



焊工革新者丛书

奥佐林 著

焊接质量检验

机械工业出版社

出版者的話

这套丛书是苏联列宁格勒技术推广所和全苏焊接科学技术工程学会列宁格勒分会編輯出版的。这套丛书系统地叙述焊接的各种方法、工艺规范和苏联在焊接方面的新成就，可以帮助我国熟练焊工和焊接工作人员进一步提高技术水平，所以我们决定把这套丛书翻譯出版。

本丛书一共有 18 本。它們是「苏联焊接发展史和近代焊接法」、[焊接时發生的过程]、[低碳鋼的手工电弧焊接]、[高速手工电弧焊接法]、[半自动焊接]、[自动电弧焊接和电渣焊接]、[接触焊接]、[气焊]、[气割]、[金屬的钎焊]、[合金鋼的焊接]、[有色金屬及其合金的焊接]、[鑄鉄焊接]、[金屬結構的装配和焊接順序及防止弯曲的方法]、[焊接質量檢查]、[焊接生产中的技术定額和劳动組織]、[焊接生产中的劳动保护和安全技术]、[参考文献目录]，其中最后一册「参考文献目录」因跟工人同志的关系不大，所以不打算翻譯出版。

本書是丛书的第 15 册。

苏联 В. Ю. Озолин 著 ‘Контроль качества сварки’ (ЛДНТИП и ЛОНИТОС 1954 年第一版)

*

*

*

著者：奥佐林 譯者：安 珣

NO. 1744

1958 年 9 月第一版 1958 年 9 月第一版第一次印刷

787×1092 $\frac{1}{32}$ 字数 17 千字 印張 $\frac{3}{4}$ 0,001—7,500 册

机械工业出版社(北京东交民巷 27 号)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店發行

北京市書刊出版业营业
許可証出字第 008 号

統一書号 T15033·1113
定 价 (9) 0.11 元

523.9
843

緒 論

焊接結構質量的正確檢驗，規定不僅要檢驗成品，也要檢驗所有在這以前的工序和原材料。每個焊接接頭都是結構的組成部分，因此焊接接頭上的任何缺點或缺陷都會在某些程度上使結構的緊密性、強度及其他性能受到影響而降低。在製造焊接結構時，由於在執行某些生產工序時不遵守工藝規程而出現的缺陷，主要分為兩大類：

第一大类准备-装配工序的缺陷 分为在零件制造过程中产生的缺陷和在部件、工件焊前装配阶段中發生的缺陷。

第二大类在焊接过程中發生的缺陷 可以分为两类：

甲、焊接接頭的外部缺陷

1. 焊缝尺寸不符；
2. 咬边、表面裂縫、气孔、溢流和焊瘤●；
3. 焊接結構和部件的变形与翹曲。

乙、焊接接頭的内部缺陷

1. 未焊透、內裂縫、气孔和夾渣；
2. 焊接接頭和焊着金屬的機械性能低。

在准备-装配工序中产生的所有缺陷，和第二大類中的甲類缺陷都是外部缺陷，它們可以用外表观察來發現。其它的缺陷，要用專門的研究方法和应用專門的儀器以及特种方法（化学研究、

● 咬边又名下陷，焊瘤又名堆积。——譯者

肉眼观察和显微观察、X-射线● 照片分析等)来发现。

焊工应该很好地知道在制造焊接结构过程中所得到的缺陷的形成原因和本質，也应发现和消除它們的方法。这本小册子就是討論这些問題的。

一 准备-装配工序的缺陷

1 零件制造过程中产生的缺陷

拿来装配的零件的質量，应该符合制造这类结构的圖紙和技术条件的要求。应将焊件边缘上的熔渣、毛刺、鉄锈、油脂、水份和其他杂质清除掉。

准备工序中最常遇见的缺陷是：

- (1) 边缘开裂和过切；
- (2) 坡口角度不正确；
- (3) 钝边尺寸不一致；
- (4) 焊件边缘沿零件长度方向有曲度(镰刀形)；
- (5) 焊件边缘沿零件平面不平直；
- (6) 零件尺寸不合格。

上述缺陷主要是由于设备不完善或设备已磨损，在气割时靠模和样板损坏，量具磨损而产生的。

根据一般技术条件现有的要求，用气割或机械切割方法制造零件时，允许：

(1) 边缘上的过切和开裂深度小于 1.5 公厘，它的总长度不超过全部切割长度的 10%；

(2) 制成零件的最终尺寸偏差(沿长和宽)：

● X-射线又叫爱克斯射线或伦琴射线。——譯者

搭接連接的零件, $\pm 2^\circ$ 公厘;

对接連接的零件 $\pm 1^\circ$ 公厘;

坡口角度用样板檢驗, 允差是 $\pm 2^\circ 5'$;

焊件邊緣沿長度和零件平面的直綫度, 在大尺寸的零件时一般是用沿板料邊緣拉綫的方法來檢驗的, 而小尺寸的零件和局部的直綫度是用直尺來檢驗的, 直尺的長度● 在技术条件中加以注明。

开裂和过切用磨削或堆焊邊緣, 然后整修到需要的尺寸的方法来矯正。

2 焊前装配好的工件和部件的缺陷

焊前装配好的部件和零件邊緣之間应有合乎圖紙和技术条件

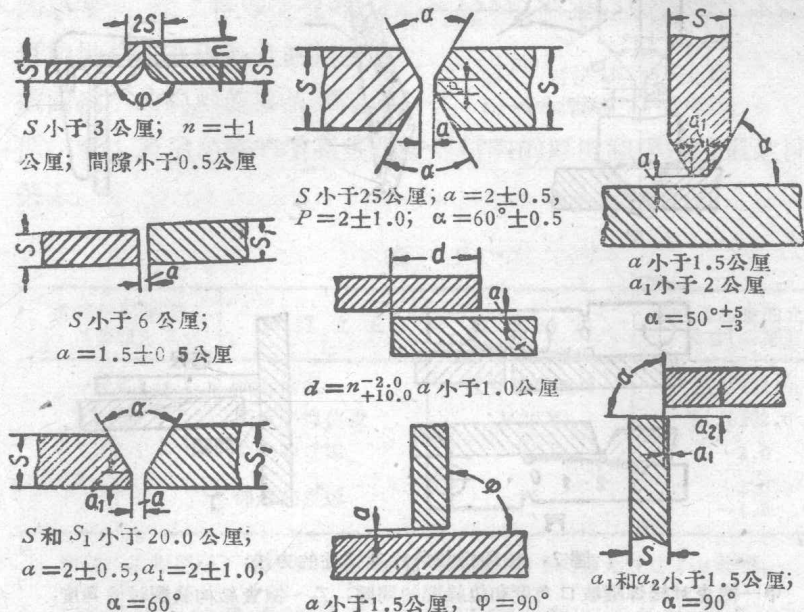


圖1 装配后焊前要檢驗的尺寸。

● 应为直綫度的大小, 可能是原書的錯誤。——譯者

規定的間隙。裝配好的結構只有在工廠技術檢驗科驗收以後，才能開始焊接工作。

在焊前裝配好的結構中常遇見的主要缺陷是：

(1) 邊緣間間隙不適合或間隙不一致；

(2) 零件的邊緣不重合。

焊前裝配好的結構，要對毛坯尺寸和焊接邊緣的連接處進行檢驗。毛坯尺寸按圖紙規定檢驗。圖1表示連接處的尺寸和允許的偏差。

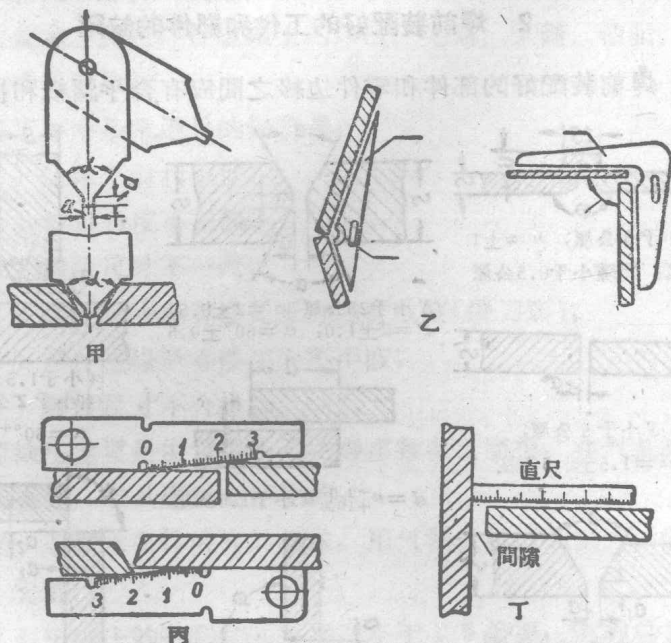


圖2 檢驗焊接邊緣連接處的方法：

甲—檢查對接焊縫坡口角度和邊緣間間隙；乙—檢查結構裝配時的角
丙—檢查邊緣的增高量；丁—用直尺檢查間隙大小。

圖2 表示檢驗焊接邊緣連接處的方法。

二 焊接工序的缺陷

1 焊接接头的外部缺陷

(焊缝尺寸不符合、咬边、表面裂纹、气孔、溢流、焊瘤、变形和翘曲)。

焊缝和堆焊结构元件的尺寸，由苏联国家标准 (ГОСТ)、其他标准及技术条件规定。所规定的尺寸的偏差只能允许在规定的公差范围内。对接焊缝(圖 3) 有工艺增高量 C 和 C_1 ，因为事实上，除了特殊情况外，不可能得到没有增高量的焊缝。截面减小的焊缝使接头强度降低。

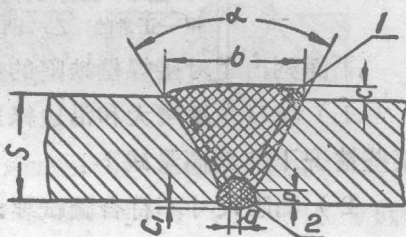


圖 3 对接焊缝结构元件：
1—基本焊缝；2—背焊缝。

表 1 表示允许的增高量跟被焊材料的厚度和焊缝位置之间的关系。

表 1

被焊材料厚度 (公厘)	焊 缝 位 置	坡 口 形 式	焊缝增高量的允许 尺寸(公厘)
小于 3	所有位置	没有修切坡口	从 0 到 1.0
大于 3	所有平焊位置	V 和 X	从 1.0 到 2.0
大于 3	仰焊和立焊	V	+2.0
大于 3	仰焊和立焊	X	+2.0 -1.0

附注：在焊剂层下自动焊时，焊缝截面增高量的平均值允许达 2.0 公厘。

搭接接头的角焊缝和无坡口的丁字形截面元件的角焊缝可以分为正常的、凸出的和凹下的（后者可以在气焊《船形》电弧焊

和高速《深熔焊》法时得到)。圖 4 上表示結構元件和角焊縫的形状。

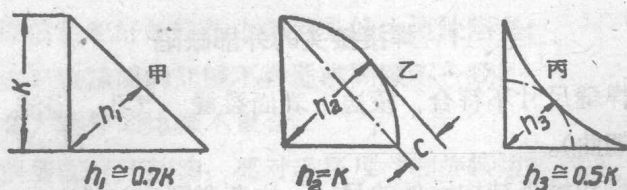


圖 4 結構元件和角焊縫的形状：

甲—正常的；乙—凸出的；丙—凹下的。

下面列出了对接焊縫缺陷的种类和它們發生的原因：

1) 坡口角度增大和沿邊緣过切因而使焊縫寬度增加，而在某些情況下使增高量减小。

2) 間隙尺寸不符合圖紙要求的，或間隙大小不均匀使焊着金屬的体积不一样，这样造成了个别地区內收縮應力的增加，产生了变形。在自动焊时，这种不适当的間隙会使金屬流墜。

角焊縫缺陷的种类和它們發生的原因可以叙述如下：

1) 当間隙不均匀、运条不正确、焊接技术不良、經過定位焊点沒有把它熔化时，会得到了寬度不均匀的焊縫。

2) 使用劣質焊条，为了填满弧坑而往返不正确运条；焊接速度不均匀；焊工技术低：都会使焊縫凸凹不平地带有不同的增高量。

沿焊縫邊緣基本金屬的截面减小叫做咬边，它是在焊接过程中形成的并具有下凹的形状(圖 5)。咬边跟热源功率(电弧或气焊焊槍)的增高有关，它使基本金屬过热，在自身重量和附加的弧柱吹力作用下，或者在气焊时从焊槍里噴出来的气体的吹力作用下，使过热的基本金屬流到焊縫去了。在焊接各种位置的角焊縫时(《船形焊》除外)，特別容易形成咬边。为了避免咬边应

該正确地規定焊接規範，避免過熱和不允許過久地將熱源停留在基本金屬上。

任何咬邊都減小了基本金屬的截面，並且在凹下的地方產生了局部的應力集中，使結構的工作變壞。

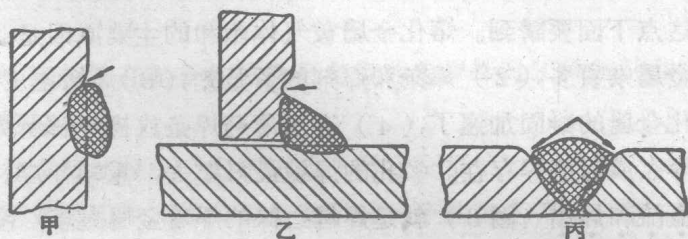


圖 5 咬邊：

甲—焊接橫焊縫時；乙—焊接角焊縫時；丙—焊接對接焊縫時。

在焊着金屬和基本金屬上產生裂縫是由于：(1) 用質量低的焊條材料焊接剛性固定的焊件而引起了內應力的發展；(2) 基本金屬被硫和磷等雜質沾污而引起的。

在焊接低碳鋼時，在基本金屬上很少遇見裂縫。焊接淬火鋼時，在基本金屬上可能形成橫向和縱向的裂縫。在焊縫上的縱向裂縫，通常在高溫時發生〔熱裂縫〕，並且沿着焊縫中心分布，沿着冷凝時形成的結晶搭接綫散布。

裂縫可以用顯微觀察發現的顯微裂縫或是肉眼能見的宏觀裂縫。

在焊接合金鋼時，為了避免裂縫，不應該應用高強度電流以減小基本金屬的熔深。可以應用具有《退火焊道》的多層焊，延緩冷卻速度；可以應用《分段》焊法，並且不允許在焊着金屬上形成缺陷。

氣孔的產生是由于熔化金屬中析出氣體的原故。在某些情形下，析出的氣體數量可以超過液體金屬體積的好幾倍。在凝固時，

金屬很快地凝結，熔池中的氣體來不及跑出去，在這種情形下就形成了氣孔、氣泡、或穿通的針狀小孔。氣孔以不同的狀態分布在焊着金屬里：有的是單個夾雜物，有的成一小群，有的沿着焊縫像鏈子一樣分布着。氣孔在焊着金屬層內的分布也是不均勻的，關於這點下面要講到。熔化金屬被氣體飽和的主要原因是：（1）熔化金屬雜質多；（2）焊條和焊劑的質量差；（3）焊接速度過大，使熔化金屬的凝固加速了；（4）有用薄藥焊條或裸焊絲所焊成的定位焊點或封底焊存在。多孔的焊縫最好鑿去，重新補焊。

溢流和焊瘤（圖6）就是焊縫邊緣的焊着金屬過多。溢流可以有不同的大小。它們分布在焊縫邊緣。產生溢流的原因是焊接規範高了（當焊條熔化速度高時，熔池很快地被填滿，而多余的熔化金屬流到冷的基本金屬上，而基本金屬和熔化金屬之間就沒

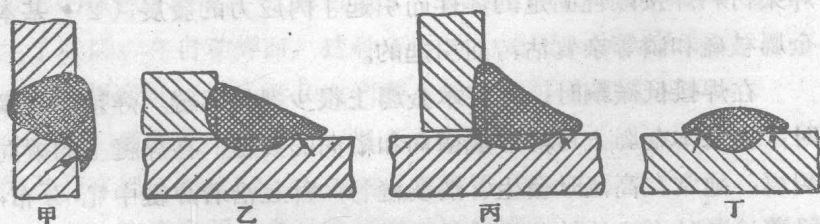


圖6 溢流：

甲—焊接橫焊縫時；乙和丙—焊接角焊縫時；丁—填嵌時。

有熔合）。焊條在基本金屬的垂直邊緣移動（角焊縫）可以在水平面上引起溢流。在焊接橫焊縫時，實際上不能避免溢流。

為了消除溢流必須：

- 1) 正確的選擇焊接規範，不允許用長弧；
- 2) 焊條精確地指向焊縫；
- 3) 保持復蓋一定厚度的熔渣保護層，不允許熔渣流到邊緣上去。

熔池未填满是在突然断弧时形成的。熔池里的焊着金属充满着空气中的氧和氮。由于冷却得太快和焊缝金属的机械性能低，在熔潭内带有很小的裂缝。这些裂缝，特别是在焊接合金钢时，会继续扩大。熔潭未填满是由于焊工工作疏忽的结果，发现后应该补焊。

焊接结构和组合件的变形与翘曲是焊接时工件加热和冷却不均匀的结果。

在焊接过程中，由于不能同时在全长度上焊着焊缝（在加热和冷却过程中），因此焊件变形的大小和方向都不一致。图7表示在板料边缘上焊着焊道时，在不同焊接时间的挠度。在焊接单面坡口的对接接头时，得到由横向收缩引起的具有代表性的变形（在不采取适当的措施时）。由于焊着金属体积的变化，铸造收缩量也发生了变化。可以研究一下这种情况下的横向收缩。收缩部

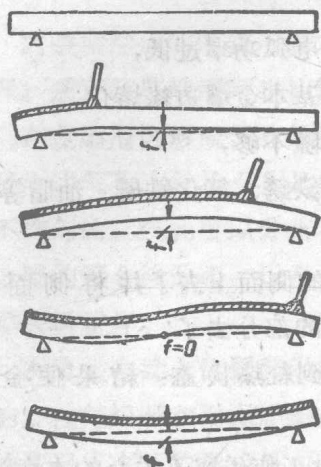


图7 板料在焊接过程各个时期的挠度。

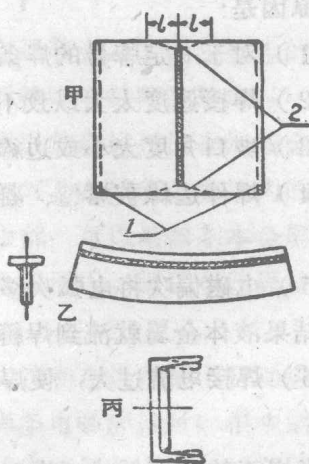


图8 焊接时的变形：

甲—纵向缩短2和横向缩短1；乙—丁字形焊件的弯曲；丙—槽铁缘板的弯曲。

分是由于焊件边缘之间的间隙而产生的。在焊缝的上部有大量焊着金属存在，而在这里的收缩过程尚未结束，这样便引起了平板的变形。上述的例子没有详述变形的全部原因。圖 8 表示焊接时最简单的变形情况。重要的是要记住，为了要获得优质的结构，应该确切地遵守每个结构的装配和焊接过程的工艺规程，其中包括装配次序、焊着焊道及焊缝的次序、焊接规范等。

2 焊接接头的内部缺陷

(未焊透、内裂缝、气孔、夹渣、焊接接头和焊着金属的机械性能低)。

未焊透是在焊接过程中形成的，它是基本金属跟焊着金属间没有熔合。在未焊透的地方焊缝边缘有狭的黑色线条，这些就是氧化物或者是熔渣。未焊透大大地降低了焊缝的机械强度。未焊透的原因是：

- 1) 对于一定牌号的焊条来说，电弧功率过低；
- 2) 焊接速度太大以致不能保证基本金属边缘熔化；
- 3) 坡口角度太小或边缘间的间隙不够；
- 4) 焊件边缘被熔渣、凝聚物、铁锈、氧化铁层、油脂等所沾污；
- 5) 电磁偏吹将电弧吹移到坡口的侧面上去了并将侧面熔化，结果液体金属就流到焊缝根部冷的部分去了；
- 6) 焊接电流过大，使焊条加热到红热状态，结果使金属流坠。

当焊工的手艺低或者焊工疏忽，对工作采取不关心的态度时，就会产生未焊透。未焊透在所有情况下都应凿去后重焊。圖 9 表示在不同型式的接头上的未焊透。

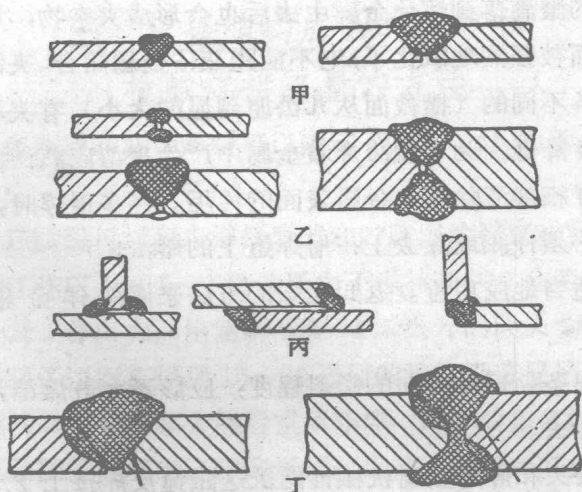


圖9 未焊透:

甲—在对接焊縫下邊緣的；乙—在对接焊縫坡口頂上的；丙—在角焊縫頂部的；丁—沿X和V形焊縫坡口上的。

內裂縫形成的本質，基本上跟在焊着金屬表面上發生的裂縫一樣。矯正這些缺陷時也應該鑿去后補焊有缺陷的地方。

在金屬層內形成氣孔的實質，跟以前敘述過的在焊着金屬表面發生的氣孔、針狀小孔是類似的。氣孔在焊着金屬層內的分布是不均勻的。氣孔可以分布在焊縫根部，可以沿着基本金屬和焊着金屬的熔合綫分布，以及分散在金屬層內。矯正多孔焊縫最好是鑿去后重焊。

夾渣是在塗有優質藥層的焊條焊接和在焊劑層下自動焊時得到的。在氣焊時和用裸焊條或薄藥焊條電弧焊接時，很少遇到夾渣的情況。夾渣的形成是由于難熔的焊藥層落入熔化的金屬中去而形成的。也由于焊條末端在熔池內擺動得不正確以致使熔渣在焊條的前面流到熔化金屬中去而形成了焊縫根部和沿坡口的未焊

透。金屬的濺滴落到熔化金屬中去后也會形成夾雜物，因為金屬濺滴的表面被強烈地氧化了，它不能跟液體金屬熔合。夾渣的大小和形狀是各不相同的（橫截面從幾公厘到顯微大小）。有夾渣存在會使接頭強度降低。為了預防焊著金屬中產生夾渣應該：

甲、仔細地清除基本金屬表面的污垢。在多層焊時，在焊著焊波前，必須仔細地除去上一層焊道上的熔渣；

乙、適當地應用重複返回運條的方法來使液體金屬冷得慢下來；

丙、焊條朝運動方向的傾斜程度，應該不允許熔渣流到冷的基本金屬上去。

焊接接頭和焊著金屬機械性能低這跟違反焊接工藝規程有關，也跟基本金屬、填充焊絲、焊條和焊劑的質量低劣有關。

因為違反焊接工藝規程，金屬可以跟有害雜質（氧、氮、硫、磷）化合，或引起有益雜質（錳、硅、鉻等等）的燒失和蒸發。這些現象會使金屬機械性能的降低。

焊縫金屬中的含氧量提高到 0.1% 和含氮量超過 0.04% 時，焊縫金屬的塑性和韌性就會降低。含氧量提高也會使焊縫金屬的強度降低。

提高了含硫量會在焊接接頭內形成熱裂縫。基本金屬被局部積聚的硫和硫化物群所沾污了能促使形成熱裂縫的現象。熱裂縫首先是在有上述聚集物分布的近焊縫區內形成的。

提高焊著金屬中的含磷量，易使焊縫在冷態下形成裂縫。

任何原因引起的一切焊著金屬連續性的破壞，同樣顯著降低了焊接接頭和焊著金屬的機械性能。為了發現這些外表觀察所不能發現的缺陷：如未焊透、氣孔、夾渣、位於焊著金屬層內的裂縫起見，現在已經有了許多方法，下面將敘述一下這些方法。

三 焊接結構成品的驗收和 檢驗焊接質量的方法

1. 外表觀察和測量焊縫可以確定焊縫尺寸是否符合圖紙規定。

2. 液壓試驗可以確定焊接容器和貯藏器的強度和緊密性。容器在超過工作壓力 0.5~1 倍的壓力下保持 5~10 分鐘。然後將壓力降低到工作壓力，用重約 0.4~1.5 公斤的圓頭錘子輕輕敲打。在焊縫旁邊距離焊縫 15~20 公厘的地方沿着焊縫輕輕敲打。所有發現的缺陷都應鑿去然後重新補焊，焊補後重複該試驗。

3. 煤油試驗能夠確定貯藏汽油、煤油、石油和其他燃料的容器和箱子的缺陷。为了更好的顯露出焊縫上有缺陷的地方，在便於發現缺陷的一面的焊縫上塗以白堊粉水溶液，當塗有白堊水溶液的部分乾燥後，在焊縫的另一面仔細地塗上煤油。焊縫在煤油的作用下保持 15 分鐘到 2 小時，時間的長短由焊件的厚度和焊縫的空間位置而定。滲透過來的煤油（煤油能滲透過最小的孔洞）形成了黑色的油斑。所有顯露出缺陷的地方，都應該鑿去後重新補焊。在重新補焊時，為了避免焊接時發生爆炸，必須設法除掉箱子或容器內的煤油蒸氣。

4. 進行肥皂液試驗時，用肥皂液塗在容器外面的焊縫上，並且在容器內壓入空氣。如果焊縫內有氣孔或裂縫的話，則空氣就通過它們而形成肥皂泡，有時候對平板結構進行不滲透性試驗時，在焊縫的一面塗上肥皂液，在另一面用壓縮空氣吹焊縫，壓縮空氣的管子和由空氣壓縮機供應的壓縮空氣管路連接，這時的壓力不小於 4 個大氣壓。在有缺陷的地方也會形成肥皂泡。

必須記住，為了避免發生不幸事故，將空氣壓入封閉的容器

里去时，應該特別小心。

5. 进行阿莫尼亞試驗时将数量为在正常压力下，被試驗工件所含有的空气容积的 1 % 的阿莫尼亞通入容器。然后在容器内压入空气，一直到試驗所应用的压力为止。在被試驗容器外面的焊缝上，貼上浸潤着 5 % 硝酸汞水溶液的紙条，阿莫尼亞通过有穿透性缺陷跟硝酸汞浸潤过的紙条起作用而产生黑色的斑点，因而确切地指出了有缺陷的地方。在压力下保持 1~5 分鐘。修正焊接缺陷是先鑿去缺陷，然后在相应的地方重新补焊。为了避免發生不幸事故，在用这方法試驗时，必須严格地遵守安全技术要求。

6. 压缩空气用来試驗在压力下工作的容器和管子。由于这类試驗很危險，試驗应在特种条件下进行。空气压力的允許值按每类产品的强度計算来加以核算。空气压力的范围在制造这个产品的技术条件里和在圖紙上应注明。

試驗时必須遵守下列条件：

1) 应在隔离的房屋内或者在有厚度不小于 3 公厘鋼板的專門保护下进行試驗；

2) 不准敲击处于压力下的容器，在去掉压力以前也不允許矯正缺陷；

3) 通向工件的压缩空气管路上，應該装有專門的气罐，在气罐上有两个关闭閥和能調節到适当压力的保險閥；

4) 所用的工作气压表应按試驗压力的 1.2~1.5 倍計算，它装在关闭閥和被試驗工件之間的管路上；此外，还要装有檢驗气压表；

5) 压入空气达到需要压力后，应将压缩空气管路关上。

7. 将工件浸在水中的空气压力試驗在工件的尺寸不大时使用，試驗时空气压力增高得很少。在試驗过程中将工件浸入水中，

深度为20~40公厘。有穿透性缺陷的地方会逸出气泡。这些地方用粉笔画出，以后去修正这些缺陷。

8. X-射线检验焊接接头的方法是用来查焊缝内部缺陷的。X-射线在本质上跟无线电波、 γ -射线[●]是一样的，因为它们都是电磁波的变态。电磁波的物理性能直接和它的波长或振荡频率有关系。X-射线的波长非常短，它等于 10^{-8} 公分(0.00000001公分)。X-射线具有以下的性能：它能透过不透明的物体，其中包括金属(厚度小于80公厘的钢板)；能和照相胶片发生作用；能游离气体；能使某些化学元素和化合物发荧光(发光)；能对有机物发生作用(根据放射量的不同；可能是有害的也可能是有益的)。

用电子管(X-射线管)来得到X-射线。电子管是一个玻璃容器，容器内焊有阳极和接受[●]电子的阴极。把容器中空气抽尽。电子管的阴极(-)由钨丝做成。阳极(+)是一块钨片，固定在极杆上跟管轴成 45° (图10)。

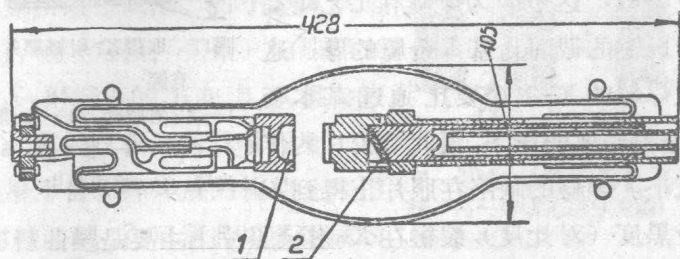


图10 X-射线(电子的)管构造示意图:

1—阳极；2—阴极。

为了得到X-射线，必须使螺旋状的阴极加热，并通以高电压。在高电压的作用下，电子脱离阴极向阳极飞去。电子的速度

● 或者叫丙种射线。——译者

● 应是发射。——译者