

掺杂剂含量对钽粉性能的影响

王彦杰

宁夏东方钽业股份有限公司 宁夏 石嘴山 753000

摘要：本文研究了不同掺杂剂含量对钽粉性能的影响。通过实验制备了不同掺杂剂含量的钽粉样品，并对其进行了详细的性能测试与表征。结果表明，掺杂剂的种类和含量对钽粉的微观结构、电气性能均有显著影响。适量掺杂可以改善钽粉的烧结活性，但过量掺杂则可能导致钽粉性能下降。本研究为优化钽粉制备工艺、提高其应用性能提供了理论依据和实践指导。

关键词：钽粉；掺杂剂；微观结构；电气性能

引言

钽粉作为一种重要的金属材料，在电子、化工、航空航天等领域具有广泛的应用。随着科技的不断进步，对钽粉性能的要求也越来越高。为了提高钽粉的综合性能，掺杂技术被广泛应用于钽粉的制备过程中^[1]。掺杂剂可以改变钽粉的微观结构，进而影响其物理和化学性能。因此，研究掺杂剂含量对钽粉性能的影响具有重要意义。

1 实验材料与方法

1.1 实验材料

本实验所选用的主要材料为高纯度钽粉，编号为样品A，其纯度达到了99.99%以上，以保证实验结果的可靠性和准确性。高纯度钽粉因其出色的物理和化学性质，在电子工业、航空航天等多个高科技领域有着广泛的应用。在本次研究中，我们将其作为基体材料，用于探究掺杂剂对其性能的影响。

为了全面研究不同掺杂剂对钽粉性能的作用，我们选择了两种具有代表性的掺杂剂，分别标记为X和Y。掺杂剂X、Y都是一种非金属元素，其加入有望调节钽粉的电气性能。

2 实验方法

实验方法采用粉末冶金法，这是一种广泛应用于金属材料制备的工艺方法。通过该方法，可以制备出具有优异性能的钽粉样品。具体步骤如下：

2.1 钽粉与掺杂剂的混合及性能检测

在实验的开始阶段，选取了高纯度的钽粉（纯度达99.99%以上）作为基体材料，以确保实验结果的准确性和可靠性。随后，按照预设的掺杂比例，将基体钽粉与选定的两种掺杂剂（X、Y）进行精细混合。混合完成后，对掺杂后的钽粉进行全面的物性性能和化学杂质检测。通过激光粒度分析仪检测了粉末的粒径分布，确

保颗粒的均匀性；同时，还利用电感耦合等离子体质谱（ICP-MS）等高精度仪器，检测了掺杂后钽粉中的化学杂质含量，确保样品满足后续实验的纯净度要求。

2.2 电容器制作：压块、烧结、赋能

基于检测合格的掺杂钽粉，进一步开展电容器的制作工作。首先，将混合均匀的钽粉进行压块处理。通过选择适当的模具和压制参数，如压力、保压时间等，将松散的粉末压制成具有一定形状和密度的坯体^[2]。压块过程中，特别注重控制粉末的均匀性和坯体的致密度，以确保电容器的基本性能。随后，对压块后的坯体进行烧结处理。烧结是电容器制作过程中的关键环节，通过精确控制烧结温度、升温速率和保温时间等参数，实现了钽粉颗粒间的有效结合和固态结构的形成。在无氧或保护气氛中进行的烧结处理，有效避免了钽粉的氧化和污染问题，确保了电容器的高质量。烧结完成后，对电容器进行赋能处理。赋能是电容器性能提升的关键步骤，通过特定的电化学反应，使电容器具备预期的电容值和稳定性^[3]。在赋能过程中，我们严格遵循工艺要求，对电容器的电压、电流和时间等参数进行精确控制，以确保电容器的性能达到最优。

3 结果与讨论

3.1 掺杂剂含量对物理性能与化学杂质影响

为全面评估掺杂剂对钽粉的综合影响，我们进行了物理性能测试和化学杂质分析。物理性能方面，通过松装密度测量和费氏粒径测试，数据如表1所示，化学杂质方面，采用电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）分析样品中的杂质含量，采用红外吸收法分析氧、氮含量，结果如表2所示。实验结果显示，各项物理性能及化学杂质的对比，也未改变钽粉的各项物理性能，这是由于钽粉和掺杂剂混合后，未经过烧结处理，掺杂剂未能和钽粉颗粒有效结合，钽粉的各项物理性能均未产生变化。

掺杂剂的加入量较少,在合理的掺杂范围内,掺杂剂并未显著引入新的杂质元素,且能有效控制原有杂质的含量,确保了钽粉的高纯度,为其在高端领域的应用提供了有力保障。

表1 样品A掺杂物理性能对比

名称	掺杂量/%	流动性50g/s	费氏粒径/ μm	松装密度/ $(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	筛分析/%				
					+80	-80/+200	-200/+325	-325/+400	-400
样品A	0	7.2	3.32	1.69	0.5	37.44	26.26	9.5	26.3
样品A掺X-1	0.0050%	7.5	3.37	1.71	1.22	38.46	24.96	9.16	26.2
样品A掺X-2	0.0100%	7.2	3.33	1.66	0.74	41	23.3	9.6	25.36
样品A掺X-3	0.0200%	7.3	3.4	1.68	0.22	40.6	24.28	9.72	25.18
样品A掺Y-1	0.0050%	7.1	3	1.7	0.12	40	24.36	9.68	25.84
样品A掺Y-2	0.0100%	7.9	3.12	1.72	0.14	40.6	24.2	9.04	26.02
样品A掺Y-3	0.0200%	7.2	3.25	1.67	0.38	38.5	25.52	9.34	26.26

表2 样品A掺杂化学性能对比/%

名称	掺杂量	O	N	H	Fe	Ni	Cr
样品A	0	0.2440	0.0200	0.0080	0.0005	0.0004	0.0003
样品A掺X-1	0.0050%	0.2330	0.0190	0.0110	0.0004	0.0004	0.0003
样品A掺X-2	0.0100%	0.2380	0.0220	0.0100	0.0005	0.0003	0.0004
样品A掺X-3	0.0200%	0.2450	0.0200	0.0130	0.0003	0.0003	0.0003
样品A掺Y-1	0.0050%	0.2410	0.0230	0.0120	0.0004	0.0003	0.0003
样品A掺Y-2	0.0100%	0.2310	0.0240	0.0120	0.0004	0.0003	0.0004
样品A掺Y-3	0.0200%	0.2480	0.0210	0.0130	0.0005	0.0003	0.0003

3.2 掺杂剂含量对钽粉电气性能的影响

电气性能检测是评估钽粉性能的重要环节,涵盖了漏电流、比容量、击穿电压、损耗及收缩率等关键指标。通过精密仪器,我们测量了不同掺杂含量钽粉样品的漏电流,同时,比容量的测试揭示了掺杂对钽粉储能能力的影

响。击穿电压的测定则直接关联到钽粉在高电场下的稳定性。此外,还详细记录了样品的损耗情况,最后,收缩率的测量反映了烧结过程中钽粉体积的变化,为优化制备工艺提供了数据支持。这一系列电气性能测试全面揭示了掺杂剂含量对钽粉电气性能的多维度影响。

表3 样品A掺杂电气性能对比

名称	掺杂量/%	漏电流/ $(\mu\text{A}/\text{g})$	比漏电流/ $(\mu\text{A}/\mu\text{FV})$	比容量/ $(\mu\text{FV}/\text{g})$	击穿电压/V	损耗/%	收缩率/%	检测条件
样品A	0	13	2.5	51695	137	26.9	9.3	1350°C/20min
样品A掺X-1	0.0050%	13.3	2.5	52395	136	27.3	9.2	
样品A掺X-2	0.0100%	17.2	3.2	54382	133	29.1	8.8	
样品A掺X-3	0.0200%	21.4	3.9	54391	131	33.4	8.3	
样品A掺Y-1	0.0050%	13.5	2.6	52292	137	27	9.3	
样品A掺Y-2	0.0100%	14.2	2.7	53341	134	28.3	8.8	
样品A掺Y-3	0.0200%	17.9	3.3	54990	131	29.7	8.5	

我们将掺杂后的样品分别制作成阳极块,对阳极块进行电气性能的检测,检测结果如表3所示。再将阳极块切断,我们采用了扫描电子显微镜(SEM)进行详细的观察,所得阳极块断面扫描电镜形貌对比如图1所示。

实验结果显示,随着掺杂剂含量的增加,钽粉的漏电流、损耗呈上升趋势,同时观察到,在掺杂剂含量适中的情况下,钽粉的比容量明显上升,这主要归因于掺杂剂对钽粉烧结活性的改善作用。在烧结过程中,构成

粉末的团聚体增大,连接不同团聚体间的烧结颈变粗,钽粉的孔隙结构变小,造成了钽粉的比容量降低,掺杂剂能够有效地抑制钽粉颗粒之间的增大,使得钽粉的孔隙结构变大,减少了钽粉在烧结过程中的收缩,增加了钽粉间的有效比表面积,从而提高了钽粉的比容量。不同的掺杂剂X和Y,对钽粉电气性能影响也不尽相同,所以在制备钽粉的工艺中选择合适的掺杂剂尤为重要。

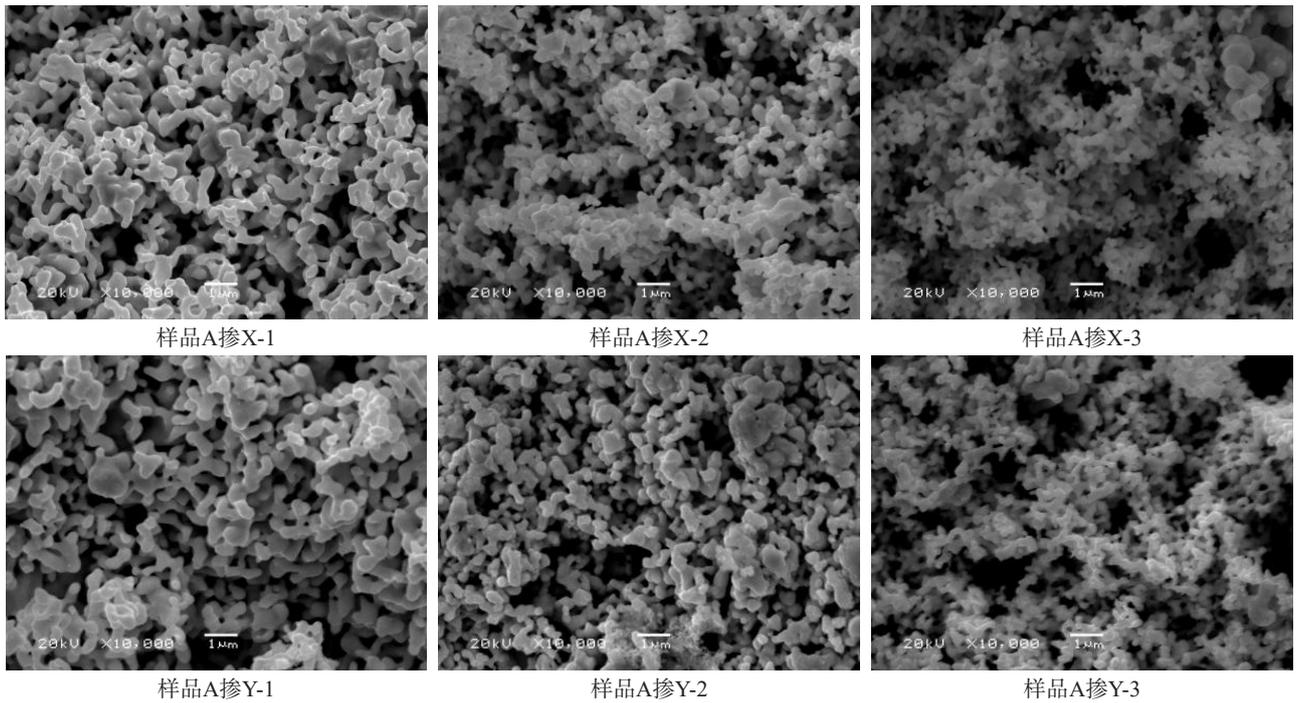


图1 样品A不同掺杂阳极块断面扫描电镜形貌对比

4 结论

本研究通过实验方法系统研究了不同掺杂剂含量对钽粉性能的影响。结果表明, 适量掺杂可以改善钽粉的微观结构、提高钽粉的比容量, 但过量掺杂则可能导致漏电流、击穿电压、比容量等性能下降, 不同的掺杂剂对钽粉电气性能影响也不尽相同。因此, 在实际应用中应根据具体需求选择合适的掺杂剂种类和含量尤为重要。本研究为优化钽粉制备工艺、提高其应用性能提供了理论依据和实践指导。

参考文献

- [1]赵春霞, 雒国清, 赵勇刚. 掺杂剂含量对钽粉性能的影响[J]. 有色金属: 冶炼部分, 2023(11): 75-78.
- [2]王军丽, 韩新凯, 张戌瑞, 等. 反应溶剂和掺杂剂对碳点光学性能的影响[J]. 云南化工, 2023, 50(8): 42-44.
- [3]张秉义, 司伟, 丁超, 等. 掺杂剂对氧化锌纳米组装体系形貌及性能的影响[J]. 功能材料与器件学报, 2022, 28(04): 316-322.