

YI ZHONG NANHAN CAILIAO DE HANJIE
XINGONGYIXINJISHU SHIYONG SHOUC

异种难焊材料的焊接 新工艺新技术实用手册



安徽文化音像出版社

异种难焊材料的焊接 新工艺新技术实用手册

第四卷

赵健军 主编

安徽文化音像出版社

第三章 异种难焊材料堆焊 新工艺新技术

近年来,随着我国冶金、矿山、电力、石油化工等大型成套装备的制造及应用,异种材料的堆焊技术不断提高,如大型核容器及石化容器管道内壁耐腐蚀层的高速带极堆焊、大型板坯弧型连铸机拉矫辊及导辊耐磨层的药芯带极埋弧堆焊、矿山设备的大面积耐磨合金复层的丝极摆动埋弧堆焊以及阀门密封面堆焊中的真空熔结工艺等。目前,异种材料的堆焊技术已广泛应用于矿山、冶金、农机、建筑、电力、运载车辆、石油化工设备核动力以及工具、模具的制造、修理与保养。

第一节 异种难焊材料堆焊的类型及特点

一、异种材料堆焊的类型

根据堆焊层的使用目的划分,异种材料的堆焊包括下列类型。

1. 耐蚀堆焊

也称为包层堆焊,是为了防止工件在运行过程中发生腐蚀而在其工作表面上熔敷一层一定厚度、具有耐腐蚀性能金属层的焊接方法。

2. 耐磨堆焊

为了防止在工作过程中工件表面被磨损并且延长使用寿命的堆焊。

3. 隔离层堆焊

焊接异种材料时,为了防止母材成分对焊缝金属化学成分的不利影响,以保证接头性能和质量,而预先在母材表面(或接头的坡口面上)熔敷一定成分的金属层(称隔离层)。熔敷隔离层的工艺过程,称隔离层堆焊。

二、堆焊合金的使用性能

在工件表面堆焊异种材料时,选用的堆焊合金必须能够满足零件工作表面使用性能的要求,这些使用性能主要包括合金的耐磨性、耐蚀性、耐冲击性以及耐高温性能。

1. 堆焊合金的耐磨性

工件在使用过程中由于表面被固体、液体或气体的机械或化学作用引起的材料脱离或转移而造成表面发生磨损。磨损形式有黏着磨损、磨料磨损、疲劳磨损、冲击磨损和微动磨损五种类型。

①黏着磨损 是指金属与金属之间相对移动时,由于两接触面凹凸不平,在摩擦过程中引起表面金属变形、局部高温焊合而撕裂或结合金属转移到另一表面,从而产生的表面破坏。黏着磨损较多发生于润滑不良或不进行润滑的滑动摩擦零件中如轴、轴承、履带轮、制动轮、阀门密封面、切削刀具、模具等零件。一般要求堆焊合金有较小的摩擦系数,堆焊合金的硬度和耐磨性应与相互摩擦的母材相近。

②磨料磨损 当硬质颗粒或表面粗糙物体(称为磨料,如岩石、矿石、沙子、土壤、硬金属屑、砂布、砂轮等)在压力的作用下,对金属表面进行显微切削,即产生了磨料磨损。按应力状态不同,磨料磨损分为凿削式磨料磨损、高应力磨料磨损和低应力磨料磨损三种形式。

③疲劳磨损 摩擦表面相对滚动或滑动时,由于承受反复的加热和冷却作用,使金属产生裂纹,从而造成金属表面破坏的现象。如热轧辊、热锻模、热铸模、装料机料斗等热加工设备或工具,表面都受到了强烈的热疲劳作用。

④冲击磨损 金属表面由于外来物体的连续高速冲击而引起的磨损称为冲

击磨损。破坏过程取决于外来物体的大小、形状、浓度、速度和冲击角等。几种堆焊合金耐磨料磨损和耐冲击磨损的能力比较见表 9-3-1。

表 9-3-1 几种堆焊合金耐磨料磨损和耐冲击磨损的能力比较

堆焊合金	磨料磨损量 ^①		冲击韧度
	在湿石英砂中	在干石英砂中	
粒状碳化钨(气焊)	0.20	0.60	低 ↓ 高
高铬合金铸铁(气焊)	—	0.03	
铬钨马氏体合金铸铁(气焊)	0.35 ~ 0.40	0.02	
铬镍或铬钼马氏体合金铸铁(气焊)	0.35 ~ 0.40	0.04	
马氏体低合金钢(弧焊)	0.65 ~ 0.70	—	
铬钼或 5% 铬马氏体钢(弧焊)	—	0.40	
珠光体钢(气焊)	0.80	0.06	
高锰奥氏体钢(弧焊)	0.75 ~ 0.80	—	

①以 20 钢磨损量为 1 计算。

⑤微动磨损 在机械零件配合较紧的部位,在载荷和一定频率振动条件下,使零件表面产生微小滑动而引起的磨损,称为微动磨损。如紧密配合轴颈处、航空发动机涡轮叶片的榫头处等。微动磨损常常从黏着磨损开始,凡能抵抗黏着磨损的材料均有利于防止微动磨损。另外,在钢中加入 Cr、Mo、V、P 和稀土等元素也能够改善抗微动磨损的能力。

2. 堆焊合金的耐蚀性

在摩擦过程中,金属表面同时与各种气体、酸、碱、盐等腐蚀介质发生化学或电化学反应而引起的破坏,称为腐蚀。

①化学腐蚀 是金属与介质发生化学反应而引起的损坏。腐蚀产物在金属表面形成表面膜。如果该表面膜致密、完整,强度和塑韧性好,线膨胀系数与金属近似,膜与金属的黏着力强等,则表面膜就能对金属提供有效的保护作用。铝、铬、锌、硅等元素能生成这样的氧化膜,可以缓解金属的腐蚀。

电化学反应是金属与电解质溶液相接触时,由于形成原电池而使电位较低的部分遭受腐蚀,如金属在潮湿大气中的大气腐蚀、不同金属接触处的电偶腐蚀

等均属于电化学腐蚀。常用耐化学腐蚀的堆焊合金有铜基合金、镍基合金、钴基合金和铬镍奥氏体不锈钢堆焊合金等。

②气蚀性 当液体相对于金属表面高速运动时,表面不断产生气穴,随后在气穴破灭过程中,液体对金属表面产生强烈的冲击力,如此反复作用,再加上液体介质的腐蚀作用,就造成了金属表面的气蚀破坏。水轮机转子叶片、船舶螺旋桨、水泵等常常发生气蚀。从气蚀的形成机理可知,气蚀的形成原因复杂,既有冲击磨损、磨料磨损又有腐蚀问题。因此宜选用既有较好抗腐蚀性、又有较高强度和韧性的堆焊合金。镍铝青铜堆焊合金和奥氏体不锈钢堆焊合金广为采用。

3. 堆焊合金的高温性能

金属工件在高温下工作,可能引起氧化或起皮,组织因回火或相变而软化;高温条件下长期工作而产生蠕变破坏;承受反复加热或冷却而导致热疲劳破坏等。因此,在高温下工作的堆焊合金必须具有抗氧化性、热强性、热硬性、抗热疲劳性、抗高温磨损和耐高温腐蚀等性能,如镍基合金、钴基合金和高铬合金铸铁等都属于应用较为广泛的典型耐高温堆焊合金。

工件表面的磨损现象比较复杂,对同一种工作条件往往存在多种磨损形式。如轧辊、热锻模等在工作过程中不仅受热疲劳作用,而且还承受磨料磨损、氧化磨损和冲击磨损等;高、中压阀门密封面,在不同条件下可能承受磨料磨损、黏着磨损、腐蚀磨损等多种磨损形式。所以,必须具体情况具体分析,并找出起主要作用的磨损类型,作为选取堆焊合金的重要依据。

三、异种材料堆焊的特点

异种材料堆焊的物理本质、冶金过程和热过程的基本规律与一般焊接相似。由于堆焊层合金与母材属于异种材料,并且还要求充分发挥表面堆焊合金的性能,所以异种材料堆焊有如下特点。

1. 堆焊层的合金成分是决定异种材料堆焊效果的主要因素

被堆焊的材料种类繁多、工作环境复杂、基体材料几乎包括了所有类型的金属。因此,必须根据具体情况,合理制定堆焊层的合金系统,这样才能使堆焊零

件具有较高的使用寿命。

2. 尽量降低稀释率是制定堆焊工艺的重要出发点

稀释率是表示堆焊焊缝中,含有母材金属的百分率,例如稀释率 10%,表示堆焊合金中含有母材金属 10%,含有堆焊合金 90%。堆焊层一般含有较多的合金元素,而零件的基体往往采用普通碳钢或低合金钢。因此,为了获得具有理想使用性能的表面堆焊层成分,必须尽量减少母材向焊缝的熔入量,即降低稀释率。

3. 提高堆焊生产率

堆焊零件往往数量多,堆焊层合金所需要的堆敷金属量大,应选用和研制生产率较高的堆焊方法和堆焊工艺。

4. 堆焊合金与基体金属之间的匹配

堆焊层与母材成分往往相差较为悬殊。为防止堆焊时或焊后热处理以及零件使用过程中,堆焊接头产生过大的热应力和组织应力,从而使堆焊层开裂甚至产生剥离现象,往往要求堆焊合金和基体金属最好有相近的线膨胀系数和相变温度等热物理性能。

四、异种材料堆焊的用途

异种材料堆焊是采用焊接工艺将堆焊合金熔敷在金属材料或零件表面,以获得特定的表面层性能和表面尺寸。异种材料表面堆焊技术多以延长设备或零件的服役寿命为目的,少数情况下,也用于单纯以恢复零件尺寸为目的的场合。

1. 修复旧零件

轧辊、轴类、工模具、农机零件、采掘机件等易磨损零件,经过一段时间运行后工作性能和工作效率都会下降,甚至失效,采用堆焊工艺可以较好地进行修复。据统计,用于修复旧零件的堆焊合金量占堆焊合金总量的 72.2%。修复旧零件的费用很低,而使用寿命往往比新零件还高。如堆焊旧轧辊的费用仅是新轧辊的 30%左右,而质量却比新轧辊提高 3~5 倍。因此,广泛采用堆焊工艺修复旧零件,对节约材料、节省资金、弥补配件短缺等具有重要的意义。

2. 制造新零件

通过在金属材料上堆焊异种合金可以制成双金属机器零件。这种零件的基体和堆焊层表面,由于具有不同的性能,所以能够分别满足两者的不同技术要求。这样,既能使零件获得很好的综合技术性能,也能充分发挥材料的工作潜力。如水轮机的叶片,基体材料选用碳素钢,在可能发生气蚀的部位表面堆焊一层不锈钢,使之成为耐气蚀的双金属叶片;在金属切削刀具的制造中,刀体要求强韧,选用价格便宜的碳钢制造;而刀刃位置要求坚硬锋利,采用堆焊工艺将硬质合金堆焊在刀体刃口部位,可以节约大量贵重合金,大幅度提高使用寿命。

要充分发挥异种材料的堆焊技术必须解决好两方面的问题:一是必须正确选用堆焊合金,其中包括堆焊合金的成分和堆焊材料的形状,而堆焊合金的成分又往往取决于对堆焊合金使用性能的要求;二是选定合适的堆焊方法,制定相应的堆焊工艺。

第二节 堆焊合金的分类及特性

一、堆焊合金的分类

1. 按堆焊合金的形状分类

按堆焊材料的形状分堆焊合金有丝状、铸条状、带状、粉粒状和块状等。

①丝状和带状堆焊合金 由可轧制和拉拔的堆焊材料制成,均可做成实心和药芯堆焊材料,有利于实现堆焊的机械化和自动化。丝状堆焊合金可用于气焊、埋弧堆焊、气体保护堆焊和电渣堆焊等;带状堆焊合金尺寸较大,主要用于埋弧堆焊和电渣堆焊,熔敷效率高。

②铸条状堆焊合金 轧制和拉拔加工性较差的材料,如钴基、镍基合金和合金铸铁等,一般做成铸条状。可以直接供气焊、气体保护堆焊和等离子弧堆焊时

用作熔敷金属材料。铸条、光焊丝和药芯焊丝等外涂药皮即可制成堆焊焊条,专供手工电弧堆焊使用。适应性强、灵活方便,可以全位置施焊,应用较为广泛。

③粉粒状堆焊合金 将堆焊材料中所需的各种合金制成粉末,按一定配比混合成合金粉末、供等离子弧或氧气-乙炔火焰堆焊和喷熔使用。最大优点是方便了对堆焊层成分的调整,拓宽了堆焊材料的使用范围。

④块状堆焊合金 粉料加黏结剂压制而成,可用于碳弧或其他热源进行熔化堆焊。堆焊层成分调整也比较方便。

2. 按堆焊合金系分类

按堆焊层的化学成分和组织结构可以分为铁基堆焊合金、合金铸铁类堆焊合金、镍基堆焊合金、钴基堆焊合金、铜基堆焊合金和碳化钨堆焊合金。

①铁基堆焊合金 由于合金含量、含碳量和冷却速度的不同,堆焊层的基体组织可以有马氏体、奥氏体、珠光体钢等几种类型。

C是铁基堆焊合金中最重要合金元素。Cr、Mo、W、Mn、V、Ni、Ti、B等也能作为合金化元素。合金元素不但影响堆焊层中硬化相的形成,而且对基体组织的性能也有影响。合金元素Cr、Mo、W、V可以使堆焊层有较好的高温强度,并能在480~650℃时发生二次硬化效应。Cr还能使堆焊合金具有较好的抗氧化性能,在1090℃时,含有25%Cr就能提供很好的保护作用。

含碳量较低时,碳对基体组织的硬度有影响。以铁素体为基体的低碳钢,由于硬度太低,不能作为堆焊合金。当含碳量增加到0.8%时,焊后堆焊层组织以珠光作为主,硬度较高、韧性较好,称为珠光体堆焊合金。加入少量合金元素后,堆焊层中的奥氏体在480℃以下转变成马氏体,强度和硬度都很高,耐磨性好,称为马氏体堆焊合金。随着合金元素含量的增加,残余奥氏体在堆焊层中的比例上升,当稳定奥氏体的合金元素含量很大时,奥氏体完全不发生转变,直至室温,称为奥氏体堆焊合金。

②合金铸铁类堆焊合金 包括马氏体合金铸铁、奥氏体合金铸铁和高铬合金铸铁三大类。高铬合金铸铁堆焊层的基体组织是奥氏体或马氏体,而大多数马氏体和奥氏体合金铸铁堆焊层的基体组织是莱氏体碳化物,都含有大量的合金碳化物,因而耐磨料磨损性能很高。

③镍基堆焊合金 根据强化相的不同,镍基堆焊合金又分为含硼化物合金、

含碳化物合金和含金属间化合物合金三大类。

④钴基堆焊合金 主要是钴铬钨合金,堆焊层的基体组织是奥氏体 + 共晶组织。

⑤铜基堆焊合金 包括纯铜、黄铜、青铜和白钢四类。

⑥碳化钨堆焊合金 碳化钨堆焊层是由胎体材料和嵌在其中的碳化钨颗粒组成的。胎体材料可由铁基、镍基、钴基和铜基合金构成。堆焊用的碳化钨有铸造碳化钨和以钴为黏结金属的烧结碳化钨两类。

⑦喷熔用自熔性合金 喷熔用自熔性合金粉末可分为镍基、钴基、铁基及含碳化钨自熔性合金等 4 种系列。

二、堆焊合金的成分及特性

不同类型堆焊合金的成分、特性及主要用途见表 9-3-2。异种材料喷熔用自熔性合金粉末的成分及特性见表 9-3-3。

三、堆焊合金的选择

异种材料堆焊时,只有正确选择堆焊合金才能保证发挥最好的工作性能,同时又能最大限度地节省合金。满足使用条件的要求和经济的合理性是主要原则,而工件的材料、批量以及拟采用的堆焊方法也必须加以考虑。

1. 堆焊合金选择原则。

①满足零件在工作条件下使用的性能要求 为保证零件能正常使用和耐用,首先要了解被焊零件的工作条件(温度、介质、载荷等),明确在运行过程中损伤的类型,然后选取最适宜抵抗这种损伤类型的堆焊合金。例如,挖掘机的斗齿属于受剧烈冲击的凿削式磨料磨损,应选用能抗冲击磨损的高锰钢等堆焊合金;而推土机的铲刀属于低应力磨料磨损,应选用合金铸铁或碳化钨等堆焊合金。

②具有良好的焊接性 所选堆焊材料在现场条件下应易于施焊和获得与基体结合良好而无缺陷的堆焊层。需注意堆焊合金与基体的相溶性,尤其在修复工作中,基体很可能原先就是堆焊层,应对其成分、组织状态和性能有所了解,充

分估计到基体稀释对堆焊层性能的影响。当基体碳含量较高时,为防止裂纹,可考虑预热,保温缓冷的工艺;不可行时,可考虑利用加过渡层。

③合理的经济性 在选择堆焊合金时要综合考虑经济性。所选的堆焊合金不仅在使用性能相同的多种堆焊合金中应是价格较为低廉的一种,同时也应当是焊接工艺简单、加工费用少。此外,还必须从堆焊件投入使用后的经济效益考虑。尤其在重大修复工作中,可能材料成本或加工成本高一些,但由于缩短了修复时间,而减少了停机的经济损失或由于延长了机件的使用寿命也会带来巨大的经济效益。

2. 堆焊合金的选择步骤

根据经验与实验相结合的原则选择堆焊合金。因为被焊零件工作条件的多样性对堆焊层提出各种不同的使用要求,而堆焊合金虽然品种多,且性能各异,但与使用要求之间却有一一对应关系,很难一次选择即满足要求。一般选择步骤如下。

①分析工作条件,确定可能产生的破坏类型及对堆焊合金的要求。

表 9-3-2 不同类型堆焊合金的成分、特性及主要用途

类型	牌号	主要成分	性能特征	主要用途
珠光体钢	焊条: D102、D106、D107、 D112、D126、D127、D132、 D146、D156	含 C 量一般在 0.5% 以下,合金元素总量小于 6%,主要以 Mn、Cr、Mo、Si 为主	抗裂性较好、可机械加工,硬度较低(20 ~ 38HRC),耐磨性不高,价格便宜	用于堆焊或修复低碳钢、中碳钢及低合金钢磨损件的表面,车轮、齿轮、轴类等
	焊丝: FLUXOFIL50、 FLUXOFIL51、A-250、A-350、GN-250、GN-300、GN-350、S-250、S-300、S-350			用于零件修复尺寸层堆焊、过渡层堆焊和受金属间磨损的中等硬度零件表面层堆焊。如轴、滑轮、链轮等
马氏体钢	焊条: D217A、DM-742、 D172、D167、D212、D237、 D207、D227、D246 焊丝: A-450、A-600、 YD212-1、YD247-1、 GN450、GN700、YD386-2、 S400、S450、YD107-4	含 C 量 0.1% ~ 1.0%,最高可达 1.5%。其他合金总含量小于 12%,主要以 Mn、Cr、Ni、Mo、Si 为主	不同牌号耐磨性和耐冲击性差别较大,硬度 25 ~ 65HRC。低碳马氏体钢韧性较好、中碳马氏体钢耐冲击性好、高碳马氏体耐磨性好,但焊接性差,必须进行预热和后热	低碳马氏体钢主要用作过渡层,也可堆焊轴、齿轮等。中、高碳马氏体钢可堆焊铲斗、搅拌机叶片等

续表

类型	牌号	主要成分	性能特征	主要用途
工具钢	焊条: D307、D317、D322、 D327、D327A、D017、D027、 D036、D337、D397	高速钢含 C 量大于 0.8%,其他钢种含 C 量较低,其他合金元素有 Cr、Mo、W、V、Co、Si 等	高速钢、工具钢堆焊层硬度不小于 55HRC。热模锻、热轧辊含 C 较低,能耐中度冲击,有的合金具有较好的耐冷热疲劳性、热强性和红硬性	金属切削刀具、热锻模、热轧辊、冷冲模、农机、矿山机械及磨焊锤头
高铬不锈钢	焊条: G202、G207、G217、 D502、D507、D507Mo、 D507MoNb、D512、D517 合金粉末: F321	含 Cr 量约为 13%,其他合金元素总含量小于 13%,主要有 Mo、Nb、W 等	具有空气淬硬性,堆焊层硬度大于 38HRC。有适度的耐磨性、耐蚀性、耐热性和耐冲击性	耐中温 (300 ~ 600℃) 金属间磨损件,如阀门密封面、螺旋输送叶片、搅拌浆等
铬镍不锈钢	焊条: A002、A042、A062、 A102、A202、A302、A402、 D547、D547Mo、D557 合金粉末: F311、F312、 F322、F327A、F327B	含 Cr 量大于 17%,含 Ni 量大于 7%,其他合金含量小于 10%,主要有 Mo、W、Si。个别还含有 V、Nb、B 等	韧性、耐热性好。有冷作硬化性,冷作后堆焊层硬度可达 40HRC。低碳和超低碳的耐蚀性好。含碳量较高的耐高温磨损。含硼元素的耐磨性更好	常作高铬钢堆焊的过渡层。低碳铬镍不锈钢用于化工设备抗腐蚀堆焊,高碳用于阀门密封面和炉内零件
奥氏体锰钢和铬锰奥氏体钢	焊条: D256、D266、D276、 D277、D516M、D516MA、 D567、D577 合金粉末: F326	奥氏体锰钢含 C 小于 1.1%,含 Mn 13%,还含有少量 Cr、Mo、V、Ni 等,含量小于 10%。铬锰奥氏体钢除高锰外,含 Cr 大于 10%,还含有 W、Mo、Ni、V、Si 等	奥氏体锰钢韧性好,耐冲击,在重冲击时冷作硬化效果明显,堆焊层硬度可达 450HB。只能电弧堆焊,且焊接时工件必须冷却,工作温度不能超过 200℃。在碳钢上堆焊需要加一过渡层。铬锰奥氏体钢性能与高锰钢相似,但耐磨性更好,没有碳化物脆化现象	高冲击条件下金属间磨损和磨料磨损的工件,如铁路道岔、铁轨、机床夹具、破碎机、推土机、阀门密封面等

续表

类型	牌号	主要成分	性能特征	主要用途
合金铸铁	焊条: D60、D678、D698、D618、D628、D642、D646、D667、D687 焊丝: HSI01、HSI03 合金粉末: F323、F323A、F324、F325	含 C 量 1.5% ~ 6.0%, 马氏体型含 Cr 小于 10%, 奥氏体型含 Cr12% ~ 28%, 高铬合金型含 Cr 大于 28%, 此外合 W、Mo、V、Ti、Ni、B 等	难焊层硬度为 45 ~ 64HRC, 抗磨料磨损性好, 堆焊时易裂。一般需预热和焊后热处理。奥氏体型能抗轻度冲击, 但抗高应力磨料磨损性较差, 马氏体型抗高应力磨料磨损性好, 但抗冲击性差。含铬量较高的耐磨性、耐腐蚀性、抗氧化性都较好	矿山冶金机械、农业机械、泥浆泵、粉碎机、挖掘机、挖泥机、磨煤机、制砖机、螺旋输送机、混合器叶片、水轮机叶片等
镍基合金	焊条: Ni112、Ni307、Ni307B、Ni337	含 Ni70%, Cr15%, 其余为 Mo、Nb、Fe、Mn 等元素	抗裂性较好。Ni337 抗黏着磨损、耐腐蚀性、耐热性都较好, 堆焊层硬度 250HB	Ni337 用作核容器密封面; Ni307 用于堆焊异种钢; Ni112 主要用作过渡层, 模具、轴类、耐高温、耐蚀阀门密封面
	合金粉末: F121、F122、F113	铬镍硅硼系	耐热、抗氧化, 在 650°C 以下环境中具有良好耐磨和耐腐蚀性。F121 堆焊层硬度 40 ~ 50HRC, F122 硬度大于 55HRC	核容器密封面、热剪刀刃、热模具、汽轮机叶片等
	NDG-2	无硼的铬镍钨硅系	耐磨、耐热、抗腐蚀性都很好, 是理想的代钴材料	
钴基合金	焊条: D802、D812、D822、D842 合金粉末: F221、F221A、F222、F223 焊丝: HSI11、HSI12、HSI13、HSI14	含 Cr20% ~ 34%, C 0.5% ~ 3.3%, W3% ~ 21% 以及少量的 Fe、Si、B 等元素	高温 (650°C) 硬度、抗蠕变性、耐磨性、抗氧化性都很好; 抗黏着磨损性能优良。高碳型 (D822、HSI13) 堆焊层较脆, 但抗磨料磨损性较好。低碳型 (D802、HSI11) 韧性好、抗氧化性好	用于高温腐蚀、高温磨损环境中工作的工件, 如高温高压阀门密封面、热剪刀刃、热锻模和高压泵轴套等
钢基合金	T107(紫铜焊条)	Cu > 99%, Si < 0.5%, Mn < 0.5%	对大气海水有良好的耐腐蚀性	耐海水腐蚀的碳钢零件表面堆焊
	T207(硅青铜焊条)	Si2.4% ~ 4%, Mn < 1.5%, Sn < 1.5%, 其余铜	对硝酸以外大部分酸及海水有良好耐腐蚀性	化工机械管道内衬堆焊

续表

镍基合金	T237(铝青铜焊条)	Al7% ~ 9%, Mn ≤ 2%, Si ≤ 1%, Fe ≤ 1.5%, 其余铜	有优良的耐黏着磨损和耐腐蚀性	轴承、滑道、化工设备内衬、阀门密封面
	T227(磷青铜焊条)	Sn7.9% ~ 9%, PO.03% ~ 0.3%, 其余铜	有一定的强度, 良好的塑性、耐冲击性、耐磨性和耐腐蚀性	磷青铜轴衬, 船舶推进器叶片, 铸铁件修补和堆焊
	F422(锡磷青铜合金粉)	Si9% ~ 11%, 0.10% ~ 0.50%, 其余铜	良好的耐黏着磨损性和耐腐蚀性, 硬度低(80 ~ 120HB), 易切削加工	轴和轴承的修复和预防性保护
	HS222(铁黄铜焊丝)	Sn0.7% ~ 1.0%, Fe0.35% ~ 1.2%, Si 0.05% ~ 0.15%, Mn 0.03% ~ 0.09%, Cu 57% ~ 59%, 其余锌	良好的耐黏着磨损性和耐腐蚀性	轴承和耐腐蚀表面堆焊
碳化钨堆焊合金	D707(碳钢芯焊条)	C 1.5% ~ 3%, W 40% ~ 50%, Mn ≤ 2%, Si ≤ 4%	堆焊层硬度大于 60HRC, 不能进行机加工, 耐磨消磨损性好, 堆焊层较脆, 易产生裂纹	混凝土搅拌机叶片、风机叶片、挖掘机叶片、牙轮钻头爪尖等强烈磨损件
	D717(碳化钨芯焊条)	C 1.5% ~ 4%, W50% ~ 70%, 其余为 Cr、Mn、M、Si、Ni 等		
	YZ(管装粒状铸造碳化钨芯焊条) YD(烧结型焊条、胎体为镍银合金)	—	碳化钨易崩裂, 脱落, 高温抗氧化性差, 工作温度不能超过 650℃, 耐磨料磨损性好	石油钻井, 修井及打捞工具, 如钻杆接头、耐磨带、铣鞋、磨鞋等

②根据一般规律列出几种可供选择的堆焊合金(见表 9-3-4)

③分析待选材料和基体的相溶性, 初步选定堆焊材料的形状和拟订堆焊工艺。

④进行样品堆焊, 焊后工件在模拟工作条件下作运行实验, 并进行评定。

⑤综合考虑使用寿命和成本, 最后选定堆焊合金。

⑥确定堆焊方法和制定堆焊工艺。

表 9-3-4 堆焊合金选择的一般规律

工 作 条 件	堆 焊 合 金
高应力金属间磨损	亚共晶钴基合金、含金属间化合物钴基合金
低应力金属间磨损	堆焊用低合金钢或铜基合金
金属间磨损 + 腐蚀或氧化	大多数钴基或镍基合金
低应力磨料磨损、冲击侵蚀、磨料侵蚀	高合金铸铁
低应力严重磨料磨损、切割刃	碳化钨
气蚀、浸蚀	钴基合金
严重冲击	高合金锰钢
严重冲击 + 腐蚀 + 氧化	亚共晶钴基合金
高温下金属间磨损	亚共晶、含金属间化合物钴基合金
凿削式磨料磨损	奥氏体锰钢
热稳定性、高温蠕变强度(540℃)	钴基合金、含碳化物型镍基合金

第三节 异种难焊材料的堆焊方法

一、堆焊方法的工艺特点

常用不同形状的堆焊合金适用的堆焊方法见表 9-3-5。

表 9-3-5 常用不同形状的堆焊合金适用的堆焊方法

堆焊材料形状	适用的焊接方法
丝(实心)状(直径 0.5~5.8mm)	氧气-乙炔火焰堆焊,气体保护电弧堆焊、埋弧堆焊、等离子弧堆焊、震动堆焊
带状(厚 0.4~0.8mm,宽 30~300mm)	埋弧堆焊、电渣堆焊
铸条状(直径 2.2~8.0mm)	氧气-乙炔火焰堆焊、钨极氩弧堆焊、等离子弧堆焊
粉(粒)状	等离子弧堆焊,氧气-乙炔火焰堆焊
焊条(钢芯、铸芯、药芯)	手工电弧堆焊
药芯焊丝	气体保护弧堆焊、自保护电弧堆焊、埋弧堆焊、氧气-乙炔火焰堆焊、钨极氩弧堆焊、等离子弧堆焊

1. 手工电弧堆焊

手工电弧堆焊是目前主要的堆焊方法。设备简单、轻便和机动灵活,适宜于现场堆焊;适应性强,可以在任何位置焊接;小型或形状不规则零件尤为适合。缺点是生产率低,稀释率较高,不易获得薄而均匀的堆焊层,生产条件差。

手工电弧堆焊用的焊条多以冷拔焊丝做焊芯,也可用铸芯或管芯。药皮主要有钛钙型、低氢型和石墨型三种。为了减少合金元素的烧损和提高堆焊合金的抗裂性能,较多情况下采用低氢型药皮焊条。我国表面耐磨堆焊用的手工电弧焊焊条已有国家标准,即 GB/T 984—1985《堆焊焊条》规定了各种用途焊条堆焊层的化学成分和硬度。

手工电弧堆焊时,应尽量减少稀释和保持电弧稳定,使堆焊层质量均匀。常通过调节焊接电流、焊接电压、焊接速度、运条方式以及弧长等工艺参数控制熔深以达到降低稀释率。推荐采用直流反接,因合金元素易烧损,弧长不能太大。大面积堆焊时,注意调整堆焊顺序,以控制焊接变形。由于手工电弧堆焊熔深较大,稀释率较高、堆焊层硬度和耐磨性下降,所以一般需焊 2~3 层。但层数多时,易导致开裂和剥离。为此常对工件预热和缓冷。预热温度由堆焊部位的刚性等因素确定。

2. 氧气 - 乙炔火焰堆焊

氧气 - 乙炔火焰是具有多种用途的堆焊热源,可进行熔焊、钎焊,也可采用合金粉末进行喷涂和喷熔。氧气 - 乙炔火焰堆焊的优点是设备简单,使用灵便,稀释率低。氧气 - 乙炔火焰温度较低(3050 ~ 3100℃),而且可以调节火焰能率,熔深可控制到 0.1mm 以下;碳火焰有渗碳作用;堆焊合金不受堆焊材料形状的限制,易于操作,可见度大,复杂小件、空间位置均可施焊;堆焊成本低。缺点是氧气 - 乙炔火焰堆焊需要手工操作,劳动强度大,生产率低,对焊工操作技能要求高。氧气 - 乙炔火焰堆焊主要用于表面要求光洁、质量高、精密零件的堆焊,以及批量少,中、小型零件上小面积的堆焊。在阀门,农业机械中易损件的堆焊中得到广泛应用。

氧气 - 乙炔火焰堆焊时,关键在于火焰的运用和能力的控制,很大程度上决定于焊工的操作技能。除镍基合金外一般应采用碳化焰,乙炔过量的大小,视堆焊合金而定。铁基合金宜用 2 倍的乙炔过剩焰(内焰与焰芯长度比为 2);高铬铸铁或钴基合金,含碳量高、熔点低,可用 3 倍乙炔过剩焰;采用碳化钨堆焊合金时,所用火焰由基体材料的成分决定;镍基合金通常采用中性焰。

焊前预热和焊后缓冷能减少氧气 - 乙炔火焰堆焊时产生的裂纹,预热后可采用较小的火焰能率,有利于减少稀释率。面积较小的焊接件可以直接采用焊炬加热,较大焊件需在炉中加热,尽量使温度均匀,每一堆焊层最大厚度以 1.6mm 为宜,厚度较大时可用多层堆焊。为提高堆焊质量和改善表面成形,堆焊后可以用氧气 - 乙炔火焰进行重熔。

3. 埋弧堆焊

埋弧堆焊无飞溅和电弧辐射、劳动条件好、堆焊层成形光滑、易于实现机械化和自动化堆焊、生产率高、堆焊层成分稳定、焊接线能量较大。因此稀释率比其他电弧焊高。堆焊熔池大,并需焊剂覆盖,只能在水平位置堆焊。适用于形状规则且堆焊面积大的焊接件,在轧辊、车轮轮缘、曲轴、水轮机转轮叶片、化工容器和核反应压力容器衬里等大中型零部件堆焊中得到了大量应用。

埋弧堆焊时,需要使用焊剂和兼作电极的填充金属。焊剂有熔焊和烧结(或黏结)两种,填充金属有丝状和带状两种,而且均可做成实心 and 药芯的。堆焊层