



第2期

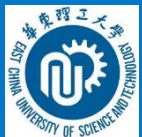
与金属加工有关的失效

Failures related to metalworking

Failures related to metalworking

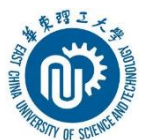
第2期：成分偏析导致的失效

2024.2.24



Imperfections in Wrought Forms

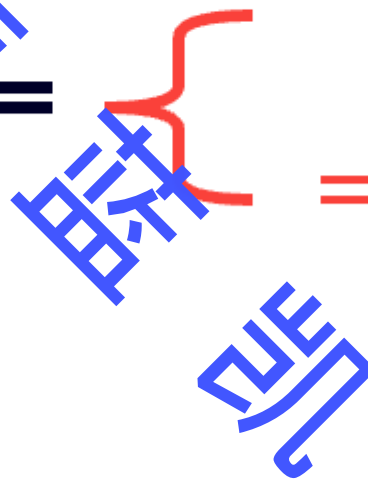
上海蓝凯



纲要

铸件的缺陷

化学偏析



成分偏析 (Chemical Segregation)

- ❑ 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，并产生有害的材料缺陷。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成分偏析。
- ❑ 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。

成分偏析 (Chemical Segregation)

- 枝晶形成过程的固液界面上会有溶质排斥现象，这样枝晶核和枝晶间有成分梯度，后者合金元素（溶质）及低熔点杂质积聚，枝晶壁上也因此夹杂少强度高，热加工时不容易随基体变形。通过扩散退火可以均匀化。但宏观偏析（从表面到心部）需要非常长的时间退火，这样非常不经济。
- 热加工可以通过再结晶或者通过破坏原来的晶粒结构局部改变偏析。刚开始加工促使枝晶间区域变形并使枝晶沿加工方向变形，继续加工时枝晶变形断裂，变得不断伸长。

成分偏析 (Chemical Segregation)

- 根据凝固过程中产生的偏析种类和程度，在一定程度上会产生带状结构。如果带状偏析严重，则会导致不连续性，造成过早失效。
- 例如，图中显示了渗碳淬火钢轧辊的疲劳断裂。轧辊所用金属中的带状合金偏析导致了严重的带状残留奥氏体，尤其是在热处理后渗碳的情况下。当轧辊承受使用载荷时，残余奥氏体向马氏体的延迟转变导致壳体-芯界面附近出现微裂纹。这些内部微裂纹形成了疲劳裂纹，并沿着辊筒圆周的壳体和芯部界面发展。

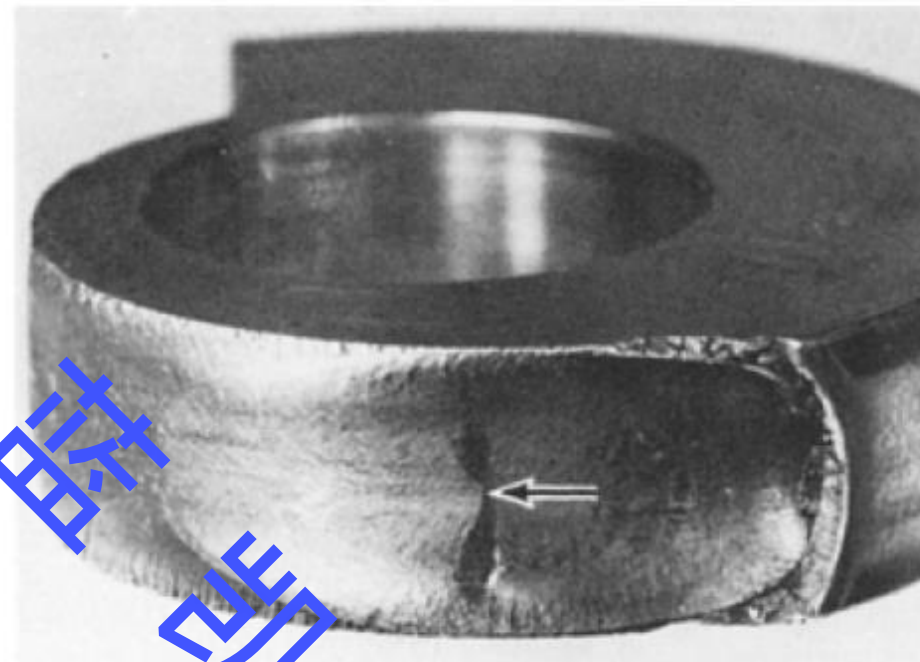


Fig. 6 Fracture surface of a carburized and hardened steel roller. As a result of banded alloy segregation, circumferential fatigue fracture initiated at a subsurface origin near the case-core interface (arrow).

成分偏析 (Chemical Segregation)

- 图7 (b) 宏观上就显示带状结构。图7 (c) 显示化学成分偏析
- 沿表层带状和非带状剖面硬度测试表明带状组织硬度高。这是由于偏析处碳含量和合金元素含量高。
- 硬度高的区域淬火时易于产生微裂纹，随后低周疲劳开裂。

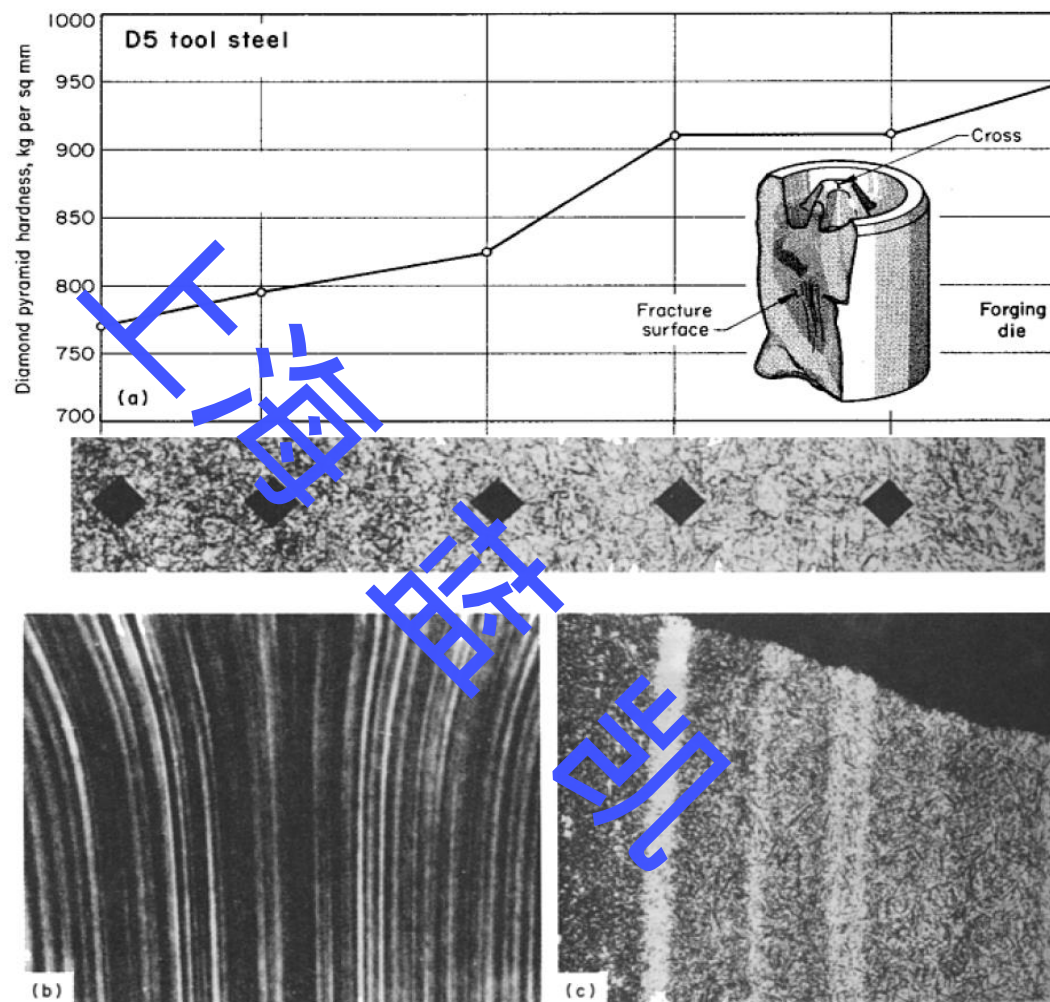
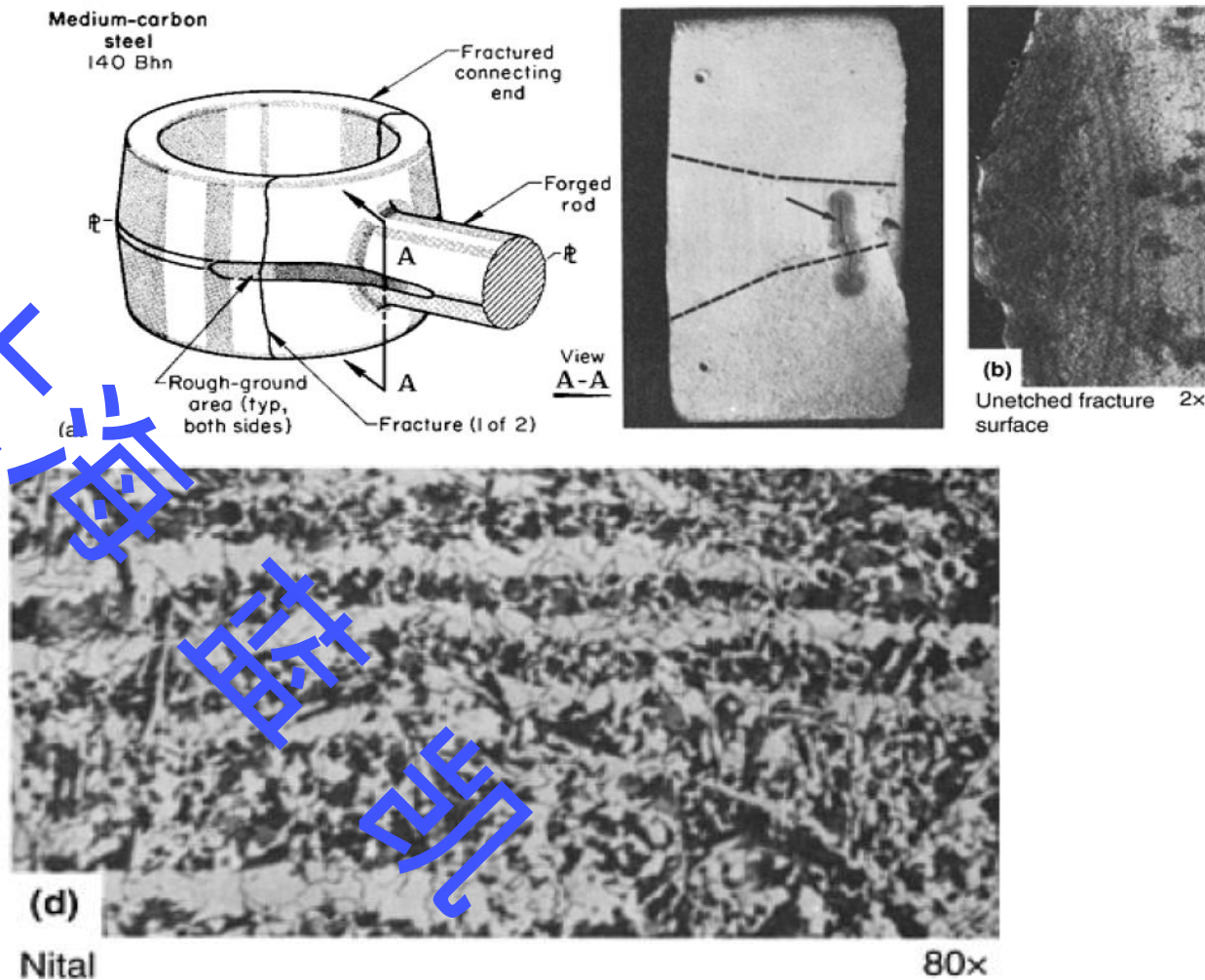


Fig. 7 A D5 tool steel forging die that failed in service because of segregation. (a) Hardness traverse correlated with the microstructure of the die. (b) Section through one arm of the cross on the recessed die face showing a severely segregated (banded) structure. Etched with 5% nital. (c) Micrograph of the segregated area. Etched with 5% nital. 200×

成分偏析 (Chemical Segregation)

成分偏析的带状组织缺口敏感性高而发生疲劳开裂

- 一批零件在研磨的表面发生了疲劳开裂，金相组织显示为成分偏析的带状结构（白色条带为铁素体，黑色条带为珠光体）。
- 铁素体硬度低、珠光体硬度高，这样形成了交替的低硬度-高硬度层，如果受力方向恰好是垂直这个层状结构，则处于不利状态，因为这种交替的硬度变化的层状结构缺口敏感性高，容易诱发疲劳裂纹。



成分偏析 (Chemical Segregation)

成分偏析的带状组织缺口敏感性高而发生疲劳开裂

- 作为对比，没有发生裂纹的部件进行微观检查发现没有带状组织，为均匀分布的铁素体（白色）和珠光体（黑色）

