



“科创中国”云路演项目 2022.09.07, 长治

多功能液态半固态成型设备及工艺优化系统

陈利文(汇报), 侯华, 景舰辉, 赵宇宏

中北大学 材料学院

教育部共建高性能铝/镁合金材料开发及应用协同创新中心

轨道交通新型材料结构件成型国家地方联合工程研究中心

山西省有色金属液态成型工程技术研究中心

山西省先进金属智能精确制造工程研究中心/山西省太钢联合创新中心



主要内容

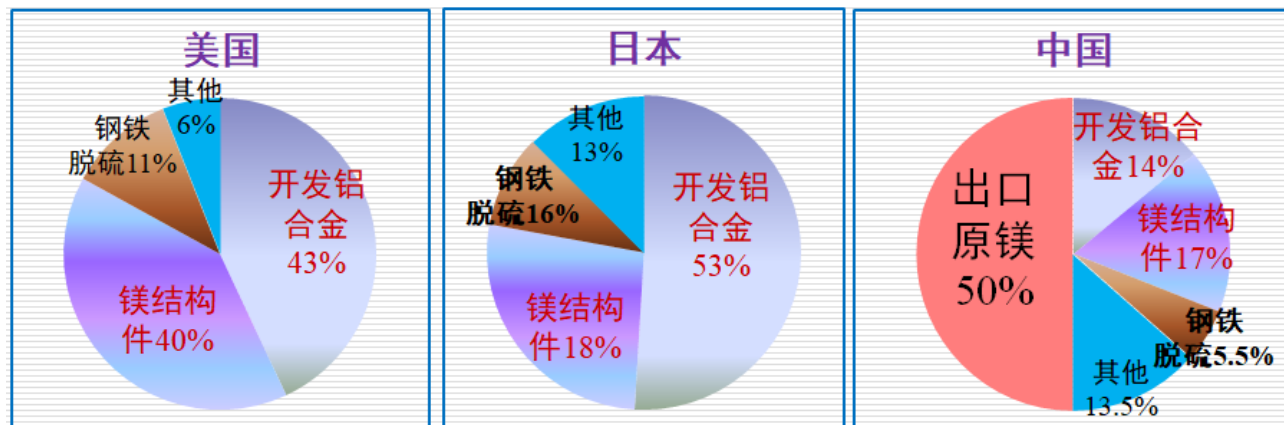
1. 项目背景与发展现状
2. 技术领域存在的问题
3. 项目技术主要创新点
4. 镁合金隔板件挤压铸造工艺
5. 中心团队介绍



1. 项目背景与发展现状

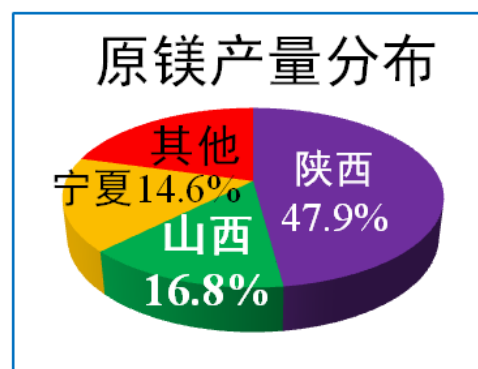
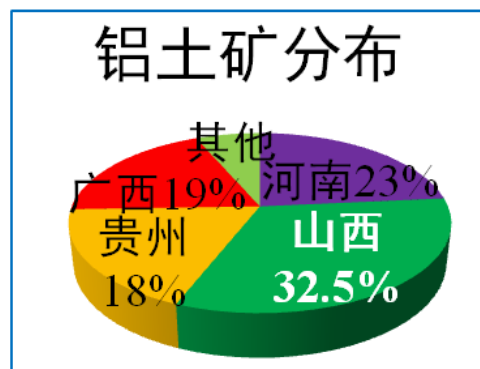
1. 立项背景

国内外轻金属(镁)产业消费情况



我国出口原材料为主，全球90%以上原镁由中国提供

山西省轻金属资源丰富



- 我国我省轻金属产业急需向深加工技术、高附加值产品制造转型，实现产业升级。

- 山西省铝土矿资源储量**全国第1**
- 2021年山西省氧化铝产量**全国第2**
- 而铝基深加工制品仅占**全国1%**

- 山西省炼镁白云石储量**全国第1**
- 2021年山西原镁产量**全国第2**
- 但原镁深加工制品率仅占**全国9.5%**

1. 发展现状-----如何实现产业升级

原材料环节

- 采用优异的力学性能的增强体（如石墨烯）制备轻金属基复合材料。

材料	弹性模量	抗拉强度	载流子迁移率	热导率
石墨烯	1100 GPa	130 GPa	$1.5 \times 10^4 \text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$	$5 \times 10^3 \text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
其他材料	钢的5倍	钢的100倍	锑化铟的2倍	金刚石的3倍

成型工艺环节

- 半固态铸造技术—综合了液态/固态成型长处，称为最有前途的轻金属基成型方法。

成型设备环节

- 日本东芝已经利用镁基复合材料半固态成型技术生产轮毂/应用于丰田轿车。



- 先进半固态成型设备/工艺严禁对我国输出；
- 亟需自主开发关键设备。

工艺优化环节



- 价格高，维护贵，参数设置复杂，人员要求高。
- 我国需要自主开发工业化软件。

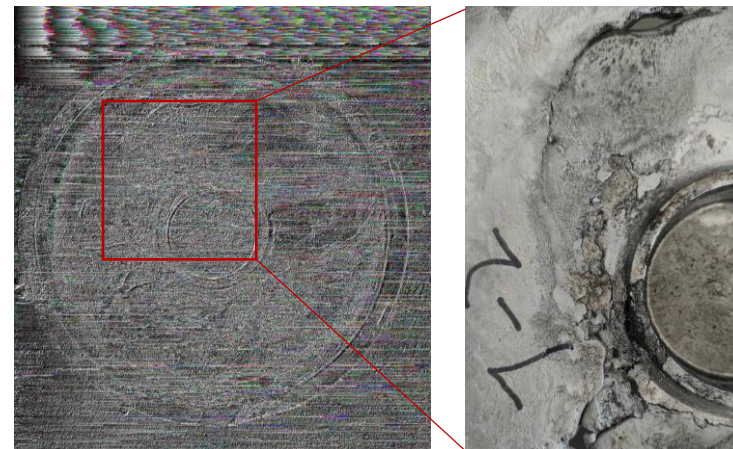


2. 技术领域存在的问题

2. 技术领域存在的问题

1 成型工艺和设备方面

- ①浆料制备工艺要求控制精确、生产稳定性差；
- ②充型中稍微散热就会引起很大成形性变化和充型困难；
- ③形状复杂零件生产困难。



2 工艺优化系统方面

- 国产铸造软件缺乏半固态铸造和微观模拟模块、网格剖分方法单一。



3. 项目技术主要创新点

3. 多功能液态/半固态成型设备



(a) 5000KN设备, (b) 1000KN设备

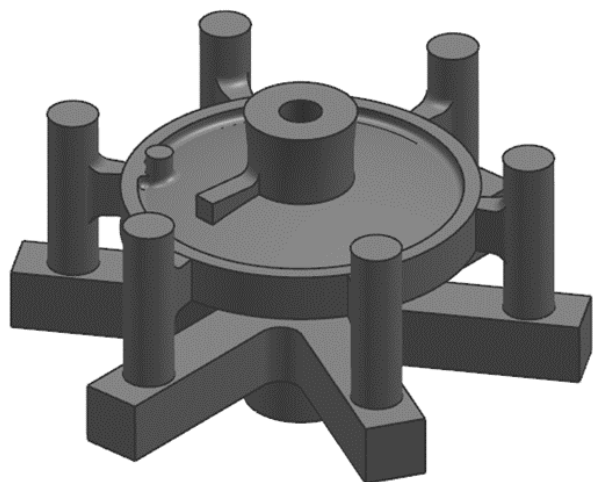
- 研制出1000KN和5000KN两种型号的多功能液态/半固态成型设备，在国际上首次实现了铸造设备一机多能，可实现直接/间接/二次复合/半固态挤压铸造、压铸、低压铸造。
- 考虑半固态材料特性、成型特点，将多级相场组织模拟耦合入凝固过程宏观工艺优化系统，开发了流场、温度场、凝固缺陷、多级组织调控的多场集成化工艺优化系统 EasyCast。



4. 镁合金隔板件挤压铸造工艺

4.1 镁合金隔板件生产存在的问题

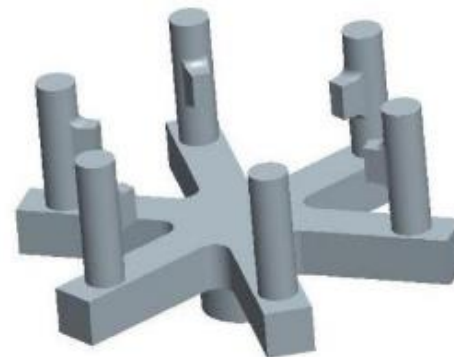
镁合金隔板件采用**低压/差压铸造**工艺生产，经过X光探伤检测，无明显缩孔、缩松的缺陷，检测合格。打压检测，水压1.3MPa，10min，检测合格；气压1MPa检测，10min，发现在产品的边缘会有很小的漏气现象，判断可能是局部存在**氧化夹杂**及**微小的缩松**，造成**气密性不合格**。



(a)



(b)



镁合金隔板件低压/差压铸造工艺方案

4.2 开发镁合金隔板件挤压铸造工艺



模具安装及预热

采用模温机预热，模具与油管外层包裹石棉，保证模具预热效果，模具预热温度 220°C 。

4.3 镁合金隔板件



镁合金隔板件样件



5. 中心团队介绍

团队拥有2个国家级、5个省级科研平台

- 教育部共建高性能铝/镁合金材料开发及应用协同创新中心
- 轨道交通新型材料结构件成型国家地方联合工程研究中心
- 山西省有色金属液态成型工程技术研究中心
- 山西省高性能镁合金产业技术创新战略联盟
- 山西省先进金属智能精确制造工程研究中心
- 山西省太钢联合创新中心
- 山西省高性能铝/镁合金材料开发及应用协同创新中心

国家级高层次领军人才

- 侯华 教授，硕士生、博士生导师

国家“万人计划”高层次科技领军人才，山西省委联系的高级专家；1994年毕业于西北工业大学铸造专业本科，2005年博士毕业于日本琦玉工业大学，主要研究方向：新型精密铸造成型设备与工艺、铸造过程仿真、高性能铝/镁合金制备。山西省铸造学会理事长，中国机械工程学会常务理事等。



国家级高层次领军人才

- 赵宇宏 教授，硕士生、博士生导师

国家“万人计划”高层次人才，科技部中青年科技创新领军人才，全国优秀教师，国家百千万人才，山西省青年三晋学者等。

主要研究方向：新型半固态/液态成型设备/工艺及优化、高性能有色金属制备、凝固过程宏观微观模拟、集成计算材料工程。中国材料研究学会凝固科学与技术分会理事，中国机械工程学会高级会员，中国挤压铸造学术委员会委员等。



中心团队介绍

- ◆ 固定成员18名（包括正高4人，副高8人，中级6人），流动人员58名；
- ◆ 中心主要以铝及铝合金、镁及镁合金、铜及铜合金、镍及镍合金、钛及钛合金为材料开展了材料、铸造工艺与设备研究。

- ◆ 拥有“万人计划”2位；
- ◆ 科技部中青年科技创新领军人才2位；
- ◆ 全国优秀教师1位；
- ◆ 国家百千万人才工程入选者1位；
- ◆ 山西省学术技术带头人2位，山西省“三晋英才”支持计划拔尖骨干人才2位，山西省中青年拔尖创新人才2位，山西省新兴产业领军人才2位和山西省青年三晋学者1位等。

研究方向

- ◆ 1) 有色金属及其合金材料研究；
- ◆ 2) 有色金属粉末冶金技术；
- ◆ 3) 有色金属半固态、液态成型工艺与装备技术；
- ◆ 4) 集成计算材料工程技术。



先进科研设备



当前配置先进高性能服务器



SPS放电等离子烧结炉

科研设备涵盖材料熔炼、液态成型、热处理、塑性变形、分析检测、模拟仿真
等先进制造全流程



多功能挤压铸造设备



高温中频感应炉



热处理炉



万能材料试验机



真空机械搅拌熔炼
设备



快速凝固系统



离心铸造机



金相显微镜

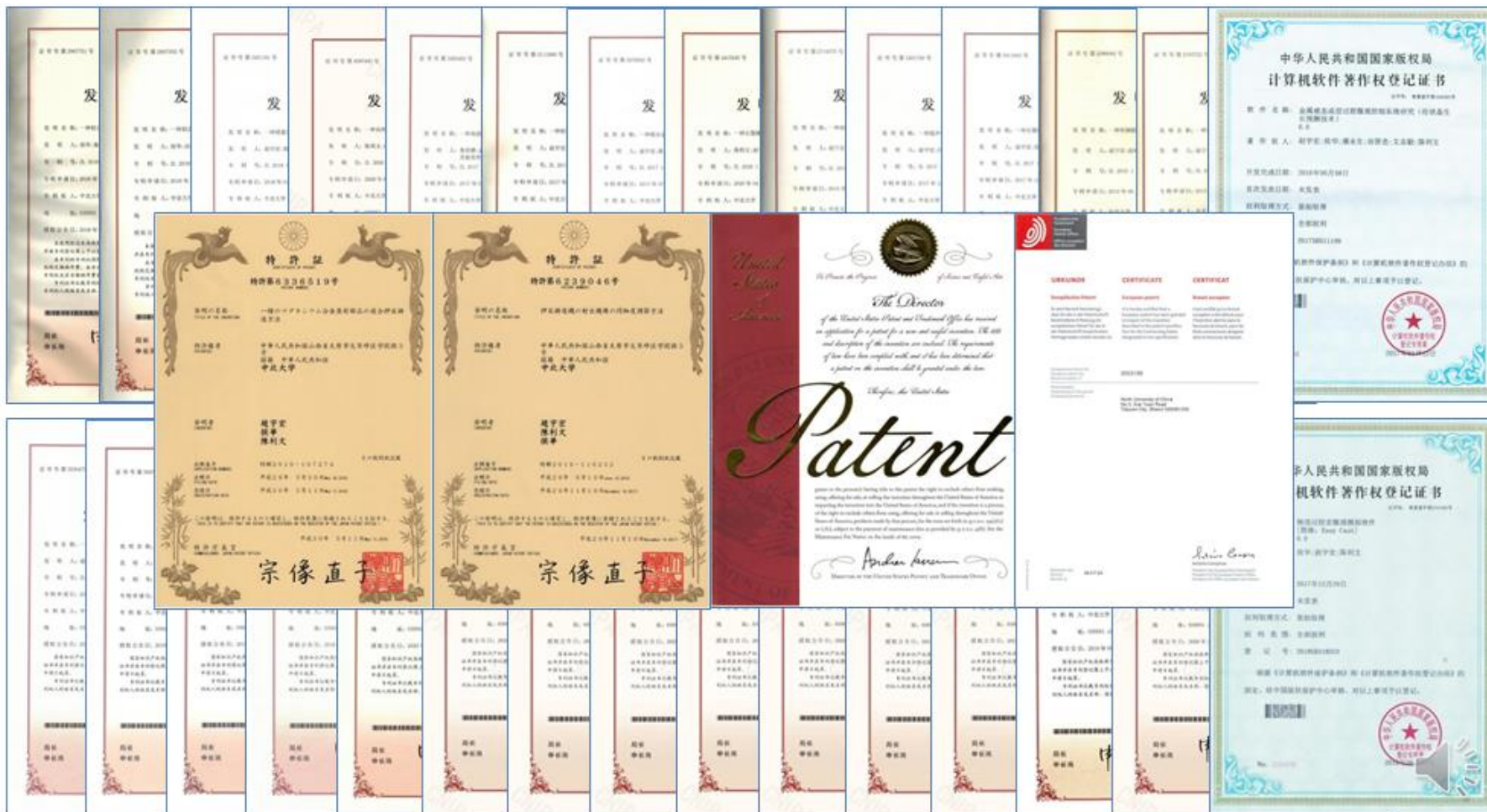
中心荣获多项重要科技奖励

- 2021年山西省技术发明一等奖
- 2021年日内瓦国际发明展金奖
- 2020年中国科技产业化促进会科技创新一等奖
- 2018年中国产学研合作创新成果奖一等奖
- 2018年中国发明创业成果奖一等奖
- 2016年山西省科技进步二等奖
- 2015年山西省技术发明二等奖
- 2014年山西省科技进步二等奖
- 2010年山西省科技进步二等奖
- 2002年国防科技进步二等奖
- 2016年陕西省科技进步二等奖等



科研成果丰硕

授权国家发明专利61件（含国外专利7件），登记软件著作权19项，近5年发表学术论文200余篇，被SCI收录112篇，国际顶刊4篇，ESI高被引论文2篇。





谢谢大家！

