

论坛二十九：电接触材料论坛

分论坛主席：王达武 柏小平

29-01

电弧侵蚀特征与电接触失效机理的研究

任万滨

哈尔滨工业大学

电弧是触点烧蚀、并使得电接触状态劣化的根本原因，极大地限制了电器元件的寿命与可靠性。如何能够精准测量并评价触点电侵蚀特征，从而优化电接触材料的制备工艺和相关的电性能是学术领域和工业领域的难点问题。本文详细阐述了当前触点材料电弧侵蚀的评价方法，并分别展示了继电器、接触器等低压电器元件电接触故障的失效模式、失效诱因与失效机理。

29-02

一种高电压大电流服役条件下的银氧化铜材料的研究

颜小芳

浙江福达合金材料科技有限公司

所着新能源以及储能的发展，触点材料不仅要保证电压高达 400V 甚至达到 1000V，电流几十安培至上百安培的条件下分断寿命，同时还需要保证在整个服役条件下具有较低且稳定的接触电阻。本文主要介绍通过掺杂改性，细化晶界得到一种抗熔焊性能良好，低电阻的银氧化铜材料。结果显示：该材料与常用同体积比的银金属氧化相比具有较好的抗熔焊性能，服役过程中接触电阻稳定。

关键字： AgCuO 抗熔焊性能 接触电阻 Ag₂O

29-03

银合金的氧化行为与机理

吴春萍

内氧化技术制备的银金属氧化物电接触材料具有优良的抗熔焊性和抗电弧侵蚀性能。本报告主要介绍了 Ag-Sn-La 合金、Ag-Sn-Sb 合金粉末、Ag-Sn-In 合金粉末和 Ag-Sn-Cu-Bi 合金粉末的氧化行为与机理。分析讨论了 Ag-Sn-La 合金的择优氧化问题以及氧化剂对 Ag-Sn-Sb 合金粉末、Ag-Sn-In 合金粉末和 Ag-Sn-Cu-Bi 合金粉末氧化行为和机理的影响。这对内氧化技术制备银金属氧化物电接触材料具有重要的技术与理论指导作用。

关键词： 银基电接触材料；银合金氧化；氧化机理；氧化剂

29-04

有机物型温度保险丝用电接触材料发展现状

万岱、缪仁梁、罗宝峰、宋林云、鲁香粉、张亚萍

(浙江福达合金材料科技有限公司，浙江温州 325025)

本文介绍了有机物型温度保险丝的基本原理和可动触点对电接触材料的要求，以及目前该领域用电接触材料的材料类型、制备工艺、材料性能和特性。并对比分析了固溶强化机制

电接触材料和弥散强化机制电接触材料应用于有机物型温度保险丝领域作为可动触点时的优劣势，以及近年来电接触材料节银方案的发展方向。

关键词：有机物型温度保险丝、电接触材料、固溶强化、弥散强化

Development Status of Electrical Contact Materials for Organic Temperature Fuses

Wan Dai、Miao Renliang、Luo Baofeng、Song Lingyun、Lu Xiangfen、Zhang Yaping

This article introduces the basic principle of organic temperature fuses and the requirements of moving contacts for electrical contact materials, as well as the material types, preparation processes, material properties, and characteristics of electrical contact materials currently used in this field. And compared and analyzed the advantages and disadvantages of electrical contact materials made by solid solution strengthening mechanism and dispersion strengthening mechanism used as moving contacts in the field of organic temperature fuses, as well as the development direction of silver saving solutions for electrical contact materials in recent years.

Keywords: organic temperature fuse, electrical contact material, solid solution strengthening, dispersion strengthening

29-05

环保新型MAX相增强银基电接触材料

丁健翔

安徽工业大学

摘要：环保高性能银基电接触材料是决定未来我国低压开关器件发展的关键，本人以开发新型环保银基增强相材料为切入点，以材料长寿命化和可应用性为研究目标，面向银基复合材料中物相转变、结构变化、界面关系、性能演变和接触机理等关键科学问题，长期围绕金属性导电陶瓷 MAX 相及其二维衍生 MXene 纳米片开展基础和应用研究。至今已在增强相 MAX(MXene)粉末高纯制备及调控、Ag/MAX(MXene)复合工艺及其结构性能、Ag 基电触头器件制备和 Ag/MAX(MXene)抗电弧侵蚀机理等方面进行了大量系统工作，目前 Ag/MAX(MXene)材料拥有优异的导电、耐高温和抗材料转移性能，在接触器、继电器条件下开断过程中保持较低的接触电阻和燃弧能量，在低压开关用电接触材料领域展现出巨大应用潜力。

29-06

大容量直流接触器用铜基石墨烯复合触头材料的制备

余贤旺

浙江冶金研究院

近年来，随着新能源汽车及充电桩的迅猛发展，大容量的直流接触器也随之快速增长，传统高压直流接触器的触头材料绝大部分为无氧铜材质。然而随着电压、电流等级的进一步提高，对高压直流接触器的触头材料提出更为苛刻的要求，即要求材料具有如下特点：更高的导电导热能力、更好的抗电弧烧蚀性能、更加优良的抗熔焊性能、合适的机械强度及耐磨损性能，为此需要一种更好的触头材料来满足上述要求。石墨烯作为一种高强高导电的二维材料，具有极大的比表面积，其载流子迁移率达 $15000 \text{ cm}^2/(\text{V}\cdot\text{s})$ ，热导率高达 $5150 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，被认为是理想的铜基电触头的增强材料，初步研究表明铜基石墨烯材料在强度提高的同时还能保持良好的导电导热性能，此外石墨的熔点高达 3800°C ，具有更好的耐电弧烧蚀性能。

本研究以化学气相沉积法制备了铜基石墨烯包覆粉末，通过压制-烧结-挤压工艺制备出了铜基石墨烯复合触头材料，最后测试了该材料在 400V 及 750V 条件下的电学性能。

29-07

层状复合电接触支撑新材料

包仲南

瓯锬科技温州有限公司

金属层状复合板是由两层或两层以上具有不同物理化学和力学性能的金属或合金材料层状复合而成的一类新型金属复合材料，可以应用于电接触的支撑材料，在保证支撑材料导电性、耐腐蚀性、无磁性的同时，改善其强度、耐磨性、弹性、耐热性和经济性。通过铜-钢冷轧复合，可以设计和生产各种复合新材料，用于升级替代电接触支撑材料。

29-08

低压电器用电接触材料设计及其服役性能研究

邵文柱

哈尔滨工业大学

电触头是低压电器的核心部件。随着电力电器的发展，对电触头材料提出了高负载、长寿命、高可靠、低成本的要求。目前，由于电弧行为和材料损伤的动态过程的复杂性，使新型电触头材料的设计和开发缺乏理论方法。今年的研究成果表明，锦鲤电触头设计准则亟需突破以下四个瓶颈问题：1) 基体材料与添加相的界面润湿行为及机制；2) 添加相分散性的有效调控；3) 铜合金抗氧化设计及机理研究；4) 的多物理场耦合条件下电触头服役损伤行为仿真。本课题组采用 DFT 和 MD 计算分析了金属元素掺杂、合金化对铜/掺杂氧化物界面的电子结构的影响，阐明了掺杂与合金化对金属/氧化物界面结合特性的影响机理；结合润湿性行为研究，发现了低电负性掺杂可通过增强界面处键能，提高铜/掺杂氧化锡的界面润湿性，而稀土元素合金化可通过增强界面处键能，提高铜合金/氧化物的界面润湿性；通过循环通断实验发现，上述改善润湿性的成分设计，皆能提高其电触头材料的抗电弧烧蚀特性和导通特性。在添加相分散性的研究方向，课题组基于氧化物粉体的团聚理论采用 DFT 计算研究了掺杂对 ZnO 羟基吸附能的影响，结合掺杂 ZnO 粉体团聚行为及其金属基复合材料添加相分散性的研究发现，低电负性掺杂可通过弱化界面处键能，降低 ZnO 对羟基的吸附能力，进而抑制 ZnO 的团聚行为，提高其复合材料的分散性。同时，鉴于 Cu/C 材料中 C 易出现团聚、分散性差等问题，开发了原位热解工艺方法，可获得细小弥散分布的 Cu/C，实现了对添加相分散性的有效调控，改善了材料的抗熔焊和抗电弧烧蚀等电接触特性。基于 DFT 和 MD 计算阐明了合金化对 Cu 氧化行为的影响规律和机制，发现卤族元素及稀土金属元素的加入会在 Cu 合金表面形成核壳状氧化物膜，有效降低氧在表层的扩散速率。上述元素的合金化可抑制铜基电触头服役过程中表面的氧化行为，提高服役过程中接触电阻稳定性，为新型铜基电接触材料设计提供了思路。本课题组在电触头损伤机制研究中，构建了电场、温度场、流场、电磁场和应力场等多物理场耦合条件下电接触模型，阐明了接触电阻、第二相分散性、相界面润湿性等材料参数对于电触头温升效应的影响机制，揭示了熔池内部的流场演化以及熔池形状的拓扑行为。上述研究成果为电接触材料服役损伤的微观机理建立奠定基础，为电接触材料性能的优化提供理论指导和数据支撑。

29-09

易磊

29-10

高导高强铜及铜合金棒线丝材及其应用

吴斌

陕西斯瑞

铜及铜合金具有高导电、高导热、较高的强度、良好的塑性。广泛应用于新能源汽车、航空航天、医疗等领域。铬锆铜合金在不过多牺牲导电率的情况下，明显提高了铜材的强度和硬度。CuNiSi 系列合金，具有高强度、高硬度及高耐磨及良好的导电、导热性能。随着新能源汽车、电力电子等产业的快速发展，对于铬锆铜、CuNiSi 系列等高性能铜合金棒线的需求日益增长。

29-11

黄光临

29-12

其他学生及老师