

## 药芯焊丝用高质量球形 Ni 粉的研制

中科院力学研究所材料工艺工程中心(100080) 麻润海  
北京力新机电高技术公司金属粉末厂(102300) 李福燕\*

**摘要** 采用真空熔炼、氮气保护及气雾化法研制生产了纯 Ni 粉,粉粒的球形度高,流动性好,长条状及不规则形粉粒少,化学成分纯净,有害杂质含量少,非常适用于药芯焊丝的生产。

**关键词:** 药芯焊丝 气雾化 球形 Ni 粉

### HIGH QUALITY GLOBULAR NICKEL POWDER FOR FLUX - CORED WELDING WIRE

Ma Runhai et al.

**Abstract** The paper introduces the key production procedures for pure nickel powder: vacuum melting, nitrogen shielding, and fog - solidification. The powder has many advantages: high content of globular grains, pure composition etc. Thereby, the nickel powder is suitable to produce flux - cored welding wires.

**Key words:** flux - cored welding were, fog - solidification method, globular nickel powder

## 0 前 言

药芯焊丝也称粉芯焊丝或管状焊丝,与实芯焊丝或手工电焊条相比,它具有工艺性能好、生产率高、对钢材的适应性强、焊接接头质量好等优点,是一种很有发展前途的焊接材料。在国外工业发达国家,药芯焊丝已大量替代手工电焊条。我国也正在大力推广药芯焊丝,目前国内已有十多条生产线,生产品种也由过去的十几种发展到 50 多种。其中奥氏体不锈钢焊丝也都批量生产,使用也有多年历史。

一条药芯焊丝的钢带约 4 万多米长,要求整个生产过程连续,如果中间有断头就会出现停机,甚至导致产品报废。因此,对药粉的粒度和形状有比较严格的要求,尤其是金属粉粒,球形度越高,流动性越好,越便于轧压抽拉,最忌粉粒呈条状和棱角状不规则形貌,超过某一限度,容易刺破焊丝包皮,咯断焊丝。另外,对粉末的成分和杂质含量也有严格的标准要求。

目前,我国尚未制定奥氏体不锈钢药芯焊丝标准,对药芯粉粒形貌也无标准规定。生产厂家根据实际经验来选购用粉,如某厂生产不锈钢药芯焊丝成品直径 1.6 mm,要求纯 Ni 粉为球形,最好在 60~80 目之间,但长条状粉粒长度不应超过 200  $\mu\text{m}$ ,而且数量越少越好。

本文着重对我公司用气雾化法研制生产的 Ni 粉进行介绍<sup>[1,2]</sup>。

## 1 生产设备及其工艺

### 1.1 气雾化原理

高质量球形 Ni 粉生产是采用气雾化工艺,其原理如图 1 所示。

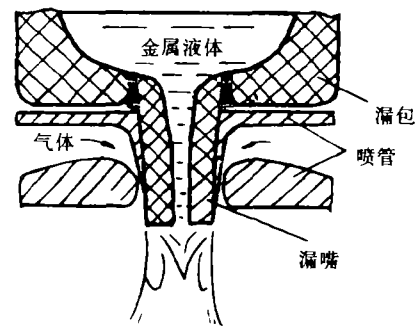


图 1 气雾化原理示意图<sup>[3]</sup>

在漏包底部有耐高温陶瓷漏嘴,插入不锈钢制成的环缝气体喷管中,漏包在雾化前预热至 900  $^{\circ}\text{C}$ 。熔化的金属液体经中频感应炉倒入漏包中,由漏嘴孔流出,同时被从喷管狭缝中流出的高速气流冲击而雾化成细小的金属液滴,随后金属液滴在雾化筒中迅速冷

\* 文中图 3 及表 4 结果为中科院力学研究所柳琦年研究员测试,在此表示感谢。

却,并由鼓风机连同气流一起送到输粉系统,并收集到集粉罐中。

### 1.2 气雾化装置的组成及性能

(1) 熔炼系统包括 2500 Hz、100 kW 中频机组,25 kg 中频感应圈坩埚,漏包漏嘴,雾化喷管,通有冷却水的真空熔炼室,并配有水冷电缆、转轴及观察窗等。

(2) 雾化筒高 6 m,内径 800 mm,筒壁为双层冷却水套,置于 4 m×6 m(高为 4 m)的工作平台上,并配有多用途接口及观察窗等。

(3) 输粉系统包括水冷热交换器、旋风分离器、布袋除尘器及集粉罐等。

(4) 罗茨风机的风量为 10 m<sup>3</sup>/min,压差为 19.6 kPa。是气力输送时的风力源。

(5) 气压平衡罐是直径 1.2 m、容积 3 m<sup>3</sup> 的钢质大罐,用于气力输送过程中平衡气压。

(6) 高压气源系统:气源为瓶装工业纯氮,经汇流排管道送至大流量气压调节阀,将 15 MPa 的气压调节到所需雾化气压,再通过管路及控制阀接到喷管。调节阀调节范围 0.5~7.5 MPa。雾化时开启控制阀即可。

(7) 真空系统:气雾化装置配有 2X-70 机械泵、ZJ-300 型罗茨真空泵和 φ400 mm 油扩散泵。熔炼室的真空度可达 6×10<sup>-3</sup> Pa,以满足含有活性元素的熔炼要求(焊条用 Ni 粉雾化时不用扩散泵)。

(8) 水循环系统包括两台 45 m<sup>3</sup>/h 水泵、水箱及一座冷却塔,为中频机组、感应圈、熔炼室、雾化筒、热交换器等提供冷却水<sup>[4]</sup>。

### 1.3 Ni 粉的雾化工艺

#### 1.3.1 原材料选择

为保证焊缝金属的耐腐蚀性及抗热裂纹等性能,对不锈钢焊条及药芯焊丝化学成分要求比较严格,特别是 C、S、P 等有害元素的含量要极少。目前,我国雾化 Ni 粉尚无标准,通用 Ni 粉按 GB6516—86 标准,焊条用 Ni 粉起码要达到 Ni-2 标准,其主要成分如表 1。

本公司为保证焊条用 Ni 粉质量,选用我国金川公司生产的 Ni-1 号板,其主要成分如表 2。

表 1 Ni 粉主要成分(%)

牌号	Ni + Co	Co	C	S	P
Ni-1	≥99.9	≤0.1	0.01	0.001	0.001
Ni-2	≥99.5	≤0.15	0.02	0.003	0.003
Ni-3	≥99.2	≤0.5	0.10	0.02	0.02

注:GB6516—86 电解 Ni 标准。

表 2 Ni 粉原料成分(%)

化学成分	Ni + Co	Co	C	S	P
含量	≥99.987	0.01	0.002	0.0006	0.0001

注:金川有色金属公司产品质量证明书,执行标准 GB6516—86。

雾化金属粉末一般都是经原材料重熔得到的,没有再提纯精炼过程,因此应选择纯净的原材料。

#### 1.3.2 熔炼及雾化工艺

将 Ni 板剪裁成小块,装入坩埚,封闭熔炼室及雾化系统,抽真空,接通水冷系统,开启中频感应加热设备,待真空度达到 1 Pa,炉料温度达到(800~900)℃时系统内反充气体压力至 1 atm,继续升温熔化炉料,并过热至熔点+200℃时,扳动转轴,将熔融金属液徐徐倒入已预热至 900℃的漏包内,同时开启雾化气体和鼓风机,进行雾化。雾化气体压力为 3.5~4 MPa。雾化后的粉末被收集在分级系统的集粉罐内,冷却至室温后将所有集粉罐内的粉集中后以标准筛分级,封装贮存。

抽真空后再反充保护气,极大地降低氧含量,不被氧化的干净金属液在保护气体雾化过程中很易形成球形颗粒。而且含氧量越低,Ni 粉主品位(Ni 含量)也越高。提高金属液过热度,将大大降低其粘度,且不易在漏嘴处冻结,也有利于液滴形成球形。

## 2 Ni 粉的质量

### 2.1 化学成分

研制的气雾化粉成分,经多次抽样化验,杂质含量均低于电解 Ni 粉标准(GB5247—85),98 年 2 月又经国家有色金属及电子材料分析测试中心[(97)量认(国)字(E0716)号]检验分析,结果如表 3。

表 3 我公司研制生产的 Ni 粉的化学成分(%)

Fe	Si	Mg	Cu	Mn	Pb	Al	Sn	As
0.022	0.0019	0.00063	0.0070	0.00063	0.00012	0.0020	<0.0003	<0.0005
Sb	Zn	Bi	Cd	P	C	S	N	Ni
<0.0005	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0005	0.0040	0.0010	0.034	≥99.92

以上 18 种元素检验标准均按 GB5347—85 执行。并且增加了对杂质 N 的检验,其含量也很低,这表明本 Ni 粉用于一些要求韧性、对 N 敏感的金属材料的焊接或热喷涂均很合适。

### 2.2 粉粒形貌

图 2 是气雾化 Ni 粉扫描电镜照片。

图 3 是本公司的气雾化 Ni 粉与某厂生产的水雾化

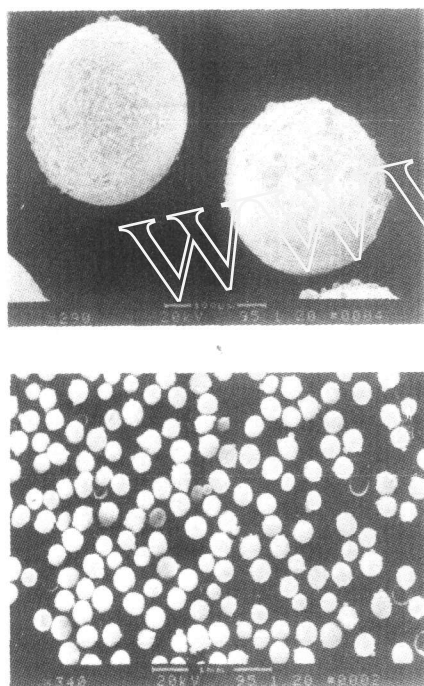
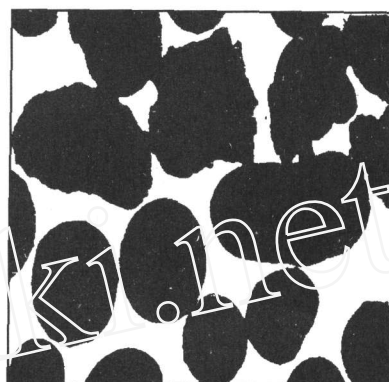
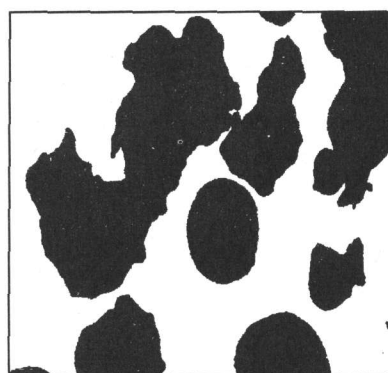


图 2 气雾化 Ni 粉扫描电镜照片

Ni 粉形貌比较(显微镜下投影电脑扫描图形),表 4 为两种粉末粒度和形貌的计算机计数统计结果。



(a)气雾化 Ni 粉



(b)水雾化 Ni 粉

图 3 气雾化与水雾化 Ni 粉形貌比较

表 4 粉粒计数统计结果

品名	样本总数/个	球形及类球形数目/个	长条形及不规则形数目/个	长条形 + 不规则形百分比(%)
气雾化 Ni 粉	1405	1153	252	17.94
水雾化 Ni 粉	1093	283	810	74.11

从以上对比明显看出,气雾化 Ni 粉的球形度高,流动性好,粒度均匀,用于药芯焊丝优于水雾化粉。

### 参 考 文 献

### 3 结 论

(1) 采用真空熔炼、保护气体雾化工艺可以得到高质量的球形 Ni 粉,非常适用于药芯焊丝的生产应用。据使用厂家反映,质量很好。

(2) 所生产的 Ni 粉,不仅成功地用于药芯焊丝生产,而且也适用于手工电焊条药皮填充剂和热喷涂用粉。

(3) 该雾化设备可以雾化熔点在 1550 ℃ 以下的金属及合金,可以制造许多种高质量的焊接材料。

- 1 熊第京等. YB132 奥氏体不锈钢药芯焊丝的研制. 焊接, 1991 (9)
- 2 尹士科主编. 世界焊接材料手册. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- 3 美国金属学会主编. 金属手册(第九版). 第七卷粉末冶金(中译本). 北京: 机械工业出版社, 1994.
- 4 李清泉, 欧阳通, 麻润海等. 雾化微细金属粉末的生产工艺研究. 粉末冶金技术, 1996(3)

(收稿日期 1998 10 30)

作者简介: 麻润海, 1939 年生, 高级工程师。