



# 我国钨基高压触头材料的生产现状和对今后发展的看法

吕大铭

(冶金部北京钢铁研究总院)

〔摘要〕 本文就目前我国钨基高压触头材料的生产现状与存在的问题,近年来我国钨基触头材料及其应用的发展进行了评述;对今后的发展提出了某些看法。

钨基高压触头是通过粉末冶金方法制取的一类特殊电工材料,在本世纪三十年代开始创制和使用。它的出现,对高压电器的发展和电器的自动控制产生了重要的影响。

我国钨基高压触头的生产是在五十年代末开始建立的。二十多年来,它在数量和质量上已有很大发展,特别是近十年来取得了某些突破性的进展。但是,无论从满足我国经济建设的需要,还是与国外先进技术相比,我国钨基高压触头的生产仍存在相当大的距离,但同时也具有很大的发展潜力,许多工作有待于今后进一步去解决。

## 一、我国钨基高压触头生产的现状

目前,我国钨基触头的年产量约为130—135吨。主要是W—Cu和W—Ag两大系列。另外还有少量的WC—Ag系合金。工业生产的合金牌号见表1。W—Cu合金触头主要用于高压开关,同时也用作电阻焊电极、电加工电极等。W—Ag合金既用于高压开关,也用于低压开关,而且低压触头的用量正日益增加。1974年,机械工业部组织制订了电触头技术条件及基本性能测定方法的部颁标准,即JB1373—74和JB1374—74。1985年制订了国家标准GB5586—85“电

触头材料基本性能试验方法”。目前正在制订新的“铜钨及银钨电触头技术条件”的国家标准,预计1987年正式公布。

国内大多数钨基触头合金的生产采用熔渗法,即将混有部分铜粉并加入粘结剂的钨粉用机械压力机压成坯块,然后将按成分计算所剩余的铜块迭放于钨坯块上,送入温度为1200—1250℃的通氢钼丝炉中,铜熔化后,即渗入坯块中的孔隙成为W—Cu合金触头。含铜量高的合金也用混粉烧结法制

表1 工业生产的钨基触头合金

合金系	合金牌号	成分%		备注
		Cu或Ag	W	
钨—铜系	W—Cu50(Cu—W50)	50±2	余量	一般均用熔渗法生产。主要用作高压触头。
	W—Cu40(Cu—W60)	40±2	余量	
	W—Cu30(Cu—W70)	30±2	余量	
	(W—Cu) W—Cu25(Cu—W75)	25±2		
钨—银系	(W—Cu) W—Cu20(Cu—W80)	20±2		一般用熔渗法生产。W含量小于50%的合金用混粉法生产。既用作高压触头,亦用作低压触头。
	W—Ag70(Ag—W30)	70±1.5	余量	
	W—Ag60(Ag—W40)	60±1.5	余量	
	W—Ag50(Ag—W50)	50±2.0	余量	
	(W—Ag) W—Ag40(Ag—W60)	40±2.0	余量	
	W—Ag30(Ag—W70)	30±2.0	余量	
	W—Ag20(Ag—W80)	20±2.0	余量	

取。为了提高烧结品的密度,可对烧结制品采用复压或其他压力加工处理。W—Ag和WC—Ag触头的制取亦是一样,只是用Ag代Cu或以WC代W。

二十多年来,我国钨基触头的产量有很大增长,生产的品种和主要的技术性能已接近和达到国外相同材料的水平(见表2),甚

至在某些高压开关上试验时,材料的烧蚀还优于国外产品。但是,总起来说,我国钨基触头生产还存在工艺装备比较陈旧落后、生产效率较低、控制检测不够健全、产品质量不稳定、特殊产品的生产和应用尚不广泛等问题。

表2 我国工业生产的主要钨基触头材料与国外相同材料技术性能的比较

材 料	标准或厂家	密度*	硬度**	电阻率***	导电率 ***
		$\gamma/\text{cm}^3$	$\text{Kgf/mm}^2$	$\mu\Omega\cdot\text{cm}$	% 1 ACS
W—Cu50 (Cu—W50)	美国ASTM标准	11.7	HRB65—83(HB124—158)	2.7—3.07	56—54(熔渗)
	日本JPM A标准	11.9—12.5	HRB60—80(HB108—150)	3.07—4.5	38—56(烧结)
	西德Doduco工厂	11.8—12.2	Hv110—140(HB110—140)	2.3—3.1	55—75
	奥地利Plansee工厂	11.6	HB120	3.8—4.5	38—45
	我国某厂	11.56	HB109—124	2.6	58
	我国某厂	11.9	HB112—125	3.35—3.44	51—52
W—Cu40 (Cu—W60)	美国ASTM标准	12.7	HRB77—90(HB140—184)	3.0—3.5 3.5—5.0	49—57(熔渗)
	日本JPM A标准	12.8—13.4	HRB70—85(HB125—160)	2.65—3.45	34—49(烧结)
	西德Doduco工厂	12.8—13.2	HV140—170(HB140—170)	4.2—5.0	50—65
	奥地利Plansee工厂	12.7	HB140	3.3	34—41
	我国某厂	12.8—13.8	HB156—191	5.3—5.4	51
	我国某厂	12.63—12.81	HB127—144	3.3—3.5	32—33
W—Cu30 (Cu—W70)	美国ASTM标准	13.7	HRB85—98(HB165—228)	3.3—3.9 4.0—5.9	44—52(熔渗)
	日本JPM A标准	13.9—14.5	HRB85—100(HB165—240)	3.1—4.3	29—43(烧结)
	苏联ГОСТ标准	13.8—14.0	HB180—220	8.0—9.0	40—55
	西德Doduco工厂	13.9—14.3	HV160—200(HB160—200)	4.5—5.6	19—22
	奥地利Plansee工厂	14.0	HB150—170	1.0	31—38
	我国某厂	13.89—13.94	HB134—166	2.68—2.82	43
W—Cu20 (Cu—W80)	我国某厂	14.18—14.36	HB156—146		61—64
	美国ASTM标准	15.0	HRB94—106(HB205—256)	3.8—4.5 4.6—6.9	38—45(熔渗)
	日本JPM A标准	15.3—15.9	HRB95—115(HB208—270)	3.85—5.76	25—37(烧结)
	英国JMM	15.2	HV240(HB240)	6.17	30—45
	西德Doduco工厂	15.2—15.6	HV210—250(HB210—250)	5.0—6.3	28
	奥地利Plansee工厂	15.1	HB180—200	5—7	27—34
W—Ag50 (Ag—W50)	我国某厂	15.1—15.35	HB220—235	5.03—5.14	26—35
	我国某厂	15.1—15.4	HB210—219	4.97—5.41	33—34
	美国ASTM标准	13.2—13.85	HRB50—60(HB93—108)	2.5—2.97	32—35
	日本JPM A标准	13.2—13.8	HRB55—80(HB100—150)	2.46—2.97	58—68
W—Ag40 (Ag—W60)	我国某厂	13.37—13.67	HB131	2.5—2.95	58—70
	我国某厂	13.42—13.50	HRB59—64.5(HB106—115)	2.46—2.61	59—68
	日本JPM A标准	14.0—14.6	HRB70—90(HB125—181)	2.8—3.4	66—70
	我国某厂	13.9	HB135	2.9	50—62
W—Ag60 (Ag—W60)	我国某厂	13.91—13.98	HRB68—75(HB122—136)	2.8—3.2	59
					54—61

续表2

材 料	标准或厂家	密 度* g/cm <sup>3</sup>	硬 度** Kgf/mm <sup>2</sup>	电阻率*** $\mu\Omega \cdot \text{cm}$	导电率 *** % 1 ACS
W-Ag30 (Ag-W70)	美国ASTM标准 (熔渗)	15.14—15.74	HRB85—105(HB165—250)	3.2—4.3	42—54
	美国ASTM标准 (烧结复压)	14.95—15.31	HRB45—70(HB86—126)	3.84—4.55	38—45
	日本JPM A标准	15.0—15.6	HRB80—100(HB240)	3.2—4.1	42—54
	西德Doduco工厂	15.0—15.4	HV160—190(HB160—190)	3.8—5.0	34—45
	英国JMM	15.6	HV220(HB220)	4.0	43
	我国某厂	14.8	HB205—213	3.3—3.4	51—52
	我国某厂	15.0—15.6	HB160—192	3.65	47

表注：\*密度主要受产品致密度与成分偏离的影响。

\*\*硬度除受密度影响外，更主要是与产品是否进行冷加工硬化有关。

\*\*\*电阻和导电率除受密度影响外，更主要的与是否添加及添加多少Ni有关。

## 二、近年来我国钨基触头材料及应用的发展

近几年来，随着我国经济建设的高速发展和国外先进技术、装备的引进消化，钨基触头材料的研制、生产和应用有不少新的发展，这里仅重点地予以介绍：

(1)生产工艺的改进。在W—Cu触头生产上，发展了“石蜡添加—钨坯预烧结—熔渗”工艺和“冷等静压—高温烧结—液体浸铜”工艺。前者是在目前生产工艺基础上，用石蜡代替橡胶溶液作添加剂、不预先混入铜粉，钨粉单独压制和钨压块单独预烧结，然后进行熔渗。它可以采用目前的生产设备，而在一定程度上减轻目前工艺生产的一些缺点。但由于仍须加入添加剂，预烧结温度低和机械压力机的限制，产品质量提高不大，也不能解决大型和特型触头的生产问题。“冷等静压—高温烧结—液体浸铜”工艺在很大程度上改变了目前钨铜触头的生产工艺和设备。它采用等静压机代替机械压力机，压制前不加入任何添加剂，不混入铜粉，而压制密度均匀，可以压制大型和特型触头。它对钨压块进行高温烧结，因此骨架强度高，气体含量低，抗电蚀性能好，并可

用烧结制度控制触头合金成分。现在这一工艺所生产的触头已在一些大型高压断路器和真空开关中使用，性能良好。在W—Ag触头生产上，采用添加少量Ni并使Ni包覆于W粉然后熔渗制得的W—Ag触头，大大提高了合金的抗氧化性。与原生产的W—Ag触头相比，开断同样次数后，表面接触电阻大幅度降低，从而扩大了W—Ag触头在频繁开闭的低压开关中的使用，并节约了银的使用量。

(2)触头材料的发展。从表1可知，目前工业生产的W—Cu合金，其最高含钨量为80%。然而，近几年来，根据使用的要求，先后研制了W—Cu15(Cu—W85)，W—Cu10(Cu—W90)和W—Cu5(Cu—W95)三个新牌号合金，并相应解决了生产工艺问题。其中W—Cu15和W—Cu10合金触头已批量生产，分别用于法国引进的PKG—2型大电流发电机断路器和仿美的VBM型真空开关管。为了提高钨铜触头的抗电蚀性能，中南工业大学、冶金部钢铁研究总院等就添加金属、非金属和化合物对W—Cu抗电蚀性能的影响进行了研究，其中W—Cu—MgO触头材料已进行鉴定和应用。此外，PKG—2型断路器中使用了我国自己生产的高比重型的

W—9Ni—4Cu合金触头,并通过了荷兰凯玛试验站的开断试验。这是首次在大型高压开关中使用高比重合金触头。而且,高比重钨基合金在飞机和汽车发动机中作为点火电极取代过去的纯钨触头,取得了良好的效果。

(3)整体触头生产开始发展。整体触头是将触头与铜导电杆体连接成一体的触头元件。其关键问题是两者的结合方法。目前,我国主要采用熔铸法,即在熔渗的同时使熔渗的铜液与导电体铜熔铸成一体。为了避免结合界面形成气孔和裂纹,以氮气代替氢气作为熔渗和熔铸的气氛。但是熔铸法操作温度在铜熔点以上,导电铜杆的强度和硬度由于熔化再结晶而严重降低,需重新加工强化,而且也易产生严重变形,造成废品和结合面的缺陷。为了改进熔铸法的这些严重缺点,已开始发展摩擦焊、电子束焊等连结工艺,由此可以得到良好的结合面质量而热影响区又很小,基本不改变导电铜杆的硬度与强度。

(4)钨基触头材料的扩大应用。由于钨基触头绝缘强度高,抗电蚀性、抗熔焊性好,是很好的真空开关用触头。近年来,我国真空开关及电真空器件用钨基触头和电极有所发展。如上面已提到的仿美VBM型真空开关管用W—Cu10合金。又如某型号大功率真空触发管,原用纯钨为电极触头,触发几百次即局部熔化变形,造成短路,当改用W—Cu5合金后,触发寿命提高到几千次。

其次,电加工用钨基合金电极的用量近年来大为增加,并发展了一些新型合金,如W—Cu材料用作难加工金属的电火花加工电极,汽车、拖拉机零件的电加工模具;高比重钨合金用作电钨、电钨等模具都取得良好效果,正在推广扩大使用。此外,W—Cu材料在N<sub>2</sub>分子激光发生器和磁流体发电中的试用也取得了进展。

### 三、对今后发展的一些看法

到本世纪末和下世纪初,我国的电力工

业将面临大的需求和大发展的局面,许多大型电站和高压、超高压输电线路将要建成投产,需要大量各种类型的高压开关电器。在“七五”规划中,规定平均每年装机容量要达到700万瓩。因此钨基触头的需求潜力很大。而随着电器设备的发展,低压开关、自动控制等用的低压触头也将有很大的增长。当然,随着电器设备的更新换代和向国际先进水平看齐,对钨基触头也将提出更高的质量要求和更多的品种需求。为适应这一情况,钨基触头的发展应该注意下述几个方面:

(1)抓紧触头生产工艺的技术改造。要通过采用新技术新工艺和新设备提高触头的质量和性能,并大幅度提高生产效率,降低成本。技术改造既要引进国外的先进技术和装备,以提高我国触头生产的水平,缩小与国外先进水平的差距,同时也应采用国内科研单位与大专院校已取得的成果,促进国内的技术开发和科研工作。应当力争在“七五”期间在钨基触头生产的技术改造上取得重大进展,以适应我国建设事业发展的需要。

(2)以消化吸收引进技术为重点,加速钨基触头新产品的开发和试制。近年来取得成效的触头材料及应用的项目,都是配合引进技术或仿制国外先进电器设备的配套触头。随着经济政策的进一步开放和对国外先进技术的引进,触头新产品和新品种必将越来越多。使这些触头生产立足国内,不仅可以满足高压开关电器发展的需要,并且加快我国钨基触头生产向国际先进水平迈进。

(3)进一步发展整体触头的生产技术。为了扩大整体触头生产中的比重并解决采用熔铸法生产整体触头的缺点,应大力发展摩擦焊、电子束焊、激光焊等焊接技术在整体触头生产中的应用。在钎焊技术上应研究新的低温钎焊料及其钎焊工艺,以降低钎焊温度,保证结合面质量和减轻对尾杆强度降低的影响。

(4)扩大真空用钨基触头的生产和应

用。真空开关电器具有体积小、性能好、寿命长、操作方便、使用安全等优点,是开关电器重要的发展方向。近二十年来,国外已有了很大的发展,并采用了相当数量的各种牌号的钨基真空触头,见表3列出的西德Doduco工厂生产的真空触头牌号。但是作为真空触头,除了常规的性能要求外,还要求真

空性能,如要求合金极低的含气量。因此,对于合金纯度、气体含量、孔隙率等应有严格要求。目前工业生产的W—Cu触头大都不能满足这些要求,必须建立特殊的工艺手段,如真空熔渗,真空脱气处理等。并进行针对性的研究工作。同时,开发研制真空开关管,以加快我国真空开关电器的发展。

表3 西德Doduco工厂生产的钨基真空触头

材 料	应 用	特 点	使用范围
WC-Ag40	真空接触器	截流值低	低压 高压 $<7.2\text{kV}$
W-Cu10	真空接触器 一般真空开关	绝缘强度高 开关容量大	36kV 20kA
W-Cu20	同上	抗电蚀性好	12kV 12kA
W-Cu30-Sb1	同上	截流值低 抗熔焊好	低压 12kA

(5)检测技术和基础研究。这是我国钨基高压触头生产与国际先进水平存在差距的一个重要方面,也是我国触头产品质量较低,性能不稳定和废品率较高的主要原因。检测技术应该包括工艺过程控制的检测和最终产品性能的检测,前者如钨粉的粉末粒度,杂质及气体含量,混粉的均匀程度等。后者包括产品的化学、物理、力学性能的测定和显微组织的观察评价,特别对整体触头和真空触头,必须对结合面强度和气体含量进行测定,以满足其使用的特殊需要。

同时,关于电弧和触头之间的作用以及

与触头性能的关系等基础研究工作也须加强。这不仅对钨基触头的生产和应用起着指导的作用,并可为新触头材料的研制提出依据和方向。近年来,国内已开始注意并进行这方面的工作,但仅仅是起步,距离国外先进水平较大,今后必须认真加强。

总之,我国钨基高压触头材料的发展已取得不小成绩,但与国际先进水平相比仍有相当的差距。因此,必须加强科研和产品的开发工作,进一步发展潜力,以适应我国电力工业的大发展,并在本领域内尽快赶上国际先进水平。

# PRESENT STATUS OF TUNGSTEN-BASE HIGH-VOLTAGE CONTACT MATERIALS IN CHINA AND VIEWS ON THEIR FUTURE DEVELOPMENTS

Lu Daming

(Contral Iron and Steel Research Institute, Beijing)

ABSTRACT In this paper, the present status and problems of tungsten base high-voltage contact materials, and their developmnts and applications in recent years have been reviewed. Some views on their developments have also been outlined.