

钢的低倍高倍组织检验文集

鋼低、高倍組織檢驗經驗交流会資料汇编之二

内部資料·注意保存

冶金工业出版社

鋼的低倍高倍組織檢驗文集
——鋼低、高倍組織檢驗交流會資料彙編之二——

內部資料 注意保存

編輯：謝淑蓮 設計：周 廣 袁照堯 校對：楊維琴

— * —

冶金工业出版社出版 (北京市灯市口甲 45 号)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第 013 号)

冶金工业出版社印刷厂印 新华書店發行

— * —

1959 年 5 月 第一版

1959 年 5 月北京第一次印刷

印数 1,520 册

787×1092·1/16·140,000 字·印張 6 $\frac{14}{16}$

— * —

統一書号 15062·1541 定价 0.94 元

鋼的低倍高倍組織檢驗文集

—鋼低高倍組織檢驗經驗交流會資料彙編之二—

內部資料 · 注意保存

冶金工业出版社

出 版 說 明

本文集系根据冶金工业部鋼鐵研究院1958年5月召开的“鋼低、高倍組織檢驗經驗交流会”上的报告选編而成。其中包括两篇苏联专家报告，一篇民主德国教授报告及13篇鋼鐵厂、机械厂及工具厂的报告。

本文集主要介紹了某些低倍、高倍組織缺陷产生原因、及其危害性、缺陷消除和改善办法以及檢驗和評級方法等。

會議資料分两册出版，第一册六篇，第二册十篇。

本書不仅适用于鋼鐵生产及使用单位的金相檢驗、冶金及机械設計工程技術人員，而且对于設有这一专业的院校师生及研究工作人員也有参考价值。

本資料由鋼鐵研究院王兴芳、周鴻吉、黄开庆三同志核查整理。

編 者 前 言

在党的“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线光辉照耀下和“以钢为纲，全面跃进”的方针指导下，我国工、农业生产空前高涨，钢产量翻了一番。

为了交流钢的低倍、高倍组织检验、评级和正确识别某些缺陷的经验，以期达到进一步提高检验水平、更好地改善钢的质量，合理地使用钢材及促进钢铁工业全面大跃进的目的，根据冶金部的指示，1958年5月在钢铁研究院举行了一次全国钢低倍高倍组织检验经验交流会。

出席会议的共有冶金部、一机部、铁道部、煤炭部、水利电力部、北京及上海地方工业局、高等院校及科学院等85个单位的149名代表。此外，大会还荣幸地邀请了五位苏联专家和一位民主德国教授出席会议，其中B. A. 依凡钦柯，П. P. 捷米道夫和W. 孔歇尔教授分别作了“钢中白点”、“冶炼和浇铸过程对钢低倍组织的影响”及“对钢的合理与不合理要求”三篇富有学术性及实际经验综合的专题报告。

大会共宣读了6篇专题报告及17篇经验交流报告。

为了更广泛的交流这方面资料，在与有关单位研究及同志们的大力支持之下，由钢铁研究院王兴芳、周鸿吉和黄开庆三同志将其中16篇报告加以整理，编成资料汇编，分两册出版。因编者业务水平有限，在整理过的报告中，可能还有缺点，请读者指正。

冶金工业部钢铁研究院

目 录

对合金结构钢合理及不合理的要求 — W. 孔歇尔	5
工具钢断口缺陷 — 大连钢厂中心试验室	11
对塔形检验方法的几点意见 — 抚顺钢厂中心试验室	26
用“特一”低倍组织管坯轧制无缝钢管的试验 — 鞍钢中央试验室	32
碳素结构钢大型锻件的白点 — 太原钢铁厂中央试验室	39
15% 滚珠钢网状碳化物生成条件及消除方法的试验研究 — 鞍钢中央试验室	63
改善铬滚珠轴承钢中碳化物液析情况介绍 — 本溪钢厂中心试验室	81
高速钢碳化物不均匀性试验报告 — 重庆第二钢铁厂中心试验室	87
使用中发现的钢材缺陷及其影响 — 长春第一汽车制造厂冶金处	112
对改进工具钢质量的几点意见 — 哈尔滨量具刀具厂 上海工具厂中心试验室	135

对合金结构钢合理及不合理的要求

报告人：民主德国教授 W. 孔歇尔

本报告主要是对用钢单位所做。

一、机械部件的断裂情况：

机械部件的断裂情况，对钢厂与用户来说都是应该考虑的问题详见下列图表。

表 1

断 裂 种 类	断裂数量	断 裂 原 因 分 类, %			
		原材料出厂	加 工	車 間	設計操作
结构及机械部件1932—1939年	465	4	8	22.5	65.5
飞机马达部件	4142	0.5	—	13.5	86.0

表 2

总数	选择材料錯誤	設計錯誤	表面刻槽缺陷	槽效应	超负荷
65.5	1	5.5	19	33	7
86	—	—	6	3.5	76.5

注：統計数值指德国多年的实际情况。

由上面对结构及机械部件和飞机马达部件断裂检查结果的数字，可看出那些是冶炼厂的责任（包括原料与加工），那些是由于机械加工车间的责任。上表数据说明机械厂的比冶炼厂要多好几倍，而亦有大部分是设计、操作和加工所致。

由零件损坏分析统计表可看出，飞机马达部件损坏主要是由于超负荷所致。

另外再举一个例子，曾用14根根据新的验收标准认为是不合格的曲轴（由于夹杂）作了 130×10^6 次的可变负荷试验。结果没有一个是在原来验收时不合格处而引起断裂。

在民主德国几年内价值八百万马克的曲轴、因验收时不合格而报废，后来采用其他国家的验收方法，而使价值八百万马克的曲轴得通过而减少了损失。

以上介绍这些例子的目的，是想说，在检验时问题要由双方共同考虑，但并不是指冶炼厂可以故意马虎点。检查过严将会造成大量报废，而检验的目的，是在于减少机械损失，但检验是个非常复杂的问题。在中国可能有以官僚主义的态度，来对待检验问题，这是非常危险的。在我与机械厂工程师谈话当中知道，他们用贵重合金做铸钢件。他们说在测定夹杂物级别是3.5认为不合格，实际上，我们是没有必要花许多时间来测定夹杂的多少，而这对于像滚珠钢或航空机件来说是需要检验的，对于碳素钢也要检查夹杂就是不正确的，这会引起不必要的损失。

在刘司长的报告中谈到，中国的钢种将要由331种增加到600种，这就意味着在钢的质量上有很大的提高，这是个艰巨的任务。而要解决这个问题，就要正确的选用和使用钢材。正确的使用钢材比冶炼这些钢要难得多，重要得多。这就必须组织各种专业小组，负责选用和正确使用钢材，制定检验规程、标准。这600种钢不是由冶金部所想出来的，而是应当由用户提出

来。

一个工程师在选用钢材时，要求钢的晶粒细、屈服点高及其他性能都要好，那他就不是一个好工程师。中国在大跃进，但不是每个工厂都有有经验的技术人员，故也会产生教条主义。如果单是认为，例如晶粒细小的钢材是好的，这是错误的。而有的钢则是要求有粗大的晶粒。在我到各厂去访问时，厂方都表示要求细晶粒的钢，而对建筑用钢和耐热钢也要求晶粒细那就不正确。而对于易削钢就要通过热处理使晶粒增大。

在与机电部技术人员的谈话中，他们都要求屈服点愈高愈好。当然在设计计算时，是要屈服点来做计算依据，但过分强调是不对的。在电机制造中对于大的轴是需要高的屈服点，但屈服点愈高，则韧性也就不好，例如在CrNiMo钢中：

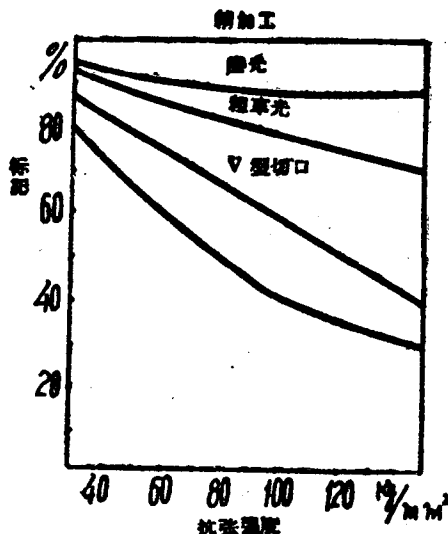
布氏硬度	屈服点	延伸率	断面收缩率
388 (430°)	114	1.3	5
352 (500°)	114	6.3	2
301	88	11.5	56

由此看出，当屈服点高了，断面收缩率即减少。这也说明，根据用途，按不同的尺寸，选择钢号是很重要的。在机械、飞机制造中很重视可变负荷。而为达到这个目的，要求较纯的钢。但钢的表面光洁度及表面加工性的关系更为重要：在下图也可说明这一点。

钢中夹杂的存在是次要的，但对于滚珠钢以及对飞机和透平制造有夹杂存在是不好的，应严格的要求。而对要求不高的钢，就不应过分强调纯度，否则就会造成较大的浪费。

二、钢的检验：钢是由下列元素组成：

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	N	O
0.48	0.3	0.4				0.21	1955年		
						0.15	1935年		



有很多机械工厂都抱怨钢的硬度不足，尤其是碳素钢它很难达到较高的屈服点。因为我们钢中少Cu, Ni, Cr及其他元素，所以屈服点都较ГОСТ规定要低些。由于我们废钢回收较少，故Ni, Cr也就少。此外Cu的多少对屈服点也有较显著的影响。在1955年统计世界各国钢中含Cu是0.2%，而1935年是0.15%，中国钢含Cu则在0.1%以下，所以屈服点和布氏硬度也就低。

而解决这个问题最好的办法，就是通过材料流程的办法，就是利用材料流动卡片来统计，控制、计划材料的成份。从而亦能找出各种钢的缺点，就是在有0.2%钢（指钢产量而言）报废，也能查出产生缺点的原因。

在中国报废的钢中有一部份数量是很大的。而中国大部份钢是按ГОСТ规定来冶炼的，为此应该比标准中所规定的范围更缩小些，才能更好的找到原因，和统计它的效果。为了提高钢的强度可以使C和Mn含量为上限，但我们不能用加入Cr, Ni, 来提高强度，否则，这将是很大的错误。我们应该根据国家资源情况来

出发，有的用户厂因为C高了而不用，这正是错误的。因此我们现在很迫切需要建立中国的合金钢系统，规程和标准。

例如，有的厂说40分使用有困难，它的强度，硬度是不够的，而我问他们为什么不用50力呢？回答是考虑一下，可能行。这个例子说明建立检验规程的重要性，以便找到钢的正确使用。

由各用户所提出的材料申请卡片看来，他们有时提出的要求很特别。如果能掌握选择钢，那就可以节约大量钢材。

在中国正在进行节约合金的运动，而中国用水淬的碳素钢的含碳量0.48%就是极限。事实上，这个极限可以提高到0.55%这对技术水平高的热处理技术人员是可以掌握的，这也是节约Ni和Cr的一个好方法。

例如：钢在淬火时对于不同的断面有不同的冷却速度，这可由下列数字说明：

工件直径：	淬水时冷却速度（秒）	淬油冷却速度（秒）
63.5边部	0.3	30
心部	20	100
25.4边部	0.1	5
心部	8	35

可见淬火时，对不同的断面冷却速度是不同的，找出适当的冷却速度淬火，这也是节约钢材的一个好方法。

在工具钢中有要求表面硬化的，也有要求全部硬化的。而对于要求表面硬化的则要人为的加些杂质降低纯度，而要求能淬得透的钢，则应当是较纯的钢。

在机械厂感到另一个大问题，就是条带组织的存在。对于某些用途来说，条带组织是不利的，但对大多数用途，则影响不大。例如对板弹簧来说是可以要求低些，因为它要求能有一定的纤维组织。所以在检验钢材时，对条带组织控制严格，那就会造成大量钢材报废。

目前世界上有一种新的复合钢，是由一层硬的一层软的钢组成，可以耐交变负荷。板弹簧亦是由一层层的组成，即有一片上有裂纹，而对整个的影响不大。但条带组织并非是不可避免的，只要注意轧锻温度，很好地控制，尤其是热加工后的冷却很重要，是可以使条带组织得以改善。软碳钢可以用水轧^①方法避免条带组织。

三、钢的化学成份

在钢中含Si与钢中白点有很大关系，在依万钦柯专家的报告里已谈到，这是很重要的。而鞍钢的钢轨的缓慢处理和Si含量亦有很大的关系。目前世界上用坑冷设备的只有鞍钢。应该进行缓慢冷却，但不应那样做，用其他方法可以大量节约生产成本。关于钢中含气体，有人经常认为，应该通过在冶炼方面，尽量清除气体来解决白点问题，这是很教条的。因为不少钢如沸腾钢就是要求气体的。

冶炼时在预加热砂铁问题上有矛盾，有人认为利用730°C退火20'，即可减少气体，这种加热温度是不够用的。

Si：可按标准规定，Si的含量是0.17—0.35%，但对于好的钢厂来说应该范围更小一些，根据德国经验Si的含量在0.3%—0.35%有利（中国并不一定适合，需要试一下）。世界各国对无砂沸腾钢的冶炼很多，它有它的优点，即是不需切头，表面有一定的“脂肪层”，用于制造建筑钢材及管材是较适合的。而它的问题就是存在偏析，从而报废很多。中国情况更不令人满意，而这个问题也是可以通过材料流程卡片来找出原因。在技术上是应使浇铸温度低浇铸速度快来求得解决。在欧洲林茨厂采用低温浇铸方法，水口砖直径为80图，铸件结果良好。

① 水轧系指停轧后利用余热进行淬火——编者。

Mn: 锰主要是对钢的表面能起到很大作用,在苏联查波罗什厂参观时,见到他们可以在出钢时来调整 Mn 的含量。

中国可用刻象牙的精巧工艺来对待钢的冶炼,这种冶金技术操作也是可办到的。

S: 在去 S 的问题上对降低成本有很大意义。中国的转炉钢已经很纯了。这也就是说没有必要为除 S 而提高成本。对于平炉而言使 S 降低提高产量。对于冶金工作者来说,只要不增加成本并能在增加产量的条件下,来将钢炼得纯一些是应受欢迎的。

为提高平炉去 S 的效率应是:

1. 提高送风量;
2. 适宜的碱性,使炉渣稀一点,均匀一点。

在平炉钢中是应尽量去除 S,但对转炉钢来说, S 可保持高一点,这样则可降低成本。

钢中的偏析主要是由于 S 的存在。有的厂则不要含 S 稍高的钢材认为焊接性不好,如果用碱性稍高的焊条就可以焊接。

在中国不久就会大量的生产钢管,而用偏析大些的或沸腾钢制造输气管也是适宜的。

合金钢:

Cr 是提高钢质量最主要的元素。Cr 在中国是比较缺乏的,从 Cr Ni 钢申请书可以看出,在有许多情况下是可以不用 Cr,这样可大量节约 Cr。而有的厂自己也建议用碳素钢来代替,尤其是在电机制造中,可以省大量的 Cr。中国钢种由 331 种增加到 600 种,原因之一是为了节约 Ni 和 Cr,这就要求有一系列的新钢种。有人认为钢种少,能够节约 Ni, Cr。而实际上正相反,钢种愈多,就愈可以节约 Ni, Cr。因为钢种多了,就有可能更适合地选择代

替镍铬钢的钢种,使钢内所含合金达到够用的数量。这样即不会浪费钢,亦不浪费合金。在今后中国就不应该再用别国的图纸来选用钢种,应当根据自己的钢种来选择使用了。

在机械设计中,主要是以屈服点来做为计算的依据,但不能仅仅为了达到高的屈服点而牺牲了别的性能。要确定什么是最适合的屈服点,这是相当困难的,这要有经验和经过多种的计算,才能找出必要的屈服点。

今后机械设计的趋势,应当是使安全系数愈小愈好。

对于机件的可变负荷要求,也是可以计算出来的,但是对于机件所要求的韧性尚不能计算出来。

在设备设计中,首先要的是屈服点,而后是延伸率和断面收缩率。苏联对断面收缩率很重视,这是正确的,对于 A_k 也应重视。但也不应过度的要求,而往往过度的要求是没有根据的。

在资本主义国家中为了能多卖钱,而是以 A_k 高作为商品宣传。其实并无必要,如果 A_k 是 11 或 12,那是一样的。事实上,总是很难断定所要的 A_k 是多少,而少于它就不行。

一般使用上 A_k 为 6~7 就足够了,例如美国福特汽车工厂很久以来就用 A_k 为 1 的曲轴运转,结果表明它仍然是很好的。对于低温状态的工件, A_k 亦是重要的。许多人认为应有很多的 Ni、Mn、Cr 来做设备才行。另一方面在德国某个大化工厂所用冷冻设备的 A_k 为 1,但它仍然操作得好。这也说明冷冻设备不必一定要有很高的 Mn 和 Cr、Ni,而用 Mn=1.5 再加些 Al,也可以得到很满意的适用于低温操作的 A_k 。

四、热处理及检验:

热处理大多是在机械厂进行，而最后的热处理是确定机械性能最重要的操作。这无疑是要求有很正确的操作。

在以 Cr—Mo 鋼代 Cr—Ni 鋼时，我們提出应该采用双重淬火，而有些工厂却認為这样使成本增高了。而事实上对 Cr—Ni 鋼亦用双重淬火才能充分发挥它的优点。如果对 Cr—Mo 鋼也要用一次热处理，当然也是可以的，所以我們不但要正确的选用鋼材，而且也应该正确的选择热处理方法。

当用戶使用鋼材有困难时应找顧問室，例如选择铬鉬鋼的渗碳处理条件与铬鎳鋼不一样，这一点常常被忽略，如及时問本室就可得到解决。有一个厂提出，在用 37 SiMn 5 时，在 80 圓的鋼上有不正常的 2 mm 的脱碳层，以前 CrNi 鋼沒有这种情况。

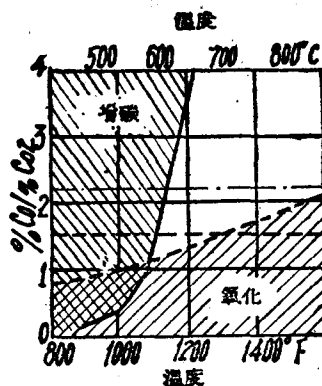
在美国对 152φ 的鋼其加工公差是 9.5mm，对于 25.4φ 的公差是 0.8mm。这亦說明我們也应该有自己的公差标准而过分的要求也就意味着浪费。

弹簧鋼的脱碳問題：

弹簧鋼的脱碳亦是世界上注意的問題，最好的解决办法，就是西德北庫瑪联合企业用电加热，能使鋼在几秒鐘內加热，而不发生脱碳。但沒有这种設備也可以减少脱碳。这应当看如何控制好爐內气氛来解决，正确的控制可由图看出。

最容易脱碳的是 H_2 和 H_2O ，而 CO 和 CO_2 則不太危险。图上沒有表示 H_2O 的情况。在图上的空白区操作是可以减少脱碳。但脱碳最大的情况則是軟的还原的火焰，也就是 H_2 最多的时候。

Ni : Ni 的节约是有它一定的限度，在机械制造业，大断面工件是可以节省 Ni 的，而对于大的鍛模尚不能全部都节约掉。各国都在这方面尽量减少 Ni 的使用。



在机械工业中，Ni 是可以大量的节约，但在化学工业上尚不能大量的节约，而只有从降低鋼内含 Ni 量和制造复合板及焊接方面来解决。

对于化工用鋼在化学成分上应当严格要求。成份不合的，就应该报废。例如不銹鋼中的 Cr 应为 12% 而所炼出的是 11.8% 則就应该报废。而对 Ni 的要求却不是那样的严格。世界上化工用鋼总的用 Ni 量不是减少而是增加，例如在不銹鋼 18—8 中鎳 8%，现在却已增加到用 18/12、14/12。

最后要談一下热处理的問題。

中国为节约鎳铬，采用代用鋼，而它們的物理性能和机械性能都要保証原鋼种的要求，在低溫时也应保証，其先决条件是要有正确的热处理。新鋼种的热处理很重要，而对不合适的处理很敏感。要注意的是不要使之过热，但是过高温度不是到处可以教条式的对待。

德国在战时用于飞机上的 Mn—V 鋼 (Mn=1.5, V=0.1)，用来做机翼夹和螺旋桨的支架，但在書上說，它过热易于在高温下晶粒变大。但在 1200°C 保温 50 小时，空气剧冷却得正确时，那它的

A₁ 可以保证 12。这只是一个試驗，在实际生产上是不用 50 小时。在实验时曾故意把保温时间延长，加热到 1300°C 亦得到良好的性能。

通过这个例子说明，可以找出各种不同的热处理规程而不应是教条的对待。

对冶金工作者来说，600 个新钢种的冶炼并不难，在中国有足够的设备，可以完成。但困难的，也是更重要的，是热处理和正确使用。而赶上英国亦应着重在后二方面努力。

蔣 和 露

工具鋼斷口缺陷

大連鋼廠中心試驗室

按部頒标准要求，工具鋼須進行斷口檢查。我廠在執行部頒標準中長期以來沒有檢查的標準，只是根據蘇聯專家報告中所談及一些斷口缺陷或有關資料上所介紹的情況加以主觀的判斷。因此，往往使某些缺陷漏報或錯報，同時對許多缺陷是缺乏感性認識的，直到現在，有許多資料上所介紹的斷口缺陷還未曾遇見過。本文中所述及的只是我廠在日常檢查中所發現的斷口缺陷，計有白點、粗晶粒、夾雜氣泡、殘余縮孔、內裂、蕪狀斷口和石狀斷口。其中蕪狀斷口及石狀斷口在正常生產中一直未有發現，而是根據資料，用產生這些缺陷的條件造成的。此外如標準中所提到的層狀組織及閃點等缺陷則因毫無認識，未能搜集于此。

關於缺陷的定義及其產生原因，僅是初步認識，其中錯誤之處，希大家討論指正。

一、白 點

特征：鋼中具有銀白色亮壁的內部小裂紋，在縱斷口上，可觀察到以下幾方面的特征：如圖 1、2 所示。

1. 結晶度：銀白色斑點上的結晶度較正常粒狀或纖維狀金屬基底為粗。

2. 形狀：隨白點的形成條件和白點與折斷面的位置不同，銀白色斑點有的呈圓形，有的呈橢圓形，也有的與折斷面成一角度的細縫。

3. 色澤：斑點呈銀白色，一般較明顯，也有的不明顯。

4. 位置：多出現於軸心區域。

証實：在橫向酸侵低倍組織上，可觀察到鋸齒狀的內在小裂紋，經常呈放射形排列，多在軸心區域（如圖 2a）。

二、粗 晶 粒

特征：在任何斷面上都可以看到，具有強金屬光澤。較正常鋼晶粒為粗的金屬顆粒。對於不同鋼種，晶粒的粗化程度不同，在合金工具鋼中的表現如圖 3，高速工具鋼中如圖 4，碳素工具鋼的表現如圖 5、6。

証實：在金相腐蝕面上，用肉眼觀察到粗晶粒的表面如 6a 中的 1~5，細晶粒的表面如圖 6a 中的 6、7，兩者顯然不同。按重鋼 15~55 測定其自然晶粒大、小時，6、7 號 5~6 級，其餘則為 1~4 級，亦可証明 6、7 號為細晶粒斷口。

成因：不同鋼種的晶粒大小，隨化學成份，冶煉方法，加熱溫度及保溫時間而異，不適當的加熱制度將會造成粗晶粒。一般檢查工具鋼材斷口要求細致均勻，主要是控制退火、熱處理等不發生過熱現象。

自然晶粒度的大小對此有關，但一般不予考慮。

三、非金屬夾雜

特征：較基底金屬暗淡無光澤，且常顯示出各種不同的顏色。

如：灰、暗灰、白色等。其大小、形狀和分布都無一定滲混在金屬中。熱加工後的鋼材縱斷面，可看到沿加工方向堆積或條狀，在高速鋼中的表現如圖 7、8、

9、10。

証实：在橫向酸侵低倍組織上可看到同样特征的夹杂物如图 7a，有些被酸侵試剂蝕掉則成空洞。

断口上夹杂物的垂直方向制成金相試片，在放大鏡下可观察到巨大的非金屬夹杂物堆积。如图 8a、11a、11b。

成因：在出鋼和浇注时，由于外部进入鋼液中的耐火材料、渣子、砂子和其他非金屬的細小顆粒混入紧集而成。一般較內在的非金屬夹杂物（脫氧、脫硫产物之类）大得多，可为肉眼见到。

四、气 泡

特征：气泡是一种气体夹杂，在热加工鋼材的縱断面上，通常以一种非結晶构造的微細条状出现。用肉眼可看到較基底金屬稍暗的光滑表面，在高速鋼中的表现，如图12；在合金工具鋼中的表现，如图13；当用放大鏡观察时可以更明显地看到与基底金屬具有同样色彩和光澤的光滑表面。当縱向断口与纖維不平时，气泡呈細孔或釘状孔。

証实：有气泡的試料，在酸侵横断面上，可观察到未被氧化的針孔状空洞（图14）。

成因：在冶炼和浇注过程中控制不当而造成。如冶炼过程中的脫氧不良或原材料干燥不够，鋼液中存在大量的气体，在随后的冷却过程中析出而未排除，在鋼內游离存在所致。

五、残余縮管

特征：在鋼材中心，可见到未切除的縮管，有时其中还夹有大块夹杂物的都是残余縮管（图15、16、17）。而在鋼材中

心区出现有非結晶构造条紋的疏松区域，在热加工过程中，这些区域沿非結晶条紋有氧化现象（如图18），此区域多位于残余縮管下部，但亦系残余縮管的延續。

証实：在橫向酸侵低倍組織的試样軸心区可看到較大的孔隙、裂紋、树枝状結晶間的小縫隙等等疏松区域（如图19）。此疏松区域有时可看到非金屬夹杂物。就縮管区制成金相試片，在放大鏡下可观察到巨大的非金屬夹杂物；氧化物和矽酸盐等。（图16a、17a）。

成因：鎮靜鋼錠中的鋼液，在模內冷却时，金屬由液体变成固体結晶，由于体积的收縮，鋼的比重显著增大，液面下沉，而又无足够的鋼液填充，因而造成縮管。同时由于凝固中体积的收縮和鋼液中气体溶解度的显著下降，以及非金屬夹杂物的凝聚，而自鋼液中逸出，被排挤到鋼錠最后凝固的部位，即鋼錠头部。使这份具有最多的杂质，有时凝固层的溶体填入空隙中，当不够填满全部空隙时，就形成了空隙和疏松现象，此空隙疏松区必然有着較多的气体和非金屬夹杂物。

六、內 裂

特征：鋼的内部細縫似毛紋，有时穿晶开裂严重而形成未被氧化的裂口状（图20），其大小形状視开裂条件的不同而不同，开裂縫的表面和基底金屬一样都是白色具有光亮的表面。

成因：鋼液在冷却过程中发生結晶轉化而引起的組織应力，以及和鋼的其他缺陷一起（气体、非金屬夹杂物），在加压力下，产生的內应力集中到超过鋼的强度。

在有残留应力的鋼錠中不正确地加热制度时也会产生这种細縫，尤其是在高合金鋼中比較容易产生。

七、茶状断口

特征：在普通細結晶形断口的基础上，出现一个个具有特殊弱金屬光澤的粗晶粒小片，尤其在改变入射在試样光綫的傾角时，特別明显像茶的顆粒。在高速鋼橫断面的表现形式如图21；縱断面的表现形式如图22、23、24；在碳素工具鋼中的表现形式如图25。

証实：將試样进行显微分析結果，除能看到特別粗大的奧氏体晶粒外，晶粒大小往往极不均一，并看到碳化物在晶粒內部析出的特殊分布，（如图24a、24b、26）。

成因：主要是鍛制不足，及随后的过热或在过高溫度下結束鍛造（或軋制）而产生，但若变形程度达30~40%时，不管結束热变形的溫度如何，均不出现茶状断口。高速鋼及其他馬氏体——奧氏体組織的鋼，未經中間退火，进行快速加热到淬火溫度，作二次重复淬火处理，就能形成茶状断口。經退火的成品鋼，經二次以上淬火也可得到（图25），回火后茶状断口更清楚。一般高碳合金鋼視鋼中的合金元素不同生成条件也不同，錳、鉻能促进茶状断口較早发生，因而在鉻鎳鋼、鉻鎳錳鋼、鉻錳鋼、鋼中較易形成，复杂的高碳合金鋼中更易形成。在不加合金元素的高碳鋼中比低碳鋼容易形成〔5〕。

八、石状断口（又称

岩石状断口

特征：断口的晶粒組織特別粗大，一般是沿晶界面断裂凹凸不平，凹与凸相对的断面，很像粗晶粒断口，但特別不同的是缺少清晰的金屬光澤，在合金工具鋼中

的表现如图27。发展不严重时，往往与茶状断口同时混合存在，（可能是单独的部份或石状构造的单独晶粒）。当这种缺陷扩展过甚时，整个断面像石状结构（图28），尤其在淬火以后，整个断面上有着个别无金屬光澤的粗粒部份看得更清楚（图29）。

証实：較粗晶粒断口无光澤，制成金相試片，可看到过热組織（图27a）。晶粒特別粗大，一般在1.5~2.0%，并在发展到2.0%以上。石状断口的出现，应将該批鋼报废。

成因：主要是在过高溫度下鍛造生成或在热处理过程中鋼充分过热而成。一般促进茶状断口形成的合金元素，鉻、錳等，也都能促进石状断口的形成，合金鋼在長時間加热中合金元素蒸发和濃縮，奧氏体晶粒长得很大，夹杂物溶解，在冷却过程中，这些非金屬相（夹杂气体），沿巨大奧氏体晶界形成薄膜，此膜韌性差，在断裂时易破裂，在断口上就形成了缺乏金屬光澤的巨大晶粒的石状断口。尤其是鑄鋼在接近固相綫区域長時間停留容易出现。

代表报告人：柯秉忠

参 考 資 料

- 〔1〕 鋼冶金学 邵象华
- 〔2〕 合金結構鋼 BoA捷列著 P297-300
- 〔3〕 部頒标准重鋼 24-255
- 〔4〕 苏联国家标准鋼錠缺陷命名 ГОСТ 3703-47 B52
- 〔5〕 ПРИРОДА ИЗЛОМА ПЕРЕГРЕТОЙ СТАЛИ М.П.Браун 著
- 〔6〕 СТАЛЬ 1955年7期 P631
- 〔7〕 СТАЛЬ 1954年11-12期 P354
- 〔8〕 СТАЛЬ 1956年9期 PP 809
- 〔9〕 The journal of the Iron and Steel institute 1946年153 PP237-279

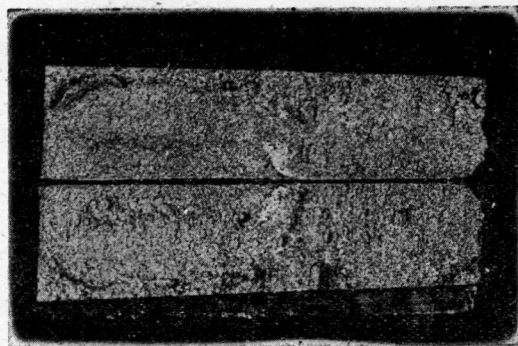


图 1 白点 $\times 2$

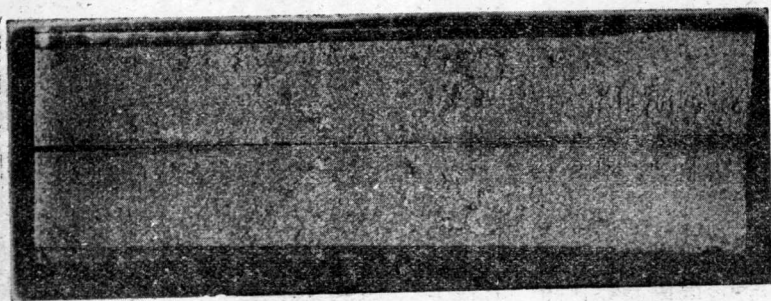


图 2 白点 $\times 10$

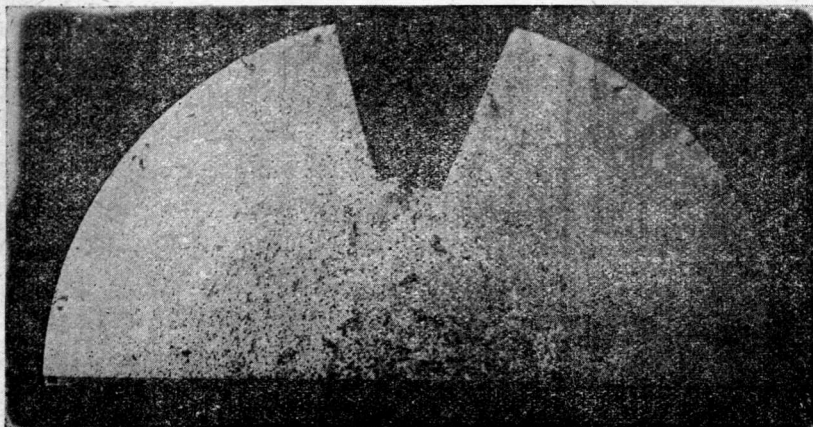


图 2a 断口的横断面被浸低倍组织 50% HCl 水溶液浸蚀



图 3 9カ×L

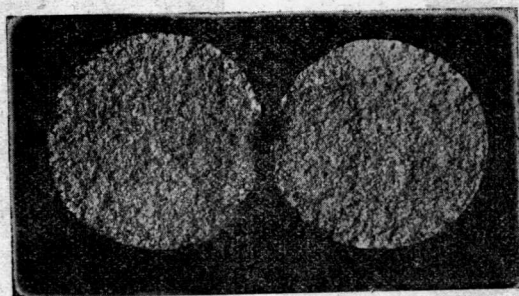


图 4 218



图 5 218