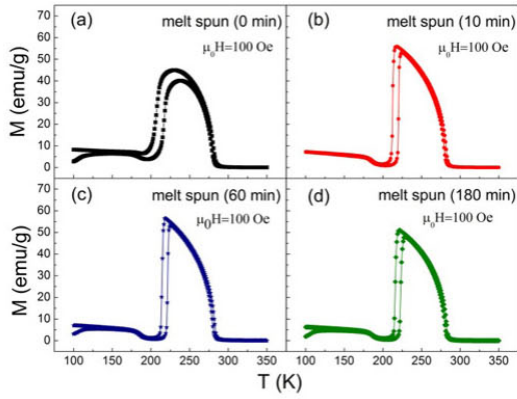
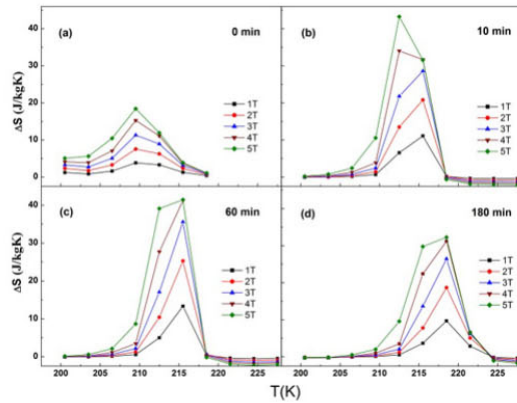


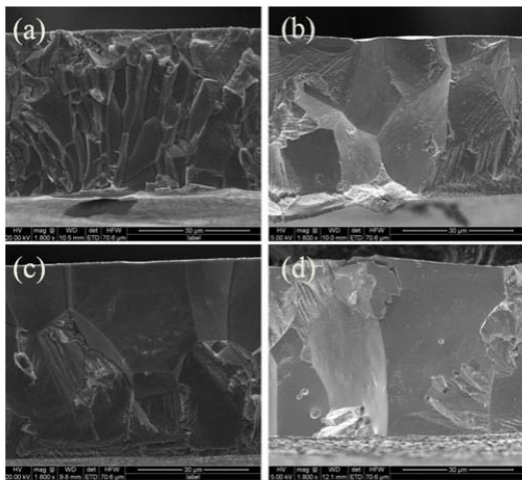
宁波材料所实现对新型磁制冷材料的性能优化



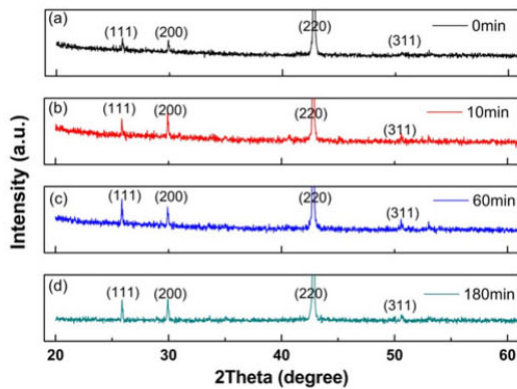
不同退火时间条带的MT曲线



不同退火时间条带的磁熵变曲线



随退火时间微观组织的演变



随退火时间晶体结构(有序度)的演变

传统压缩制冷技术广泛应用于各行各业，形成了庞大的产业，但它存在两个现实的问题：一是制冷效率低，卡诺循环效率仅为30%，二是含氟制冷剂的使用会导致大气臭氧层的破坏。在能源日益紧张的今天，人们普遍关心的一是节能二是环保，因此，传统的制冷技术必将面临重大改革，寻求新的、高效、无污染的制冷方式成为当今世界迫切需要解决的问题。解决的方法是或者研究开发无氟制冷剂或者找到新的制冷技术。最新发展起来的高效节能的磁制冷技术具有高效节能（卡诺循环效率为60%）、无污染、低噪音、体积小、易维护和寿命长等独特性能，被认为在冰箱、空调以及超市食品冷冻系统等一系列领域具有广阔的应用前景。

作为磁致冷技术的关键部分，性能优良的磁致冷材料是整个系统的核心部分。磁致冷材料的重要性能之一是具有高的绝热温变，其替代性能是高的磁熵变，这也是研究者比较关心的性能。然而作为实际应用，合适的居里温度，高的磁熵变，高制冷能力，良好的机械性能，小的磁滞后和热滞后是影响其实际应用的关键因素。

间隙小原子H掺杂对居里温度的调控在La-Fe-Si合金中首次被发现，后续又有研究者发现C、B等小原子对该系合金居里温度也具有调控作用。但间隙原子对居里温度调控的同时也会带来该系磁熵变不同程度的降低。优化磁制冷性能的另一个条件就是对制备工艺进行优化，并且发现快速凝固和电弧熔炼两种工艺对不同材料体系性能的优化具有不同的作用。此外由于具有高磁熵变的磁制冷工质一般都具有一级相变，磁滞后/热滞后也是影响其应用的重要因素之一，只有对影响滞后的内在机制进行系统研究才可能有效降低滞后。

中国科学院宁波材料技术与工程研究所稀土磁性功能实验室系统研究了NiMnSn赫斯勒合金的磁制冷性能。把间隙原子C引入到NiMnSn合金中，不但显著提高了居里温度（提高了50K），并且磁熵变也获得了大幅度的提高（26%）：从未引入间隙原子的27.4 J(kgK)⁻¹提高到了34.6 J(kgK)⁻¹。

针对该系合金非常脆，难以加工的问题，研究人员提高了C的引入量，利用其内生的碳化物作为弥散强化点，使得合金的机械性能也获得了大幅度的提高（82.7%）：其压缩强度从未引入C的556MPa提高到了1016MPa。

该工作发表在Scripta Mater. (75,26(2014))。前期针对NiMnSn合金磁制冷性能的进一步优化，该实验室系统研究了电弧熔炼和熔体快淬两种工艺对马氏体相变相关的磁性进行了系统研究，发现熔体快淬对该系性能优化起到了非常重要的作用，该工作在Scripta Mater. (doi:10.1016/j.scriptamat.04.004(2015))上进行了连续报道。近期针对熔体快淬后的退火工艺进行了进一步的优化，最大磁熵变达到了43.2 J(kgK)⁻¹，制冷能力达到115.4 J(kg)⁻¹。

更具有重要意义的是，通过对微观组织、微观成分、原子有序度等角度对马氏体相变的内在机制及磁性和磁制冷性能的影响进行了深入的探讨，对如何在提高磁熵变的同时来降低马氏体相变的滞后给出了具有指导性的研究方法，为获得高性能磁制冷材料提供了重要的理论指导。该工作发表在Nature旗下的Sci. Rep. (5,11010(2015), DOI: 10.1038/srep11010)。

该系列研究工作得到国家优秀青年基金（51422106）和浙江省杰出青年基金（LR12E01001）等项目的资助。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/78634.html>