

# 挤压法制取银—石墨纤维型触头材料

张家鼎\*

(上海华通开关厂)

〔摘要〕本文介绍了一种新型的银—石墨纤维型触头材料。叙述了它的挤压、切片、脱碳等工艺。与常规工艺制取的材料相比,该材料不但物理性能、电寿命大为提高,而且保持了抗熔焊性好的优点。对于既要求有可靠的抗熔焊性又要求有较长电寿命的自动开关,是较为理想的触头材料。由于电寿命提高和触头尺寸减小,节银效果明显。

## 一、前言

制取银—石墨触头材料的常规工艺流程是:混合、压制、烧结、复压。所制成的触头材料具有极好的导电性能及抗熔焊性能,但抗电磨损性能较差。五十年代,我国DZ10系列自动空气开关采用了该类材料作为静触头。随着科学技术的不断发展,要求电网开关有更可靠的保护特性,对断流指标和电寿命提出了更高的要求;并且要求尽量减少触头体积,以节约贵重金属银,降低生产成本,提高竞争能力。

银—石墨纤维型触头材料是一种新型材料。本文介绍了制造该材料的挤压工艺。图1是挤出的条状触头材料经切片、脱碳的示意图。挤出

的银—石墨条,其石墨结构成定向纤维状态,工作面应与纤维方向垂直。条材经切片后即成触头尺寸,然后进行脱碳,将焊接面的石墨用加热氧化法除掉,即成为银—石墨触头材料成品。

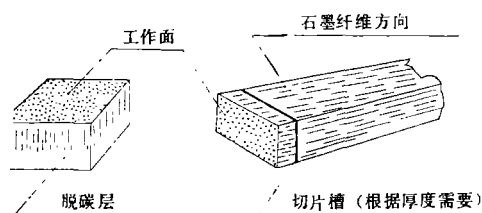
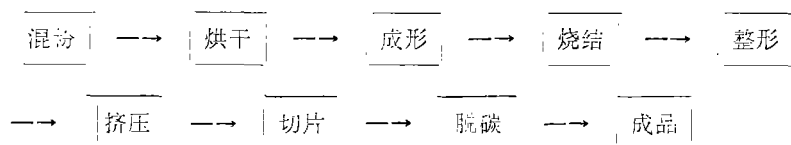


图1 条状触头材料经切片脱碳的示意图

## 二、银—石墨纤维触头材料制造工艺简介

### 1. 工艺流程



### 2. 挤压

混合料以等静压或模压成形,放入氢气炉中烧结。烧结坯在挤压前必须加热,加热应在含碳的还原气氛中进行,以防坯料脱碳。其组装示意图见图2。

我们使用卧式挤压机,挤压方法如图3。视不同成形尺寸及挤压比压力为400-800tf,通过一次挤压得到产品要求的尺寸。

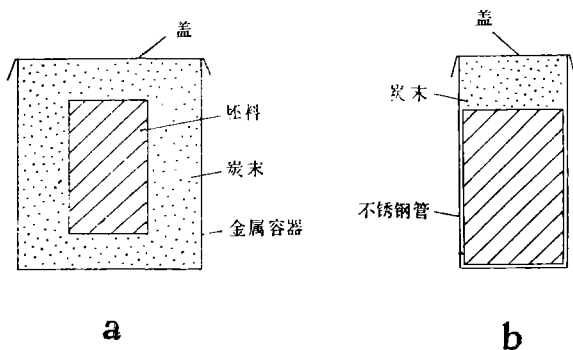


图2 挤压前坯料加热组装示意图

\*本文执笔者

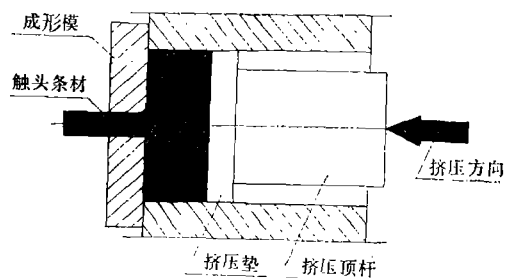


图3 触头条材挤压示意图

挤压模一般可采用以下三种型式：图4a中间带有 $120^{\circ}$ — $130^{\circ}$ 锥度，该种模具和图4b相比，所需的挤压力较小，但在挤至最后数公尺时，料坯中间有一逐渐扩大的束孔存在（见图5）。束孔的长度与挤压比的大小有关，即随着挤压比的减小而缩短，随着挤压比的增加而加长。带有束孔的部分不能使用。

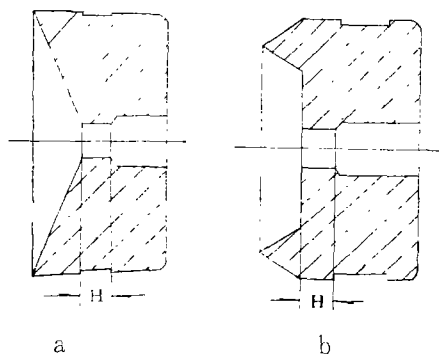


图4 挤压成形模具

图4b底面为一平面，挤压时无束孔或少束孔，但最后有5mm左右的余料留存在模具中，且挤压力较前一种要大一些。

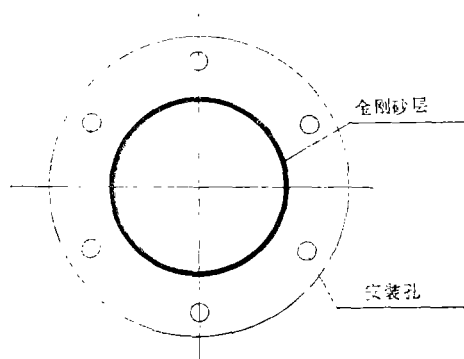


图6 内圆切片

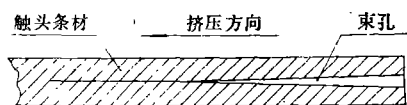


图5 挤压束孔

模具的定径孔H长度要适当，H增加，挤压摩擦力也增加，所需挤压力也大。另外，为了保证成形棒材的表面质量，定径孔壁的光洁度应为 $\nabla 9$ ，至少不得低于 $\nabla 8$ 。模具的外形尺寸与挤压机相配，内孔形状与产品图纸相符。

将加热好的银—石墨坯料从保护气氛中取出，放入预热过的挤压机模筒中，挤压机逐渐加压，挤出的条材往往长达几十公尺，可用剪刀按所需长度剪断。

### 3. 切片

切片（切割）的方法有许多种，下面介绍两种。

内圆切片机切片：该机通常用来切割硅单晶片，切出的表面光洁度较高，但机床只能装一把刀片，效率较低。图6为内圆切片刀片。刀片用马口铁冲制而成，在靠近内径孔的两侧面，用特殊工艺镀上一层金刚砂粉。切削时刀片高速旋转，被切物件固定在专用的夹具上，随同夹具一起自动进刀，被带有金刚砂的刀片切割下来，切割后能自动退刀，工序自动化程度较高。

外圆切片机切片：该种设备有专用刀排，可同时安装30—40片刀片，一次可切割30—40

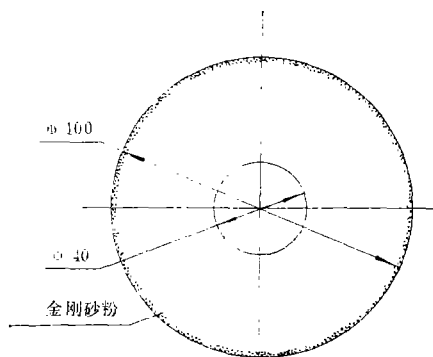


图7 外圆切片

片触头。车头转速为3000rpm左右，效率较高，但切割损耗量较大。若采用0.2mm厚的刀片，其切割缝隙为0.35mm左右，切下料可以回收。图7为外园切片刀片。刀片用马口铁制成，它是在外圆的四周用铣刀铣出多个宽0.2mm左右、深0.5mm左右的槽，槽内用特殊工艺嵌入金刚砂粉。

切割中需使用冷却液进行冷却，冷却液宜选用线切割专用皂化液。触头经该种冷却液冲过后必须用酒精洗涤。

4. 脱碳

由于银-石墨触头有极好的抗熔焊特点，所以要将其焊接在触桥上是其困难的。为了便于焊接，必须将焊接面的石墨除掉。

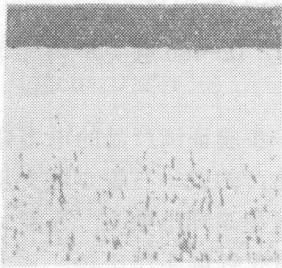


图8 脱碳后的金相组织

脱碳操作可在间断式或连续式炉中进行。脱碳后的金相组织见图8。

三、挤压比对银-石墨材料物理性能的影响

银-石墨材料经过挤压后，组织结构大为紧密，石墨呈纤维状。而且不同挤压比所得组织状态也不同。图9为挤压比为44：1，140：1，180：1时的组织结构。为对比起见，还示出了常规工艺的组织。由图可见：第一组横、纵截面差别较小（该差别系二次压制所致）；第二组横、纵截面组织区别非常明显，但横、纵截面中石墨颗粒仍较大，纤维条状也较粗大；第三、四组中横截面组织较细而密，纵截面条状也较细，但该两组之间金相结构差别已不太明显。

表1列出不同挤压比下银-石墨5触头材料的硬度、密度及电阻率。

由表1可见，随着挤压比的提高，该材料的物理性能明显提高，尤其是电阻率明显降低。硬度和密度的提高对机械寿命有利，而电阻率的降低则提高了导电性能，使接触温升大幅度

	挤 压 比			
	老 工 艺	44 : 1	140 : 1	180 : 1
横 截 面				
纵 截 面				

图9 具有不同挤压比的银-石墨触头材料的金相组织

表1

不同挤压比的银—石墨材料的硬度、密度及电阻率比较

挤压比	试验项目	硬度(软态)HB	密度 g/cm <sup>3</sup>	电阻率 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$
老工艺		26—34	8.3	3.2
44 : 1		39—42	8.5	未测
66 : 1		43.4	8.7	未测
90 : 1		44.4—45.9	8.67—8.74	2.12—2.19
140 : 1		47.5	8.73	2.08
180 : 1		47.5—49.7	8.76	2.02

下降, 对电寿命的提高极为有利 (见表2)。

#### 四、电器性能试验

##### 1. 电寿命试验

将挤压比分别为 90 : 1, 140 : 1, 180 : 1 以及常规工艺制造的触头共四种分别作为动静触头, 各自配对装于 DZ12—60 自动空气开关中进行电寿命比较试验, 数据列于表2。

以上试验的技术参数均为:

电流 60A;

功率因数  $\cos\phi 0.75$ ;

电压 220V;

操作频率 6次/min;

闭合通断时间为: 闭合 1.2s, 断开 8.8s;

试验在 DZ 12—60 触头材料自动电磨损机上进行。

为了进一步验证该产品的电寿命情况, 将用常规工艺生产的银—石墨 5 触头及挤压工艺生产的银—石墨 5 纤维触头, 分别与用同种工艺生产的银氧化锌触头作比较。其中银—石墨

表2

两种制造工艺制取的触头材料的电寿命试验结果

组别	动静触头尺寸 mm	工 艺	极限电寿命 次数	动静触头磨损量平均值 g	电寿命系数
I	$\phi 5.5 \times 2$	常规工艺	3000	0.3052	1
			3000	0.2641	
		挤 压 比	5430	0.2913	1.8
		90 : 1	5430	0.2687	
		挤 压 比	8036	0.2756	2.66
		140 : 1	8000	0.3031	
II	$\phi 4.8 \times 2$	常规工艺	2570	0.2244	1
			2500	0.2222	
		挤 压 比	4560	—	1.8
		90 : 1	4560	0.2247	
		挤 压 比	6836	0.2350	2.72
		180 : 1	6855	0.2290	

表3

两种制造工艺制取的触头材料电寿命型式试验结果

触 头 材 料	触头尺寸 mm	电 寿 命 次 数	磨 损 情 况
动: 银—氧化锌	1.5×5.5×8	2700	—
静: 银—石墨5(常规工艺)	2×7×8.5		静触头磨完
动: 银—氧化锌	1.5×5.5×8	700	—
静: 银—石墨5(挤压)	2×7×8.5		静触头磨完
动: 银—钨	1.5×5.5×8	10000	—
静: 银—石墨5(挤压)	2×7×8.5		静触头余量较大

材料做成2×7×8.5mm作为静触头,银—氧化锌材料做成1.5×5.5×8mm作为动触头,配对做开关电寿命型式试验,其结果见表3。

以上试验技术参数均为:

电流60A;

功率因数cos 0.75;

电压240V;

操作频率6次/min;

闭合通断时间:闭合2s,断开8s。

将常规工艺产品和挤压产品都作静触头,分别装于DZ10—100A自动空气开关中进行电寿命比较试验,经5000次电寿命后,用肉眼可以很明显地观察到挤压工艺产品优于常规工艺产品。

## 2. 抗熔焊性试验

选用以挤压工艺制造的银—石墨作静触头及选用其他二种材料做动触头配对,用特殊方法进行熔焊概率比较试验,每种配对方式各做

几十次试验,结果表明其熔焊率为4.2—10.5%,而用常规工艺生产的银—石墨触头材料,用同样方法进行熔焊率试验时竟高达44—85%。

## 五、总结

1.采用挤压工艺制造的银—石墨材料,其组织结构为纤维状,物理性能以及电寿命性能都比常规工艺产品有明显的提高。

2.银—石墨纤维型触头材料的物理性能及电寿命性能与挤压比有直接关系,随着挤压比的提高,材料的硬度、密度随之提高,电阻率随之降低。但挤压比从140:1提高到180:1时,物理性能和电寿命已提高不多,金相结构也相近。

3.由于银—石墨纤维型触头材料电寿命性能的明显提高,以及触头尺寸的减小,所以具有节约贵重金属银的效果。

## SILVER—GRAPHITE FIBRE TYPE MATERIALS USED FOR MAKING CONTACTS

Zhang Jiading

(Shanghai Huatong Switch Factory)

ABSTRACT The present work studies a new type of silver-graphite fibre materials used for making contacts and their new process e.g. extruding, silcing, decarburizing, etc. The physical properties and electrical life of the contacts can be greatly improved. The materials have a good welding resistance, hence they are the ideal contact materials for automatic switches which require reliable welding resistance as well as long electrical life.