

# 关于几种低倍组织缺陷的识别

东北机器制造厂 李绵崑

**内容提要** 金属材料质量主要是通过酸浸试验,检查其低倍(宏观)组织进行判定。虽然有GB1979—80《结构钢低倍组织缺陷金相评级图片》作为钢材质量评定的依据,但实际出现的一些冶金缺陷并非都典型,尽管比照标准图片,有时也易发生误判,导致不应有的损失。比如缩孔残余、中心疏松及中心碳偏析三者之间有时就容易混淆。笔者对上述低倍组织缺陷的识别,以实例作了阐明。

## 1. 引言

钢材的常规检验和失效分析,一般都离不开酸浸低倍试验。尽管当前科学技术发展很快,普遍应用扫描电子显微镜等现代化大型精密测试仪器,但酸浸试验法仍是测试技术的重要手段之一。

GB1979—80《结构钢低倍组织缺陷金相评级图片》对钢材中出现的各种冶金缺陷都有典型图片和定义说明。

但生产实践中,往往出现一些并非都是典型的缺陷,可能有不同的形态,如不仔细分析鉴别,在检验评定中容易混淆,以致误判,给工厂生产造成严重损失与浪费。现就生产实践中遇到的一些实例作一个介绍。

## 1. 缩孔残余与中心碳偏析的识别

按照GB1979—80对缩孔残余的解释为:“在酸浸试片的中心区域(多数情况)呈不规则的折皱裂缝或空洞,在其上或附近常伴有严重的疏松、夹杂物(夹渣)和成份偏析等。”

“评定原则:以裂缝或空隙大小而定。”

以上的解释是比较明确的。从标准图片,如图1与图2上看到的特征是:缺陷位

于中心区,边界不规则,呈现黑色,里面是裂缝还是空洞,一般观察实物比图片清晰和可靠。因为缺陷呈现黑色,有时就分辨不清,容易与其它缺陷混淆。

图3为D60碳钢钢锭经轧制成115毫米方钢在做纵向低倍试验时出现的缩孔残余。孔洞断续的分布于轴线上,因为经过轧制,缩孔残余已经变形和伸长,甚至成断续状态。在日常检验中这种情况比较罕见,也容易识别。

图4, D60碳钢横截面上发现的缩孔残余,比较典型。因为它在酸浸试片中心区域,呈现出规则的折皱裂缝,虽然从图片上呈现黑色,但从里面浸润出的酸液痕迹(周围浅黑色)可以证明是比较深的裂缝,甚至可以说是较大的空洞。符合评定原则,故为缩孔残余。

图5, D60碳钢横截面酸浸试片上,中心有数个不规则的空洞,其周围有环形裂缝,此缺陷是缩孔残余。钢锭虽经过多次轧制和热冲压加工,中心仍未弥合,说明空洞和裂缝里存在较多的非金属夹杂物起着隔离、分层的作用,使得金属组织不能焊合成整体。照片实物经水压试验漏水,这些空洞和裂缝贯穿整个成品厚度,破坏金属连续性,严重降低金属强度性能。技术条件上规定缩孔残余是不允许的缺陷。

图6,亦为D60钢横截面上出现的缩孔残余。单凭此图不足以肯定就是缩孔残余,虽然从试验面上有一般疏松可以确定此试样为原钢锭的头段,但缺陷处究竟是裂缝还是偏析?还是中心疏松?由于颜色暗黑和细小而看不清楚,对其内部需要探知。在这种情

况下，应该做辅助性试验，作为最后判定的佐证。

将实物从中心缺陷处剖开，检查纵向低倍组织。图7就是与图6箭头所指缺陷对应位置之纵向上发现的孔洞，实物因经受热冲压加工，中心区孔洞被挤压变形，呈斜方向分布。孔洞被剖开呈现沟槽形态，酸浸试验前后均未发现肉眼可见的非金属夹杂物，里面是空的，由此才可以判断图6缺陷是缩孔残余。

图8，试样为经受热冲压加工后的酸浸横截面，观察到受酸液浸蚀程度不均匀，有一般疏松，说明它是属于原来钢锭的头段。中心有一不规则小裂缝，周围有从里面浸润出的酸迹，说明它有一定深度。可以判定为缩孔残余。为了探索其严重程度，有条件时最好从中心再剖开，检查纵向低倍组织，试验方为彻底。如图9，横截面上的小裂缝在这纵向上是一条很深、贯穿成品厚度的长沟，显然，这又是一个由于缩孔残余破坏金属完整一致性的废品。

图10，如果按照标准图片，如图1和图2来评定图10的缺陷，只观察横截面低倍组织，则很容易误判为缩孔残余，因为它们，尤其与图2似乎很相象，缺陷位于中心，边界不规则。但是，要注意到此缺陷是实心的，虽然呈黑色，可受蚀程度较轻，并不是裂缝，更不是空洞。再检验纵向低倍组织，发现缺陷处是明显的暗黑色条带，本身金属组织致密，与基体交界处是连续的整体，没有裂纹、裂缝、空洞等破坏金属完整性的缺陷。为了给缺陷定性，做出以下试验结果。

#### 1. 硬度试验

中心暗色条带区：HB269—273

正常基体区：HB216—229

#### 2. 化学成分分析

中心暗色条带区：C=0.91%

正常基体区：C=0.80%

#### 3. 金相组织

中心暗色条带区：基体都是珠光体，图11。

正常基体区：珠光体+网状铁素体，图12。

从以上结果表明，暗色条带区是高增碳区，都是珠光体组织，所以硬度比基体高。

4. 扫描电镜观察断口组织。暗色条带区与正常基体断口组织微观形态相同，均为解理断裂特征，未发现缩孔残余断裂特征。

5. 非金属夹杂物检查。暗色条带区与正常基体区非金属夹杂物含量和分布相同，主要是硫化物，达三级，氧化物很少，一级左右。暗色条带区未发现比基体有异常性质和数量的夹杂物。因此认为非金属夹杂物对此缺陷无影响。

综合起来分析，图10缺陷应定为中心碳偏析。至于中心碳偏析这种缺陷，是属于炼钢浇注时操作不正常造成的。目前还没有纳入到国家标准中来，这在生产实践中经常遇到。

一般中心偏析是钢水在钢锭模内冷凝过程中形成的正偏析，存在位置于缩孔之下，即所谓V型偏析，在钢坯横截面上表现为中心区域的偏析，因偶然条件的改变，促使含碳量突出增高，故叫中心碳偏析。

当采用石墨渣保护浇注时，一旦注速过快，使上升钢液冲破渣层，将石墨粉卷入钢液内部，钢液受石墨粉的增碳作用，故此区域含碳量增高，在酸浸试片上表现为暗黑色。

为了考察中心碳偏析的影响，做了化学成分与机械性能试验，现列出两例数据，供参考。

(1) 见图13。此为D60之115方钢横截面低倍组织，图14为其对应的纵向低倍组织。分别从中心碳偏析区和正常基体区取试样，作化学成分和机械性能分析试验。试验结果见表1和表2。

(2) 见图15。此为D60之115方钢横

表 1 化学成分

化学成分(%)	C	Mn	Si	S	P
中心碳偏析区	1.04	0.58	0.28	0.052	0.019
正常基体区	0.68	0.59	0.23	0.044	0.019
YB479-67规定	0.55~0.65	0.50~0.80	0.17~0.40	≤0.05	≤0.05

表 2 机械性能(纵向)

机械性能	$\sigma_b$ , kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s$ , kg/mm <sup>2</sup>	$\delta$ %	$\psi$ %	$a_K$
中心碳偏析区	84.3	44.3	3.3	7.2	0.88
正常基体区	70.8	31.7	17.3	23.7	2.1

表 3

含碳量与机械性能	C %	$\sigma_b$ , kg/mm <sup>2</sup>	$\sigma_s$ , kg/mm <sup>2</sup>	$\delta$ (%)	$\varphi$ (%)
中心碳偏析区	0.92	86.0	58.7	7	8.6
正常基体区	0.65	71.2	33.4	21.2	19.2

截面低倍组织。含碳量和纵向机械性能试验结果见表3。

上面数据表明,中心碳偏析能提高中心区的强度,降低韧性,破坏了钢材机械性能的均匀一致性。故是不希望有的材质缺陷。

### II. 中心疏松与中心碳偏析的识别

GB1979—80对中心疏松缺陷特征的描述是:“在酸浸试片的中心部位呈集中分布的空隙和暗点。”评定原则:“以暗点和空隙的数量、大小及聚集程度而定。”

顾名思义,中心疏松就意味着钢的中心区域组织不致密。它是有级别限制的冶金缺陷。它是钢液凝固时,体积发生收缩而引起的组织疏松。钢锭中心区最后凝固,在先结晶的树枝状晶轴间溶有析集出的气体、低熔点组元及非金属杂质。从机械加工面上观察,金属组织似乎是致密的,但经过酸浸试验后,非纯净金属都被浸蚀掉,呈现一些孔

隙,暴露组织,所谓疏松。

图16为标准里中心疏松的二级图片。中心疏松与中心碳偏析本来是有明显区别,性质截然不同的两个概念。但在实际检验评定中亦容易发生混淆。以往只要试片中心有暗黑斑点,就只可有意的往中心疏松缺陷上靠级,因为直到目前还没有比中心疏松更接近的标准图片。实质上往往发生误判。如果都象标准图片上展示的空隙和暗点那样比较小和集中也好评定,可是有时遇到数量少并位于中心的暗点,一般也按中心疏松套级评定,笔者认为这样处理不妥。比如图15和图17。通过多次试验分析,它们和中心疏松之间有着明显差别。图15中心只有一个暗点,肉眼直接观察到它是实心的,既不是缩孔残余又不象中心疏松。这个实心暗点经化学分析,含碳量高达0.92%,而正常基体含碳量为0.55%。所以定为中心碳偏析是比较实际

和合理的。

图17中心处的黑色缺陷，也是孤立的一点，并且比较小，一般也往中心疏松上套级。但对此黑点经两次化学分析，含碳量高达0.75%，而正常含碳量为0.60%，故定为中心碳偏析比较合理。它与图1很相似，也易与缩管残余相混。

实践表明，中心碳偏析是存在的，它与中心疏松既有共同点又有本质区别，中心碳偏析按中心疏松评定是不合理的。

#### IV. 分析试验结果时应注意到的问题

理化试验分析结果，在检验评定金属材料质量和失效分析的依据，因此试验分析结果准确无误是很重要的，是对理化工作者最基本的技术要求。为此在做试验分析之前，

既要充分理解有关技术标准的要求，又要充分考虑好试验的方法步骤。评定试验结果时，对疑难性问题，在模棱两可的情况下，要慎重。不怕麻烦的力争多做几项辅助性试验，取得进一步鉴别的参考数据。由多方面的试验结果结合标准条文进行分析，是不难获得正确结论的。

此外，某种缺陷，往往具有几个特征，比如缩孔残余，除了折皱裂缝或空洞之外，常伴有疏松、夹杂物、成分偏析的特征。在评定时，就应分清主次。有时几个特征可能同时具备，有时也可能具备特征的其一其二，应从其主要特征考虑。比如图10，尽管具有缩孔的某种特征，但本质上主要是成分偏析，定为中心碳偏析比较恰当。



图 1

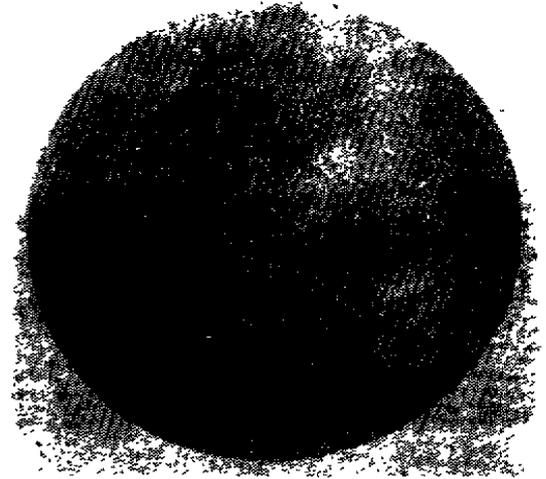


图 2

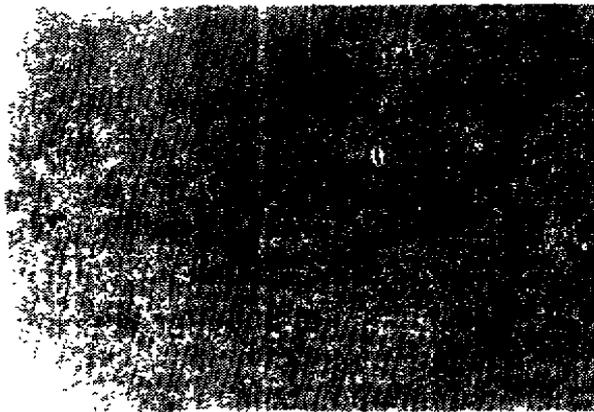


图 3

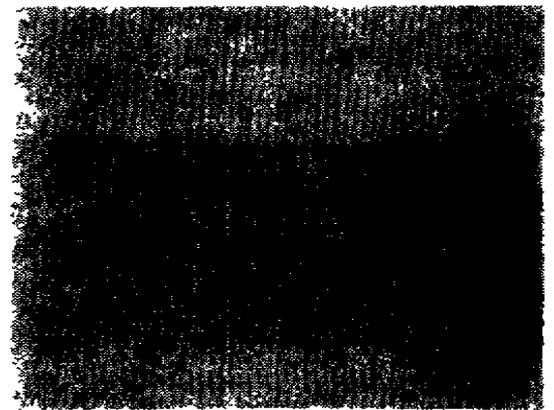


图 4

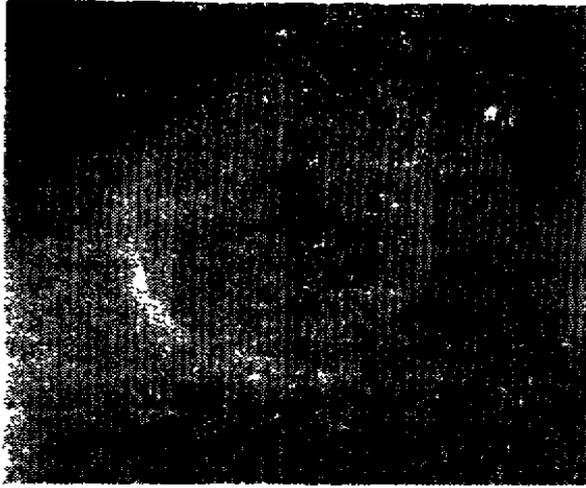


图 5

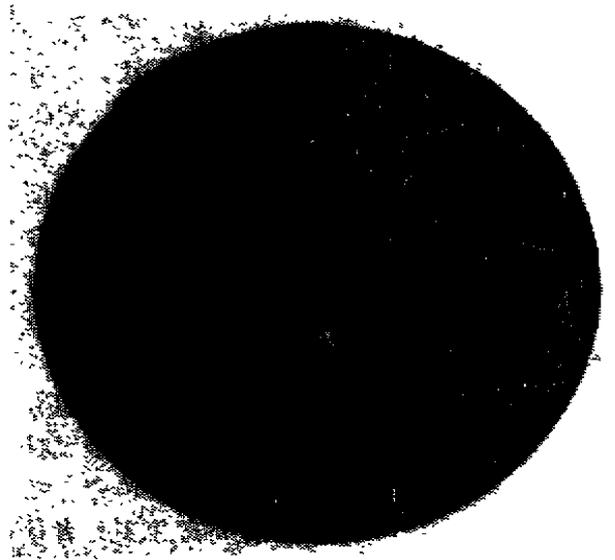


图 6



图 7

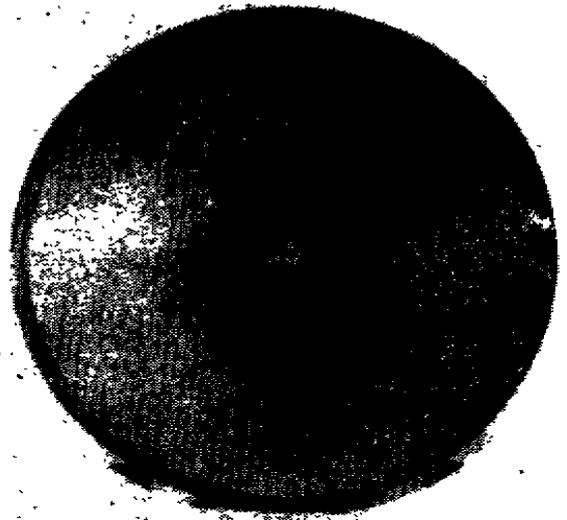


图 8



图 9



图 10



图 11



图 12

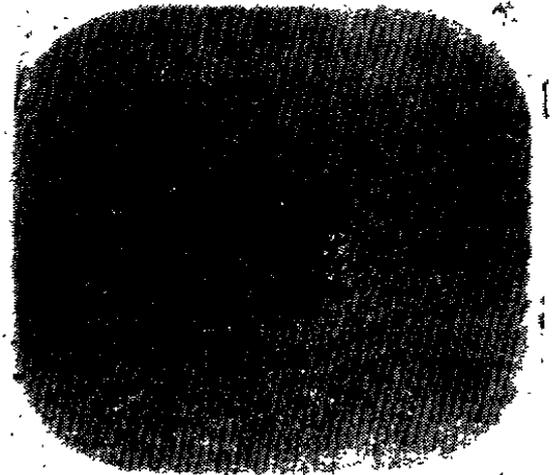


图 13

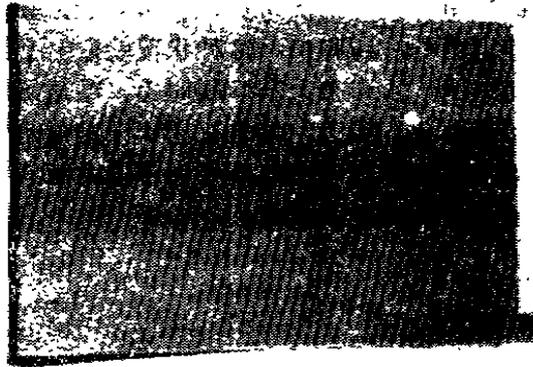


图 14

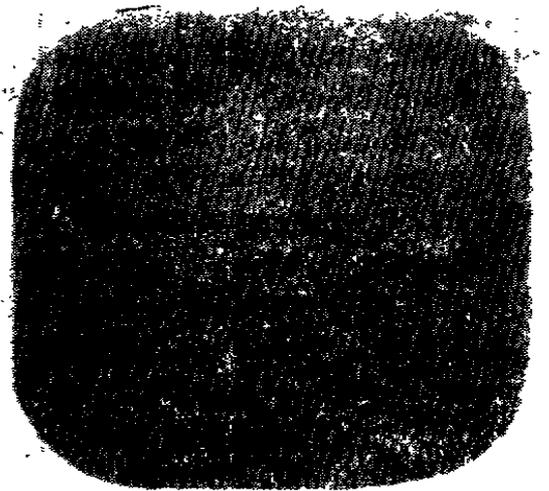


图 15

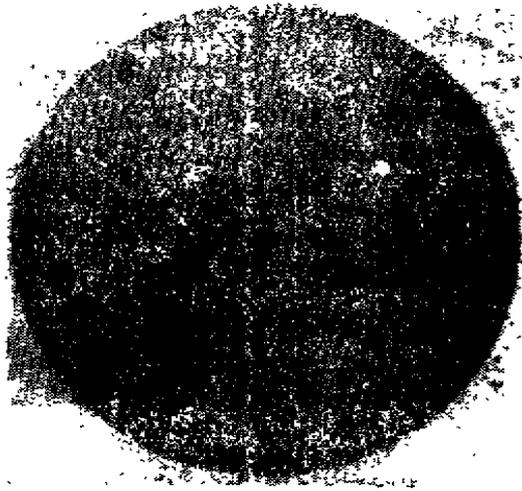


图 16

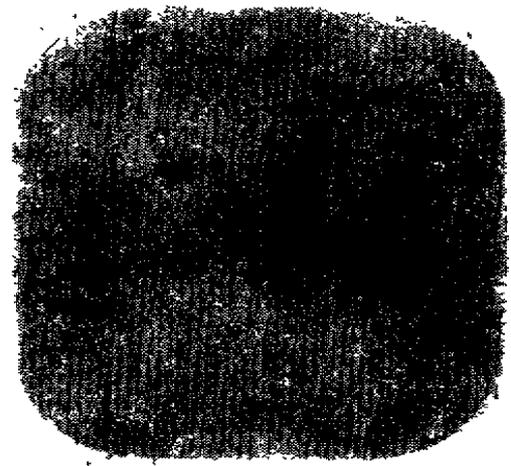


图 17

(上接第37页)

等，把日本标准化搞得形式多样，深入人心。日本规格协会大约一半的经费来源于组织会议的收费。学习日本的经验，我们也不应把标准化的管理仅仅局限于标准的制修订上。普及宣传标准化，为企业培养标准化工作者，广泛提高企业人员的标准化意识是我们的责任，也是我们一项重要的经济来源。

### 3. 加强标志认证制度的管理

日本从1949年以来，一直把制修订标准和实行JIS标志制度，作为日本工业化并行的两大任务。长期以来，我国标准化工作

主要是制修订标准，用“一条腿”走路。近年来开展的质量监督工作弥补了这方面的不足。就目前我国市场经济状况来说，国家对企业采取有效的、强制性的质量监督是很有必要的，质量监督工作机构方面也应得到充实、改革和调整。目前，在冶金系统，认证制度由冶金部钢铁司负责，而国家标准的制修订由标准所归口，这种状况就象一个人的两条腿，由两个大脑控制似的，难免出现不协调现象。所以，笔者认为认证制度也应归到标准所，至于认证检查则可以由国家批准的任何检测机关执行。