

目 录

1. 电站設備維護工作中所用堆焊合金的性能和作用	1
2. 汽輪机中的硬质堆焊	5
3. 水輪机的不銹鋼堆焊	10
4. 堆焊修复內燃机的气缸衬套	14
5. 履帶拖拉机支撑輥軸的自动耐磨損堆焊	16
6. 用堆焊修复起重輪	18
7. 主軸的环縫式堆焊	20
8. 軸类的自动堆焊和硬化	21
9. 軋輥堆焊的經驗	23
10. 軋輥的自动堆焊	25
11. 多次堆焊对軋輥耐磨性的影响	27
12. 用帶狀焊条堆焊軋輥	31
13. 大型减速輪輪圈的帶狀焊条自动堆焊	35
14. 軋輥孔型的靠模堆焊	38
15. 二氧化碳气体介质中自动堆焊的新工艺	42
16. 二氧化碳气体中的堆焊	46
17. T43-51 发动机曲軸的振动电弧堆焊	49
18. 电动机軸的振动电弧堆焊	54
19. 用振动电弧堆焊修复拖拉机零件	55
20. 熔剂层下振动电弧堆焊修复花鍵軸	58
21. 提高振动电弧堆焊的耐磨性和疲劳强度	62
22. 推土机的磨損与堆焊	66
23. 受磨損和冲击負荷的零件的堆焊	71
24. 耐空化堆焊法的研究	75
25. 汽車排气閥自动堆焊法的研究和制訂	79
26. 等离子电弧堆焊	83

电站設備維護工作中所用堆焊合金的性能和作用

Otto Knotek

为了满足电站設備耐磨損的各种要求，可采用多种类型的金属进行堆焊。通常使这些金属能克服侵蚀、空化或純机械性的磨損。通过应用堆焊，以最少的合金材料和劳动力的支出而能大量节约生产总費用，在比較工程設計的总成本或削減損耗方面，为电站的建造和維護工作提供了一个良好的范例。

本文试图陈述所用的各种堆焊材料的基本冶金原因。因为当研究新的問題时，仅凭实际試驗的結果是不够的。在任何情况下，这种結果只有在完成試驗的条件下才是有根据的，通常不可能适用于任何的情况。遺憾的是，迄今对这些基本原因的研究

很少重視，我們还是主要依靠代价高的实际使用所得的資料来認識这些材料的耐久性。

本文的研究范围仅限于高合金材料，例如用于堆焊电站发电設備、特别是水力发电設備的各种材料。这些材料的选择示于表 1，包括铁素体和奥氏体以及硬质堆焊合金材料，其中某些合金中碳化物的含量往往很高。

众所周知，甚至在諸如化学影响等因素未予考虑的情况下(电站方面，此种因素通常会起重要的作用)，堆焊合金的耐磨性不能依据硬度来确定。在工作过程中，金属晶体质量的实际成份和其整个組織所起的作用則甚为重要。

表 1 堆焊用填充材料的标准分析

合金 序号	成 份 %								
	C	Si	Mn	Cr	W	Mo	Co	Ni	Ti
1	0.05~0.15	0.9~1.2	1.0~1.2	18.8~19.5	—	2.3~2.6	—	9.5~11.0	Ta/Nb 0.9~1.0
2	0.18	0.9	7	19	—	—	—	9	0.1
3	0.08	0.7	0.3	17	—	—	—	0.4	0.6
4	0.20	0.7	0.3	17.5	—	1.5	—	—	0.6
5	3.5	0.5	0.5	34	—	—	—	—	—
6	1.0	0.3	0.3	28	5	—	65	—	—

此外，在堆焊时，还有一种可变的因素，即在某种情况下，焊接过程本身能对堆焊层金属和基体金属的組織产生显著的影响，这一点将在下面予以論述。

金属合金的性能与其組織的关系如表 2 所示。

除了合金的組織和最后性能之外，对于那些主要发生在表面的化学反应例如吸附、扩散等也应給予注意。固体的反应性能也能随着所受的机械加工程度而变化，因其产生的能量会使表面引起实际的影响。在 Naeser 的图表(图 1)中証明了这一点，本文并就 Smekal 和 Erdmann-Jesnitzer 在这方面所完成的工作加以敘述。

至于表 2 中所列的作为金属材料組織的特性的各項，在討論合金时成为主要的参考。

表 2 金属材料的組織

金属的复合結晶体可由下列判定：

- (1) 含有的金属相；
- (2) 根据尺寸和形状的晶粒靜态分布；
- (3) 晶粒(紋理的)晶格定向性的靜态分布；
- (4) 各个相的晶格参数；
- (5) 晶粒經受的影响是：晶格变形是由于机械应力或化学的影响(与外来原子相結合，或者是发生超晶組織)所致；
- (6) 晶間表面的状态；
- (7) 显微的均质程度。

在項(1)中的金属相，只有 Co-W-Cr-C 四元系合金的組織尚待深入研究。除了这一組合金外，表 1 中涉及的其余堆焊合金的轉变和析出过程，通常

是可以識別的,而且能够列举出并加以解釋。

在研究項(2)和(3)所列的关系时,实践的知識对那些未受焊接的金属也是可以利用的。但由于焊接过程中的迅速加热和冷却,在堆焊金属和基体金属之間經常发现有显著的差別。在多数的情況下,主要是取决于所含的合金,一般是不能用焊后热处理来矯正的。例如,硬质金属合金就是属于这种情况。此外,項(1)和(4)所列的那些相的外观和成份,也能由于实际焊接过程中产生的不稳定平衡状态而改变。在堆焊金属中,列入項(2)中按尺寸和形状的晶粒静态分布,主要是取决于結晶速度、晶核数量以及是否存在显著的过冷度。

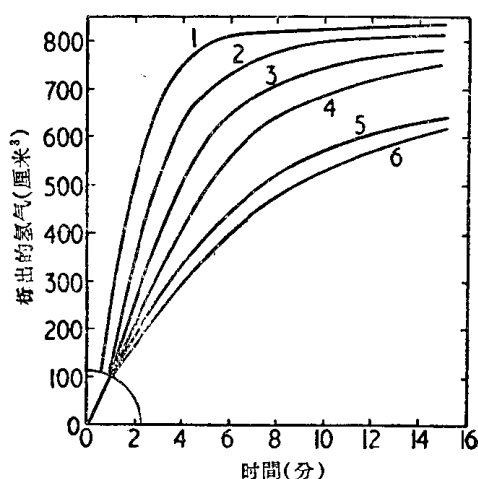


图1 在各种退火時間后,冷加工的鉄粉末在标准盐酸中的溶解率

- 1—未經退火;
- 2—在 900°C 退火 2 分钟;
- 3—在 950°C 退火 15 小时;
- 4—在 950°C 退火 30 小时;
- 5—在 950°C 退火 50 小时;
- 6—在 950°C 退火 100 小时

表1中的第5号合金可作为上面已提及的2、3、4号合金耐磨損性的实例。这样的例子如,当基本成份相同的材料,由于在其制造过程或在焊接过程中有所差別时,就会有不同的状态。

图2中所列的各种焊条,如“Celsit”焊条一样,都是鑄造的,而“Celsint”焊条是一种具有第5号合金化学成份的燒結金属合金。图中表示了各个焊层的耐磨性,而最后一列,表示用钨极氬弧焊接堆焊金属的耐磨性数值。与鑄造焊条的組織相比較,燒結焊条具有远較为細的晶粒組織。在焊接过程中,由于多数結晶晶核可能未达到熔点,故其細晶粒組織再产生于堆焊金属中。这种細的碳化物組織对硬质合金的耐磨性有着良好的效用,而其实际硬度也可改

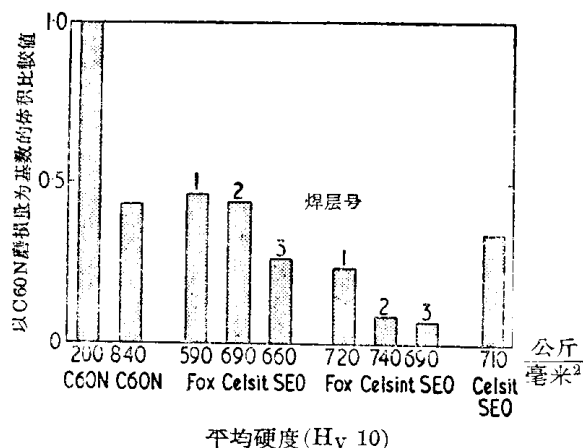


图2 硬质堆焊填充材料的耐磨性

善。

由于采用钨极氬弧焊接过程时所具有的高温,可使熔深增大,有助于在基体金属与堆焊金属之間的牢固的結合。但在堆焊第5号合金时,可能形成共析体来代替所要求的坚硬的碳化物組織,致使耐磨性降低。正象图2中最后一列所示的那样,虽然采用化学分析相同的堆焊金属。結果耐磨性变坏了。关于堆焊合金的这种相同結論,也被 Wellinger 和 Uetz 所証实。图3就清楚地表明了这一点。



(a) (b)

图3 用惰性气体金属极电弧焊接的33% Cr 合金組織

(a) 碳化物 (b) 共析体

那些主要为抗机械性磨損的耐磨合金(第5和6号合金)的性能,是基于其組織塑性变形的成份(例如鈷)和嵌入的脆硬成份主要为碳化物(例如W、Cr的碳化物等)之間相互作用的原理。例如,純鈷的耐机械磨損性能远較嵌有鈷碳化物的鈷基合金为低。所以,碳化物的分布、大小和形状对最后性能有着显著的影响。

就 WC-Co 合金而論,如果与計算的成份有关的各个碳化物晶粒之間的平均自由路徑和其測定的

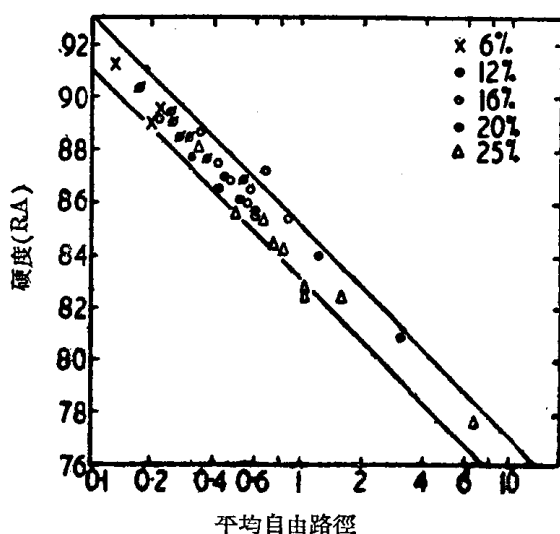


图4 WC-Co 合金的硬度

硬度(图4)相比就能看出,硬度 R_A 表示为其平均自由路徑对数的綫性函数,条带的宽度由晶粒大小的变化来决定。

通过焊接而引起的金属組織的某些影响,可归納在表2的項(5)中,首先应提及形成的应力、杂质(特别是那些由气相和基体金属表面所产生的杂质),以及与項(6)联系着的晶間表面状态的影响,尤其是与項(6)有关的在奥氏体鋼焊缝中热裂紋的产生也应予以注意。这并不意味着要去研究它們是否是由于晶界薄膜,气体界层产生的,抑或是由于晶粒的偏析和分凝所致,而是要指出最近試驗已証实的第2号合金表現有最佳的抗热裂性。当然,在温度超过 500°C 时,其含錳量过高是不利的,这会使抗氧化性降低。

倘若不計及到化学性的腐蝕損耗因素,則純机械磨損取决于由各个晶粒的扩散、变形或晶粒的滑移、凝聚而产生的晶間表面变化。晶粒的凝聚是受晶間表面的純洁度影响的。

当然,上述的这些因素可能同时发生。不难判断,抗变形主要是与金属的塑性变形区有关,而个别凝聚块的松散和破碎是与脆硬区有关。

换言之,抗变形是取决于塑性变形相中凝聚面积的大小。根据 Bückle 的資料,凝聚面积取为未破裂的面积,其直徑等于錯位的位势自由路徑。

被分解原子的析出和夹杂会产生阻碍的網絡,象晶粒边界的作用一样,能影响抗变形的程度,且其作用能超过业已存在的網絡。同样,例如奥氏体材料的冷加工也可能引起应力的網絡。

晶粒边界的影响使其失去凝聚面积尺寸縮减的

比例关系。这一点已被与析出淬硬材料的穿透阻力有关試驗所証实。而且已可应用于流动阻力的情况。

当凝聚面积的尺寸縮减至錯位的尺寸时,材料則成为脆硬状态,而引起显著的碎裂。

对純奥氏体材料來說,除了由于外来原子的夹杂、焊接时的染污和析出等因素外,在某一温度范围内发生的冷变形也是一个重要的原因,温度的实际范围取决于所含的合金。但是,就硬质合金而論,正如前已叙及,抗变形的程度是受加入其中的硬质材料(碳化物)的比例所支配的。在这方面,甚至通过适当地选择所用的合金,也可能达到脆硬的状态,但經驗表明,例如含有少于20% 塑性金属粘合剂的燒結硬质金属是难于焊接的,故无实用价值。当其一开始使用时就能发生析出过程,因而引起磨損性能的变化。

当然,控制各个成份联合作用的考虑是可以应用于各个相态的,因为堆焊表面的成份是由其有关的相形成的。由此看来,应该对变形性能、空穴或其外来原子的夹杂(例如在碳化物的晶格中)的影响等予以重視,但在这方面几乎沒有完成任何研究工作。

事实上,金属組織的各个組成对一定条件的不同形式的耐磨損作用是不一样的。但是,某些組織的复合物(例如碳化物或碳化物的复合物)則能产生理想的结果。

这是因为与其所組成表面层的机械性能有关,同时,表面层的粘着力与其化学稳定性有关。例如,在建造水电站时曾經发现,如沸騰鋼制板料的耐侵蚀性和耐空化性比鎮靜鋼制板料为优。这是由于沸騰鋼晶粒分凝的结果所致,板料的表面几乎是純鉄素体,而其低熔点的成份是集中在内部中心。鎮靜鋼則不是这种情况,其结构的成份是均匀地分布在整個板料內。

在碳化物方面,有碳化錳(WC)对机械切削的反应和鉻碳化物在抵抗 SiO_2 的磨損情况下的反应。

如果堆焊工作完成得很滿意,則如表2項(7)所列的无裂紋和气孔的均质程度,通常是可以获得的。

但是,堆焊金属中的其它变化也应予以考虑,例如在焊接第4号合金时,所受到的侵蚀是不規則的,因为早先堆置的焊缝組織会被堆焊随后焊层时釋出的热量所影响,而且在某一温度范围内,正火处理会产生效果。

通常,由于被磨料介质所磨損的晶体的流失也

应作为表面或接触面的能量問題处理,例如,尚存在的接触表面的能量以及当移去时所釋出能量的总和可认为是等于原先存在于表面和引入系統中能量的总和。但是,在目前尚未能当作一般規律在实践中采用,因为不可能依据数值来决定其所含的功能。

考虑耐磨性的可能性最少应取决于三个可变因素:

(1) 反应产物的移去(根据产物的性质、耐磨性成为反应速率的函数);

(2) 由于形成晶体的机械分离(耐磨性=連系金属組織的力的函数,产生的能量也能被塑性变形所吸收);

(3) 包括扩散的磨損与磨料之間的反应(表面能量、集中流动和产生含热能量的耐磨函数)。

实际用例列于表 3 中。

結 論

假如选用适当的材料,并根据上述的指导原則有效地完成工作,那么应用表面堆焊不仅在修理工

(上接第 9 頁)

噴熔堆焊层和基体金属之間由扩散形成的金相接合在图 7b 中示出是一条白帶,比氧炔焰堆焊所形成的要窄些,因合金只被加热到稍高于熔化温度。同样理由,噴熔堆焊层的組織是細得多,并且包含着相同尺寸均匀分布細渣微粒。

这些合金在現代过热蒸汽温度下的抗咬紧可能是由于具有高温潤滑性能氧化表面的形成,并且已有建議,如果在組件投入运行前将其在操作温度下氧化,就可改善运行情况。

汽輪机叶片的保护

当叶片尖端的速度超过 900 呎/分时,在蒸汽中的水滴会造成叶片边缘侵蝕的傾向;这在大型冷凝式汽輪机排汽端的最后几級叶片內常常如此。

由鈷基合金保护片来提供防护,在大多数情况中被鈐焊在鋼叶片上(见图 8)。

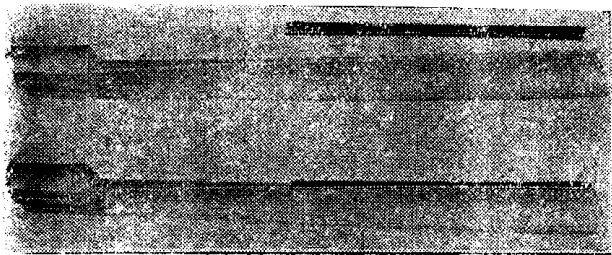


图 8 鑄造鈷合金保护层的汽輪机叶片

表 3 控制磨損的方法

型 式	A	B	C
矿物磨損	2	1	0
空 化	1	2	0
金属摩擦	2	2~0	1
机械切削	2~0	2	1
鏈击磨損	2~0	1	2

(根据所使用的介质)

1=主要的影响; 2=次要的影响; 0=无影响

作中,而且在新設备制造方面均能带来重大的改进。

例如,通过对以含有大量悬浮物水质推动的回轉叶式水輪机的数年观测表明,用不銹鋼堆焊的焊縫涂敷的水輪机叶片比用不銹鋼薄板包复制造的更为經濟。这些經濟上的优越性部分地是由于堆焊的焊縫金属的侵蝕部分易于重新堆焊,而要修理用不銹鋼薄板材料包复制造的叶片則更加困难。

(陈德祿譯 張柏年校)

自《British Welding Journal》, No. 2, 1962, 79~82 頁

在夹具中进行鈐焊,如果叶片边缘是凹入的,保护片就放在叶片的最上面,以积聚熔融的鈐焊合金。如果保护片是流綫型的,具有凹的鈐焊表面,就可以放在叶片下面。用氧炔焰作快速加热,或者用高频电流。最后輕輕加压以使保护片定位,但必須小心以避免挤出所有的焊錫。

在用失蜡模鑄成的保护片出現以前,有些叶片是取鈷基合金用氧炔焰被硬质堆焊而成。叶片用夹具固定在預先确定的位置,在堆焊后緩冷。然后将堆焊层磨削到与鋼叶片的形状一样。

叶片边缘的噴熔工艺尚在发展中,在叶片的前边缘上敷設一层光滑的薄硬质堆焊合金是没有什么困难的。

結 論

过去二十年中出現了低压燃气輪机在航空器中的发展和广泛使用,其中在高温运行的組件不需承受高的气体压力,因而其結構是輕型的。

陆地上的汽輪机以增加压力和温度向着較高热效率和功率的稳步发展前进。这就需要巨大的、其中只有操作表面需最大保护的抗压結構。因而就日益增加了硬质堆焊在这方面的作用。

(叶克武譯 張柏年校)

自《British Welding Journal》No. 5, 1962, 285~290 頁

汽輪機中的硬質堆焊

M. Ridinough

蒸汽輪機操作表面仅就温度因素而言，需要比一般輪機中采用的結構材料有較大的抗氧化性和抗擦伤性的金属；如加上速度因素，可能会造成严重的侵蝕。

現在运行温度对于汽輪機中采用的两个鉄素体鋼特性的影响問題，可由在这些温度下的其硬度和抗氧化性能表明。用該法檢查的鋼有一种氮化鋼(a)(見表1)，一种通常用于閘閘杆的鉻不銹鋼(b)，以及一些典型的鈷基硬質堆焊合金。在运行中，閘杆在有适当傳动間隙的导向軸衬中操作，必須能抗氧化，因会造成直徑的增长和咬紧，它們必須有足够硬度以免与导向軸衬接触部分的擦伤。

將試样在維氏硬度試驗机上用20公斤載荷，加載8秒，在0.001~0.004毫米水銀柱真空下試驗以確定温度对这些材料硬度的影响。結果(图1)表明，当温度达到600°C，鋼的維氏硬度为90~130，而鈷合金維氏硬度則为230~300。

將試样在600°C的过热蒸汽中試驗以確定材料的抗氧化性，其結果列于表2。鉄素体鋼的直徑和重量的增长与它們的硬度損失一并考虑时，表明它們在这些操作条件下已达到使用极限。数据証实在蒸汽电站中用鈷基合金所得到的滿意經驗，由于其塑性低，可作为硬質堆焊层或者由适当的抗蠕

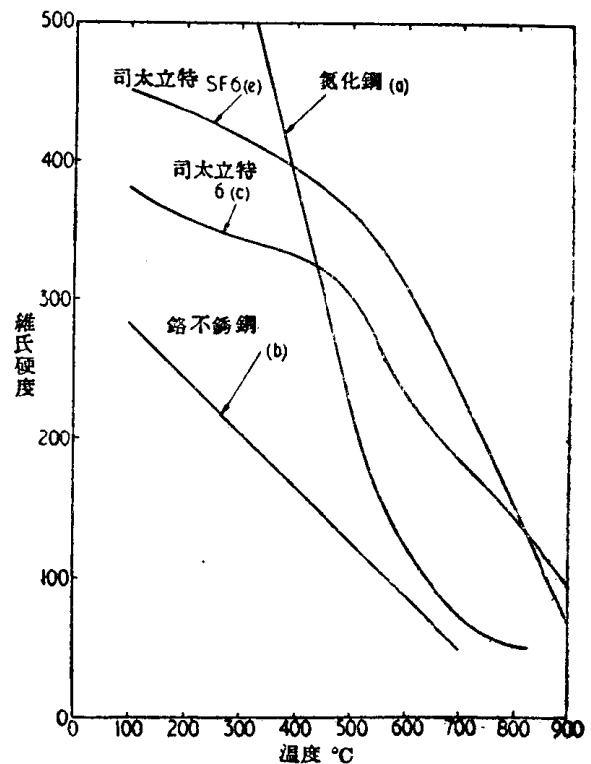


图1 温度对硬度的影响

变鋼支承的鑄件采用。

最初硬質堆焊的蒸汽組件自然是侵蝕最严重的閘座，远在1919年前，戴費兰第取得了关于在蒸汽閘

表1 試驗材料的成分

序号	种 类	状 态	表面硬度 (維氏硬度)	成 分 %						
				C	Cr	Fe	Co	Ni	W	
1	氮化鋼(已氮化)	900°C 油淬 700°C 回火 1 小时。	974/1,150	0.3	1.6	其余	—	0.2	—	{Mo 0.2 Al 1.0
2	鉻 不 銹 鋼	1,150°C 油淬 690°C 回火 3 小时。	322/327	0.1	10.5	其余	—	0.6	—	{Mo 0.8 Nb 0.4 V 0.2
3	司 太 立 特 6	鑄造	400	1.0	26.0	2.5	其余	—	5.0	
4	司 太 立 特 7	鑄造	360	0.7	25.0	1.0	其余	—	7.0	
5	司 太 立 特 SF6	噴熔	440	1.0	12.0	3.0	其余	13.0	8.0	{B 1.5 Si 2.5

表 2 流速(綫連)为 220 呎/分, 600°C 下的蒸汽对直径 1/2 吋 × 11/8 吋試样的影响

合金 序号	种 类	直径增长 (吋)		重量增长 (克)	
		100 小时后	200 小时后	100 小时后	200 小时后
1	氮化鋼(已氮化)	0.0021	0.0026	0.1080	0.0799
2	鉻不銹鋼	0.0010	0.0012	0.0163	0.0339
3	司太立特 7	0.0000	0.0000	0.0005	0.0010

座上堆焊硬质耐腐蝕合金的第 147256 号英国专利。这个方法在美国得到进一步发展,因而到 1930 年在高温高压蒸汽閥的閥座上用氧炔焰堆焊鈷基合金已成为普通实践。今天,几乎所有的閥門都是这样硬质堆焊的。閥体出現了用抗蠕变合金鋼后,硬质堆焊层并不焊到嵌入体而需要直接焊到閥体上,因而要进行金相計劃和硬质堆焊操作的控制。

毛坯准备

在图 2 中列举了一个典型的双面閥座的閥門,并且也表明为硬质堆焊层用的詳細机械加工准备。鍛件在这阶段时的机械加工量最小,因而有足够金属裕量用以补偿去銹和在硬质堆焊过程中引起的变形。但是,定位而必須加工,最好能在堆焊用凹槽的邻近圓周表面上,使机械加工后保持堆焊层的均匀厚度。

在大型閥門上采用手工氧炔焊方法需要預热和焊后热处理。由于在高温下长时期停留,会造成氧

化皮,而焊接收縮会引起变形,因此在毛坯上必須留有足够的裕量。图 3 列出鉄素体鋼合适的典型裕量;奥氏体鋼的氧化皮剝落和收縮量較少,这时的裕量可以降低 40%。

預 热

在图 2 中列出的閥門毛坯安放在由脚控制的齒輪減速器的驅動輓子上 ((1 轉/分), 并由耐火磚和石棉板圍着。留出焊工在平焊位置操作所需的适当空擋, 为焊工准备一个玻璃热屏障和坐位, 以保証堆焊时的舒适, 和堆焊的不停进行。用燃气——空气焰炬預热毛坯, 時間长短以保証内外温度的均匀为度, 而在这段時間中将閥体不停地旋轉。硬质堆焊的操作过程如下:

1. 均匀預热毛坯至 300°C,
2. 一次連續堆焊好硬质堆焊合金。保持預热温度,
3. 重新熔化周圍的堆焊层, 保持預热温度,
4. 盖好, 加热到 550~650°C 的均匀温度,
5. 緩冷至室温,
6. 装夹与原来凹槽同心, 只加工硬质堆焊层, 每面留出 0.010~0.015 吋 (在直径上为 0.020~0.030 吋) 的精加工裕量,
7. 用肉眼 (a) 和染料滲透法 (b) 檢驗,
8. 全部粗加工,
9. 在 650~750°C 下去除内应力,
10. 按图紙精加工。

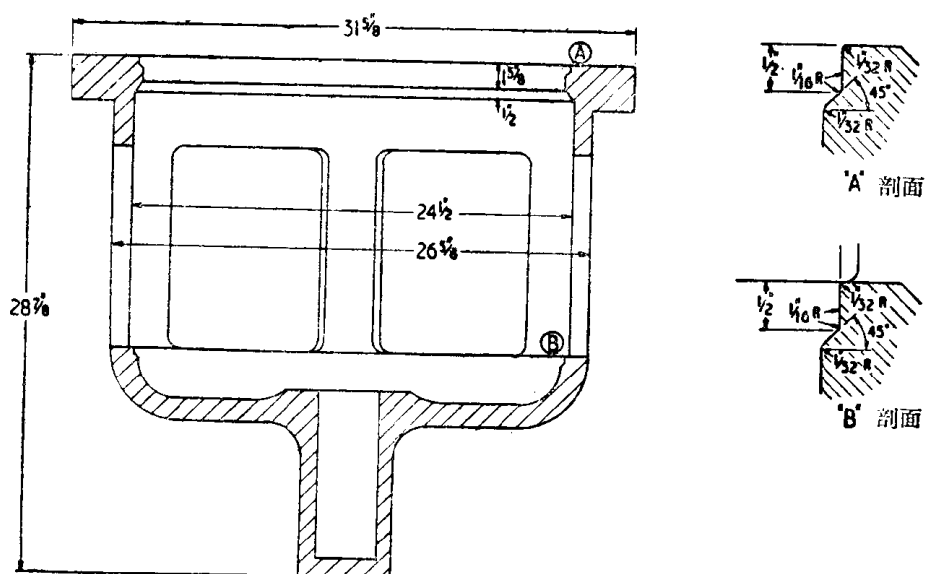
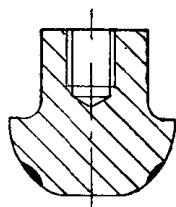


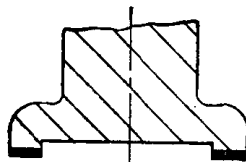
图 2 大型閥的硬质堆焊准备

在外直径上堆焊:

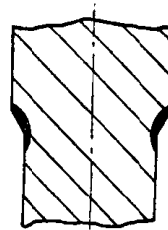
例:



球形閥

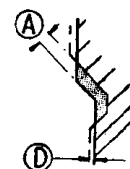
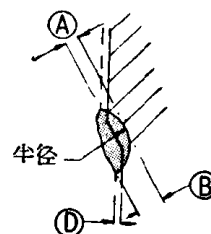
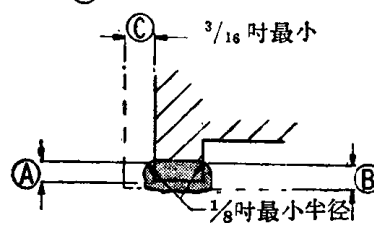
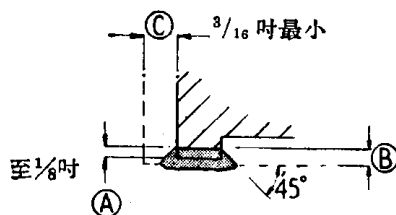
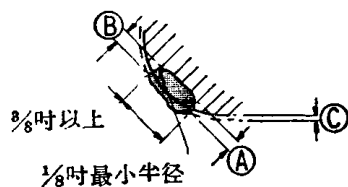
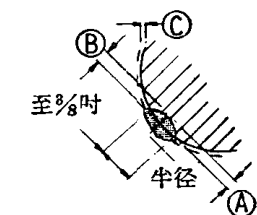


閥蓋



控制閥

毛坯准备(虚线)

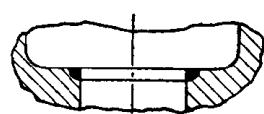


設 計 尺 寸	直径至 6 吋	直径 6~12 吋	直径 12 吋以上
A. 硬质堆焊层的精加工厚度	$\frac{3}{32}$ 吋	$\frac{1}{8}$ 吋	$\frac{5}{32}$ 吋
B. 毛坯凹槽的深度	$\frac{1}{8} \sim \frac{5}{32}$ 吋	$\frac{3}{16} \sim \frac{7}{32}$ 吋	$\frac{1}{4}$ 吋
C. 收缩、氧化皮和变形的容差	$\frac{1}{32} \sim \frac{1}{16}$ 吋	$\frac{1}{16} \sim \frac{3}{32}$ 吋	$\frac{3}{32}$ 吋起

在孔中和在閥座上的堆焊层:

例:

毛坯准备(虚线)



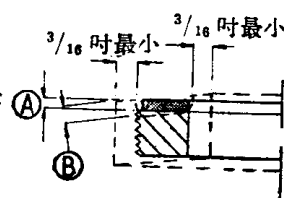
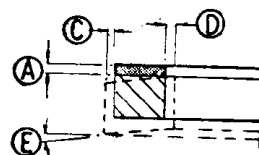
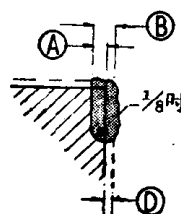
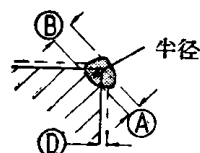
或



整体閥座



座圈



設 計 尺 寸	直径至 6 吋	直径 6~12 吋	直径 12 吋以上
A, 硬质堆焊层的精加工厚度	$\frac{3}{32}$ 吋	$\frac{1}{8}$ 吋	$\frac{5}{32}$ 吋
B, 毛坯凹槽的深	$\frac{1}{8} \sim \frac{5}{32}$ 吋	$\frac{3}{16} \sim \frac{7}{32}$ 吋	$\frac{1}{4}$ 吋
C, 外径的收缩、氧化皮和变形的容差	$\frac{1}{16} \sim \frac{1}{8}$ 吋	$\frac{1}{8} \sim \frac{3}{16}$ 吋	$\frac{3}{16}$ 吋起
D, 孔中的收缩、氧化皮和变形的容差	$\frac{1}{32} \sim \frac{1}{16}$ 吋	$\frac{1}{16} \sim \frac{3}{32}$ 吋	$\frac{3}{32}$ 吋起
E, 补偿毛坯凹变形的角度	$0 \sim 11\frac{1}{2}^\circ$	$11\frac{1}{2} \sim 3^\circ$	3°

图 3 不同形式的閥和閥座的硬质堆焊准备

堆 焊

钴基堆焊合金(維氏硬度 400) 普遍用于蒸汽閘門,为了获得合金成分的全部性质,必須采用使其与基体金属的相互渗合度最小的堆焊方法。因此絕大部分用氧炔焰钎焊方法;在焊炬火焰中的过剩乙炔对鋼的表面层加入碳分,使它在与硬质堆焊合金熔点相接近的低温度下熔化(出汗)。熔化的硬质堆焊合金将这个熔化鋼的薄层熔解,两者之間的最后結合成一条直綫,而沒有相互混合(見图 7, a)。硬质堆焊层中的渗鉄量一般小于 5%。

如果需要,可以采用氬弧焊方法作双层堆焊,以获得沒有基体金属冲淡的操作表面。同样在某些实例中采用金属电弧堆焊。

焊后热处理

温度到 400°C 的蒸汽閘門通常由碳鋼制成。由硬质堆焊过程中焊縫收縮所引起的应力能充分的加以去除,即將組件在硬质堆焊后均匀加热到 600~650°C,然后緩冷,这是一个通行工艺,它应该在硬质堆焊操作后經常不变地进行。蒸汽温度达 400°C 以上的閘門,通常是由合金鋼制成(例如 1/2% Mo, 3/4% Mo-1/4% V, 2 1/4% Cr-1% Mo 等),为了去除应力,以及在运行中保持尺寸稳定性,尤其是在大型組件中,最后要进行单独的去应力处理。应用奥氏体鋼基体金属,在堆焊时有微小的氧化会导致降低收縮应力。这些鋼的应力去除需要高温,通常是在堆焊后进行,將組件均匀加热到 850°C,然后緩冷。

試 驗

“方堆焊”的合金用目測作裂縫檢查,然后用碳化物刀具加工(开始用 30 呎/分表面速度,0.01 吋的进刀量和走刀量)。堆焊层和鋼的接合應該差不多成一直綫,表明基体鋼的熔化是少的。

裂縫檢查用染料渗透法进行,因为钴合金是非磁性的。堆焊层用三氯乙烯清理,然后涂布或浸入染料渗透剂。在 30 分钟后將零件清洗、干燥、并用显影粉噴敷。在另一个 30 分钟間隔后,对表明堆焊层疵病的染料痕进行检查。

硬度試驗也可以在堆焊层上进行,其結果應該在維氏硬度 ± 50 度內。堆焊层較軟的区域通常是由于渗鉄,过分硬的区域是由于渗碳,系由操作者將氧炔焰的內錐体浸入熔化的堆焊层所造成。

其它組件

氧炔焰硬质堆焊法在汽輪机中的最大用途是閘門的堆焊,但是这种工艺同样适用于其它組件,例如蒸汽管道进入栓,閘門軸套和閘杆。

汽輪机制动閘和紧急事故閘必須在任何時間內自由操作,因而閘座和閘杆表面都要进行硬质堆焊,图 4 示出一种典型閘,已由氧炔焰堆焊維氏硬度 400 的钴合金堆焊层。用上述預热和操作工艺,首先將头部的閘座堆焊,然后将閘杆在水平位置作硬质堆焊。但如图 4 所示,在閘杆中部的一个短段是不堆焊的,以便采用毛坯的原来表面作为基准以檢查平直度。如果需要,將閘杆校直,而在去除应力后,作校驗机械加工,接着进行填補空出部分的硬质堆焊操作。最后的应力去除可以將閘杆在垂直位置中进行。

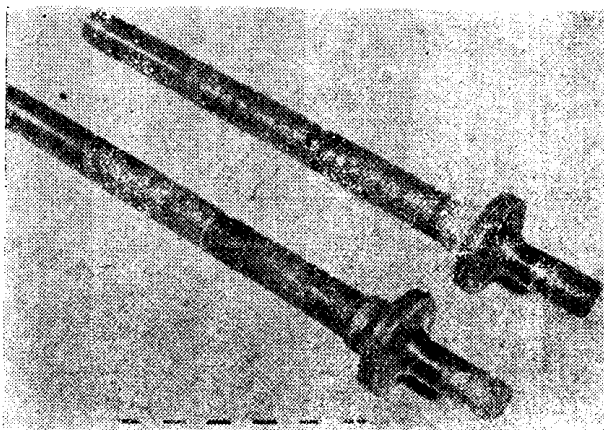


图 4 閘門用氧炔焰在閘座和閘杆上的硬质堆焊

閘杆軸套內表面的防护是由硬质堆焊孔的內徑而取得。用氧炔焰焊接法从每端堆焊孔的內表面至 4~6 倍直徑的长度;鑄造的軸套也可以采用。

閘杆的噴熔

采用噴熔过程加工閘杆是最近的发展。

图 5 示出与閘的头部分成整体的典型閘杆。由于在閘座上需要堆焊钴基合金,如前所述,要用氧炔焰堆焊和作校驗机械加工,接着进行去除应力处理。在这个阶段时杆徑尺寸裕量放得相当大,以允許任何变形,而現在作机械加工以便噴熔堆焊。

紧接在噴砂之后,用一般噴鍍枪將硬质堆焊合金噴鍍到温热的旋轉閘杆上,然后在整个噴鍍长度上用适当长的煤气焰炬均匀加热到大約 800°C。用氧炔焰炬加热局部表面温度約为 1,170°C 的最后熔合,在組件中不会形成急驟的温度梯度,組件仍在旋

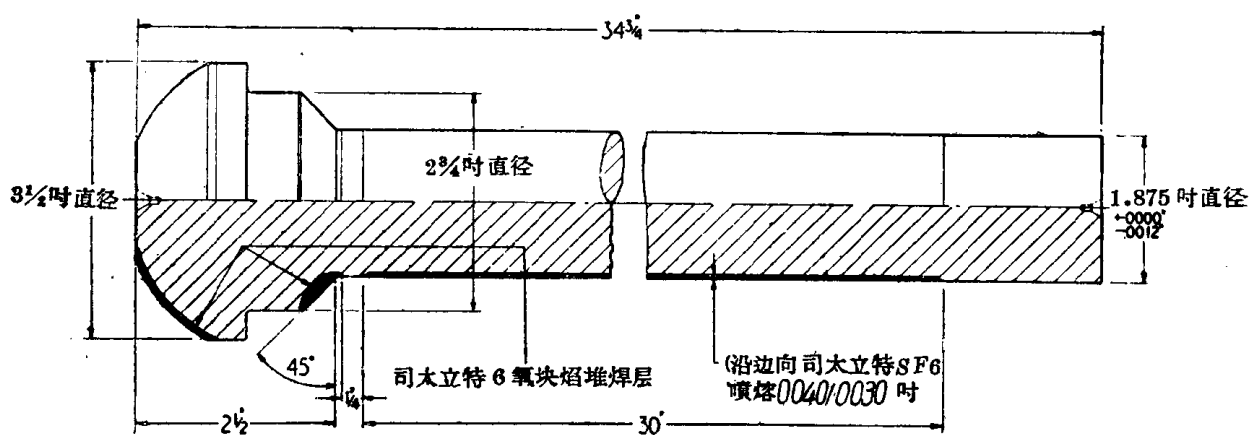


图 5 閥門用氧炔焰在閥座上作硬質堆焊和在閥杆上用噴熔法堆焊

轉時(圖 6) 從大約 800°C 的均勻溫度接着緩冷, 然後進行必須的校直。並在垂直位置進行閥杆的最後應力去除處理, 以獲得最大的尺寸穩定性。

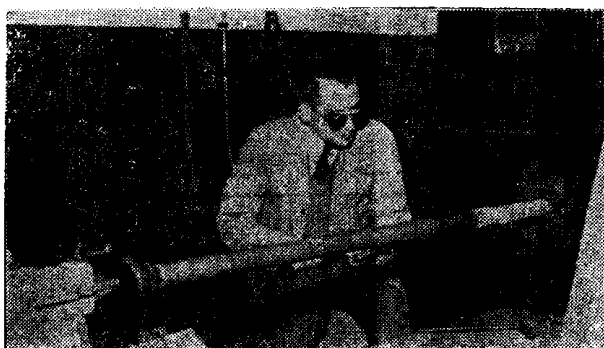
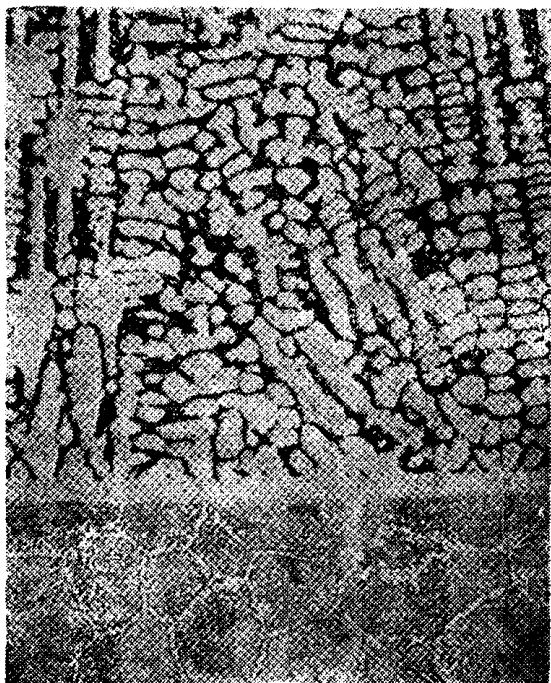


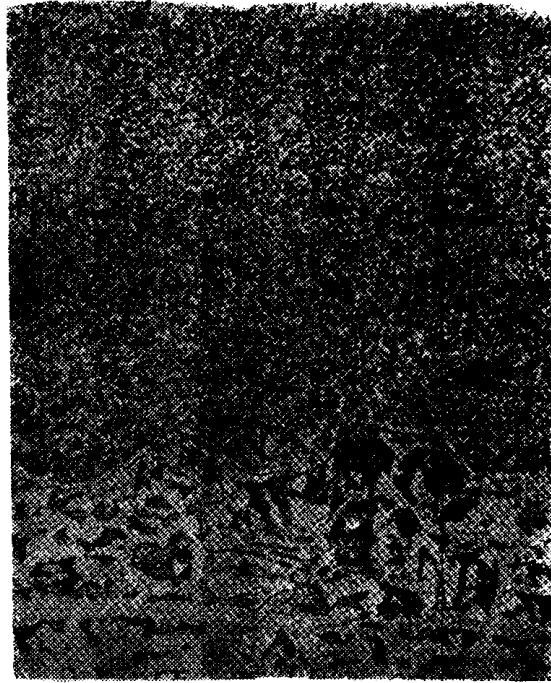
图 6 噴鍍後熔合的閥杆

與氧炔焰堆焊相比較, 噴熔法的應力較少, 而用這個方法形成的低應力特點和均勻的薄堆焊層使它對軸和軸套是非常適用的。該法的局限性是在很短的持續時間內需將局部表面加熱到 $1,170^{\circ}\text{C}$, 不然會使其氧化惡化或者使熔合受到阻礙。

在圖 7 中示出用氧炔焰和噴熔法堆焊組織和結合的比較。用釐焊法的氧炔焰堆焊幾乎並不造成任何基體金屬的熔化, 而這種熔化在噴熔中是完全沒有的(在放大倍數中不均勻的連接綫是由噴鍍前噴砂所造成)。噴熔合金含有足夠的硼和硅使自身形成熔劑, 並使微粒當加熱到顯著低於鋼基體金屬熔點的熔化溫度時彼此聯合并與鋼基體金屬相互聯合。



(a)



(b)

图 7 显微照片

(a) 氧炔焰堆焊的司太立特 6; (b) 在碳鋼上(鋼在下面)噴熔司太立特 SF6 ($\times 100$)

(下接第 4 頁)

水輪机的不銹鋼堆焊

副島 一 雄

水輪机的腐蝕和磨損

水輪机腐蝕和磨損的例子，常見的例如熊川第二发电站的2,000 瓩混流式水輪机，它是用普通鑄鋼制成的，在运行一年之后其发电效率就降低了10%以上。其次为熊本县的黑川第一发电站的6,300 瓩的水斗式水輪机，它也是用普通鑄鋼制成的，由于受到悬浮火山灰的影响，仅6个月的时间，几乎磨損到不能使用的程度。

这两个例子是属于磨損較严重的水輪机。以日本的河流来讲，由于火山灰和泥砂等使水輪机效率降低的問題是无法避免的。

并且，即使是将酸性不强和泥砂較少的清水用来发电，而根据水輪机設計上的不同，一般只能使用2~3年或者4~5年，因产生空化使效率降低而需补焊。至于更换零件次数的增加，則其效率将更要降低。

水輪机和其零件的效率降低原因有下面三种：

- (1) 由于泥砂或其他物质而产生侵蚀；
- (2) 由于酸性水质而产生的腐蝕；
- (3) 由于空化作用而产生的侵蚀和腐蝕。

为了防止上述时常产生的腐蝕与磨損現象，各电站和制造厂都在进行研究对策，侵蚀理論虽已有些闡述，但所得出的結論并不一致，下面就其理論方面略作介紹。

1. 侵蚀

关于泥砂的磨損运藤氏把泥砂作为水中的悬浮物，将各种材料試片放入水中进行搅动試驗，各种材料磨損量的結果值列于表1。

2. 腐蝕

有关由于酸性水质而产生的腐蝕，根据日本东北电力公司的水质調查和对策專門委员会的調查結果，酸性靜水中的金属腐蝕度在多数場合下，是要根据水的pH值、标准单极电位阴极的反应活化能量、金属离子的扩散常数和扩散层的厚度来确定。并作了下述概略論断：

(1) 銅合金不能用于有害的水中。

(2) 在靜水中不同质金属的接触腐蝕，流速低时其腐蝕較为严重，而流速高时倒反而不成問題。

(3) 18-8 鎳鉻鋼的耐腐蝕能力最大，13 鉻鋼在流速很大的場合下較为稳定，但当靜水中pH=4以下时就要腐蝕。

(4) 3S, 61S 等鋁合金对酸性水的适应能力最强。

金属对于含硫酸、亚硫酸、氯化物的有害水耐蝕能力的强弱一般按下述次序排列，即 19-12 MoCu

表1 水中含有泥砂进行的搅动試驗 (运藤氏)

材料名称	主要成分	磨損量
炮 銅	Sn 10%, Zn 2%, 其余为 Cu	3.0
磷 青 銅	Sn 10%, Pb 1.9%, P 0.8%, 其余为 Cu	2.0
銅硅 錳 合金	Si 3.5%, Mn 1%, 其余为 Cu	2.9
鋁 青 銅	Al 7%, Si 2%, 其余为 Cu	2.1
炮 青 銅	Al 10%, Ni 4%, Fe 5%, Mn 0.5%, 其余为 Cu	1.8
軟 銅	C 0.1%	2.1
鑄 鐵	C 3.2%, Si 1.8%	1.8
13 鉻 鋼	—	1.5
18-8 鎳鉻鋼	—	0.7

表2 pH=5, 流速=6米/秒, 有害水质中的腐蝕

(东北电力公司有害水对策委员会)

材 料 名 称	腐 蝕 量
鋁青銅 (Al-Cu)	0.00143
銅鋅合金 (Zn-Si-Al-Cu)	0.00113
炮銅 (Sn-Zn-Cu)	0.00100
鋁青銅 (Al-Si-Cu)	0.00084
銅硅錳合金 (Si-Mn-Cu)	0.00073
磷青銅 (Sn-Pb-P-Cu)	0.00063
軟銅	0.02
鑄鐵	0.02
13 鉻鋼	0.00000
18-8 鎳鉻鋼	0.00000

为最强,其次为 19-12 Mo、18-8 鋼、13 鉻鋼、鋁青銅、鑄鋼等。該委員會的試驗結果列如表 2。

3. 由于空化作用而产生的侵蝕和腐蝕

有关这方面的理論众說紛紜,現分別介紹如下:

(1) 流体磨損論

所謂空化是指由于流水的直接冲击部分和其內側表面呈現瞬間真空状态部分所激起的,以及由于水或者空气与表面摩擦而产生的現象而言。

根据日本学术振兴会所进行的干摩擦研究的結果,得出了如下实验公式:

$$WI = K \frac{P}{V^2}$$

W——磨損量

I——材料冲击值

K——常数

P——压力

V——速度

如果象水輪机的流体也能适用的話,則 P, V 将与水头有一定关系,对这样的电站就可以把它作为常数来看待,即 $WI = \text{常数}$,也就是說材料的磨損量与冲击值成反比。

根据这个公式的結果,以普通鋼的磨損最甚,其次为銅合金、13 鉻鋼,18-8 鋼,但經過干摩擦的試驗表明,利用 18 鉻鋼制造水輪机的零件耐磨損性并不太好。

(2) 疲劳論

所謂空化現象是由于受到流水或空气的敲击而产生的,因此疲劳强度越高,抗力也愈大,根据斯坦頓的反复敲击試驗(表 3)和阿普頓·来威斯的試驗(图 1),金属的抗力是以銅合金、軟鋼、13 鉻鋼,18-8 鉻鎳鋼順次增大。

表 3 斯坦頓的敲击次数

錘 的 高 度	0.17% C 鋼	0.3% C 鋼	13 鉻 鋼	18-8 鉻鎳鋼
0.7 吋	11767	13302	23305~8694	71157~10620
1.5 吋	2509	2875	4523~1289	5142~1946
3.0 吋	—	—	863~107	751~609

(3) 腐蝕論

空化作用使材料表面在水中产生銹层,它經過水流或空气的冲击而剝落下来,这样反复不断的剝落就造成腐蝕。据此可以証明,金属的耐腐蝕能力以軟鋼、13 鉻鋼、銅合金、18-8 鉻鎳鋼等順序而增大。

(4) 实验室試驗

假定前面所讲的空化現象,是由于流水或空气的敲击作用下出現的材料疲劳与利用冲击水或超声波的試驗值相同条件下,进行了各种材料的試驗。試驗結果表明,以鑄鋼的抗力为 1 的話,則其他的比率鋁鋼为 0.3~1.7, 13 鉻鋼为 3.2, 18-8 鋼为 4.5~5.2。

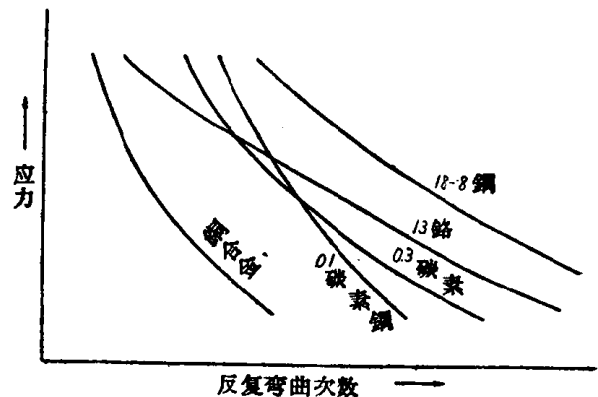


图 1 反复弯曲的疲劳試驗(阿普頓·来威斯)

附注: 1. 在应力大的場合下, 韌性愈高反复弯曲的次数愈多。

2. 在应力小的場合下, 彈性极限愈大, 反复弯曲次数愈多。

水輪机修复时堆焊材料的选择

上述理論在試驗过程中未必获得完全相同的結果,但一般可以这样认为,18-8 鉻鎳鋼和 13 鉻鋼等的磨損、腐蝕和空化作用的产生是和金属各抗力有关的,因此,进行水輪机的修复堆焊时应根据各种材料的条件作适当的选择。

目前所采用的鑄鋼叶輪和其他水輪机零件的焊接修补,多半采用 D316 系焊条,也采用一部分 D309、D310 和高錳不銹鋼焊条。此类堆焊焊条的选择除了必須注意抗力之外,还必須考虑到可焊性和經濟效果。

目前各电站所采用堆焊各种材料的焊条主要有下面几种。

1. 鑄鋼制的水輪机

如前所述,用于堆焊的焊条大部分是 D316 焊条,其可焊性、机械加工性能和使用效果都令人十分滿意。如把 D310 焊条和 19-9 Mn 鋼所进行的堆焊作一比較,前者成本比較低,但其耐久性尚未得到証实。据說,目前九州电力公司正在进行比較試驗,但是預料也不会有什么差別。

也有采用 13 鉻鋼焊条进行焊接的一些例子,証

明其可焊性和机械加工性都较差,并有裂纹产生,一般都不常采用,而这种焊条很多应用于 13 铬镍铜叶轮和衬套等制造过程的修补中。

由于不锈钢焊条的发展,近来国外已采用能析出耐腐蚀硬化物的焊条,而日本尚处于试验阶段。

2. 铜合金制的水轮机零件

酸性水质的地方从前大多采用铜合金制的叶轮,所用材料多以炮铜、磷青铜为主,而国外则用铝青铜,但近来多半用 13 铬钢、18-8 钢来堆焊修复旧有的铜合金制叶轮。

此类铜合金制的水轮机的修复用焊条,一般应使用与其本身相同的材料,但从可焊性考虑,应该认为 D 铜-铝系焊条材料则更适用于任何性质的材料。同时,根据使用者的不同要求,也有采用 D 铜-硅,和 D 铜-锡系的。

3. 13 铬不锈钢制的水轮机零件

13 铬钢不论用于清水或是酸性水的地方都是比较好的,并且它的耐腐蚀性较强,因此,最近各处都采用这种材料。但如众所周知,这种材料的可焊性较差,所以现场在焊补工作中不是用同质焊条而是用 D309 和 D316 系的奥氏体不锈钢用的焊条,但这对热影响区域的硬化是不可避免的。此外,13 铬钢因其热处理和由于添加元素之故而使耐蚀性显然不同,因此在实际应用上未必可以获得良好的效果。

以上除铜合金制水轮机以外,几乎全部采用奥氏体系不锈钢焊条,尤其是,因成本关系大多采用 D316 系焊条。

堆焊修复上的问题

焊条的选择已作叙述,但堆焊时的焊接变形是一个很重要的问题。虽然这种变形经矫正后可以达到与新制时同样的性能,但如果不予矫正而直接使用的話,在运行中将会产生损坏而造成重大的事故,

因此,在焊接时必须遵守焊接程序和采取多层堆焊方法,以防止产生变形。

为了使叶轮达到平衡,要在堆焊后把外径变形部分进行切削加工掉,然后套装新的衬套或者再利用堆焊法使其成形。在叶根部分,则应在与产生变形相对称的位置加热,随后进行切削来进行调整。

其次存在的问题是用研磨机床进行修整,由于不锈钢是一种非常富有粘性的材料,因此磨削加工的时间需要很长,并且磨石的磨损也很严重,因此如用切削则效果较高。

此外,堆焊金属和基体金属虽然也存在着裂纹和气孔等缺陷,如若遵守焊接技术所应该注意的工艺事项一般就可以解决。

水轮机零件堆焊修复的经济效果

叶轮,导水瓣等水轮机零件的堆焊修复时,首先必须从其耐久性能考虑,但也必须考虑到经济上是否合理。为了证明经济上是否合理,这可举某发电厂在 1954 年所作导水瓣的堆焊修补的比较试验结果的例子来说明。

试验是把 1,200 瓩发电机上已经磨损的导水瓣,从其标准尺寸切削去 2 毫米,然后应用各种不同的焊条进行了堆焊或镀铬,并经过 7,821 小时的运行后,作了实况检查,最后推算出各种堆焊件的使用年限。

进行试验的河流,从 4 月到 6 月是丰水期,在这一期间反而比枯水期时的流砂严重,从 7 月到 10 月期间从上游进行了两次贮水池的泥砂流放,在这一期间约有 10 天流砂特别多,因此,导水瓣磨损很严重,水质为 pH 7.1,几乎并未腐蚀。

表 4 所载是直接堆焊所需的费用,导水瓣的拆卸和更换费用除了上述费用之外还要包括人工费、各种材料费以及约七天的停电费用,共计 540,064 日元。

表 4 导水瓣堆焊修复的费用比较 (1954 年)

	导水瓣材料费	焊条用量和费用	焊接和加工费用	合 计	耐用年数	备 注
新 制 品	1,800 日元×18 块	—	—	324,000 日元	4 年	实际调查
軟 鋼 堆 焊 (D4301)	100 日元×18 块	11 公斤×130 日元	37 小时×70 日元×18 块	74,160 日元	3 年	实际调查
不 銹 鋼 堆 焊 (D-316)	100 日元×18 块	10 公斤×1,000 日元	35 小时×70 日元×18 块	225,900 日元	8 年	根据三年的磨损情况折算
軟 鋼 堆 焊 后 鍍 鉻	100 日元×18 块	11 公斤×130 日元	37 小时×70 日元×18 块外加鍍鉻費 1,000 日元×18 块	92,160 日元	4.5 年	根据一年的磨损情况折算

因此,如用 D316 焊条修补的导水瓣其使用年限以 8 年为标准的话,新的制品就要在 4 年内更换一次,因此,一年的消耗费用为 148,508 日元,利用 D4301 焊条时为 159,763 日元,利用 D316 焊条时为 28,237 日元。而用 D4031 堆焊后镀铬时则为 87,988 日元。结果证明其中以 D316 的堆焊最为经济。

前面虽只是举导水瓣为例,但这一计算如果合理而可靠的话,则在水轮机堆焊修补时对于耐腐蚀、耐侵蚀以及耐空化的抗力最强的铬镍系不锈钢,不论在经济合理性、或者是耐久性方面都是最好的。

水轮机零件的堆焊工艺

如前面所述,水轮机零件由于堆焊延长了使用寿命,如对于不耐久的易磨损的补焊修复以及水轮机零机上磨损较剧烈的部分预先进行堆焊,那么,不但可以保持其应有的效率,并且零件的可靠性也有很大的提高,因此水轮机零件施行堆焊非常有利。

表 5 所载为水轮机零件材料和适用于堆焊的焊条。在堆焊时,如果遵照一般焊接所应注意的要求进行,就必然会获得良好的结果,因此这里就不再赘述了。

表 5 水轮机零件材料和堆焊焊条

零件名称	材 料	焊 条 种 类		备 注
		电 弧 焊	气 焊	
导 水 瓣	铸 铜	D316	—	
	13 铬 铸 钢	D309, D310	—	
	铬 镍 不 锈 钢	D316, E309 Mo	—	
套 管	铸 铁	DFC Ni, DFC Fe	—	基体金属过于污垢时,应采用 DFC Fe 进行打底焊
通 风 管	铸 铁	DFC Ni Fe D316, E309 Mo	—	
衬 套	铸 铁	DFC Ni	铸 铁 丝	气焊时应进行预热
	铸 铁	E7016	—	
	13 铬 钢	D309	—	
	铜 合 金	DCu-Al	特殊黄铜	
尾 斗	铸 铜	D316	—	软钢堆焊时用 D4316
	不 锈 钢	D316, E309 Mo	—	气焊时变形较大
	铜 合 金	DCu-Al	特殊黄铜	
转 子 閥 (閥座面)	铸 铁	OFC Ni, DFC Ni Fe	—	蒙乃尔合金用焊条
	铸 钢	E4 N10	—	

延长寿命和修复用的不锈钢堆焊

以往的水轮机几乎都是用普通铸钢制造的,但由于水质的酸性,空化作用以及由于悬浮泥砂而引起的腐蚀和磨损,因此逐渐采用 13 铬钢、18-8 不锈钢等材料,此外,对于铸钢制水轮机使用寿命的延长

和磨损零件的修复,采用不锈钢进行堆焊是最为良好的,其每年所需的修复费用也最省,而且使水轮机的运行时间大大地提高。

(侯立生译 黄学成校)

自《溶接技术》No. 11, 1962, 29~33 页

堆焊修复内燃机的气缸衬套

П. М. Иевлев 等

在熔剂下沿螺旋线的电弧堆焊特点是生产率高,堆焊金属的质量好,自动化工作简单和可以采用普通流行的焊接设备。

根据未经试验的推测,在该法中热规范会有损于修复零件的工作表面的使用性能,因此修理企业就放弃了在熔剂下的堆焊。

例如,在熔剂下堆焊 3ДГ、3Д12 内燃机的气缸衬套配合凸缘的外表面会引起内部氮化表面的受热,由于伴随着硬度的降低,氮化层的组织得到可能的改变,而这种情况被认为是不允许的。

因为耽心衬套有过大的变形,往往就不采用在熔剂下的堆焊。

从事修理发动机企业采用价贵的由 38 XMIOA 号钢制成的新衬套来替换磨损的衬套,或者采用振动电弧堆焊来修复凸缘。

大家知道,振动电弧堆焊和在熔剂下的堆焊相比较具有一系列的重大缺点:生产率低、零件在堆焊后机械加工的复杂性、堆焊金属的质量差以及在堆焊金属中存在应力集中(宏观和微观裂纹、气孔、未熔化、气泡等)。

由于这些原因,就有必要对气缸衬套在熔剂下的堆焊过程进行研究,使取得良好的结果,以便推荐它来代替振动电弧堆焊。

在研究中提出了如下任务:在凸缘上堆焊时,研究衬套工作表面上金属氮化层的热循环;确定受热对工作面层组织和硬度的影响;以及测定堆焊对衬套直径改变的影响。

上述研究取得了良好的结果。在图 1a 上表示从外面堆焊下部凸缘时,衬套内表面上各点的热循环曲线。温度的测量系采用铬镍-铝镍的热电偶(T-1和 T-2)来进行并用 CP-5 示波器来测定。由图可见,最高温度在堆焊结束处(T-2)达到 700°C。

金属超过 600°C 的持续受热可以使氮化物离解和硬度改变,这种持续受热不超过 35~40 秒(图 1б)。那样的热循环正为以后研究所证实,不可能对氮化层的性能发生任何影响。在衬套的所有工作部

分内的表面硬度几乎都是一样的(图 2),与热影响无关。

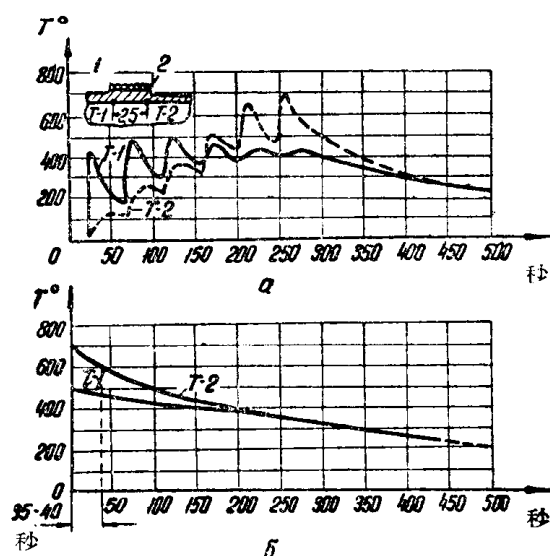


图 1 在熔剂下堆焊下部配合凸缘时,在气缸衬套内部(工作)表面上氮化层的热循环
1—第一道焊波; 2—第六道焊波

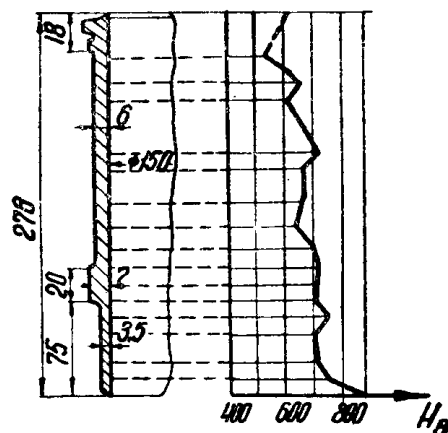


图 2 从外面堆焊下部配合凸缘后,气缸衬套的内部表面上硬度分布

在发动机工作过程中,在未经受活塞磨损影响的内部表面区段内金属的硬度是最高的($H_V 890$),并且它和使用前存在于整个衬套高度方向上,且仍完全保留的氮化层原始硬度相符合。

在熔剂下的堆焊和振动电弧堆焊对衬套直径改变的影响可用下列数据来确定。带凸缘的衬套用振动电弧堆焊后,在凸缘区域内的直径平均减少0.124毫米(按五个试验衬套的平均值)。在熔剂下堆焊时,直径的减小平均为0.117毫米。

试验衬套的堆焊规范如下。振动电弧堆焊:电流—200安,电压—20伏,衬套的转速—3.75转/分,堆焊节距—2毫米/转,采用水流进到电弧区域来冷却;在熔剂下的堆焊:焊接电流=100安,电弧电压=23伏,衬套的转速—1.5转/分,节距—5毫米/转,自然冷却。

实际上,振动电弧堆焊在熔剂下的堆焊时那样,会引起衬套直径的改变,这是由一系列因素所决定的。

可以设想,在振动电弧堆焊时的因素之一是用水流强烈冷却的狭区带的集中受热;这就引起了和金属比容的改变相联系在一起的组织转变。堆焊时所形成塑性区域的纵向和横向收缩会引起剩余焊接变形,金属比容的减小会导致衬套直径的改变,这可

以和在熔剂下的堆焊时发生的改变相比拟。

金相试验表明,需修复的衬套只有消失少量的氮化层。同时,在熔剂下堆焊凸缘后,金属的组织并不发生显著的变化。

結 論

1. 在熔剂下堆焊时的热循环对经过使用而修复的气缸衬套内部工作表面的金属组织和硬度并不引起变化。

2. 在熔剂下的堆焊会和振动电弧焊时一样,引起衬套直径的局部减小。

3. 在熔剂下堆焊的焊层质量比振动电弧焊时要高。

4. 任何从事修理发动机的企业可以不需特种设备,采用在熔剂下的自动堆焊。当修复内燃机的气缸衬套和其他圆筒零件时,在熔剂下的自动堆焊方法是值得推荐的。

(张柏年译)

自《Автоматическая сварка», No. 4, 1962, 82~84 頁

(上接第26頁)

轧辊的寿命,关于用各种方法堆焊的轧辊寿命比较数据(见表3)表明,在ЖС-450熔剂下堆焊的轧辊寿命,并不次于用ПІІ3Х2В8管状焊条和ЭИ701合金钢焊丝堆焊的轧辊寿命。经过堆焊的轧辊寿命提高到未经堆焊的轧辊寿命的2倍多。堆焊的生产率,采用直径为3.5毫米的管状焊条提高堆焊生产率的可能性受着焊接电流的增大所限制。如焊丝牌号的说明书所规定,实际上电流不超过350安,因此当堆焊金属为84公斤时,堆焊轧辊的机动时间约需22小时。

在陶质熔剂下堆焊时,堆焊电流只受轧辊直径的限制,其数值为500~550安。由于电流值的增加和用ЖС-450熔剂时堆焊系数高,这就使堆焊生产率提高到2~2.5倍。一根轧辊的堆焊时间由22小时缩短到9.6小时。考虑到装夹、预热等的辅助时

间,在两种情况下需6小时,于是生产率提高到1.8倍。

在Енакиевский冶金工厂堆焊轧辊试验的基础上,可以得到下列的结论:

1. 以ПІІ3Х2В8管状焊条,ЭИ701合金钢焊丝和在ЖС-450陶质熔剂下堆焊,可保证轧辊寿命提高到2倍多。

2. 采用陶质熔剂可以降低堆焊材料消耗,相当于采用ПІІ3Х2В8管状焊条时的0.22。

3. 在陶质熔剂下堆焊生产率为ПІІ3Х2В8管状焊条堆焊生产率的1.5~2倍。

4. 在陶质熔剂下进行堆焊的方法是简单的,方便的,不需耗用贵重的材料,因而可以推荐在其他工厂中广泛应用。

(宋宝和译 张柏年校)

自《Сварочное производство», No. 7, 1960, 24~26 頁

履带拖拉机支撑辊轴的自动耐磨堆焊

А. Ф. Чечель

堆焊是修复拖拉机和农业机械磨损零件的主要工艺过程之一。目前，堆焊大多是用手工方法来完成的。但近年来在修理性的生产中开始广泛采用自动堆焊法。

为了堆焊拖拉机的支撑辊轴、拉紧轮和其他易磨损的零件，推荐采用合金焊丝或者应用特种熔剂的普通碳钢焊丝来进行堆焊。

在拖拉机修理站修理工场中，由于没有合金焊丝和特种熔剂，这些自动堆焊法还未得到广泛的实际应用。

在自动堆焊时，堆焊金属的合金化可用更加简单的方法来实现：即向熔剂层下连续进给铸铁屑和铁合金组成的合金粉末混合料的方法。

过程按图 1 所示的简图来实现的。

由料斗向堆焊零件表面用剂量机构进给的合金混合料以熔剂层复盖着。在电弧中，混合料进行熔化并使由 CB-08 电焊丝堆焊的金属合金化。

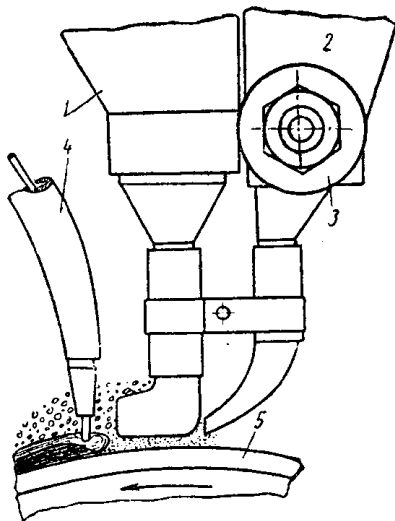


图 1 向熔剂层下进给合金混合料的自动堆焊简图

1—熔剂料斗； 2—混合料斗； 3—剂量箱；
4—电焊条头嘴； 5—堆焊零件

粉末混合料的均匀进给是用剂量机构来实现的，其结构示于图 2。

在蜗杆旋转时，混合料自料斗经过接料口进到

腔内，并从那里经过出口缝隙和混合料导管送到零件表面。

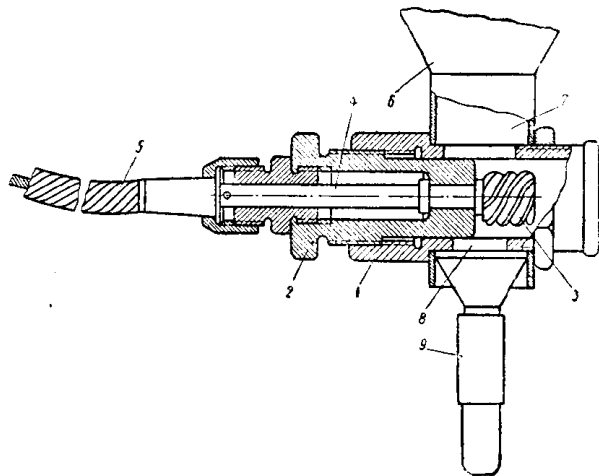


图 2 剂量机构

1—计量箱体； 2—调节套管； 3—蜗杆； 4—蜗杆小轴； 5—软轴； 6—合金混合料斗； 7—接料口； 8—出口缝隙； 9—混合料的导管

上述合金化的堆焊法在自动堆焊履带式拖拉机的支撑辊轴时，实际上已经实现并为尔沃夫地区拖拉机修理站修理工场成功地应用着。

在汽车拖拉机发动机气缸的搪孔时所得到的铬镍铸铁细铁屑，可以用来作堆焊支撑辊轴时的合金混合料。向熔剂层供给的铸铁屑数量系由堆焊金属中得到 0.8~1.0% 含碳量来计算的，铸铁屑的数量是占电焊丝重量的 25~30%。所需 75%-锰铁的数量是由堆焊金属中得到接近 8~10% 的含锰量来计算的，而占着堆焊金属重量 10~13% 的 75%-锰铁需加添到铁屑中。

应用计量箱向熔剂层下机械进给合金混合料，可以使堆焊金属得到比较均匀的组织和机械性能。

铬镍铸铁屑的加添会显著增大堆焊层的硬度（见附表）。堆焊金属是托氏体-马氏体的大型针状组织。

加添锰铁占电焊条重量 10~13% 会使托氏体-马氏体具有很大的分散性。