

# 团 体 标 准

T/CICEIA/CAMS XXXX—XXXX

## 内燃机 气门等离子堆焊工艺规范

International combustion engines -Plasma transfer arc building-up welding process  
specifications for valves

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

20XX – XX – XX 发布

20XX – XX – XX 实施

中国内燃机工业协会  
中国机械工业标准化技术协会 发布

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 等离子堆焊设备 ..... 1

5 技术要求 ..... 2

6 工艺规范 ..... 3

7 检验方法 ..... 3

8 等离子堆焊典型缺陷原因及预防措施 ..... 4

  

表 1 等离子堆焊典型缺陷原因分析及预防措施表..... 4

表 2 合金粉末的化学成分..... 6

表 3 合金粉末的粒度范围、熔融温度及堆焊层硬度..... 7

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国内燃机工业协会提出。

本文件由中国内燃机工业协会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：济南沃德汽车零部件有限公司、上海中州特种合金材料股份有限公司、上海铸宇材料科技有限公司、怀集登月气门有限公司、中国内燃机工业协会等单位共同负责起草。

本文件主要起草人：董兵、赵明好等。

本文件为首次发布。

# 内燃机 气门等离子堆焊工艺规范

## 1 范围

本文件规定了内燃机气门等离子堆焊的术语和定义、等离子堆焊设备、技术要求、工艺规范、检验方法。

本文件适用于往复式内燃机机气门等离子堆焊工艺。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 223. (所有部分) 钢铁及合金化学分析方法

GB/T 230.1 金属材料 洛氏硬度试验 第1部分：试验方法（A、B、C、D、E、F、G、H、K、 N、T 标尺）

GB/T 1479.1 金属粉末松装密度的测定——第一部分：漏斗法

GB/T 1480 金属粉末 干筛分法测定粒度

GB/T 1482 金属粉末流动性的测定——标准漏斗法（霍尔流速计）

GB/T 4340.1 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法

GB/T 5314 粉末冶金用粉末 取样方法

GB/T 23337-2023 内燃机 进、排气门技术条件

QC/T 469-2016 汽车发动机气门技术条件

YS/T 533 自熔合金粉末固-液相线温度区间的测定方法

YS/T 539.1~13 镍基合金粉末化学分析方法

## 3 术语和定义

GB/T 23337-2023、QC/T 469-2016界定的术语和定义适用于本文件。

## 4 等离子堆焊设备

### 4.1 总则

气门堆焊等离子设备主要包括电源、控制器、阴极、焊枪、喷嘴、送粉器、工件转台、供氩气系统、循环冷却系统等。

### 4.2 电源

为等离子堆焊设备提供电力的装置，分为非转移弧电源和转移弧电源。分别如下：

- 非转移弧电源，当喷嘴接正极，钨棒接负极时，建立在喷嘴与钨棒之间的电弧叫做非转移弧，其电源为非转移弧电源。
- 转移弧电源，当工件接正极，钨棒接负极建立在工件与钨棒之间的电弧叫转移弧，其电源为转移弧电源。

### 4.3 控制器

控制等离子堆焊设备装置。采用程序数字控制，控制核心部分，可编程控制器（PLC）对焊接过程中的各种参数数据进行采集和处理，并按照焊接程序对焊接过程进行实时控制并存储在PLC中，焊接控制程序分段式控制方法，焊接流程分成多段，每一段的焊接参数可设定为不同数值，保证了工件焊接过程中整体的一致性和整体的焊接质量。

#### 4.4 阴极及等离子体

4.4.1 正常生产的喷焊过程中，钨棒是阴极。

4.4.2 喷嘴正极，在两电极之间是气体（氩气），氩气不导电，但在电场的作用下，氩气的分子和原子受到从电极发射出的大量高速运动的粒子（如电子）的碰撞和加热，使电子脱离原子，成分带“—”电的自由电子，失去电子的原子成为带“+”的正离子，气体产生电离，被充分电离的气体中充满着带正电的正离子和带负电的电子——负离子。这两种带电离子共同存在于一个统一体中，其正电量总数和负电量总数相等，这种已充分电离，正负离子数目相等的气体称为等离子体。

#### 4.5 焊枪

等离子喷焊枪装置。由钨棒、钨棒夹头、喷嘴、送粉道、水冷却套、绝缘体组成的集成体，以等离子弧作为热源，在焊枪内部安装电极、喷嘴等相关件，通过高频交流电源产生高压电场，使气体分子电离形成等离子体。同时，利用机械压缩、热压缩和电磁收缩三种效应，对电弧进行压缩，使其能量高度集中，形成高温、高能量密度的等离子弧，用于瞬间熔化输送到枪体内的合金粉末。

#### 4.6 喷嘴

喷合金粉末装置，喷嘴与阴极棒相互配合形成非转移等离子弧，并把送粉气道中的焊粉均匀分散，共同形成稳定的焊接条件，确保焊接过程的顺利进行。

#### 4.7 送粉器

焊粉盛放容器，在氩气压力作用下把焊粉均匀送到工件焊接处。

#### 4.8 工件转台

工件放置台，其在后续焊接时用于工件定位并带动工件旋转，采用电机驱动转台，实现运行平稳控制，通过压紧气缸和直线导轨将工件固定在水冷的转台上（定位盘中）；通过导轨连接，实现压头、工件、转台三者回转同心）。

#### 4.9 供氩气系统

提供焊接过程中的关键气体氩气，为熔化焊件提供必要离子成分的系统。“中心气”是根据焊接电流及喷嘴的直径大小来选择合适的流量，把焊粉在氩气作用下送到焊接表面。“送粉气”根据送粉量的大小来选择；“保护气”保护焊接过程中熔化焊粉的熔池不氧化。

#### 4.10 循环冷却系统

冷却焊接过程中的关键部件，确保等离子堆焊设备稳定运行的系统。其作用是冷却焊枪和相关部件，可确保设备稳定、连续、长时间的运行。

### 5 技术要求

5.1 堆焊层与基体金属之间为冶金状态结合，互熔区不小于 0.002 mm，相互渗透、无未熔合和裂纹缺陷；合金层内部，可有三处不连续、不聚集的疏松、夹渣和最大直径 0.3 mm 的气孔，但不应连通到气门锥面表面。堆焊层显微组织应为固溶体与枝晶状初生碳化物组成。

5.2 气门经等离子堆焊后堆焊层硬度符合 GB/T 23337-2023、QC/T 469-2016 或产品技术文件的要求。

5.3 堆焊后的气门毛坯应无烧边、缺肉、结珠、裂纹、生粉等缺陷（见表 1）。

5.4 堆焊层深度应符合产品技术文件的要求。

- 5.5 堆焊合金粉末成分应符合表 2 规定要求。
- 5.6 堆焊合金粉末硬度应符合表 3 规定要求。
- 5.7 合金粉末外貌应呈球形和似球形，粒度范围应符合表 3 规定要求。
- 5.8 合金粉末的流动时间应不大于 17 s/50 g。
- 5.9 钴基合金粉末的松装比应不小于 4.5 g/cm<sup>3</sup>，其它合金粉末的松装比应为 4.3 g/cm<sup>3</sup>～4.8 g/cm<sup>3</sup>。
- 5.10 合金粉末不应有肉眼可见的外来夹杂物。

## 6 工艺规范

### 6.1 准备工作

- 6.1.1 劳动防护用品穿戴齐全，根据要求检查中心气、送粉气、保护气的仪表与时间继电器、循环冷却水等是否正常。
- 6.1.2 检查氩气压力设备是否正常。
- 6.1.3 检查循环冷却水流量或温度、压力是否正常。
- 6.1.4 确认待堆焊气门毛坯是否存在外观缺陷和清洁干净。
- 6.1.5 现场应配置工艺文件、作业指导书以及各项记录表单(如：投料记录表，温度、气体流量运行监控表，设备点检表，产品出炉检查表)。
- 6.1.6 根据作业指导书准备相关堆焊工装。

### 6.2 工艺流程

车堆焊槽---清洗---烘干----气门预热（可选）---等离子堆焊---冷却---去应力。

### 6.3 工艺参数

- 6.3.1 等离子堆焊转台速度、角度应符合工艺文件规定。
- 6.3.2 等离子堆焊起弧、收弧电流应符合工艺文件规定。
- 6.3.3 等离子堆焊送粉量应符合工艺文件规定。
- 6.3.4 等离子堆焊中心气、保护气、送粉气应符合工艺文件规定。
- 6.3.5 焊枪距工件焊槽位置距离应符合工艺文件规定。
- 6.3.6 堆焊前的预热和焊后冷却应符合工艺文件规定。

### 6.4 操作者作业要求

- 6.4.1 首件堆焊产品金相、硬度、堆焊层厚度、外观应送样检验合格后才能继续生产。
- 6.4.2 等离子堆焊后产品外观应按 5.3 规定全部目测检测。
- 6.4.3 每 2 小时对堆焊工艺参数监控记录。

## 7 检验方法

### 7.1 堆焊层金相

将等离子焊后的气门毛坯首件沿底面中心且通过堆焊层起弧、收弧搭接处和其他部位切一平行块，分别做4个切断面的金相检查。

### 7.2 硬度

7.2.1 合金粉末堆焊层洛氏硬度按 GB/T 230.1 规定进行检验。

7.2.2 合金粉末堆焊层维氏硬度按 GB/T 4340.1 规定进行检验。

### 7.3 堆焊层深度

将堆焊后的气门毛坯在投影仪上与毛坯图对比，确定堆焊层在图纸轮廓范围内。

### 7.4 化学成分

合金粉末的化学成分分析按 GB/T 223. (所有部分) 和 YB/T 539.1-539.13-2009 规定进行检验。

### 7.5 粒度

合金粉末粒度范围试验方法按 GB/T 1480 规定进行检验。

### 7.6 流动时间

合金粉末流动时间测定方法按 GB/T 1842 规定进行检验。

### 7.7 合金粉末松装比

合金粉末松装比测定方法按 GB/T 1479.1 规定进行检验。

### 7.8 外观

目视检测。

## 8 等离子堆焊典型缺陷原因及预防措施

等离子堆焊典型缺陷原因分析及预防措施表见表1。

表1 等离子堆焊典型缺陷原因分析及预防措施表

序号	缺陷名称	原因分析	预防措施
1	槽底未融合	1) 阴极烧损; 2) 中心气小; 3) 喷嘴结珠 ; 4) 焊枪高度太高; 5) 电流太小; 6) 转台角度参数匹配不合理; 7) 焊枪位置调整不当。	a) 阴极修磨、参数合理匹配; b) 增大中心气; c) 更换喷嘴; d) 效验焊枪高度; e) 适当增大电流; f) 调整转台角度参数; g) 调整焊枪前后位置。
2	收弧表面麻坑	1) 收弧段电流与焊粉量不匹配; 2) 焊粉异常; 3) 保护气太低。	a) 增加电流, 减小焊粉量; b) 重新检查焊粉; c) 检查保护气管路, 调整保护气。
3	收弧裂纹	1) 收弧电流衰减太快; 2) 焊后未及时保温 (马氏体材料); 3) 电流太小。	d) 延长电流衰减时间; e) 马氏体材料焊后及时保温; f) 增大电流。

表1 等离子堆焊典型缺陷原因分析及预防措施表（续）

序号	缺陷名称	原因分析	预防措施
4	气孔	1) 焊粉潮湿； 2) 气门 R 槽内有水珠； 3) 选用电流、转速、送粉不匹配； 4) 焊粉目数配比不当； 5) 焊粉夹杂超标； 6) 成品件合金层厚度太厚或太薄； 7) 焊枪渗水。	a) 重新烘干焊粉； b) 重新烘干气门； c) 调整电流、转速、送粉参数； d) 检查焊粉目数； e) 检查焊粉是否有夹杂物； f) 效验预留加工余量； g) 更换焊枪或修复。
5	烧边	1) 焊枪位置不对； 2) 托盘定位间隙太大、工件定位不同心； 3) 托盘氧化严重、托盘中有异物； 4) 工件端面跳动太大、工件窄边异常； 5) 送粉堵塞； 6) 中心气太高； 7) 阴极与喷嘴不同心。	a) 调整焊枪位置； b) 检查托盘是否符合要求； c) 清理托盘； d) 检查工件精度是否符合要求； e) 检查送粉量； f) 调整中心气大小； g) 调整或更换阴极和喷嘴。
6	合金缺失（缺肉）	1) 喷嘴结株； 2) 送粉量变小； 3) 阴极烧损严重； 4) 焊枪位置不当； 5) 工件偏移； 6) 阴极与喷嘴不同心。	a) 检查喷嘴； b) 检查送粉量是否均匀； c) 更换阴极； d) 调整焊枪位置； e) 检查工件定位； f) 调整或更换阴极和喷嘴。
7	喷嘴结珠	1) 焊粉细粉超标； 2) 送粉孔太粗糙； 3) 焊枪高度太低； 4) 送粉气太小； 5) 阴极与喷嘴不同心。	a) 检查焊粉粒度配比； b) 喷嘴送粉孔是否粗糙； c) 调整焊枪高度； d) 适当增大送粉气； e) 调整或更换阴极和喷嘴。
8	表面生粉	1) 电流太低； 2) 送粉量变大； 3) 喷嘴烧损。	a) 检查焊接电流； b) 校检送粉量大小； c) 更换喷嘴。



表2 合金粉末的化学成分

材料型号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Fe	Co	Cr	W	Nb	其他	对照	用途
QMZ1	0.9~1.40	0.7~1.55	≤0.50	≤0.03	≤0.030	≤3.00	≤1.00	≤3.00	余	26.0~32.0	3.5~5.5		≤600PPm O <sub>2</sub> +N <sub>2</sub>	Stellite6 (Co106F)	锥面
QMZ2	0.9~1.40	≤2.0	≤1.00	≤0.03	≤0.030	≤3.00	≤1.00	≤3.00	余	26.0~32.0	3.0~6.0		≤600PPm O <sub>2</sub> +N <sub>2</sub>	Stellite6H (Co106FH~1)	锥面
QMZ3	2.00~3.00	≤2.00	≤1.00	≤0.03	≤0.03	≤3.00	≤1.00	≤3.00	余	26.00~33.00	11.0~14.0		其它≤0.50	Stellite 1 (Co101F)	锥面
QMZ4	1.60~1.90	1.50~2.30	≤1.00	≤0.03	≤0.03	≤3.00	≤1.00	≤3.00	余	25.00~29.00	7.0~9.50		其它≤0.50	Stellite 12 YJ (Co112FJ)	锥面
QMZ5	1.30~2.00	0.90~1.30	≤0.60	≤0.03	≤0.030	20.50~23.50	≤1.00	≤1.35	余	24.0~27.0	11.50~13.00	0.20~0.4	≤0.05B	Stellite F P37	锥面
QMZ6	1.50~1.75	0.90~1.30	≤0.50	≤0.03	≤0.030	21.00~24.00	≤0.60	≤1.35	余	27.5~29.0	11.50~13.00		≤600PPm O <sub>2</sub> +N <sub>2</sub>	Stellite FS P37S (Co137SF)	锥面
QMZ7	1.30~1.50	1.10~1.40	≤1.00	≤0.03	≤0.030	21.00~24.00	≤1.00	≤3.00	余	26.0~30.0	11.50~13.00	0.20~0.4	≤0.05B	Stellite FH (Co132FH)	锥面
QMZ8	1.40~1.80	0.70~1.5	≤0.10	≤0.03	≤0.030	≤3.0	≤1.00	≤0.5	余	26.5~30.0	3.5~4.5		Mo≤1.0	Stellite 156 (Co156F)	锥面
QMZ9	0.55~0.60	<0.40	9.00~11.00	≤0.03	≤0.040	9.00~11.00	2.50~3.50	余		24.0~26.0			1.80~2.20Nb+Ta ≤500PPm O <sub>2</sub> +N <sub>2</sub>	P25	锥面
QMZ10	1.50~2.0	1.10~1.50	0.50~1.00	≤0.025	≤0.020	15.00~18.00	4.00~5.00	余		26.00~30.0				Eatonite6 (Fe356F)	锥面

表2 合金粉末的化学成分（续）

材料型号	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Fe	Co	Cr	W	Nb	其他	参照	用途
QMZ11	1.50~2.20	≤1.50	≤3.70			≥9.00	4.00~7.00	余		26.00~30.00				Eatonite6 (专用)	锥面
QMZ12	1.90~2.30	1.00~1.50	0.50~1.50			10.00~13.00	4.00~7.00			26.00~30.00			0≤0.03	Fe356FH~1 (3733~10)	锥面
QMZ13	2.00~2.50	1.10~1.50	0.50~1.00	≤0.03	≤0.02	15.00~18.00	4.00~5.00	余		28.00~32.00			0≤0.03 其它≤0.50	Fe356FH	锥面
QMZ14	1.80~2.10	1.30~1.70	0.50~1.00	≤0.035	≤0.030	15.00~18.00	4.00~5.00	余		28.00~32.00				Fe253H	锥面
QMZ15	Max0.08	2.20~3.00		≤0.008	≤0.003	Max1.00	27.00~30.00	Max2.00	余	7.50~9.50				T400	锥面
QMG16	0.70~0.90	3.50~4.20				余		<10		13.00~16.00			3.0~3.8B	Ni60	杆端

表3 合金粉末的粒度范围、熔融温度及堆焊层硬度

项 目	QMZ1	QMZ2	QMZ3	QMZ4	QMZ5	QMZ6	QMZ7	QMZ8	QMZ9	QMZ10	QMZ11	QMZ12	QNZ13	QMZ14	QMZ15	QMG16
粒度范围 (目)	80~270	80~270	100~325	100~325	80~270	80~270	80~270	80~270	80~270	100~325	100~325	100~270	100~270	80~270	100~320	150~320
熔融温度 (℃)	<1340	<1340	<1340	<1340	<1340	<1340	<1340	<1340	<1340	<1340	<1340	<1340	<1340	<1340	1280~1350	1050~1100
硬度	(37~43) HRC	≥43 HRC	(48~57) HRC	49~53 HRC	(40~46) HRC	≥40 HRC	≥40 HRC	≥43 HRC	≥37 HRC	≥37 HRC	≥320 HV30	(38~44) HRC	(38~44) HRC	≥37 HRC	≥52 HRC	≥55 HRC