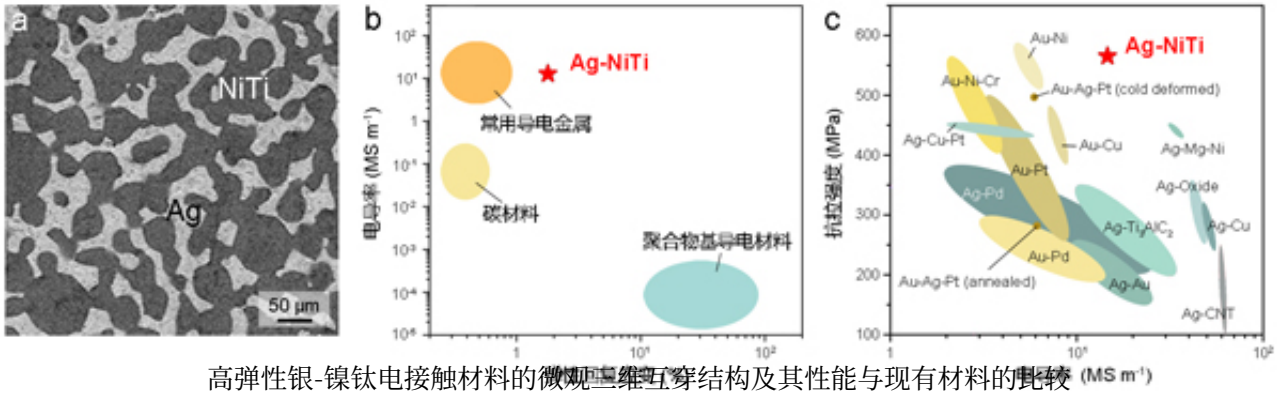
金属所发明高弹性银基电接触材料

电接触材料是承担电路通断控制、导电以及承载作用的关键结构-功能一体化材料，其性能直接关系到电力系统与电器设备的安全稳定。常用电接触材料主要是铜或银为基体的复合材料。基体负责导电和导热，并起到强硬化作用，从而提高材料的抗电弧侵蚀能力。相比铜基体系，银基电接触材料具有电导率和热导率高、接触电阻小且稳定等优点，广泛应用于不同电力负荷范围的电路与电器中。除导电和抗电弧侵蚀外，电接触材料还需具备良好的力学性能以满足承载及长期服役需求，其中弹性变形能力尤为重要。一方面，电接触材料通过大弹性变形保持紧密接触，减小接触电阻，避免松弛引起接触不良造成起弧放电等；另一方面，大弹性变形有助于减轻塑性变形引起的损伤累积，延缓疲劳失效，延长电接触材料及构件的服役寿命。特别是导电弹簧等电子器件，电导率和弹性变形能力是最重要的材料性能。然而，在同一材料中高弹性和高电导率通常难以兼得，具有良好导电性的铜基和银基块体金属材料的弹性应变极限大都不超过0.5%，而树脂基导电材料尽管具有大弹性变形能力，但电导率普遍较低（通常低于1kS · m-1）。因此，如何在保证高电导率的前提下提高弹性变形极限是制约高弹性电接触材料发展的关键难题。

贝壳、骨骼等天然生物材料具有微观三维互穿结构，各组成相保持连续且相互贯穿，以此实现不同性能优势互补。这种结构为研制新型高性能电接触材料提供启示。近日，中国科学院金属研究所仿生材料设计制备团队与国内外科研人员合作，利用银的强度与镍钛合金应力诱导马氏体相变效应之间的耦合作用，将镍钛合金的高弹性与银的高电导率相结合，通过设计并构筑类似天然生物材料的微观三维互穿结构，发明了一种兼具高弹性、高电导率和高强度的新型银-镍钛块体电接触材料。

研究利用银和镍钛之间超过300°C的熔点差异，采用工业生产电接触材料中常用的无压熔渗工艺，将银熔体浸渗到热压烧结的多孔镍钛骨架中，综合调控骨架烧结温度和熔渗温度，在避免发生界面反应的前提下，实现了银熔体完全填充骨架，获得了不含杂质相的致密银-镍钛块体复合材料。材料中银和镍钛两相各自保持连续，且在三维空间相互贯穿，两相界面表现为冶金结合（图1a）。银基体良好的空间连通性提供连续的电子传输通道，赋予材料超过10MS · m-1的高电导率，连续的镍钛增强相能够起到高效的强化作用。在变形过程中，镍钛相发生应力诱导马氏体相变，消耗外加机械能的同时减轻应力集中，卸载后镍钛相能够自发逆相变，材料整体产生弹性回复，赋予该电接触材料超过1.7%的大弹性变形能力，是常用块体导电金属材料的3倍以上（图1b）。此外，两相微观三维互穿与机械互锁利于促进二者之间的应力传递，避免局部应力集中导致过早损伤，并能够将微观塑性变形与开裂约束在各自相内部，阻碍损伤演化贯穿材料引起整体失效，因而进一步提高电接触材料的强度和损伤容限，使其表现出约1500MPa和560MPa的抗压和抗拉强度。与现有银基电接触材料相比，在同等电导率前提下，强度约提高一倍（图1c）。弹性、强度与电导率的结合使新型银-镍钛电接触材料有望在电路与电器等领域获得广泛应用。

相关研究成果发表在《今日应用材料》（Applied Materials Today）上，并申请了两项发明专利。



高弹性银-镍钛电接触材料的微观三维互穿结构及其性能与现有材料的比较

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/187257.html