

阀门密封面堆焊技术

沈阳阀门研究所 高清宝 王德权 苏志东 黄艰生

编者按：该文从本期开始连载，分四期刊完，恳请读者对该文提出批评指正，以利在此基础上充实提高后单独出版。由于本刊篇幅有限，在刊登中对某些内容进行了删节。

前言

《阀门密封面堆焊技术》是受机械电子工业部技术交易中心委托，为“阀门密封面堆焊材料，堆焊工艺技术转让学习班”而编写的教材。本资料介绍了通用阀门密封面材料的国内外状况，密封面材料的选择原则，各种堆焊工艺方法的特点和专用设备，以及阀门密封面的标准和试验检测方法等。本资料对沈阳阀门研究所多年来在密封面材料及工艺方面的科研成果进行了比较系统的论述，其中对一些尚未公开的成果进行了较有价值的介绍。在编写中力求做到通俗易懂，侧重于生产实践。本资料可供从事阀门制造的工程技术人员和专业技术人员参考。

本资料暂定为四章，第一章国内外阀门密封面堆焊材料、工艺研究概况；第二章手工堆焊和自动堆焊的工艺特点；第三章手工堆焊设备与辅助胎夹具；第四章阀门密封面的喷焊技术、试验方法及材料标准，分别由高清宝、苏志东、黄艰生、王德权同志起草，主编为高级工程师高清宝同志，并经高级工程师陈思九同志审阅。

第一章 国内外阀门密封面堆焊材料、工艺研究概况

第一节 阀门在国民经济中的重要性

(略)

第二节 阀门密封面在阀门使用中的作用

阀门密封面材料有非金属和金属两类，密

封面按制造方法有金属堆焊和非金属镶嵌两种，本文只对金属堆焊材料和方法加以叙述。

阀门在使用过程中常有两类事故：一种是阀门质量不好引起外漏，另一种是由于密封面质量不好引起内漏。阀门内漏是影响阀门使用寿命的一个重要问题，其主要原因是密封面受到损伤。因此，提高金属密封面质量受到使用部门和阀门制造厂的重视。密封面是否容易损伤，在一定程度上也反映了一个阀门制造厂的技术水平。

阀门在水、气、油等介质条件下工作，密封面常常有三种不同型式的破坏，即金属间的擦伤、垫伤和划伤。金属间的擦伤常常发生在密封面相互移动过程中，金属分子相互间咬合撕裂影响密封。垫伤常常是因为密封面较软，介质不干净时，脏物在密封面关闭时把密封面垫出小坑而影响密封。划伤是由于硬颗粒质点在密封面关闭时划伤密封面，出现沟槽而影响密封。

阀门密封面的磨损性质常常是以金属磨损为主兼有磨粒磨损。纯金属间磨损性能的好坏与金属成分、组织有关，而金属与硬粒质点之间磨损性能的好坏，常与密封面硬度有关。因此，国内外阀门厂，有关研究所十几年来对密封面的材料成分和硬度以及相互关系进行了大量的研究。为了提高密封面堆焊生产的效率，对堆焊的工艺方法也进行了大量的研究。

第三节 国外阀门密封面堆焊工艺、堆焊材料研究的进展状况

一、焊剂层下埋弧自动堆焊

苏联《自动焊接》杂志在1968年的第3期上刊登了一篇关于DN500~800闸阀阀体密封面埋弧自动堆焊的详细报道,指出重型阀门制造厂刚开始采用AH20焊剂、 $\phi 5\text{mm}10\times 13$ 自动焊丝、埋弧自动堆焊,在已加工好的DN500~800阀座圆环上堆焊好密封面焊道,机械加工和热处理后,把阀座用手工焊的方法焊接在阀体上预先加工的槽里(图1-1a),然后进行阀体消除应力的热处理。这种方法制造阀门工作量大,阀座与阀体焊接又比较困难,往往使产品质量不能达到高标准,为了克服这项困难,苏联乌克兰巴顿焊接研究所研制了在DN500~800阀体内进行密封面的机械化堆焊工艺(图1-1b)和设备,苏联重型阀门制造厂成功地采用了这项新技术。工作温度小于 400°C 的阀门堆焊材料基本上采用 2×13 钢焊丝,工艺采用AH-20焊剂层下双丝埋弧自动

堆焊,堆焊3~4层,堆焊前密封面预热 $\leq 250^{\circ}\text{C}$,堆焊采用直流电源反极性连接。资料中给出了阀体的堆焊规范(表1-1),堆焊金属化学成分(表1-2)和经济效益分析(表1-3)。

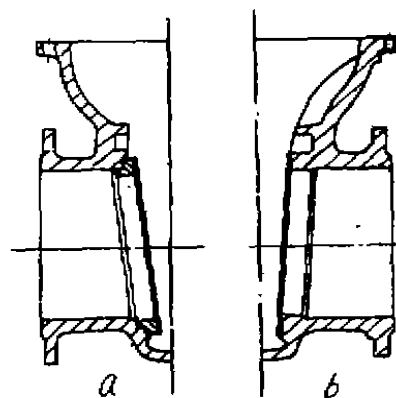


图1-1 阀体密封面结构
a. 镶阀座 b. 体上直接堆焊密封面

表1-1 自动堆焊工艺

焊丝直径 (mm)	焊丝给送速度 (m/h)	焊接电流 (A)	电弧电压 (V)	焊接速度 (m/h)	焊丝之 间距离 (mm)	堆焊层尺寸(mm)			
						DN600		DN800	
						h	b	h	b
2	255	525~550	32~34	10.5	10	13.0	28.0	13.8	33.0
3	130	550~600	34~36	12	12	13.5	29.5	14.2	34.5

表1-2 堆焊金属化学成分

材 料	成 分 (%)				
	C	Si	Mn	Cr	Ni
焊丝CB10×13	0.14	0.29	0.50	12.56	0.32
堆焊金属第一层	0.14	0.36	0.57	8.21	0.26
堆焊金属第二层	0.14	0.27	0.56	10.76	0.25
堆焊金属第三层	0.14	0.26	0.67	12.20	0.29

表1-3 经济技术分析

经济指标	工艺方法	
	旧工艺	新工艺
阀门年生产量	2040	2640
改进前后的经济消耗对比 (卢布/年)	60240	2709
投资(卢布/年)	132629	7809
经济效益(卢布)	—	98700

二、药芯焊丝的自动堆焊

苏联《石油化工机械制造》杂志1975年11期报道了在台DN800闸阀密封面上用III-1×13AГ9T药芯焊丝自动堆焊的成功经验。这个新材料、新工艺是苏联阀门设计局和乌克兰基洛夫工学院联合研制的。这种新材料、新

工艺有两大特点,首先新材料的抗擦伤性能可与司太利硬质合金媲美,同样有良好的抗气蚀性能。其次是这种自动堆焊生产效率比较高,堆焊金属的硬度约为HRC22。采用这种材料和工艺方法的最大优点是堆焊金属具有较高的抗擦伤(表1-4),抗气蚀性能(表1-5)。

抗擦伤性能可与司太利硬质合金相媲美(图1—2),大大提高了阀门的使用寿命,不足之处是工艺较复杂,需特殊的药芯焊丝以及必须严格控制堆焊规范。

表1—4 不同材料擦伤结果

试验材料	比 压 (kgf/cm ²)	试验循环 (次数)	擦伤深度 (μ)
1×13AГ9T	800	600	—
B3K	300	600	—
B3K	800	50	10
20×13	300	250~300	60
20×13	800	5~10	100
12×18H10T	200	3	400

表1—5 不同材料抗气蚀结果

试验材料	在 下述试验时间(分)内试件 失重(毫克)		
	15	30	45
1×13AГ9T	—	6~12	19~21
20×13 (原始 状态HRC40)	—	30~38	61~65
20×13 (回火 状态HRC31)	10~15	60~68	>100
12×18H10T	27~35	>100	

注: B3K试件在试验时间60、70和105分钟内失重分别为2~5、5~8和9~18毫克。

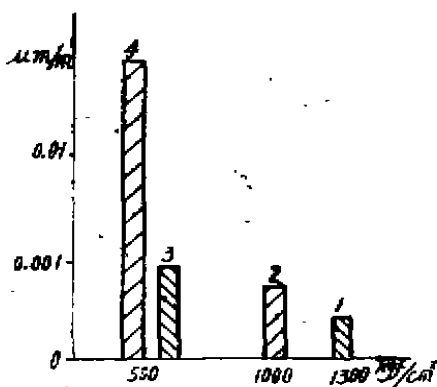


图1—2 在各种温度下试块材料的擦深比 H/S (S—摩擦距离, H—擦伤深度) 和比压的关系

1. 20°C 2. 300°C 3. 460°C
1~3. 1×13AГ9T 4. 司太利合金

三、阀门等离子粉末喷焊

等离子喷焊于50年代末60年代初国外就已经出现。苏联《自动焊接》1965年3期发表了第一篇等离子喷焊文章,全面论述了等离子弧喷焊的熔深浅、焊层薄、节约原材料、电弧热源温度高及生产率高等特点。60年代末和70年代初,苏联《焊接生产》、《自动焊接》等杂志连续多次报道了等离子粉末喷焊在阀门堆焊上的使用。大约在同期,等离子喷焊在美国发展较快,日本当时无论是填充材料还是焊枪结构没有自己的体系,许多都是沿用美国的。美国1965年4月发布的3.183、337号专利所提供的等离子焊枪与其它几个国家的等离子焊枪相比具有独到之处。日本也在1969年申报了脉冲粉末等离子弧喷焊专利。这些年来,阀门等离子喷焊在国外不论是枪体还是合金粉末类型都有了迅速而广泛的发展。本文其它章节将详细叙述,这里只就等离子弧电源的主要特点做简单介绍。

等离子弧喷焊与氩弧堆焊比较,在电弧热分布方面有它自己的特点,(图1—3)。两个电弧都是以钨极为阴极,工件为阳极。从图1—3中可以看出两个电弧都具有可比较的温度,但是在氩弧中14000~18000°K的温度区是窄而陡峭的,而在等离子弧中这个区域按电弧的长度伸展并在底部呈宽阔状。因此,等离子弧的电功率在较长电弧长度上集中,这就增大了电压降,弧流在喷口处膨胀,电弧在底部很

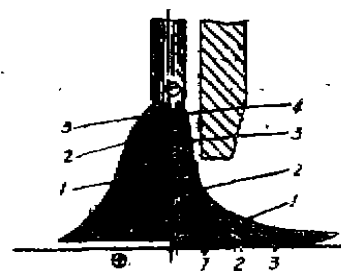


图1—3 电弧热分布

左.电弧焊(14.5V,200A)热量分布右.等离子(弧29V,200A)热量分布

1. 10000~14000°K 2. 14000~18000°K
3. 18000~24000°K 4. >24000°K

宽。因而，等离子弧喷焊容易得到浅而宽的熔深，减少了对喷焊金属的冲淡率。这不仅使堆焊金属硬度稳定，组织均匀，同时也允许选择薄的堆焊层，节约了贵重的喷焊合金。国内外就利用等离子热源的高温方面开展了等离子不锈钢切割、等离子焊接、等离子粉末喷焊、等离子喷涂等工艺，特别是在阀门密封面的堆焊喷焊方面得到了广泛采用。

四、高温耐蚀阀门密封面材料研究

苏联中央机器制造及工艺科学研究院对高温耐蚀阀门密封面堆焊焊条进行了多年的试验研究，并研究出了一系列的ЦН1、ЦН2、ЦН3、ЦН6、ЦН12M牌号的焊条（表1—6）。特别是ЦН6焊条可以用于650℃以下工作的阀门，

堆焊的阀门密封面具有良好的各种高温使用性能，这种焊条在苏联维纽克阀门厂得到应用，此类焊条采用0×18H9焊丝。与用ЦН2、ЦН3焊条的堆焊金属相比较，ЦН6焊条的堆焊金属硬度不高（HRC=27~35），但并不影响这种合金具有的较高的抗擦伤性能。与ЦН3焊条比较，ЦН6焊条具有以下优点：

1. 使用温度可提高到650℃；
2. 堆焊毛坯（小件）时可以不预热，焊接过程中不需加热；
3. 堆焊金属中铬含量要少1/2，因此比ЦН3焊条便宜；
4. 药皮较薄，因此对堆焊焊工的技术熟练程度要求低。

表1—6 几种焊条堆焊金属的化学成份和硬度

焊条牌号	元 素 含 量 (%)								堆焊金属硬度 (未热处理) HRC
	C	Si	Mn	Cr	W/Ni	Co	S	P	
ЦН1	1.0~1.5	2~2.5	—	28~32	4~5W	59~66	—	—	40~50
(B3K) ЦН2	1.7~2.0	2.0~2.5	—	28~32	4~5W	59~66	0.04	0.04	45~53
ЦН3	1.7~2.2	0.3~0.6	1.5~3.0	28~32	5~7W	—	0.04	0.04	45~50
ЦН6	0.10	5.0~6.8	1.5	16~18	7.0~9.0 Ni	—	0.035	0.035	28~32
ЦН12M	0.08 ~0.18	3.80 ~5.20	3.5~5.0	14.0 ~19.0	6.0~ 10.5Ni	—	—	—	35~45

苏联《化工石油机械》1971年6期报道了ЦН—12M焊条堆焊阀门密封面寿命的研究。据文献介绍，用ЦН12M焊条和ЦН2焊条堆焊金属的抗擦伤性能大致在同一水平上。用ЦН12M焊条堆焊金属组织是奥氏体为基体带有分布均匀的碳化物，没有晶间腐蚀。需要说明的是，这里重点介绍ЦН6焊条是因为它对我国阀门密封面堆焊材料在70年代的研究起了推动作用。许多材料如60年代末和70年代初一机部上海汽轮机锅炉厂研究的9—6D、9—6DB、9—6DB₁、9—6DB₂焊条，D547Mo、D557焊条都是在ЦН6焊条的基础上研制的一些新型焊条。

第四节 国内阀门密封面堆焊材料堆焊工艺的研究

一、哈尔滨焊接研究所

哈尔滨焊接研究所同其它单位一起于60年代末和70年代初在阀门堆焊设备和材料研究（表1—7）方面做了大量工作。70年代初，在我国首次研制成功了粉末等离子喷焊机，并大批量地在阀门行业厂推广。

二、武汉材保所

武汉材保所在粉末等离子喷焊设备和粉末研制方面做出了重要贡献。研制的DP—500型粉末等离子喷焊机由湖北省应山喷焊设备厂生产，推动了阀门行业厂的粉末等离子喷焊技术的发展。另外，武汉材保所与沈阀厂（所）协

表1—7

哈焊所等单位研制的阀门堆焊材料种类及成分

焊条牌号	元 素 含 量 (%)								堆焊金属硬度 (未热处理) HRC
	C	Si	Mn	Mo	W	Cr	Ni	V	
D507Mo	≤0.20	—	—	≤2.50	≤2.0	10.0~16.0	≤1.0	≤0.2	≥37
D547	≤0.18	4.8~6.4	0.6~2.0	—	—	15.0~18.0	7.8~9.0	—	HB=270~320
D547Mo	0.1~0.18	3.5~4.3	0.6~2.0	3.8~5.0	0.8~1.2	18~21	10~12	0.5~1.2	≥37
D567	0.50~0.80	≤1.30	24.0~27.0	—	—	9.5~12.5	—	—	≥25
D577	≤1.1	≤2.0	12.0~18.0	≤4.0	1.7~2.3	12.0~18.0	—	≤0.70	≥28
NDG—2									42

表1—8

沈阀所和武汉材保所研制的喷焊合金粉末成分

合金牌号	元 素 含 量 (%)								堆焊金属硬度 (未热处理) HRC
	C	Si	Mn	Cr	B	Mo	N	S	
F326	0.15	2.43	9.79	18.72	1.64	1.98	0.032	0.005	40~45

作,共同研制了F326等离子喷焊合金粉末(表1—8),在沈阀厂和一些阀门厂使用,效果良好。

三、合肥通用机械研究所

通用机械研究所阀门室考虑到国内许多阀门行业厂采用2Cr13、1Cr13焊条堆焊阀门密封面,该所对Cr13系的密封副不同硬度差做了大量的擦伤试验,也对国内的许多阀门堆焊

材料做了擦伤对比试验(表1—9)。这对阀门行业厂使用不同材料堆焊提供了依据。通用所阀门室通过大量试验得出如下结论:

1. 材料选择对耐擦伤性有决定性的影响;
2. 氮化能显著提高耐擦伤性能;
3. 为了提高耐擦伤性能,必须注意密封副表面的硬度匹配;

表1—9

擦 伤 试 验 结 果

编 号	摩 擦 副		硬 度 差	擦 伤 时 次	共 试 验 次 数	比 压 (kgf/cm ²)
	动 样	静 样				
1	2Cr13	2Cr13	13.2~13.4	149		250
2	2Cr13	2Cr13	12.8~13.3	34		350
3	2Cr13	2Cr13	13.3	8		450
4	3Cr13	1Cr13	12.9~13.6	214		250
5	3Cr13	1Cr13	13~13.7	57		380
6	BN ₁	BN ₁	BN ₁ -2Cr13气体氮化		>10000	180
7	BN ₂	BN ₂	BN ₂ -2Cr13离子氮化		>10000	250
8	BN ₁	BN ₁			>10000	450
9	BN ₁	BN ₁		9300		600
10	BN ₁	2Cr13			>10000	250
11	BN ₁	2Cr13			>10000	400
12	BN ₁	2Cr13		2250		600
13	BN ₁	2Cr13		1997		800

- 4. 比压对摩擦副的寿命有显著的影响;
- 5. 从耐擦伤性能看, Cr13系材料组成的密封副耐擦伤性能都不够理想。

上述结论适用于闸阀和擦伤为主要损坏型式的各种高中压阀门。

四、沈阳阀门研究所和沈阳高中压阀门厂

沈阳高中压阀门厂生产的阀门, 闸阀所占的比重最大。从60年代以来先后使用了四种合金堆焊材料(表1-10, 图1-4), 其中85号(D516M)合金和137号合金现在仍在使用。每一种堆焊材料都分别研制成手工堆焊焊条和以H08焊丝为盘状焊丝自动堆焊用的高合金非熔炼焊剂(表1-11, 1-12)。

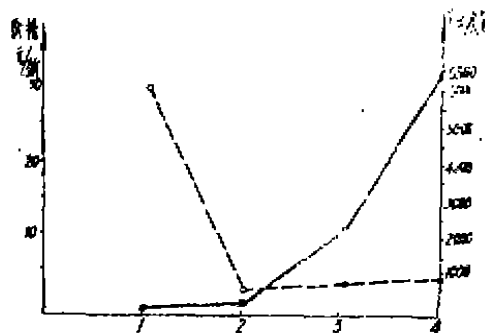


图1-4 四代材料技术和经济效益

---价格 —启闭次数
 1. 不锈钢 (18-8) 2. 过渡铬合金 3. 85号合金
 4. 137号合金

表1-10 沈阀厂先后用过的四代材料堆焊金属化学成分

焊接材料 厂内牌号	其它名称	堆焊金属化学成分 (%)								堆焊金属硬度 (未热处理) HRC
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	B	N	
SF1	—	<0.2	1.0	2.0	15.5	7.0	3.0	—	—	HB<170
SF2	过渡合金	<0.2	1.0	2.0	14.0	—	—	—	~	35~45
SF3	D516M (85号合金)	<0.2	2.0	8	14.0	—	—	—	0.1~ 0.2	35~45
SF4	137号合金	<0.35	2.0	9	15.0	—	—	1.0	—	32~40

表1-11 沈阀厂堆焊用焊条药皮配方

焊条 牌号	焊条药皮成分(重量比)												芯线材料		
	锰 铁	钼 铁	钛 铁	大理石	莹 石	硅铬 合金	碳酸 钠	电解 锰	金属 铬	硼 化物	氮 化物	氧 化铝		膨 润土	钛 白粉
SF1	6~10	11~15	2~6	29~33	24~28	—	—	—	—	—	—	—	2~5	5~9	H1Cr18Ni9Ti
SF2	3~7	—	3~7	24~28	13~17	40~44	—	—	—	—	—	—	—	3~7	H08
SF3	—	—	2~6	19~23	10~14	29~33	0.2~0.6	20~24	2~6	—	2~6	—	—	2~6	H08
SF4	—	—	2~6	17~21	8~13	30~34	0.2~0.6	14~18	2~6	1~5	2~6	2~6	—	2~6	H08

表1-12 沈阀厂堆焊用非熔炼焊剂配方

非熔炼焊剂牌号	非熔炼焊剂成分(重量比)										盘状焊丝牌号
	大理 石	钛 白粉	氧 化铝	硅 铁 (75*)	硅 铬 合 金	莹 石	电 解 锰	硼 化 物	氮 化 物		
SFY1	63~65	15~19	3~5	2~6	—	6~10	—	—	—	—	H1Cr18Ni9Ti
SFY2	27~31	2~6	12~16	1~4	43~47	3~7	—	—	—	—	H08
SFY3	19~23	4~8	9~13	1~5	38~42	2~6	13~17	—	2~6	—	H08
SFY4	18~22	3~7	8~12	1~5	37~41	2~6	14~18	1~5	2~6	—	H08

沈阀厂除平板闸阀以外,几乎所有其它类型的阀门密封面都采用堆焊,其中85%是自动堆焊,10%为手工堆焊,5%是粉末等离子喷焊。三种堆焊方法使用的材料均为高寿命的铬锰合金,焊条是85号和137号合金焊条,自动焊剂也是铬锰型的85号和137号高合金非熔炼焊剂,粉末等离子喷焊用合金粉末也是铬锰类型合金。除F326铬锰合金粉末由外加工,每年全厂所用的百余吨自动堆焊用焊条材料都是厂内自己生产。沈阳阀门研究所设有焊接实验室,主要是研制各种阀门密封面堆焊材料。

国内外阀门密封面堆焊常用四种工艺方法:氧乙炔火焰堆焊、手工电弧堆焊、埋弧自动堆焊、粉末等离子喷焊,这四种方法沈阀厂都用。气焊多用于堆焊小口径阀门密封面,使用堆焊材料为钴基司太利合金。

国内外在中温中压阀门的堆焊材料大都采用1Cr13或2Cr13合金手工堆焊焊条。沈阀厂60年代初也用过这种焊条,后来由于购买困难,就自行研制了过渡铬合金焊条、焊剂(2Cr14Mn2Si),并大量用于生产。为提高阀门寿命经过85次配方调整,找到了耐擦伤性能好,寿命高,堆焊工艺性好的85号Cr—Mn阀门密封面堆焊合金。在做这种材料的擦伤对比试验时,为了对比,同时做了2Cr13和过渡铬合金材料的擦伤试验,结果发现这两种材料的耐擦伤性能不好,而85号合金寿命提高几十倍,这种合金成分的阀门堆焊焊条在1987年10月被列入国家牌号(D516M、D516MA),已在全国许多阀门厂采用。在以后的研究工作中沈阀所又研究成功并推广了比85号合金更好的137号合金堆焊材料,包括自动堆焊用的高合金非熔炼焊剂和焊条。有关这方面的技术工艺问题将在以后章节中叙述。

五、国内许多阀门厂做了大量工作

上海阀门厂和哈尔滨焊接研究所共同研究并推广了DNG—2高温耐蚀材料。兰州高压阀门厂从建厂初期到现在一直坚持使用阀门密封面的自动堆焊。许多阀门厂如:上阀、良工、兰阀、北阀、开阀等厂粉末等离子喷焊应用得

较早。哈尔滨阀门厂、长春阀门厂都正在积极推广阀门密封面自动堆焊。

六、沈阳高中压阀门厂堆焊材料

沈阀厂的碳素钢(25号铸钢或相当于铸件含碳量的锻钢)均采用铬锰合金材料堆焊,如DN50~1000的闸阀闸板密封面, DN300~1000闸阀阀体密封面都采用Cr—Mn合金的自动堆焊。Cr—Mn合金的自动堆焊密封面抗擦伤性能好,寿命高,质量好,生产效率高。自动堆焊比手工堆焊生产率提高3~6倍,不管多大口径的密封面只堆焊一层。自动焊的密封面在0.5~5mm厚度之间的成分和硬度是相同的,而手工堆焊必须堆焊到3mm厚以上成分和硬度才稳定。一米口径的阀瓣或阀体密封面自动堆焊一层,时间为16~17分钟,而手工堆焊要堆4~5层,耗时4~5小时,同时自动堆焊降低了工人的劳动强度。自动堆焊有许多优点,应在阀门行业上继续推广应用。

有些阀体密封面是在本阀体直接堆焊,如DN50~100闸阀阀体,采用自动堆焊则比较困难,因此必须采用Cr—Mn合金的手工焊条堆焊。此外还有少量的堆焊工作量用Cr—Mn合金的粉末等离子喷焊,主要喷焊AZ41H25 DN150、200、250三个型号的平阀座。沈阀厂所有不锈钢(1Cr18Ni9Ti)基体阀门密封面材料都采用钴基司太利合金材料,堆焊工艺方面为排丝等离子堆焊,所用焊丝为日本的STL—3号钴铬钨焊丝,相当于我国的HS111钴基堆焊焊丝。

不锈钢阀门一般在高温高压或强腐蚀性介质中工作,设计要求堆焊司太利合金。经过多年的实践,沈阀厂于1968年试验成功了钴基司太利合金排丝等离子堆焊,不预热,可以堆焊DN500以下阀门的闸板和阀座。这种新技术至今已使用了20年,特别是大型阀门车间在设备和工艺方面又有许多改进,实现了更高层次的自动化,如机头自动摆动,只需要一个人手工送丝就可以,采用这种方法实现了不锈钢阀门密封面DN32~700的堆焊。比手工堆焊提高效率3~6倍,工艺简单,不需预热和焊后热

处理,熔深浅,电弧的准确性高,具有足够的电弧稳定性,因此堆焊焊缝的内在质量好,无气孔、裂纹等缺陷。所有这些就是充分利用了等离子的三大效应(热收缩效应、磁收缩效应、机械压缩效应)所产生的的 $14000\sim 32000^{\circ}\text{K}$ 高温电弧和传热率大的特点。氩气过流式等离子弧传热率为氧乙炔焰的传热率的20倍因此氩气等离子弧的热量利用率高,它的热量可同时满足堆焊件局部加热和熔化堆焊材料的要求。由于等离子弧温度高,势必促使堆焊迅速加快,因而大大减少了钴基司太利合金和镍铬不锈钢由于线膨胀系数不同而产生的热应力,从而减少产生热应力裂纹的可能性。因此,排丝等离子堆焊允许焊前不预热,而不产生裂纹,等离子焊枪可以横向摆动,使堆焊焊道从5mm到50mm变化,熔深浅,堆焊一层即可满足图纸设计要求。

第五节 各类高中压阀门对密封面性能要求及对堆焊材料的选择

高中压阀门一般分11大类,而有金属堆焊的阀门有七类:闸阀、截止阀、节流阀、蝶阀、止回阀、安全阀、减压阀。闸阀又分平板闸阀和楔式闸阀,平板闸阀密封面在沈阀厂从不堆焊,一般是软密封。楔式闸阀阀体和闸板都采用堆焊工艺生产。下面就各类高中压阀门对密封性能要求及对堆焊材料的选择做一简介。

一、楔式闸阀密封面

闸阀密封面的主要破坏形式是擦伤,其次是冲蚀。因此在选择堆焊材料时一定要选择抗擦伤性能好的堆焊材料,一般来说尽量不要采用1Cr13或2Cr13焊条,因为这种材料抗擦伤性能不好,抗裂性差,特别是2Cr13的堆焊容易出现裂纹。如果必须采用上述堆焊材料就应使闸板和阀座密封面的硬度差控制在HRC13~15之间,这样抗擦伤性能就会得到改善。若控制硬度差,就要进行淬火、回火处理,增加了工艺的复杂性。堆焊进行预热,堆焊后又要进行

硬度差的热处理,这在经济效益上不合适,这是在1975年大量试验研究基础上得出的结论。合肥通用机械研究所大量试验也得出了相同的结论。因此建议在焊接材料产品样本上的1Cr13、2Cr13系列的D507(堆507)、D507Mo(堆507Mo)、D502(堆502)、D517(堆517)焊条尽量不采用。若必须采用时,最好将闸板和阀座密封副其中一个采用不耐擦伤焊条(如D502~D507Mo);另一个采用耐擦伤的高锰系列合金焊条,如D516M(堆516锰)、D516MA(堆516锰A)即85号,或D577(堆577),这样可得到比较耐擦伤的效果,通过试验和实践我们认为,闸阀密封面的许用比压可达 400kgf/cm^2 (40MPa)。

二、截止阀密封面

截止阀密封面的破坏形式主要是冲蚀为主,其次是擦伤。有些结构的阀瓣是转动的,有些是不转动的。不转动的阀瓣以冲蚀破坏为主,转动的阀瓣则冲蚀和擦伤破坏兼而有之。阀瓣转动选用高锰的D516M、D516MA、D577比较合理,阀瓣不转动可选择1Cr13、2Cr13系列的D507,但用D502~D507焊条直接堆焊阀体太硬,加工困难,这一因素必须考虑。密封面的许用比压在同样压力、高温、介质的条件下,我们认为可以从 400kgf/cm^2 提高到 800kgf/cm^2 。

三、节流阀密封面

此种阀门只要求节流,不要求密封。阀瓣工作时有旋转,因此破坏形式以冲蚀为主,擦伤为辅,堆焊材料选择同截止阀。

四、减压阀密封面

此种阀的密封面主要破坏形式是冲蚀。这种阀门密封面适于采用高锰系列焊条之外,也可以用沈阳阀门研究所研究成功的Cr—Mn—B型137号合金,包括自动焊剂与焊条。不要误认为1Cr18Ni9Ti不锈钢类型A132之类的焊条抗冲蚀性好,它比2Cr13、3Cr15Mn9B(137号合金)抗冲蚀性能差,3Cr15Mn9B的抗冲蚀性能最好。

五、止回阀密封面

此种阀门密封面的损坏多由冲蚀和冲击所引起，因此选堆焊材料同减压阀和截止阀。

六、安全阀密封面

此种阀门密封面的损坏主要是冲击、冲蚀所引起，堆焊材料最好选用高锰系列的焊条焊剂比较合理，或选用2Cr13系列焊条。

七、蝶阀密封面

此种阀门密封面的损坏主要是由冲蚀、冲击所引起，堆焊材料选择高锰系列焊条焊剂较合理。选择2Cr13系列也行，但对大口径的蝶阀密封面堆焊工艺上的困难往往是难以克服的，这一点必须考虑。

八、注意

最后一点应该加以说明的是，各种碳素钢高中压阀门的密封面，包括可以堆焊的七类阀门密封面都不能采用1Cr18Ni9Ti系列焊条。因为用这类材料做阀门密封面，它的抗擦伤性能和抗冲蚀性能极差，价格也比其它类型焊条高出两倍左右。

第六节 85号合金的几个特点

一、85号堆焊合金的选择

选材时，首先利用擦伤试验进行试选。在

擦伤试验机上试验认为较好的合金材料，做为阀门密封面，再在管路上作阀门寿命试验，对结果满意的材料再与常用材料如钴基合金、2Cr13SF-2号过渡合金进行全面的试验比较，而后对寿命好的合金材料进行全面的性能试验和评定。

1. 合金成分的选定

(1) 从提高合金中的含锰量，增加合金的冷作硬化作用方面考虑，预计这种合金可以提高合金的抗擦伤性能（表1-13）。

表 1—13 合金成分

合金编号	化学成分 (%)				平均硬度 (HRC)
	C	Si	Mn	Cr	
85	0.13	—	8.13	12.1	44
99	0.26	—	13.15	15.8	18
110	1.06	0.38	9.60	12.95	33

(2) 研究2Cr13合金、SF-2过渡合金和钴基硬质合金（表1-14）的抗擦伤性能，用以和上述试验合金作比较。

2. 纯金属间摩擦试验——无介质的干摩擦

表 1—14 合金成分

合金编号	合金类型 (热处理状态)	化学成分 (%)						平均硬度 (HRC)
		C	Si	Mn	Cr	Co	W	
25-1	2Cr13 (淬火后硬度)	0.20	0.6	0.6	13	—	—	45
25-2	2Cr13 (回火后硬度)	0.20	0.6	0.6	13	—	—	28
1	2Cr12Mn2Si (焊后硬度)	0.14	0.98	1.71	12.30	—	—	48
12	2Cr16Mn3Si2 (焊后硬度)	0.13	1.54	2.94	16.90	—	—	38
30	钴基硬质合金 (焊后硬度)	1.0	—	—	28.04	66	3.70	42

摩擦试验原理见图1-5。在P作用下，给试块加以 600kgf/cm^2 的比压，试验块在Q力作用下，做左右各5mm的往复运动。试验温度可以是常温，也可以在热态下进行。试验时

保持原始条件完全一致，以便于比较试验结果。干摩擦试验时记下试块开始出现第一次擦伤的往复次数。各种合金的试验结果如表1-15。

表 1—15

擦 伤 试 验

材料编号	材 料 名 称	硬 度 (HRC)	试验温度	比 压 (kgf/cm ²)	擦伤次数	擦伤深度情况 (μ)
85	Cr12Mn8	44 42 43	室 温	600	149	痕迹0.01
85		42 43.5 47				
99	Cr15Mn13Mo	19 17.5 17	室 温	600	203	痕迹0.016
99		18 20 18				
110	100Cr12Mn9Si	33 34 36	室 温	600	57	痕迹0.02
110		30 32 34				
25-1	2Cr13	42 44 45	室 温	600	39	痕迹0.02
25-1		46 43 44				
25-2	2Cr13	27 30 28.5	室 温	600	4	痕迹0.236
25-2		44 43 45				
12	2Cr15Mn2Si	36.5 38.8 37	室 温	600	49	痕迹0.200
1	2Cr12Mn3Si	49 50 47.5				
30	钴 基 合 金	42 40 44	室 温	544	549	痕迹线0.01
30		43 42.5 40				
85	Cr12Mn8	44 43 42	450℃	400	5*	3.5~4.5
85		49.5 47 47				
12	2Cr15Mn2Si	38 36 35.5	450℃	400	5*	3~5
1	2Cr12Mn2Si	48.5 47 47				

*: 固定次数, 然后观察试块擦伤深度

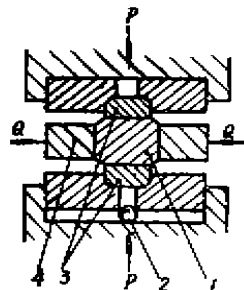


图1-5 干摩擦试验原理

1. 动试块 2. 钢球 3. 定试块 4. (极限位置)

纯金属无介质的干摩擦试验结果表明, 85、99、110号铬锰合金抗擦伤性能较好, 首先开始破坏的往复次数多, 痕迹较浅。以99号

合金为最佳, 85号次之, 110号再次之。30号钴基合金抗擦伤性能是最好的, 而2Cr13和12/1号SF-2过渡合金抗擦伤性能较差, 擦伤的痕迹深, 往复次数少。

3. 阀门寿命试验—工况条件下的模拟试验

(1) 试验方法和结果

不讲试验条件, 单纯的强调启闭次数是片面的, 应在试验条件一致, 泄漏量相同时, 比较启闭次数才有意义。目前阀门寿命试验没有一种统一的标准方法, 我们采用的方法是比较接近于工况使用条件(表1—16)。将所试验的材料全部堆焊在同一型号 Z81H25DN100闸

阀上, 每组材料同样堆焊两台阀门进行寿命试验比较。阀门制造全部符合技术条件要求。SF-2合金符合厂内标准, 2Cr13合金堆焊的闸板密封面硬度为HRC43~45, 阀体密封面硬度为HRC35~40。钴基合金采用等离子排丝堆焊, 其余采用手工电弧堆焊。在工况条件

下阀门寿命试验时, 采用检漏的办法评定密封面的破坏情况, 即在试验一定次数后, 在阀前压力20kgf/cm²时, 在阀出口侧检查每三分种的泄漏量。根据试验结果, 做启闭次数和泄漏量的关系曲线。工况条件下, 阀门寿命试验结果列于表 1-17。

表 1-16

试 验 条 件

试验方法	比较方法	密封面摩擦行程	介质流量	介质压差	密封面受力情况	试验材料	启闭次数	分析比较
带压启闭	观察破坏情况, 介质管道通径φ4~6mm记启闭次数	微小	微小	25kgf/cm ²	阀杆楔紧力加介质压力	SF-2 SF-2	4000次	从阀体一侧(或中腔)打压, 虽有介质压差, 但流量微小, 不能代表实际使用条件
大流量带压差启闭	观察破坏情况, 介质管道通径φ100mm检查泄漏量, 记启闭次数	大	0~80 t/h	20kgf/cm ²	阀杆楔紧力加介质压力	SF-2 SF-2	低于75次	模拟恶劣条件在介质压差20kgf/cm ² , 大流量作用下密封面最大摩擦行程, 加速破坏, 恶化了工况条件

表 1-17

寿 命 试 验 记 录

试验阀编号	密封面合金名称	硬 度 (HRC)	产生破坏的擦伤次数	
			干摩擦平均往复次数	模拟工况平均启闭次数
99 (阀体)	铬 锰 合 金	15~20	203	50*
99 (闸板)		15~20		
84 (阀体)	铬 锰 合 金	25~30	61	1100
84 (闸板)		25~30		
110 (阀体)	铬 锰 合 金	30~35	57	2200**
110 (闸板)		30~35		
85 (阀体)	铬 锰 合 金	40~47	149	5000
85 (闸板)		40~47		
30 (阀体)	钴 基 合 金	39~43	549	3200
30 (闸板)		39~43		
12 (阀体)	过 渡 合 金	26~34	41	低于75
1 (闸板)		38~45.5		
25 (阀体)	2Cr13 合金	37~40	4	低于75
25 (闸板)		43~45		

* 99阀门在50次检查密封面因硬度太低被脏物压成许多小坑, 停试。

** 110号阀门在2200次时并未泄漏, 但表面已擦伤, 故停试。

(2) 试验结果讨论

从各种材料的泄漏量与启闭次数的关系曲线(图1-6)可以看出:

a. 曲线起点距离座标原点愈近, 说明开始泄漏的启闭次数愈少。

b. 曲线愈陡或曲线上升的愈快, 说明密封面材料破坏的愈快。

c. 当泄漏量达到某一值时, 不再增加, 说明材料破坏已达到极限。这里有两种情况: 密封面在启闭次数极低时, 表面上已经撕裂到极限, 很快造成最大的泄漏量, 2Cr13和SF-2过渡合金属于此种情况; 密封面经过很高的启闭次数的均匀磨损, 使密封间隙增大, 致使实际比压小于密封比压造成泄漏, 85号铬锰合金和30号钴基合金属于此种情况。

d. 由试验结果(表1-17)看出, 85号铬锰合金在台架试验条件下阀门的使用寿命较高。它比相同硬度的2Cr13和SF-2过渡合金密封面阀门的使用寿命提高50多倍, 常温使用寿命与钴基合金相似。

e. 在材料成分变动不大的情况下, 提高密封面合金的硬度对提高阀门寿命极为有利。对HRC15~20、HRC25、HRC30~35的铬锰合金分别进行阀门寿命试验。从试验结果看出, 密封面硬度较高的阀门启闭次数多, 硬度低的启闭次数少。但硬度不能无限提高, 否则将给堆焊和加工带来许多困难。我们认为铬锰

合金密封面的硬度值为HRC35~45较为合适。

二、阀门密封面擦伤机理的初步探讨

1. 由金属间干摩擦试验可见, 铬锰合金、钴基合金的开始擦伤的往复次数多, 擦痕极浅。而FS-2、2Cr13开始擦伤的往复次数少, 擦痕较深, 且呈块状撕裂。阀门密封面在使用时, 当介质非常干净时, 相当于此种情况, 可见阀门密封面必须具有一定的抗金属间磨损能力。

2. 阀门在工况使用条件下, 由于介质不干净常含有一定量的泥沙、金属氧化物等脏物, 这些脏物的硬度不同, 在阀门关闭时, 脏物被挤压在密封面之间, 如它的硬度高于密封面, 脏物就被压入较软的密封面内, 在密封面相互移动时, 象切削一样, 密封面就从此处开始破坏。如脏物硬度低于密封面, 则脏物被挤碎, 密封面便不能压伤。由此可见, 阀门在工况使用条件下, 既有纯金属间的磨损, 又兼有介质中泥沙和氧化物引起的磨粒磨损。

3. 阀门密封面的擦伤都是经过这一过程, 在某一启闭过程中, 两摩擦表面发生原子间粘合, 而且伴随着两个密封面的相互移动, 粘合的部分产生撕裂, 即产生擦伤。

85号铬锰合金所具有的冷作硬化性能, 从微观角度看, 每一次经受摩擦的部分, 都在不同程度上产生了冷作硬化, 而冷作硬化后硬度的提高, 也就提高了合金的抗粘合性能, 从而在相互摩擦表面上不易产生擦伤。

三、堆焊金属的性能试验

1. 冷作硬化性能试验

金属由于塑性变形而提高硬度的现象叫做冷作硬化。试验是在50吨万能材料试验机上进行的。试验表明(图1-7), 各种原始硬度的2Cr13和SF-2合金冷作硬化后硬度变化不大, 而85号铬锰合金冷作硬化后硬度变化较大。85号铬锰合金明显的冷作硬化性能, 不仅提高了堆焊金属的硬度, 同时我们认为可能是提高阀门密封面使用寿命的主要原因之一。

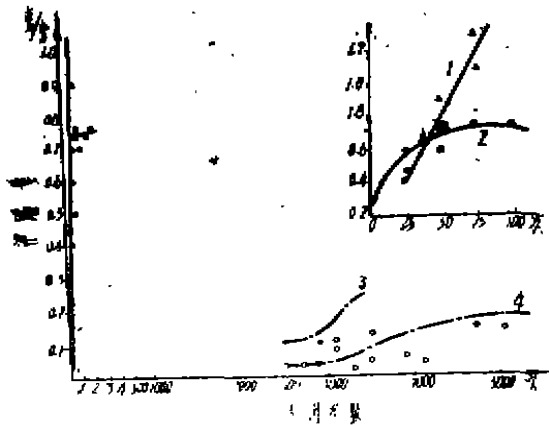


图1-6各种材料的泄漏量与启闭次数的关系
△SF-1(2) □2Cr13 • 钴基硬质合金 ○85号合金

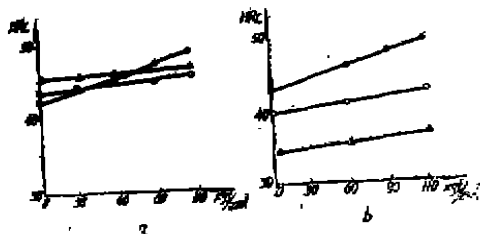


图1-7比压与被冷作硬化金属表面硬度关系
a. 2Cr13和SF-2合金原始硬度较高 b. 2Cr13和SF-2合金原始硬度较低

△2Cr13 ○SF-2 • 85号

2. 冲蚀试验

冲蚀试验是在上海材料研究所协作下在磁滞伸缩式超声波试验机上进行的。介质为水，温度为室温，变幅杆频率为20千周。实际生产中，采用SF-2合金、2Cr13合金做阀门密封面材料，阀体和闸板密封面均保持硬度差，闸板密封面硬度高于阀体的硬度。从冲蚀破坏的角度看，阀体密封面应首先破坏，故2Cr13和SF-2型过渡合金冲蚀试块均采用较软的阀体密封面硬度。试验结果表明（表1-18），110号铬锰合金抗冲蚀性能最好，而85号铬锰合金的抗冲蚀性能优于2Cr13和SF-2过渡合金。

表 1-18 冲蚀试验记录

试块编号	硬度 (HRC)	合金类型	平均失重 (毫克/第一小时)
12	26~34	SF-2过渡合金	3.36
25	35~40	2Cr13	4.55
85	40~47	Cr-Mn	3.32
110	30~35	Cr-Mn	0.502

3. 腐蚀性试验

腐蚀是合金在介质作用下，合金和介质进行氧化—还原反应出现麻点、穿孔致使合金表面破坏的现象，也是影响阀门使用寿命的因素之一。腐蚀破坏主要与腐蚀介质有关，不可能找到一种万能的适用所有腐蚀性介质的材料。我们用5%硝酸、5%醋酸、20%氢氧化钠溶液三种腐蚀性介质进行了试验，结果表明（表1-19）85号铬锰合金在室温和沸腾温度的平均腐蚀深度大大低于2Cr13合金，只有在沸腾的20%NaOH溶液中不可用，而对其它几种酸溶液，特别是在常温下都可以根据不同情况用作耐腐蚀阀门的密封面。85号铬锰合金用于介质为水、气、石油等非腐蚀性介质的阀门密封面，其抗腐蚀性能完全可以满足要求。

表 1-19

腐蚀性试验记录

材料名称	5%硝酸		5%醋酸		20%氢氧化钠	
	平均腐蚀深度 (mm/y)		平均腐蚀深度 (mm/y)		平均腐蚀深度 (mm/y)	
	室温	沸腾	室温	沸腾	室温	沸腾
	500小时	144小时	500小时	144小时	500小时	
85	0.0203	0.386	0.0073	0.013	0.00023	0.870(28小时)
2Cr13*	<0.10	3.0~10.0	<1.0	>10.0	<0.1	<1.0

* 2Cr13数据引证于合金钢手册

4. 抗氧化性试验

在高温下密封面极易氧化起皮，致使阀门密封面腐蚀破坏。因此对于450℃以下使用的阀门密封面需要具有一定的抗氧化能力。抗氧化性试验采用减重法，并选SF-2合金作比较。试验条件：加温450℃保温500小时。试验

结果（表1-20）表明，85号铬锰合金与SF-2过渡合金的抗氧化性相同，85号、110号铬锰合金均能满足于450℃以下阀门的使用要求。

5. 热稳定性试验

阀门密封面材料的组织稳定性是一个很重

表 1—20 抗氧化性试验结果

材料名称	腐蚀率 (mm/y)			平均值 (mm/y)	介 质
	0	1	2		
85	0.06	0.06	0.06	0.06	试块是在 KO-11 型电炉内 加热, 未 通入其它 气体
110	0.08	0.07	0.09	0.08	
SF-2	0.06	0.06	0.06	0.067	

要的质量指标,因为只有组织稳定,才能保证硬度稳定和材料抗擦伤、抗冲蚀等性能稳定。通过85号、110号、SF-2号合金堆焊后在450℃经过不同时间保温硬度变化(图1—8)可见,110号铬锰合金有明显的沉淀硬化现象,经450℃保温500小时后硬度提高10度左右,85号铬锰合金硬度降低3~4度,而SF-2合金硬度降低10度左右,此种材料硬度和组织均不稳定。因此从热稳定性角度看,85号铬锰合金可以满足阀门的使用要求。85号铬锰合金堆焊金属组织为马氏体、屈氏体和少量铁素体,经450℃保温500小时稳定性试验后的金相组织为回火马氏体、屈氏体和少量铁素体。

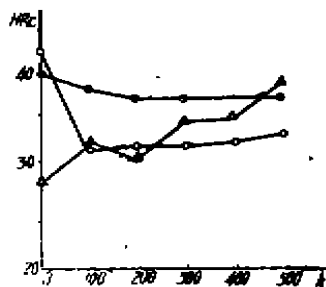


图1—8 450℃保温时间和硬度关系

○ 85号 △ 110 □ SF-2

四、小结

1. 85号铬锰合金的综合性能优于2Cr13和SF-2合金,在450℃以下完全可以代替这两种合金作阀门密封面材料。试验室试验证明,常温寿命比2Cr13和SF-2合金提高50多倍,与钴基合金相似。

2. 我厂自制的85号铬锰合金焊接材料每公斤比SF-2合金材料价格提高8.4%,而

阀门使用寿命却提高3~6倍。从经济技术角度来看,采用85号铬锰合金焊条代替原来FS-2过渡合金焊条是合理的,可行的。

3. 85号铬锰合金成分无镍少铬,以锰代镍,资源可以立足于国内,因此具有推广使用前途。

第七节 137号合金的几个特点

一、堆焊金属的选择

Cr-Mn-B型137号合金是在Cr-Mn-N型85号合金基础上发展起来的寿命高、硬度稳定性较好的一种阀门密封面自动堆焊用合金。虽然85号合金表面硬度较高、抗擦伤性能好、综合性能优于2Cr13合金,但由于其堆焊金属组织是马氏体、屈氏体和少量铁素体,堆焊金属的基体硬度因受到成分、工件冷却速度、热处理条件的变化影响而变化,有时甚至同一个闸板密封面的基体硬度也不完全一样。要保持85号合金堆焊金属封面基体硬度稳定,就要求密封面的成分波动范围较窄,这在85号合金手工电焊条堆焊完全可以实现,而在采用交流电源,HO8A低碳钢丝,非熔炼焊剂85号合金的自动堆焊就难以实现。

阀门密封面常常是以金属磨损为主兼有磨粒磨损,纯金属间的磨损性能的好坏与金属成分、金属组织有关,而金属与硬颗粒质点之间的磨损性能的好坏常与密封面硬度有关。因此,在材料成分变化不大并具有良好的抗擦伤性能的情况下,提高密封面的基体硬度稳定性对提高密封面抗垫伤和划伤的能力极为有利。因此,我们又研制了一种基体硬度不高,硬度稳定性较好,同时具有良好的抗擦伤、垫伤、划伤能力,综合性能比85号合金更好的阀门密封面材料—137号合金。

二、试验材料及试验方法

1. 试验材料

自动堆焊试验用的母材为本厂冶炼的碳素钢阀门铸件。试验用HO8A、H1Cr13、φ4mm、φ5mm盘状焊丝,焊剂为自己研制的高合金非

熔炼焊剂, 试验主要用交流电源 MZ-1000 型或直流电源 GM-1000 型埋弧自动焊机。

2. 试验方法

在闸板上进行埋弧自动堆焊, 堆焊中的 C、Si、Mn、Cr、B 等元素通过焊剂过渡, 堆焊一次成型。堆焊焊道至 3mm 高为密封面, 取样化验, 打硬度。对密封面金属进行各种理化性能和阀门使用性能试验, 反复调整焊剂配方, 进行堆焊工艺性试验。埋弧自动堆焊的规范如焊接电流、电弧电压、堆焊件转速, 根据对成分的不同要求, 可以在某一范围内变化。调整焊剂配方和控制堆焊规范共进行了 137 次试验才达到了目的, 发现了适用于阀门密封面 Cr-Mn-B 型合金(表 1-19)称为 137 号合金。

表 1-19 137 号合金的化学成份

元 素	C	Si	Mn	Cr	B
含量 (%)	0.3	2	9	15	1

三、试验结果及分析

1. 合金元素对 Cr-Mn 系堆焊金属硬度的影响

(1) Cr、Mn 对 Cr-Mn 系堆焊金属硬度的影响

阀门密封面堆焊合金要求有较高的硬度, 并且硬度稳定性要好。只有这样, 阀门密封面才能有优良的抗擦伤, 垫伤和划伤的性能。Cr 是形成铁素体的元素, Mn 是产生奥氏体的元素, 采用高合金化的非熔炼焊剂自动堆焊, 当电弧电压增加时, Cr、Mn 元素过渡量增加, 随之引起堆焊金属密封面硬度的降低(表 1-20)。这是采用交流电源的自动焊机堆焊所得结果, 由于密封面的硬度忽高忽低, 因而直接影响到阀门的性能。

(2) B 对 Cr-Mn 系堆焊金属硬度的影响

堆焊金属加入不同数量的 B 时, 发现密封面硬度有明显的变化, 从表 1-21 可以看出, 虽然 Cr、Mn 含量有较大的增加, 但由于含 B 量也增加, 而硬度并不降低。

(3) Cr-Mn-B 系堆焊金属的金相分析

表 1-20 Cr、Mn 元素变化引起的硬度变化

堆焊合金牌号	化学成分 (%)					平均硬度 (HRC)*
	C	Si	Mn	Cr	N	
85	0.13	—	8.13	12.10	0.141	44
110	1.06	0.38	9.60	12.95	—	33
99	0.26	—	13.15	15.80	—	18
116	0.11	0.60	9.00	18.00	—	17.5
117	0.13	0.39	10.40	15.00	—	16.8

* HRC 值是采用 150kg 载荷硬度计检测的结果

表 1-21 Mn、Cr、B 元素变化引起的硬度变化

合金试块编号	焊丝类型	化学成分 (%)					平均硬度 (HRC)*
		C	Si	Mn	Cr	B	
19-7		0.31	1.72	8.25	12.4	0.94	37.8
22-1	HA08	0.31	2.42	9.87	19.6	1.03	40.16
24-3		0.31	2.15	10.40	17.06	0.69	37.0

* HRC 值采用 150kg 载荷硬度计检测

用两种方法做材料的相结构分析: 一种用电解法溶解基体, 提取第二相粉末, 做第二相 X 光结构分析。另一种是块状样品, 进行 X 光衍射分析基体结构。结构分析的结果如表 1-22 所示。3 个试样均以奥氏体为基体, 分别含有数量不等的铁素体。第二相以 Fe_2B 、 Cr_2B 为主, 它们是四方结构的硼化物相。此外, 尚有数量不等的 $M_{23}(C, B)_6$ 相为复杂面心立方结构的相。

表 1-22 3 种 Cr-Mn-B 合金的相结构分析

试块合金编号	相 组 成				
19-7	γ -Fe (基体)	α -Fe	Fe_2B	Cr_2B	$M_{23}(C, B)_6$ (较少)
22-1	γ -Fe (基体)	α -Fe	Fe_2B	Cr_2B	$M_{23}(C, B)_6$ (多)
24-3	γ -Fe (基体)	α -Fe	Fe_2B	Cr_2B	$M_{23}(C, B)_6$ (较多)

(4) 试验结果讨论

a. 查阅碳硼化物的硬度值, Cr_2B 为 $1350kg/mm^2$, Fe_2B 为 $1290\sim 1680kg/mm^2$, $Cr_{23}C_6$ 为 $1650kg/mm^2$, 这些高硬度的碳硼化物分布在晶界, 形成了耐磨骨架, 这是

Cr-Mn-B系合金具有较高耐磨性的主要依据。

b. 从表1-20可以看出, 采用H08A芯线通过非熔炼焊剂过渡高合金的自动堆焊, 因成分变化而引起堆焊金属硬度有较大变化。这个问题采用直流电源当然可以基本解决, 但用交流电源的自动堆焊通过调整堆焊金属成分的方法同样可以解决, 其办法就是焊剂中除加入产生铁素体、奥氏体软组织形成元素Cr、Mn、Si等外, 还加入一些产生高硬度硬质相的硼化物, 使其在电弧电压升高时, 过渡Cr、Mn、Si等元素增加的同时也增加硼化物的过渡量, 使其化学成分在某一范围内变化时产生硬质相元素的过渡量永远与产生软组织元素的过渡量达到某一平衡。硼化物数量虽少, 但它产生硬质相的硬度是软组织的几十倍, 因此在成分有一定波动的情况下, 保持堆焊金属硬度值基本稳定不变, 这一点对堆焊生产和保证密封面使用性能稳定意义很大。

c. 根据金相分析和技术-经济对比的结果, 选用H08A芯线的Cr-Mn-B非熔炼合金焊剂, 选定137号堆焊合金, 生产上堆焊金属成分允许有一定范围的波动。

2. 电源种类对Cr、Mn、B系堆焊金属成分稳定性的影响

对于同一种非熔炼焊剂和H08A焊丝, 采用不同类型电源的自动堆焊, 堆焊金属的稳定性明显的不同。采用MZ-1000交流电源自动焊机, 用非熔炼焊剂堆焊, 合金过渡量易于受网路电压变化的影响而变化。采用GM-1000型直流自动焊机堆焊时, 因电弧电压稳定, 合金过渡量比较稳定, 堆焊金属的各种性能也比较稳定。试验是用同一种堆焊材料, 分别用交、直流电源的自动焊机堆焊, 然后将每一道焊缝分4段取样化验(表1-23)。

3. 磨损和寿命试验

(1) 擦伤-干摩擦试验

阀门密封面材料的抗擦伤性能是一项重要指标, 将137号合金、85号合金、2Cr13进行

表1-23 不同电源自动堆焊对成分稳定性影响

电源种类	取样化验部位	化学成分(%)				
		C	Si	Mn	Cr	B
直	1	0.24	2.14	8.10	13.20	0.63
	2	0.26	2.52	8.90	14.30	0.65
	3	0.25	2.30	8.90	14.30	0.62
流	4	0.20	2.62	8.90	14.90	0.68
	1	0.28	1.88	7.5	13.5	0.53
交	2	0.31	2.13	8.9	15.8	0.56
	3	0.29	1.98	8.0	13.4	0.58
流	4	0.23	1.93	8.3	13.2	0.56

擦伤试验对比。干摩擦试验结果(表1-24)表明137号合金的抗擦伤性能优于85号合金和2Cr13。有些高硬度材料的试块并不耐擦伤, 破坏形式有撕裂和咬合, 可见金属的抗擦

表1-24 擦伤试验结果对比

试件号	擦伤副材料	热处理方法	擦伤副材料硬度(HRC)			往复次数
1	2Cr13	淬火一回火	52	51	52	2
	2Cr13		52	49	52	
2	2Cr13	淬火一回火	48.5	48	48	3
	2Cr13		51	51	49.5	
3	2Cr13	淬火一回火	48.5	49	49	1
	2Cr13		50	51	49	
137-1	137	焊后空冷	38	36	37	46
	137		37	36	36	
137-2	137	焊后空冷	36	36	34	108
	137		36	35	37	
137-3	137	焊后空冷	34	37	38	113
	137		37	37	35	
85-1	85	焊后空冷	40	40	41*	86
	85		40	38	38	
85-2	85	焊后空冷	36	35	34*	60
	85		40	40	39	
85-3	85	焊后空冷	38	36	39*	57
	85		46	45	45	

* 为10公斤载荷表面硬度计检测的硬度HRC结果

伤性能与金属成分和组织结构有关。干摩擦试验没有介质和压差,因此只是定性的反应了材料抗金属间磨损性能的好坏。

(2) 台架寿命试验

将堆焊137号合金和2Cr13合金的密封面阀门,在相同条件下进行对比试验,试验结果(表1-25)表明,做为阀门密封材料,137号合金优于2Cr13。

试验条件,介质为水,压力为0~25kgf/cm²,流量为0~50t/h,PH值为5.8,泥沙含量50mg/L,启闭周期2次/min。

试验方法:在试验前保证出口侧3分钟无泄漏,在上述条件下进行开关试验,直到阀门泄漏为止,记下开关次数及泄漏量。

表1-25 台架寿命试验结果*

试验阀编号	试验阀型号	密封面材料	开关次数	泄漏量
1	AZ41H25DN100	2Cr13/2Cr13	60	大
2	AZ41H25DN100	2Cr13/2Cr13	60	大
3	AZ41H25ND100	137/137	3000	无
4	AZ41H25DN100	137/137	6500	无

* 密封副无硬度差

(3) 工业运行情况调查

试验室内的台架寿命条件极其有限,实际阀门用户的使用条件千差万别,温度和介质各不相同。为了要反映阀门密封面材料的实际使用情况,我们先后到抚顺石油一厂、锦西炼油厂等单位做了典型用户的阀门长期工业运行情况调查。137号自动堆焊合金在上述用户的工况条件下运行是安全可靠的,可以代替2Cr13或85号合金做为450℃以下,工作压力≤320kgf/cm²,介质为水、气、油的新型阀门密封面自动堆焊材料。

4. 堆焊金属的高温性能试验

(1) 堆焊金属的高温硬度

高温硬度是在鞍钢钢研所的日本高温硬度试验机上检测的。用于较高温度的阀门密封面材料,其红硬性是一个重要的指标,从表1-26

可以看出,137号合金红硬性较好,看来硼对高温硬度有较好的作用。

三种堆焊合金材料的

表1-26 室温和高温硬度值

材料名称	硬度 (HV ₁₀ ³⁰)					
	室温	300℃	400℃	500℃	600℃	700℃
2Cr13	440	396	377	332	137	94.2
86	229	121	116	110	101	95.2
137	332	201	180.6	171	158	149

(2) 堆焊金属的热稳性试验

在较高温度长期使用的阀门,其密封面的材料不允许由于组织的变化而产生硬度的降低。137号合金和85号合金在高温都具有沉淀硬化作用,硬度没有明显的变化而在这方面137号合金优于85号合金和2Cr13(图1-9)。

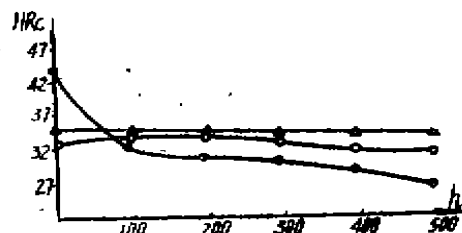


图1-9 堆焊金属常温硬度与450℃时效时间的关系

• 2Cr合金 △ 137号合金 ○ 85号合金
(85号合金用表面硬度计检测)

(3) 堆焊金属的抗氧化性试验

试验采用增重法,在箱式碳砂棒电炉中进行,在450℃下保温500小时出炉空冷,由试验结果(表1-27)可知,137号合金和85号合金

表1-27 抗氧化性试验

试件编号	氧化腐蚀速度 (g/m ² ·h)	氧化腐蚀深度 (mm/y)	抗氧化性的评定
85-3	0.698	0.7839079	抗氧化
85-1			
85-2			
85-4	0.109	0.1224153	抗氧化
137-3	0.4844	0.5440184	抗氧化
137-1			
137-2			
137-4			

抗氧化性能较接近，而137号合金比较稳定。

5. 抗蚀性试验

(1) 抗冲蚀性试验

冲蚀试验是在上海材料研究所协作下在磁滞伸缩式超声波试验机上进行的，介质为蒸馏水，变幅杆频率为8654~8664HZ，振幅为70 μ m，试验时间为3小时，试验材料有2Cr13 (HRC34~37)，1Cr18Ni9Ti (HB144)，137合金 (HRC33~37)。由试验结果 (图1-10) 可知，137合金的抗冲蚀性能较好。

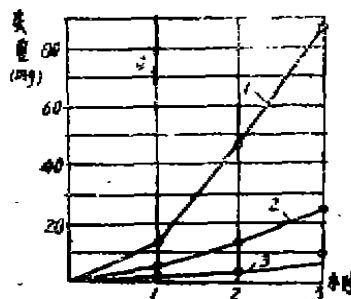


图1-10 3种材料冲蚀试验结果

1. 1Cr18Ni9Ti 2. 2Cr13 3. 137号

(2) 抗腐蚀性试验

将137号合金与85号合金在几种典型介质中进行腐蚀性的对比试验。由试验结果 (表1-28) 可知，在几种介质中137号合金的抗腐蚀性性能优于2Cr13，在5%硝酸和醋酸中稍次于85号合金。

表1-28 500小时腐蚀结果 (mm/y)

试验材料	5%硝酸	5%醋酸	5%氢氧化钠
137号	0.4551122	0.077832	0.0000274
85号	0.000621	0.0006256	0.002392
1Cr13*	<0.1	<1.0	<0.1

* 2Cr13数据引证于合金钢手册

6. 技术经济分析

国内阀门行业密封面比较成熟的焊接方法有手工焊条堆焊、埋弧自动堆焊和粉末等离子

喷焊三种，在这三种堆焊工艺方法中自动堆焊效率最高，它比手工堆焊高3~6倍，比等离子堆焊高近1倍。阀门密封面采用137号合金的埋弧自动堆焊比2Cr13手工堆焊 (以DN100的闸阀为例) 密封面成本降低40%以上。由于137号合金堆焊后的硬度较高，硬度比较稳定，抗擦伤性能和使用寿命比85号合金提高1倍左右，因此，阀门密封面采用137号合金更为可靠。

四、小结

1. 137号自动堆焊合金综合性能优于85号合金和2Cr13，硬度 (HRC32~40) 不受工艺因素影响。经试验室台架寿命试验及工况运行考核证明比手工堆焊2Cr13阀门使用寿命提高许多倍，比85号合金使用寿命提高1倍左右。

2. 137号合金自动堆焊工艺简单，合金材料抗裂性好，不需预热、保温、缓冷等工艺措施，可堆焊大、中、小型阀件，适于大批量生产，长期生产实践证明，密封面硬度稳定，堆焊产品质量稳定。

3. 阀门密封面采用高效率的埋弧自动堆焊137号合金比手工堆焊提高生产效率3~6倍，比等离子粉末喷焊提高1倍左右，比用手堆焊2Cr13焊条降低成本44%，比堆焊85号合金材料成本提高22.4%。

4. 137号合金是一种新型的自动堆焊材料，同时已经研制成焊条用于生产。

5. 137号合金采用交流电源自动堆焊，密封面已达到较高硬度，虽然密封面的成分受工艺因素影响有一定的波动，但硬度不变。如采用直流电源的自动堆焊则即可达到较高硬度，硬度稳定性好，其成分也不受工艺因素影响。因此，在条件允许的情况下，137号合金应尽量采用直流电源的自动堆焊，这样能更好的发挥这种合金的优越性。

(未完待续)