

銲接接頭質量檢驗

納查洛夫著



機械工業出版社

銲 接 接 頭 質 量 檢 驗

納 查 洛 夫 著

朱 定 譯



機 械 工 業 出 版 社

1 9 5 5

出版者的話

本書敘述工業上應用的各種銲接接頭的檢驗方法；特別着重於非破壞性的銲件檢驗方法。對於利用X射線和 γ 射線透視銲縫和利用磁性方法及超音波方法檢驗銲縫，藉以發現銲接接頭中的氣眼、夾渣、裂紋和未銲透等的缺陷，都有詳細介紹；對於銲縫外表檢查工作的敘述也很詳盡。另外，又單獨闡述了用接觸銲成的接頭的檢驗方法。

本書是從事銲件檢驗工作的工程技術人員的讀物；也可供工業大學銲接專業的學生參考。

蘇聯 С. Т. Назаров 著 'Контроль качества сварных соединений' (Машгиз 1950 年第一版)

* * *

書號 0842

1955 年 10 月第一版 1955 年 10 月第一版第一次印刷

850×1168 $1/32$ 字數 179 千字 印張 $7\frac{1}{8}$ 0,001—2,000 冊

機械工業出版社(北京東交民巷 27 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號

定價(8) 1.34 元

原序	6
緒論	7
第一章 銲接接頭的缺陷及其發生的原因	10
手工電弧銲的缺陷	10
自動電弧銲的缺陷	22
氣銲的缺陷	23
氬原子銲的缺陷	27
第二章 銲縫質量的外表檢查	28
銲接前坯件的外表檢查	28
銲接時銲縫的外表檢查	30
銲成的接頭的外表檢查	32
銲縫形狀及尺寸的檢驗	36
第三章 銲縫嚴密性的檢查	40
火油試驗	40
空氣試驗	41
用阿母尼亞試驗	42
水壓試驗	43
第四章 銲縫的金相研究	46
銲接接頭宏觀組織的研究	46
供研究用的宏觀磨片的割取及其準備工作(47)——確定銲縫的宏觀組織(49)	
鑽探檢驗	53
鑽槽檢驗(53)——栓塞鑽割檢驗(54)	
銲接接頭顯微組織的研究	55
顯微磨片割取地位的選擇及其製造(56)——顯微磨片的浸蝕(57)——	
在顯微鏡下研究磨片的顯微組織(59)——銲縫熔化金屬的顯微組織	
(60)——熱影響區的顯微組織(63)——低合金鋼及碳鋼內奧氏體的分	
解(66)——顯微組織的說明及研究結果的鑑定(68)	
在銲接接頭金相研究中硬度的確定	69

第五章 化學分析及腐蝕試驗	71
化學分析	71
銲接接頭的腐蝕試驗	72
第六章 機械試驗	75
機械試驗用的試樣坯件的割取	75
靜力試驗	76
動力試驗	85
疲勞試驗	86
第七章 鋼料可銲性的鑑定方法	89
鋼料可銲性的直接鑑定法	89
橫向對接銲縫的靜力彎曲試驗(89)——丁字銲接試樣的靜力彎曲試驗	
(90)——具有切口試樣的衝擊試驗(90)——具有切口試樣的靜力彎曲	
試驗(91)——擊破試驗(92)	
銲接中裂紋形成的試驗	93
剛性輪廓內作搭接銲試驗(95)——金茲布爾格和特拉仁什多克試驗法	
(96)——基洛夫工廠試驗法(96)——用恒定剛性限制銲縫作對接銲的	
試驗(97)——用變動的剛性限制銲縫作對接銲試驗(98)	
鋼料可銲性的間接鑑定法	98
冷卻曲線和奧氏體等溫分解曲線比較(99)——MBTV 銲層試驗(101)	
——銲層試驗的圖解構成示例(102)	
第八章 銲縫的X射線透視檢查法	104
X射線的本質,性能及其取得方法	104
X射線機	107
銲接接頭的X射線透視技術	110
X射線形像的取得(110)	
X射線透視銲接接頭的方法	122
按X射線照片確定缺陷實際尺寸的計算法	129
銲接接頭質量的鑑定(134)	
第九章 用鐳的Y射線透視銲接接頭的檢驗法	137
用鐳的Y射線透視銲接接頭的技術	140
Y射線照片的顯影加工	150
按Y射線攝取的照片鑑定銲縫質量	151
鐳Y射線透視和X射線透視的優缺點比較	153

用X射線和γ射線透視鉚接接頭的實用介紹	155
照片顯影加工	158
根據X射線和γ射線照片作鉚縫質量鑑定法	160
按X射線照片依OCT 20019-38分數規定鑑定鉚接接頭的方法	160
進行照片的統計和登記工作	164
第十章 鉚接接頭的磁性檢驗法	165
磁性檢驗中發現金屬缺陷的物理實質	165
用磁粉法檢驗金屬和鉚接	169
乾粉檢驗技術(173)——懸浮體檢驗法(173)——退磁(179)——用磁粉法作金屬和鉚接磁性檢驗的設備(182)——複雜管式部件的鉚接檢驗(183)	
鉚接接頭的感應法磁性檢驗	184
感應法檢驗的靈敏度(184)——用於檢驗鉚縫的赫列諾夫和納查洛夫式缺陷檢驗器(185)——1948年型缺陷檢驗器構造簡述(186)——放大器各項零件的用途(188)——缺陷檢驗器的正常工作(190)	
螢光檢驗法	191
第十一章 接觸鉚的缺陷及接觸鉚鉚接接頭質量的檢驗	
方法	193
接觸鉚鉚接接頭檢驗法	193
機械試驗(193)——金相研究(196)——X射線透視(197)——磁性法檢驗(198)	
第十二章 超音鉚接缺陷檢驗器	200
超音波的獲得及其性能	200
第十三章 鉚接技術檢驗的組織	211
金屬檢驗	211
電鉚條及填充金屬的檢驗	211
鉚工考查	211
技術文件的檢查	212
附錄一 鍋爐監督機構關於電鉚工和氣鉚工考試規則草案	213
附錄二 工業用放射線攝照工作的勞動保護條例	220
附錄三 ‘關於防護X射線及鐳射線的國際適用條例’摘要	224
參考文獻	226
中俄名詞對照表	227

原 序

在機械製造各部門內所獲得的現代技術的成就，在很大程度上有賴於先進工藝——金屬銲接的廣泛採用。蘇聯的銲接工作者們隨着卓絕的俄國金屬電銲發明家司拉汶諾夫(Н.Г.Славянов)和別那爾道斯(Н.Н.Бернардос)的先例，以各種新的成就更豐富地充實着銲接技術。金屬銲接技術的發展和改進，對銲接接頭質量的檢驗方法提出了新的要求。在我們社會主義體系的國民經濟中，工業產品的質量是國家重要的工作。銲接工作者們對銲接檢驗工作寄以極大注意，而近年來在這方面已出現了一系列的成就。但有關此類問題的書籍文獻還是不夠的。有關銲接質量檢驗的文獻如基霍捷耶夫(Г.М.Тиходеев)，保果金-阿列克謝也夫(Г.И.Погодин-Алексеев)，巴茨蓋維奇(И.Р.Пацкевич)等所著的書籍中，顯然感到不足。本書作者對這一專題的文獻儘其可能予以補充。

本書的材料係採自作者在莫斯科高等工業大學(МВТУ)關於銲接質量檢驗課程中的授課講義，以及作者在工廠實驗室和莫斯科高等工業大學銲接實驗室所得的實驗資料及實際工作經驗。

作者對讀者的一切指正，將表示極大的感謝。作者衷心感謝與作者對銲接檢驗問題共同工作多年的赫列諾夫(К.К.Хренов)和基霍捷耶夫對本書的審閱與寶貴的意見以及索爾索洛夫(М.Х.Шоршоров)、庫茲聶佐夫(Т.П.Кузнецов)、林道爾夫(Н.М.Линдорф)和那柴洛娃(Н.С.Назарова)各位對本書編輯方面賜予作者以多方協助。

緒 論

發現銲道內缺陷的問題並以簡捷便利的方法確定生產上銲接接頭的質量，是有重大的實際價值的。檢驗銲縫的可靠方法，能使銲接技術有可能廣泛地應用在重要結構和建築上。但是由於銲接物理本質的關係，顯然很難製定出一種通用的檢驗方法，以確定全部銲接接頭的質量。近來銲接工作者們應用着幾種銲接質量的檢驗方法，其中每一種各有其優缺點。選擇銲接檢驗方法並合理地應用，是銲接生產人員最重要的任務。

爲了明瞭銲接接頭檢驗任務的實質，簡要地敘述一下銲縫中所經常遇到的缺陷之特性是必要的。當熔銲時銲縫的中部由熔化金屬組成，緊接此處的爲熱影響區。熱影響區基本金屬的組織或多或少地由於銲接過程的熱力作用而發生變化，同時這種影響區由於銲接過程和金屬性質的關係，也可能分成幾個獨立區或獨立層。在影響區內可能區分爲幾個獨立層，在這些獨立層內可以發現晶粒變細或變粗、過熱、淬硬、回火等情況。影響區對基本金屬的區別一般僅在組織上而不是在化學成分上，影響區逐漸轉化爲基本金屬的組織，在銲接過程中由於加熱不大仍然不變。

銲縫，特別是熔化金屬，其特徵爲不同一性；有時在銲縫上所遇到的金屬變質，可能延長到幾公分長。

銲縫的質量，完全按一系列因素的總合來確定。其中有關的如熔化金屬的化學成分，它的組織，熔化金屬受非金屬夾雜物污損的程度，宏觀組織缺陷的存在，熔化金屬和基本金屬熔合的缺陷，在影響區金屬的組織以及在其中裂縫的存在，銲縫中內應力的存在及其值的大小，銲縫的外形等等。

確定銲縫質量的因素相當多而且各不相同。因而檢驗銲縫質量的方法亦各有不同，必須事先限定在檢驗時究竟需要確定何種

缺陷。

熔化金屬的化學成分以熔潭內熔化的基本金屬和填充金屬的比例、基本金屬和填充金屬內所含元素的燒損、空氣中氮、氧的吸收，以及熔劑和塗料中各項不同元素的吸收等關係來確定。

銲縫金屬的化學成分，可由銲縫中所取得的鉋屑予以化學分析來確定。

銲縫金屬的組織可在磨片上以金相研究確定之。

爲了確定在熔化金屬內宏觀組織的缺陷——時常會在銲縫中看到的渣、氧化物、氣眼、裂紋等，且有時含量很多，通常採用非破壞性的銲縫檢驗法。這些缺陷的數量、大小，及其對銲縫強度所影響的實際意義，不僅在各種不同的銲縫上，甚至在同一銲縫的各不同地段都是不一樣的。

宏觀組織的缺陷，可使銲縫在工作時引起局部的超負荷而大大地減低強度，特別是用在交變負荷和動力負荷上。尤其重要的是發現熔化金屬和基本金屬熔合上的缺陷，即形成一般所謂的未銲透，亦即熔化金屬和基本金屬間未熔接，被一層薄的氧化膜或熔渣層所隔離。未銲透——實際上是最普遍的缺陷，而此項缺陷對銲縫的強度特別有害。

爲了發現在銲接接頭內氣眼、夾渣、裂紋以及未銲透等缺陷，銲接工作者們可利用X射線和Y射線透視，用磁性方法及超音波方法等檢驗，這些方法在本書內將有詳細介紹。

影響區金屬的組織，對銲縫質量的影響很大；經常恰是此區不是熔化金屬成爲銲縫最弱的地方。影響區的組織，一般利用金相研究來發現；實際上迄今尚未有採用非破壞性的方法以發現影響區金屬的組織，但這種需要亦不大，因爲該金屬在一定的銲接方法和規範中，在整個一條銲縫內，此項組織是比較固定的，且可以事先在試樣上發現。

影響銲縫質量最重要的因素，是銲縫內所存在缺陷的大小、性質以及在銲接過程中銲縫內發生內應力的分佈情況。

用簡便而又可靠的方法發現此項應力並測定其大小，對生產工作是極為有利的。對於發現銲接接頭內應力方法的敘述，未列入本書任務內。

銲縫的外形輪廓對其強度亦極重要；截面的變化過劇及變更、咬邊、燒穿及其他缺陷的存在而產生局部的應力集中，這在變更負荷及動力負荷上是特別危險的。本書對銲縫外表檢查工作的敘述亦很詳盡。

第一章 銲接接頭的缺陷及其發生的原因

銲接缺陷及在銲接接頭內發生缺陷的原因，就電弧銲（手工銲和自動銲）、氣銲、氬原子銲、接觸銲及特種類型的銲接等說來，是多種多樣的，而上述各型的每種銲接性能也是各不相同的。

手工電弧銲的缺陷

在銲接過程中，如果銲條的擺動動作不正確和電銲條移動不均勻，以及邊緣切割不正確，則會使銲縫的寬度不均勻（圖1a）。

在用長弧銲接而電流強度過大、銲接速度過高及單層對接銲縫邊緣切角過大時，會使銲縫形成過度的中低凹面（圖1b）。

如果銲接時的電流小而速度低，銲條擺動動作不足，以及當電極反聯施銲時，可使銲縫大大增強（圖1c）。

沿銲縫長度增強部分的高度不等，存在着高堆和鞍形低陷是由於點定銲接方法不正確，為免除銲口而銲條回收動作不當等所致（圖1d）。

丁字銲縫的邊長尺寸不同是由於銲條斜度和擺動動作不正確所致（圖2）。銲縫間斷、銲口未銲滿是由於銲工工作不注意和技術熟練程度過低所致。

上列缺陷會增大銲縫內局部的應力集中，減低接頭強度並損壞銲縫形狀。在銲薄型材料時經常遇到的銲縫缺陷是燒穿。燒穿由於電弧的單位能過高，銲接速度不均勻，銲接前銲件裝配不良等所引起（圖3）。

滿溢 這是由於熔接金屬本身重量關係，流敷在未熔化的基本金屬上所致。滿溢的缺陷在對接接頭以及‘T’形接頭（圖4）中可能遇到。

咬邊 是沿銲縫熔化金屬邊緣在基本金屬上成為溝槽形，這

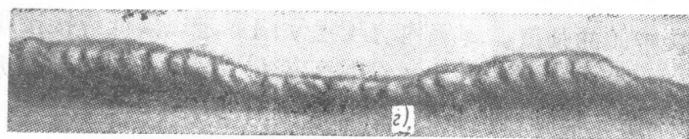
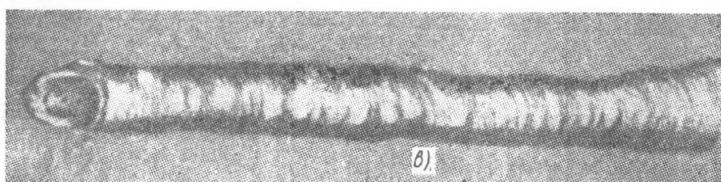
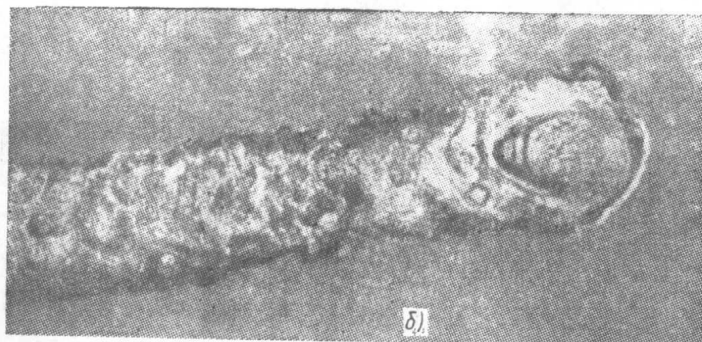
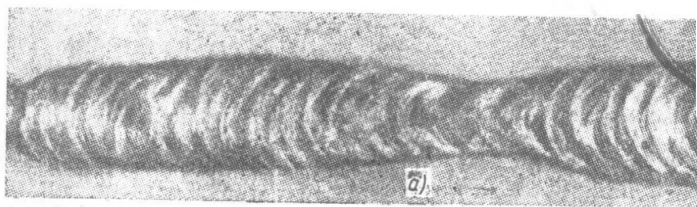


圖 1 銲縫的外形：
a—銲縫寬度不均勻；**б**—過度凹陷；**в**—過度加強；**г**—具有高堆和鞍形低陷。

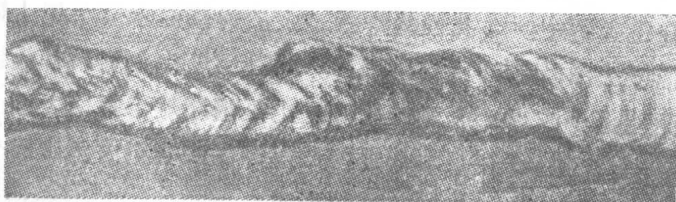


圖 2 角銲縫的縫邊不均勻

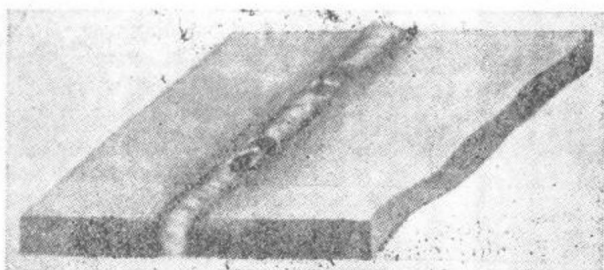


圖 3 燒穿



圖 4 滿溢

是由於銲接時電流和電弧電壓過大所致。單側咬邊的形成，是由於銲接邊緣的一側集中加熱所致(圖 5)。

燒穿和滿溢是銲接上不可容許的缺陷，因為它們會大大地降低銲接接頭的強度。銲縫內有咬邊缺陷亦足以減低銲接接頭的強度，特別是用於動力負荷及交變負荷上，銲接結構承受靜力負荷時，此項微小的咬邊缺陷是許可的。

氣眼 可露在銲縫表面或隱藏在內部深處，通常氣眼小到用顯微鏡才能看出，大到直徑為 3 公厘。

在電弧銲中，多孔性的銲縫是由於銲接前未將金屬上鐵銹油質和油漆去淨，電銲條塗料沒有充分乾燥，熔化金屬冷卻過快，在電弧熱能過小或銲接速度過速時阻止氣體浮離至銲縫表面上等原因所致。電弧過長，在基本金屬內及電銲條或塗料內含碳成分過高以及極性不適合等亦能促使氣眼形成。

氣眼在熔化金屬內的分佈,可歸類如下:

a) **均勻分佈多孔性**(圖 6) 氣眼或多或少地均勻分佈在熔化金屬內。

6) **成羣氣眼** 氣眼成羣分佈,相互間為緊密金屬的大區段所隔離。成羣氣眼的形成經常發生在銲縫的起點,這是由於銲接情況未穩定,電弧上變更電流和電壓以及電弧的中斷和更換電銲條時重新引燃電弧等原因而引起。

b) **線狀多孔性** 所謂線狀多孔性,是指氣眼分佈成小鍊條形,彼此相隔間距不大,並和銲縫的軸心相平行。銲縫中小鍊條狀的氣眼,經常分佈在基本金屬熔化區域的邊界附近,接近銲縫的表面。線狀氣眼的分佈,經常發生在助熔劑自動銲接的情況下。

如在熔化金屬內有氣眼,則會減小銲接接頭截面的工作面積,因而降低其強度。

在銲縫金屬內沿氣眼邊緣可能發生應力集中。多孔性會使銲縫不緊密而且降低銲接接頭的塑性。

非金屬夾雜物 在銲縫組織內非金屬夾雜物分佈的性

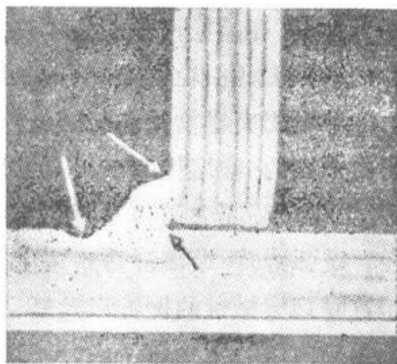


圖 5 咬邊

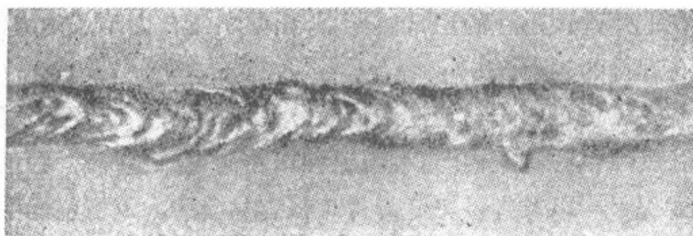


圖 6 均勻分佈的多孔性

質、尺寸、數量及其性能是各不相同的。非金屬夾雜物的化學成分決定於電銲條塗料的成分,填充棒的質量,以及熔潭內受反應過程的溫度條件等。非金屬夾雜物可能為元素物質,例如鑄鐵內的碳,二元

素化合物—氧化物($\text{FeO} \cdot \text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$, Cr_2O_3 等), 硫化物($\text{FeS} \cdot \text{MnS}$), 氮化物(Fe_3N), 碳化物及綜合化合物——矽酸鹽($\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$, MnOSiO_2), 鈦酸鹽, 磷酸鹽以及其他等等。在熔化金屬內的非金屬夾雜物往往成為共晶體, 例如 Fe 及 FeO 並成為各獨立相狀態。

視非金屬夾雜物的尺寸大小, 形成的獨立相可區分為顯微的和宏觀的兩種。

宏觀夾雜物 這是各種形狀的(球狀, 橢圓的, 長方形的及其他)較大夾雜物, 在未熔化的基本金屬和熔化金屬之間的薄氧化膜。

顯微的夾雜物——針狀物(氮化物), 在熔化金屬晶粒邊界上的氧化膜, 在晶粒內部或晶粒邊界的單個小晶粒(例如碳化物), 細粒的次顯微的微粒質點(例如 Al_2O_3)。

非金屬夾雜物是在銲接過程的各個不同的階段中, 在熔化金屬內形成的: 當熔化的金屬滴由銲條落入銲件時; 熔潭呈熔化狀態時; 熔化金屬凝固過程及凝成固體狀態後。

電弧銲時, 熔渣混雜到熔化金屬內, 可能有兩種情況: 由於異體質點以機械性的攪拌以及滯留於熔化金屬所致的夾渣; 由於銲縫金屬內熔有某種熔渣成分, 熔化金屬熔滴及熔潭和周圍大氣以及熔化金屬本身相互作用所經過的反應而引起的夾渣。

在電弧銲接過程的正常條件下, 由塗料熔化而形成的熔渣, 全部浮在銲縫的表面。

倘使熔化金屬凝固速度過高, 會使熔渣不能及時浮出表面而一部分就遺留在銲縫內。這種現象在以小的電流施銲時, 在低溫銲接的情況下, 以及銲接厚壁銲件時很容易發生。電銲條的塗料厚度, 如不足以形成較薄的熔渣層, 也會促使冷卻速度加大。

夾渣 第一類夾渣, 通常由於氣割後沒有將銲接邊緣的氧化鐵皮或其他不潔物好好去淨, 由於點定銲時熔渣沒有充分清除, 以及多層銲接情況下未將上一層的熔渣充分清除等原因所造成。

此外在鋼板上經常可見到沿壓延方向延伸的非金屬的夾雜物。銲接前鉋邊時，此項夾雜物可能露在表面，如果不將其清除，銲接後，一部分就遺留在銲接接頭內。加大銲接邊緣銲縫金屬的冷卻速度，會使這種情況更易形成。

第二類夾渣，主要是由於熔化金屬溶液中的某些化合物在其冷卻和凝固過程中沉澱於銲縫內，以及由於銲縫金屬加入成分的氧化所致。

熔化金屬內夾雜物的數量和大小，是依熔潭內的氧、氮、錳、矽及其他夾雜物（在特種鋼內）的含量，微粒凝結性，液態金屬內微粒浮至表面的速度及其在固溶液中的擴散速度而定的。熔潭內 O_2 、 N_2 、 Mn 、 Si 、 Al 的含量愈多，混雜到熔化金屬層內的該項夾雜物也愈多。

當用白堊或其他薄塗料的銲條銲接時，因它們不能保證可靠的防護熔化金屬不受空氣中氧氣的氧化，在熔化金屬內經常遇到氧化鐵類的夾渣。

當用優質銲條銲接時，夾渣的形成，是由於選擇塗料層的成分不適當，不能保證銲縫熔化金屬必要的反應特別是金屬脫氧反應，並形成不易熔解的和濃厚的熔渣，因其含有過量的個別成分而致銲縫夾渣。

夾渣能減小銲縫截面面積而降低銲接接頭強度。特別是長方

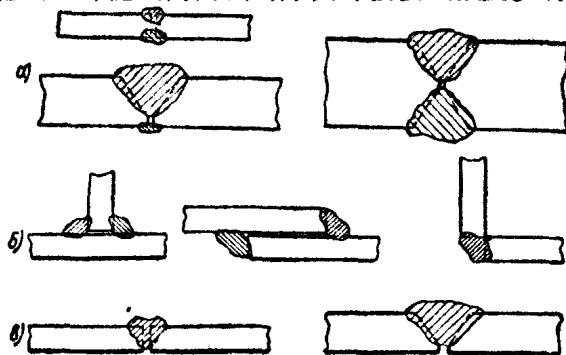


圖 7 未銲透：

a—在對接銲縫截面角頂處；b—在丁字及搭接接頭角頂處；c—底面邊緣。

形夾渣，會形成高度的局部應力集中，並在衝擊負荷下，就大大地減低銲接接頭的強度。許多小氣眼和夾渣密集在銲縫表面受衝擊負荷而減低的銲接強度，比一個粗大的夾渣而分佈在距銲縫表面很遠的要小得多（參閱第8章）。

在熔化金屬內，因含氮量增加形成針狀氮化物及含磷量增加形成磷化物，使熔化金屬具有脆性。含有非金屬夾雜物而在微粒邊緣組成易溶共晶體低熔金屬，例如 FeO ， FeS 等能使熔化金屬具有熱脆性。

未銲透 按未銲透在銲縫內的分佈情況將其區分為下列各類：

1. 沿截面未銲透的缺陷。屬於此類的有：

a) 未銲透在對接接頭中 V 形和 X 形的銲縫的坡口角頂處以及在不開坡口兩面銲接的中心處（圖7a）；

6) 在丁字、搭接和方角接頭中，角頂未銲透（圖76）；

b) 在單面銲接不開坡口和 V 形坡口銲縫的底面邊緣未銲透（圖76）。

2. 邊緣未銲透亦即在 J、V、X 及 U 形坡口的對接接頭中，其基本金屬和熔化金屬未熔接（圖8），以及在丁字和搭接接頭中亦有上述同類情形。

3. 多層銲縫中熔化金屬各層之間未銲透。

未銲透缺陷的發生原因如下：

a) 銲工技術熟練程度不够，或對工作漫不經心；

6) 銲接接頭的坡口及裝配不正確：坡口開度不足，間距尺寸過小，鈍度過大，接合件坡口的鈍度尺寸不一，V 和 X 形的銲縫邊緣不齊；

b) 電弧的電流和電壓不足而銲接速度大；

г) 基本金屬未充分加熱，而電銲條燒熱，並急驟地熔化；

д) 因有銹污、熔渣、氧化鐵皮及其他污垢而阻礙基本金屬的邊緣很好地熔化，或在多層銲接中阻礙底層的熔化；

e) 銲條的傾斜角不正確，因此熔潭偏於基本金屬的一邊；