

金属材料缺陷金相图谱

金属材料缺陷金相图谱

上海人民出版社

内 容 提 要

本图谱包括金属材料在冶炼、加工、热处理和使用过程中所产生的缺陷,以及进行金相试验时由于操作不当所引起的缺陷。

每章之首,编有一概括的说明,扼要地列举了产生缺陷的工艺因素,以及缺陷的检查和防止或消除方法。对每一图片,均附有说明。

本图谱可供有关生产单位、研究机构的科学技术工作者和高等院校师生参考。

金属材料缺陷金相图谱

(原上海科技版)

上海人民出版社出版

(上海绍兴路5号)

新华书店上海发行所发行 上海新华印刷厂印刷

开本 850×1168 1/18 印张 29 插页 6 字数 418,000

1975年3月新1版 1975年3月第1次印刷

印数 1—11,000

统一书号: 15171·127 定价: 3.75元

毛主席语录

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。

一个正确的认识，往往需要经过由物质到精神，由精神到物质，即由实践到认识，由认识到实践这样多次的反复，才能够完成。这就是马克思主义的认识论，就是辩证唯物论的认识论。

重印说明

本图谱是1966年3月由上海科学技术出版社组织出版的。

内容包括金属材料在冶炼、加工、热处理和使用过程中所产生的缺陷，以及进行金相试验时由于操作不当所引起的缺陷。为了便于讨论分析在不同工艺过程中所产生的同类缺陷，且避免重复，本图谱主要按常见的缺陷分章编列；但也有某些缺陷，以按材料或工艺归类更便于研究，则各别列为一章（如“铸铁缺陷”、“渗碳与氮化缺陷”等）。至于各章中所不能包括的缺陷，均并入“其他缺陷”一章中。每章前，编有一概括的说明，从生产角度出发，扼要地列举了产生缺陷的工艺因素，以及缺陷的检查和防止或消除方法，供读者参考。说明中有涉及理论上的阐释时，则以金属学为论述基础。每一图片均附有必要的说明。此外应提到的是，图谱中有一部分图片和典型的范例是一般较难收集的资料，惜因图片来源不同，大小未能取得一致。

现在为了适应生产和科研各方面的需要，我社请原来参加编写的部分同志，对全书进行了一次审订，再次重印。

伟大领袖毛主席教导我们：“真理的标准只能是社会的实践。”希望广大读者根据实践检验，对本图谱提出宝贵的意见。

上海人民出版社 1974年6月

目 录

重印说明

I. 縮 孔	1
II. 气 泡	18
III. 疏 松	44
IV. 偏 析	62
V. 夹杂物	100
VI. 表面缺陷	144
VII. 白 点	162
VIII. 氧化与脱碳	178
IX. 过 热	192
X. 过 烧	208
XI. 裂 紋	226
XII. 脆 性	276
XIII. 渗碳与氮化缺陷	298
XIV. 鍍层缺陷	316
XV. 腐蝕与磨損	332
XVI. 疲 劳	358
XVII. 断 口	374
XVIII. 鑄鉄缺陷	388
XIX. 其他缺陷	420
XX. 試驗操作不当引起的缺陷	442

I. 縮 孔

純金属与合金，除极少数(如鋇)外，絕大多数在冷凝过程中由于体积的收縮而在鑄錠或鑄件心部形成管状(或喇叭状)或分散的孔洞，称为縮孔。

当液态金属注入鑄型时，与冷型壁接触而迅速凝固，形成紧靠型壁的金属外壳，而心部則仍保持液体状态；随后繼續冷却，心部金属才繼續凝固。如果将冷凝过程分成若干阶段，則可用下面的金属錠凝固示意图來說明金属凝固而形成縮孔的过程。

当液体金属注入鑄型(A)后，最先形成凝固层a，其内部完全与液体金属相接。由于a层的凝固而使金属的体积收縮，液体金属表面下降到b綫。由于液体金属表面的下降，在随后繼續冷却凝固时就形成开口的圓筒a'；此时金属体积又发生收縮，液体表面再下降到水平綫c。随后又凝固成开口的圓筒a''，液体金属表面再下降到d；……直到整个鑄型中的金属完全凝固为止。此时在鑄錠的心部就可观察到由于收縮而形成的喇叭形孔洞——縮孔。縮孔的体积，通常相当于液体金属和固体金属的体积之差。

縮孔是金属由液体冷凝时体积减小的必然結果。采用一般的澆鑄方法鑄成的黑色金属以及大部分有色金属，是不可能消灭縮孔的，但可能使縮孔由鑄錠或鑄件的这一部分轉移到另一部分，或是改变縮孔与金属之間的相对体积。

有时由于鑄型設計或鑄造不当，鑄錠上部已基本凝固，而下部錠心区仍处于液体状态，且得不到液态金属的及时补充，此时在鑄錠下部亦会产生縮孔。为了使它与鑄錠上部的縮孔有所区别起見，这种縮孔称为二次縮孔。

鑄件中形成縮孔的原因和过程，也与上述情况相似。

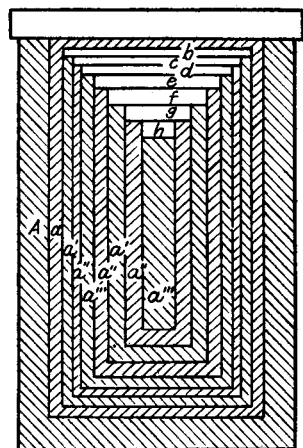
在澆鑄沸騰鋼鑄錠时，由于在鑄錠中生成了大量的气泡，因此在正常的沸騰鋼鑄錠中，一般不会出现縮孔。

縮孔的相对体积，与液态金属的温度、冷却条件以及鑄錠的大小等有关。

液态金属的温度愈高，則液体与固体之間的体积差愈大，而縮孔的体积也愈大。根据某些研究工作者的实验結果指出：金属过热温度和縮孔体积之間存在着綫性关系。因此，为了减少縮孔的体积，液态金属的过热程度必須尽可能地低，也就是要尽可能地降低澆注温度。

向薄壁鑄型中澆注金属时，型壁迅速地受热，而冷却型壁的空气則是热的不良导体。因此，型壁愈薄，則受热愈快，液态金属也愈不易冷却，在剛注完鑄型时，液态金属的体积就愈大，金属冷凝后的縮孔也就愈大。此外，鑄型的預热，对縮孔体积的增大有着同样的影响。总之，液态金属的冷却凝固条件，对縮孔的体积大小是有显著的影响的。

上述情况主要是对集中的縮孔而言。如在急剧冷却的条件下澆鑄金属，可以避免在鑄



形成縮孔的示意图

錠上部形成集中縮孔。但在此情況下，液態金屬與固態金屬之間的體積差仍保持一定的數值，雖然在表面上似乎已經“消除”了大的縮孔，可是有許多細小縮孔——即疏松——分布在金屬的整個體積中，代替了一個集中的大縮孔。換言之，金屬將呈多孔狀（參閱 III “疏松”一章）。

鑄錠的體積愈大，則澆鑄後冷卻也愈緩慢，從而導致縮孔體積的增加。故在澆鑄大的鑄錠時，如不採取特殊措施，將得到比小鑄錠中更大比率的縮孔。

檢查縮孔的方法有：

1. 無損檢驗法：

包括 X 射綫、 γ 射綫和超聲波探測法等。

X 射綫法可用於厚度在 100 毫米以內的鑄件，對過厚的鑄件則 X 射綫不易穿透。

γ 射綫的波長遠較 X 射綫為短，穿透金屬的能力較強，故可探測較大的工件。但因 γ 射綫所用的劑量一般較小，故探測所需的時間亦較 X 射綫為長。

超聲波探測法一般要求有較為光潔的工件表面，因此，探測鑄件時須將表面略為打磨。在鑄件上用不同角度進行超聲波探測，可從反射的波形而測出縮孔的立體形狀。

對熱加工後金屬中未焊合的縮孔，亦可用上述三種無損探測法進行檢查，但如殘余的縮孔過小時，則不易測出。

2. 宏觀檢驗法：

可採用斷口試驗的方法來檢查金屬中的縮孔，也可用酸侵的方法進行測試。

3. 微觀檢驗法：

在縮孔處取樣作微觀檢查，常會發現縮孔附近有夾雜集中現象。在鋼錠的縮孔附近，有時還會有脫碳及氧化現象。

鑄件中存在縮孔，將顯著地降低其力學性能，甚至在使用過程中還會發生斷裂或其他事故。有縮孔存在的鋼錠，在熱加工（如鍛軋）時，可能會因縮孔中的氣體受外力而擠破表層，引起噴濺傷人的嚴重事故。雖經軋制而未能良好焊合的縮孔，須完全予以切除，否則在以後繼續加工的過程中會導致其他的缺陷，例如板材或帶材中的分層現象，往往就是由於殘余縮孔未除盡的緣故。但切除此項縮孔又必然會造成金屬材料的相應損耗。

綜上所述，縮孔的存在，不僅會浪費大量金屬，並可能因此而造成嚴重的事故，因此對消除鑄錠和鑄件中的縮孔，曾進行了不少的工作。如在鑄錠時採用下列一項或幾項措施，可以縮小或消除縮孔：

採用適宜的澆注溫度；

用頂注法代替底注法；

低速澆注；

澆鑄上大下小並帶有保溫帽的鋼錠；

採用底部較厚、頂部較薄的鋼錠鑄型；

低碳鋼澆鑄成沸騰鋼或半鎮靜鋼；

應用液體壓縮法或水平澆鑄法；

在澆鑄完畢後用電弧保溫帽加熱。

此外，採用連續鑄錠法不僅有助於消除鋼錠中的縮孔，並能與軋制工序結合而進行連續生產。

对鑄件則可采用下列方法来縮小或消除縮孔：

提高澆冒口的液体金属面,以增加液体金属的靜压力,并使鑄件在冷凝过程中能不断地得到液体金属的补充；

設計合理的澆鑄系統,避免死角；

避免澆注温度过高和注速过大。

图次	缺陷名称	材料名称、 牌号或成分	工艺过程	说明
I-1	二次縮孔及树 枝状組織	20CrMn 钢	铸锭	本图试样取自铸锭中部。由于浇注温度较高，锭模倾角过小，而又未能及时补注，以致形成二次縮孔及较粗大的树枝状组织。
I-2	残余縮孔	Cr17Ni2 钢	铸造后热加工	本图试样取自原钢锭上部接近保温帽的部分。由于浇注温度过高，以致縮孔未能全部包含在保温帽内，又在以后热加工中未能将它切除。

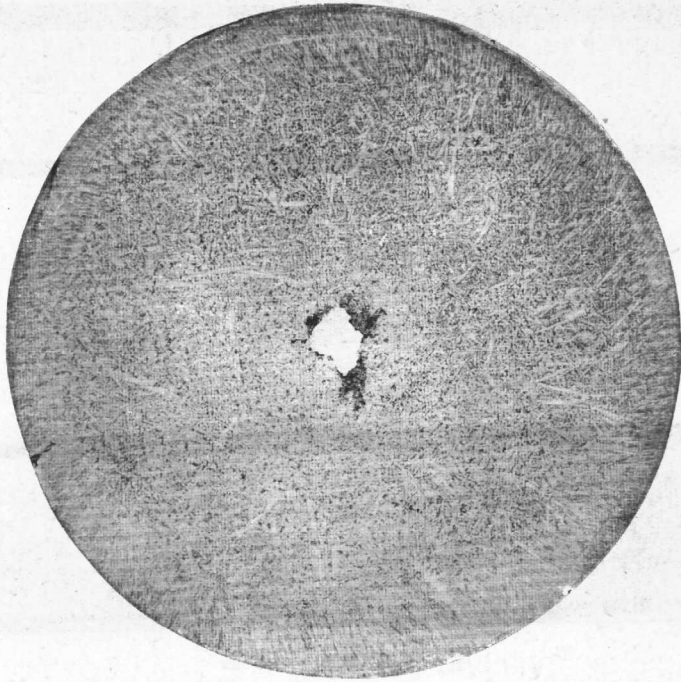


图 I-1 横截面 1:1 盐酸水溶液热蚀 $3/4 \times$

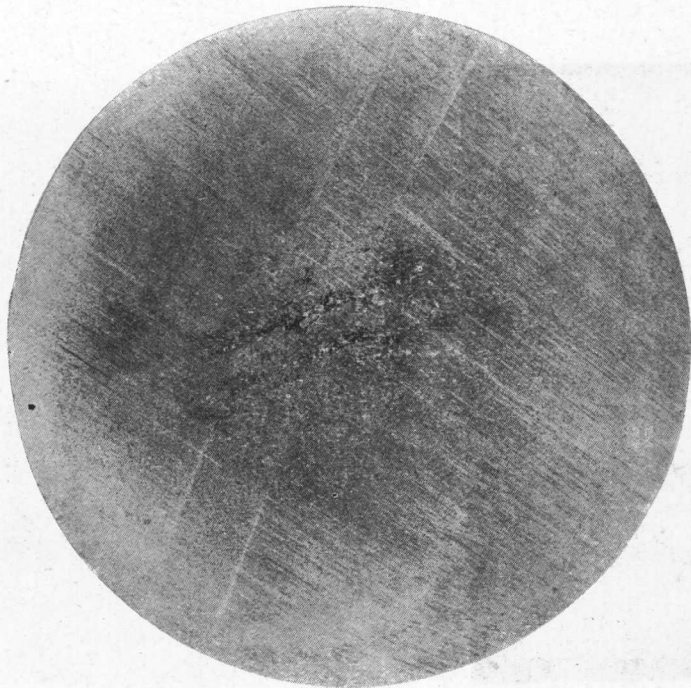


图 I-2 横截面 未侵蝕

1. 縮 孔 [5]

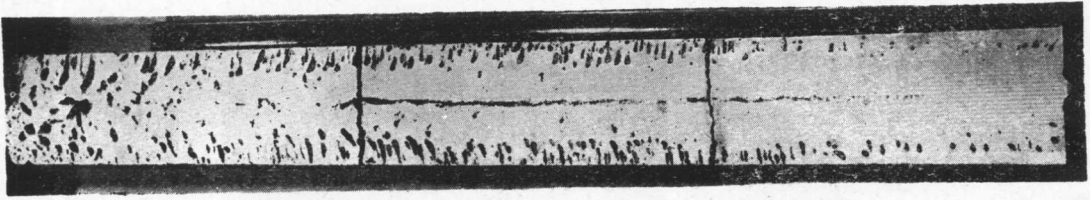


图 I-3 纵截面 未侵蚀

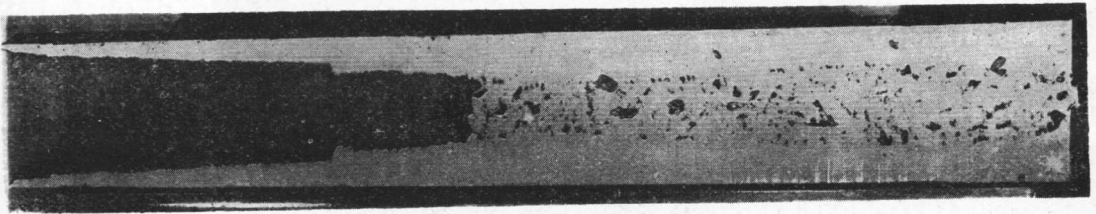


图 I-4 纵截面 未侵蚀



图 I-5 横截面 1:1 盐酸水溶液热蚀

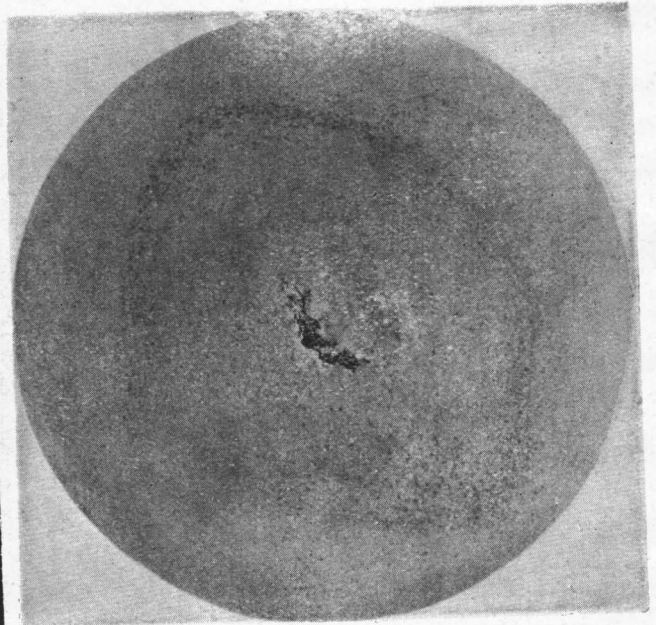


图 I-6 横截面 1:1 盐酸水溶液热蚀 $1/2 \times$

图次	缺陷名称	材料名称、 牌号或成分	工艺过程	说明
I-3	縮孔及严重的 皮下气泡	低碳鋼	鑄錠	为了防止在鎖靜鋼鑄錠内部产生严重的縮孔，一般应澆鑄上下大小并带有保温帽的鋼錠。本图所示鋼錠由于鑄型設計不当，澆鑄成上下大小且不带有保温帽的鋼錠，以致形成了几乎貫穿整个鑄錠的縮孔。此外，因該鋼錠系在雨天澆鑄，原材料較为潮湿，故产生了較严重的皮下气泡。
I-4	沸騰鋼鑄錠中 的縮孔	沸騰鋼	鑄錠	按：正常澆鑄的沸騰鋼鑄錠，一般不会产生縮孔。本图所示鑄錠系由于在澆鑄前脫氧剂加入过多，以致沸騰不足而形成严重的縮孔。
I-5	二次縮孔及 橫晶	Cr17鋼	鑄錠	本图試样取自鑄錠下部。由于鑄型設計不当，上下同样大小，且鑄型过小，以致柱状晶过分发展而形成橫晶；心部在冷凝时由于未能及时得到液体金属的补充，因而形成二次縮孔。
I-6	殘余縮孔	低碳鉬鋼	电弧炉冶炼 的低碳鉬鋼澆 成 1070 毫米 鑄錠，經热鍛 成为某一机器 的主軸毛坯； 鍛造时的拔长 比为 17.25	在超声波探伤时，发现毛坯端部附近有較大面积的缺陷。經取样作热酸浸試驗，知該处存在較严重的殘余縮孔及方形液析。

图次	缺陷名称	材料名称、 牌号或成分	工艺过程	说明
I-7	縮孔形成的鍛 造裂縫	4Cr3Si4 鋼	鑄錠后鍛造， 开鍛溫度在 1150~1200°C 範圍內	裂縫出現在鍛坯心部，呈“十字形”。在 裂縫處取樣作微觀檢查，發現有較多的氧化 物，并呈脫碳現象。此裂縫系鋼錠內部的縮 孔所形成。由于該縮孔暴露于空气中，故在 加熱過程中發生了氧化及脫碳；在鍛造時形 成沿加工方向延伸的裂縫。
I-8	殘余縮孔	1Cr13 鋼	250 毫米鑄 錠鍛成 145 毫 米方坯后，軋 成 80 毫米方 坯	由于澆鑄時補注不足，以致縮孔較大，未 能全部包含在保溫帽內；加以初軋坯的切頭 不够，以致仍存在有殘余縮孔。因殘余縮孔在 以后熱加工時無法焊接，故不應允許其存在。
I-9	縮孔形成的 分层	20 鋼鋼板	在熱軋鋼板 上取樣作冷彎 試驗	坯料內存在縮孔。因縮孔處夾雜物多而 集中，在軋制鋼板時無法焊接，致冷彎時形成 分层。

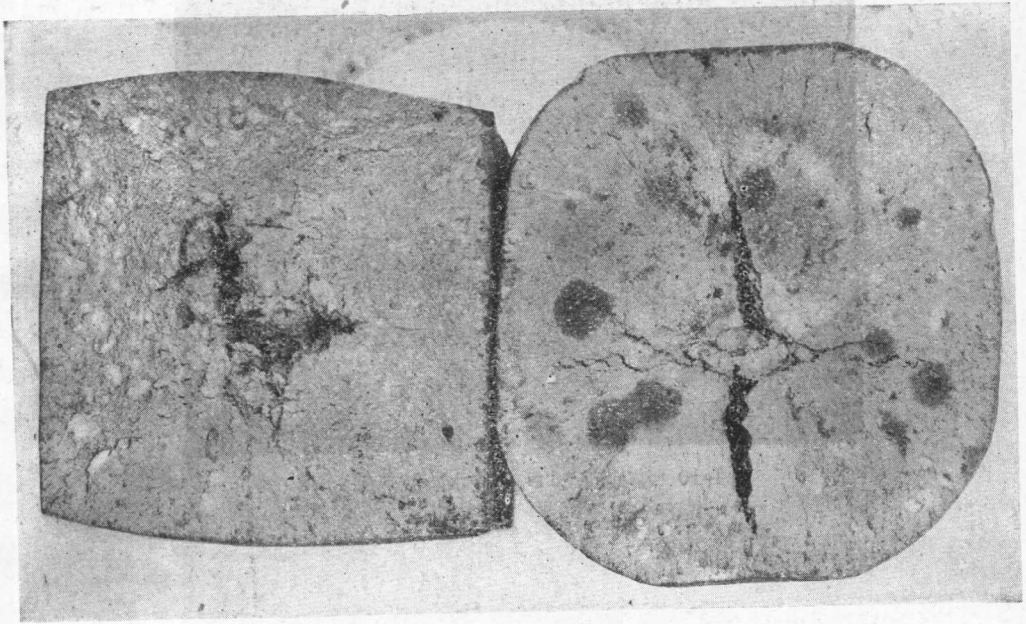


图 I-7 横截面 1:1 盐酸水溶液热蚀

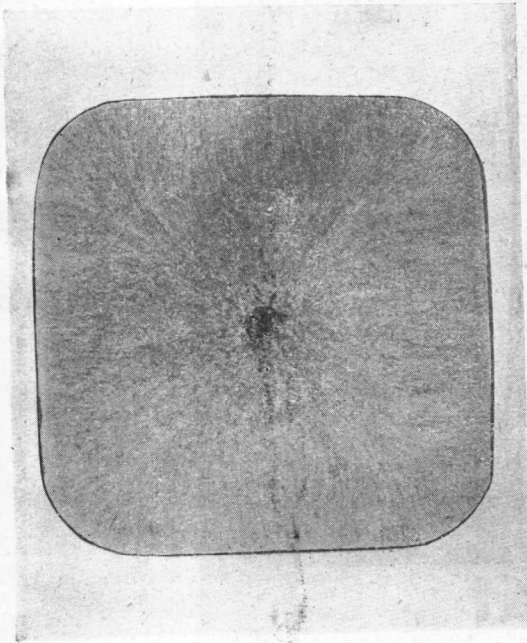


图 I-8 横截面 1:1 盐酸水溶液热蚀

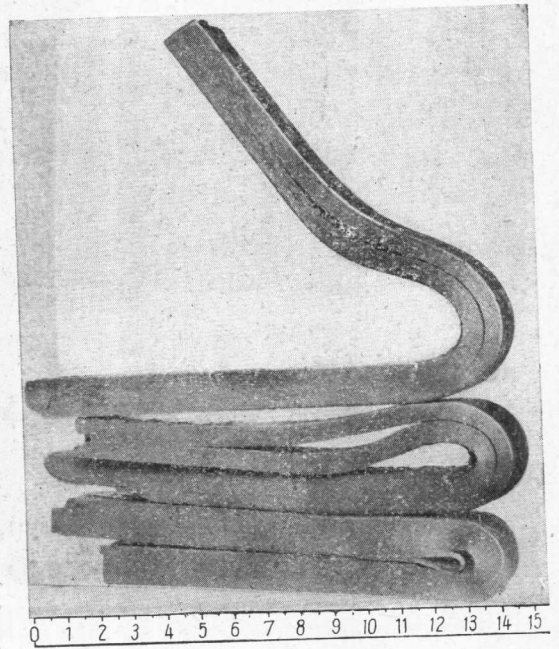


图 I-9 实物

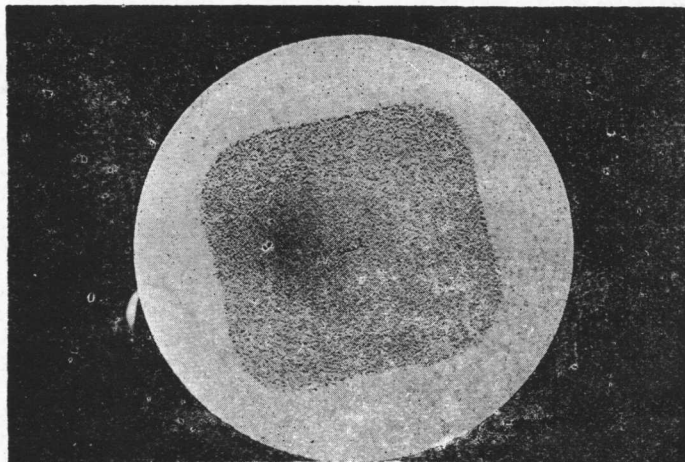


图 I-10 横截面 1:1 盐酸水溶液热蚀 1×

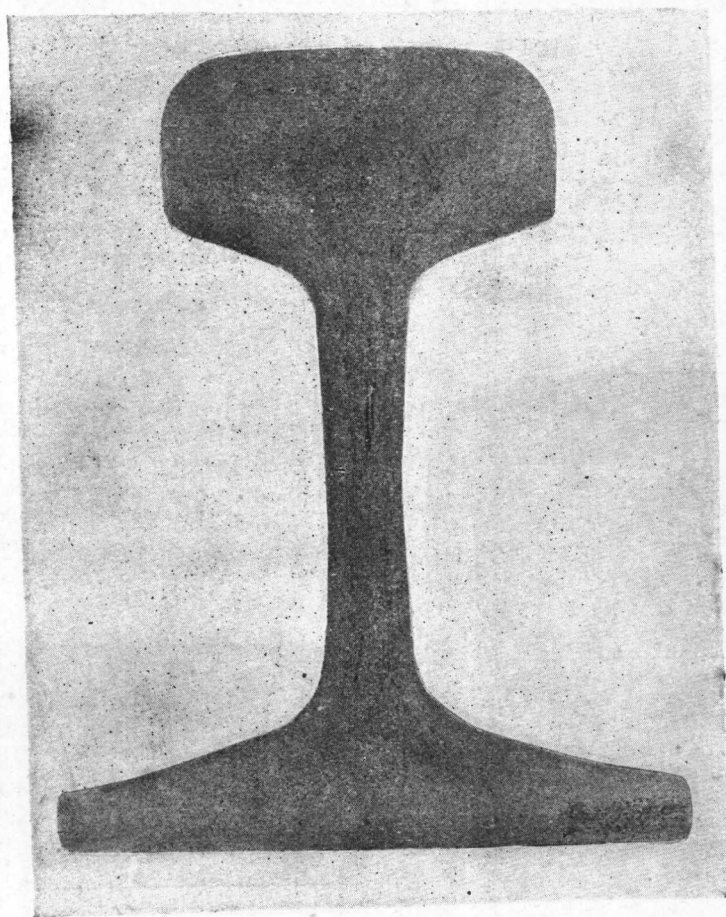


图 I-11 横截面 1:1 盐酸水溶液热蚀

图次	缺陷名称	材料名称、 牌号或成分	工艺过程	说明
I-10	残余缩孔及方形液析	20 钢	热轧	在原材料抽查中，发现此钢材中心存在方形液析及“细裂缝”，后者实际上系残余缩孔。由于切头不足，以致残余缩孔存在于钢材中，在热轧时不能焊合而成为“细裂缝”。
I-11	缩孔	65Mn 钢	热轧	图中重轨腰部的黑色“细缝”系热轧过程中无法焊合的缩孔。此外，在重轨截面上尚有疏松及夹杂存在。