

更硬 更韧 更延展

材料学家加紧研发下一代合金

乍一看,这个设备像是在建造的一个微型景观。一圈喷嘴对从四个喷管喷出的金属粉末加热,形成向下的光束,融合碰撞的微粒。然后,混合物凝聚成晶粒,形成一个逐步生长的小型柱状合金。一旦合金柱达到2厘米高时,平台将移动到一边,设备接着建造另一个。

惊鸿一瞥

实际上,这些金属柱子“诞生”自美国爱荷华州埃姆斯实验室,反映了科学家对合金看法的重大改变。制造合金的标准技术从远古铸剑到现在制造发动机引擎叶片一直在沿用,也就是将有用的金属混合一系列能提升性能的东西,例如在铁中加碳制成钢。

但该设备正在制造高熵合金实验样品,它由四五个,甚至更多的元素以严格的比例混合而成。这种看似简单的配方可以生产出比传统材料更轻、更强的合金,并且更耐腐蚀、耐辐射等。最终,研究人员认为这个方法能够生产从未有过的磁性或电性能合金,并形成新一代技术。

中国北京科技大学新金属国家重点实验室张勇认为:“我们几乎已经探索过传统金属的所有方面,而对于高熵合金方面的研究是全新的”。虽然,高熵合金尚未从实验室推广到市场,不过研究者期望在高温炉衬和超轻型航天材料等方面获得潜在应用。

美国帕特森空军基地实验室材料科学家Daniel Miracle认为,“我们并不仅仅是在谈论一种材料,而是如何混合元素的哲学”。“找到新而激动的东西的机会是很高的。”去年,他和同事估计过从一组26个元素中,抽取3、4、5、6种金属元素混合,可得到大约313560种不同的合金。

但德国波鸿鲁尔大学材料工程师Easo George认为,并不是所有的混合都能奏效。科学家仍在研究哪些有效哪些没有。他认为,“可探索的空间仍然非常巨大,而我们目前只看到一小部分宇宙”。

更轻更强

高熵合金概念由中国台湾科学家叶均蔚于1995年提出。叶均蔚认为,传统合金的物理性能已经得到了很好的研究,在原子层面上,纯金属具有规则的晶体结构——由相同的原子一层层堆出。有时,这些层相互之间很容易滑动,表现到金属就是非常软而不能用,这就是纯金仅仅只能用在珠宝上的原因。但在金属中添加不同原子尺寸的元素能降低滑动趋势,从而创造更硬的合金。精确的混合物可以让冶金学家调控合金的腐蚀性或者熔点等性能。

但叶均蔚同样认识到了潜在的复杂性。如果加入太多元素,混合物就会变脆。因此,他发现,与其一种主要材料混合一两个元素,为什么不用四五个甚至更多的元素等比混合?不同的原子有大量的可能性排列,从而出现高熵,如此消除了任何形成规律性能晶体结构的倾向。因为每一种随意的混合元素都是不同尺寸的,不太可能相互滑动,从而创造出非常硬的材料。

当然,这在当时是个奇怪的想法,即使在自己的实验室,叶均蔚也未将之放到很高的优先级上。直到2004年其团队才首次混合了5~10

“可探索的空间仍然非常巨大,而我们目前只看到一小部分宇宙。”

埃姆斯实验室的高熵合金制作设备。
图片来源:Jason Edwards/Getty

种元素,得到比不锈钢更硬的合金。

高熵合金领域得到了快速发展。2009年,张勇报道了一种含钴、铬、铜、铁、镍、铝的合金,比纯铝硬14倍,韧性达近3倍。2011年,叶均蔚报道了钴、铬、铁、镍、铝、钛合金的抗磨性能是普通抗磨钢的两倍。2014年,George及其团队研究的钴、铬、铁、镁、镍合金在液氮温度下也不会变脆。该材料适用于天然气管道和航天器等低温设备。

另外,美国能源部劳伦斯·伯克利国家实验室与橡树岭国家实验室合作开发出一种叫作铬锰铁钴镍的高熵合金,经检测它不仅是现有记录的最硬材料之一,而且在低温下强度、延展性反而提高。

研究人员表示,铬锰铁钴镍合金能在低温下表现出非凡的强度、延展性和硬度,关键在于一种“纳米结对”效应,也就是在变形过程中,相邻晶格区的原子排列彼此形成镜像结构。伯克利实验室材料学家罗伯特·里奇说:“这表明它除了具有大部分金属在环境温度下具有的平滑错位机制,还有一种塑性机制。在低温下,材料经受了塑性变形产生了纳米结对,结果就是连续的机械硬化,以此来遏制早期破坏造成的局部变形。”

传统合金制造方法的一个不变特征是,一种元素做主成分,其余为少量添加,其机械性能通常依靠出现第二种相态。“高熵合金从根本上违反了传统方法,它的性质并非来自合金中的每种成分或第二种相态。”里奇说,“高熵这一概



念意味着,随着合金成分元素的增加,其位形熵也增加,也就抵消了它们形成化合物,变成单相材料(如纯金属)的趋势。”

选择太多

大量的可能性是高熵合金的优点,但也是研究人员的最大挑战。Miracle认为,元素周期表上有超过80种金属元素,“合金太多而无法一一测试,也没有足够的时间去测试”。

在为航空器引擎和飞机研究高熵合金时,他在搜寻更轻、更耐腐蚀、并在高温下保持强度的材料。经过大量测试,Miracle将范围缩小到铌、钽、铬等金属,因为它们的熔点很高。

里奇还指出,铬锰铁钴镍合金及其他高熵合金的机械性质尚未达到最优,它们可能还有更好的性质。“由于高熵合金是单一相态,我们推测它们用在低温下可能非常理想,比如存储液化天然气、氢气和氧气。”他说。

另外,科学家正试着重复目前已经有了很好了解的合金的性能。例如,有些钢材不仅仅是随机的原子混合,而且在快速冷却时形成了小型的化合物结节。尽管这种化合物的稳定性不如随机混合物,但表现出比钢更高的弹性。美国麻省理工学院金属学家Cem Tasan曾将铁、镁、钴、铬混合进高熵合金,得到了极高的硬度和弹性,而它们的性能看起来似乎是完全相反的。Tasan认为“放弃任何我们知道的知识都是不明智的”。

埃姆斯实验室的迷你摩天楼意味着另一种更系统化的方法。该设备可在1个小时内建造30个合金柱,每个柱子的原材料只有细微差别,如此研究者可以快速测试合金的性能。该实验室材料科学家Matthew Kramer正在主导一项研究:寻找可以抵御高温和腐蚀的高熵合金,以帮助火电厂在高温下更有效运作。

而该实验室理论学家Duane Johnson负责协助该团队。1995年,Johnson发明了一套运算法则,在传统合金制造出来前就能预测其性能。2015年,他扩展了适用高熵合金的算法。Johnson的算法能评定一个元素到何种程度就会被另一个吸引或者排斥,然后利用这个信息预测元素的混合是形成化合物、固溶体或两者都有。如此让Kramer团队确定哪种合金值得一试。然后,实验数据能反馈给Johnson以修正该算法,提高准确性。

目前,高熵合金领域前进的道路上有大量障碍。人们当下的关注点是提高结构性能,但对于导电性或磁性等特殊功能性合金则没有多少关注。

尽管如此,还有大量的可能性需要探索,尤其是科学家开始扩展最初对高熵合金的界定。包括Tasan、叶均蔚在内的诸多科学家,已经开始实验混合大量元素但不是等比的效果。初步结果显示,大多数合金仍然保持了高熵合金的性能。

“我们现在有更丰富的领域要探索了。”George说。(张章)

科学线人

全球科技政策新闻与解析

美国家点火装置难点火



美国国家点火装置靶室

图片来源:劳伦斯利物莫国家实验室

一份最新报告显示,尽管耗资35亿美元的美国国家点火装置(NIF)正取得技术进展,但离实现名义上的目标仍有很长的路要走。NIF是美国能源部(DOE)下属的一个激光实验室,旨在加热并压缩氢同位素靶丸直到后者熔化、释放能量。

根据《今日物理》杂志的报道,这份由DOE发起的独立报告建议,NIF相关的研究应当从确认通往点火之路上的障碍转向确认点火是否可能发生。

DOE报告提出,考虑到NIF激光器现在的配置,除非取得意料之外的技术突破,否则短期内(一到两年)在NIF上实现点火是不可能的,中期内(5年)也不确定。“问题在于,NIF能否在现有配置上实现点火,而不是它何时会发生。”报告建议更好地利用其他并非为了实现点火而设计的设施,以便更好地理解这种被称为高能量密度等离子体的压缩燃料潜在的物理机制。这些设施包括位于罗彻斯特大学的Omega激光器,以及位于新墨西哥州的DOE桑地亚国家实验室所属Z机器(一台电脉冲产生器)。

长久以来,位于加州DOE劳伦斯利物莫国家实验室的NIF一直苦苦挣扎于如何才能做到名副其实。即便是在2009年启动之前,很多物理学家就已怀疑,这台将192道高能量激光束聚焦到一个靶子上的设备能否实现点火目标。尽管建设一再延期且成本超支,DOE仍坚持开展该项目。部分原因在于,DOE认为,NIF将为负责维护美国武器弹药库的核武器科学家提供关键的试验结果。

之前一项旨在于在2010~2012年实现核聚变目标的协同努力——“国家点火计划”未能兑现。随后开始了另一项为期3年的努力,目标是更好地理解核聚变燃料被NIF的1.8兆焦激光脉冲压缩时内部所发生情况的物理机制。最新报告标志着这项3年努力的终结。尽管承认取得了进展,但DOE报告提出,“现有方法过于宽泛和多样,因此需要更好地聚焦。”(宗华)

美奥兰多枪击案凶手或因同性恋恐惧症开枪



研究发现,一些恐惧同性恋的人可能对于其自身的性取向存在矛盾心理。

图片来源:Stacy Walsh Rosenstock

调查美国佛罗里达州奥兰多市大规模枪击事件凶手的人员,发现了这名愤怒的年轻男子可能对于其性取向存在矛盾心理的证据。越来越多的小型研究表明,一些拥有强烈的恐同性恋态度的人可能自己就是同性恋者,而这种对同性恋的恐惧本身或许就预示着其他心理问题。

联邦调查局统计数据显示,在美国,男同性恋、女同性恋、双性恋和变性者已成为仇恨犯罪的最大目标群体。

“我们刚刚开始对同性恋恐惧症进行严肃研究。”意大利生殖与性治疗协会会长、罗马第二大学内分泌学家Emmanuele Jannini表示。

发生在奥兰多一家同性恋夜总会的疯狂杀戮导致49人死亡,并且最终以凶手被警察击毙结束。夜总会的老主人表示,29岁的Omar Mateen经常来这家酒吧。“对他可能是同性恋,我一点都不吃惊。”Mateen前妻Sitora Yusify表示,“对于他过着两种完全不同的生活并且内心陷入深深的矛盾之中,也没什么大惊小怪的。”

Mateen的父亲Sedique Mateen在采访中坚持认为,他的儿子不是同性恋。“如果他是同性恋,为何要这么做?”

不过,少量研究表明,一些内心相互矛盾的同性恋者可能的确恐惧同性恋。同时,一些研究显示,很多同性恋者从经验了解到,在一个人的身体欲望和相反的社会或宗教教义之间存在冲突是一件很痛苦的事情。这反过来导致自我摧残的行为,包括生病、吸毒成瘾和自杀。为数不多的论文还提出,此类内在冲突在外表现出来的同性恋恐惧症存在关联。

研究人员并不认为,内在冲突能解释所有同性恋恐惧症,因为一些人或许出于诸如宗教或文化等其他原因而持有这种态度。同时,尚未有研究证实,内在的同性恋恐惧症针对其他人的暴力存在直接关联。一些研究的确表明,非常恐惧同性恋的人可能拥有其他心理健康问题。一项对551名年龄在18~30岁的参与者进行的研究发现,较高程度的同性恋恐惧症同诸如害怕亲密接触等其他心理健康问题有关。(宗华)

澳大利亚科技创新掠影

西澳大利亚州州长科林·巴奈特: 创新让我们与世界连接

■本报记者 丁佳



平方公里阵列望远镜

西澳大利亚州幅员辽阔,大约有250万平方公里,是全澳大利亚最大的一个州,实际上,全世界也只有8个国家的面积比西澳州大。这里人口稀少,气候类型多样,且有70%面积被沙漠所覆盖。由于与澳大利亚其他大城市相距甚远,西澳州首府珀斯常被人们称为“世界上最孤独的城市”。

但地理位置上的与世隔绝,并没有妨碍这片广袤土地与世界连接在一起的渴望,无论是在贸易、工业,还是科学技术方面,西澳大利亚都是当之无愧的世界创新中心。日前,在西澳州长及内阁办公室,《中国科学报》记者采访了西澳州州长科林·巴奈特(Colin Barnett)。

“我们的自然资源极其丰富,位居整个澳大利亚之首,农业、采矿业和石油业是我们主要的经济支柱。”在巴奈特看来,由于地理位置的原因,西澳州与亚洲许多国家没有时差,这让西澳州一直与亚洲保持着天然的密切关系。

实际上,巴奈特本人就花了许多精力促进西澳州与亚洲,尤其是中国的合作。猴年春节期间,他还通过网络向中国人民以及澳大利亚的华裔居民拜年。而在中澳两国的贸易合作中,从西澳州出口到中国的商品,占到了整个澳大利亚对华出口贸易的70%,中国显然已经成为西澳州最大的市场。

在科学技术方面,也因为其得天独厚的地

理条件及自然资源,西澳州在现代化农业技术、海洋科学、采矿技术研究等方面都具有很强的实力。

巴奈特认为,采矿、石油等与自然资源紧密

相关的产业对西澳州来说并不是大家所认为的“过时之物、明日黄花”。“西澳州大多数自然资源还未被开发,一些种类的供应可能还能持续数千年之久;随着相关技术的进步,还会有更多

资源被发现。我认为,与自然资源相关的产业在未来50年乃至本世纪内,都还将继续为西澳州经济作出贡献。”

但与此同时,西澳州也正在积极寻找新的机会。人们可能很难想象,荒无人烟的沙漠地区会与尖端科技扯上什么关系。但计划在该州腹地建造的世界最大的射电望远镜——平方公里阵列望远镜项目(简称SKA)却正在被全世界的天文学家寄予厚望。

就在10年前,西澳州在射电天文学方面几乎没有发展,但由于SKA项目的“入驻”,这一学科在西澳州飞速发展起来,现在已经有大约150名射电天文学家在这里工作。

除了射电天文学之外,由于望远镜每天产生的科学数据量巨大,还“顺便”推动了西澳州超级计算方面的进步。例如,坐落在珀斯市的波西超级计算中心目前已发展成为南半球最大的超级科学计算中心。

“我们很幸运,因为西澳州独特的地理条件,能够为SKA项目的建设提供绝佳的无线电静默区。”巴奈特告诉《中国科学报》记者,“反过来,SKA对西澳州来说也是至关重要的一个大科学工程,将使这一地区长久受益。在科学方面,不光是天文、超级计算机,还有很多学科也会随之发展起来。再加上我们宜居的生态环境,相信会吸引许多高层次科技人才来这里生活、发展。”