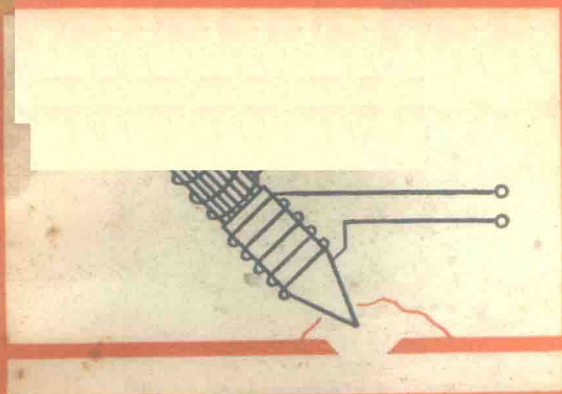




金属的钎接

Н·Ф·拉实柯 C·В·拉实柯-阿瓦干編著

中国工业出版社

金属的钎接

И.Ф.拉实柯 С.В.拉实柯-阿瓦干編著

庄鴻寿 邹 偉 譯

中国工业出版社

本书系统地阐述了下列問題：金属釐接时所发生的物理化学过程和組織变化；釐接接头的設計特点；釐接前的零件准备；釐料和釐剂；現有的手工釐接和机械化釐接的工艺方法；各种金属和合金的釐接技术。

本书可供机器制造各部門中研究和采用金属釐接的科学工作者、工程师和技师参考。

Н.Ф.Лашко С.В.Лашко-анакин

ПАЙНА МЕТАЛЛОВ

МАШГИЗ 1959

* * *

金 属 的 釐 接

庄鴻寿 邹 偉 譯

*

机械工业图书編輯部編輯（北京苏州胡同141号）

中国工业出版社出版（北京修羅園路丙10号）

（北京市书刊出版事业許可證出字第110号）

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

*

开本850×1168 $\frac{1}{2}$ ·印張131 $\frac{1}{4}$ ·字数349,000

1963年7月北京第一版·1963年7月北京第一次印刷

印数0001—3,520·定价(10-7)2.20元

*

統一书号：15165·2230(一机-476)

序 言

除了鍛焊以外，金属和合金的釐接是造成不可拆卸接头的最古老的方法。在其它的焊接方式发展的过程中，別納尔道斯(Н.Н.Бенардос)在上世紀末曾把“熔焊”叫做“釐接”。虽然在古代已奠定了現在使用的一些釐接方法的基础，但以連接現代机器的很多接头而言，它們是不够的。

在很多国家里，都有大量的关于釐接問題的专利特許証，但其中大部分均未使用，或者沒有公布使用結果。

金属的釐接包括大量的相互联系的問題，例如，气态釐剂和液体釐剂与在釐接金属或釐接合金表面上形成的氧化物或其它物质发生物理-化学作用的过程；釐料、釐縫和釐接热影响区的金属学；釐接接头的設計；釐接接头的机械性能；釐接工艺等等。根据呂台尔(E.L.Üder)在关于釐接的綜合性书籍“釐接手册”中所发表的正确意見，所有这些問題一个人是不可能都精通的。

本书作者企图根据自己所做的实验，以及釐接时所进行的物理-化学过程的一般原理，論述已发表的有关釐接过程的資料。作者不准备全面地闡述釐接問題；并且意識到，有一系列問題会引起爭論的。

本书第一篇討論釐接接头的設計特点。第二篇叙述有关液体釐料和釐接零件的相互作用、釐縫的結晶和組織及其对接头质量的影响等若干問題。釐縫結晶及其組織的特点在以前出版的作者所写的“焊接金属学”一书中已予叙述。第三篇研討与釐接时选择釐料和釐剂有关的問題。第四篇叙述主要的釐接方法，包括加热釐接零件的方法，除去氧化膜和氧化皮的方法，以及形成釐料的方法。第五篇討論各种金属基的合金的釐接特点。

目 次

序言

緒論	1
----------	---

第一篇 釐接接头的設計原理

第一章 釐接接头的形式	5
1. 釐接接头的基本形式	5
2. 零件相互延續的对接、斜接和搭接的釐接接头的設計特点	6
3. 相互交叉的零件的角形和丁形釐接接头的設計特点	10
4. 釐接零件相切情况下的接头設計特点	11
5. 釐接前安置釐料的要求	13
第二章 釐接时的毛細間隙和釐接接头的强度	17

第二篇 釐接时决定釐接接头性能的物理-化学过程

第三章 釐縫的成形过程	23
1. 填满釐接接头間隙的过程	23
2. 液体釐料和釐接金属之間相互扩散作用	31
3. 釐接时釐縫的結晶	33
4. 釐接时固溶体和化合物的形成	37
5. 釐接时的共晶結晶过程	41
6. 气体对釐接过程和釐縫质量的影响	44
第四章 在液体釐料作用下受应力的釐接零件或釐接好的零件的破坏	47

第三篇 釐料和釐剂

第五章 各种金属基釐料	58
1. 鋁基釐料	65
2. 鋼基釐料	67

3. 錫鉛釐料和錫鋅釐料	69
4. 鉛基無錫釐料	76
5. 鎢基釐料	79
6. 易熔耐熱釐料	80
7. 鋅基釐料	85
8. 鎂基釐料	89
9. 鋁基釐料	89
10. 銀基釐料	93
11. 銅基釐料	104
12. 含金的釐料	113
13. 鎳基釐料	115
14. 鐵基釐料	118
15. 無釐劑釐接的釐料	118
第六章 金屬和合金釐接用的釐劑	124
1. 用易熔釐料和難熔釐料釐接時的釐劑	128
2. 氣體釐劑	150
3. 釐接後釐劑的清除	152

第四篇 金屬和合金的釐接方法

第七章 釐接前零件表面的準備和鍍金屬	158
1. 清除零件表面油脂、油和脏物的方法	158
2. 清除氧化皮和氧化膜的机械方法	160
3. 清除氧化皮和氧化膜的化学方法	162
4. 零件的鍍錫和鍍金屬	171
第八章 熔鐵釐接	176
第九章 液体介质中釐接	183
1. 熔化盐槽中釐接	184
2. 釐劑槽中釐接鋁及其合金	192
3. 熔化釐料槽中釐接	194
第十章 炉中釐接	201
1. 炉中釐接的準備	202
2. 用釐劑在炉中釐接時的設備	205

3. 用钎剂在炉中钎接的过程.....	206
第十一章 在喷灯和钎炬火焰中钎接.....	207
1. 喷灯火焰中钎接.....	208
2. 吹管.....	211
3. 在钎炬和焊炬火焰中钎接.....	211
第十二章 电加热钎接法.....	216
1. 感应加热钎接.....	216
2. 电接触钎接.....	227
3. 电解液中钎接.....	235
4. 电弧钎接.....	242
第十三章 刮擦镀复和钎接.....	245
第十四章 超声波钎接.....	249
第十五章 在气体介质中钎接.....	256
1. 在氧分压低的气体介质中钎接的原理.....	257
2. 真空中钎接.....	265
3. 在惰性气体介质中钎接.....	270
4. 还原性气体介质中钎接.....	272
5. 含氢的还原性介质的成分和制取.....	280
6. 还原性气体介质中钎接的设备和工艺.....	284
7. 不含氢的还原性气体介质.....	294
第十六章 反应钎接法和扩散钎接法.....	300
1. 钎接时钎料的还原.....	300
2. 接触-反应钎接.....	303
3. 扩散钎接.....	306
第十七章 钎-焊接.....	308
第十八章 检验钎接接头质量的方法.....	312

第五篇 金属和各种基合金的钎接

第十九章 铁及其合金、碳钢和合金钢以及铸铁的钎接.....	321
1. 碳钢和低合金钢的钎接.....	323
2. 含铬不锈钢的钎接.....	326
3. 热稳定钢、抗热钢和不锈钢的钎接.....	331

4. 工具鋼和硬質合金的釐接.....	334
5. 鑄鐵的釐接.....	339
6. 鋼和鐵合金釐接的若干特殊情况.....	340
第二十章 鎳及其合金的釐接.....	343
第二十一章 銅及其合金的釐接.....	350
第二十二章 銀、金、鉑及其合金的釐接.....	358
1. 銀及其合金的釐接.....	358
2. 金的釐接.....	359
3. 鉑的釐接.....	360
第二十三章 鋁和鎳的釐接.....	361
第二十四章 鈦、鎢、鉭及其合金的釐接.....	364
第二十五章 輕金屬及其合金的釐接.....	373
1. 鋁及其合金的釐接.....	373
2. 鎂及其合金的釐接.....	395
3. 鈹的釐接.....	399
第二十六章 易熔金屬及其合金的釐接.....	402
1. 鋅及其合金的釐接.....	402
2. 鉛、錫和鎵的釐接.....	403
第二十七章 玻璃和陶瓷同金屬的釐接.....	405

緒 論

金属的钎接是金属零件焊接的变态之一〔1〕。同其它的焊接变态一样，钎接用来造成不可拆卸的接头，或者使金属零件的表面加厚(补充)。用钎接法加厚金属零件表面的过程叫做镀复。金属件的镀复可作为单独的过程(镀锌，渗铝等)应用，也可作为用钎接法造成不可拆卸接头时的准备工序。

钎接与其它焊接方式的区别就在于下列几个特点：

1. 金属零件的钎接接头是由加进零件间的，或在零件加热时自动形成的金属结合剂的熔化和结晶而造成的。

在一般的金属零件钎接的情况下，作为结合剂(钎料)而加进特种金属或合金不一定是必要的；也有不用钎料的钎接方式。关于相互形成共晶或形成最低熔化温度的连续的一系列固溶体的任何金属或合金，它们的钎接(反应-接触钎接)可以不用特种的现成钎料，而是使需要连接的金属或合金接触，并把它们加热到最低的熔化温度(低于所连接的金属或合金的熔化温度)来完成。因此，钎接时金属翘曲和氧化的程度比焊接时小得多。把现成的钎料加进所连接的零件间的间隙内的钎接方法是最常用的。

2. 结合剂(在个别情况下是钎料)的成分和性能同所连接的零件是不同的。结合剂的熔化温度应低于所连接的金属和合金的熔化温度。用易熔钎料钎接的零件和焊接的不同，它可以拆卸，并在重新配置或替换零件后重新钎接。

在钎接过程中，所连接的金属零件表面可能局部熔化，但它不是由于加热的影响，而是由于化学反应(形成共晶，在钎接的扩散过程中成分改变，因而使所连接的金属或合金的熔化温度降低)而熔化的。

3. 液体结合剂是在毛细力的作用下填满所连接的金属零件间的间隙的。在钎接的个别情况下，即在钎-焊接时，毛细力的比

值不大。

考虑了上述的钎接过程本身必要的和充分的特征，可对钎接作出如下的定义：金属的钎接是用金属结合剂-钎料造成不可拆卸接头或加厚金属零件的过程，金属结合剂-钎料是在液态下加进接头的，或者是在加热到低于基本金属或合金的熔化温度下形成的。液态结合剂在毛细力作用下填满所连接的金属零件间的间隙。

上述的钎接定义和很多其它的定义不同。例如，它就没有规定一定要加进钎料。这个钎接定义纯粹是工艺性的；在定义中概括地表明了形成钎接接头所必需的主要工序。它包括了象把金属零件浸入液体金属或合金中施行镀复的这些表面加工过程。这些工序时常用来提高抗腐蚀性 and 抗氧化性以及改善其它一些性能。

在确定熔化温度显著不同的二种金属或合金的连接特征时，发生了一些困难。如果接头是在另一金属不熔化的情况下，由较易熔的熔化金属造成的（例如，用铝填充料连接铝和钢或铜和铜），则在这种连接过程中同时具有钎接和焊接的成分。这时，焊接的成分较大，因为连接是在没有毛细力显著作用的情况下发生的。这种连接过程可以称做焊-钎接。一般说来，焊-钎接就是钎接过程。其中所连接的基本金属没有熔化，但连接是按照焊接所特有的方式发生的，毛细过程不显著。

通常将钎接分为两种型式：“软”钎接和“硬”钎接（“强”钎接）。软钎接和硬钎接的区分标志没有硬性规定，而且没有一致的看法。硬钎接和软钎接的温度分界线曾有多次的改变。

使用“硬”钎接和“软”钎接概念的大部分作者认为，用熔化温度 600° 或高于 600° 的钎料（银基钎料，铜基钎料，镍基钎料等）来钎接金属或合金算是硬钎接。

用易熔（软）金属——铝、铋、锡、铜、铅、锌——为基的钎料钎接，通常认为是软钎接。软钎接钎料的熔化温度的上限在某些钎接著作中取为 450° ，例如，在英国用术语“brazing”表示“硬

钎接”，而用“soldering”表示“軟钎接”。当这样来区分钎接时，对鉍基钎料钎接的形式就难以确定，因它們的熔化溫度大約在 450° 到 600° 範圍內。根据国际焊接研究所的定义，軟钎接时，采用熔化溫度低于 450° 的钎料；硬钎接时，采用高于 450° 的钎料。这样来区分钎接^①是假定的，因为可以作为钎料用的Zn-Cu-Al系鉍基合金虽然通常属于軟钎料，而它的熔化溫度却高于 450° 。

呂台尔关于分別对重合金和輕合金区分硬钎接和軟钎接概念的建議〔3〕使钎接方式的分类更不固定。呂台尔建議，按照現有的钎接实际情况，把用熔化溫度低于 450° 的钎料所形成的钎接接头的过程算作重合金的軟钎接，而把用熔化溫度高于 600° 的钎料所形成的钎接接头的过程算作重合金的硬钎接。呂台尔认为，輕金属的硬钎接是指采用輕金属含量大于70%的钎料所形成的钎接接头的过程，而軟钎接是指采用重金属含量大于50%的钎料所形成的钎接过程。

由于“硬”钎接或“軟”钎接術語的概念不明确，本书內我們將不使用它。用一定基体的钎料来钎接的說法倒是有意義的。用易熔金属(In, Pb, Sn, Cd, Zn)基钎料的钎接可以叫作易熔钎料的钎接，并不受钎料熔化溫度的上限限制。

根据钎料的加进方法，钎料的形成方式和作用方式的不同，可以分为普通钎接和反应钎接两种。普通钎接时，钎料以液态进入钎接零件間的間隙，并且在熔化过程中钎料成分不变化。反应钎接时，所連接的金属零件間的結合剂(钎料)是由于钎接时发生的物理-化学过程而形成的。金属钎接的特征在于結合剂和基本金属之間形成金属結合，造成牢固的钎接接头。在形成金属結合时，扩散过程有着重大的作用，根据我們的看法，沒有扩散过程不可能有金属和合金的牢固的钎接接头。

某些研究者认为，以易熔钎料钎接一系列金属(包括鉍)时，钎料与所連接零件之間沒有元素的相互扩散，也就是在它們之間

① 原书为焊接——譯者。

不是連結(內聚作用),而是胶合(附着作用)[4]。大家知道,用易熔釐料能在高于 250° 时可靠地釐接鋁,这时扩散过程的速度相当高。鋁及其合金用低于 250° 的温度釐接时,由于內聚作用弱,不能保証得到牢固的長時間保持金属結合的接头。

金属同氧化物(玻璃和陶瓷)相釐接,在釐接工艺中占有特殊的地位。氧化物中的結合是非金属結合,因此,金属和氧化物的結合与金属釐接时的結合不同[5]。依靠氧化物釐料,氧化物的釐接过程是在离子化合物所独有的化学反应之下进行的。

目前,釐接在各工业部門都有广泛的应用。在机器制造中,釐接用来制造渦輪机和噴气发动机的叶片和盘,导管,汽車发动机零件,空心的鋼叶片,散热器,空气冷却发动机的肋片,自行車架,工业用的容器,蜂窩材料,組合工具,气体設備,固定冲头等,釐接也用于修理工作。

在电气工业和仪表制造业中釐接方法在許多情况下是唯一有可能連接零件的方法。釐接用来制造:波导,电灯和无綫电真空管,电视接收机,各种装置,电机零件(軸环,接綫槽等),真空和电真空仪表,或者用来修理电路和无綫电綫路,熔断保險器等。此外,釐接也用来連接母綫和导綫,以及制造金属板等。

参 考 文 献

1. Лашко Н. Ф., Лашко-Авакян С. В., Металловедение сварки, Машгиз, 1954.
2. Brazing Manual, ASW, N. J., 1955.
3. Lüder E., Ueber Grundbegriffe der Löttechnik, «Schweißtechnik», H. 4, 204—226, 1956.
4. Нейман Е., «Das Hartlöten von Aluminium», 29, H. 4, 139, 1953.
5. Спай металла со стеклом, пер. под. ред. Р. А. Ниландера, изд. «Советское радио», 1951.

第一篇 钎接接头的设计原理

第一章 钎接接头的形式

1 钎接接头的基本形式

钎接接头的构造取决于钎接时进行的物理-化学过程和钎接接头的性能。同用其它方法(焊接, 铆接, 胶接等)造成的接头相比, 钎接接头的设计有其特点。

钎缝是靠液体钎料在毛细力的作用下填满钎接表面之间的间隙而形成的。在某些场合, 毛细力作用能与重力作用配合。

钎接接头的质量首先取决于钎料填满间隙的致密性和钎料同钎接金属的结合强度。

毛细钎接时只有某几种接头形式能实现, 它们是实际钎接结构的基本部件。接头形式是按照所连接的零件位置而区分的, 它们可能是从一个延续到另一个, 也可能交叉或相切。

延续的零件可能一个接着一个配置, 或者一个安放在另一个的上面。在第一种情况下, 钎缝表面可垂直于零件表面(对接), 或者与它交成一角度(斜接)。

当零件搭接配置时, 钎缝表面与所连接的零件表面平行。

交叉的零件分丁形钎接或角钎接两类。钎缝平面可能与零件表面交成一角度, 或者平行于其中一零件的表面和垂直于另一零件的表面。

相切的零件可沿着接触线或在接触点处钎接。

在所研究的接头形式中, 钎缝表面可能是平面的, 也可能是曲线的。

由此可见, 对接, 搭接和斜接接头是毛细钎接时钎接接头的基本结构形式。所有其它的接头形式都是这些基本形式的组合。

图 1 是钎接接头的基本形式。

这类接头型式在其他的连接方法(焊接, 铆接)中也使用。

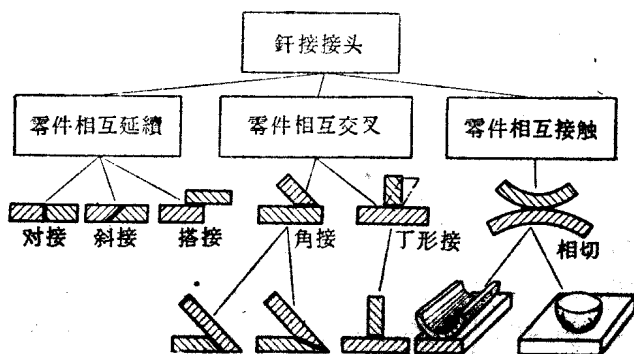


图 1 钎接接头形式简图

2 零件相互延續的对接、斜接和搭接的钎接接头的设计特点

由相互延續的零件組成的钎接接头得到广泛的应用, 特别是搭接的接头形式。与基本材料等强度的钎接接头主要是在搭接的接头形式中取得的。这种接头可以較全面地利用钎接的所有优点。在良好的钎接情况下, 钎料填满整个搭接間隙, 不給钎剂留下地方, 因钎剂会使零件减弱并会促使钎接接头腐蝕破坏。因此, 搭接接头是钎接接头的基本形式〔1〕~〔5〕。

对接钎接接头的钎縫强度比基本材料低。对接钎接接头基本上是沿钎縫破坏的。虽然对接接头形式在钎接时不太可靠, 但在非精确的粗糙的工作中, 或在受小载荷的工件中, 例如在連接管子和弯管头时, 連接后要修整和拉成較小直徑的銅絲端面时, 制造极难由整块金属車制的零件等时, 对接接头是許可的。

斜接接头的强度由于钎縫的表面大, 所以比对接接头强, 但它在工艺上比較复杂, 因而使用很少。斜接钎接接头主要用于钎接后要求保持原有的接头尺寸的場合(例如钎接鉛管)。

在制造过程中受到弯曲, 冲压的工件, 或者在工作中受到大的静载荷, 以及受到冲击或振动的工件照例是不宜用对接焊缝的。

应该指出, 焊接时与钎接不同, 对接接头比搭接接头的强度高, 工艺性好, 因此在焊接结构中多半采用对接形式的接头。

设计钎接接头时, 不能摹倣焊接接头的构件。图2是钎接和焊接时的某些接头形式的比较。

所讨论的接头形式在钎接具有平面的或曲线的焊缝表面的零件时会看到。

我们把形成闭合焊缝的钎接接头叫作管形接头; 焊缝表面的主要部分呈平面的钎接接头我们叫它为板形接头。

板形钎接接头 板形钎接接头比管形钎接接头用得少, 它主要在制造各种仪表盒子和仪表零件, 钎接工具, 钎接触头, 把弯管头钎接到矩形截面的管子上等情况下采用。在这种情况下搭接接头是主要的。

板形搭接接头的强度取决于焊缝面积, 也就是取决于搭接尺寸。这类接头根据工件的构造和用途, 可用不同的方案完成。图3是板形钎接接头的几种方案。对接接头1的强度最低, 搭接和对接相结合的其它形式的接头(2~10), 主要由于焊缝面积增加, 以致强度较高。

钎接厚度大于1毫米的板时, 以及薄壁容器的侧壁与插入的底相钎接时, 应采用斜接接头, 斜接部分长度和板厚的关系如下:

板厚(毫米)	1~1.5	2~3	3.5~5	5~8	8.5~13
"斜接部分"(毫米)	10	15	20	25	30

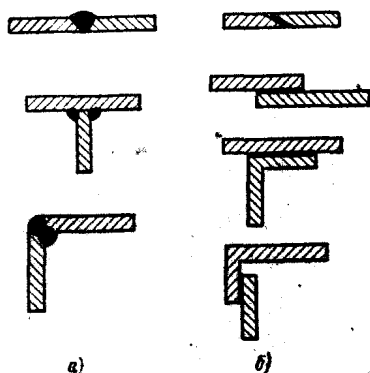


图2 焊接(a)和钎接(b)时某些接头形式的结构方案

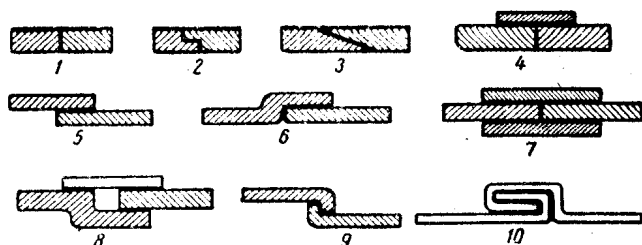


图3 板形钎接接头的形式

必須尽量使钎縫不分布在应力集中大的地方，并依靠毗連零件来加强钎縫。图4是受撕裂、冲击和振动载荷的工件的钎接构件的正确和不正确构造的示例〔6〕。

管形钎接接头 管形钎接接头得到广泛的应用，例如連接法兰或套管与管子，套管与棒，管子与端盖，連接弯管、膨脹圈、閉合容器等。

管形結構同板形結構一样，最好采用搭接接头形式或搭接和对接接头的复合形式，以及斜接接头。应当避免对接钎接1(图5)，而应当采用钎入或所謂套筒式接头，因它可以增加钎縫强度并可采用車削来减小应力集中，这在冲击载荷时特別有利〔6〕。图5是管形钎接結構最常用的形式(2~9)。

、钎接时，由于零件的局部加热或全部加热的温度較低，因此，所发生的翹曲和变形比焊接时小，但在設計钎接接头时，仍旧要考虑到发生的翹曲和变形可能性。

管子和法兰相钎接时，为了防止环向翹曲和延伸法兰圈的厚度应比管壁厚些；钎接薄壁容器时，筒体的厚度应稍大于底的厚度。

为了避免孔的尺寸因翹曲而发生变化，对于三級或四級精度的几何形状正确的孔只能在钎接后镗制。仅在軸綫配合的精确度，要求不高的場合方可施行管子和套管的钎接。当要求4和5級精度时，切螺紋应在钎接后进行。如果钎接管子时，軸綫必須精确配合，則管子应留出钎接后的镗孔裕量。

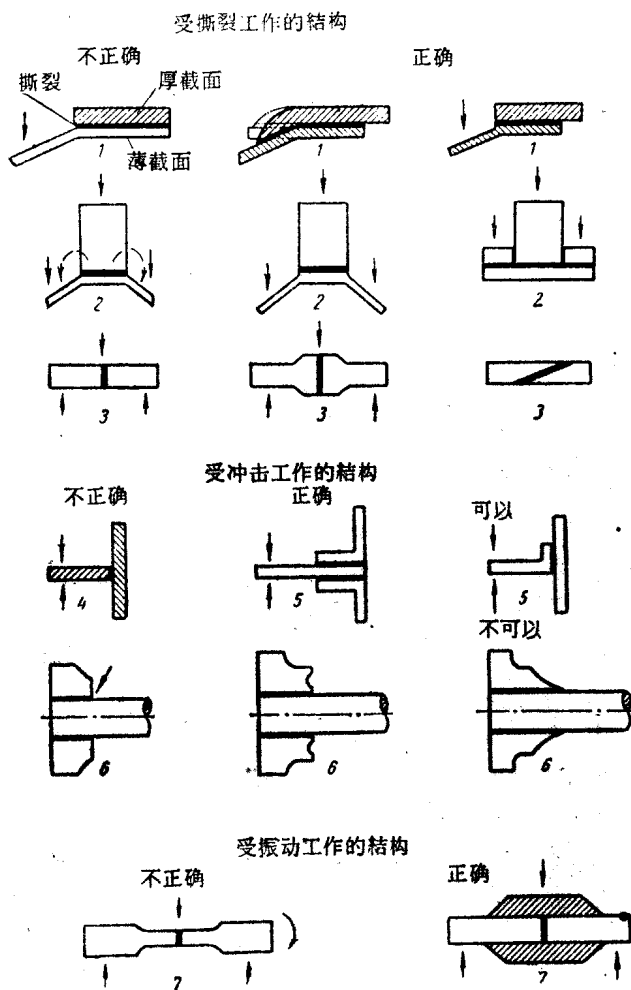


图4 受撕裂、冲击和振动载荷的工件的钎接构件的正确和不正确构造的示例