

2023 年度天津市科学技术奖公示表

项目名称	镁合金大型汽车件制备和绝缘连接关键技术与应用
拟提名奖项及等级	天津市科学技术进步奖一等奖
主要完成单位	天津理工大学，东北大学，一汽铸造有限公司，东莞宜安科技有限公司，天津东义镁制品有限公司
主要完成人	陈民芳，铁镛，刘海峰，李卫荣，刘德宝，李伟，由臣，穆锦瑶，赵云，吕绍元，李艳芳，金延竹
提名者	天津理工大学
项目简介	<p>汽车自重每降低 10%，其油耗和尾气排放将分别减少 8%和 6%。因此，在“双碳”国家战略背景下，汽车轻量化意义重大。在车用轻质材料中，镁合金的比强度最高，比刚度与铝合金及碳钢相当。但，目前我国镁合金汽车部件多以单体替代为主，减重量有限，加之传统焊接工艺不适用大型镁合金集成件的连接，使得我国单车用镁量远低于国际先进汽车制造国家。提高单车用镁量的瓶颈主要是缺乏大型镁合金集成件的设计与成形技术，以及大型镁合金结构件与车体连接的接触腐蚀控制技术。为此，团队经过长期材料基础和产学研攻关，研发了两种新型高性能镁合金、开发了镁合金制备与成形新工艺和大型镁合金汽车件的绝缘冷连接等关键技术。主要技术创新和特色如下：</p> <p>(1)发明了一种适用于大型薄壁镁合金汽车铸件成形的稀土镁合金及其制备方法，采用流变压铸凝固技术制备了尺寸为 1067×310×318mm 的 AZ91-0.5wt%RE 镁合金汽车中通道产品，抗拉强度和延伸率相比常规压铸 AZ91 合金提高了 30.9%和 74.7%，凝固长度提高到 563 mm。将镁合金中通道框架用于红旗 HS7 乘用车，相比于原来的钢板冲焊加工件减重 35%左右。</p> <p>(2)发明了熔体高速剪切搅拌与超声振动相结合的高性能镁合金熔炼新工艺。由此制备的 AZ91-0.7CaO 合金显微组织中第二相种类增加、尺寸减小、体积分数下降，晶粒显著细化。其熔铸态抗拉强度和断裂伸长率分别为 279.6MPa 和 16.7%，强韧性和耐蚀性与 AZ91-1RE 合金相当。但却节省了稀土资源，原料成本明显降低，更适用于大型镁合金铸件的大规模工业化生产。</p> <p>(3)发明了含 B 低碳钢表面微弧氧化(MAO)处理技术，研发的新型 MAO 电解液配方可在冷连接用冲铆螺钉表面形成绝缘性良好的 α-Al₂O₃ 涂层，抑制了商用镀锌铆钉与镁合金零件的接触腐蚀倾向，解决了大型</p>

镁合金汽车集成件与车体的绝缘冷连接问题。

团队开发出大型镁合金汽车件成形与绝缘连接等关键技术，成功用于红旗 HS 系列乘用车的批量生产，为该系列车型的轻量化和装配技术升级提供了关键支撑，目前已生产装车 25 万台；应用于首辆“天津号”纯太阳能车的制造，解决了减重最后 10%的瓶颈问题。技术已在广东、天津、长春、辽宁及河北等 5 省市的镁合金制品和汽车生产企业实施应用，实现直接经济效益 11.24 亿元。项目授权国际专利 2 项，发明专利共 11 项。其中 2 项专利实现转化入股新材料公司。发表学术论文 26 篇，参与制订国家标准 1 项、企业标准 2 项。

发现点/发明点
/创新点

- (1) 大尺寸薄壁镁合金集成件的流变压铸凝固技术，及其尺寸为 1067×310×318mm 的 AZ91-0.5wt%RE 镁合金汽车中通道框架与应用。
- (2) 镁合金熔体强制浸润、高速剪切搅拌熔炼新工艺，及其由此开发的新型高强韧 AZ91-CaO 镁合金与“天津号”仪表板管梁和轮毂的应用。
- (3) 含 B 低碳钢表面微弧氧化 (MAO) 处理及其冲铆螺钉绝缘冷连接技术的开发。

主要技术支撑
材料

四、主要技术支撑材料

(一) 知识产权和标准规范 (不超过 10 项)

附件编号	知识产权 (标准) 类别	知识产权 (标准) 具体名称	国家 (地区)	授权号 (标准编号)	授权 (标准发布) 日期	证书编号 (标准批准发布部门)	权利人 (标准起草单位)	发明人 (标准起草人)	有效状态
1	发明专利	一种压铸用 Mg-Al-Zn-Ce 合金及其制备方法	中国	ZL201810581823.6	2020.4.14.	第 3752515 号	东北大学	铁楠, 季兆山, 管仁国, 张博斌, 任浩博, 蔡志辉	有效
2	发明专利	一种 $BaCl_2/BaCl$ 混合气溶胶及其制备绿色金属半固态浆料的方法	中国	ZL20201200483.5	2021.7.16.	第 4550075 号	辽宁瑞欧新材料有限公司	铁楠, 刘海峰, 陈民芳, 张博斌, 付莹, 李卫宗, 金刚, 马立新	有效
3	发明专利	用于制备镁合金半固态料浆的 MgO/HCl 气溶胶及其用法	中国	ZL202010200901.0	2022.4.1.	第 5045152 号	辽宁瑞欧新材料有限公司	铁楠, 陈民芳, 刘海峰, 李卫宗, 金刚, 孙久, 孙丽敏, 颜晓飞	有效
4	发明专利	原位自生 MgO 增强 Mg-Zn-Ca 合金的制备方法	中国	ZL201910515518.1	2020.5.22.	第 3807712 号	天津市康世源新材料有限公司 (天津理工大学转化)	陈民芳, 禹鑫露, 田臣	有效
5	发明专利	一种纳米颗粒增强金属基复合材料的制备方法	中国	ZL201410096634.1	2015.10.21.	第 1819027 号	天津理工大学	刘德宝, 宋融, 刘一驰, 陈民芳	有效
6	发明专利	一种含硼低碳钢氧化膜层及其制备方法	中国	ZL201810281232.7	2019.6.25.	第 3430681 号	天津理工大学	陈民芳, 李炎坤, 田臣, 刘海峰	有效
7	发明专利	Boron-containing Low-carbon Steel Oxide film and preparation method	美国	US10889910B2	2021.1.12.		Tianjin University of Technology	Minfang Chen, Yankun Li, Chen You, Haifeng Liu	有效

8	发明专利	自保护可降解 $MgO/Mg-Zn-Ca$ 生物复合材料	中国	ZL201610307112.0	2017.11.28	第 2715126 号	天津市康世源新材料有限公司 (天津理工大学转化)	陈民芳, 刘冬冬, 田臣, 刘德宝	有效
9	企业标准	《ZK312G30 镁合金挤压棒材》	中国	Q/12WQ 5321-2015	2016.5.15.		天津东义镁制品股份有限公司	吴稀勇, 崔妍, 陈利红, 穆锦璋, 陈民芳	有效
10	企业标准	《ZK312G30 镁合金挤压板型材》	中国	Q/12WQ 5322-2015	2016.5.15.		天津东义镁制品股份有限公司	吴稀勇, 崔妍, 陈利红, 穆锦璋, 陈民芳	有效

(二) 代表性论文 (专著) (不超过 8 篇)

附件编号	论文 (专著) 名称/刊名/作者	影响因子	年卷页码	发表时间	通讯作者	第一作者	国内作者	他引次数	检索数据库	署名是否含国外单位
11	Preparation, characteristics and corrosion properties of α -Al ₂ O ₃ coatings on 10B21 carbon steel by micro-arc oxidation, Surface & Coatings Technology/ Surface & Coatings Technology/ Yankun Li, Minfang Chen, Wei Li, Qi Wang, Yansong Wang, Chen You	4.865	358 (2019) 637-645	2019.1.	陈民芳	李炎坤	李炎坤, 陈民芳, 李伟, 王琪, 王岩松, 田臣	17	Letpub, 谷歌学术	否
12	Comparative study of the effects of CaO and Ce-La misch metal on the microstructure and properties of AZ91 alloy/ Journal of Materials Research and Technology/ Zhang M., Li W., Zhao, J., Chen MF.	6.267	2020.9 (3): 5194-5203	2020.3.	陈民芳	张敏	张敏, 李伟, 赵佳, 陈民芳	16	Letpub, 谷歌学术	否

13	Effect of α -Al ₂ O ₃ additive on the microstructure and properties of MAO coatings prepared on Low Carbon Steel/Journal of Materials Research and Technology/ <u>Zhan Zhao</u> , <u>Minfang Chen*</u> , Chen You*, Wei Li, Di Tie, <u>Haifeng Liu</u> .	6.267	2020.9 (3): 3875-3884	2020.3.	陈民芳, 由臣	赵子涵	赵子涵, 陈民芳, 由臣, 李伟, 铁锤, 刘海峰	13	Letpub. 谷歌学术	否
14	Effect of Calcium Oxide Particle Size on Microstructure and Properties of AZ91 Mg alloy/Journal of Alloys and Compounds/ <u>JiaZhao</u> , ChenYou, <u>MinfangChen*</u> , ShaoyuanLyu, DiTie, <u>HaifengLiu</u>	6.371	2021, 886 (15): 160970	2021.8.	陈民芳	赵佳	赵佳, 由臣, 陈民芳, 吕绍元, 铁锤, 刘峰	11	Letpub. 谷歌学术	否
15	The Evolution of Microstructure, Mechanical Properties and Fracture Behavior with Increasing Lanthanum Content in AZ91 Alloy/ Metals/ <u>Di Tie*</u> , Yi Jiang, Renguo Guan, Minfang Chen, Jufu Jiang, Fei Gao, Xiaopeng Lu and Zhanyong Zhao.	2.9	2020, 10: 1256	2020.5.	铁锤	铁锤	铁锤, 蒋毅, 管仁国, 陈民芳, 蓝巨雷, 高飞, 陆小朋, 赵战勇	3	Letpub. 谷歌学术	否
16	The first principle research of CaO and MgO particulate heterogeneous nucleation in Mg alloys/Applied Surface Science/ <u>Guangxiu Shen</u> , <u>ShaoyuanLyu*</u> , Yun Zhao, Chen You, <u>Xuewei Wang</u> , <u>Minfang Chen*</u>	7.392	593 (2022) 153224	2022.3.	陈民芳, 吕绍元	申广鑫	申广鑫, 吕绍元, 赵云, 由臣, 王学伟, 陈民芳	3	Letpub. 谷歌学术	否
17	The Influence of Negative Voltage on Corrosion Behavior of Ceramic Coatings Prepared by MAO Treatment on Steel/ coatings/ <u>Mingzhe Xiang</u> , <u>Tianlu Li</u> , Yun Zhao* and <u>Minfang Chen*</u> ;	3.236	2022, 12, 710;	2022.12.	陈民芳, 赵云	向明哲	向明哲, 李天璐, 赵云, 陈民芳	2	Letpub. 谷歌学术	否
18	Elevating the mechanical properties and corrosion resistance of AZ91 alloy by adding CaO and Al element/ Journal of Materials Science/ Lu Zhang, <u>Shaoyuan Lyu</u> , Chen You, <u>Jia Zhao</u> , <u>Minfang Chen</u>	4.682	57 (2022)200 17-20032.	2022.10.	陈民芳, 吕绍元	张露	张露, 吕绍元, 由臣, 赵佳, 陈民芳	0	Letpub. 谷歌学术	否