

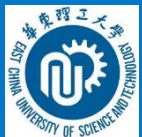
第3期

与金属加工有关的失效

Failures related to metalworking

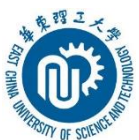
第3期-夹杂物导致的失效

2024.3.17



Imperfections in Wrought Forms

上海蓝凯



纲要

铸件的缺陷

钢锭缩管、多孔性和中心线收缩 (Ingot Pipe, Porosity, and Centerline Shrinkage)

非金属夹杂 (Nonmetallic Inclusions)

高含氢量 (High Hydrogen Content)

上海蓝凯公司

钢锭缩管、多孔性和中心线收缩 (Ingot Pipe, Porosity, and Centerline Shrinkage)

- 铸造合金中的元素很少均匀分布。即使是未合金化的金属，也以杂质元素或溶解气体的形式含有随机数量的各种杂质；这些杂质也很少均匀分布。因此，金属或合金的成分因地而异。不幸的是，这种化学成分的变化往往是显著的，并产生有害的材料条件。这种偏离铸造或锻造产品特定位置平均成分的缺陷称为偏析。合金在凝固阶段会产生化学偏析。
- 这种与标称成分的偏差是由于液体中的对流、重力效应以及枝晶形成过程中溶质的重新分布造成的。在树枝晶形成过程中，固液界面上的溶质排斥通常发生在凝固过程中，因此从树枝晶核心到树枝晶间区域通常存在成分梯度，后者富含合金元素（溶质）和低熔点杂质。

非金属夹杂 (Nonmetallic Inclusions)

- Al, Si夹杂物, 在凝固前就形成, 硫化物在凝固期间形成。MnS通常在最后凝固的枝晶间形成并沿晶分布。
- MnS容易热变形使金属具有良好的热加工性, 但严重变形后横向力学性能严重降低。
- Ca或稀土球化处理, 球状MnS夹杂不容易热变形, 热加工保持球状, 对金属力学性能影响很小。
- 宏观浸蚀可以判断夹杂, 通常有坑状形貌。容易和被侵蚀的成分偏析形成的坑混淆。此时可以退火处理, 夹杂物退火后和硬化后的形貌相同, 而成分偏析退火后不显著。

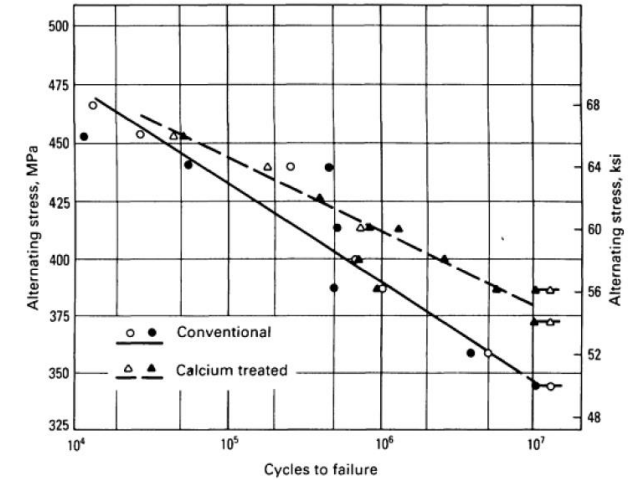
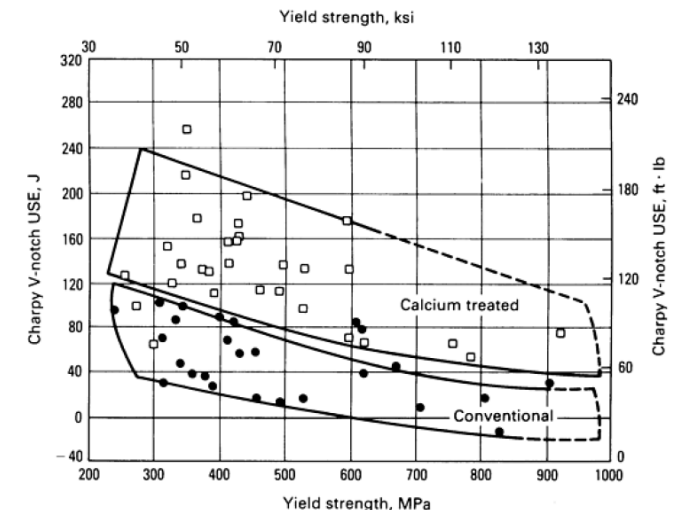


Fig. 15 Comparison of axial fatigue data for untreated and calcium-treated rolled ASTM A516 steel. 51 mm (2 in.) thick plates tested with alternating stress ratio of 0.1. Source: Ref 9



非金属夹杂 (Nonmetallic Inclusions)

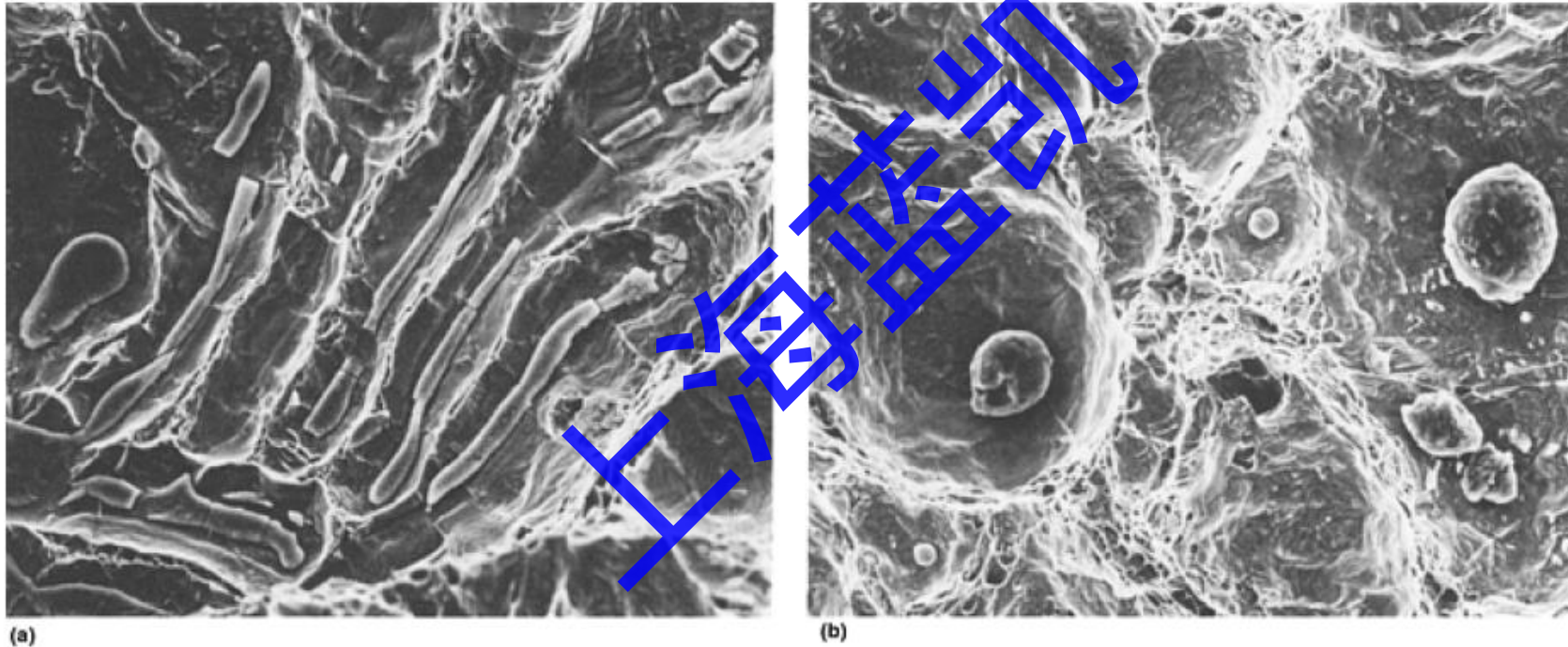
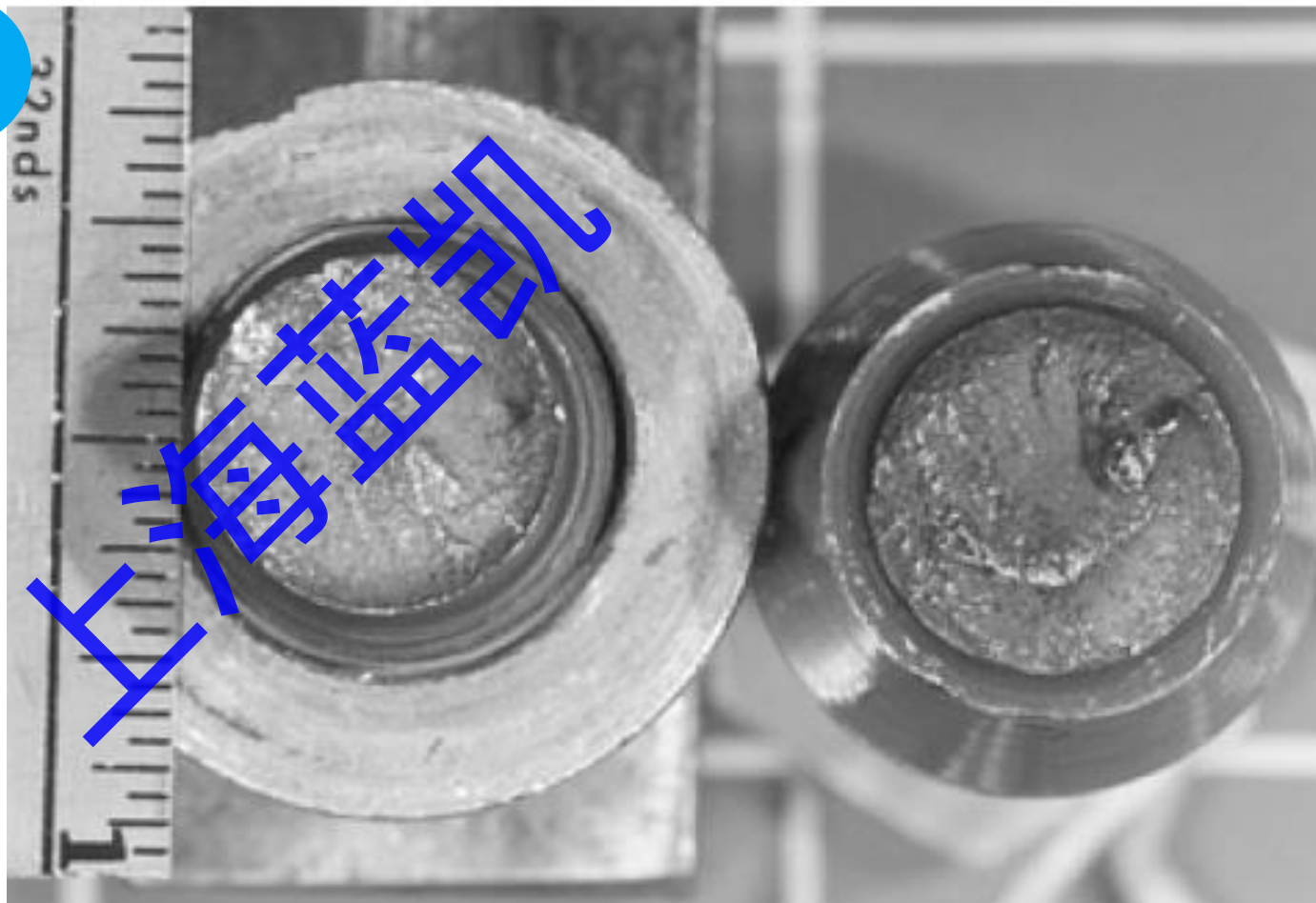


Fig. 17 Scanning electron microscope fractographs showing the effect of calcium treatment on the fracture morphology of ASTM A633C steel impact specimens. (a) Untreated steel with type II manganese sulfide inclusions showing evidence of brittle fracture. (b) Calcium-treated steel with spherical inclusions; the fracture is ductile. Courtesy of A.D. Wilson, Lukens Steel Company

非金属夹杂 (Nonmetallic Inclusions)

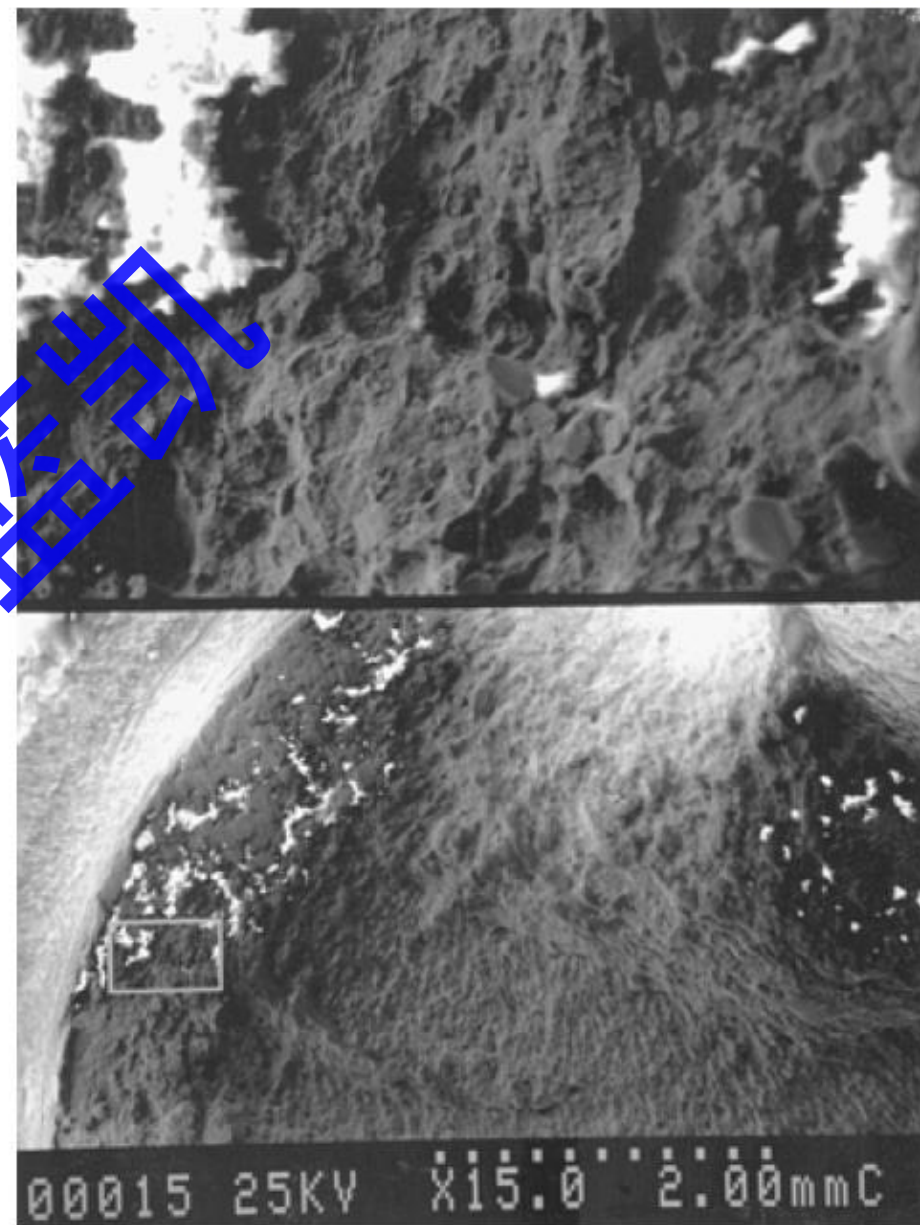
螺栓安装时断裂案例

回火马氏体并有大量夹杂，而裂纹起源于夹杂处，还有柱状缩孔。
SEM显示有白色夹杂而裂纹起源于此。



非金属夹杂 (Nonmetallic Inclusions)

SEM显示有白色夹杂而裂纹起源于此。夹杂物中含有Ca



上海蓝凯

非金属夹杂 (Nonmetallic Inclusions)

金相显示组织为回火马氏体并有大量夹杂，而裂纹起源于夹杂处，还有柱状缩孔。

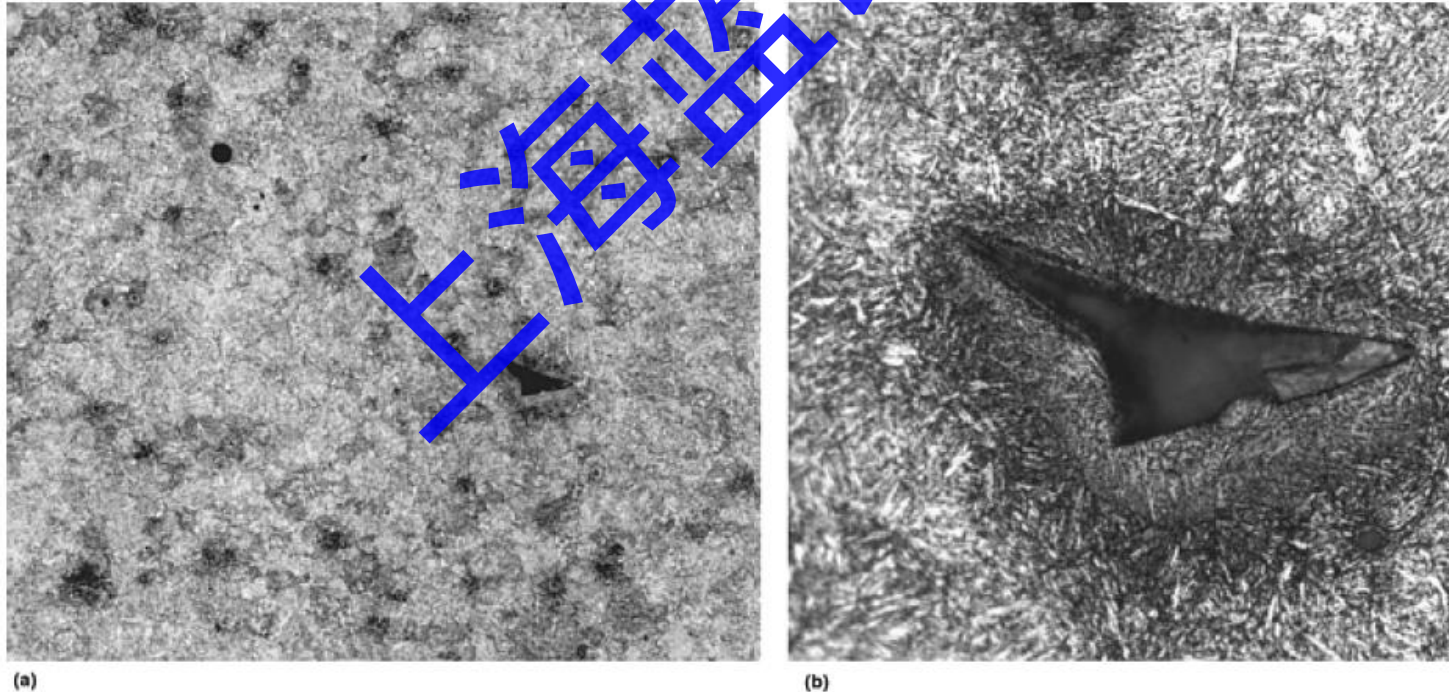


Fig. 12 Inclusions and a pipelike cavity in tempered martensite of AISI E4340 steel (Example 4). (a) 100 \times . (b) 600 \times . Courtesy of Mohan Chaudhari, Columbus Metallurgical Services