe-C-B-P-Mo 合金玻璃化形成能力增加,但过量添加则是合金的玻璃化形成能力劣化。关于制备气氛对 Fe 基非晶态合金性能的影响目前的研究报道非常少。Yang W M 等人报道[5],制备气氛由 Ar 变为 O_2,$Fe_{80}P_{13}C_7$ 块体非晶态合金的饱和磁化强度变大,塑性由 1%变为 3%,强度没有明显变化。Chang C T 等的报道[4]中,在 Ar,Air 和 O_2 气氛下制备 Fe-Si-P-B 块体非晶态合金样品的饱和磁化强度没有发生改变,且 T_g 和 T_x 也没有明显变化,表明制备气氛中的氧对 Fe-Si-P-B 非晶态合金的磁性能和热稳定性影响甚微。可见,氧对 Fe 基非晶态合金的玻璃化形成能力以及性能的影响目前的研究工作还比较少,而且不同研究者的结果也并不一致,因此有待进一步的研究。

在本工作中,通过 Fluxing 技术和 J-quenching 技术在氩气、空气和氧气 3 种制备气氛下制备了 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金,对这 3 种不同制备气氛下制备的样品进行了比较研究,以探究制备气氛对目前 Fe 基非晶态合金的玻璃化形成能力,热稳定性,磁性能以及力学性能的影响。

1　实验方法

制备 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金的原料为:99.9%铁粉,99.9%Ni 粉,99.5%Fe_2P 粉,99.9%B 粉(均为质量分数)。按照合金成分精确称量相应的原料,并混合放入一个干净的石英管中。将石英管连接到机械泵抽至 50 Pa 左右的真空度,然后充入略小于 101 kPa 的高纯氩气作为保护气体,在火枪下对石英管加热使混合的原料融合成合金化,得到 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 合金锭。将 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 合金锭连同 fluxing 介质(B_2O_3:CaO=3:1)放入一个干净的石英管中,然后把石英管放入温度设定为 1 150 ℃的高温炉中,使介质包裹着合金块进行高温 fluxing 提纯处理,在高温下保留 3 到 4 h,fluxing 提纯处理过程中始终保持对石英管抽真空。fluxing 提纯处理完成后,将石英管从高温炉中取出冷却至室温,然后取出合金锭,在酒精中用超声清洗后自然晾干。最后将 fluxing 提纯处理后的合金锭通过 J-quenching 技术制备成直径为 1 ~ 3 mm、长度为 4 ~ 10 cm 的棒状 Fe40Ni40P14B6 合金样品。关于 J-quenching 技术的细节在文献[7,8]中有详细描述。为了研究制备气氛对制备样品性能的影响,本实验分别在氩气、空气和氧气 3 种气氛下利用 J-quenching 技术来制备 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金样品。

样品的非晶结构通过 X 射线衍射(XRD,Bruker D8 Advance)分析确定,X 射线源为 Cu 的 K_α 线。样品的热力学特性利用差示扫描量热仪 (DSC, NETZSCH DSC 404C)在 0.33 K/s 的加热速度和 Ar 保护气氛下测量。样品压缩测试利用电子万能实验机(万能实验机, ETM-105D)在室温下进行,应变速率为 1×10^{-4} s^{-1}。压缩测试样品为直径 1 mm,长度 2 mm 的圆柱,其两个端面被打磨平整并保证端面水平。对于每一个成分,至少测试 5 个不同样品,以保证实验结果的重复性。样品的磁学性能通过振动试样磁强计(VSM,Lake Shore 7404)在室温下测试,所加最大磁化场强度为 800 kA/m,测试样品为直径 1 mm,厚度 0.5 mm 的圆片,磁化场方向是沿着圆片的横断面方向。样品的密度是利用阿基米德原理测量,工作液体为蒸馏水。不同气氛下制备的样品中的氮氧含量利用氮氧分析仪 (德国埃尔特,ELTRA 型号:ONH-P)进行测量,仪器功率 4.5～5.0 kW,进样量为 0.5 g。

2　实验结果和讨论

图 1 显示了在氩气(Ar)、空气(Air)、纯氧(O_2)气氛下制备的具有最大直径的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金合金棒的 XRD 图谱。3 种样品的 XRD 谱均在衍射角(2θ)为 45°附近出现漫散峰,无明显尖

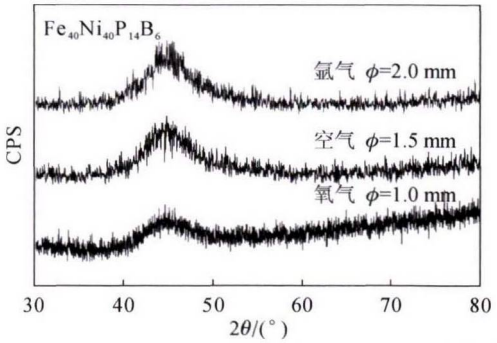


图 1 不同气氛下制备的最大尺寸的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒样品的 XRD 图谱

Fig.1 XRD patterns of as-cast bulk atmospheres alloy rods with the maximum diameter for fully glass formation prepared in different atmosphere

锐的晶化峰出现，表明3种样品均为完全的非晶态。在氩气(Ar)、空气(Air)和氧气(O_2)下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 非晶棒的最大直径分别为2.0、1.5、1.0 mm，表明随着制备气氛中氧含量的增加，$Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 合金的玻璃化形成能力减小。为了调查制备气氛对样品玻璃化形成能力的影响，这里通过氮氧分析仪对3种气氛下制备样品中的氧含量进行了测定，结果列在表1中。可以看到，在氩气，空气和纯氧气氛下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 非晶合金棒中的氧含量依次增加，即随着制备气氛中氧含量的增加，制备样品中的氧含量也随之增加。但3种气氛下制备样品中的氧含量都非常低，表明制备气氛中的氧几乎没有进入到样品，这与文献[4,9,10]的结果是一致的。这表明，制备气氛中的氧对于Fe基非晶合金的制备影响非常小，这一结果对于Fe基非晶态合金的工业生产有着重要的意义。进而推测，高温下，制备气氛中的氧首先与熔融合金表面接触，在熔融合金表面形成一层致密的氧化膜，它阻止了氧气进入合金内部。不过，结果显示，随着制备气氛中氧含量的增加，目前的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 合金的玻璃化形成能力变差，这与文献[4,9,10]的结果不一致。文献[4]指出，制备气氛中的氧能够促进 $Fe_{76}Si_9B_{10}P_5$ 合金的玻璃化形成能力。实验者推测，随着制备气氛中氧含量的增加，使氧与合金液生成氧化物的反应正向进行，这使得合金液体表面存在氧化物，氧化物促进了合金液体的异相形核，在同种条件下更容易结晶，形成结晶相[11,12]使得合金的玻璃化形成能力下降。由表1可以看到，随着制备气氛中氧含量的增加，样品中的氧含量增加，可能与样品中的氧化物增多相关，这可能支持这一推测。

表1 不同气氛下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒中的氧含量

Tab.1 Oxygen content of as-cast $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ bulk atmospheres alloy robs prepared in different atmosphere

气氛	Ar	Air	O_2
O(×10⁻⁴%)	20± 2	33± 2	40±2

图2是在3种气氛（Ar、Air和O_2）下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒在20 K/min加热速度下的DSC热力学扫描曲线。如图2，3种样品的DSC热力学扫描曲线都显示出了明显的玻璃化转变，接着较宽的过冷液相区，然后是多步的晶化反应。由3种样品的DSC曲线可以确定它们的玻璃化转变温度(T_g)、起始结晶温度(T_x)以及总的结晶焓($\Sigma\Delta H_x$)，被总结于表2。从表2看到，随着制备气氛中氧气含量的增加，样品的 T_g 和 T_x 在不断减小。在许多研究中表明，非晶态合金的 T_g 和 T_x 与组分之

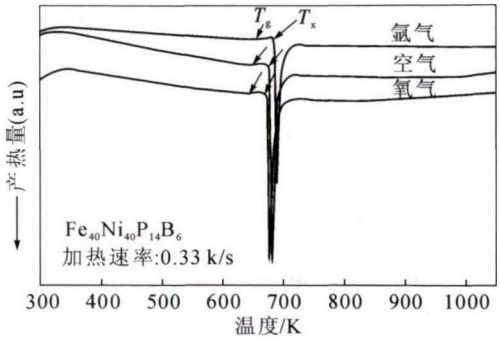


图2 不同气氛下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒在0.33 K/s加热速率下的DSC扫描曲线

Fig.2 DSC curve of as-cast $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ bulk atmospheres alloy rods prepared in different atmosphere at a heating rate of 0.33 K/s

间的平均结合强度有关[13]。在 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 合金的四个组元中，在高温时P最容易和氧气反应而被烧蚀[14]。因此，随着气氛中氧气含量的增加，制备的样品中P的含量将减少。非晶态合金内部原子间的平均结合强度可通过平均化学亲和力(mean chemical affinity，ΔH^{chem})的大小反映，其定义为 $\Delta H^{chem}=4\Sigma_{A\neq B}H_{AB}x_Ax_B$，这里 H_{AB} 是 A 和 B 组元原子间的混合焓，x_Ax_B 是 A 和 B 组元的原子百分百成分[15]。在 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 合金中，Fe-Ni，Fe-P，Fe-C，Ni-P 和 Ni-C之间的混合焓分别为 -2，-39.5，-50，-34.5 和 -39 kJ/mol[16]。可以看到，Fe 和 Ni 之间的混合焓很小，而 Fe、Ni 与类金属 P、C 之间具有较大的负混合焓。因此，P 含量的减小将导致 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 非晶态合金的平均化学亲和力(ΔH^{chem})减小，即原子间平均结合强度减小，因而导致 T_g 和 T_x 减小。

图3显示了利用振动样品磁强计(VSM)在室温下测量的3种气氛（Ar、Air 和 O_2）下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒的M-H磁滞回线。样品的饱和磁化强度(J_s)可由磁滞回线确定，总结在表2中，其中为了将饱和磁化强度的单位从emu/g转换成特斯拉(T)，需要知道样品的密度，这里采

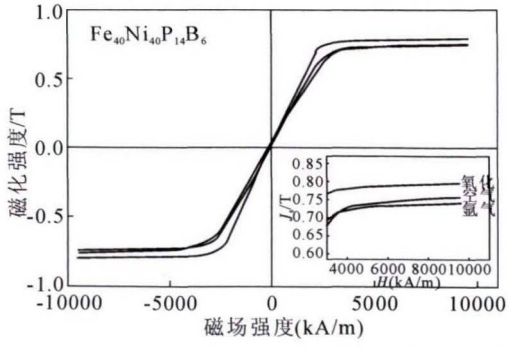


图3 不同气氛下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒在室温下的磁滞回线

Fig.3 Hysteresis loops at room temperature of as-cast $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ bulk atmospheres alloy rods prepared in different atmosphere

表 2 不同气氛下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒的非晶形成的临界尺寸及性能

Tab.2 Summary of the critical diameter for fully glass formation and properties of as-cast $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ bulk atmospheres alloy robs prepared in different atmosphere

气氛	D_{max}/mm	T_g/K	T_x/K	σ_f/MPa	ε_p(%)	J_s	
						(emu/g)	(T)
Ar	2.0	660	682	2 474	4.34	75.70	0.74
Air	1.5	649	674	2 363	4.48	77.10	0.76
O_2	1.0	642	669	2 269	6.79	81.16	0.80

注：D_{max} 表示非晶形成的临界尺寸；T_g 为玻璃转变温度；T_x 为起始晶化温度；σ_f 为压缩断裂强度；ε_p 为塑性应变；J_s 为饱和磁化强度。

用阿基米德方法测定 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 合金棒的密度为 7.9 g/cm³。可以看到，在氩气，空气和氧气气氛下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒的 J_s 分别为 0.74、0.76 、0.80 T，即制备样品的饱和磁化强度随气氛中氧气含量的增加而增加。这可能是因为，随着气氛中氧气含量的增加，P 的烧蚀增加，这使得制备样品中 Fe 和 Ni 这些磁性元素的比例升高，从而导致样品的饱和磁化强度增加。这里，P 在含氧气氛下过量烧蚀的判断与在 DSC 测试结果中的分析是一致的。

图 4 显示了室温下测量的在 3 种气氛下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒状试样的压缩应力–应变曲线。测试样品的长度和直径为别为 2 mm 和 1 mm，样品的压缩断裂强度(σ_f)和塑性应变(ε_p)可由应力–应变曲线上确定，总结在表 2 中。可以看到，随着制备气氛中氧含量的增加，目前的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金的强度有所下降，但塑性略有提升。有研究报道，氧的掺杂导致 Fe-Ni-P-C 非晶态合金塑性增加而强度升高[17]，这与实验结果相反。众所周知，非晶态合金的强度与其玻璃化转变温度(T_g)都反映了租用原子的价键强度，它们之间是正相关的[17-21]。由前面的 DSC 测试结果知道，在不同气氛下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金的 T_g 随气氛中氧含量的增加而减小。因此样品的强度与 T_g 的变化是一致的表明制备气氛中氧导致样品的塑性有所提高，文献[8]也报道了相似的结果。推测这里样品塑性小幅度的提升可能与其强度的减小有关。因为非晶态合金强度的减小，导致其剪切带更容易形成，从而塑性会变好。

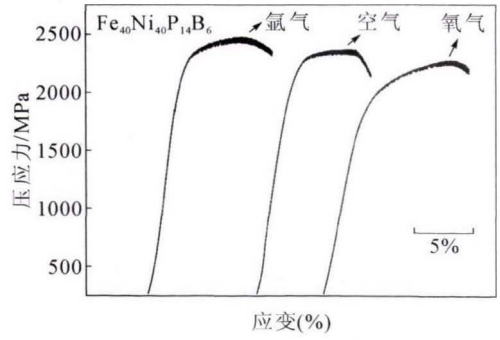


图 4 不同气氛下制备的 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒的常温压缩应力应变曲线

Fig.4 Compressive stress-strain curve at room temperature of as-cast $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ bulk atmospheres alloys prepared in different atmosphere

3 结论

通过在氩气，空气和氧气 3 种气氛下制备 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金，调查了制备气氛中的氧对目前 Fe 基非晶态合金的玻璃化形成能力和性能的影响。结果显示，随着气氛中氧含量的增加，$Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金棒的临界尺寸不断减小，表明气氛中的氧导致 $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 合金的玻璃化形成能力降低。随着气氛中氧含量的增加，$Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金的 T_g 和 T_x 减小，表明热稳定性降低。随着气氛中氧含量的增加，$Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ 块体非晶态合金的饱和磁化强度不断增加，强度有所下降而塑性略有提升。结果表明，制备气氛中氧导致目前的 Fe 基非晶态合金的玻璃化形成能力以及一些性能劣化，但劣化的程度不大。因此在 Fe 基非晶态合金制备过程中，对气氛中氧的控制可能并不需要太严格，这一结果对于 Fe 基非晶态合金的工业生产有一定的借鉴意义。

参考文献：

[1] Suryanarayana C, Inoue A. Iron-based bulk metallic glasses[J]. Int. Mater. Rev. 2013,58(3):131-166.

[2] Gao J E, Chen Z P, Du Q, et al. Fe-based bulk metallic glass composites without any metalloid elements [J]. Acta Mater. 2013,61(9):3214-3223.

[3] 邢秋玮，寇生中，李春燕，等. 熔炼气氛中的氧含量对锆基非晶合金非晶形成能力及力学性能的影响 [J]. 铸造，2013, 62(5): 380-383.

[4] Chang C T, Zhang J H, Shen B L, et al. Pronounced enhancement of glass-forming ability of Fe-Si-B-P bulk metallic glass in oxygen atmosphere[J]. J. Mater. Res. 2014,29:1217-1222.

[5] Yang W M, Wang Q Q, Ling H B, et al. Oxygen-driven impurities scavenging before solidification of Fe-based metallic glasses [J]. Journal of Alloys and Compounds, 2019,773:401-412.

[6] Li H X, Gao J E, Jiao Z B, et al. Glass-forming ability enhanced by

proper additions of oxygen in a Fe-based bulk metallic glass [J]. Appl. Phys. Lett. 2009, 95 (16): 161905.

[7] Li Q, Formation of ferromagnetic bulk amorphous $Fe_{40}Ni_{40}P_{14}B_6$ alloys [J]. Materials Letters, 2006, 60: 3113-3117;

[8] Li Q, Li J F, Gong P, et al. Formation of bulk magnetic ternary $Fe_{80}P_{13}C_7$ glassy alloy [J]. Intermetallics, 2012, 26: 62-65.

[9] Meng L L, Li X Y, Pang J, et al. Casting atmosphere effects on the precipitates, magnetism, and corrosion resistance of Fe78Si9B13 glassy alloys[J]. Metall. Mater. Trans. 2013, A 44A (11): 5122.

[10] Wang W M, Zhang J T, Gebert A, et al. Casting vacuum effects on the precipitates and magnetic properties of Fe-based glassy alloys [J]. J. Non-Cryst. Solids, 2011, 357(7): 1657-1664.

[11] Li H X, Lu Z P, Seonghoon Y. Estimation of the Glass Forming Ability of the Fe-based Bulk Metallic Glass Fe68.8C7.0Si3.5B5.0P9.6Cr2.1Mo2.0Al2.0 that Contains Non-metallic Inclusions[J]. Met. Mater. Int. 2009,15: 7-14.

[12] Liu C T, Chisholm M F, Miller M K. Oxygen impurity and microalloying effect in a Zr-based bulk metallic glass alloy[J]. Intermetallics,2002,10: 1105-1112.

[13] Conner R D, Maire R E, Johnson W L. Effect of oxygen concentration upon the ductility of amorphous Zr57Nb5Al10Cu15.4Ni12.6 [J]. Mater. Sci. Eng. 2006, A 419 (1e2): 148-152.

[14] Xue X M, Jiang H G, Sui Z T, et al. Influence of phosphorus addition on the surface tension of liquid iron and segregation of phosphorus on the surface of Fe-P alloy[J]. Metall. Mater. Trans. 1996, B 27(1): 71-79.

[15] Yu H B, Samwer K, Wang W H, et al. Chemical influence on beta-relaxations and the formation of molecule-like metallic glasses [J]. Nature communications, 2013,4,2204:1-6.

[16] Takeuchi A, Inoue A. Classification of bulk metallic glasses by atomic size difference, heat of mixing and period of constituent elements and its application to characterization of the main alloying element [J]. Materials Transactions, 2005, 46(12): 2817-2829.

[17] Li H X, Li C Q, Cao D, et al. Influences of oxygen on plastic deformation of a Fe-based bulk metallic glass [J]. Scripta Materialia, 2017, 135:24-28.

[18] Cheng Y Q, Ma E, Atomic-level structure and structure-property relationship in metallic glasses [J]. Prog. Mater. Sci. 2011, 56: 379-473.

[19] Guan P F, Chen M W, Egami T, Stress-Temperature Scaling for Steady-State Flow in Metallic Glasses [J]. Phys. Rev. Lett. 2010, 104:205701(1-4).

[20] Yang B, Liu C T, Nieh T G, Unified equation for the strength of bulk metallic glasses[J]. Appl. Phys. Lett. 2006, 88:221911.

[21] Yang X H, Ma X H, Li Q, et al. The effect of Mo on the glass forming ability, mechanical and magnetic properties of FePC ternary bulk metallic glasses[J]. Journal of Alloys and compounds, 2013, 554:446-449.

《铸造技术》杂志优秀企业、先进人物专访通告

《铸造技术》杂志开展专访活动，旨在通过专访这一内涵深邃、读者喜闻乐见、欣赏韵味独特的交流方式，深度挖掘铸造界人文财富，倾心打造行业精深资讯，进而从独有的精神与文化之角度施力，推动中国铸造业的科学振兴和健康发展。

《铸造技术》基于“榜样的力量是无穷的”以及“益言可以兴邦”的基本理念和初衷，《铸造技术》杂志社记者与业界企业家、专家学者、工程技术人员等先进人物近距离接触、多层面无障碍恳谈，从而接地气地见识与领略中国铸造业界深邃浩瀚的人文资源、鲜活生动的真人与实事，在第一时间得到启迪与感悟，进而把这发自心灵的收获通过专访报道奉献给读者朋友。

《铸造技术》专访笃信“唯有真情可以感人”。能感动人的专访报道，必然是被访者真实生活的经历、体验和独特感受，高尚人格的彰显。专访报道中的所有感人之处，无不源于被访者独有的生活经历加上独到的见解。不可复制的人生阅历之润养、对生活的挚爱、对事业的全身心投入，是每一位被访者能够超越现实与自我而永葆充沛生命力的秘诀。从自己挚爱的事业那里领悟人生的真谛，激发爱与美相交融的情感。被这真实的情感所感染，使人情不自禁地用看似清淡的笔墨，仰仗倾情产出令人心颤的专访报道。

《铸造技术》专访对“说理”情有独钟。信奉“唯有讲理可以服人”。因“至”即无限趋近高端，故“至理”系高度符合科学规律的道理。“科学”乃说理的学问，科学是迄今全人类生产及社会实践的顶级智慧结晶，科学是全人类的共同财富，科学是人类从必然王国走向自由王国的桥梁。唯科学之理能使人们正确认识世间万物、尤其包括认识者自己。《铸造技术》专访已延续多年，读者不难发现，所有被访者的感人之处无不根源于其自觉或不自觉地遵循了科学的思维与行为的准绳。

《铸造技术》专访所追求的是，以优秀传统文化底蕴为基石，以高尚道德操守与精神境界为标杆，倾力打造铸造专访的精到内涵和独特风格，倾心为读者朋友打造理性思考的空间，竭力实现被访者—读者的理性与情感的惊人共鸣。