
ICS 25.160.01

J 33



CWA

团 体 标 准

T/CWAN 0012—2019

焊接术语-压焊

Welding terminology-pressure welding

2019-08-09 发布

2019-09-01 实施

中国焊接协会发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 术语和定义	1

全国团体标准信息平台

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国焊接协会提出并归口。

本标准起草单位：哈尔滨焊接研究院有限公司、华南理工大学、广州松兴电气股份有限公司、中车唐山机车车辆有限公司、长春数控机床有限公司、中国航空制造技术研究院、三变科技股份有限公司、黑龙江省焊接协会。

本标准起草人：周军、曹彪、刘国瑛、侯振国、张刚、张传臣、张春波、钮旭晶、张艳辉、刘明、毕海峰、季亚娟、乌彦全、梁武、戴红、俞高波、林晓辉。

焊接术语-压焊

1 范围

本标准规定了压力焊的常用标准术语名称、定义及其对应的英文名称。

本标准适用于制修订国家标准、行业标准、团体标准、地方标准、企业标准以及编写技术书籍、教材和论文报告等。

2 术语和定义

2.1 电阻焊工艺名词

2.1.1 电阻焊 resistance welding (RW)

工件组合后，通过电极施加压力和电流，利用电流流经工件和（或）电极产生的电阻热完成焊接的方法，如图 1。

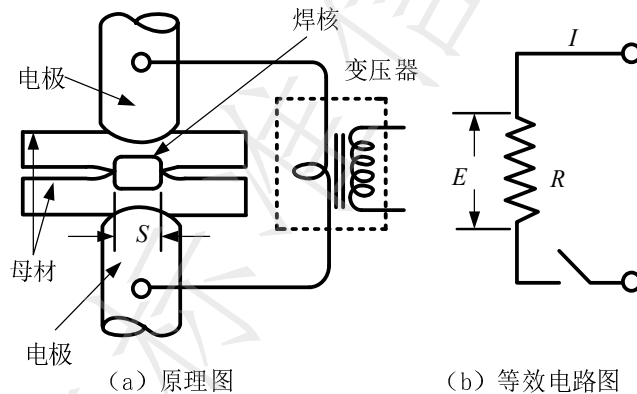


图 1 电阻焊示意图

2.1.2 电阻点焊 resistance spot welding (RSW)

工件装配成搭接形式，并压紧在两电极之间，利用电阻热熔化母材金属形成焊点的电阻焊方法，如图 2。

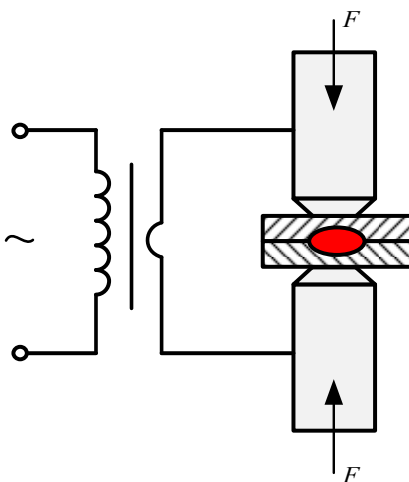


图 2 电阻点焊示意图

2.1.3 滚点焊 roll spot welding

将工件装配成搭接形式置于两滚轮电极之间，在滚轮加压并连续滚动时断续施加电流，以获得一定间距焊点的电阻点焊方法。

2.1.4 连续点焊 *stitch welding*

电阻点焊时，电极按一定时间间隔自动加压，电极抬起期间工件自动移动一定距离，电极压下时通电形成焊点，使相邻点焊连续进行的焊接方法。

2.1.5 手压点焊 *push welding ; poke welding*

以人工从单面加压完成的电阻焊，如图 3。

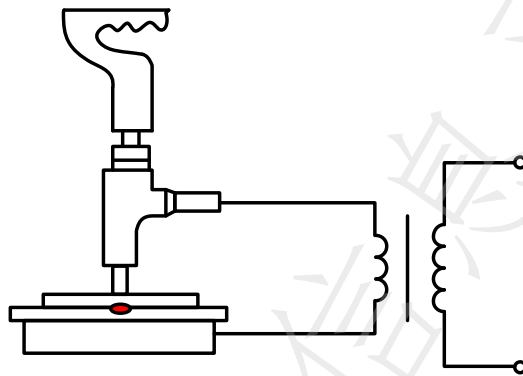


图 3 手压点焊示意图

2.1.6 双面点焊 *direct spot welding*

上、下电极在工件正反面同时加压并通电完成电阻点焊的方法，如图 4。

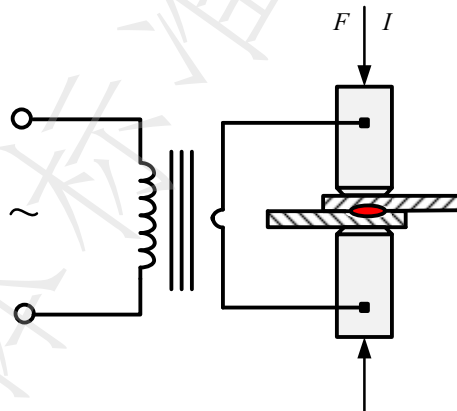


图4 双面点焊示意图

2.1.7 单面点焊 *indirect welding*

仅在工件的一面用一个电极施加压力，并通电完成电阻点焊的方法，如图 5。

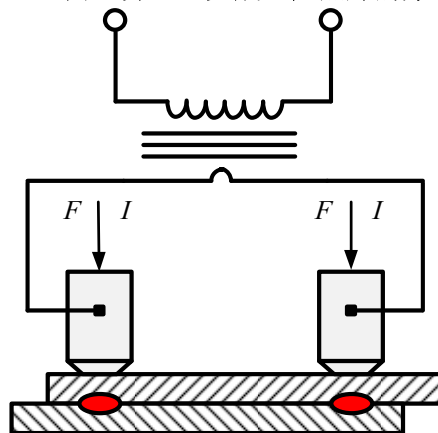


图 5 单面点焊示意图

2.1.8 脉冲点焊 *impulsed spot welding; pulsation welding*

在电阻点焊的一个焊接循环中，多次通过电流脉冲的点焊工艺。例如：二次脉冲点焊是焊接电流脉冲之后，再加一个后热电流脉冲；三次脉冲点焊是由预热电流脉冲，焊接电流脉冲和后热电流脉冲组成。

2.1.9 多点焊 multiple spot welding

用两对或两对以上电极，同时焊接或按自控程序控制依序焊接两个或两个以上焊点的点焊方法，如图 6。

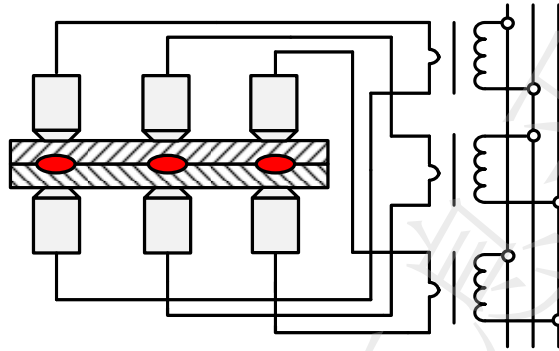


图6 多点焊示意图

2.1.10 串联点焊 series spot welding

用串联电路同时焊接两个或两个以上焊点的电阻点焊工艺，如图 7。

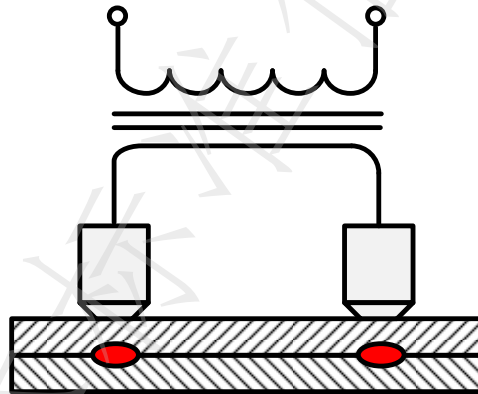


图7 串联点焊示意图

2.1.11 胶接点焊 spot weld-bonding

胶接与电阻点焊复合应用的方法。在电阻点焊连接界面涂以胶层，以改善接头力学性能的连接方法。

2.1.12 凸焊 resistance projection welding (RPW)

在工件的贴合面上存在（或预先加工）凸点，使其与另一工件表面相接触，在加压和通电加热作用下，凸点压塌并局部熔化形成焊点的电阻焊方法，如图 8。

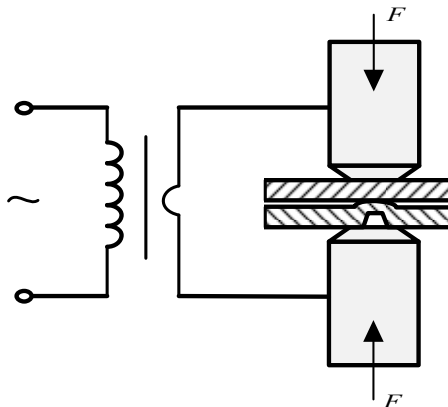


图8 凸焊示意图

2.1.13 多点凸焊 multiple projection welding

一次加压和通电完成两个或两个以上凸点焊接的电阻焊方法。

2.1.14 电阻缝焊 resistance seam welding (RSW)

工件装配成搭接形式并置于两滚轮电极之间，滚轮加压工件并转动，过程中连续或断续通电，从而获得一条连续焊缝的电阻焊方法，如图 9。

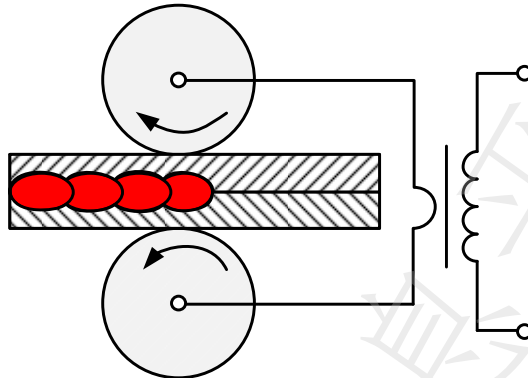


图 9 电阻缝焊示意图

2.1.15 步进缝焊 step-by-step seam welding

工件装配成搭接形式并置于两滚轮电极之间，滚轮加压并间歇转动，过程中滚轮停止时通电、转动时断电，转动与通电交替进行完成焊接的电阻缝焊。

2.1.16 对接缝焊 butt seam welding

电阻缝焊时，工件采用对接形式进行焊接，有时还在工件与滚轮电极间放置金属箔条。完成这种焊接可以采用垫片缝焊机或高频对接缝焊机。

2.1.17 压平缝焊 mash seam welding

电阻缝焊时，工件搭接采用较小宽度(约为板厚的 1.5~3 倍)，在通电流挤压后，接头厚度与工件厚度近似相等的焊接方法，如图 10。

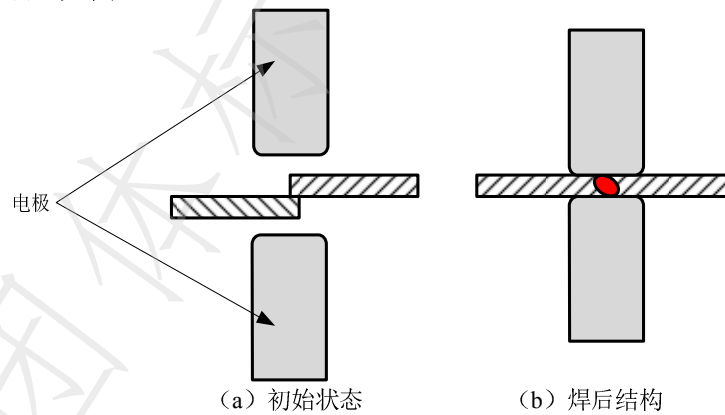


图 10 压平缝焊示意图

2.1.18 电阻对焊 upset welding (UW); upset butt welding; resistance butt welding

工件装配成对接形式，在轴向加压和通电加热，在端部接触面形成连接的电阻焊方法，如图 11。

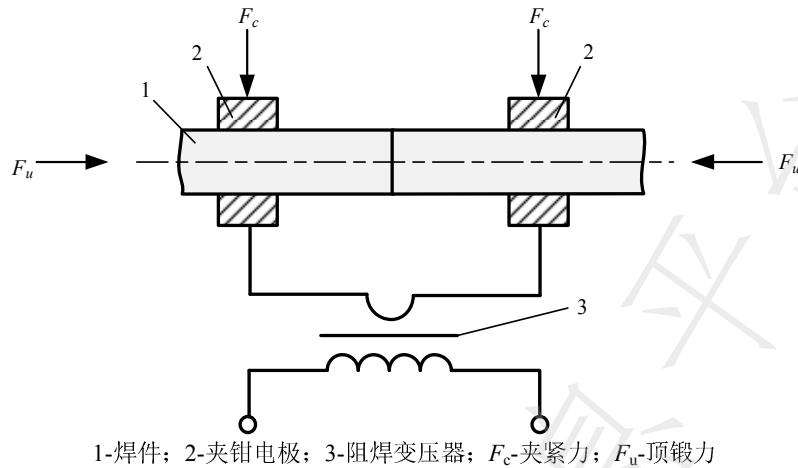


图11 电阻对焊示意图

2.1.19 并联焊接 parallel welding

采用多个次级回路并联的方式,焊接电流以并行的方式流过工件形成多个焊点、焊缝的电阻焊方法,如图12。

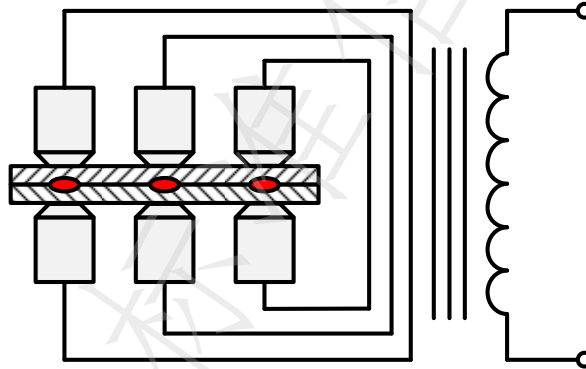


图12 平行焊接示意图

2.1.20 闪光对焊 flash welding (FW); flash butt welding

工件装配成对接形式,接通电源时拉开工件形成闪光,然后逐渐移进工件,使之连续闪光,端面加热到一定程度后,迅速施加顶锻力完成焊接的方法,如图13。

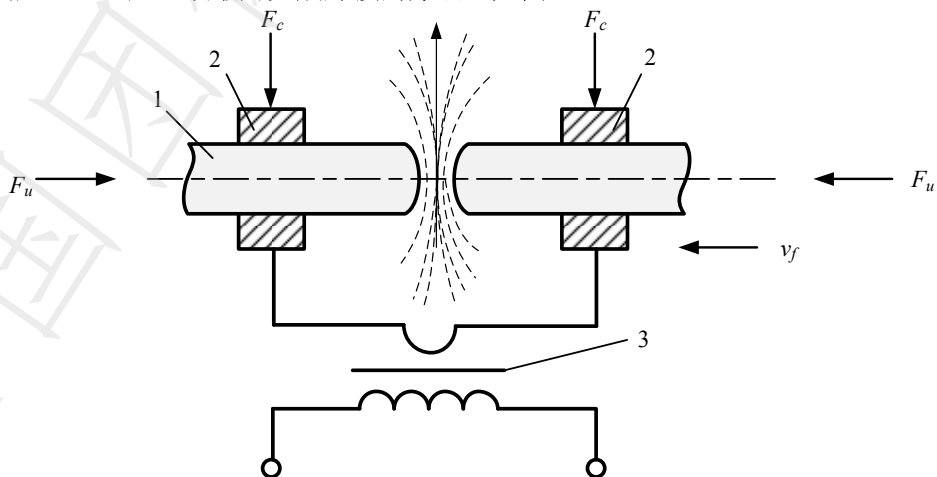
1-焊件; 2-夹钳电极; 3-阻焊变压器; F_c -夹紧力; F_u -顶锻力; v_f -闪光速度

图13 闪光对焊示意图

2.1.21 闪光 flashing ; flash

闪光对焊时,工件接触部位熔化并爆炸性喷出熔化金属颗粒的现象。

2.1.22 储能焊 stored energy welding

利用电容、电磁或电化学慢速充充电，焊接中迅速放电加热工件的电阻焊方法。

2.1.23 电容储能焊 capacitor discharge welding

利用电容储存的能量迅速放电加热工件的电阻点焊方法。

2.1.24 压控电阻焊 pressure-controlled resistance welding (RW-PC);hydromatic welding

由压力顺序控制多组电极，依序完成多个焊点的电阻焊工艺。

2.1.25 平行间隙焊 parallel gap welding

利用两个间距很小的平行电极完成的电阻点焊。

2.1.26 平行缝焊 parallel seam welding

利用两个平行滚轮完的成电阻缝焊。通常用于方形管壳的封装。

2.1.27 高频电阻焊 high-frequency resistance welding

给工件施加高频电流和挤压力，利用高频电流汇聚产生的电阻热进行焊接的方法，如图 14。

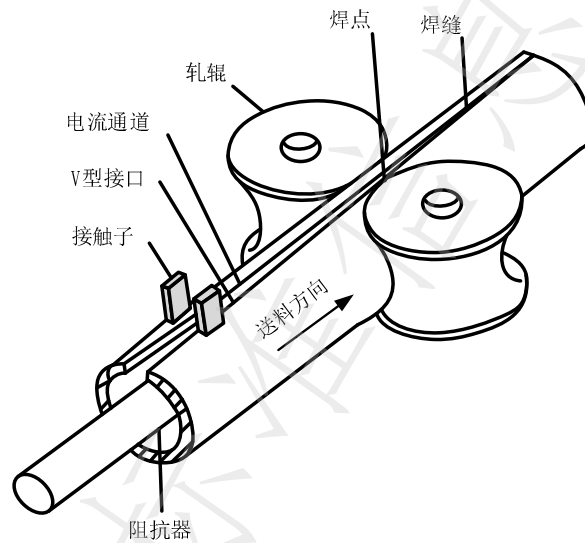


图14 高频电阻焊示意图

2.1.28 高频电阻缝焊 high-frequency seam welding (RSEW-HF)

利用高频电流加热焊接部位再用挤压辊碾压形成焊缝的电阻缝焊，如图 15。

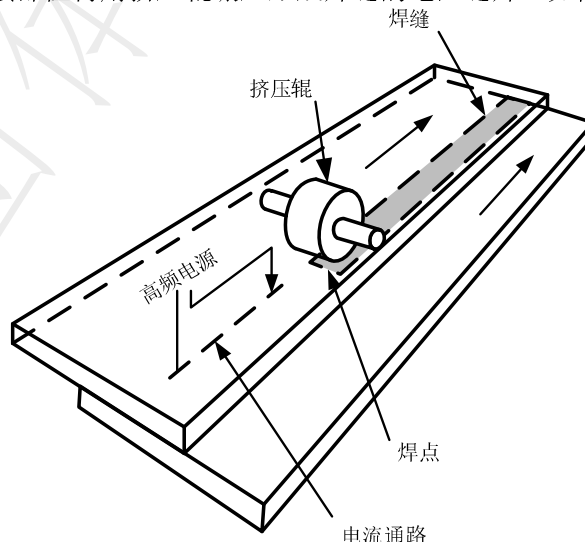


图15 高频电阻缝焊示意图

2.1.29 高频电阻对焊 high-frequency upset welding (UW-HF)

给两块对接的工件施加高频电流和挤压力，利用高频电流汇聚产生的电阻热进行焊接的方法。

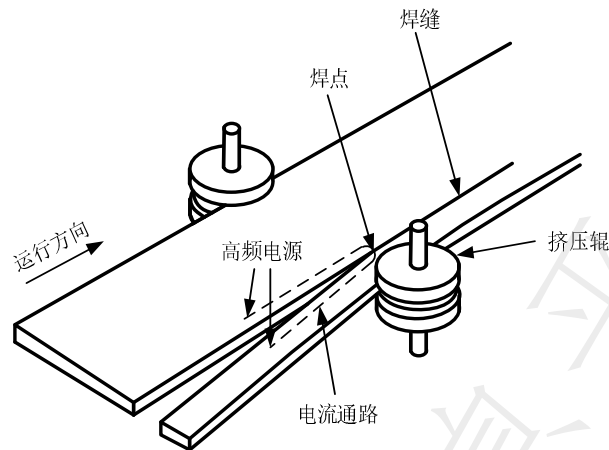


图16 高频电阻对接焊示意图

2.1.30 冲击焊 percussion welding

利用加压冲击工件和电容储能瞬间放电产生的电弧及电阻热进行焊接的工艺方法。

2.1.31 感应焊 induction welding (IW)

一种给感应圈通高频电流，与线圈临近的工件部位产生感应电流，利用这种高频感应电流进行焊接的电阻焊方法。

2.1.32 感应电阻对焊 induction upset welding (UW-I)

利用感应电流在对接工件端面接触尖端产热焊接的感应焊。

2.1.33 感应电阻缝焊 induction seam welding (RSEW-I)

利用感应电流在搭接工件局部产热完成焊接的感应焊。参见 2.1.16 高频电阻缝焊。

2.1.34 电阻钎焊 resistance brazing (RB)

将工件直接通以电流或者将工件放在通电的加热板上，利用电阻热进行的钎焊。

2.1.35 热压焊 hot press welding, hot bar

在压力作用下，将电流流过热压焊头产生的电阻热传导到工件实现焊接的方法。

2.1.36 螺柱焊 stud welding (SW)

通过电弧和电阻热将金属螺柱或类似零件连接到工件平面的方法。先将螺柱端头接触工件表面、然后通电并拉开形成电弧、最终施加压力排除熔化金属形成连接，焊接过程可施加或不加保护。

2.1.37 拉弧焊 pull arc welding

将不同直径或不同材料的细丝对焊在一起的方法，类似快速闪光焊。先使细丝相对接触，然后通电并快速拉碰，利用短时电弧电阻热加热端面形成连接。

2.1.38 顶锻 upsetting; upset

闪光对焊和电阻对焊时，对工件实施加大压力操作，使接头结合部位发生明显塑性变形，实现界面优质结合。

2.1.39 顶锻力 upset force

顶锻阶段施加给工件结合面的力。

2.1.40 顶锻留量 upset distance

闪光对焊和电阻对焊时，从开始顶锻到焊接完成预留的工件缩短量。

2.1.41 电极压力 electrode force

电阻点焊、凸焊、缝焊时，通过电极施加在工件上的力（根据在一个焊接过程中施加压力的时段不同，有预压力、焊接压力和锻压力之分）。

2.1.42 动态电极压力 dynamic electrode force

电阻焊过程中，电极施加在工件上的实际压力过程。

2.1.43 静态电极压力 static electrode force

电阻焊过程中，电极压稳工件但不通电时间段，电极施加在工件上的稳定电极力。

2.1.44 理论电极压力 theoretical electrode force

电阻焊压力传动装置产生的，不包括摩擦与惯性冲击的理论压力。

2.1.45 电阻焊控制器 resistance welding control

按时间顺序控制电阻焊压力与电流波形、运动与夹持等的电子控制装置。

2.1.46 撞击 hammering

电阻点焊过程中，电极过度冲击工件表面的现象。

2.1.47 电极滑移 electrode skid

电阻点焊、凸焊和缝焊时，电极沿工件表面滑动的现象。

2.1.48 外伸量 extension

闪光对焊和电阻对焊时，工件从电极夹持部位露出的长度。

2.1.49 闪光留量 flash distance

闪光对焊时，考虑工件因闪光烧化预留的工件缩短量。

2.1.50 顶锻速度 upset speed

闪光对焊和电阻对焊过程中，顶锻阶段动夹具的移动速度。

2.1.51 电极接触面 electrode contact surface

电阻点焊、凸焊和缝焊时，在压力作用下，电极头端面与工件紧密接触的区域。

2.1.52 闪光电流 flash current

闪光对焊中，闪光阶段通过工件的电流。

2.1.53 顶锻电流 upset current

闪光对焊和电阻对焊中，顶锻阶段通过工件的电流。

2.1.54 回火电流 temper current

电阻点焊中，为了改善焊点的组织和性能，在焊接脉冲结束之后，所施加的回火脉冲电流，其值小于焊接脉冲电流。

2.1.55 预热电流 preheat current

电阻焊预热阶段通过工件的电流，用于改善工件接触。

2.1.56 焊接循环 welding cycle

电阻焊完成一个焊点或焊缝从加压开始到结束所包含的全部程序。电阻点焊的焊接循环示意图如图17所示，电流脉冲、压力及时间参数可根据工艺需求调整。

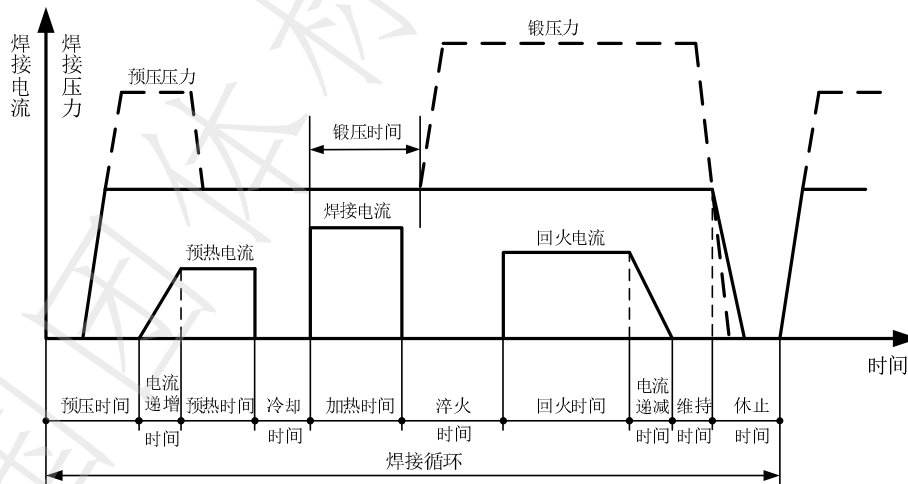


图17 焊接循环示意图

2.1.57 预压时间 squeeze time

电阻焊过程中，从电极开始加压到开始通电的持续时间，如图17。

2.1.58 锻压时间 forge-delay time

电阻点焊过程中，从焊接脉冲起始点到施加锻压压力起始点的持续时间，如图17。

2.1.59 预热时间 preheat time

电阻点焊过程中，预热电流的持续时间，如图17。

2.1.60 加热时间 heat time

电阻点焊或缝焊中，焊接电流脉冲的持续时间，如图17。

2.1.61 冷却时间 cool time

多脉冲电阻点焊或缝焊中，两个相邻加热脉冲之间的间隔时间，如图17。

2.1.62 淬火时间 **quench time**

多脉冲电阻点焊过程中，从焊接脉冲结束到回火脉冲开始的持续时间，在该阶段焊接区域快速冷却到较低温度，如图 2.17。

2.1.63 回火时间 **temper time**

电阻点焊过程中，回火电流的持续时间，如图 17。

2.1.64 维持时间 **hold time**

电阻焊过程中，从最后一个电流脉冲结束到电极压力开始撤除之间的时间，如图 17。

2.1.65 电流递增时间 **up slope time**

电阻焊过程中，焊接电流从通电开始连续增长到正常的稳定电流的时间，如图 17。

2.1.66 电流递减时间 **downslope time**

电阻焊过程中，焊接电流从正常的稳定电流连续下降到电流终止的时间，如图 17。

2.1.67 焊接阶段 **weld interval**

多脉冲形成熔核的电阻焊过程中，全部加热脉冲（包括之间的冷却时间）包含的阶段。

2.1.68 预焊阶段 **preweld interval**

电阻焊过程中，开始加压到开始焊接的阶段，该阶段包含预热。

2.1.69 后焊阶段 **postweld interval**

电阻焊过程中，焊接脉冲结束到电极压力撤销的阶段，该阶段包含回火。

2.1.70 休止时间 **off time**

电阻点焊或缝焊过程中，两个相邻焊接循环之间的间隔时间，如图 17。

2.1.71 闪光时间 **flash time**

闪光焊过程中，闪光阶段的持续时间。

2.1.72 顶锻时间 **upset time**

电阻对焊或闪光对焊中，顶锻力作用的持续时间，包括有电顶锻时间和无电顶锻时间。

2.1.73 有电顶锻时间 **upset current time**

电阻对焊或闪光对焊中，施加电流的顶锻时间段。

2.1.74 断电顶锻时间 **upset current-off time**

电阻对焊或闪光对焊中，没有电流的顶锻时间段。

2.1.75 贴合面 **faying surface**

电阻点焊、凸焊或缝焊中，在电极压力作用下，两工件彼此紧密接触的表面，如图 18。

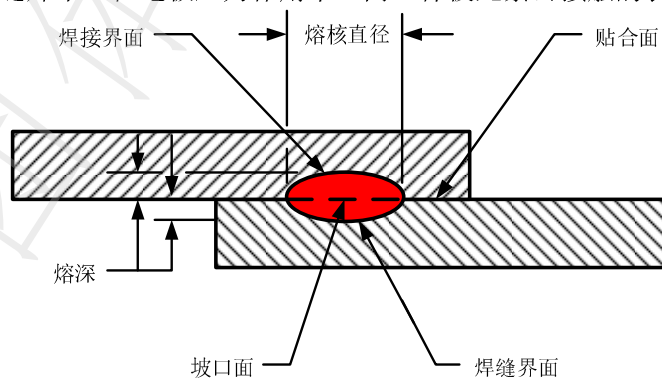


图18 电阻焊横切面

2.1.76 焊接界面 **weld interface**

焊点或焊缝金属与母材之间的边界；固相焊中两工件的连接边界，或填充金属与工件之间的边界。电阻点焊的焊接界面，如图 2.18。

2.1.77 熔深 **depth of fusion**

通常指母材熔化部分离表面的最深距离。在电阻点焊、凸焊或缝焊中，指熔核的最大厚度，如图 2.18。

2.1.78 熔核 **nugget**

通过电阻点焊、凸焊或缝焊，在工件贴合面上形成的焊缝金属区。

2.1.79 熔核尺寸 **nugget size**

电阻点焊或凸焊的熔核宽度（直径），参见图 18。电阻缝焊中，指垂直于焊缝横截面的焊缝（焊点）宽度。

2.1.80 电阻焊焊点 resistance spot weld

通过电阻点焊，在搭接工件贴合面上形成的焊接区域，接合面通常呈圆形。

2.1.81 电阻焊焊缝 resistance seam weld

通过电阻缝焊，在工件贴合面上沿焊接方向形成的内部焊缝。

2.1.82 焊点尺寸 spot weld size

电阻点焊或凸焊形成的接合面熔核直径。

2.1.83 焊缝尺寸 seam weld size

电阻缝焊形成的接合面焊缝宽度。

2.1.84 焊透率 penetration rate

电阻点焊、凸焊或缝焊中工件的焊透程度，指熔深与母材板厚的百分比。

2.1.85 主要板厚 governing metal thickness

熔核尺寸和熔深考虑的工件厚度。

2.1.86 电极压痕 electrode indentation

电阻点焊或缝焊，由于通电加压，在工件表面上产生的与电极端面形状相似的凹痕。

2.1.87 压痕 indentation

指电极在工件表面形成的凹痕。

2.1.88 压痕深度 depth of indentation

工件表面至压痕底部的距离。

2.1.89 压深率 indentation rate

压痕深度与母材板厚的百分比。

2.1.90 翘离 sheet separation

电阻点焊、凸焊或缝焊形成熔核后，接合面附近间隙增大和板件翘起现象。

2.1.91 缩孔 shrinkage void

熔化金属在凝固过程中因收缩而产生的、残留在熔核中的空穴。

2.1.92 粘电极 electrode pickup

电阻点焊、凸焊或缝焊中，电极工作表面被工件表面的金属或镀层粘附的现象。

2.1.93 喷溅 expulsion splash

电阻点焊、凸焊或缝焊中，从工件贴合面或电极与工件接触面喷出细小熔化金属颗粒的现象，通常由于接触不良或强烈加热所致。

2.1.94 焊接毛刺 weld burr

闪光对焊完成后，被挤出并残留在焊接接头外表面上的毛刺状金属。

2.1.95 飞边 flash

电阻对焊或闪光对焊完成后，施加顶锻力挤出的分布在焊接界面周边的金属。

2.1.96 点距 weld space

电阻点焊中，两个相邻焊点间的中心距。

2.1.97 边距 edge distance

焊点（或焊缝）中心至焊件板边的距离。

2.1.98 分流 shunt

电阻焊过程中，从焊接区域以外的通道流过的电流。

2.1.99 接触电阻 contact resistance

电阻焊中，接触面上由于表面几何因素与物质因素形成的附加电阻，包括工件接触电阻和电极工件接触电阻。

2.1.100 塑性环 corona

电阻焊中熔核之外的固相连接区域（热-机械力影响区）。

2.1.101 电极寿命 electrode life

焊接电极的耐用性，通常用两次维修或更换之间的焊点数或焊缝长度表示。

2.1.102 电极镢粗 electrode mushrooming

电极端面在焊接产热和压力作用下的增大现象。

2.1.103 喷溅点 **expulsion point**

对电阻焊参数设定，指发生喷溅的最小焊接电流值。

2.1.104 多脉冲焊 **multiple-impulse welding**

由多个加热脉冲完成的电阻焊过程，如图 19。

2.1.105 脉冲 **pulse**

交流焊接电流的半波脉冲，如图 19。

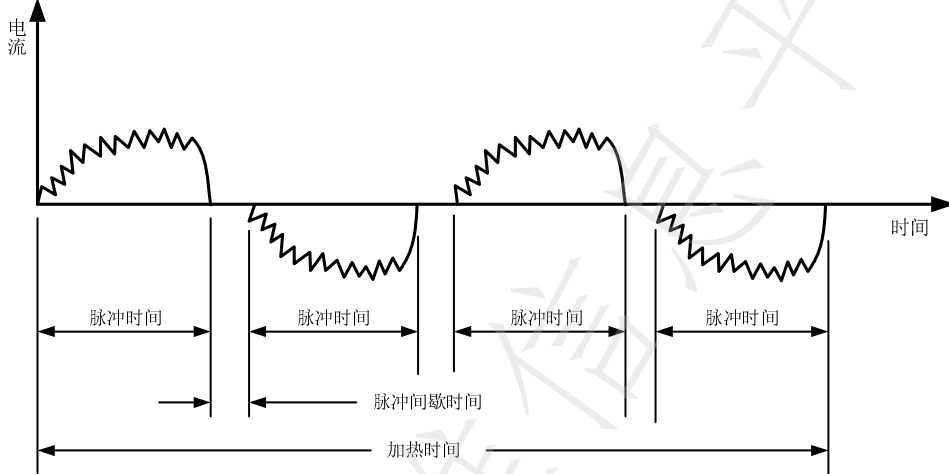


图19 变频电阻焊机电流波形

2.1.106 脉冲时间 **pulse time**

脉冲的持续时间，如图 19。

2.1.107 脉冲间歇时间 **interpulse time**

同一加热脉冲内两个相邻半波脉冲之间的间隔时间，如图 19。

2.1.108 加热脉冲 **impulse**

电阻焊中的一次持续加热过程，交流焊机包含一个或多个脉冲。

2.1.109 电阻焊电流 **resistance welding current**

电阻焊加热阶段二次回路中的电流。

2.1.110 电阻焊电压 **resistance welding voltage**

在电阻焊电极之间测量的工件电压。

2.1.111 搭接量 **overlap**

前一熔核被后一焊点重熔的部分，如图 20。

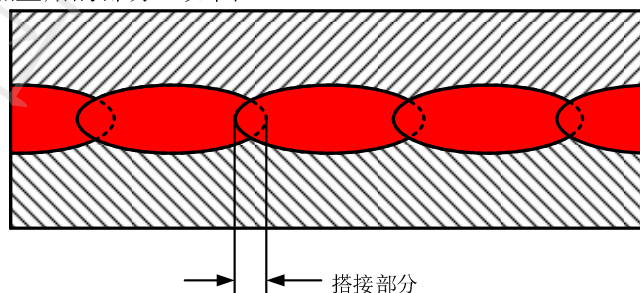


图20 搭接量示意图

2.2 电阻焊设备及控制名词

2.2.1 电阻焊机 **resistance welding machine**

用来完成电阻焊作业的设备，包括点焊机、缝焊机、对焊机、凸焊机等。

2.2.2 点焊机 **spot welding machine**

进行电阻点焊所用的设备。由棒状电极对工件施加压力并传导焊接电流，利用产生的电阻热使工件贴合面熔化形成焊点以完成焊接，如图 21。

2.2.3 凸焊机 **projection welding machine**

进行电阻凸焊所用的设备。其电极为平板状或随工件的外形而定，每次焊接工件上预制的一个或几个凸点，如图 2.21。

2.2.4 喉深，臂伸长 **throat depth**

电阻点焊、凸、缝焊机中，从电极中心线沿电极臂方向到机身的最小距离。简称臂长，如图 2.21。

2.2.5 喉高，机臂间距 **throat height**

电阻点、凸、缝焊机两机臂的最小距离，如图 21。

2.2.6 机臂 **arm**

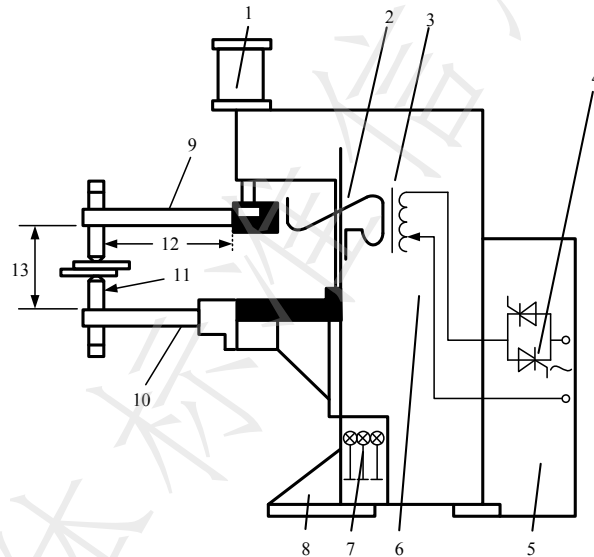
在点焊机、凸焊机或缝焊机中，伸在机身之外用来安装电极臂或电极座的悬臂。用于施加压力，也有传导电流和支撑工件的作用。

2.2.7 电极臂 **horn**

在点焊机、凸焊机或缝焊机中，装在机臂上用来安装电极或电极座的悬臂。用于传递压力、电流、调整电极位置。电极臂分上电极臂（upper horn）和下电极臂（lower horn），如图 21。

2.2.8 电极座 **electrode holder**

安装电极的部件，通常利用自锁锥度与电极配合，以支承电极、传导电流和方便拆卸，如图 21。



1-加压机构；2-焊接回路；3-阻焊变压器；4-主电力开关；5-控制器；6-功率调节机构；7-冷却系统；8-机身；9-上电极臂；10-下电极臂；11-电极座；12-喉深；13-电极臂间距

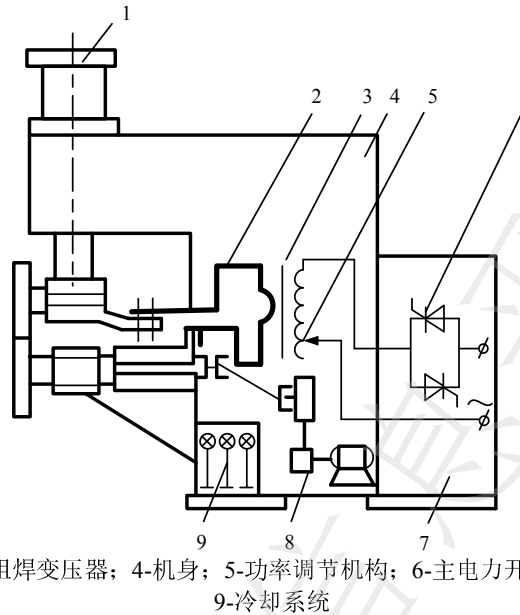
图21 点（凸）焊机

2.2.9 多点焊机 **multiple spot welding machine**

具有两对或者两对以上的电极，在不移动工件的情况下，可以自动同时或顺序地焊接两个或两个以上焊点的点焊机。

2.2.10 缝焊机 **seam welding machine**

进行电阻缝焊所用的设备。这种设备具有两个（有时是一个）可滚动的滚轮电极，用来传导焊接电流和滚压工件，如图 22。

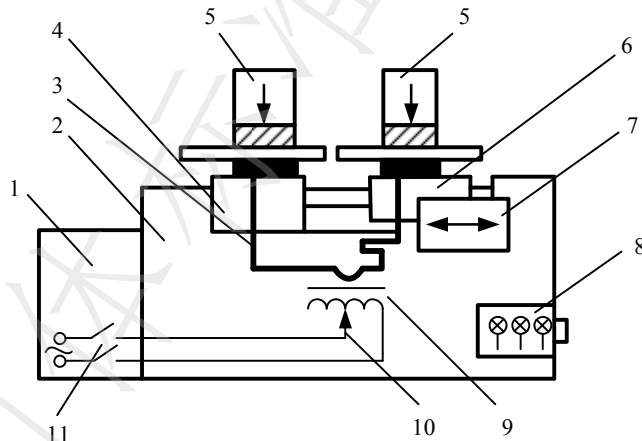


1-加压机构；2-焊接回路；3-阻焊变压器；4-机身；5-功率调节机构；6-主电力开关；7-控制设备；8-传动机构；9-冷却系统

图22 缝焊机

2.2.11 电阻对焊机 resistance butt welding machine

用于完成电阻对焊的设备。焊接时，由静夹具夹紧一个工件、动夹具夹紧另一工件向前推进，两工件接触后保持压力并接通焊接电流，利用电阻热加热工件端面至一定温度完成焊接，如图 23。



1-控制器；2-机身；3-焊接回路；4-固定座；5-夹紧机构；6-活动座；7-送进机构；8-冷却系统；9 阻焊变压器；10-变压器级数调节机构；11-主电力开关

图23 对焊机

2.2.12 闪光焊机 flash welding machine

用于完成闪光对焊的设备。焊接时，由静夹具夹紧一个工件、动夹具夹紧另一工件向前推进，两工件接触时接通焊接电流的同时动夹具拉开工件形成闪光，然后逐渐移进工件使之连续闪光，端面加热到一定程度后，迅速施加顶锻力完成焊接。

2.2.13 次级整流电阻焊机 secondary rectifier resistance welding machine

在变压器二次回路中利用大功率二极管整流，以获得直流大电流的电阻焊机。

2.2.14 中频直流电阻焊机 medium frequency DC resistance welding machine

采用逆变技术，将变压器工作频率提高到 1kHz 左右，次级采用大功率二极管整流提供直流电流输出的电阻焊机。

2.2.15 变频电阻焊机 frequency converter resistance welding machine

采用逆变桥斩波控制技术，将变压器工作频率由正弦交流变换为不同频率的近方波输出电流的电阻焊机，有利于改善电流可控性和减小电流过零时间。

2.2.16 中频焊接变压器 medium frequency welding transformer

用于中频直流电阻焊机的焊接变压器，由中频降压变压器和次级整流装置构成。

2.2.17 逆变电阻焊电源 resistance welding inverter

用于中频直流电阻点焊机的电源。采用整流逆变电路将工频交流电变换为中频交流电，再经过中频焊接变压器降压整流，输出直流大电流的电源。

2.2.18 晶体管电阻焊电源 transistor resistance welding power supply

在电阻焊输出回路中，采用晶体管斩波调节电源输出，依据斩波电路方式不同，可以输出直流、脉冲、变极性等可精密调节的电流。

2.2.19 电容储能电阻焊机 condenser discharge resistance welder

利用储存在电容器中的电能作为电源，迅速向焊接回路放电进行电阻焊的设备，一般可分为电容储能点焊机、电容储能凸焊机、电容储能缝焊机和电容储能对焊机等。

2.2.20 电容储能点焊机 condenser type spot welder

利用储存在电容器中的电能作为电源，迅速向焊接回路放电进行电阻点焊的设备。

2.2.21 高频电阻焊机 high-frequency resistance welding machine

给工件施加高频电流和挤压力进行焊接的设备。按焊接方式不同分为高频对焊机和高频缝焊机。

2.2.22 负载持续率 duty cycle

在规定的试验期间，电阻焊电源及其导电回路能在额定输出下运行而不会过热的时间百分比。电阻焊的试验周期为 1 min。

2.2.23 随动性 follow-up

在电阻焊过程中，可移动电极跟随金属变形保持接触和电极力的能力。

2.2.24 二次回路 secondary current path

焊接电流的通道，通常为电阻焊变压器次级输出回路。

2.2.25 点焊钳 resistance welding gun

用于向工件施加电极力和传递焊接电流的可移动电阻点焊装置。可以由手工操纵，或作为自动焊机的一个部件。参见手工焊钳、伺服焊钳和机器人焊钳。

2.2.26 手工焊钳 manual gun , portable gun

用于手动操作的点焊钳。

2.2.27 机器人焊钳 robot gun

一种能够安装在机器人手腕上，适用于机器人操作的点焊钳。

2.2.28 伺服焊钳 servogun

利用电动、液压或气动伺服执行器产生电极压力的点焊钳。

2.2.29 C形点焊钳 C-type gun

一种移动式的点焊钳，因两机臂的构成与“C”字相似，故称 C 形点焊钳。

2.2.30 X形点焊钳 pincer spot welding gun

一种移动式点焊钳，因两臂的构成与“X”字（剪刀）相似，故称 X 形点焊钳。

2.2.31 电阻焊电极 resistance welding electrode

电阻焊中用来给工件传递电流和压力的电极。

2.2.32 电极转接器 electrode adapter

电阻焊中用来将电极转接到电极座的过渡件。

2.2.33 电极帽 electrode cap

用于电阻点焊的可更换的帽状电极头。

2.2.34 电极端面 electrode face

电阻焊电极接触工件的表面。

2.2.35 电阻焊模具 resistance welding die

与工件轮廓相匹配的电阻焊电极，用于夹紧或适配工件并传导焊接电流。

2.2.36 电极台板 platform

电阻焊机二次回路中的安装平台，用于安装焊接夹具、电极握杆或电极并施加电流和压力。

2.2.37 电极水冷管 electrode cooling tube

电极内通冷却水的导管。

2.2.38 锥形电极 cone electrode

电极端部呈圆锥形的点焊用电极，如图 24(a)。

2.2.39 平面电极 flat electrode

电极端部为平面的电阻点焊、凸焊用电极，如图 24(b)。

2.2.40 尖头电极 pointed tip electrode

电极端部呈尖锥形的电阻点焊用电极，如图 24(c)。

2.2.41 球面电极 spherical electrode

电极端部呈球面形的电阻点焊用电极，如图 24(d)。

2.2.42 偏心电极 offset electrode

电极端面中心偏离电极圆柱中心线的电阻点焊用电极，如图 24(e)。

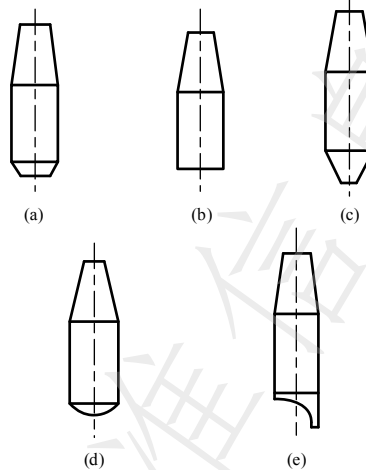


图24 各种类型的电极

2.2.43 滚轮电极 circular electrode, welding wheel

缝焊或滚点焊时所用的圆盘状可旋转电极。焊接中通过滚轮外缘向工件施加电流和压力。

2.2.44 斜棱滚轮 bevelled wheel

外沿一侧或两侧带有斜棱的缝焊滚轮。

2.2.45 顶锻机构 upsetting device

焊机和摩擦焊机中对工件提供顶锻力，进行顶锻加压的机构。

2.2.46 电极行程 electrode travel

电阻焊机两电极间可调整的最大距离，即电极张开到极限位置时两电极间的距离。

2.2.47 工作行程 working stroke

电阻焊工作过程中，活动电极在加压方向上移动的距离。

2.2.48 辅助行程 auxiliary electrode travel

电阻焊机的活动电极在工作行程以外可以移动的距离。

2.2.49 平台距离 platform spacing

两相邻电阻焊平台之间的最小距离。

2.2.50 参数优化 parameters optimization

通过调整电阻焊接参数以达到最优焊接质量的操作方法。

2.2.51 焊接参数 welding parameters

电阻焊中影响焊接结果的可设置的工艺参数，主要包括焊接电流、焊接时间、电极压力等。

2.2.52 恒流控制 constant current control

通过焊接电流反馈，控制电阻焊加热脉冲电流恒定的电阻焊控制方法。

2.2.53 恒压控制 constant voltage control

通过焊接电压反馈，控制电阻焊加热脉冲电极间电压保持恒定的电阻焊控制方法。

2.2.54 恒功率控制 constant power control

控制电阻焊加热脉冲功率保持恒定的方法，功率反馈信号基于焊接电流和焊接电压计算。

2.2.55 多参数控制 multi parameter control

基于两个或两个以上的参数（信息）反馈控制电阻焊质量的方法。

2.2.56 同步触发 synchronous timing

依据电网过零控制晶闸管延迟触发的交流电阻焊电流控制方式。

2.2.57 动态电阻 dynamic resistance

电阻焊过程中，从电极两端测量的电阻随焊接时间变化的信息，是焊接区域温升、接触面变化、焊接变形等的综合体现。

2.2.58 热膨胀 heat expansion

指电阻焊过程中焊接区域金属受热膨胀的现象，被用于反映电阻焊加热的反馈控制信息。

2.2.59 电极位移 electrode displacement

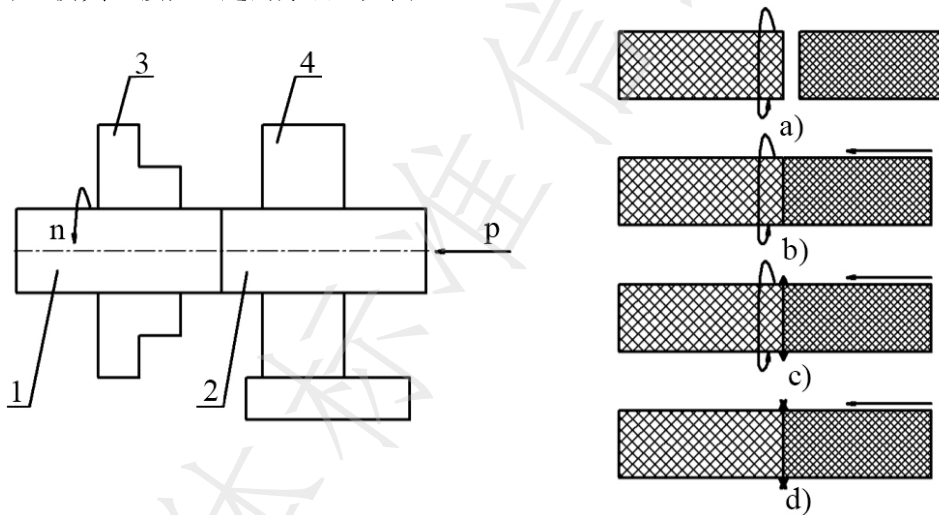
电阻焊加热和冷却过程中两电极的相对位移过程，反映电阻焊过程焊接区域的金属膨胀、收缩和变形。

2.2.60 智能控制 intelligent control

基于人工智能技术建模控制电阻焊质量的控制技术。

2.3 摩擦焊名词

摩擦焊接是指利用热塑性材料之间相互摩擦所生成的摩擦热，使摩擦面加热至塑性状态后，经加压并冷却后，即可使其连接在一起的方法，如图 25。



1-工件1；2-工件2；3-旋转接头；4-移动夹头；n-工件转速；P-轴向压力（摩擦压力和顶锻压力）；a)工件1旋转；b)工件2向转动着的工件1移动、接触；c)工件2向转动着的工件1加压，摩擦加热过程开始；d)工件1停转，工件2向工件1加压顶锻焊接

图25 摩擦焊原理示意图

2.3.1 轴向摩擦焊机 axial friction welding machine

利用被焊工件的焊接表面相互摩擦所产生的热使其达到塑性状态，然后迅速顶锻而完成焊接的一种热压焊机。

2.3.2 连续驱动摩擦焊机 continuous drive friction welding machine

在摩擦焊接过程中，主轴由电机或其它动力连续驱动其旋转的焊机。

2.3.3 惯性摩擦焊机 inertial drive friction welding machine

在摩擦焊接过程中，主轴脱离动力驱动，由惯性轮提供其旋转能量的焊机，如图 26。

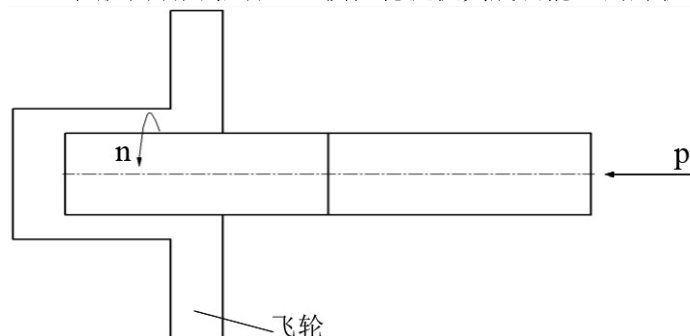
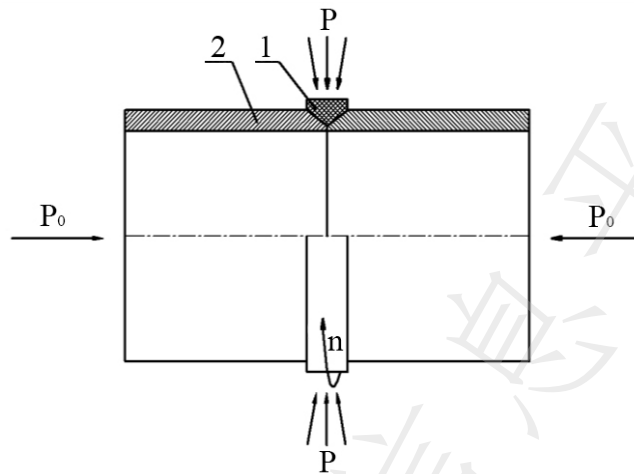


图26 惯性摩擦焊示意图

2.3.4 径向摩擦焊机 radial friction welding machine

区别于轴向端面焊接，对焊件圆环内表面和圆柱外表面进行摩擦焊接的焊机，如图 27。



1-旋转圆环；2-管子；n-圆环转速； P_0 -轴向压力；P-径向压力

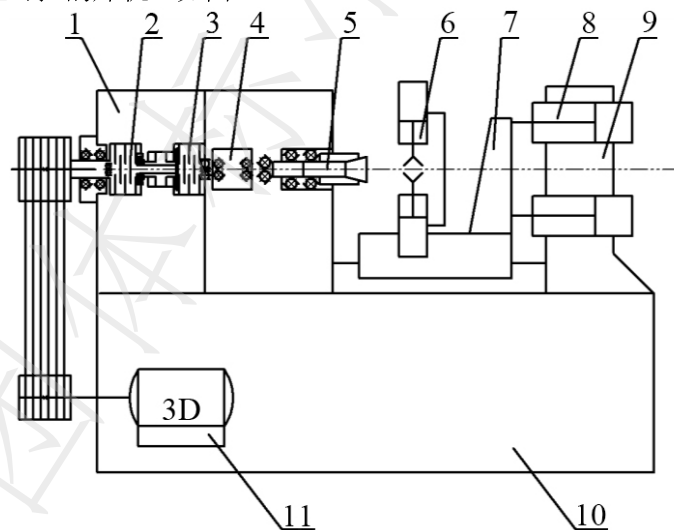
图27 径向摩擦焊示意图

2.3.5 振动摩擦焊机 vibration friction welding machine

两个焊接表面由振动摩擦实现焊接过程的焊机。

2.3.6 相位摩擦焊机 phase friction welding machine

两个工件焊接相位可控的焊机，如图 28。



1-主轴箱；2-离合器；3-制动器；4-分油器；5-旋转夹具；6-移动夹具；7-工作台；8-主油缸；9-主油缸座；10-床身；主电机

图28 摩擦焊结构示意图

2.3.7 旋转夹具 rotating clamp

焊接过程中随主轴一起转动的夹具，如图 28。

2.3.8 移动夹具 sliding clamp ;movable clamp

只能沿顶锻方向往返运动的夹具，如图 28。

2.3.9 固定夹具 fixed clamp

在焊接过程中不运动的夹具。

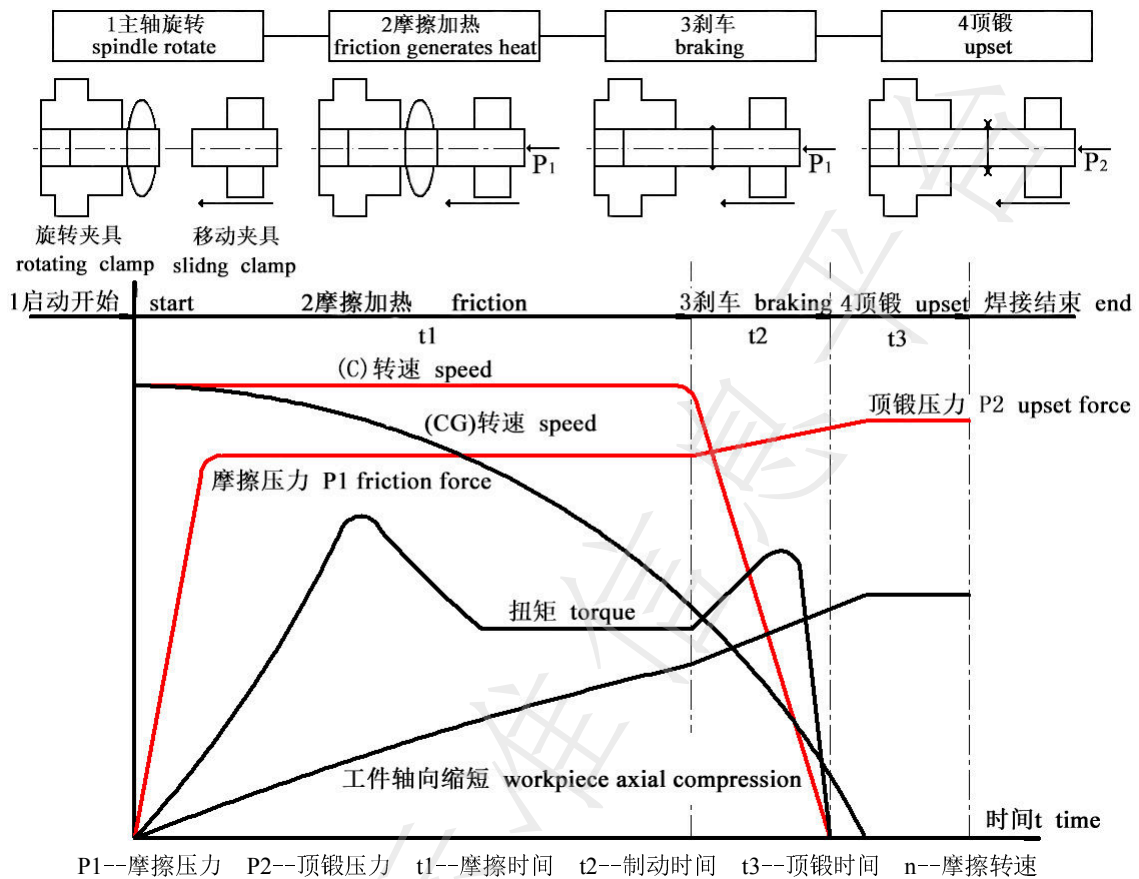


图29 摩擦焊循环示意图

2.3.10 摩擦压力 friction pressure

在摩擦阶段，施加在焊接面上的压力，如图 29。

2.3.11 顶锻压力 upsetting pressure

在焊接顶锻阶段，施加在焊接面上的压力，如图 29。

2.3.12 顶锻力 upsetting Force

在焊接顶锻阶段，施加在焊接面上的作用力，如图 29。

2.3.13 摩擦时间 friction time

在摩擦阶段的持续时间，如图 29。

2.3.14 制动时间 braking time

主轴由额定转速降至零时的持续时间，如图 29。

2.3.15 顶锻时间 upsetting time

焊机在顶锻阶段，顶锻力所持续的时间，如图 29。

2.3.16 磨耗量 the amount of wear

在摩擦阶段，被焊工件沿焊接面法向减少的尺寸。

2.3.17 总磨耗量 the total amount of wear

在摩擦和顶锻阶段，被焊工件沿焊接面法向尺寸减少的总和。

2.3.18 摩擦转速 friction rotating speed

在摩擦阶段，主轴的转速，如图 2.29。

2.3.19 顶锻速度 upsetting speed

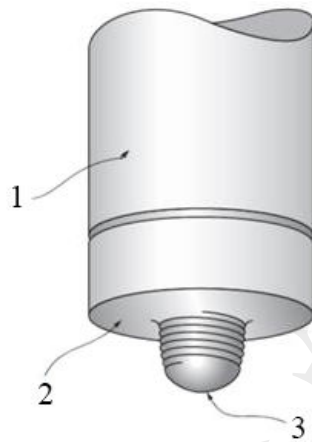
设备在空载时单位时间内旋转夹具相对移动或固定夹具减少的运动距离。

2.4 搅拌摩擦焊 friction stir welding

一种新型的塑性流动固态焊接方法。焊接时，将两被焊母材固定在刚性衬垫上，高速旋转的搅拌头插入接缝沿接缝移动，接缝被摩擦加热至塑性状态后形成焊缝。

2.4.1 搅拌头 stir-head

搅拌头是搅拌摩擦焊的施焊工具。搅拌头的主要构成见下图，夹持柄、轴肩和搅拌针三部分，如图30。

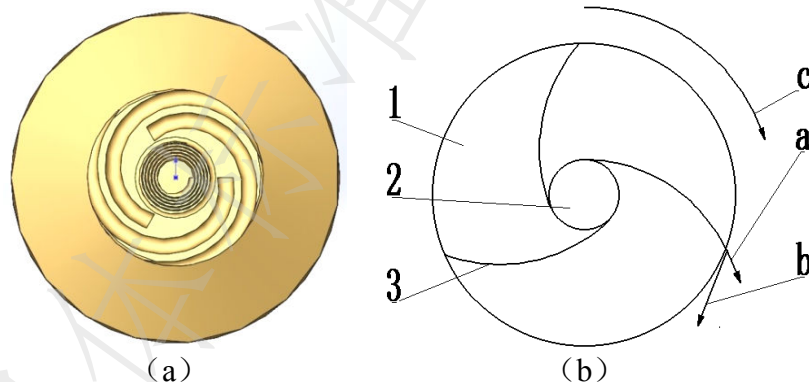


1-夹持柄；2-轴肩；3-搅拌针

图 30 搅拌头示意图

2.4.2 轴肩 tool shoulder;shoulder

搅拌头与工件表面接触的肩台部分，其形状一般为内凹的圆锥状，也可以为同心圆环、螺旋槽等形状，如图2.31。螺旋槽旋向分为正旋和反旋两种，将搅拌头轴肩正视，顺时针方向为正旋，如图31-a；逆时针方向为反旋。螺旋槽在轴肩外边缘的切线方向须与该位置搅拌头旋转的切线方向相同，如图31-b。



1.轴肩；2.搅拌针；3.螺纹；a.轴肩边缘螺纹切线方向；b.螺纹位置搅拌头旋转的切线方向；c.搅拌头旋转方向（顺时针-仰视）

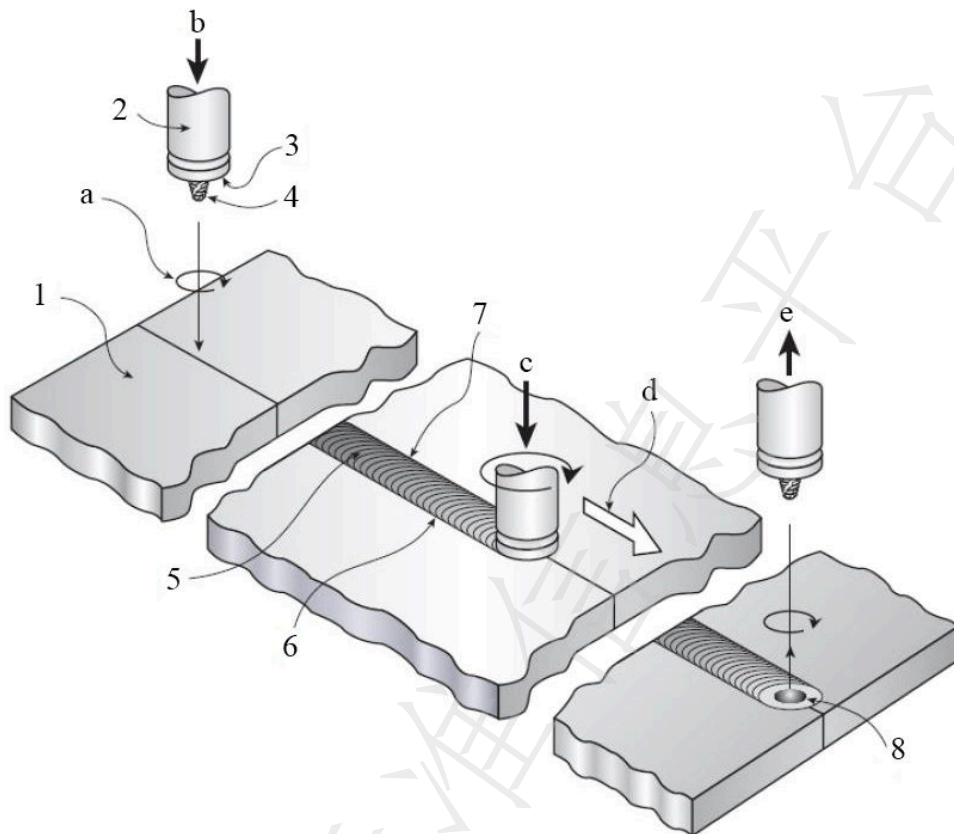
图 31 轴肩正视图

2.4.3 搅拌针 probe;pin

搅拌针是指搅拌头插入工件的部分，基本形状为圆柱形或圆锥形，可带螺纹、沟槽，如图32。带有右旋螺纹的搅拌针，其焊接时的旋转方向应为逆时针方向（俯视），其中，右旋螺纹的螺旋线是左低右高，左旋螺纹反之。图示31中的搅拌针带有左旋螺纹，搅拌头旋转方向为顺时针（俯视）。

2.4.4 搅拌摩擦焊接 friction stir welding

高速旋转的搅拌头扎入工件后沿待焊方向运动，在搅拌头与工件接触部位产生摩擦热和剧烈塑性变形热。使其附近金属形成塑性软化层，软化层在搅拌头旋转和锻压作用下填充搅拌针后方所形成的空腔，并在轴肩与搅拌针的搅拌及挤压作用下实现材料连接的固相焊接方法，如图32）。



1-母材；2-夹持柄；3-轴肩；4-搅拌针；5-焊缝表面；6-后退侧；7-前进侧；8-钥孔；a-搅拌头旋转方向（顺时针）；
b-搅拌头下压方向；c-轴向压力；d-焊接方向；e-搅拌头提起方向

图 32 搅拌摩擦焊示意图

2.4.5 搅拌头旋转方向 direction of tool rotation

带动搅拌头旋转的心轴旋转方向，如图32。

2.4.6 前进侧 advancing side

搅拌头旋转方向与焊接方向相同的焊缝侧，如图32。

2.4.7 后退侧 retreating side

搅拌头旋转方向与焊接方向相反的焊缝侧，如图32。

2.4.8 匙孔 exit hole

在焊缝的结束处，因搅拌头提起而留下的孔，称为匙孔，如图32。

2.4.9 轴向压力 axial force

沿搅拌头旋转轴施加在工件上的压力，如图32，又称顶锻力。

2.4.10 搅拌头旋转速度 rotation speed of tool

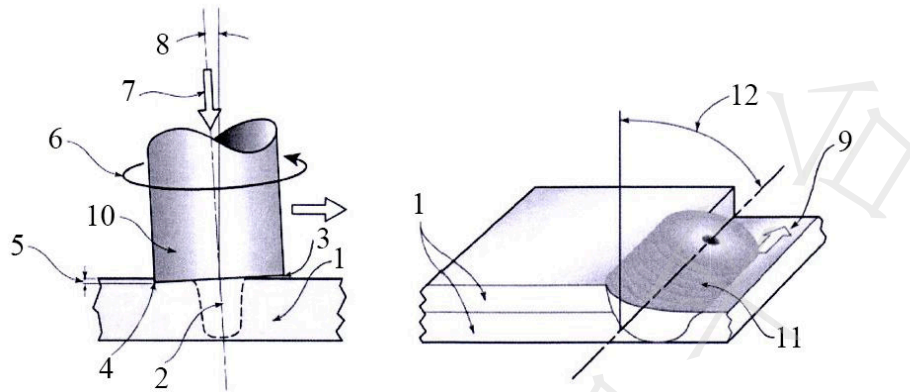
单位时间内搅拌头的旋转次数。

2.4.11 焊接速度 welding speed

单位时间内完成的焊缝长度。

2.4.12 后沿 heel

相对于焊接前进方向，位于搅拌头轴肩背面的部分，如图33



1-母材；2-搅拌针；3-轴肩；4-后沿；5-压入量；6-搅拌头旋转方向（逆时针）；7-轴向压力；8-前倾角；9-焊接方向；10-搅拌头；11-焊缝表面；12-侧倾角

图 33 后沿、压入量、前倾角、侧倾角示意图

2.4.13 压入量 heel plunge depth

焊接过程中，搅拌头的轴肩后沿最低点压入被焊材料的深度，如图2.33。

2.4.14 前倾角 tilt angle

搅拌头轴线垂直面与焊件之间的夹角，如图33。

2.4.15 侧倾角 side title angle

搅拌头轴线和工件表面的垂线形成的夹角，如图33。

2.4.16 定位焊 pre-welding

为装配和固定焊件位置而进行的预焊称为定位焊。

2.4.17 引入板、引出板 import/export plate

为了不在工件上留下焊缝起始不稳定区域、结束区域的匙孔，在工件上搅拌头进出的两端设置与工件同材料的工艺板，分别称为引入板和引出板，焊接从引入板上起焊，在引出板上终止，焊后将其加工去除。

2.4.18 压力控制 force control

焊接过程中，维持主轴上规定轴向压力的方法。

2.3.19 位置控制 position control

焊接过程中，维持搅拌头在工件相对规定位置上的方法。

2.4.20 轴向偏离 lateral offset

搅拌头轴线与接头接触面之间的距离（ d ），如图34。

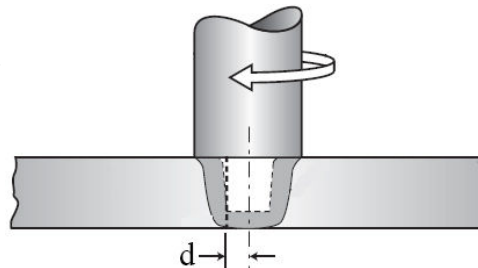
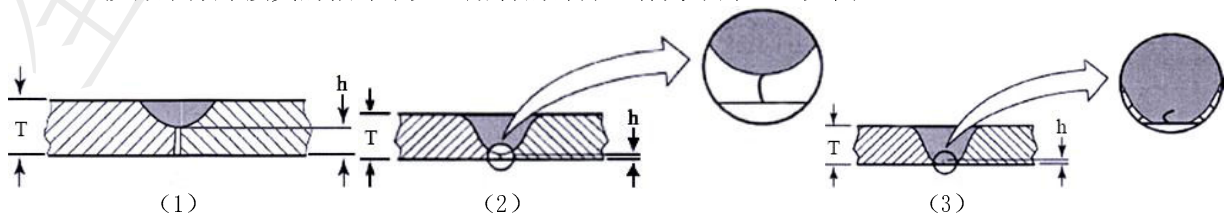


图 34 轴向偏离示意图

2.4.21 未焊透 incomplete penetration

搅拌摩擦焊接头的根部未完全熔合的部分，称为未焊透，如图35。



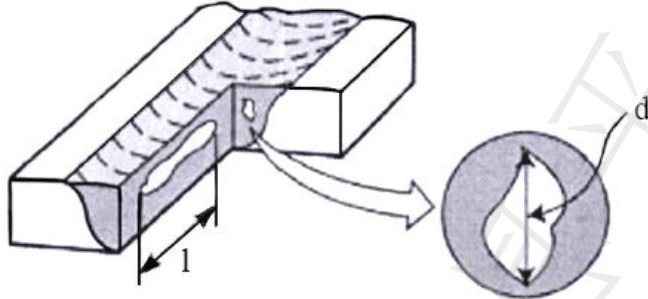
T-母材厚度；h-未完全融合厚度；三种未焊透缺陷：1) 焊缝未融化边缘未发生塑形变形，如（a）所示，2) 焊缝未融化

边缘发生小部分塑性变形，如图（b）所示，3）焊缝未熔化边缘发生严重塑性变形，如图（c）所示；

图 35 未焊透示意图

2.4.22 隧道型缺陷 channel defect

搅拌摩擦焊接头中，沿焊接方向塑性金属流动未填满焊缝形成的类似隧道的空洞，称为隧道型缺陷，亦称为蠕洞缺陷，如图36。



d-隧道型缺陷的最大横截面尺寸；l-隧道型缺陷沿焊缝方向的长度

图 36 隧道型缺陷示意图

2.4.23 裂纹状缺陷 crackle defect

在焊核区内的类似于裂纹的缺陷，称为裂纹状缺陷，如图37。

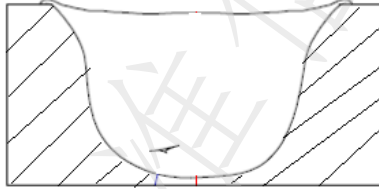


图 37 裂纹装缺陷示意图

2.4.24 表面犁沟 surface furrow

内部孔洞型缺陷延伸到搅拌摩擦焊缝正面形成的犁沟状焊接缺陷，称为表面犁沟，如图38。

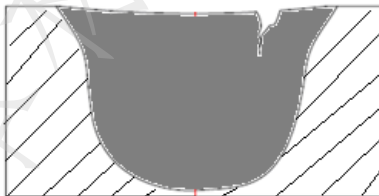


图 38 表面犁沟示意图

2.4.25 未焊满 underfill

由于压入量过大，使得焊缝表面低于母材表面的现象，称为未焊满，如图39。



图 39 未焊满示意图

2.4.26 飞边 toe flash;flash

焊接过程中，在搅拌头轴肩压力的作用下，与轴肩接触的焊件表层金属发生塑性流变，沿轴肩边缘挤出，在焊缝边缘形成的毛刺，称为飞边，如图40。

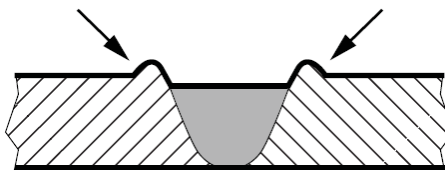


图 40 飞边示意图

2.4.27 毛刺 burr

如果材料粘度比较高，或者焊接热输入量比较大，焊缝上表面会形成比较粗糙的纹路，鱼鳞状纹路不清晰，有毛刺感，被称之为毛刺。

2.4.28 起皮 sand buckle

搅拌摩擦焊缝正面产生的鼓起的麸皮状薄层金属，称为起皮，如图41。

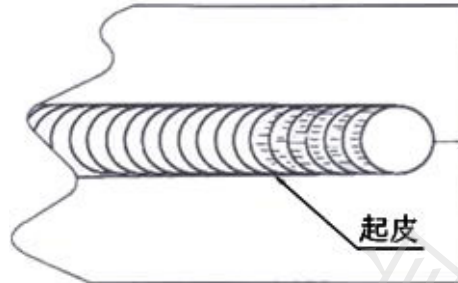


图 41 起皮示意图

2.4.29 焊穿 incomplete penetration

搅拌针穿过焊件，与垫板表面接触，造成焊缝背面穿透的现象，称为背面焊穿，如图41。



图 41 焊穿示意图

2.4.30 错边 linear misalignment

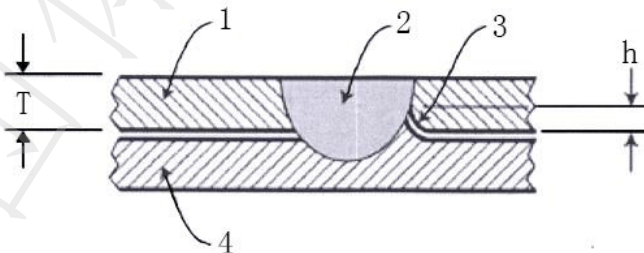
两个焊件未对准，导致其表面虽然平行，但未在指定的平面，称为错边，如图42。



图 42 错边示意图

2.4.31 吊钩 hook

搭接搅拌摩擦焊接头中沿焊缝金属向上或向下弯曲的界面，如图43。



1-上层工件；2-焊缝；3-吊钩；4-下层工件；5-后沿；T-上层工件厚度；h-吊钩高度

图 43 吊钩示意图

2.5 线性摩擦焊

线性摩擦焊（linear friction welding, LFW）:是一种固相焊摩擦焊技术，在焊接压力作用下，其中一个摩擦副相对于另一个摩擦副沿直线以一定振幅和频率作往复直线运动，摩擦界面迅速产热，界面两侧组织达到粘塑性状态，当缩短量或摩擦时间达到预设状态时，迅速停止摩擦，并施加顶锻力，完成焊接。线性摩擦焊接原理图如图44所示。

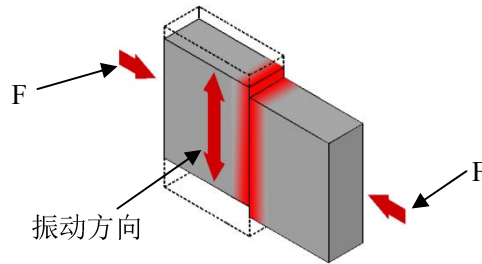
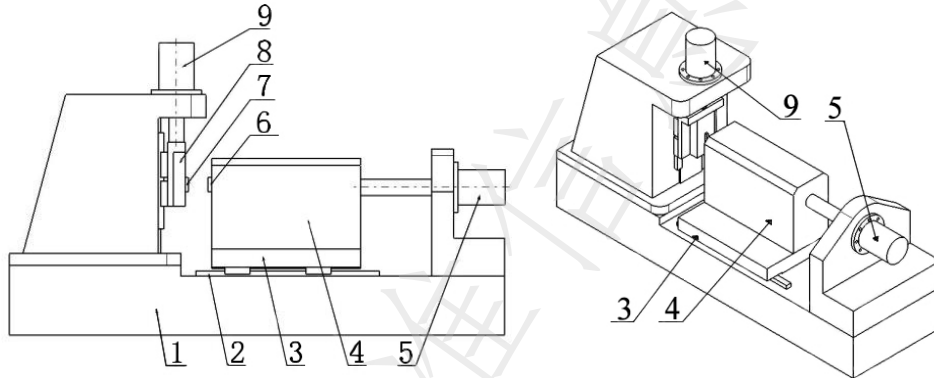


图 44 线性摩擦焊接原理图

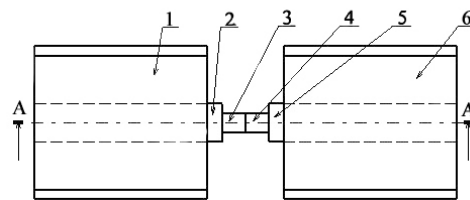
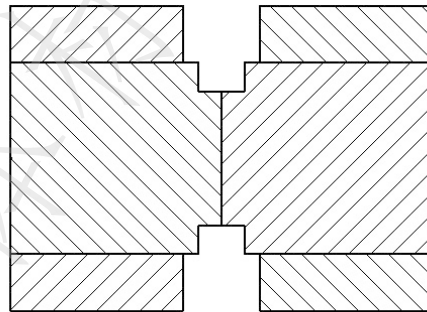
2.5.1 线性摩擦焊接设备 LFW machine

用于完成线性摩擦焊接的设备。设备总体结构如图 45 所示。焊接时还需要一定的夹具，而且试件上要有特殊的结构设计，线性摩擦焊装配试件示意图见 46。



1-床身；2-水平导轨；3-工作台；4-顶锻夹具；5-顶锻油缸；6-右侧工件；7-左侧工件；8-振动夹具；9-激振油缸

图 45 线性摩擦焊设备



1-振动侧试件夹具；2-振动侧试件装夹台；3-振动侧试件焊接台；4-顶锻侧试件焊接台；5-顶锻侧试件装夹台；6-顶锻侧试件夹具

图 46 线性摩擦焊试件装配示意图

2.5.2 摩擦压力 friction pressure

在摩擦阶段，施加于摩擦界面上的压力。

2.5.3 顶锻压力 upsetting force

在顶锻阶段，施加在摩擦界面上的压力。

2.5.4 振幅 amplitude of oscillation

焊接过程中，振动测试件离开初始位置的最大距离

2.5.5 振动频率 frequency of oscillation

焊接过程中，振动测试件在单位时间内完成的周期性振动次数。

2.5.6 摩擦时间 friction time

两试件从接触摩擦开始到振动停止所持续的时间。

2.5.7 顶锻时间 upsetting time

在顶锻阶段，顶锻压力所持续的时间。

2.5.8 缩短量 shortening

摩擦焊接停止以后，被焊工件轴向减少的尺寸。

2.5.9 飞边 flash

线性摩擦焊接过程中，由于摩擦产热材料发生塑性变形，在摩擦压力作用下，被挤出界面的材料，称为飞边，如图 47。

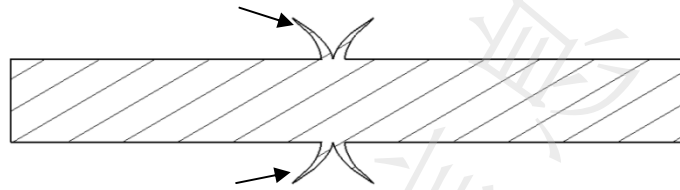


图 47 飞边示意图

2.5.10 焊接循环 welding cycle

线性摩擦焊完成一对试件焊接从加压到顶锻结束所包含的全部程序。线性摩擦焊循环示意图如图 48 所示，包括摩擦时间、顶锻时间、振动频率、振幅、摩擦压力、顶锻压力、缩短量等参数可根据工艺需求调整。

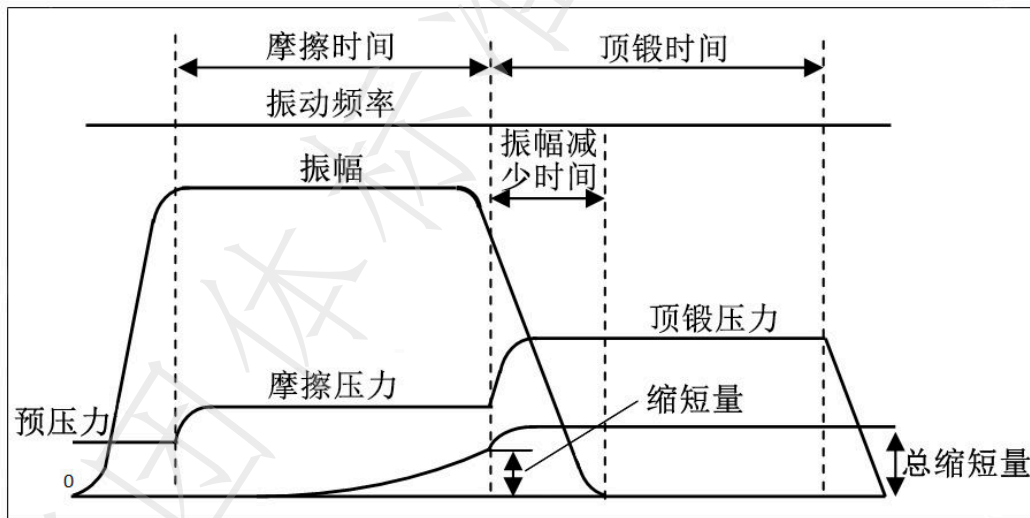


图 48 焊接循环示意图

2.5.11 接头组织 microstructure of the joint

接头组织由焊缝区、热力影响区和母材区组成。

2.5.11.1 焊缝区 weld zone(WZ)

组织发生完全再结晶区域。

2.5.11.2 热力影响区 thermo-mechanically affected zone (TMAZ)

组织受热力作用仅发生变形及部分再结晶的区域。

线性摩擦焊后，两侧基体材料发生大的塑性变形、再结晶及组元扩散等现象，接头组织分为焊缝区、热力影响区、母材区。