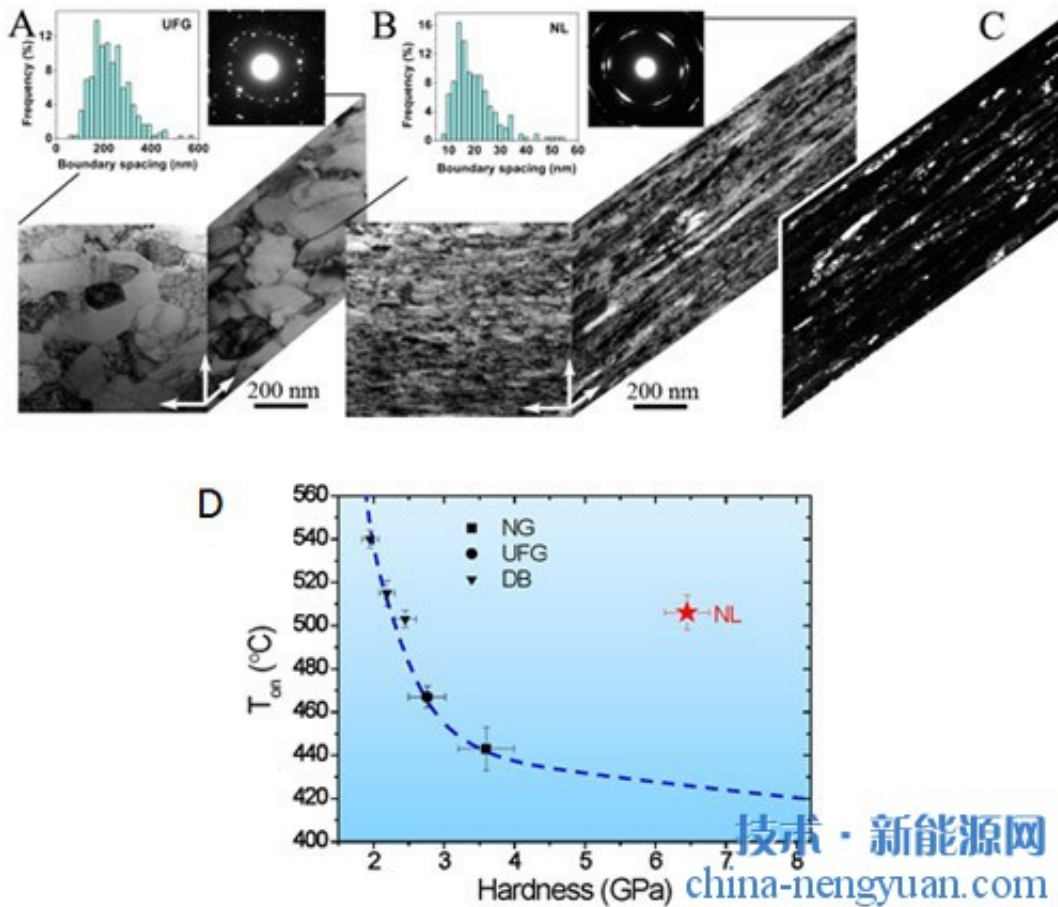


金属所在金属中发现超硬超高稳定性新型纳米层片结构



表面机械碾磨处理在金属镍中形成的超细晶结构(A)和纳米层片结构(B, C)。(D)为镍中不同微观结构的硬度与结构粗化温度关系, 纳米层片结构(NL)兼具超高硬度和超高稳定性。

对金属材料进行严重塑性变形可显著细化其微观组织, 使晶粒细化至亚微米(0.1~1微米)尺度从而大幅度提高其强度。但进一步塑性变形时晶粒不再细化, 材料微观结构趋于稳态达到极限晶粒尺寸, 形成三维等轴状超细晶结构, 绝大多数晶界为大角晶界。

出现这种极限晶粒尺寸的原因是位错增殖主导的晶粒细化与晶界迁移主导的晶粒粗化相平衡, 其实质是超细晶结构的稳定性随晶粒尺寸减小而降低所致。如何突破这一晶粒尺寸极限, 进一步细化微观组织, 在继续提高金属材料强度的同时提高其结构稳定性, 是当今纳米金属材料研究面临的一个重大科学难题。

最近, 中科院金属研究所沈阳材料科学国家(联合)实验室卢柯研究组在这一科学难题研究上取得重大突破, 他们利用自行研发的新型塑性变形技术(表面机械碾磨处理)在金属镍表层成功突破了这一晶粒尺寸极限, 获得纳米级厚度并具有小角晶界的层片结构, 同时发现这种纳米层片结构兼具超高硬度和热稳定性。这种新型超硬超高稳定性金属纳米结构突破了传统金属材料的强度-稳定性倒置关系, 为开发新一代高综合性能纳米金属材料开辟了新途径。

研究表明, 塑性变形过程中提高变形速率和变形梯度可有效提高位错增殖及储存位错密度, 从而促进晶粒细化进程。为此, 卢柯研究组利用表面机械碾磨处理在金属纯镍棒表层实现了高速剪切塑性变形, 这种塑性变形可在材料最表层同时获得大应变量、高应变速率和高应变梯度。

随着距表面深度增加, 应变量、应变速率和应变梯度呈梯度降低, 形成呈梯度分布的微观结构。在距离表面10~50微米深度形成了具有小角晶界的纳米层片结构, 层片平均厚度约为20nm, 比纯镍中的变形晶粒尺寸极限小一个数量级, 其硬度高达6.4GPa, 远远超过其他变形方式细化的纯镍硬度。

测量表明，纳米层片结构的结构粗化温度高达506℃，比同成分材料超细晶结构晶粒粗化温度高40℃。纳米尺度的层片厚度是超高硬度的本质原因，而高热稳定性源于其中的平直小角晶界和强变形织构。这种新型超硬超高稳定性金属纳米结构有望在工程材料中得到应用以提供其耐磨性和疲劳性能。

该研究得到科技部国家重大科学研究计划和国家自然科学基金资助。

该研究成果发表于10月18日出版的Science。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/53439.html>