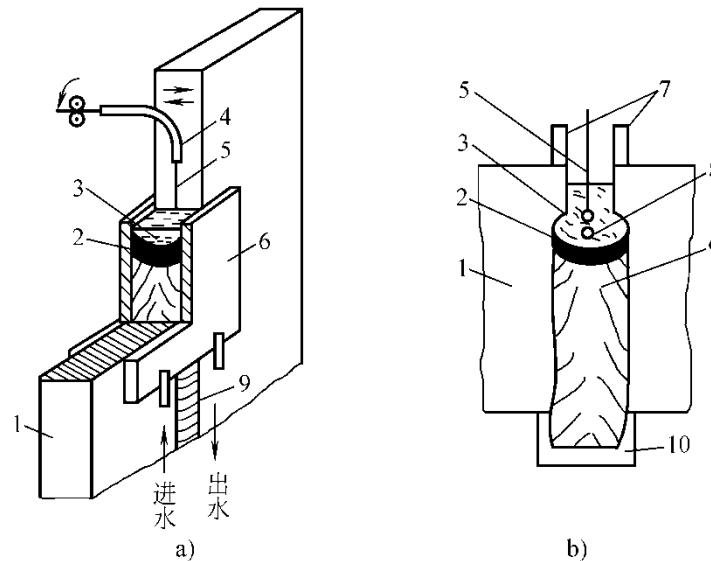


第10章 电渣焊

- 1. 电渣焊原理、特点及应用
- 2. 电渣焊热过程和结晶组织的特点
- 3. 电渣焊用焊接材料
- 4. 丝极电渣焊设备
- 5. 丝极电渣焊工艺
- 6. 电渣焊的其它方法
- 7. 电渣焊常见的缺陷及其防止

- 10.1 电渣焊原理、特点及应用
- 1. 电渣焊工作原理



a) 立体示意图 b) 断面图

图 10-1 电渣焊原理示意图

1—焊件 2—金属熔池 3—渣池 4—导电嘴 5—焊丝 6—强迫成形装置
7—引出板 8—金属熔滴 9—焊缝 10—引弧板（槽形）

- 2. 电渣焊的特点

- 适宜在垂直位置焊接
- 厚大焊件能一次焊接成形
- 生产率高
- 焊缝成形系数和熔合比调节范围大
- 渣池对被焊件有较好的预热作用
- 焊缝和热影响区晶粒粗大

-

• 3. 电渣焊的类型及其应用

➤ 丝极电渣焊

- 采用焊丝作为电极，焊丝通过导电嘴送入渣池，导电嘴和焊接机头
- 随金属熔池的上升同步向上提升。丝极电渣焊适合于环焊缝焊接和高碳钢、合金钢对接接头及T形接头的焊接，常用于焊接厚度为40~50mm和焊缝较长的焊件。

➤ 熔嘴电渣焊

电极由固定在接头间隙中的熔嘴（通常由钢板和钢管点焊而成）和从熔嘴的特制孔道中不断向熔池中送进的焊丝构成。焊接时，熔嘴和焊丝同时熔化，成为焊缝金属的一部分。熔嘴也可以做成各种曲线或曲面形状，也可采用多个熔嘴。熔嘴电渣焊适合于大截面结构的焊接以及曲线及曲面焊缝的焊接。

➤板极电渣焊

电极为板条状，通过送进机构将板极不断向熔池中送进。根据被焊件厚度的不同可采用一块或数块金属板条进行焊接，板极电渣焊多用于模具和轧辊的堆焊等。

➤管极电渣焊

在熔嘴电渣焊的基础上发展起来的一种电渣焊方法。其特点是焊接时用一根外面涂有药皮的钢管作为熔嘴，而在熔嘴中通入焊丝。药皮可以起到绝缘的作用，因而可以缩小装配间隙，同时还可以起到补充熔渣及向焊缝过渡合金元素的作用。该方法适于焊接厚度为20~60mm的焊件

➤ 电渣压力焊

也叫钢筋电渣压力焊。它是将两钢筋安放在竖直位置，采用对接形式，利用焊接电流通过端面间隙，在焊剂层下形成电弧过程和电渣过程，产生电弧热和电阻热熔化钢筋端部，最后加压完成连接的一种焊接方法。

- 10.2 电渣焊热过程和结晶组织的特点
- 1. 电渣焊热源及热过程的特点
- ✓ 熔渣的电导率与温度相关

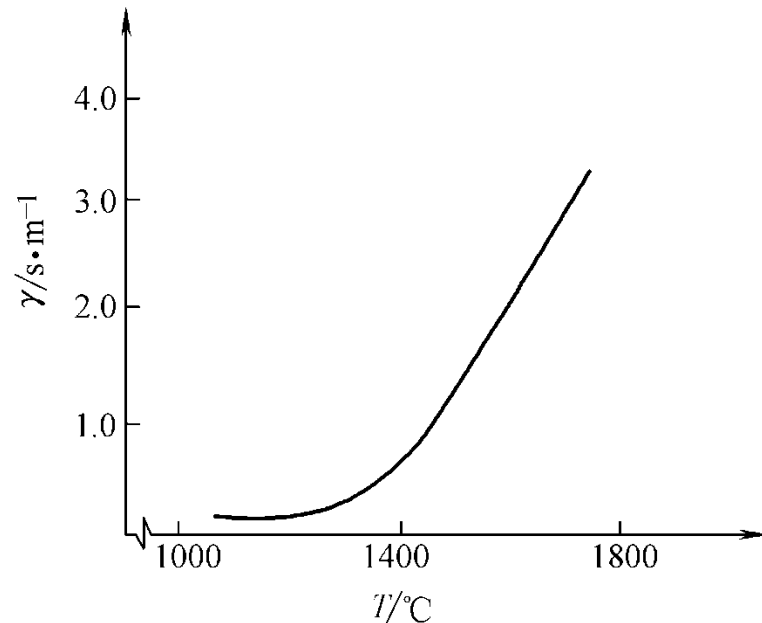
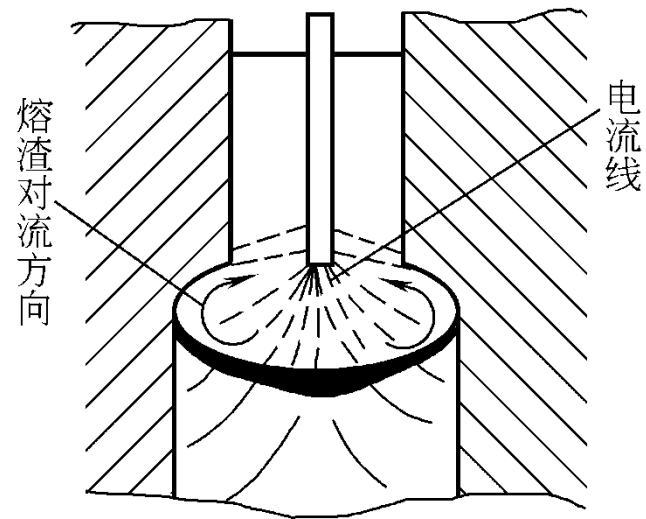


图10-2 熔渣电导率与温度的关系

✓ 热源区呈锥体

由于电流主要是通过电极末端经过熔渣流到金属熔池，而电极末端截面积小，金属熔池面积较大，所以焊接电流比较集中流过的区域呈锥形。该区域产生的电阻热量最多，温度也高，通常称之为高温锥体区，它是电渣焊的主要热源区。由于电极末端的电流密度比金属熔池表面处的电流密度大，产生电磁压力差，导致在渣池中引起液态熔渣的对流循环。

图 10-3 渣池内电流分布及熔渣对流示意图



✓ 高温停留时间长，热影响区宽

由于大厚度焊件是一次焊成，焊接速度缓慢，焊接热输入大，且母材是在较长时间内逐渐升温，因此电渣焊时的高温停留时间长，加热及冷却速度比电弧焊低的多。

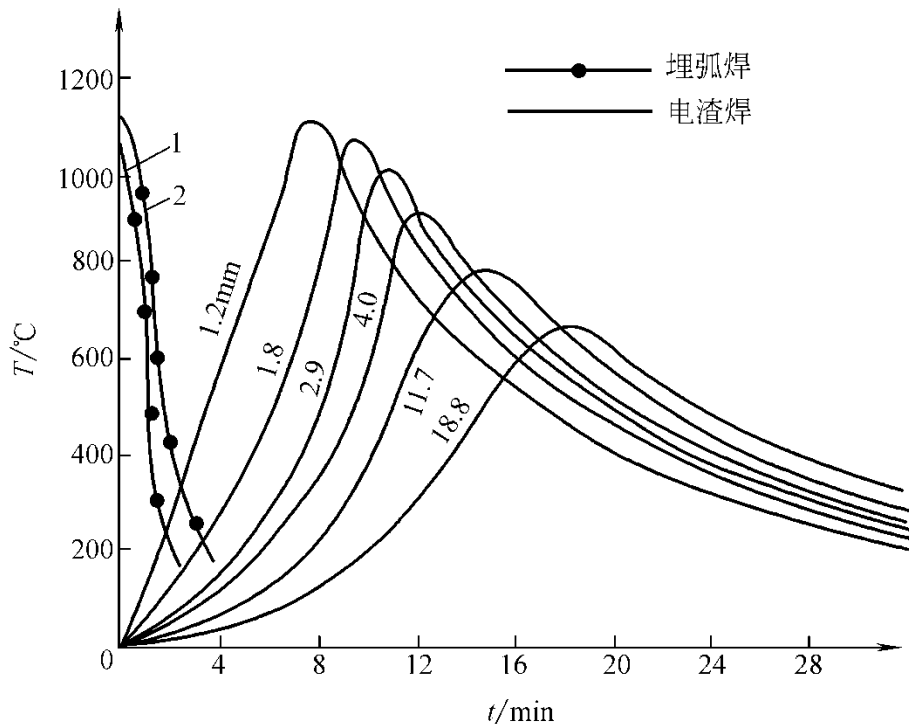


图10-4 电渣焊与埋弧焊的热循环比较

- 2. 电渣焊结晶组织的特点

- 电渣焊的金属熔池形状可以用形状系数 K 来表示，为金属熔池的宽度 B 与深度 H 之比。电渣焊熔池的形状近似于回转的抛物体的曲面，这个面也就是结晶的等温面。由于晶粒成长的方向总是垂直于等温面的，因此晶粒成长的方向必然与焊接轴线有夹角。通常将纵截面（ α 截面）上两倍的晶粒主轴生长方向与焊接轴线的夹角称为交会角 ϕ

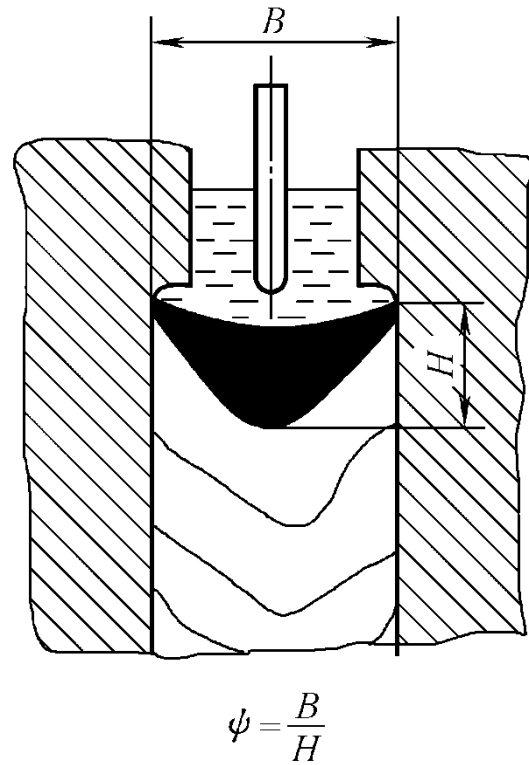


图10-5 电渣焊金属熔池形状系数示意图

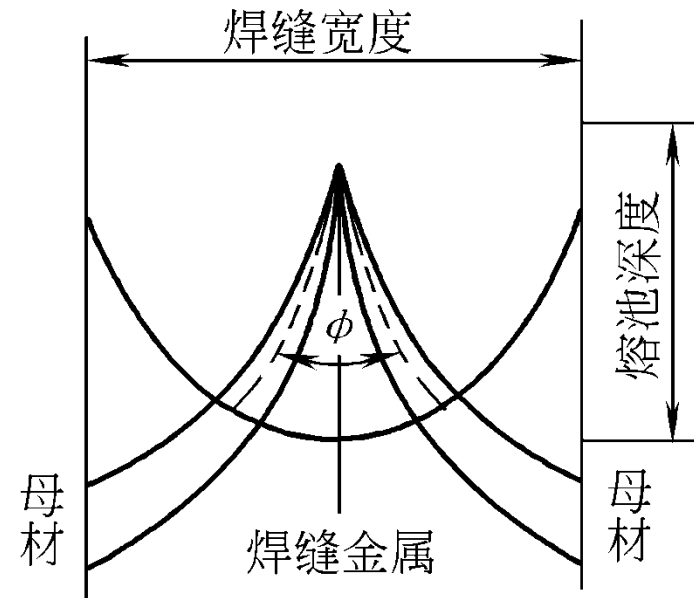
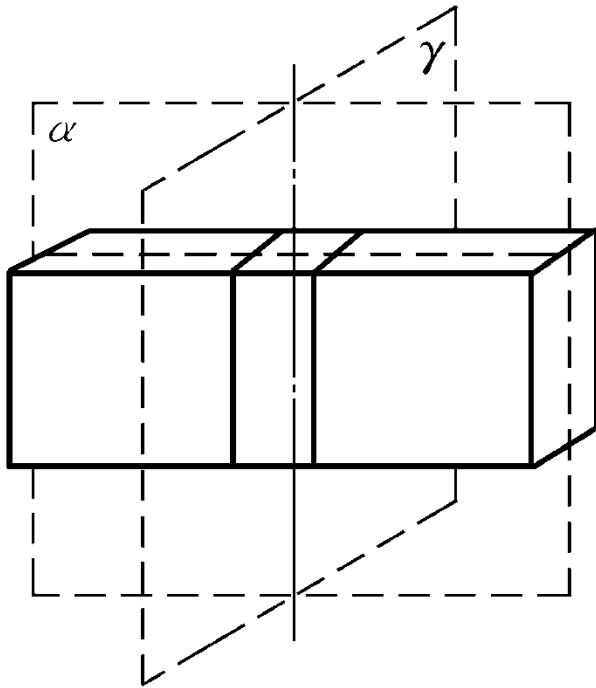


图10-6 α 截面上晶粒交会角示意图

交会角的大小将直接影响焊缝的中心偏析， ϕ 越大，晶粒主轴越垂直于焊接轴线，就越容易产生中心偏析，也越容易产生中心线裂纹。

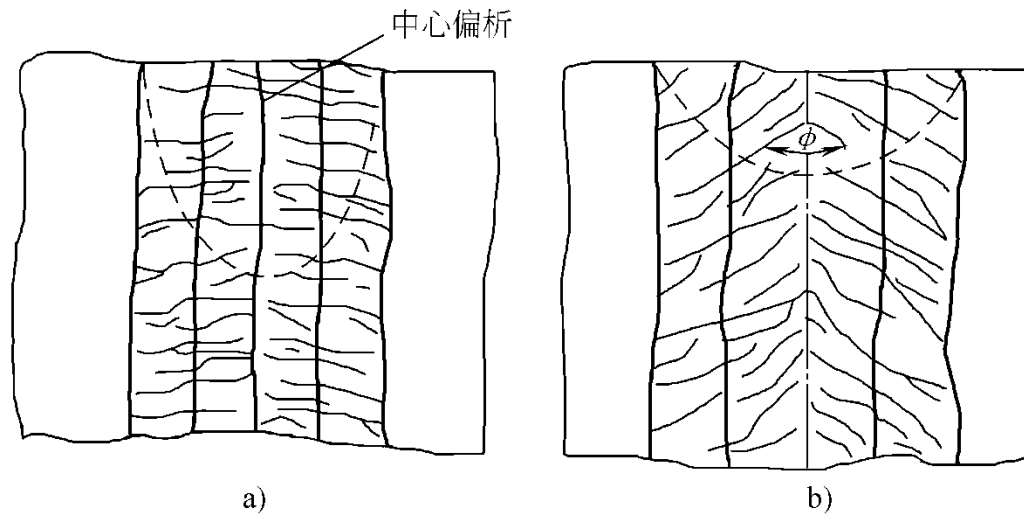


图10-7 α 截面上晶粒交会角示意图

- 10.3 电渣焊用焊接材料

- 1. 焊剂

- (1) 必须能容易、迅速地形成熔渣。熔渣要有适当的导电性，但导电性也不能过高，否则将增加焊丝周围的电流分流而减弱高温区内液流的对流作用，导致熔宽减小甚至产生未焊透。
- (2) 液态熔渣应具有适当的粘度，粘度过大时，易在焊缝金属中产生夹渣和咬肉现象；粘度太小时，熔渣易从焊件与滑块之间的缝隙中流失，严重时会导致焊接中断。

电渣焊焊剂一般由硅、锰、钛、钙、镁和铝的复合氧化物组成，不要求通过焊剂向焊缝掺合金。目前，国内生产的常用的电渣焊焊剂见表10-1。

表10-1- 常用电渣焊焊剂的类型、化学成分和用途

牌号	类型	化学成分(%)	用途
HJ170	无锰	$\text{SiO}_2 6\sim 9$ $\text{TiO}_2 35\sim 41$	固态时有导电性，用于电渣焊开始时形成渣池
	低硅	$\text{CaO} 12\sim 22$ $\text{CaF}_2 27\sim 40$	
	高氟	$\text{NaF} 1.5\sim 2.5$	
HJ360	中锰	$\text{SiO}_2 33\sim 37$ $\text{CaO} 4\sim 7$	用于焊接低碳钢和某些低合金钢
	高硅	$\text{MnO}_2 20\sim 26$ $\text{MgO} 5\sim 9$	
	中氟	$\text{CaF}_2 10\sim 19$ $\text{Al}_2\text{O}_3 11\sim 15$ $\text{FeO} \leq 1.0$ $\text{S} \leq 0.10$ $\text{P} \leq 0.10$	
HJ431	高锰	$\text{SiO}_2 40\sim 44$ $\text{MnO} 34\sim 38$	用于焊接低碳钢和某些低合金钢
	高硅	$\text{MgO} 5\sim 8$ $\text{CaO} \leq 6$	
	低氟	$\text{CaF}_2 3\sim 7$ $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 4$ $\text{FeO} \leq 1.8$ $\text{S} \leq 0.06$ $\text{P} \leq 0.08$	

• 2. 电极材料

电渣焊过程中，向焊缝金属掺加合金一般不通过焊剂，而主要是通过调整电极材料的合金成分实现对焊缝金属化学成分和力学性能的控制。在选择电渣焊电极时应考虑到母材对焊缝的稀释作用。

焊接碳素钢和低合金钢时，为使焊缝具有良好的抗裂性和抗气孔能力，除控制电极材料的硫、磷含量外，电极的含碳量通常应低于母材，一般控制在 $W(C)$ 为0.10%左右，由此引起焊缝力学性能的降低可通过提高锰、硅和其他合金元素的含量来补偿。

在丝极电渣焊中，焊接 $W(C) < 0.18\%$ 的低碳钢时，可采用H08A或H08MnA焊丝；焊接 $W(C) = 0.18\% \sim 0.45\%$ 的碳钢及低合金钢时，可采用H08MnMoA或H10Mn2焊丝。焊丝直径以2.4mm 和3.2mm的综合性能为佳。常用钢材电渣焊焊丝的选用见表10-2 。

表10-2. 常用钢材电渣焊焊丝选用表

品种	钢号	焊丝
钢板	Q235A、Q235B、Q235C、 Q235D	H08A、H08MnA
	20g、22g、25g、Q345 (16Mn)、Q295 (09Mn2)	H08Mn2Si、H10MnSi、H10Mn2、 H08MnMoA
	Q390 (15MnV、15MnTi、 16MnNb)	H08Mn2MoVA
	Q420 (15MnVN、14MnVTiRE)	H10Mn2MoVA
	14MnMoV、14MnMoVN、 15MnMoVN、18MnMoNb	H10Mn2MoVA、H10MdNiMo
铸锻件	15、20、25、35	H10h4n2、H10MnSj
	20MnMo、20MnV	H10Mn2、H10MnSi
	20MnSi	H10MnSi

- 10.4 丝极电渣焊设备
- 1. 丝极电渣焊设备的组成

丝极电渣焊设备由焊接电源、机械机构和控制系统三部分组成，其中，机械机构为焊接执行机构，包括机头、水冷成形滑块、导轨、焊丝盘等，如图10-8所示。

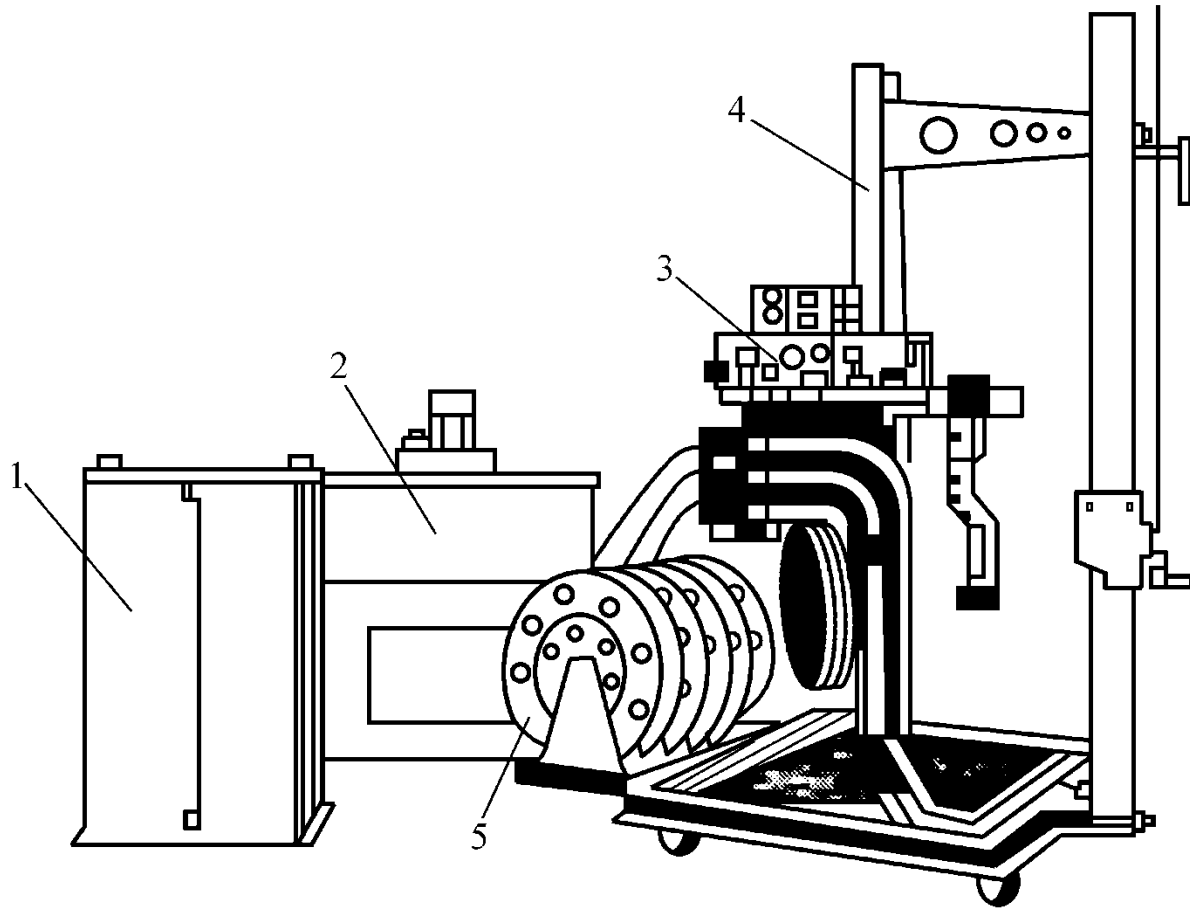


图10-8 丝极电渣焊设备构成
1-机头 2-导轨 3-焊丝盘 4-控制箱 5-焊接电源

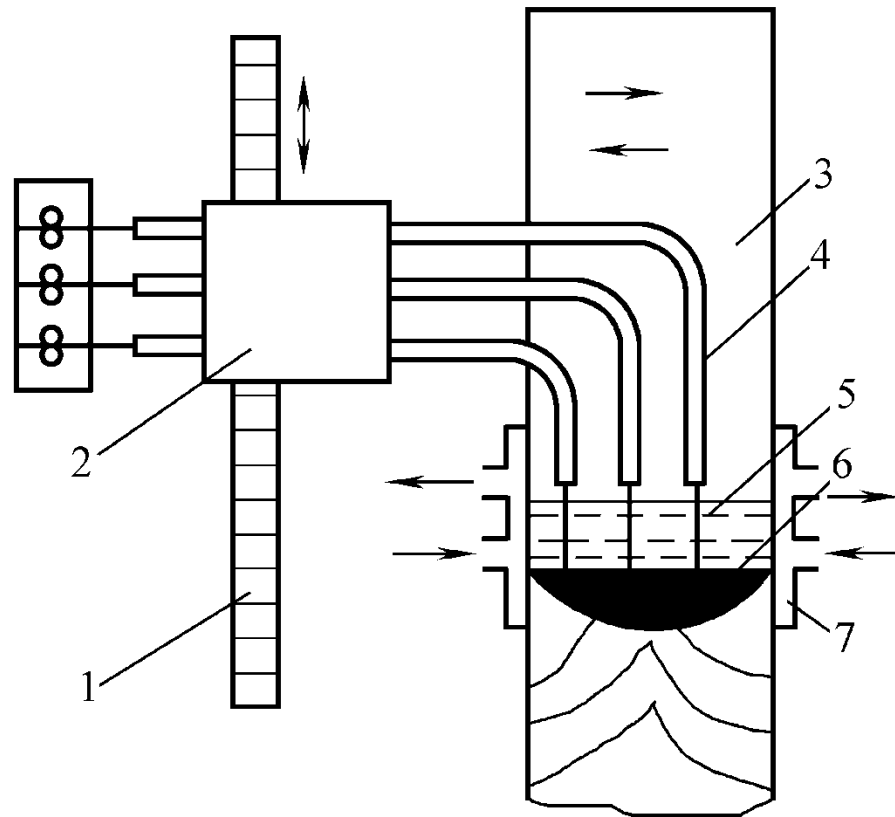


图10-9 丝极电渣焊示意图

- 1- 导轨 2- 机头 3- 工件 4- 导电杆
5- 渣池 6- 金属熔池 7- 水冷成形滑块

• 2. 焊接电源

• 电渣焊多采用交流电源。为保持稳定的电渣过程及减小网路电压波动的影响，电渣焊电源应避免出现电弧放电过程或电渣-电弧混合过程，否则将破坏正常的电渣过程。因此，电渣焊电源必须是空载电压低、感抗小（不带电抗器）的平特性电源。电渣焊的变压器必须是三相供电，其二次电压应具有较大的调节范围。电源的负载持续率应按100%考虑。

技术数据		型 号	BPI-3×	BPI-3×
			1000	3000
一次电压		(V)	380	380
二次电压调节范围			38~53.4	7.9~63.3
额定暂载率		(%)	80	100
不同暂载率时忙	100%	(A)	900	3000
焊接电流	80%		1000	—
额定容量		(kVA)	160	450
相 数			3	3
冷却方式			通风机 功率 1kW	一次空冷 二次水冷

表10-3 两种电渣焊变压器的主要技术数据

- 3. 机头

- 丝极电渣焊机头包括送丝机构、摆动机构及升降机构。

- 4. 水冷成形滑块

- 水冷成形滑块又称强迫成形装置，水冷成形滑块一般用纯铜板制成。水冷成形滑块又称强迫成形装置。水冷成形滑块一般用纯铜板制成，有三种不同的形式。

- 5. 控制系统

- 丝极电渣焊的控制系统主要由送进焊丝的电机、送丝速度控制器、机头摆动控制器、升降机构控制器以及电流表、电压表等组成。

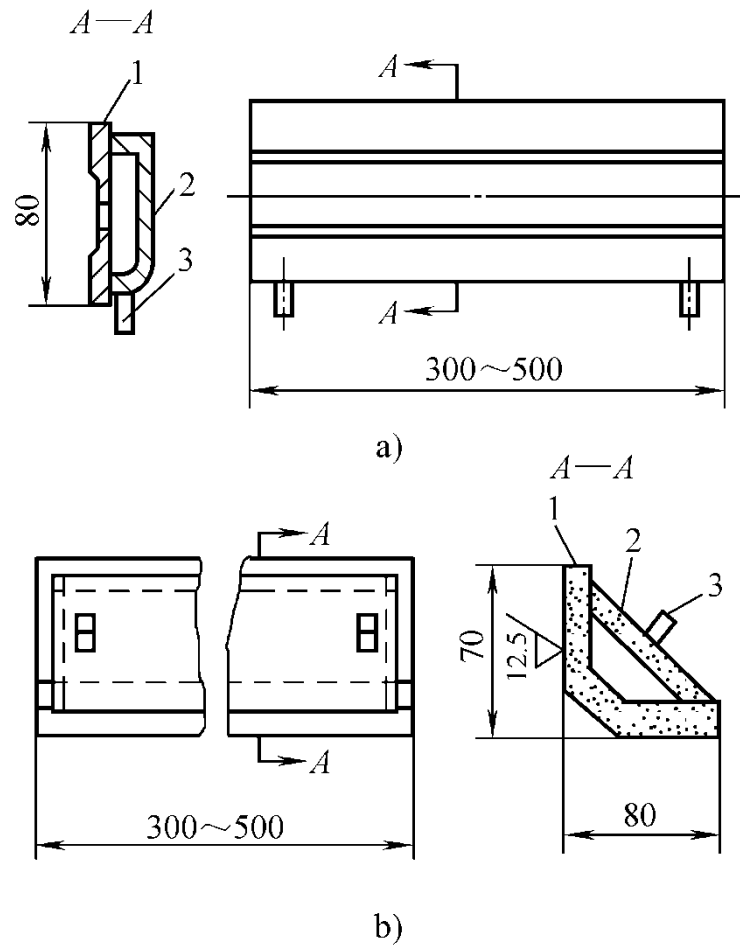


图10-10 固定式水冷成形滑块

a) 对接接头用 b) T形接头用 1—铜板 2—水冷罩壳 3—管接头

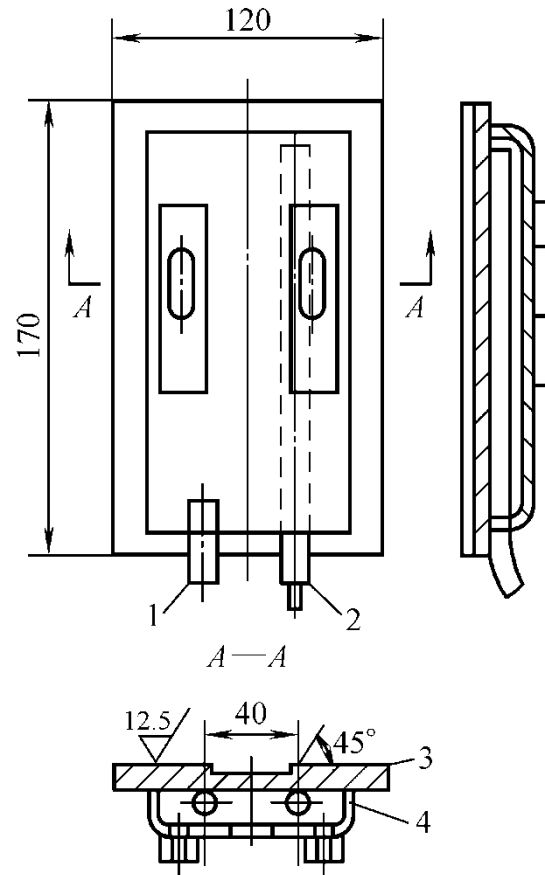


图10-11 移动式水冷成形滑块
 1—进水管 2—出水管 3—铜板 4—水冷罩壳

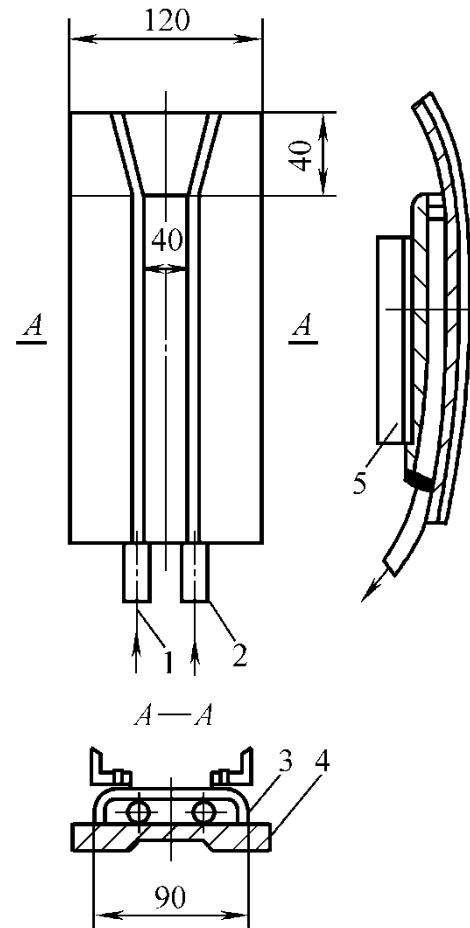


图10-12 环缝电渣焊内成形滑块

1—进水管 2—出水管 3—淬钢板外壳 4—铜板 5—角铁支架

- 10.5 丝极电渣焊工艺
- 1. 电渣焊接头设计

接头形式		接头尺寸/mm						
		50~60	60~120	120~400	>400			
常用 接头	对接接头 a)	b	24	26	28	30		
		B	28	30	32	34		
		e	2±0.5					
		θ	45°					
		δ	50~60	60~120	120~200	200~400	>400	
常用 接头	丁字接头 b)	b	24	26	28	28		
		B	28	30	32	32		
		δ_0	≥60	≥ δ	≥120	≥150	≥200	
		R	5					
		α	15					
		δ	50~60	60~120	120~200	200~400	>400	
常用 接头	角接头 c)	b	24	26	28	28		
		B	28	30	32	32		
		δ_0	≥60	≥ δ	≥120	≥150	≥200	
		e	2±0.5					
		θ	45°					
		R	5					
特 殊 接 头	斜角接头 e)	α	15°					
		叠接头 d)	同对接接头					
		斜角接头 e)	同丁字接头 $\beta > 45^\circ$					
		双丁字接头 f)	两块立板应先叠接, 然后焊丁字接头					

表10-4 不同形式的电渣焊接头尺寸

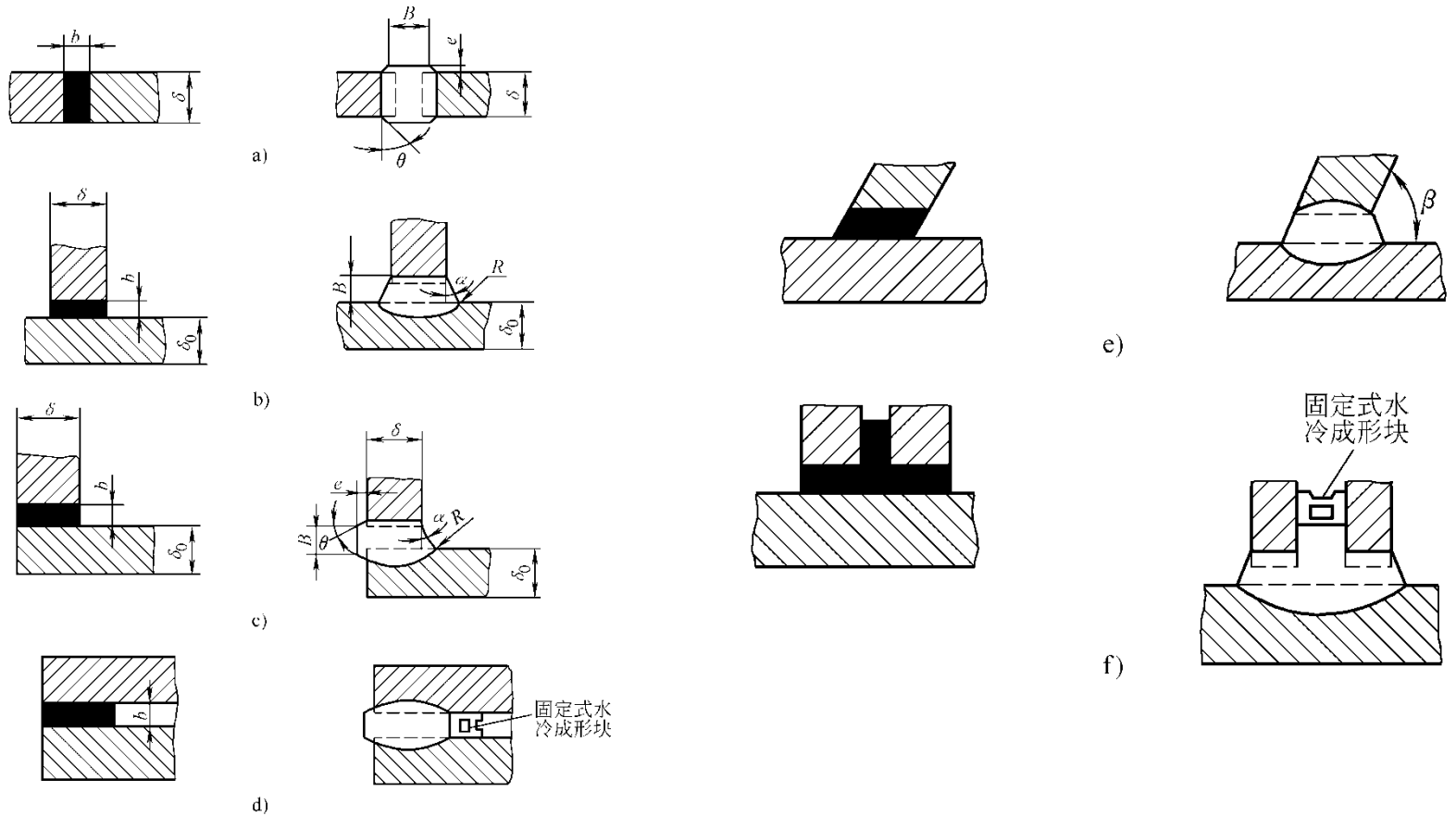


图10-13 电渣焊接头的基本形式
 a) 对接接头 b) 丁字接头 c) 角接接头 d) 叠接接头
 e) 斜角接头 f) 双丁字接头

• 2. 焊接参数的选择

• (1) 焊接电流(或焊丝送进速度 v_f)

在电渣焊过程中，焊接电流和焊丝送进速度成严格的正比关系，见图10-14。

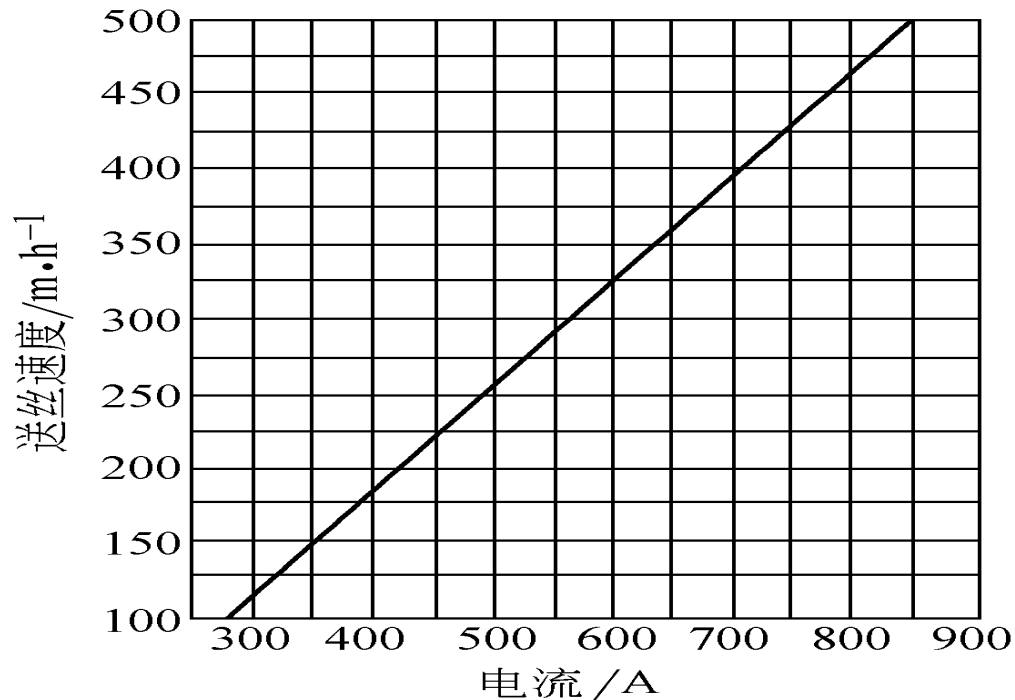


图10-14 焊丝送进速度和电流的关系

表10-5推荐的各种材料和厚度的焊接速度

	材料	焊接厚度 (mm)	焊接速度 (m /h)		
			丝极电渣焊 对接接头	熔嘴(管极)电渣焊	
				对接接头	丁字接头
非刚性固定	A3、16Mn、 20	40~60	1.5~3	1~2	0.8~1.5
		60~120	0.8~2	0.8~1.5	0.8~1.2
	25、20MnMo、 20MnSi、 20MnV	≤200	0.6~1.0	0.5~0.8	0.4~0.6
	35	≤200	0.4~0.8	0.3~0.6	0.3~0.5
	45	≤200	0.4~0.6	—	—
	35CrMoA	≤200	0.2~0.3	—	—
刚性固定	A3、16Mn、 20	≤200	0.4~0.6	0.4~0.6	0.3~0.4
	35、45	≤200	0.3~0.4	0.3~0.4	—
大断面	25、35、45 20MnMo 20MnSi	200~450	0.3~0.5	0.3~0.5	—
	25、35 20MnMo 20MnSi	>450	—	0.3~0.4	—

• (2) 焊接电压U

U增大，熔宽增大；U过小，易产生未焊透，渣池温度降低，焊丝易与熔池短路，飞溅增加；U过大，焊丝易与渣池表面发生电弧。推荐采用焊接电压见表10-6。

表10-6 焊接电压与接头型式、焊接速度、所焊厚度的关系

			丝极电渣焊每根丝所焊厚度 (mm)				
			50	70	100	120	150
焊接电压 V	对接接头	焊速 0.3~ 0.5m/h	38~	42~	46~	50~	52~
			42	46	52	54	56
		焊速 1~ 1.5m/h	43~	47~	50~	52~	54~
			47	51	54	56	58
	丁字接头	焊速 0.3~ 0.6m/h	40~	44~	46~	—	—
			44	46	50		
		焊速 0.8~ 1.2m/h	—	—	—	—	—

- (3) 渣池深度 h

- 渣池深度 h 减小，熔宽增大， h 过浅，焊丝在渣池表面易发生电弧； h 过深，焊丝易与金属熔池短路，发生熔渣飞溅，也易产生未焊透、未熔合等缺陷。

表10-7 渣池深度与送丝速度的关系

焊丝送进速度 (m/h)	60~100	100~150	150~200	200~250	250~300	300~450
渣池深度 (mm)	30~40	40~45	45~55	55~60	60~70	65~75

- (4) 装配间隙 c

- 装配间隙 c 增大，熔宽增大，渣池易于稳定； c 过小，渣池难于控制，电极易与工件短路，电渣过程稳定性差，易产生缺陷。

表10-8 不同厚度工件的装配间隙

工件厚度/mm	50~80	80~120	120~200	200~400	400~1000	>1000
对接接头装配间隙 c_0 /mm	28~30	30~32	31~33	32~34	24~36	36~38
T字接头装配间隙 c_0 /mm	30~32	32~34	33~35	34~36	36~38	38~40

- (5) 焊丝直径 d

- d 增大，熔宽增加，生产率提高，但操作困难，易产生缺陷； d 过小，电渣过程稳定性差。一般采用的直径焊丝为3mm。

- (6) 焊丝数目 n

- 焊丝数目增多，熔宽均匀性好，生产率高，但操作复杂，准备时间长。

- (7) 焊丝间距

- 焊丝间距对熔宽均匀性影响大，选取不当时易产生裂纹或未焊透。

- (8) 焊丝伸出长度
- (9) 焊丝摆动速度
- (10) 焊丝距水冷成型滑块的距离
- (11) 焊丝在水冷成型滑块处的停留时间

• 3. 焊接操作工艺

• (1) 接头制备

焊件待焊边缘的加工质量、表面状态和装配时错边量的大小对质量有重要影响，焊件边缘应在焊前清理干净。

表10-10 电渣焊时的设计间隙和装配间隙

间隙 (mm)	板 厚 (mm)				
	16~30	30~80	80~500	500~1000	1000~2000
设计间隙	20	24	26	30	30
装配间隙	20~21	26~27	28~32	36~40	40~42

• (2) 焊接工卡具准备

每次电渣焊前都要对水冷成形滑块进行认真检查。首先检查水冷成形滑块与焊件间是否有明显的缝隙，保证焊接过程中不产生漏渣。此外应检查进出水方向，确保水冷成形滑块下端进水，上端出水，防止焊接时水冷成形滑块内产生蒸汽，造成爆渣、伤人事故。

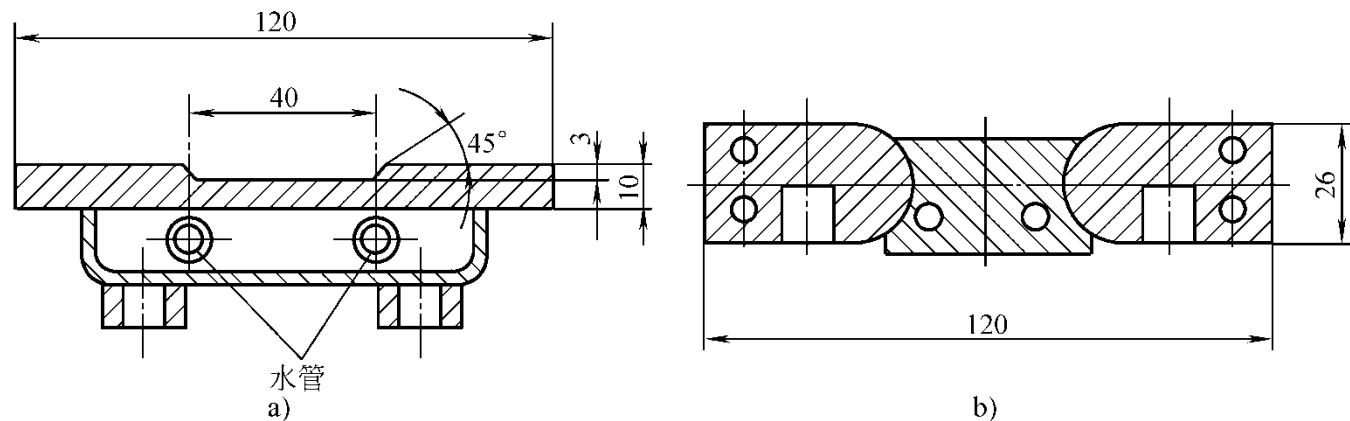


图10-15整体式 (a) 和组合式 (b) 的铜滑块示意图

- (3) 起焊槽与引出板

- 焊件底部应装有起焊槽，在起焊槽内建立渣池。起焊槽应有一定的高度。在焊缝结尾处应装引出板，用以将渣池引出，并避免在收尾处产生缩孔、裂缝等缺陷。

(4) 焊接过程

- 引弧造渣
- 正常焊接
- 收尾阶段

- 4. 电站锅炉锅筒纵缝丝极电渣焊工艺实例
- 电站锅筒筒体由8节组成，筒体材质为13MnNiMo54（德国钢号），壁厚为95mm，内径为1800mm，工作压力15.5MPa，工作温度为350℃，属于超高压及高温承压部件。

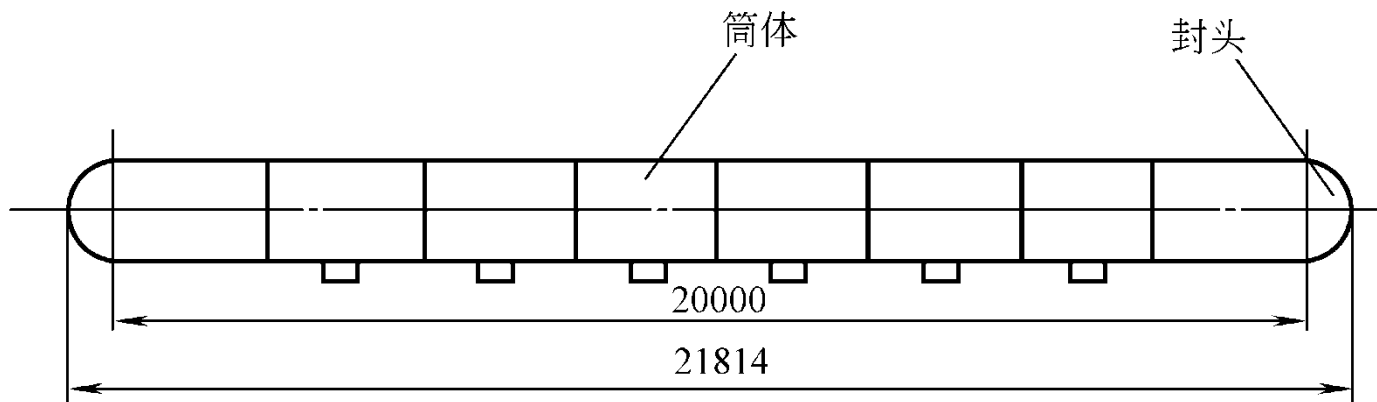


图10-16电站锅炉锅筒结构简图

- (1) 筒体装配

- 装配间隙为32~36mm，定位板焊在筒体内侧上端，以保持上端的尺寸。引导板长约100mm，保证引弧造渣有足够的长度，以使焊缝收尾处的理化性能与焊缝本体一致。引出板长度至少为100mm。所有定位板、引导板及引出板在装焊时应局部预热150℃。

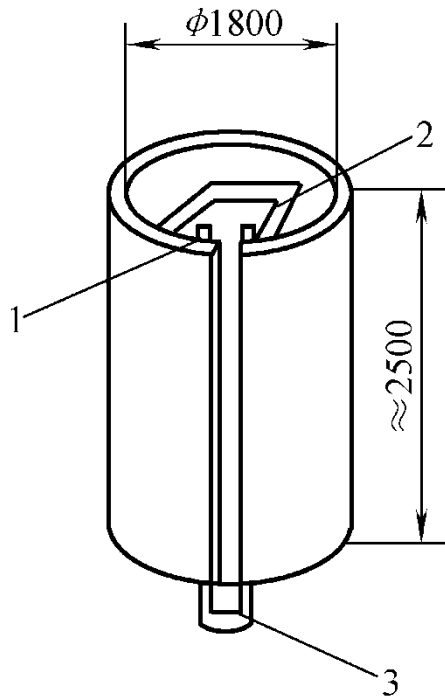


图10-17筒体装配图
1—引出板 2—定位 3—引弧板

- (2) 筒体焊接

- 筒体焊接采用前苏制A-372P丝极电渣焊机，焊丝为 $\Phi 3\text{mm}$ 的H10Mn2NiMoA，焊剂为HJ431。

表10-13 筒体纵缝电渣焊焊接参数

焊丝根数/根	焊接电流/A	送丝速度/ mh^{-1}	焊接电压/V	电源种类	焊丝间距/mm	焊丝伸出长/mm	摆动速度/ mh^{-1}	焊丝与滑块间距/mm	摆动停留时间/s	渣池深度/mm	焊接速度/ m/h
2	500~550	250~300	38~42	交流	30~40	50~70	26~40	10	3~5	50~70	0.8~1.2

- (3) 焊后热处理

- 为了细化焊缝积热影响取得粗晶组织，改善焊接接头的力学性能及消除焊接应力，焊后对焊接接头进行两次正火处理和一次回火处理；筒体总装成锅筒后，进行整体退火处理。

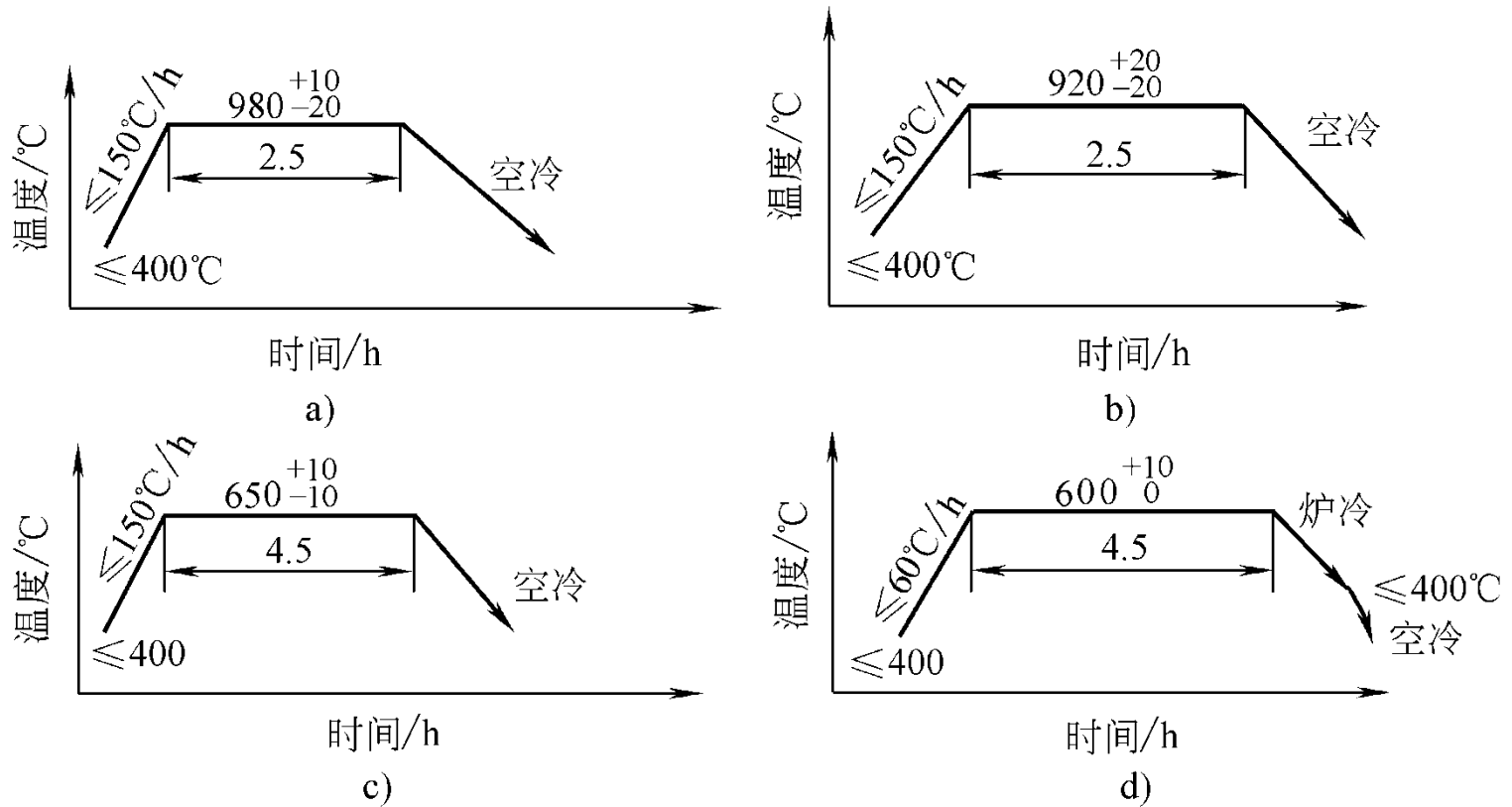


图10-18筒体热处理曲线

- a) —筒体第一次正火 b) —筒体第二次正火
c) —筒体回火 d) —锅筒退火

• 10.6 电渣焊的其它方法

• 1. 板极电渣焊

- 板极电渣焊是采用金属板条为电极，焊接时板极经送进机构不断地向熔池中送进。根据被焊件的厚度，可采用一块或数块金属板进行焊接。

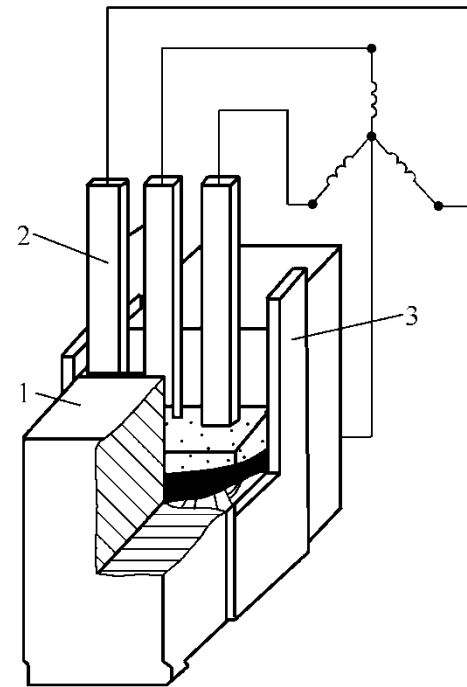


图10-19板极电渣焊示意图
1—焊件 2—板极 3—强迫成形

- 2. 熔嘴电渣焊

- 熔嘴电渣焊的电极为固定在接头间隙中的熔嘴（通常由钢板和钢管点焊而成）和不断向熔池中送进的焊丝构成。

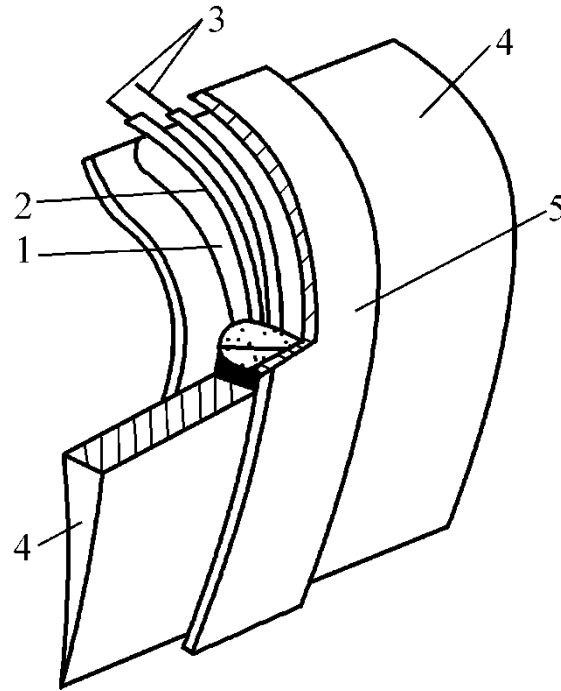


图10-20 熔嘴电渣焊示意图
1—熔嘴 2—导丝管 3—焊丝

熔嘴电渣焊设备体积小，焊接时机头位于焊缝上方，可采用多个熔嘴，且熔嘴固定于接头间隙中，不易产生短路等故障，所以很适合于梁体等复杂结构以及大截面结构的焊接。

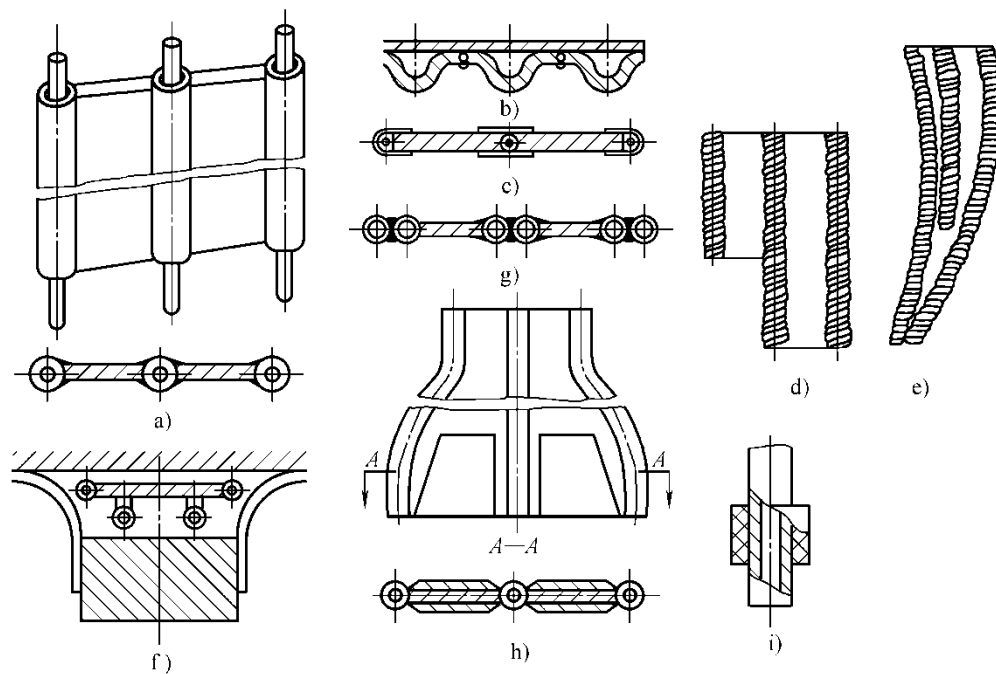
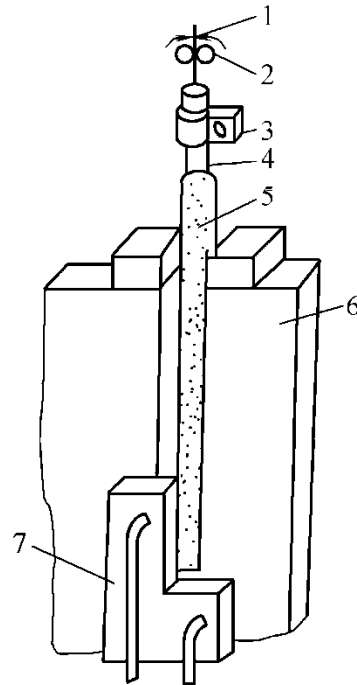


图10-21 常见的熔嘴结构形式示意图

- 3. 管极电渣焊

- 管极电渣焊是熔嘴电渣焊的一个特例。其不同点是用一根涂有药皮的管子代替了熔嘴板。



- 1—焊丝
- 2—送丝滚轮
- 3—管极夹持机构
- 4—管极钢管
- 5—管极涂料
- 6—焊件
- 7—水冷成形滑块

图10-22 管极电渣焊示意图

- 另外，也可采用空心矩形断面的熔嘴来代替管极，并采用厚度为1mm左右的带钢来代替焊丝来进行焊接，形成所谓的“窄间隙电渣焊”。

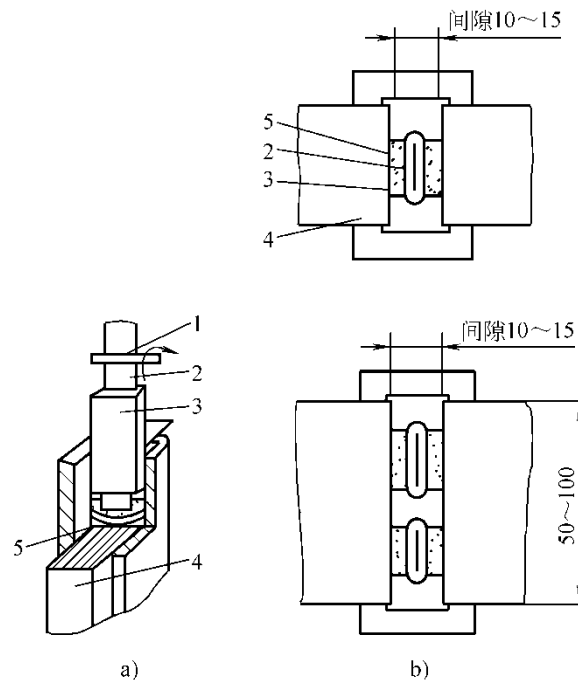


图 10-23 窄间隙电渣焊的两种形式示图

- a) 窄间隙电渣焊示意图 b) 采用一根带极、两根带极的情况
 1一带极输送轮 2一带极 3—熔嘴 4—下焊件 5—焊剂

• 4. 电渣压力焊

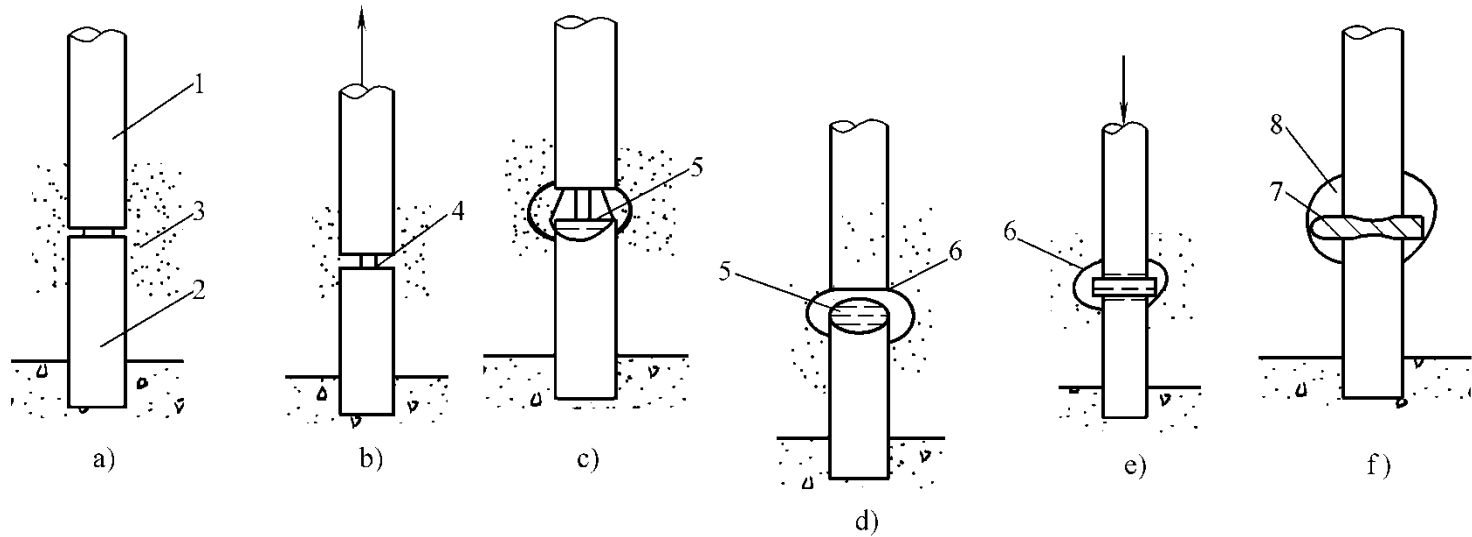


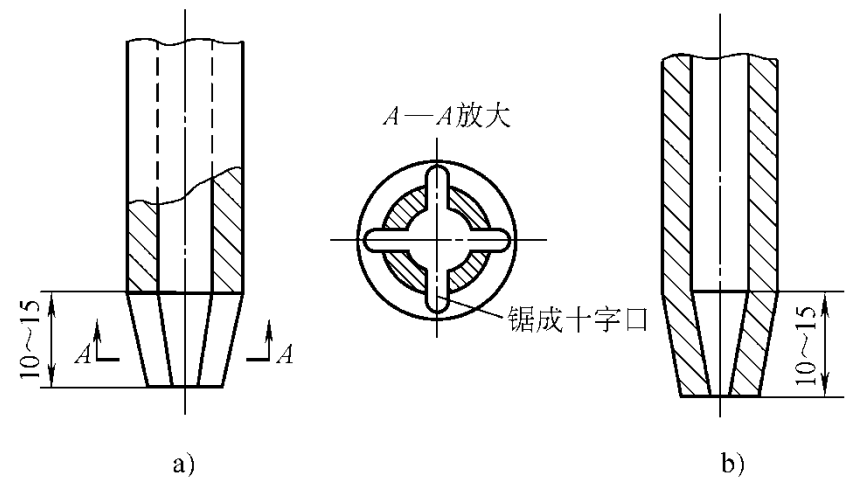
图 10-25 电渣压力焊接过程示意图

a) 引弧前 b) 引弧过程 c) 电弧过程 d) 电渣过程 e) 顶压过程 f) 凝固后
 1—上钢筋 2—下钢筋 3—焊剂 4—电弧 5—熔池 6—熔渣 (渣池) 7—焊缝
 8—焊渣

由于采用了带状电极，电流通过带极端部时的主通电点会沿带极宽度方向往复移动，克服了管极电渣焊间隙较小时焊件沿厚度方向加热不均、易于产生未熔合的缺陷，因而可以采用更小的装配间隙（一般为10~15mm），从而使生产效率显著提高，并使材料、能耗和热输入大为降低。

为了引弧顺利，可在涂敷药皮前将钢管的引弧端进行收口处理，使钢管内径接近焊丝直径，见图10-24。

图10-24 钢管末端收口处理示意图
a) 十字型收口 b) 碾压收口



• 10.7 电渣焊常见的缺陷及其防止

• 1. 电渣焊常见的缺陷

- 电渣焊接头常见缺陷有热裂纹、冷裂纹、未焊透、未熔合、气孔、夹渣等。

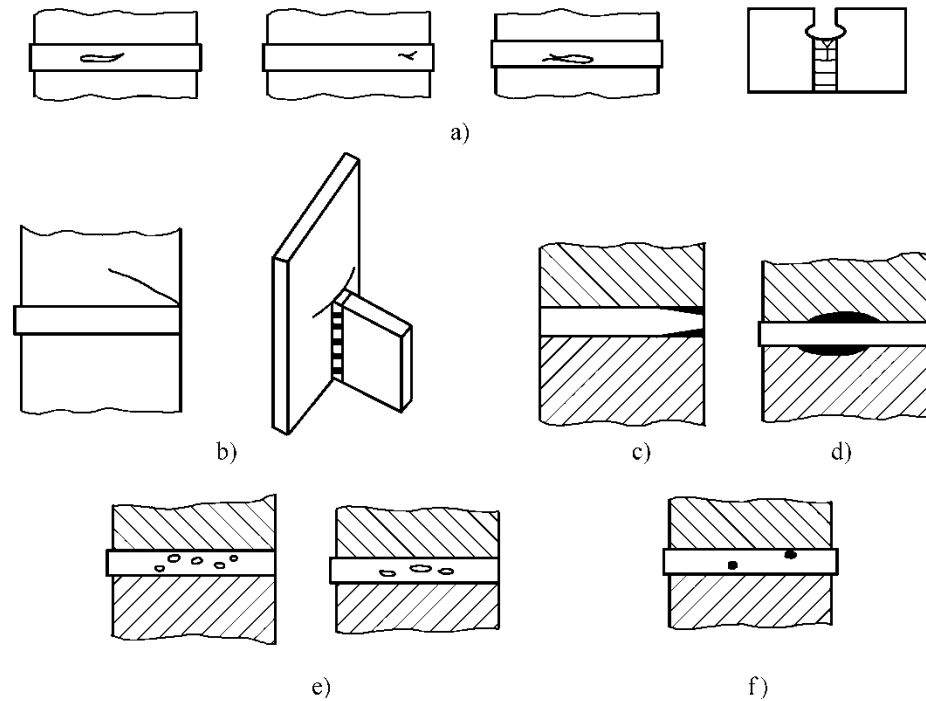


图10-27 电渣焊接头常见缺陷

- 2. 缺陷产生的原因及预防措施

- (1) 热裂纹

- 热裂纹产生的原因有：焊丝送进速度过大，熔池过深；母材中的S、P等杂质元素含量过高；焊丝选用不当；引出部分裂纹主要是由于焊接结束时，送丝速度没有逐步降低。应采取的预防措施主要有：降低焊丝送进速度；降低母材中S、P等杂质元素含量；选用抗热裂纹性能好的焊丝；焊接结束前应逐步降低焊丝送进速度等。

(2) 冷裂纹

冷裂纹产生的原因有：焊接应力过大，金属较脆，沿着焊接接头的应力集中处开裂；结构复杂，焊缝多，没有进行中间热处理；焊缝中存在未焊透、未熔合等缺陷；焊接过程中断，咬口未及时补焊等。应采用的预防措施主要有：结构设计时避免焊缝密集，避免中间停焊；对焊缝很多的复杂结构，焊接一部分焊缝后，应进行中间热处理消除应力；对高碳钢、合金钢，焊后应及时进炉，有的要采取焊前预热、焊后保温措施；室温低于零度时，焊后要尽快进炉，并采取保温措施。

- (3) 未焊透

- 未焊透产生的原因有：焊接电压过低；焊丝送进速度太快或太慢；渣池太深；电渣过程不稳定；焊丝或熔嘴距水冷成形滑块太远或在装配间隙中位置不正确。应采用的预防措施主要有：选择适当的焊接规范；稳定电渣过程；使焊丝或熔嘴与水冷成形滑块的距离及在焊缝中的位置符合工艺要求。

(4) 未熔合

未熔合产生的原因有：焊接电压过高，送丝速度过低，渣池过深，电渣过程不稳定，熔剂熔点过高等。主要的预防措施有：选择适当的焊接参数；保持电渣过程稳定；选择适当的熔剂等。

• (5) 气孔

- 气孔产生的原因有：水冷成形滑块漏水、耐火泥进入渣池、熔剂潮湿等；用无硅焊丝焊接沸腾钢或含硅量低的钢，大量的氧化铁进入渣池等。水分进入渣池是引起气孔的主要原因。预防措施主要有：焊前仔细检查水冷成形滑块，防止漏水；烘干熔剂；焊接沸腾钢时采用含硅焊丝；对焊接面仔细清除氧化皮，对焊接材料去锈等。

(6) 夹渣

夹渣产生的原因有：电渣过程不稳定；熔剂熔点过高；熔嘴电渣焊采用玻璃丝棉绝缘时，绝缘块进入渣池数量过多。主要的预防措施有：保持稳定的电渣过程；选择适当熔剂；不采用玻璃丝棉的绝缘方式等。