

2021 年度陕西自然科学技术奖申报信息表

序号	项目名称	完成单位	完成人	申报类别
1	典型阻燃钛合金触变成形技术	长安大学 西北有色金属 研究院	陈永楠 赵秦阳 徐义库 张凤英 赵永庆	自然科学奖（二等 及以上）

项目名称: 典型阻燃钛合金触变成形技术

提名者及提名意见:

该成果全面系统的研究了典型阻燃钛合金的触变成形技术，澄清了温度、流变应力和应变的耦合作用对合金宏观组织和形变微结构的影响规律，揭示了钛合金材料在触变锻造中的变形机理，建立了相应的加工原位模型。研究成果选题准确，研究起点较高，理论创新较好，发表论文引用率较高，受到国内外学术界关注和认可，对相关研究有引领和示范作用，有重要的学术价值和理论意义，对学科建设和经济社会发展有重要的指导作用。

成果资料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件。特提名为陕西省自然科学奖二等级以上。

项目简介:

金属触变加工技术是将压铸工艺合成一体化的近净成形方式，通过外加可控的耦合场可以有效的控制成型过程中的组织结构，对实现金属材料成型过程中的结构可调控性，对最终实现金属材料的近净成形具有重要的意义。目前针对铝、镁合金已经形成了系统的触变成形技术，如触变锻造和压铸成形，而对于国防和制造业重要的钛合金目前研究较少。针对于此，团队于 2006 年依托国家 863 项目及 973 引导项目，开始从钛合金连铸连轧技术出发，在多项国家省部级项目支持下，先后围绕钛合金触变条件下热-力场模拟的本构关系，触变成型特性及触变锻造后合金的组织性能等研究方面开展基础研究工作。澄清了温度、流变应力和应变的耦合作用对合金宏观组织和形变微结构的影响规律，揭示了钛合金材料在触变锻造中的变形机理，建立了相应的加工原位模型。为钛合金材料触变成型工艺的设计提供理论基础和科学依据。

客观评价:

1) 首次提出了钛合金触变成形技术

触变成形是一种新型的近净成形技术，目前主要应用于镁铝合金，而对于军品领域广泛应用的钛合金未见报道。因此，项目提出钛合金触变成形技术有助于突破传统的钛合金加工模式，实现低成本高性能化，促进钛合金产品市场竞争力。

2) 钛合金触变成形机理的研究

关于钛合金触变变形中液相的流动规律，微观组织形成机理及触变变形机制的认识尚不清楚，本项目研究通过静态观察和动态热模拟压缩研究液相在变形过程中流动规律，建立温度/液相含量和流变应力的规律性关系，确定触变变形机制可能发生转变的区间。

3) 钛合金触变成形（以锻造为例）关键参数的确定研究方法的创新

采用计算模拟与实验相结合的方式，揭示 Ti-Cu 阻燃钛合金在触变变形机制，明确采用 Ti-Cu 合金触变近固相区压缩变形的必要条件，设计触变锻造参数。

4) 钛合金触变锻造关键技术

钛合金氧化和触变过程中液相偏析是锻造过程中的关键控制点，为了防止锻造过程中的氧化现象，采用套管形式，将合金密封于钢制套管中进行锻造，避免氧化对锻件性能的影响；通过优化坯料结构和模具结构，实现液相向多向短流程流动，改善液相偏析。同时，通过局部调控应力场和温度场，协调局部的塑性变形，减少局部金属塑性变形滞后的影响，探索合金触变锻造特性。

代表作论文目录：

	论文题目	期刊	作者
1	Underlying burning resistant mechanisms for titanium alloy	Materials and Design 2018	Yongnan Chen, Wenqing Yang, Arixin Bob, Haifei Zhanb, Fengying Zhang, Yongqing Zhao, Qinyang Zhao, MingpanWan, Yuantong Gu
2	Unexpected dynamic recrystallization behavior of Ti-7Cu alloy in semi-solid state	Journal of Alloys and Compounds 2017	Yongnan Chen, Zhanwei Yuan, Haifei Zhan, Yongqing Zhao, Xuding Song, Gui
3	Microstructure and mechanical properties of Ti-2Al alloyed with Mo formed in laser additive manufacture	Journal of Alloys and Compounds 2017	Fengying Zhang, Meng Yang, AdamT. Clare, Xin Lin, HuaTan, Yongnan Che
4	Liquid Segregation Phenomenological Behaviors of Ti14 Alloy during Semisolid	Advances in Mechanical	Y. N. Chen, C. Luo, J. F. Wei, Y. Q. Zhao, Y.

	Deformation	Engineering 2014	K. Xu
5	Formability of Ti14 alloy during semisolid deformation	Materials Science and Technology 2012	Y. N. Chen, G. Liu, Y. Q. Zhao, X. M. Zhang
6	钛合金相变及热处理	中南大学出版社 2012	赵永庆 陈永楠 张学敏
7	新型合金材料—钛合金	中国铁道出版社 2017	赵永庆 陈永楠

主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	完成单位	工作单位	主要贡献
陈永楠	1	副处长	教授	长安大学	长安大学	建立温度/液相含量和流变应力的规律性关系，确定触变变形机制可能发生转变的区间
赵秦阳	2	无	讲师	长安大学	长安大学	建立了 Ti14 合金在燃烧过程中的元素扩散与结构转变的微观物理模型
徐义库	3	副院长	教授	长安大学	长安大学	系统研究了触变锻造的可锻性和组织演变过程，揭示了钛合金触变锻造过程中晶粒长大机制
张凤英	4	无	教授	长安大学	长安大学	揭示了温度和液相含量晶粒间的剪切应力之间的关系，阐明了固液混合状态下合金的变形机制
赵永庆	5	无	教授	西北有色金属研究院	西北有色金属研究院	首次提出了钛合金触变成形技术，构建了钛合金触变成形的基本理论和方案

完成单位: 长安大学，西北有色金属研究院

完成人合作关系说明：为了突破传统的钛合金加工制造技术，推广钛合金的应用，2009年1月至2019年12月，长安大学陈永楠、徐义库、张凤英、赵秦阳与西北有色金属研究院赵永庆从钛合金的连铸连轧技术出发，提出了钛合金触变成形技术，并针对阻燃钛合金触变条件下热-力场模拟的本构模型以及工艺-组织-性能关系开展了系统深入的研究工作，先后联合申报获批陕西省科技统筹创新工程等项目，共同发表论文多篇。长安大学主要负责基础研究及理论建模，西北有色金属研究院负责中试和应用，成果归双方共享。