

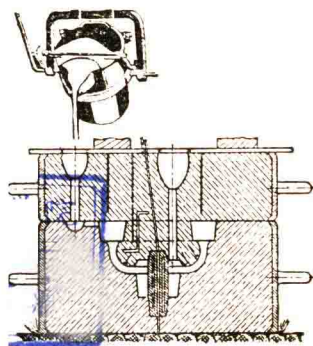
机械工人学习材料

JIXIE GONGREN XUEXI CAILIAO

# 双层金属铸造

林松波 编著

铸工



机械工业出版社

**内容提要** 双层金属铸造,是用铸造方法使生产出来的铸件,包含有两种不同的金属。这种铸件,可以节省贵重金属,改进零件的质量。因此值得推广。

这本小册子简明介绍这种铸造方法的原理和实际工艺过程,可供铸造工人学习参考。

## 双层金属铸造

林松波 编著

\*

机械工业出版社出版 (北京东黄城根外街25号)

(北京市书刊出版业营业登记证出字第117号)

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张 2·字数 45 千字

1960年1月北京第一版·1974年5月北京重排第二次印刷

印数 04,551—120,150·定价 0.16 元

\*

统一书号: 15033·3160

## 毛主席语录

红与专、政治与业务的关系，是两个对立物的统一。一定要批判不问政治的倾向。一方面要反对空头政治家，另一方面要反对迷失方向的实际家。

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

# 目 录

一	什么是双层金属铸造 .....	1
二	静止铸造双层金属 .....	5
	1. 静止铸造双层金属的优缺点 .....	5
	2. 钢(或球墨铸铁)套镶铜静止铸造的工艺规程 .....	6
	3. 加热熔焊铸造双层金属 .....	9
	4. 浸铸双层金属 .....	13
	5. 双液体静止铸造双层金属 .....	14
三	离心铸造双层金属 .....	18
	1. 离心铸造双层金属的实质和优点 .....	18
	2. 钢套镶铜离心铸造 .....	21
	3. 双液体离心铸造双层金属 .....	33
	4. 双层金属离心铸造铸型转速的确定 .....	51
四	双层金属铸造铸件质量的检查与废品产生的原因以及防止的方法 .....	55
	1. 双层金属铸造铸件质量的检查 .....	55
	2. 双层金属铸造铸件废品产生的原因及防止方法 .....	56

## 一 什么是双层金属铸造

大家都知道，造型工人造好砂型，浇铸工人把铁水浇入砂型，这样就可以生产出一个铸件。因为我们在浇注的时候，一般只浇入一种金属液（例如铁水），所以得到的铸件也就只能是由一种金属（例如灰口铁）构成的。因此这种铸件的性能，在各个部位基本上是相同的。如果我们希望一个零件，它的一部分（例如内孔）不能有磁性，而另一部分（例如外圆）应该有磁性。对于这种零件，结构简单的话，可以用机械配合的方法使零件由两种金属组成。但是也可以采用铸造的方法，使铸造出来的零件就能满足我们的要求。这就是在这一本小册子里，我们所要介绍的双层金属铸造。

双层金属铸造是：通过铸造（包括造型和金属的熔化及浇铸）的方法，使生产出来的铸件包含有两种不同的金属。例如，有一个铸件，它的一部分金属是钢，另一部分是铜，那么这种铸件就是“双层金属铸件”。

双层金属铸件是怎样铸造出来的呢？

为了说明这一问题，这里我们要向大家介绍一个技术名词，这个名词叫做物质的扩散。举一个例子来说吧，在一根细长的玻璃试管中，我们首先在里面放入一定数量（ $\frac{1}{3}$ 或 $\frac{1}{2}$ ）的自来水，然后在它的上面慢慢的注入一些比重差不多的红色的水。起初，我们可以看到红色的水和下面的自来水是互不相混的，它们之间有一条很清楚的分界面。隔了一段时间以后，我们可以发现红色的水逐渐往下沉，而自来水逐渐往上浮。最后，两种不同颜

色的水就互相混淆起来，变成淡红色的水。这种现象叫做物质的扩散。液体有扩散的性质，同样，固体也有这种性质，只是扩散的速度比较慢而已。例如，拿一块比较平滑的钢板和一块比较平滑的铜板，把它们叠合在一起，然后放进炉子里加热。加热的温度低于铜的熔化温度（例如加热到 $800^{\circ}\text{C}$ ）。在炉子里面保温一个时间以后，把叠合在一起的钢板和铜板从炉子里拿出来，我们就能够发现铜板上和钢板互相接触的地方有铁存在；同样在钢板上和铜板接触的面上有铜的存在。如果保温的时间愈长，加热的温度愈高，最后钢板和铜板就连接在一起。这种现象和上面所举的例子是一样的。这是由于在加热和保温的过程中，钢板的铁分子以及铜板的铜分子互相扩散，结果如图1。同样，固体和液体之间也有扩散的现象存在。根据相同的原理，在铸型中，我们在适当的时间内先后浇铸两种不同的金属液，铸件凝固以后，也就会包含两种不同的金属，这就是“双层金属铸造的原理”。

在双层金属的铸件中，两种金属互相连接的地方，含有两种金属的分子。这个地方我们叫它做金属的扩散层。

双层金属铸件的铸造方法是，可以在铸型中先后浇铸两种不同的金属液；也可以在准备好的坯料上浇铸另一种金属液，使它们在冷却凝固的过程中熔接为一体。

双层金属铸造具有下列优点：

(1) 节约金属 双层金属铸件，除了工作部分用规定的金属以外，其他部分用一般的金属做成，因此可以节约许多贵重金属。例如图2 a 的轴套，如果改为图

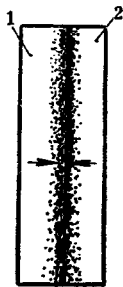


图1 在高温状态下金属分子互相扩散的示意图  
1—钢，2—铜

2b 的双层金属铸造的轴套, 就可以节约铜合金70~75%。

(2) 改进零件的质量 例如采煤工业敷设充填管道用的注砂管, 要求有较高的强度和耐磨性能。这种管子很多国家都是用高碳钢或者高锰钢制成。但是, 这两种材料做成的管子不但成本高, 同时制作也困难, 耐磨性能也不太高。我国鞍钢铸管厂是用两种不同成分的铸铁(高强度灰口铸铁和白口铸铁)以离心铸造法铸成的, 它的成本比高碳钢和高锰钢低, 同时在管子的性能方面也比上述的管子好。

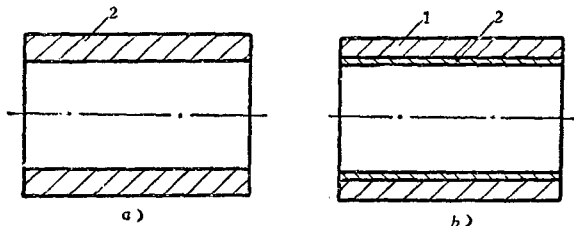


图2 轴套

a—单层金属轴套; b—双层金属轴套

1—钢; 2—铜合金

我国某化学厂成功地铸造了耐酸的双层铸铁管(外层是高强度灰口铸铁, 内层是高硅耐酸铸铁), 因此节约了许多贵重的镍铬不锈钢。

双层金属铸造应用的材料种类很多, 它可以是: 碳钢—铜; 铸铁(包括球墨铸铁)—铜; 碳钢—合金钢; 合金钢—铸铁; 球墨铸铁—巴氏合金等。

从熔接的性能来说, 铸铁—铜; 铸铁—巴氏合金的性能比较差, 这是因为铸铁的组织有石墨存在(片状或球状), 妨碍了两种金属的熔接。在选择材料时, 两种金属的熔化温度愈接近愈好, 因为熔化温度愈接近, 金属之间的可熔接性愈好, 脱层的现象愈少。

双层金属铸造所采用的方法很多，总的来说，可以分成下面的两大类：

(1) 静止铸造双层金属 静止铸造双层金属，是指铸造过程在铸型（或者铸件）静止不动的情况下进行的。这种铸造方法可以应用于机器上各种几何形状的零件以及切削刀具，例如轴套、蜗轮、蜗杆等。

(2) 离心铸造双层金属 离心铸造双层金属，是指铸造过程是在铸型（或者铸件）旋转的情况下进行的。它可以应用在各种圆柱形或对称形的铸件上。

由于铸造过程和热源的来源的不同，双层金属铸造又可以分为：

(1) 单液的双层金属铸造 即在铸造双层金属铸件时，只浇入一种金属液，而获得双层金属铸件。

(2) 双液的双层金属铸造 即在铸型中先后浇铸两种不同的金属液，而获得双层金属铸件。

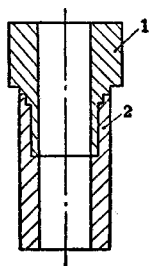


图3 双层金属铸造的  
传动螺母毛坯图  
1—青铜；2—钢套

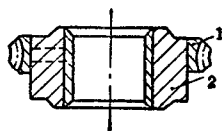


图4 双层金属铸造的  
传动蜗轮  
1—青铜；2—铸铁

双层金属铸造可以铸造简单的零件，也可以铸造比较复杂的零件。例如图3和图4。同时，既可以铸造重量轻外形尺寸小的



轴套，也可以铸重几百公斤，外形尺寸在2米的大的零件。

## 二 静止铸造双层金属

### 1. 静止铸造双层金属的优缺点

静止铸造双层金属具有下面的优点：

(1) 不需要增加特殊设备 静止铸造双层金属的过程和一般的重力浇铸（例如砂型浇铸等）差不多，它不需要其他的辅助设备，因此生产的投资少，不论是大量生产或单件小批生产都可以采用。

(2) 节约金属。

由于静止铸造时，铸型（铸件）是不动的，因此它有下面的缺点：

(1) 需要浇冒口 这是因为静止铸造时，铸件的浇铸是经过浇口进入型腔的；同时凝固的时候，由于铸件本身的收缩需要冒口的金属来补充。

(2) 加工余量较大 静止铸造双层金属一般是用砂型（芯）铸造的，铸件的尺寸比较不准确，表面不够光洁，因此必须留较大的加工余量。有时为了使铸件“定向凝固”，铸件上增加了补贴，这使加工量更为增大。

(3) 质量不容易控制 这几乎是最主要的缺点。在采用静止铸造双层金属时，由于坯料的加热，金属液的浇铸，铸件的冷却，都较难控制，因此在两种金属的熔接层经常有缩松、夹渣、粘不牢、气孔等缺陷，有时还会出现裂纹现象。但是只要严格控制工艺规程，铸件的质量还是有保证的。

(4) 燃料的消耗大。

(5) 操作较麻烦，劳动强度高。

尽管静止铸造双层金属存在着一定的缺点，但是它具有适合单件小批生产的优点，同时可以节约贵重金属，所以，随着工艺规程不断得到完善，铸件质量不断提高，许多机器制造厂还是经常采用这种方法制造双层金属的铸件。

## 2. 钢（或球墨铸铁）套镶铜静止铸造的工艺规程

机器上的轴套、传动螺帽及车辆上的轴瓦，在小批或成批生产时，常常用钢（或球墨铸铁）套镶铜静止铸造的方法制成的双层金属零件，代替全部用铜合金制作的零件。根据我国许多机器制造厂生产的实际经验，这种双层金属铸造方法的工艺规程可分为四道工序：第一坯料的准备；第二坯料的处理；第三装配；第四坯料的加热和浇铸。

（1）坯料的准备 用来镶铜的坯料（钢或球墨铸铁），为了使它在铸造时能和铜很好地熔接在一起，以及在使用过程中不发生脱层的现象，一般要求坯料和铜合金熔接的表面要经过机械加工（一般为 $\nabla 5$ 以上）。根据生产上的实际经验，坯料也可以不经过机械加工，采用喷砂清除表面上的铁锈，在浇铸时，钢套和铜合金也能很好地熔接在一起。坯料表面太粗糙是不允许的，这是因为浇铸以后，扩散层的铁分子伸入铜合金层太多，使真正的铜合金层变薄，或者使铜合金层的含铁量增加，变得又脆又硬，耐磨性能大大降低，失去了作为轴承的价值。

为了增加双层金属铸件中两种金属之间的粘合强度，防止在传动过程中发生脱层的现象，通常在钢（或球墨铸铁）套的粘合面上，开设横和竖的加固槽，例如图 5。加固槽的形状，可以是半圆形，或者带圆角的长方形，但是加固槽不能开成尖角，因为尖角的地方，浇注时，铜水是不能把尖角全部浇满的，这样尖角的地方就出现空隙，影响了钢套和铜合金的粘合。同时，在运转

时，如果受力比较大，那么在尖角的地方有时还会出现裂纹，使零件不能继续使用。图6是加固槽的形状。竖的加固槽一般是从头开到底的，如果零件太长，加工不方便，那么加固槽可以两头交叉（每个槽的长度超过零件长度的一半就可以）。

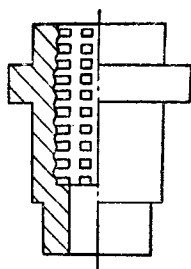


图5 经过机械加工的  
压轧机螺帽的坯料

(2) 坯料的处理 表面有油渍和锈的坯料，在浇铸时很容易造成双层金属铸件的气孔和粘不牢的缺陷。所以坯料必须经过化学处理（或喷砂清理）去除坯料表面的油渍和铁锈。

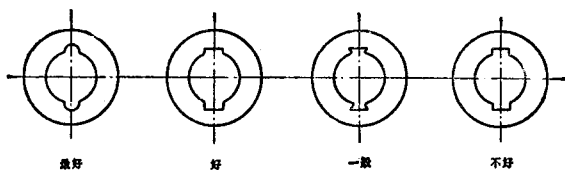


图6 坯料（钢套）上的加固槽的形状

坯料的化学处理可以按下面的方法进行：

坯料先在浓度为20%的苛性钠（俗称烧碱）水溶液中煮10~15分钟，除去坯料表面的油渍。然后在80~90℃的热水中冲洗3~5分钟。再将除去油渍的坯料放入盐酸及氯化锡（ $\text{SnCl}_2$ ）水溶液中（这种水溶液是用浓度30%的工业盐酸1000毫升、水1500毫升、氯化锡500克配成的，其中盐酸的实际浓度为12%，氯化锡的实际浓度为2%）浸10分钟，除去坯料表面的铁锈，并且用毛刷拭擦坯料的熔接表面，一直到表面无斑点，呈暗灰色为止。然后用

15~20℃温水冲洗3~5分钟。将冲洗过的坯料放入温度在70~80℃的浓度3%的硼砂的水溶液中浸10分钟，以防止表面再生锈。然后在电烘箱（或用其他的加热方法）烤干，使水分蒸发。一般坯料的烘烤温度在120~150℃之间。最后在坯料要镶铜的表面上涂一层饱和的硼砂溶液（这种饱和的溶液是用150克的硼砂溶解在200毫升的水中配成的）。这时坯料发出嗤嗤的声音，水分立刻蒸发，留下一层发白或者像玻璃一样的硼砂粘在坯料的表面上。涂这一层硼砂的目的，主要是因为坯料在加热的时候，表面还可能发生氧化，如果有硼砂存在，它们就会产生化学反应，形成金属的复盐，保持坯料熔接表面的洁净。同时，在把铜水浇入坯料（钢套）时，硼砂起着熔剂的作用（像铜焊时一样）帮助钢套和铜合金更好的粘合。硼砂层一般是1~2毫米厚，不要太厚，否则在浇注时，硼砂来不及全部熔化和上浮，而成浮渣粘在坯料和铜合金之间，形成铸件的夹渣缺陷。

经过喷砂清理的坯料，可以不经过化学处理，但是表面不允许有铁锈和油渍，而且要在3%的硼砂溶液中浸10分钟和表面涂上饱和的硼砂溶液，否则坯料的表面在加热的时候，还会发生氧化。

（3）装配 将涂好硼砂的坯料立放（或者卧放，根据铸造工艺的要求来确定）在平板上，并且放上型芯（砂芯要扎出气孔）及冒口箱（它是用型砂做出的）。冒口箱和坯料要扣紧，以免浇注时产生漏铜的现象。例如图7中钢套（即坯料）立放在平板上，钢套的下端用型砂搨紧，并且做出芯头。铁芯（管子）很稳固的放在芯头上。冒口箱带有卡具，卡紧在钢套上。冒口箱上放垫圈，然后放上浇口箱。

（4）坯料的加热和浇铸 在浇铸以前，坯料的外面，周围

放焦炭，然后点火，使焦炭燃烧，坯料的温度就逐渐升高。当温度升高到 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$ （这个温度只适用于钢套，如果是球墨铸铁套，温度只能在 $950\sim 1000^{\circ}\text{C}$ 之间）时，就可以浇铸铜液。

坯料的加热温度不能超出上面所规定的范围。如果温度太低，会发生粘不牢的缺陷；温度太高也不行，因为坯料容易变形。加热时，应该使坯料各部分的温度尽可能均匀。

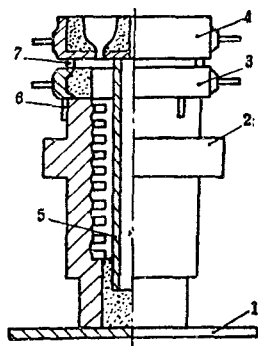


图7 钢套镶铜的压轧机螺帽的铸造装配图

- 1—平板；2—钢套；3—冒口箱；  
4—浇口箱；5—型芯（铁管）；  
6—卡具；7—垫圈

铜液的浇铸温度和一般砂型铸造时的浇铸温度差不多，例如表1所示。

### 3. 加热熔焊铸造双层金属

在上节我们所介绍的铸造双层金属的方法，只能适用于铸件外形尺寸不大和铜层比较厚的双层金属铸件。

这一节我们将要介绍一种叫做加热熔焊铸造双层金属的方法。这种方法适用于单件小批生产的中大型双层金属铸件，不论零件的几何形状如何，既可以用于内圆和外圆的双层金属铸造，也可以用于平面的双层金属铸造。它的工艺规程如下：

(1) 坯料的准备 坯料一般是用含碳量在 $0.20\%$ 以下的低碳钢，而不能用中碳钢和高碳钢，因为含碳量大于 $0.25\%$ 时，钢与铜的粘合情况较差，零件使用时，容易产生脱层的现象。同时，含碳量大于 $0.25\%$ 时，这种钢就能够淬硬，在冷却时会出现很硬的组织（马氏体），以致于不能机械加工。坯料可以用无缝钢管或

铸锻件，如果是用铸锻件，那么，在机械加工前应该先进行正火处理（就是把铸锻件加热到 $950\sim 1000^{\circ}\text{C}$ ，保温 $15\sim 20$ 分钟，然后在空气中冷却）。

坯料与铜熔接的表面，应该按照所需要的尺寸进行加工，表面光洁度为 $\nabla 6\sim \nabla 7$ 。其它部位只需要进行粗加工( $\nabla 3$ )，并且留 $6\sim 8$ 毫米的加工余量。

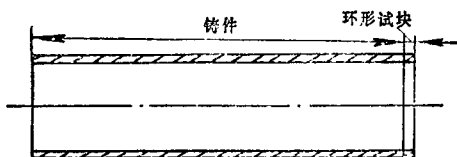


图8 内圆熔焊铸造双层金属的坯料

(2) 焊接 坯料经过机械加工以后，按照熔焊铸造的工艺要求，将内外挡板，底板以及吊环等进行焊接。图9是内圆熔焊的坯料的焊接。为了保证浇铸以及加热和保温时不发生漏铜的现象，要求焊缝没有气孔、裂纹等缺陷，通常是采用双层焊和多层焊的。

焊接以后，需在坯料内注满煤油，检查焊缝的质量，不允许有渗漏的现象。

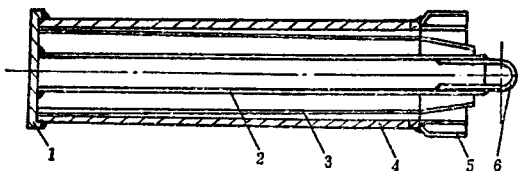


图9 内圆熔焊的坯料的焊接

1—底板；2—内挡板；3—外挡板；4—坯料；5—冒口挡板；6—吊环

(3) 坯料的处理 坯料焊接以后, 经过与上节所述的去除铁锈和油渍的化学处理以后, 将坯料加热到 $150\sim 180^{\circ}\text{C}$ , 并在坯料与铜熔焊的表面上涂上一层浓缩的硼砂溶液 (200 克的水加入 150 克的硼砂), 坯料的外表面涂一层水玻璃和石墨混合的涂料, 防止加热时表面氧化。

(4) 制造保温砂套 如图10所示, 挡板不与底板焊接, 在加热以前, 将挡板 5 放入坯料内, 并在挡板 5 和 7 之间填实型砂。为了不使挡板 5 下部与底板接触的地方发生漏铜的现象, 保温砂套的砂型需捣结实。保温砂套使铸件的铜层自下而上加厚, 使铸件的冷却凝固自下而上的定向进行, 保证铸件不产生缩松和气孔。同时, 保温砂套使铸件的坯料的冷却比铜层的冷却快, 因而保证坯料与铜层能很好的粘合 (熔焊)。

(5) 坯料的加热和浇铸 浇注以前, 在坯料内放入占铜液重量 $1\sim 2\%$ 的硼砂做熔剂 (硼砂能起清洁、润湿、防止坯料氧化的作用), 然后把坯料放进炉子里加热, 当坯料加热到 $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ 时, 就可以进行浇铸铜液。由于浇铸以后坯料还需要加热和保温, 因此, 有时也可以在坯料内放入已经事先熔化好的固体铜料, 使它加热熔化, 对熔焊性能也没有什么不良的影响。

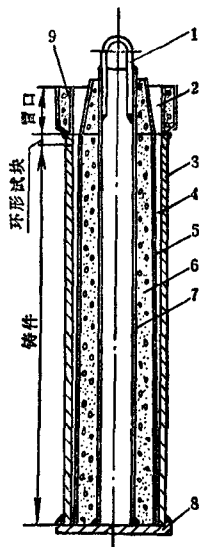


图10 内圆熔焊铸造  
双层金属的装配图

- 1—吊环; 2—冒口; 3—坯料;  
4—铜层; 5—外挡板; 6—保温  
砂套; 7—内挡板; 8—底板;  
9—冒口保温砂套

(6) 加热和保温 为了加剧钢与铜之间的分子扩散, 以提高双层金属的粘合强度, 防止脱层的现象, 浇铸以后, 坯料重新放进炉子里 (要放平, 不能歪斜) 进一步加热, 使坯料内的铜熔化。由于铜合金的成分不同, 加热温度也不同, 一般是比铜合金的熔化温度 (熔点) 高 $100^{\circ}\text{C}$  (参看表 1 所示), 然后在这个温度保温 $15\sim 30$ 分钟, 这时坯料内的铜合金全部熔化, 并且上下循环翻动。由于铜合金在较长时间内处于液体的状态, 同时坯料的温度很高, 所以坯料与铜合金能很好的熔焊在一起。

加热温度愈高, 保温时间愈长, 钢与铜合金的扩散层愈厚, 双层金属粘合得愈牢。但是加热温度也不能太高, 保温时间也不能太长, 否则坯料容易变形, 同时铜合金的含铁量将显著的增加, 性能变差, 也是不允许的。因此, 对于浇铸以后坯料的加热温度和保温时间需严格的控制。

表 1 坯料浇铸以后的加热温度

铜合金名称	熔化温度 $^{\circ}\text{C}$	浇铸温度 $^{\circ}\text{C}$	加热温度 $^{\circ}\text{C}$
9-2 铝锰青铜	1060	1120~1150	1160
9-4 铝铁青铜	~1090	1150~1200	1190
6-6-3 锡锌铝青铜	1040	1200~1250	1140

(7) 冷却 经过加热和保温以后, 坯料就可以从炉子里取出, 进行冷却。冷却分两步进行, 第一步, 先进行空气冷却, 大约使坯料温度下降 $50^{\circ}\text{C}$ 左右; 第二步, 坯料慢慢地放进水槽里, 自下而上的冷却, 下水速度不能太快, 一般是 $50\sim 70$ 毫米/分, 由于熔焊表面的不同, 冷却方法也不同, 如图 11 所示。但是有一个冷却的原则: 即自下而上, 自钢至铜。



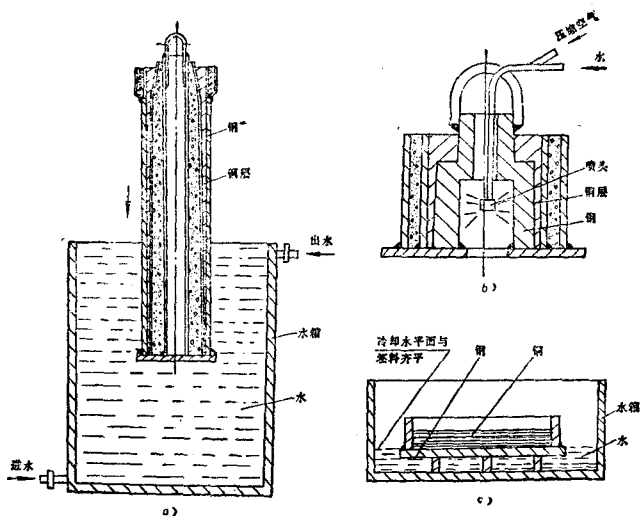


图11 各种熔焊表面的冷却方法

a—内圆熔焊； b—外圆熔焊； c—平面熔焊（冷却水不得超过坯料表面）

（8）回火 因为冷却速度很快，所以应力很大。因此，在车去挡板底板等以后，铸件需要经过回火处理（加热到 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ ，保温 $1.5\sim 2$ 小时后，在空气中冷却）。

熔焊铸造双层金属的方法，由于采用加热和保温，以及强迫冷却，所以铸件的粘合情况很好，铜层没有气孔、缩松等缺陷的存在。但是它也有缺点，就是工艺规程很复杂，同时除坯料外，底板、挡板等都不能回用。

#### 4. 浸铸双层金属

除了上面所说的两种静止铸造双层金属的方法以外，有些机器制造厂还采用浸铸法来铸造双层金属铸件。

浸铸双层金属的工艺规程，是将经过表面处理（与前述的坯