

玻璃和金屬的封接

IO. 9. 費恩著

程文霖、張省德譯

目 录

第一章 玻璃与金属封接的种类	7
匹配封接	7
非匹配封接	9
金属焊料封接	12
机械连接	14
第二章 与玻璃封接用的金属性质	15
对金属的要求	15
适于与玻璃封接用的金属	15
封接件中使用的金属详述	29
1. 铂及其代用合金	29
2. 钨、钼及其合金	31
3. 铁镍合金	33
4. 铁镍钴合金	38
5. 铁镍铬合金	44
6. 铁铬合金	45
7. 铜	47
8. 其它合金	49
金属与金属之间的连接	50
第三章 与玻璃封接用的金属的制备	54
电真空金属的冶金原理	54
1. 以熔炼法制造电真空金属	54
2. 粉末冶金法制造电真空金属	55
玻璃与金属封接前金属表面的清洁处理	56
1. 钨和钼	56
2. 铁铬合金	58
3. 铁镍合金	58
4. 铁镍钴合金：可伐、费尔尼柯等合金	58
5. 铂	60

玻璃和金屬的封接

IO. 9. 費恩著

程文霖、張省德譯

目 录

第一章 玻璃与金属封接的种类	7
匹配封接	7
非匹配封接	9
金属焊料封接	12
机械连接	14
第二章 与玻璃封接用的金属性质	15
对金属的要求	15
适于与玻璃封接用的金属	15
封接件中使用金属详述	29
1. 铂及其代用合金	29
2. 钨、钼及其合金	31
3. 铁镍合金	33
4. 铁镍钴合金	38
5. 铁镍铬合金	44
6. 铁铬合金	45
7. 铜	47
8. 其它合金	49
金属与金属之间的连接	50
第三章 与玻璃封接用的金属的制备	54
电真空金属的冶金原理	54
1. 以熔炼法制造电真空金属	54
2. 粉末冶金法制造电真空金属	55
玻璃与金属封接前金属表面的清洁处理	56
1. 钨和钼	56
2. 铁铬合金	58
3. 铁镍合金	58
4. 铁镍钴合金：可伐、费尔尼柯等合金	58
5. 铂	60

6. 銅	60
7. 复銅之鍍銅絲 (杜美絲)	60
第四章 与金属封接用的玻璃	61
1. 与鎢及鉬封接用的玻璃	61
2. 与杜美絲及鉄鎳合金封接用的玻璃	65
3. 与鉄鎳合金封接用的玻璃	66
4. 与可伐型鉄鎳鉻合金封接用的玻璃	66
5. 与鉄封接用的玻璃	66
玻璃退火范围	67
对玻璃质量的要求	67
第五章 玻璃与金属的直接連接法封接	70
匹配封接	70
非匹配封接	79
1. 使用細金属絲进行封接	79
2. 使用軟金属	80
3. 使用中間玻璃及过渡封接	88
第六章 玻璃表面涂复中間金属的封接法	93
1. 用「液态銀」在玻璃上得到金属膜, 然后用金属焊料来 焊接	93
2. 在真空中用蒸发和冷凝的方法获得金属膜	97
3. 用金属的阴极溅散获得金属膜	101
4. 用金属噴涂法涂复的金属膜	104
5. 从气态金属化合物沉积获得金属膜	105
6. 用还原金属氧化物的方法获得金属膜	105
7. 金属与玻璃用金属焊料封接的几种方法的比較	107
第七章 玻璃与金属的机械連接	109
1. 灌汞研磨連接	109
2. 其它的金属灌注密封連接	110
3. 用电鍍、噴涂金属和其它机械方法的連接	113
第八章 玻璃与金属封接的操作技术	115
引言	115
玻璃加工車間的設備	115
1. 火头和焊接噴灯	116

2. 夹玻璃用的卡盘	118
玻璃加工	122
1. 玻璃切割	122
2. 喇叭管扩口	124
封接操作	124
1. 玻璃封接	124
2. 夹扁式梳形封接	128
3. 管式封接	133
4. 盘式封接	137
5. 带式封接	138
6. 用中间玻璃的过渡封接	138
7. 电热法	141
第九章 玻璃与金属封接件中的应力	143
引言	143
应力值的定性测量	145
应力的测量	154
1. 概述	154
2. 单导丝玻璃珠封接件中应力的定量测定	156
玻璃与金属的封接件中由应力造成的光程差的精确	
测量	163
附录 投影偏光镜	172
第十章 热处理对玻璃与金属封接件中应力的影响	174
引言	174
热膨胀曲线的分析	175
热处理对封接件中应力的影响	177
1. 热处理对剩余应力的影响	177
2. 随着温度的改变各种玻璃与金属封接件内应力的变	
化	177
减少玻璃与金属封接件内应力的方法	191
1. 选用热膨胀相同的玻璃和金属	191
2. 长时间的热处理	195
3. 借玻璃与金属冷却不同的方法减少应力	196

在使用条件下封接件中应力的变化	201
第十一章 玻璃与金属封接件中主应力的定量测定	206
等傾綫	207
主应力綫的繪制	208
主应力綫上的应力变化	213
主应力 P 与 Q 的測定	216
附录 I 确定等傾綫与应力綫方向符号之規則	228
附录 II 与等傾綫接近平行的主应力綫上应力变化 之測定	229
第十二章 玻璃与金属的粘附	234
金属的氧化	237
氧化膜的成分与特性	241
1. 氧化膜的成分	241
2. 氧化膜的物理性能	248
封接件內玻璃与金属粘附的机理	250
1. 以粗糙面的机械連接来解釋粘附作用的假說	251
2. 形成树枝状晶体的假說	251
3. 电解粘附假說	252
4. 过渡性氧化层假說	252
玻璃与金属封接的強度	254
附录 玻管与玻棒的破損变形測量法	261
第十三章 玻璃与玻璃、玻璃与陶瓷、陶瓷与金属的封 接	263
玻璃与玻璃的封接	263
陶瓷与玻璃的封接	266
1. 膨脹系数低的封接件	270
2. 膨脹系数高的封接件	272
陶瓷与金属的封接	273
1. 軟焊料焊接	274
2. 硬焊料焊接	275

第一章 玻璃与金属封接的种类

玻璃与金属的封接可分为下列四种：

第一种是《匹配》封接。此种封接，金属系直接与玻璃接合，并选用热膨胀系数和收缩系数互相近似的玻璃与金属，使玻璃中所形成的应力不致达到危险的界限。

第二种是《非匹配》封接。此种封接，金属的热膨胀系数与玻璃的热膨胀系数相差颇大，在这种情况下一定会形成强大而且危险的应力。为了防止形成这样的应力，采用如下方法：

1. 使用直径较小的金属丝。
2. 使用软金属，借软金属的延展性来削弱玻璃中的部分应力。
3. 使用中间玻璃和过渡封接；此时，金属和最末一段中间玻璃的封接是属于《匹配》封接。

第三种是金属焊料封接。此种封接，系把须封接的金属部分和预先烧在玻璃表面上的金属层焊接在一起。

第四种是玻璃与金属的机械连接。

在详细叙述各种封接类型之前，必须先对各种封接方法略加阐述并用插图说明，以便对不同封接所使用的技术方法获得一般概念。

匹 配 封 接

玻璃与金属匹配封接的典型例子，是如图 1 所示的电灯泡与电子管引入线封接法。金属丝先穿入扩口玻管（叫做喇叭管），然后在一定的部位将玻管烧软，并用夹子压扁，这样便把金属丝压入玻璃中了。

这种封接的结构通常叫做夹扁式心杆封接。这种玻璃与金属的封接是最广泛的。图 2、3、4 表示金属的或者合金的环、盘和

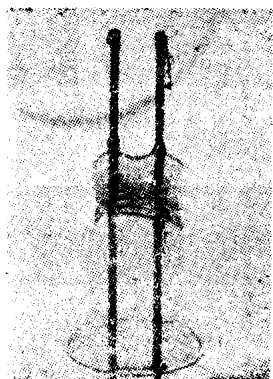


图1. 玻璃与金属的匹配封接件。

图示「夹扁式」心杆封接乃是将钨丝压入具有与钨丝热膨胀系数相近的W1玻璃内。此后,将玻壳与芯柱的边缘A(芯柱的喇叭口)封在一起。

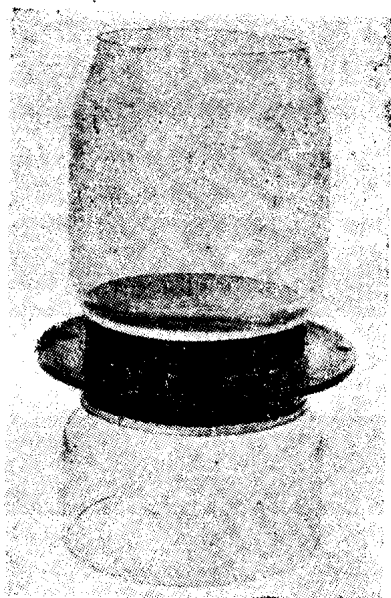


图2. L1 玻璃与 50-50 铁镍合金的管式匹配封接件。

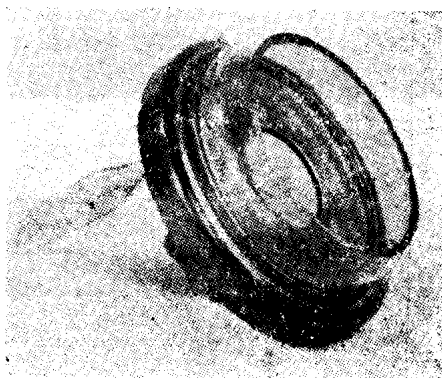


图3. L1 玻璃与 50-50 铁镍合金的盘式匹配封接件。

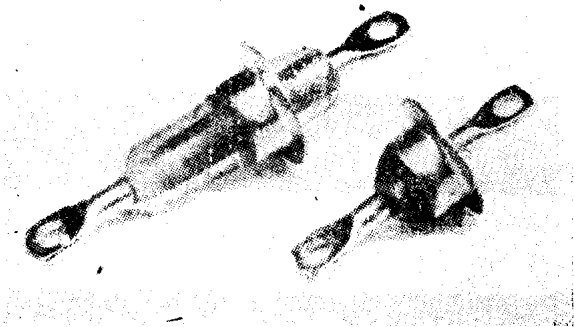


图4. 匹配封接件。

无线电零件，变压器以及其它器材所用的玻璃金属引出线。借助于与可伐合金相似的金属环将可伐合金的心杆同 FEN 玻璃封接(可与图 8 类似的封接对照比较)。

管的应用。在这种封接中，采用热膨胀系数相近的金属和玻璃，这样所获得的封接件几乎完全没有应力。

非 匹 配 封 接

图 5 所示的夹扁式心杆封接(梳形芯柱)不但用在普通照明灯泡上，而且在很多无线电收音管中也采用。此种封接采用双金属丝，它的热膨胀系数与玻璃的热膨胀系数不相一致，所以这样

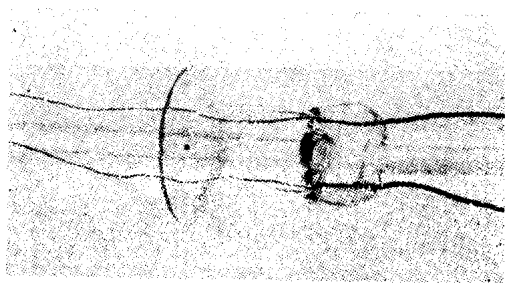


图5. 非匹配封接件。

杜美丝系封入 L1 玻璃中。这种夹扁式心杆的非匹配封接用在多种电灯泡和电子管中，制成夹扁式芯柱式样。

的封接叫做非匹配封接。双金属是由含镍 43% 的镍钢(铁镍合金)复上一层铜组成的。这种金属丝(杜美丝)的膨胀在纵向比玻璃小得多,但在径向却比玻璃大。

这样的封接是十分令人满意的,因为使用直径不大的金属丝并靠铜的变形能使应力削弱。当金属丝的直径大于 0.8 毫米时,才开始呈现形成裂缝的倾向。在制造这种封接件时,为了减少应力,须采用以后将要述及的特种热处理方法。

管式及盘式的封接件,如图 6、7 及 8 所示,系典型的非匹配封接。在制造这种封接件时,系将铜与玻璃进行封接,玻璃的热膨胀系数与铜的热膨胀系数差别甚大。这种封接的其它例子如图 9 所示,是把薄的铝带封入石英玻璃内。在这种封接件中,金属具有比玻璃更高的热膨胀系数,而且处于拉伸状态;但是,金属还是具有足以使其产生变形和削弱应力的柔软性及延展性。在图

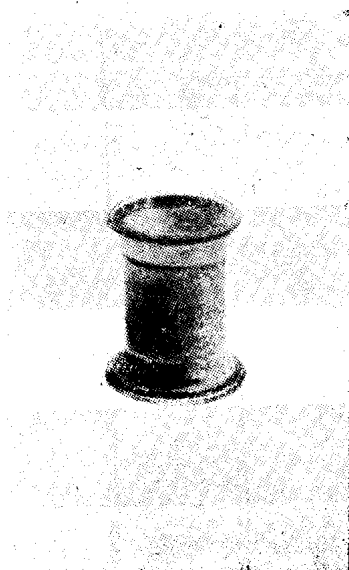


图6. 铜与 W1 玻璃的管式封接件。

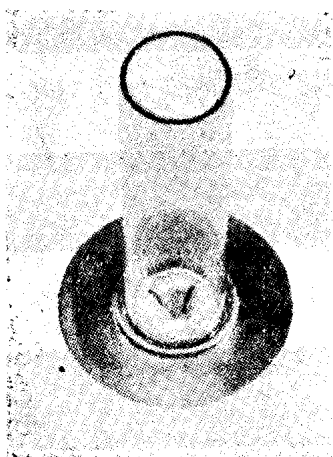


图7. 铜与 L1 玻璃的盘式封接件。

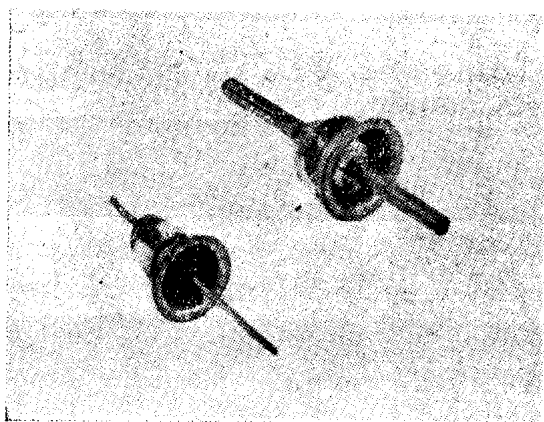


图8. 无线电零件——电容器和变压器所用的玻璃金属引出线。

L1 玻璃先与金属环封在一起，而后环再与金属部分焊接。在右图零件内的导体是铜管，而在左图样品内的导体是复铜的铁镍丝。

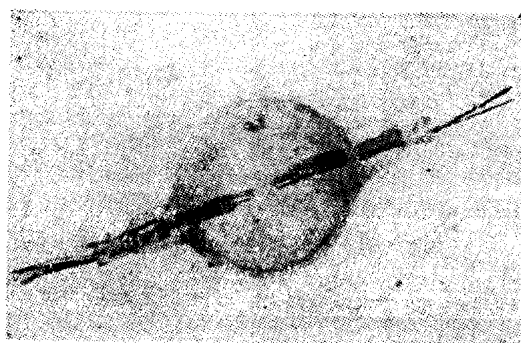


图9. 钎箔封入石英玻璃内之非匹配封接件。

10 及图 11 所示的封接件中，为了消除金属和玻璃热膨胀系数的差别，采用具有中间热膨胀系数的玻璃。图 11 所示仅仅是封接件的中间玻璃部分，与这部分进行封接的乃是热膨胀系数同金属相近的最后一段中间玻璃。

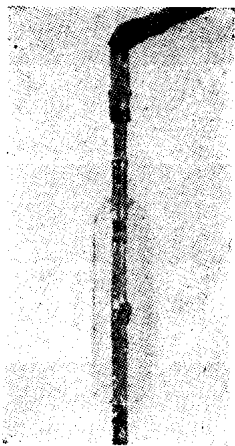


图10. 借助于一种线性热膨胀系数为 0.9×10^{-6} 的中间玻璃，将钨杆封入石英玻璃内的封接件。

采用具有中间热膨胀系数的中间玻璃的实例。

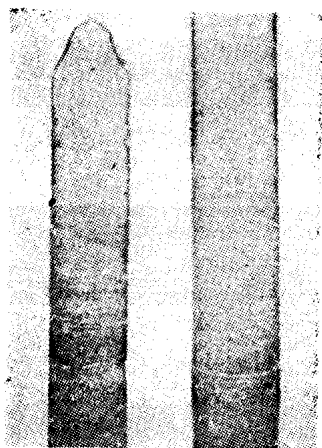


图11. 采用多种中间玻璃的实例。

图左——采用三种中间玻璃——H428, WQ30 及 WQ31 之派勒克斯玻璃与石英玻璃的封接件。图右——采用六种中间玻璃——GS3, GS3/4, GS4, GS5, GS6 以及 L1T 之派勒克斯玻璃与 L1 玻璃的封接件。派勒克斯玻璃系与钨杆封接，而 L1 玻璃则与代替白金之 50-50 钛镍合金或是含铬 26% 的铁铬合金封接。

金 属 焊 料 封 接

图 12 的封接件是将金属帽焊到玻璃表面的银层上。用刷将特种银剂涂在玻璃上，并加热到 $500-600^{\circ}\text{C}$ 左右。在这样的温度下，便形成牢固地粘附于玻璃上之银层，然后用普通的方法在银层上复以焊料，再与金属部分焊接。

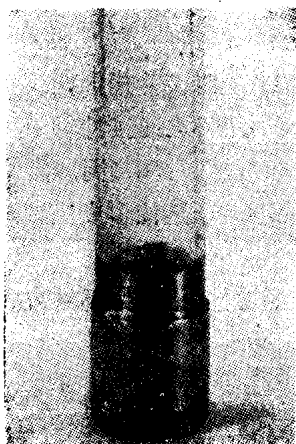


图12. 采用金属焊料的封接件。

在玻璃表面上，先用涂复法涂一层银剂，然后加热而得到一层银，再用普通的方法涂一层锡。铜壳即与此层金属焊接。



图13. 机械连接件或压制连接件。

将熔化好的易熔合金倒入玻璃管与黄铜帽之间，使二者连接好。

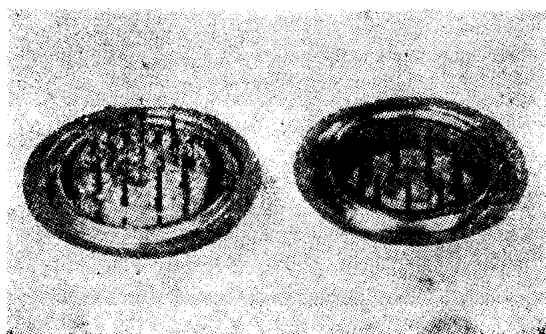


图14. 两种多导线的封接件，在此封接件中，相应地采用第一种与第二种封接法和第一种与第三种封接法。

将含锡 26 % 的铁锡合金杆封入与它相《匹配》的 L14 玻璃内。在左边样品中，用焊接的方式将铜环焊牢，而在右边样品中，系用焊料把铜环焊牢。

机 械 連 接

图 13 的連接件，按其外形与图 12 的封接件相似，而且在連接时，作为連接材料的也是焊料，但所获得之連接件却用另一种方法：将熔化的焊料澆入玻管与金属管之間的环形間隙內，冷却后，焊料便牢固而又紧密地貼在玻璃上，于是就形成机械連接或压制連接。

图 14 的封接件只是說明在同一个零件上，采用不同方式进行玻璃与金属封接的情况。

第二章 与玻璃封接用的金属性质

对 金 属 的 要 求

能够与玻璃形成气密封接的金属必须满足下列要求:

1. 金属的熔点一定要高于玻璃的加工温度。
2. 必须使这种金属具有精确地一定的热膨胀系数,并能用工业冶炼法大量制取这种纯的材料,也即:非金属杂质含量要达到最低值。
3. 金属必须具有足够的柔软性,以便制取无裂、无缝、无皱纹以及无其它机械缺陷之金属丝或金属带。
4. 对匹配封接来说,必须使金属与玻璃的热膨胀系数的曲线在同一温度范围内相一致。
5. 封接时,在金属可能会受到的温度范围内,金属中不应产生任何同素异形的转化。因为伴随着这种转化,金属的热膨胀系数会显著的改变。这种温度范围可能是很宽的,从 -50° 到 2000°C 。
6. 如果在金属与玻璃封接时,金属表面形成氧化层,则氧化层必须牢固地粘附于玻璃与金属上。
7. 如果金属需要通过强电流,那么金属就必须具有高的导电性和导热性;否则,由于电流通过时产生的温升会使应力大大增强。
8. 这种金属最好(有时甚至是必须)能易于与其它金属焊接或熔接。

适于与玻璃封接用的金属

表1及表2是同硬玻璃及软玻璃封接用的金属一览表。在这些表中列有对玻璃与金属的封接来说十分重要的热性能、机械性