

项目名称：新型亚稳金属材料制备技术及应用

一、提名意见

我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关内容符合国家科技奖的提名要求。

该项目针对制约 Zr 基非晶等高性能亚稳金属材料应用过程中的关键瓶颈问题，经过十余年的努力攻关，发明了具有抑菌杀菌功能、低成本、可制造能力强和性能优异的 Zr 基非晶合金，解决了制约其应用过程中材料成本高、无法多次循环利用的难题；首次发现非晶合金具有高效降解偶氮染料—快速除去染料颜色和抑制原油中石蜡等矿物质析出凝聚特性，发明了用于污水处理和石油开采输运过程中防结蜡用新型高性能亚稳金属材料 and 装置；发明了非晶合金构件制备成形加工设备和技術，解决了非晶材料构件制备工艺连续性、短流程以及复杂薄壁构件控形—控构—控性一体化制备的难题。项目成果形成了材料系列—制备设备和技術—产品全链条式综合技术，并实现了技术的工程化应用，是该领域的创新和突破。

研究成果获授权国家发明专利 20 余项，申请国际 PCT 专利 7 项，发表 SCI 收录论文 200 余篇。形成的专利技术成功在辽宁金研液态金属科技有限公司、东莞宜安科技股份有限公司、耐尔能源装备有限公司实现了产业化。产品不仅在国内获得广泛应用，而且出口到国外，产生了显著的经济效益和社会效益，推动了本领域材料制备与成形技术的进步。

对照国家技术发明奖授奖条件，提名该项目为 2018 年度国家技术发明奖 二 等奖。

二、项目简介

块体非晶合金是 90 年代发展起来的一类新型高性能亚稳金属材料，由于其结构的特殊性赋予了它比传统金属材料具有更为优异的力学性能、物理性能和化学性能，在汽车、航空航天、国防军工、石油化工、生物医学、精密机械、消费电子和信息等领域具有重要应用前景。针对制约其工程应用的瓶颈难题，本项目发明了具有抑菌杀菌功能、低成本、可制造能力强和性能优异的 Zr 基非晶合金，解决了制约其应用过程中材料成本高、无法多次循环利用的难题；首次发现非晶合金具有高效降解偶氮染料—快速除去染料颜色和抑制原油中石蜡等矿物质析出凝聚特性，发明了用于污水处理和石油开采输运过程中防结蜡用新型高性能亚稳金属材料 and 装置；发明了非晶合金构件制备成形加工设备和技术，解决了非晶材料构件制备工艺连续性、短流程以及复杂薄壁构件控形—控构—控性一体化制备的难题。项目成果形成了材料系列—制备设备和技术—产品全链条式综合技术，并实现了技术的工程化应用，是该领域的创新和突破。

研究成果获授权国家发明专利 20 余项，申请国际 PCT 专利 7 项，发表 SCI 收录论文 200 余篇。形成的专利技术成功在辽宁金研液态金属科技有限公司、东莞宜安科技股份有限公司、耐尔能源装备有限公司实现了产业化。产品不仅在国内外获得广泛应用，而且出口到国外，产生了显著的经济效益和社会效益，推动了本领域材料制备与成形技术的进步。

三、客观评价

1. 国家有关部门评价

1) **获得中石油和中石化产品准入证：**发明的具有抑制石蜡等矿物质析出凝聚特性的功能结构一体化的新型亚稳金属材料和防结蜡装置在国内各大油田获得广泛应用，得到中石油和中石化的高度认可，获得中石油和中石化产品准入证。

2) **国家重点基础研究发展计划（973 计划）项目验收评价：**该项目在非晶材料应用方面取得突破，开发出具有自主知识产权的非晶及其复合材料短流程制备与成形加工设备和技术，解决了制约其应用的瓶颈问题，制备的相关构件成功应用于消费电子和国防军工领域。

2. 用户评价

1) 中国石油华北油田公司第二采油厂：

采用中国科学院金属研究所提供的 CASN 三防器装置有效抑制蜡等矿物质在管壁和钻杆上的凝结造成抽油管路的堵塞，在不采取任何洗井措施和检泵作业的情况下，连续工作 300 天以上，有防蜡、防腐和防垢效果，对油井延长检泵周期、降低抽油机运行电流效果明显。

2) 中国石油辽河油田沈阳采油厂：

采用中国科学院金属研究所提供的特种合金防蜡工具进行防蜡试验，清蜡周期从原来的 20 天延长到超过 374 天，延长了油井的清蜡周期，起到了防蜡作用，具有使用方便、寿命长的特点，建议推广应用。

3) 中国石油青海油田采油三厂：

中国科学院金属研究所和江苏耐尔集团共同研制的“新型特种合金防蜡、防垢、防腐”工具原理先进、结构新颖，有效解决油田的结蜡、结垢、腐蚀等问题；清蜡周期从原来的 40 天延长到 309 天以上，明显减少清防蜡停工时间和作业次数，明显提高采油时率，降低使用成本，减少污染，提高经济效益。该工具科技含量极高，远远超过传统的热洗、电热清蜡、强磁防蜡等方法，极具市场推广价值，建议在油田广泛推广使用。

4) 中国石化股份胜利油田分公司河口采油厂：

中国科学院金属研究所和耐尔能源装备有限公司共同研发的“高性能—亚稳合金（非晶、微晶、纳米晶）”CASN 三防装置，经过二百余口井的试验证明，具有明显防蜡、防垢、防腐蚀功效，清蜡周期从原来的 40~50 天延长到超过 143 天，单口井每年综合效益 12.8 万元，经济效益可观，对油层和环境起到保护作用，同时节能、环保、高效，具有推广应用价值。

四、推广应用情况

发明的非晶合金材料和制备成形技术吸引投资成立了辽宁金研液态金属科技有限公司，并推广应用于广东省东莞宜安科技股份有限公司（股票代码 300328）；开发的新型亚稳金属材料和防结蜡装置，转让到耐尔能源装备有限公司（江苏耐尔冶电集团有限公司的控股子公司），实现了产业化。产生了显著的经济效益和社会效益，推动了本学科领域材料制备与成形技术的发展和进步。主要应用情况如下：

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	应用情况
辽宁金研液态金属科技有限公司	制备技术	2015 年至今	任丽丽 /1594053 0892	开发的系列非晶合金材料制备技术实现了产业化，应用于国内企业、高校和科研院所，并出口到国外。
东莞宜安科技股份有限公司	材料和制备技术	2013 年至今	李卫荣 /0769877 37777	开发的非晶合金材料和制备技术应用于系列非晶合金消费电子产品，产品应用于多家公司。
江苏耐尔冶电集团有限公司	材料与防结蜡装置	2014 年至今	陈红钧 /1396107 3990	以新型亚稳金属材料开发的防结蜡装置实现了产业化。产品在我国多个油田获得广泛应用。

五、主要知识产权证明目录（不超过 10 件）

知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
发明专利	一种 Zr-Cu-Ni-Al-Ag-Y 块状非晶合金及其制备方法和应用	中国	ZL201410078957.8	2016.3.16	证书号第 1983692 号	中国科学院金属研究所, 东莞宜安科技股份有限公司	付华萌, 张海峰, 李正坤, 王爱民, 朱正旺, 张宏伟, 李宏, 李扬德, 李卫荣, 汤铁装	有效
发明专利	特种合金防蜡工具	中国	ZL201110079324.5	2013.4.10	证书号第 1174421 号	江苏耐尔冶电集团有限公司 (中国科学院金属研究所转让)	吕曼棋, 张海峰, 胡壮麒	有效
发明专利	通过控制凝固条件提高非晶合金形成能力和强度的方法	中国	ZL200910187388.X	2012.7.4	证书号第 992588 号	辽宁金研液态金属科技有限公司 (中国科学院金属研究所转让)	张海峰, 毛杰, 付华萌, 王爱民, 李宏, 胡壮麒	有效
发明专利	拥有较高非晶形成能力的 Zr-Cu-Ni-Al-Ag 合金及制备方法	中国	ZL200710011500.5	2012.5.30	证书号第 962484 号	中国科学院金属研究所	张海峰, 邓胜涛, 李宏, 王爱民, 丁炳哲, 胡壮麒	有效
发明专利	非晶态合金作为抗菌功能材料的应用	中国	ZL201310454659.X	2016.3.23	证书号第 1992238 号	中国科学院金属研究所	付华萌, 张海峰, 南黎, 王爱民, 李宏, 朱正旺, 张宏伟, 谭丽丽, 杨柯, 胡壮麒	有效
发明专利	一种铁基非晶合金条带用于印染废水处理的应用	中国	ZL200910220048.2	2012.11.14	证书号第 1077546 号	中国科学院金属研究所	张海峰, 张昌钦, 吕曼棋, 王爱民, 李宏, 付华萌, 丁炳哲, 胡壮麒	有效
发明专利	用于印染废水吸附脱色处理的钴基非晶合金条带及其应用	中国	ZL201210001470.0	2015.05.20	证书号第 1673787 号	中国科学院金属研究所	张昌钦, 朱正旺, 张海峰, 王爱民, 付华萌, 李宏, 胡壮麒	有效
发明专利	一种具有防蜡功能的特种合金及其应用	中国	ZL201110079347.6	2013.4.10	证书号第 1174515 号	江苏耐尔冶电集团有限公司 (中国科学院金属研究所转让)	吕曼棋, 张海峰, 胡壮麒	有效
发明专利	一种非晶态合金构件成形方法	中国	ZL201410719338.2	2017.11.21	证书号第 2707554 号	中国科学院金属研究所, 东莞宜安科技股份有限公司	张海峰, 付华萌, 朱正旺, 王爱民, 李宏, 张宏伟, 李扬德, 李卫荣, 汤铁装, 杨洁丹	有效
发明专利	非晶合金构件铸造成型设备和工艺	中国	ZL201310639506.2	2017.6.16	证书号第 2520447 号	中国科学院金属研究所, 东莞宜安科技股份有限公司	付华萌, 张海峰, 王爱民, 朱正旺, 张宏伟, 李宏, 李扬德, 李卫荣, 汤铁装	有效

六、主要完成人情况表

姓名	张海峰	排名	1
行政职务	无	技术职称	研究员
工作单位	中国科学院金属研究所		
完成单位	中国科学院金属研究所		
对本项目技术创造性贡献： 负责整个项目研究，对三个发明点均有重要贡献。 提出非晶合金可制造能力的理念，带领研究组人员发明了满足产业化应用需求的非晶合金材料、制备设备和技术，发明了污水处理和石油开采用非晶合金等新型亚稳金属材料。			

六、主要完成人情况表

姓名	李扬德	排名	2
行政职务	董事长	技术职称	教授
工作单位	东莞宜安科技股份有限公司		
完成单位	东莞宜安科技股份有限公司		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目研究，对发明点 1、3 有重要贡献。负责非晶合金材料及其制备技术的产业化，制备设备研发。			

六、主要完成人情况表

姓名	付华萌	排名	3
行政职务	无	技术职称	研究员
工作单位	中国科学院金属研究所		
完成单位	中国科学院金属研究所		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目研究，对发明点 1、3 有重要贡献。负责开发满足产业化需求的非晶合金材料和制备设备，摸清制备工艺对非晶材料形成的影响规律和作用机制，为制备技术的开发提供依据。			

六、主要完成人情况表

姓名	张宏伟	排名	4
行政职务	无	技术职称	副研究员
工作单位	中国科学院金属研究所		
完成单位	中国科学院金属研究所		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目研究，对发明点 2、3 有重要贡献。负责非晶材料产业化制备设备的开发，降解除色机理，防结蜡装置的结构设计、油田上的工业化应用及工业流程生产线的设计。			

六、主要完成人情况表

姓名	李宏	排名	5
行政职务	无	技术职称	副研究员
工作单位	中国科学院金属研究所		
完成单位	中国科学院金属研究所		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目研究，对发明点 1、3 有重要贡献。负责非晶材料结构性能分析，开发出满足应用的合金材料，开发非晶制备技术。			

六、主要完成人情况表

姓名	吕曼棋	排名	6
行政职务	无	技术职称	研究员
工作单位	中国科学院金属研究所		
完成单位	中国科学院金属研究所		
对本项目技术创造性贡献： 负责项目研究，对发明点 2 有重要贡献。负责抑制原油中石蜡等矿物质析出凝聚的新型亚稳金属材料的研发，开发出防结蜡装置，并在油田推广应用。			

七、完成人合作关系说明

项目主要完成人张海峰、付华萌、张宏伟、李宏、吕曼棋在中国科学院金属研究所同一课题组工作，张海峰为课题组长。

项目主要完成人张海峰、李宏、吕曼棋从 2006 年开始合作进行亚稳金属材料的制备及应用研究，项目主要完成人付华萌 2007 年 9 月加入团队，项目主要完成人张宏伟 2011 年 7 月加入团队。2013 年 8 月开始，课题组与东莞宜安科技股份有限公司的李扬德开展合作，开展非晶合金材料及其制备和技术的产业化应用。

经过多年的联合研究，项目组取得了具有创新性的成果，并联合申请了多项发明专利，部分成果见“完成人合作关系情况汇总表”。

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	共同知识产权	张海峰/1, 付华萌/3, 李宏/5	2007.9-2009.9	通过控制凝固条件提高非晶合金形成能力和强度的方法	核心知识产权	
2	共同知识产权	付华萌/1, 张海峰/2, 张宏伟/6, 李宏/7, 李扬德/8	2013.8-2014.03	一种 Zr-Cu-Ni-Al-Ag-Y 块状非晶合金及其制备方法和应用	核心知识产权	
3	共同知识产权	吕曼棋/1, 张海峰/2	2007.1-2011.3	特种合金防蜡工具	核心知识产权	
4	共同知识产权	张海峰/1, 李宏/3	2006.1-2007.5	拥有较高非晶形成能力的 Zr-Cu-Ni-Al-Ag 合金及制备方法	主要知识产权	
5	共同知识产权	张海峰/1, 李宏/5, 付华萌/6	2007.9-2009.11	一种铁基非晶合金条带用于印染废水处理的应用	主要知识产权	
6	共同知识产权	张海峰/1, 付华萌/2, 李宏/5, 张宏伟/6, 李扬德/7	2013.8-2014.11	一种非晶态合金构件成形方法	主要知识产权	