原子级制造:超精密制造重要发展方向

▶ 本报记者 李洋

与传统制造有着本质区别,原子级制造是指按原子尺度结构或原子精度产品加工的制造业,其发展将推动人类制造技术走向极限水平。

2024年,“原子级制造”一词密集出现并被广泛关注。9月20日,2024原子级制造创新发展座谈会重点围绕《原子级制造创新发展实施意见(2025-2030年)》内容设置的科学性和可实施性进行深入研讨。11月,第一届原子级制造产业发展论坛举办,近百家高校、科研院所和企业等共同发起组建的原子级制造创新发展联盟揭牌成立。12月,工业和信息化部相关负责人在2024装备制造业发展大会上表示,我国将推动科技创新和产业创新深度融合,加快培育发展原子级制造产业。同月召开的全国工业和信息化工作会议提出,制定出台原子级制造等领域创新发展政策。

据介绍,原子级制造目前正处于从理论创新、关键技术突破向产业化迈进的关键阶段。

或将实现传统制造全面革新

原子级制造有多强?

据了解,一方面,它的测控能力达到物质世界基本单元原子,是当代微电子制造和超精密加工的尺寸微缩极限;另一方面,它掌握了原子的操控能力,具备从原子直接搭建分子、材料、器件甚至系统的能力,将为创造大量新物质新材料提供有力支撑。以集成电路行业为例,具备单原子特征的芯片,其尺寸、功耗将降低至当前的1‰以下,计算能力则提升1000倍以上。

合肥综合性国家科学中心能源研究院院长助理凌航焜对记者说,“原子级制造将实现传统制造三要素的全面革新:一是将加工对象从连续材料变革为离散原子;二是将加工精度尺度变革为原子尺度;三是将材料和结构决定产品性能变革为原子调控产品性能。”

南京大学相关专家在接受记者采访时表示,原子级制造加工对象从传统制造的连续介质的固体变为单个原子,加工尺度直接用原子度量,使得制造由传统制造的形状变化提升器件性能的模式改变为通过原子调控器件性能。

原子级制造技术现在用在哪里?

中国工程院院士杨华勇此前曾表示,最尖端的比如集成电路,5纳米以下就开始用亚纳米级,光刻机上光路系统中的平面加工精度就要达到亚纳米级。另外,未来航空航天领域均可使用原子级制造技术。因为原子级制造是零点几纳米,精度改变可能会改变材料的各个方面。

“原子级制造在材料与制造两大领域都将展现出前所未有的潜力。”南京大学相关专家说,比如,在制造方面,有望开发出一系列具有超小尺度精度和卓越性能的新型产品;在材料方面,通过原子级设计和改造,可以实现材料系统革新。此外,原子级制造工艺创制的新物质和零部件,不仅在结构上可实现原子尺度的细锐、精准、完美,而且其物理特性远超常规块材物性。人们利用原子级制造技术创制海量研究对象,收集物质数据,建立物质、材料物性数据库,创建材料创制人工智能大模型,可实现材料创制智能化。

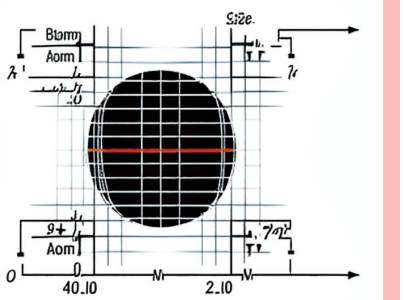
正处于迈向产业化关键阶段

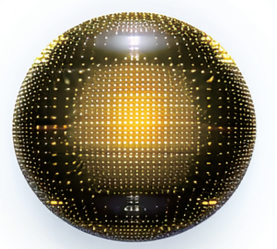
近年来,我国大力支持原子级制造发展。南京大学、浙江大学、天津大学、北京航空航天大学、西南交通大学、东南大学等高校均设立了原子制造相关研究中心;南京、上海、杭州、成都和苏州等地提出原子级制造基础设施建设构想……

在此背景下,原子级制造已实现了一些关键技术突破。比如,在原子级加工方面,原子级沉积技术已经开始在集成电路、光伏等领域广泛应用,其市场规模已达百亿元;原子级精密处理相关工程样机完成开发,正开展生产线验证工作。

“近些年也出现了原子级制造发展的新波次。一方面,制造效率不断提高,大面积二维原子层材料已经实现米级制造,原子级金属粉体材料实现克级突破,正开展中试载体建设;另一方面,原子级产品的设计逐渐精巧化,近期涌现出一大批具备产业潜力的产品。”南京大学相关专家说。

目前,原子级制造在材料开发、航空航天、能源催化、生物医药、精密加工、信息技术等领域展现出强大的应用能力和前景。江苏省是全国最早布局开展原子级制造技术研究和产业化的省份之一。江苏集创原子团簇科技研究院开发的气体团簇表面精密处理装备可以将器件精度、结构和损伤全面推进到原子水平,可应用在集成电路、光学元件加工等领域;徐州国基原子制造有限公司开发的原子特种金属粉体材料,实现了金属粉体熔点下降到其他尺度金属粉的一半甚至更低,打破传统焊接工艺,利用同材焊接技术,在航空航天、半导体等高端制造行业拥有广泛的应用前景。





将推动制造技术弯道超车

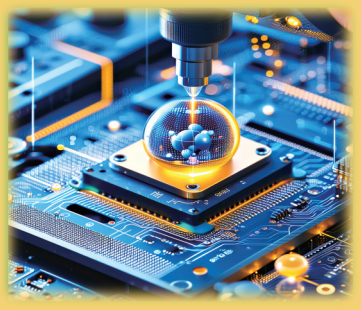
2024年9月底,工业和信息化部相关负责人在南京市举办的原子级制造创新发展座谈会上提出,要聚焦原子级制造等领域,实施一批科研攻关项目,突破一批关键核心技术,形成一批标志性产品,取得一批标志性成果,建设一批企业孵化器,从前瞻性布局逐步进入实质性推进。

“原子级制造技术是推动我国成为制造强国、实现制造技术弯道超车的重要机遇和手段。”南京大学相关专家表示,目前,我国与国际先进水平处于“并跑”阶段,互有领先。如同人工智能一样,原子级制造技术也会经历多重发展波次,带动人类操控技术不断发展,直至达到人类终极制造能力极限;同时,原子级制造技术的发展可以带动整个制造业变革,在支撑工业“四基”关键基础材料、核心基础零部件(元器件)、先进基础工艺、产业技术基础方面,具有重大意义,有望催生上万亿元新市场。

业界认为,原子级制造涉及机械、材料、物理、化学等多个学科领域,需提前布局,借鉴成熟产业培育模式,强化原子级制造战略力量建设,培养跨学科交叉复合型人才和工程型人才,推进校企融合发展。

南京大学相关专家坦言,接下来,针对原子级制造技术,需要持续攻关,建设一系列大型综合性科研平台,利用平台凝聚一批高水平队伍,突破一批难题,形成一批颠覆性成果,集中力量开展产业应用探索。

“从原材料到产品,原子级制造虽然可以辐射部分关键加工环节或步骤,但不足以全面覆盖所有流程,尚需打通原子级制造产品产业链,与传统制造相融合,对现有产业和制造技术进行原子级赋能,打造原子级制造产业生态。”南京大学相关专家表示,该产业快速发展还需要政府层面进行资源引导,需要技术、资金、人才等相关资源集中发力,包括获得耐心资本等相关投资资本的关注。



AI制图:杨天

产业资讯

“沧龙号”搬梁机创造国内最大起重吨位纪录

科技日报讯(记者 孙瑜 通讯员 曹建强) 近日,由中国铁建大桥工程局集团靖江重工公司(以下简称“靖江重工”)研发制造的“沧龙号”1250吨轮胎式搬梁机获得“最大的轮胎式起重机”大世界吉尼斯之最证书,创造了搬梁机起重吨位“中国最大”新纪录。

据悉,靖江重工自主研制2台“沧龙号”1250吨轮胎式搬梁机,旨在满足长60米、重1700吨“巨无霸”箱梁的搬运需要。该搬梁机每台自重约830吨,跨距44.6米,净起升高度23米,相当于8层楼高,配有88只充气巨型轮胎。其载重力强,2台联吊起重能力达2500吨,重载最大走行速度为17米/每分钟。

该搬梁机运用了智能化控制系统和激光矩阵传感系统、机电液一体化控制技术等先进技术,可进行90度转向。通过无线网络和红外线测距仪,2台搬梁机可以同步行走,实现双机联动,精准高效进行吊运施工。

依托两台1250吨轮胎式搬梁机,制梁场平均4天就提运一榀箱梁,助力宁波舟山港六横公路大桥二期工程等两座世界级跨海大桥快速建设。这也为我国桥梁建设再添国之重器,将进一步巩固我国桥梁建设领域的领跑优势。

我国企业获质量奥林匹克金奖

本报讯(记者 于大勇) 近日获悉,在第49届国际质量管理小组会议(ICQCC)上,中国企业河南平高电气股份有限公司(以下简称“平高电气”)电镀分厂蓝色精灵质量控制(QC)小组成功斩获最高奖项——金奖。

据了解,为了解决电镀产品在生产过程中出现的各种问题,平高电气通过QC小组,“小改小革”破解各种技术难题。其中,蓝色精灵QC小组针对中心导体嵌件合格率低,导致产品质量稳定性差、原材料和能源大量浪费等问题,运用计划、执行、检查、处理4个阶段(PDCA)循环法进行课题研究。在对策实施过程中,该小组不断优化工艺细节,将中心导体嵌件一次完工合格率由64.13%提升至94.20%,有效解决了中心导体嵌件合格率低等问题。

据悉,ICQCC是质量领域参与人数最多、涉及行业最广并具有强大凝聚力的国际会议。该会议首次召开于1976年,被誉为“质量奥林匹克”。ICQCC以“突破边界:追求质量、生产力和创新”为主题,来自中国、韩国、日本等14个国家和地区的近1100个QC小组参加了此次盛会。