



陕西工业职业技术学院  
SHAANXI POLYTECHNIC INSTITUTE

# 金相试样制备技巧 与显微组织鉴别

燕 样 样





金相试样制备的目的，是为正确鉴别显微组织奠定良好的基础；正确的鉴别组织是为其它工艺参数的选择提供有力的参考依据。也是新材料研发过程中不可缺少的一环。





金相试样制备是通过取样、磨光、抛光、侵蚀等步骤，使材料成为具有金相观察要求的过程。制备的试样必须具有**清晰的视场和真实的组织形貌**，为显微组织鉴别奠定良好的基础。



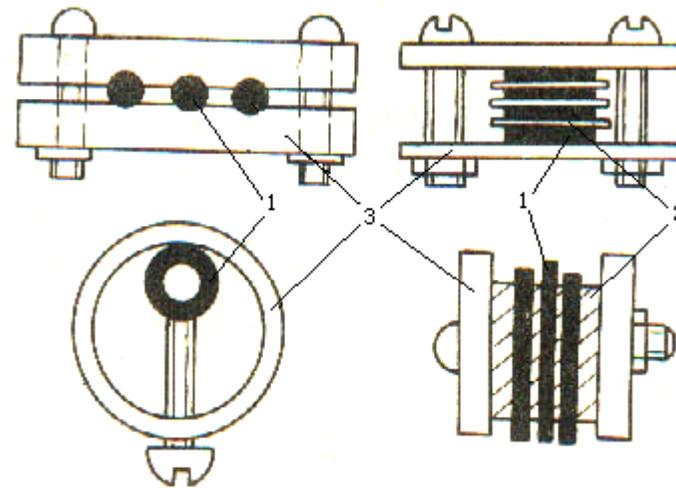


# 制样设备及夹持器



金相试样制备设备

- a) 切割机 b) 镶嵌机 c) 预磨机  
d) 抛光机



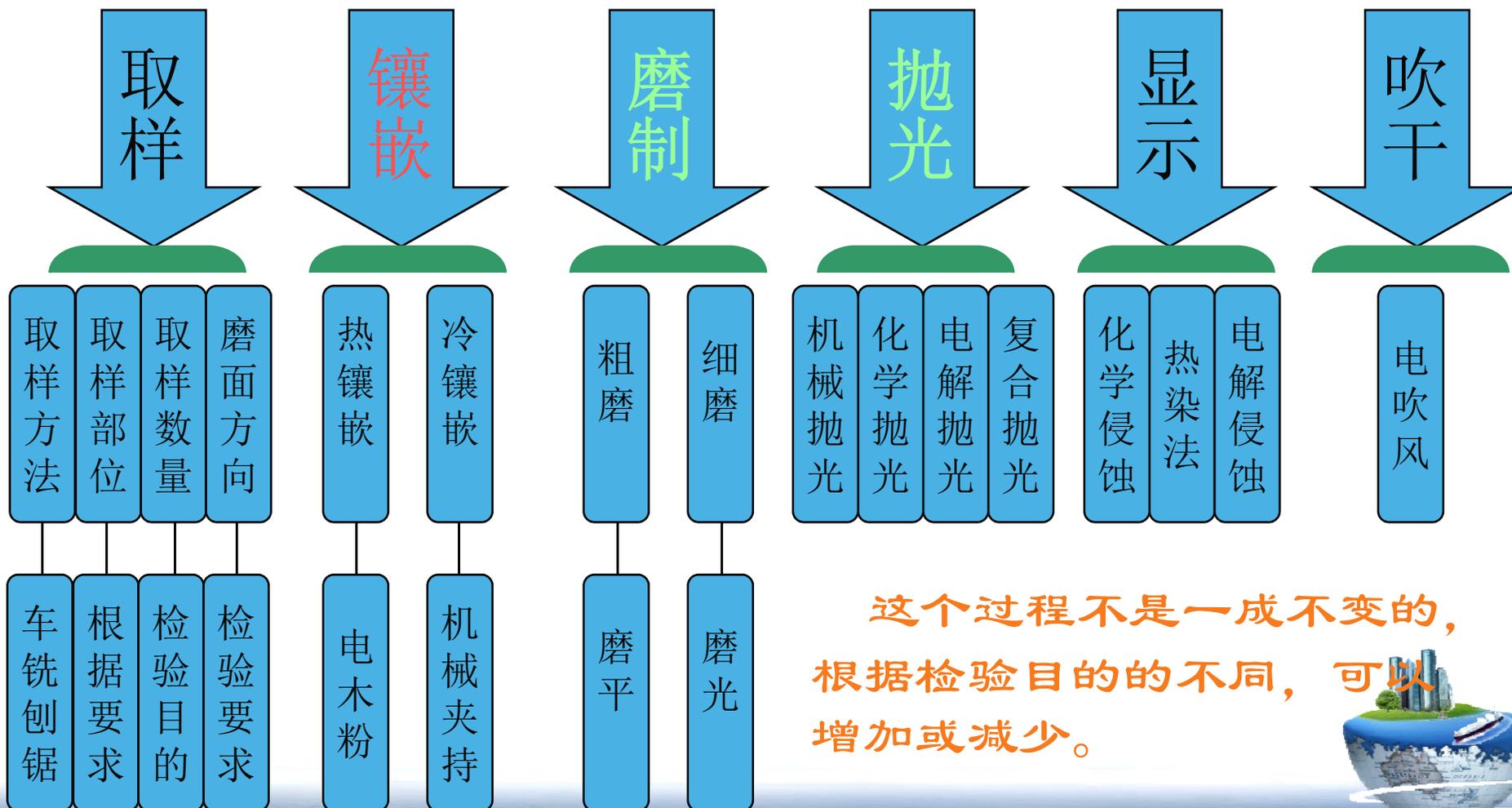
金相试样镶嵌夹具

- 1) 试样 2) 垫片 3) 夹持器





# 金相试样的制备过程

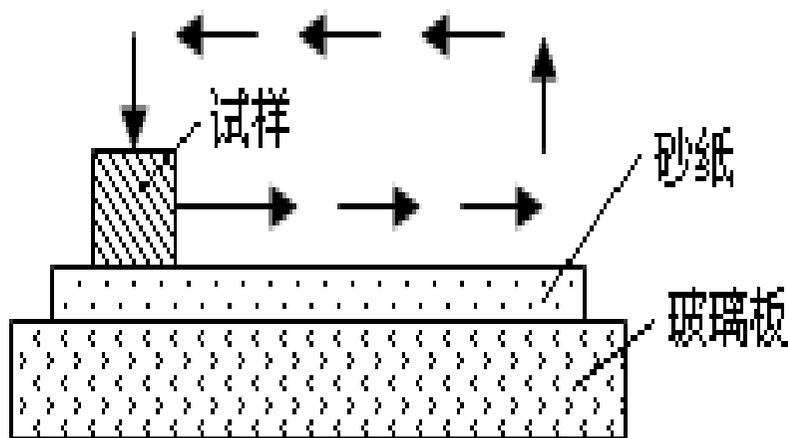


这个过程不是一成不变的，  
根据检验目的的不同，可以  
增加或减少。



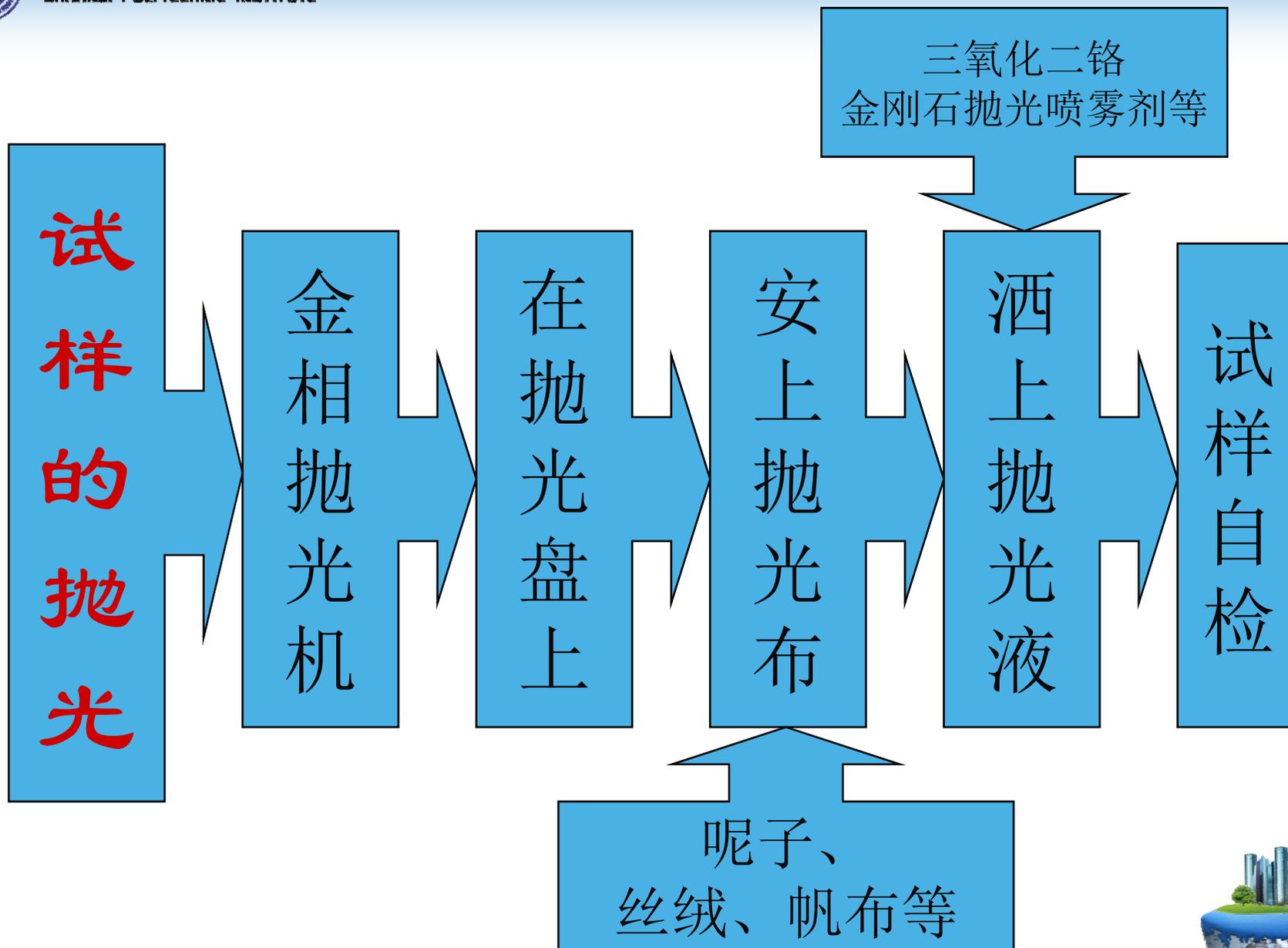


## 试样的磨制



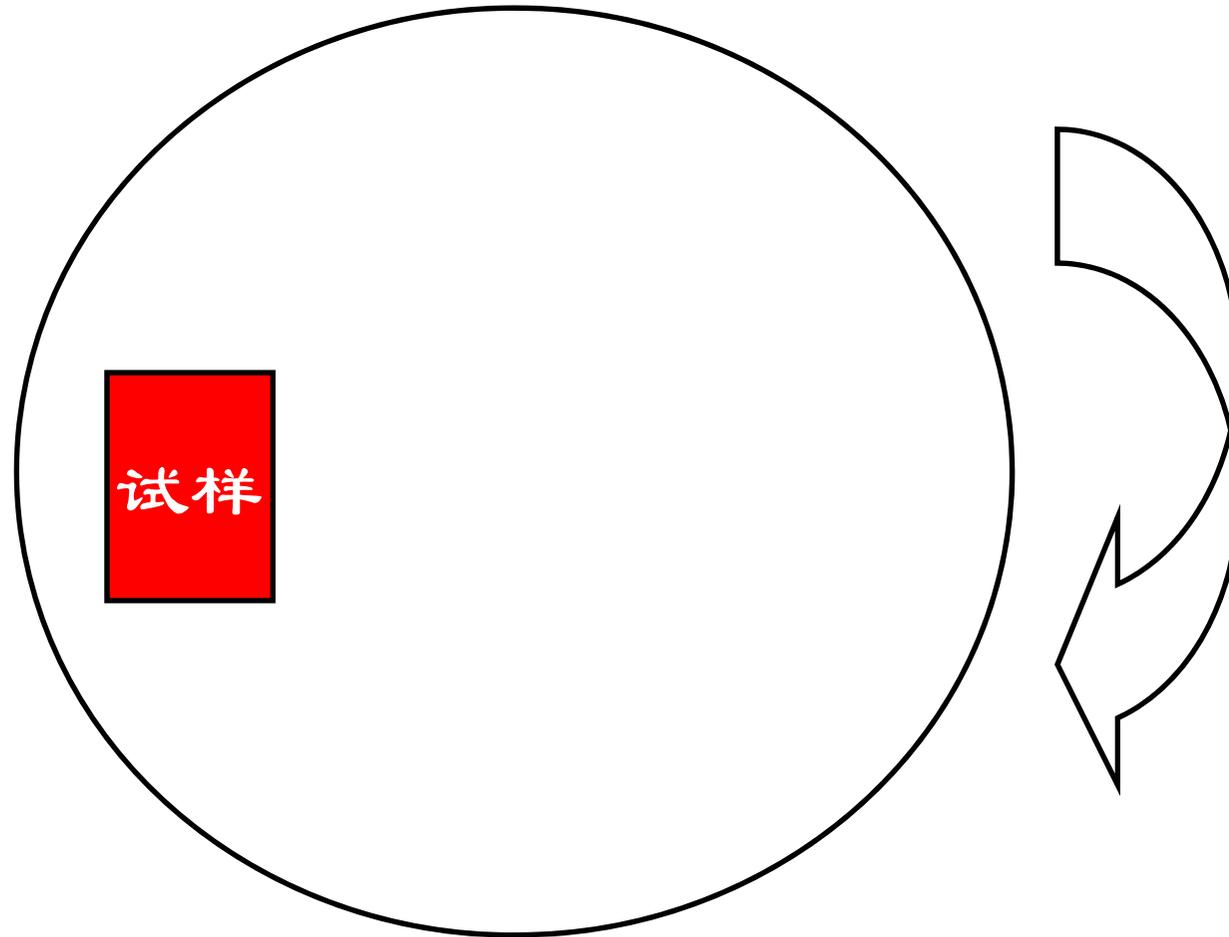
**注意问题：**手工细磨时，不管砂纸粗细，试样磨过之后，砂纸上留下的整个痕迹颜色深浅要一致、宽度和试样磨面大小相同，不要有弧线的痕迹出现。只有这样才有可能保证整个磨面的平整，减少试样倒棱现象，为组织评定特别是表面处理表层组织评定打下良好基础。

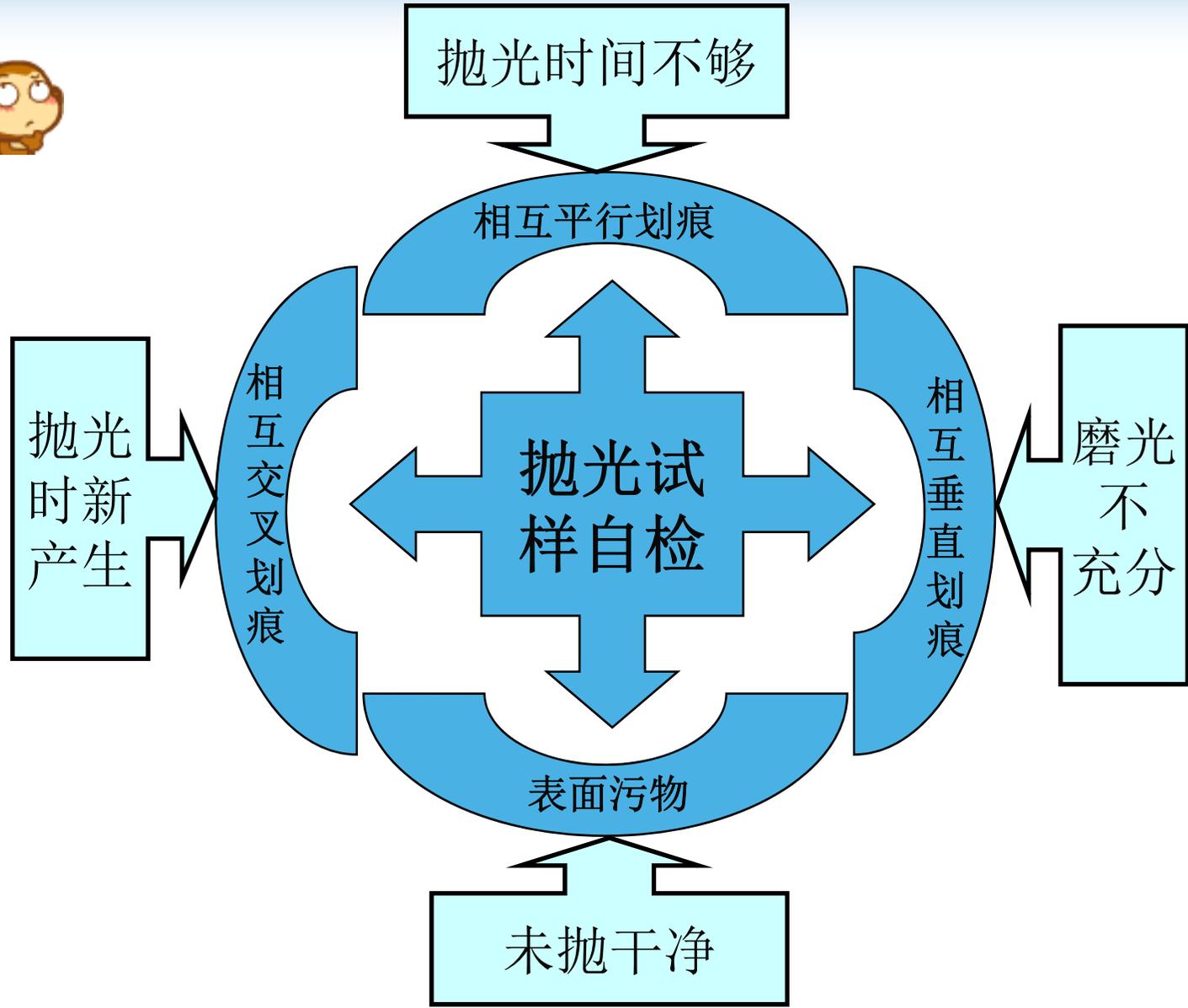






少量次数多  
中心向外扩







# 抛光布与抛光剂

抛光织物和抛光微粉的选择，可以根据各实验室实际条件的不同以及操作者的习惯而定。以下经验仅供参考：

1.  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 水悬浮液中滴几滴铬酸酐水溶液并和呢子配合，抛光铸铁试样，能很好的显现石墨的颜色、形态；
2. 用帆布抛光表面处理的试样，倒棱较小；
3. 帆布和 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 配合抛光铝合金试样，效果较好；





# 抛光布与抛光剂

4. 金刚石高效喷雾剂和呢子配合，抛光所有的试样特别是硬度较高的，如淬火以及淬火回火试样，抛光时间短，2min左右就可以使试样表面划痕基本去除；
5. 如果用不同的抛光盘分别对试样进行粗抛（使用W3.5高效喷雾剂）、精抛（用W1高效喷雾剂），效果更佳。

试样抛光时间一般3min—5min为宜。时间太短磨光时留下的划痕不能完全消除；时间太长，试样表面会由于硬粒子的脱落产生凹坑，对于材质较软的试样，有可能产生新的划痕，就需要重新磨光。





## 注意问题：

试样抛光时，表面往往粘有**污物**，这种污物是抛光时高速旋转的情况下粘在试样表面的，所以无法用水及酒精清洗干净，在显微镜下观察，其特征是：

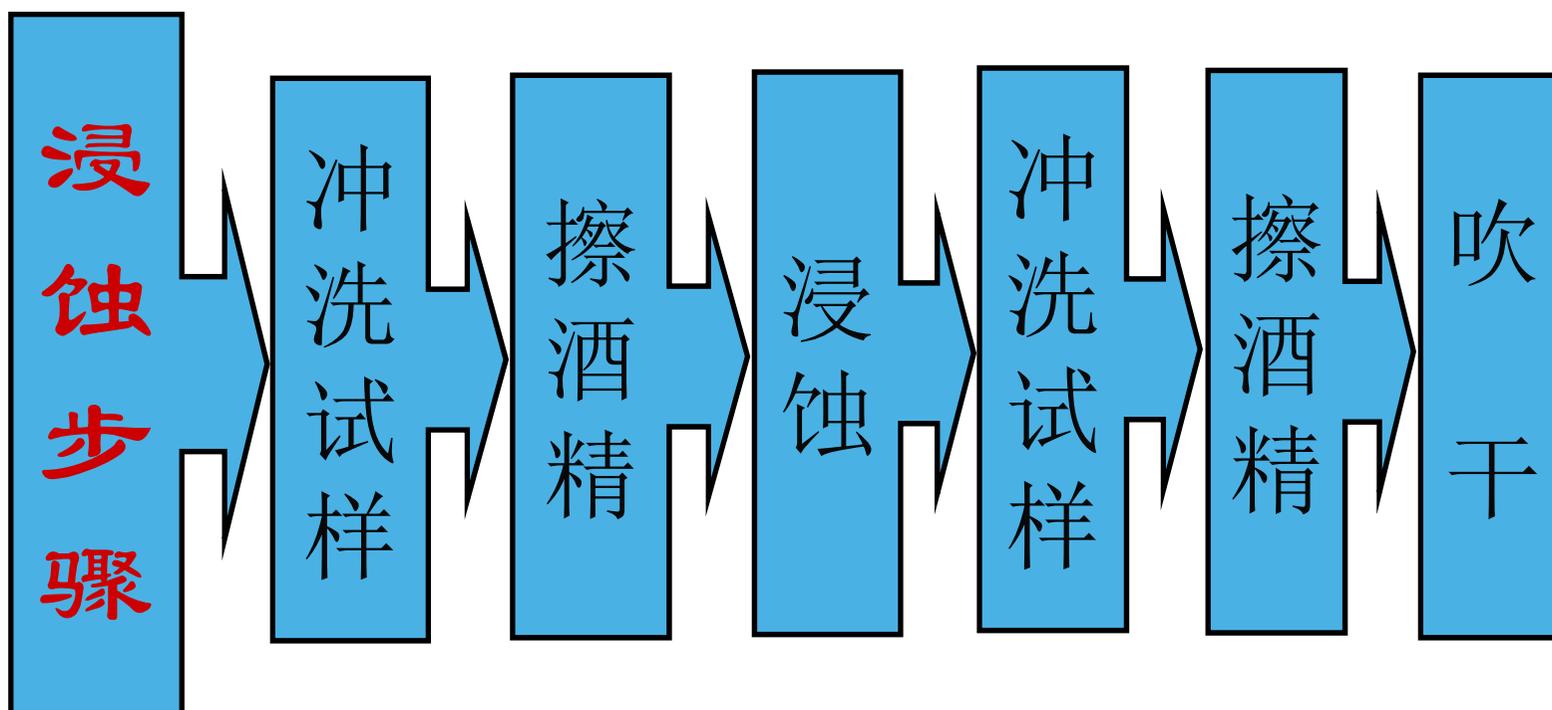
1. 有规律的、比较密集的黑色小点或亮色小圈；
2. 有规律的、比较稀疏的黑色大米粒状或椭球状。

要消除这种缺陷，抛光后期，给抛光盘中心倒少许清水，手感使试样和抛光织物轻轻接触，抛到试样表面干净为止，此时，试样要不断自转。





# 试样的浸蚀





**浸蚀方法**

**一般为  
化学浸蚀法**





# 侵蚀时间的选择

试样浸蚀的时间长短和材料、处理状态、浸蚀剂的新旧程度等有关。

1. 浸蚀时间太短，显微组织不能有效的显示出来；
2. 浸蚀时间太长，显微组织又浑然不清，对正确鉴别及准确评定显微组织都有很大的影响；
3. 浸蚀合适的试样，其显微组织应该**一目了然**，观察时给人一种清新舒适的感觉。





# 侵蚀时间

对于铁碳合金平衡组织来说，含碳量依次由低到高，浸蚀时间由长到短（工业纯铁时间在20S左右，而共析钢以上的碳钢，时间在10S-15S即可），试样表面的颜色变化由银灰色到花色（其它热处理的碳钢试样显微组织约10S左右，颜色为深灰色）。





# 操作方法

**具体操作方法：**水冲洗试样、擦酒精，然后把抛光好的试样表面倾斜约 $45^{\circ}$ ，用蘸有浸蚀剂的棉球擦拭试样表面，不断观察其颜色的变化并在心里默计时间长短，确认浸蚀时间已到，立即用流动水冲洗试样，再擦酒精（这道工序是试样表面干净与否的关键），用蘸有酒精的棉球自上而下慢慢擦拭浸蚀过的试样表面，稍微用力（主要是挤出棉球中的酒精），一边擦拭，酒精一边挥发，当试样表面擦拭完毕，酒精应在极短时间内完全挥发，然后先用电吹风的凉风吹干试样表面，再用热风把试样周围吹干，最后置于显微镜下观察组织。**严禁把表面潮湿的试样放在显微镜上！**





# 试样的吹干

**电吹风吹干**试样时，由于其风力小，所以需要时间较长。如果试样表面遗留较多的酒精，对于初学者来说，吹干后的试样观察时，常常会发现有一层淡蓝色的薄膜或个别的花斑覆盖在显微组织上，这是酒精未能及时挥发而粘附在试样表面的结果。如何彻底的消除这种现象的发生呢？

对于有条件的实验室，可购置一台**小型空压机**，用压缩空气代替第二次擦酒精及电吹风吹干试样这两个步骤，不但可以节约无水乙醇，还可使试样在瞬间内干燥，并能有效防止试样表面产生花斑。这种方法对所有的金相试样都有比较好的效果。其操作步骤是：水冲洗抛光试样→擦酒精→涂浸蚀剂→水冲洗试样→空压气泵吹干试样。由于从空压机喷嘴出来的空气压力大，风力也大，所以可以使试样瞬间干燥，防止了一些制样缺陷的产生。





# 金相试样制备中常存在的问题

1. 试样表面的划痕没有完全消除-抛光时间不够
2. 试样表面的污物没有处理干净-未抛干净
3. 石墨及夹杂物的拖尾-抛光时试样没有自转
4. 抛光后浸蚀前没有仔细观察试样表面
5. 浸蚀时间过度或不足
6. 照片采集的光线不均匀
7. 组织说明不规范





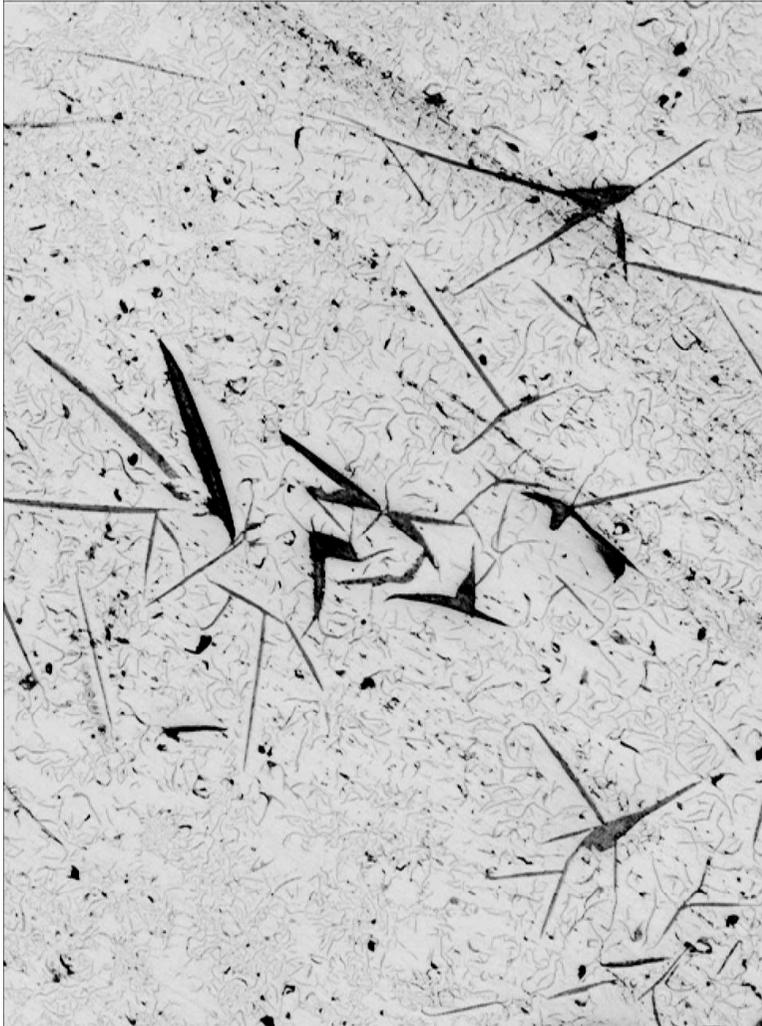
## 抛光后浸蚀前没有仔细的观察试样表面

- 抛光后浸蚀前一定要观察试样整个表面，养成这样一个良好的习惯，会有意外的收获，比如非金属夹杂物等。
- 浸蚀后先用肉眼观察试样整个表面，看看同样的侵蚀时间下试样表面的颜色是否一致，当试样表面的颜色不一致时，说明整个面的组织有可能不一样，这时不同区域都要观察，也会有意想不到的收获。
- 组织观察时先从试样边缘看起，多看几个视场，确保你看到的组织具有代表性。

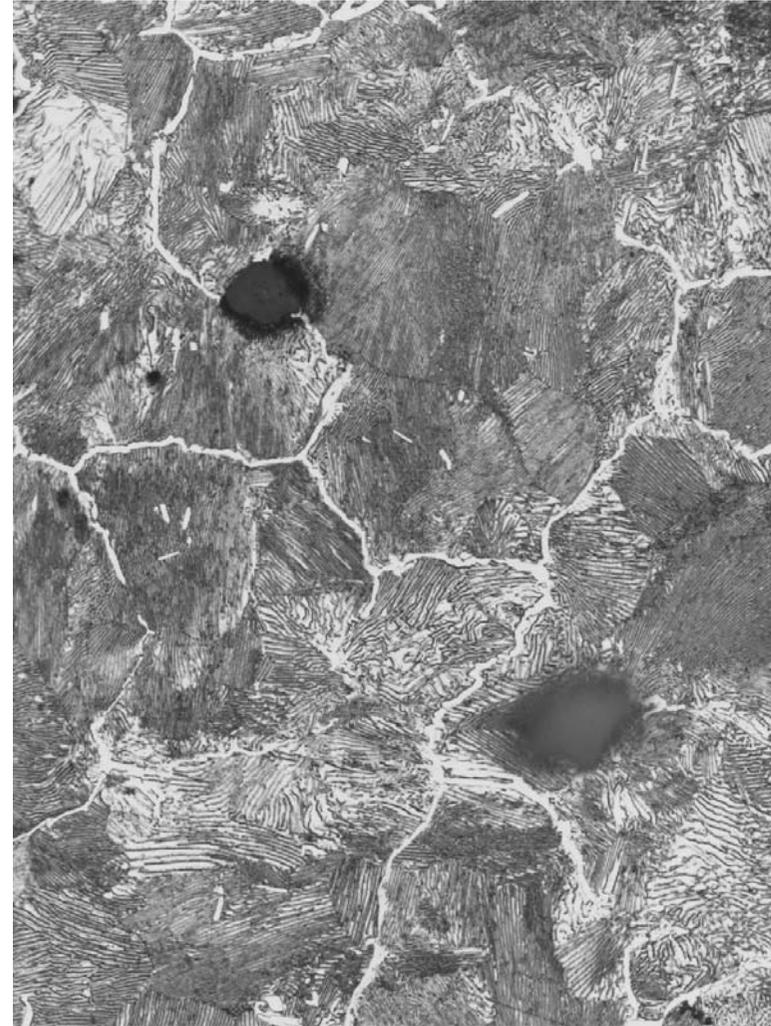




# 试样表面不干净



试样表面不干净



试样表面不干净

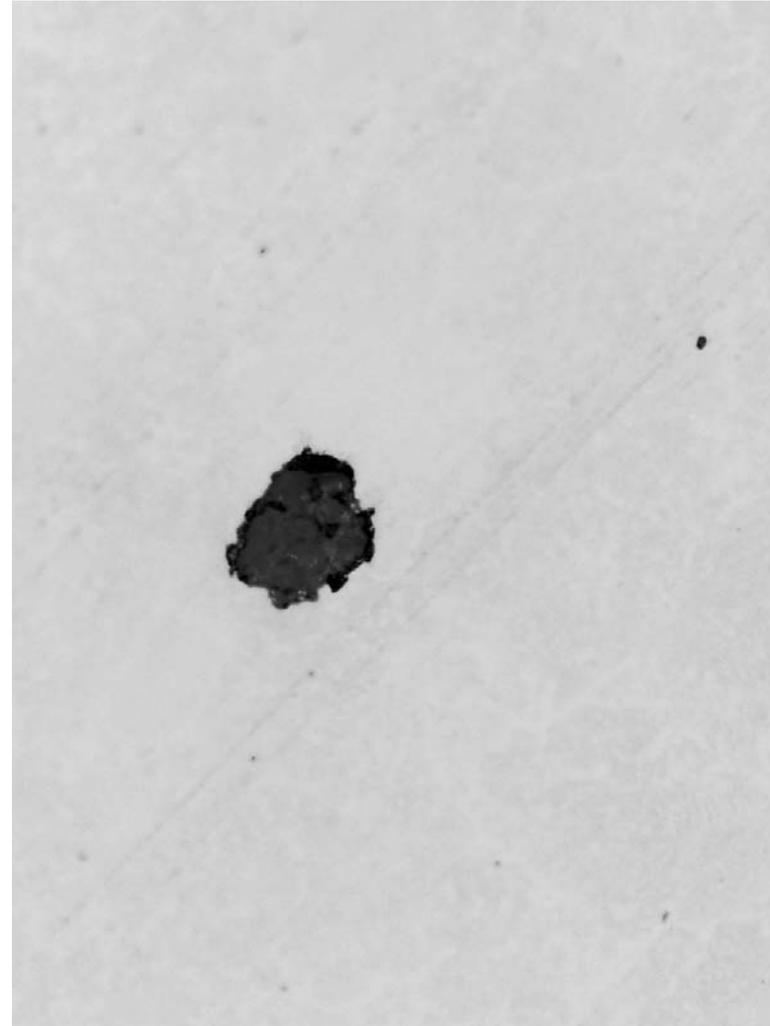




# 试样表面不干净



试样表面未抛干净

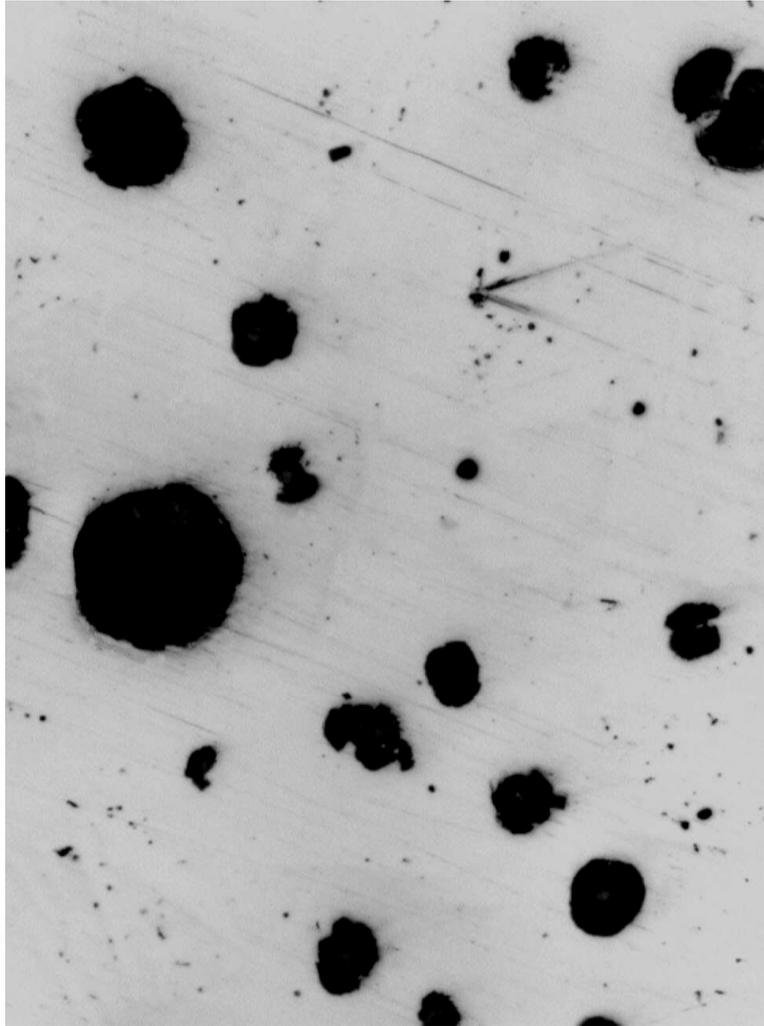


夹杂物污染

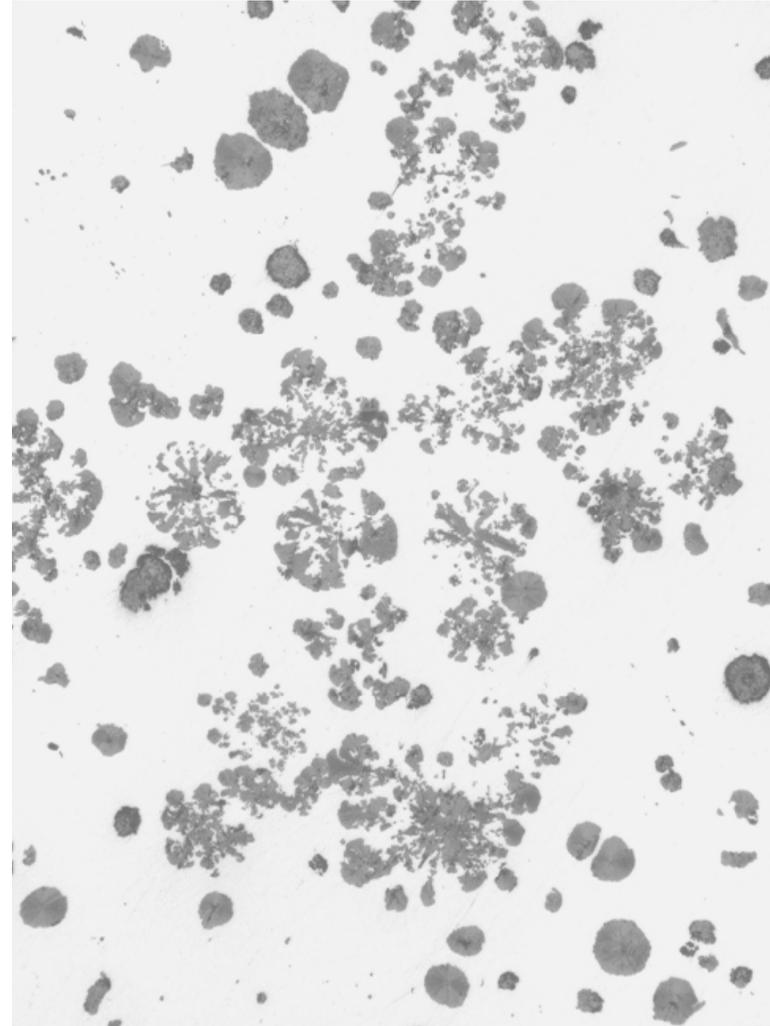




# 石墨或夹杂物拖尾



石墨拖尾及污染



石墨原形、原色

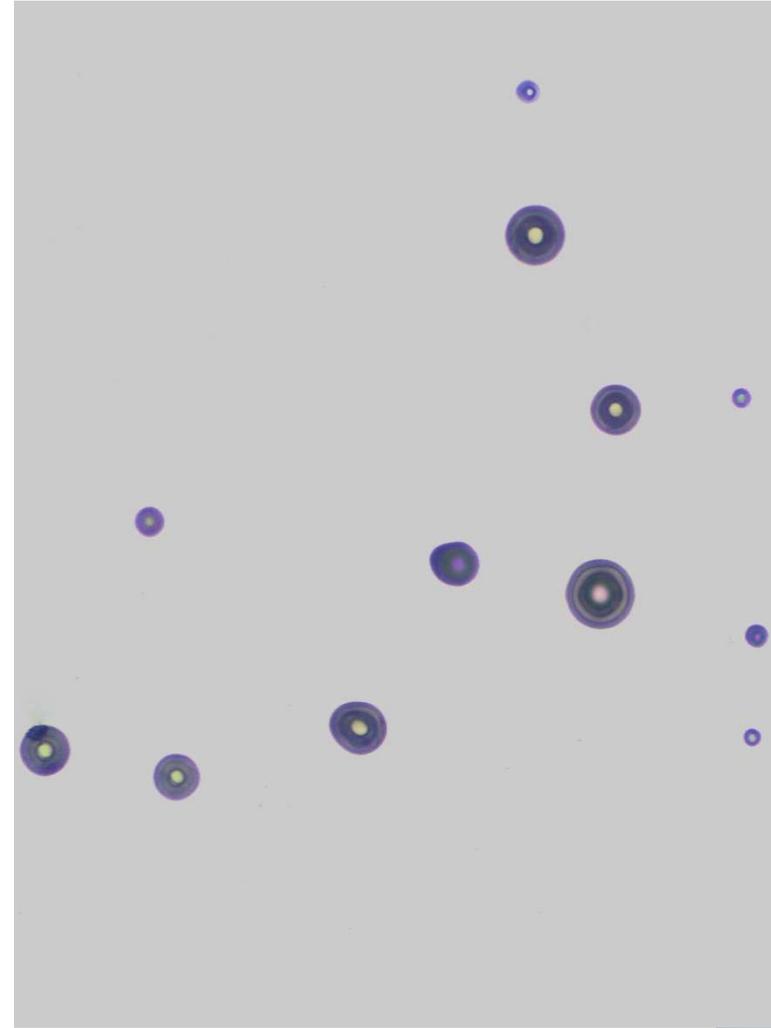




# 夹杂物拖尾



夹杂物拖尾和未抛干净

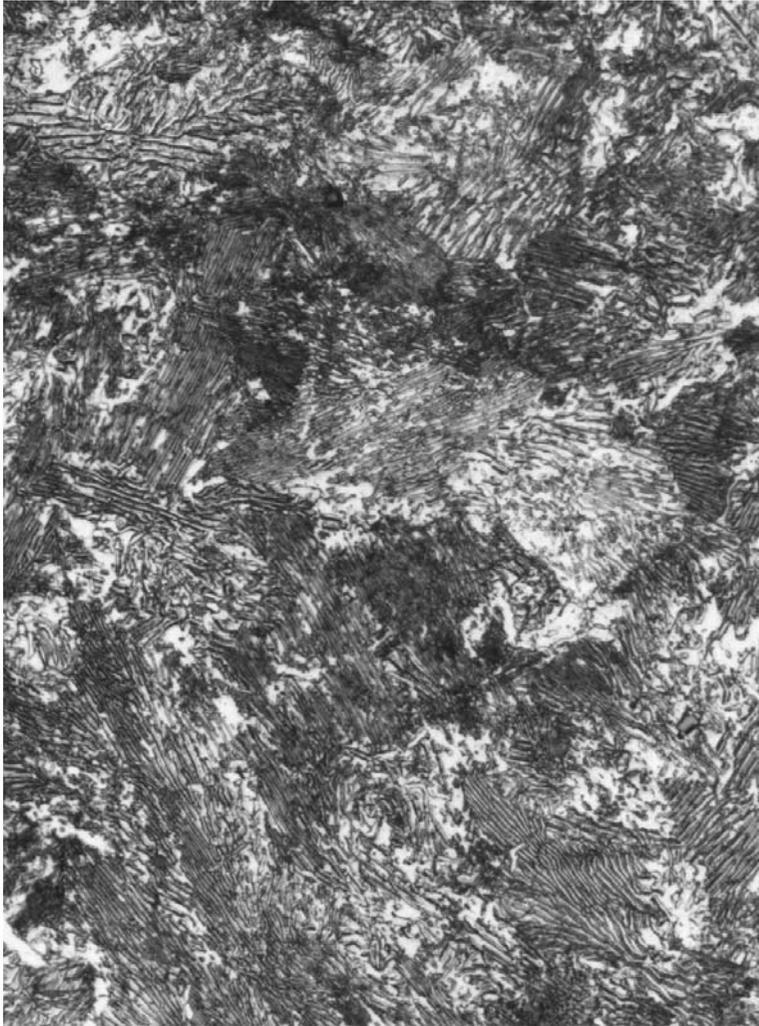


干净的夹杂物

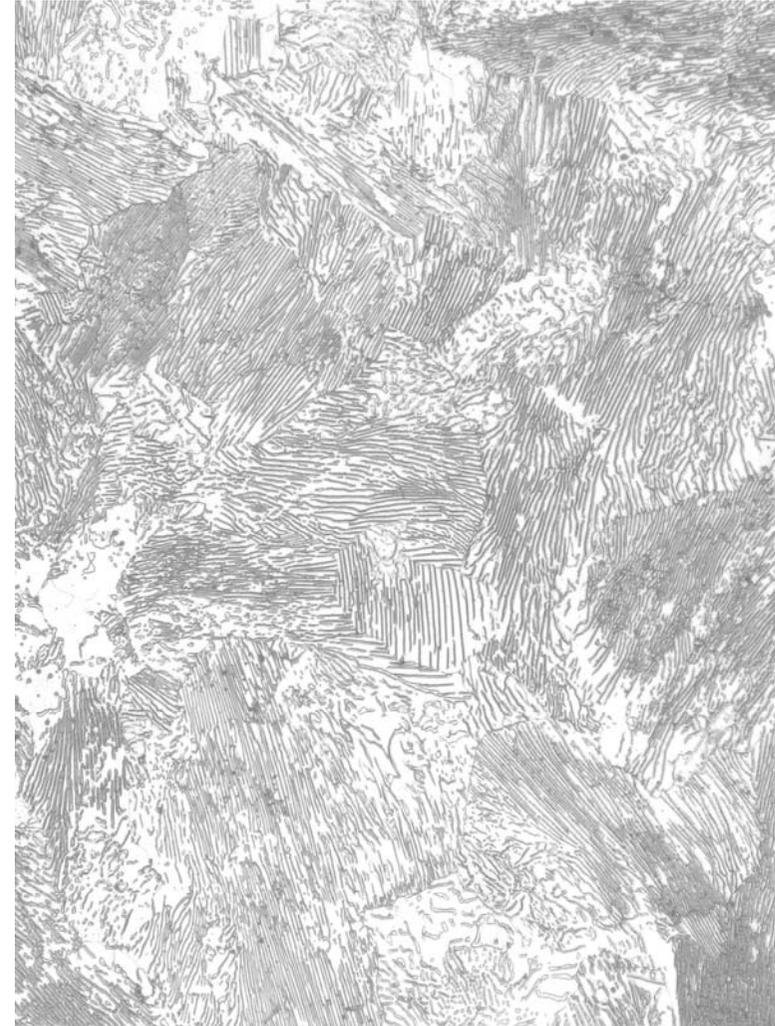




# 侵蚀过度



侵蚀过度

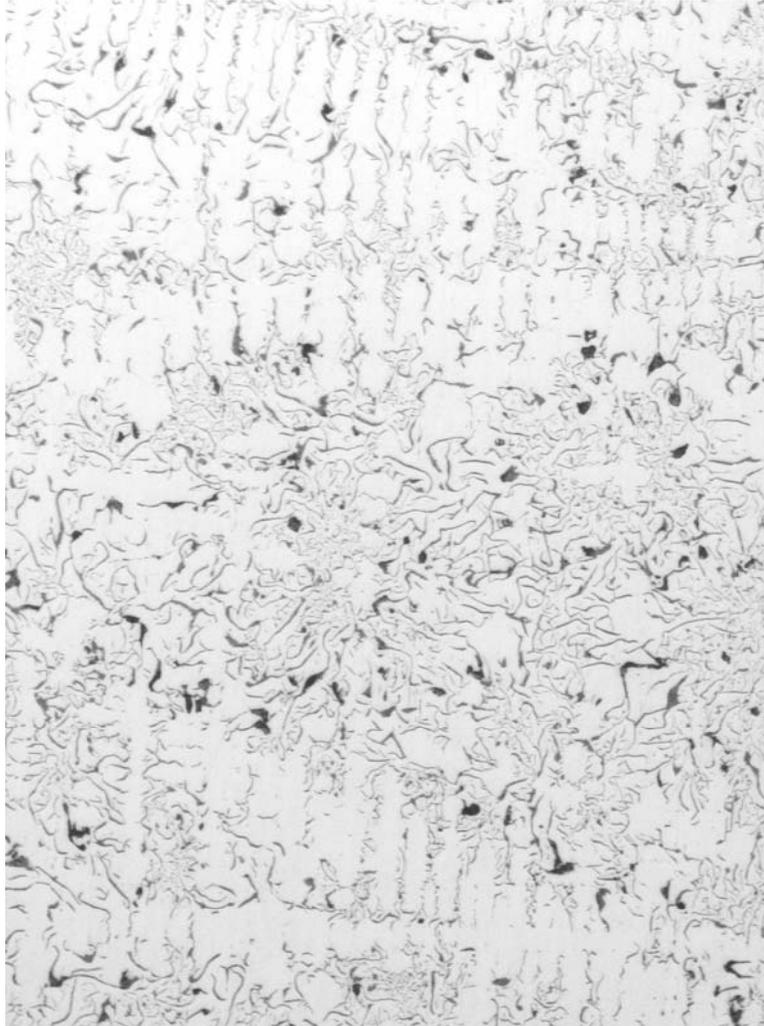


侵蚀合适

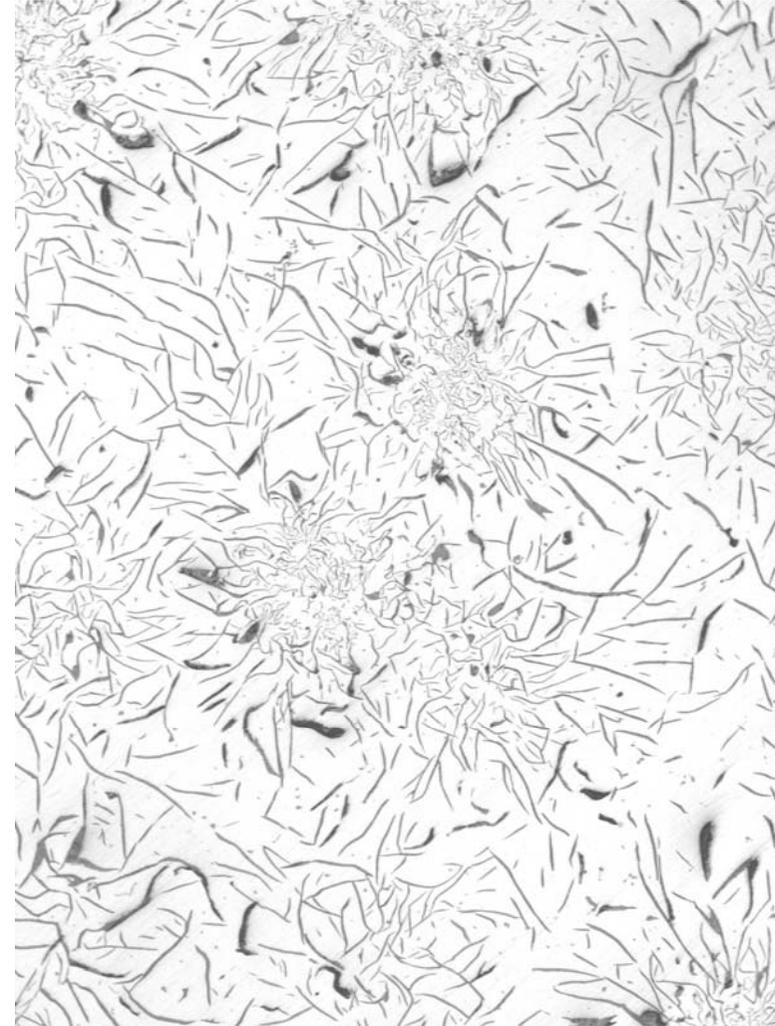




# 照片光线不均匀



光线不均匀



光线均匀





## 显微组织说明



材料名称: **Q345B**无缝钢管

处理状态: 连铸坯

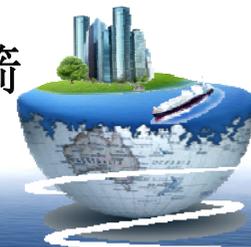
放大位数: **X500**

侵蚀剂: **4%硝酸酒精溶液**

组织说明: **要反映组织形态、  
颜色以及分布**

沿晶界白色细网状先共析铁素体、深色极细片状珠光体（淬火托氏体）、沿晶界向晶内延伸的羽毛状上贝氏体及灰白色马氏体和残余奥氏体基体，还有橙黄色氮化物夹杂和灰色硫化物夹杂。

**必要时用箭头指明说清:**如箭头**1**所示为橙黄色氮化物夹杂，箭头**2**所示为灰色硫化物夹杂。





陕西工业职业技术学院  
SHAANXI POLYTECHNIC INSTITUTE



# 几种典型材料 金相试样制备技巧





# 铸铁试样制备技巧

**特点：**铸铁试样中存在着各种形态的石墨。制样时要保证石墨**不污染、不脱落、不拖尾，还要正确显露其形状、大小及颜色**，否则，就会影响显微组织的准确评定，甚至混淆了石墨与缺陷等。





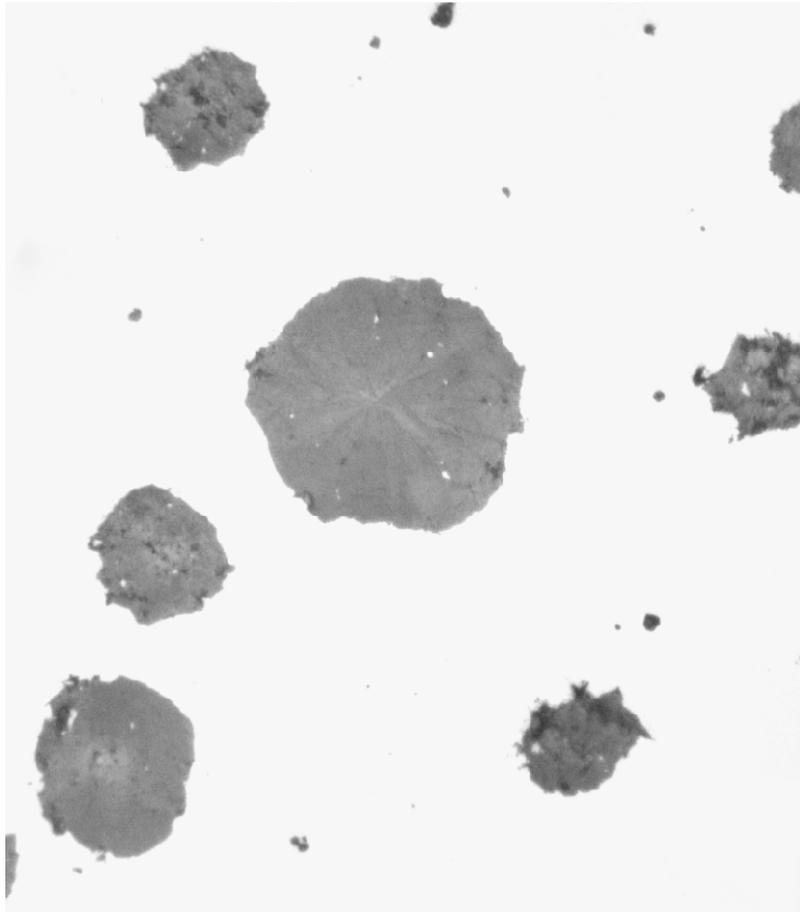
# 铸铁试样制备技巧

1. 用呢子作抛光织物，在大约500ml $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 水悬浮液中加入3-4滴1%的铬酸水溶液作抛光液，进行机械—化学抛光，易使石墨呈现原色、原形，效果较好。
2. 抛光时，试样不断地自转，即试样和握持的手指间要有相对运动，这种方法可有效防止石墨拖尾。

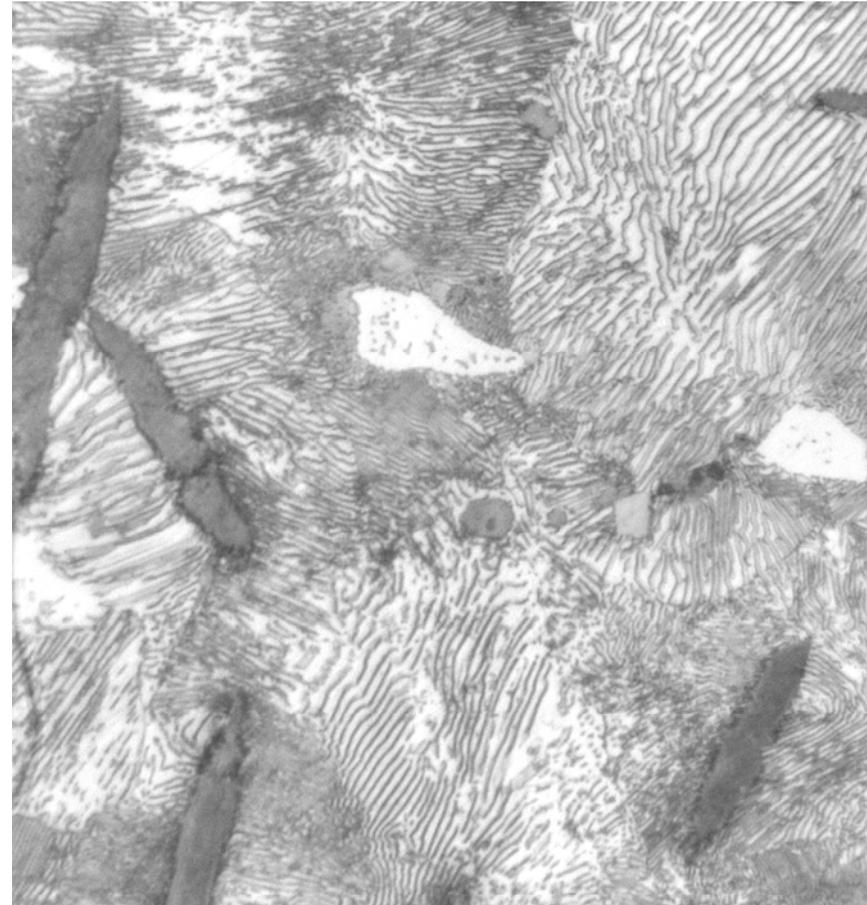




# 铸铁试样制备技巧--重在抛光和浸蚀



抛光后的球铁×400



浸蚀后的灰铁×400

正确的抛光方法可以使石墨呈现原形、原色

正确的浸蚀方法可以使显微组织一目了然





# 高锰钢试样制备技巧

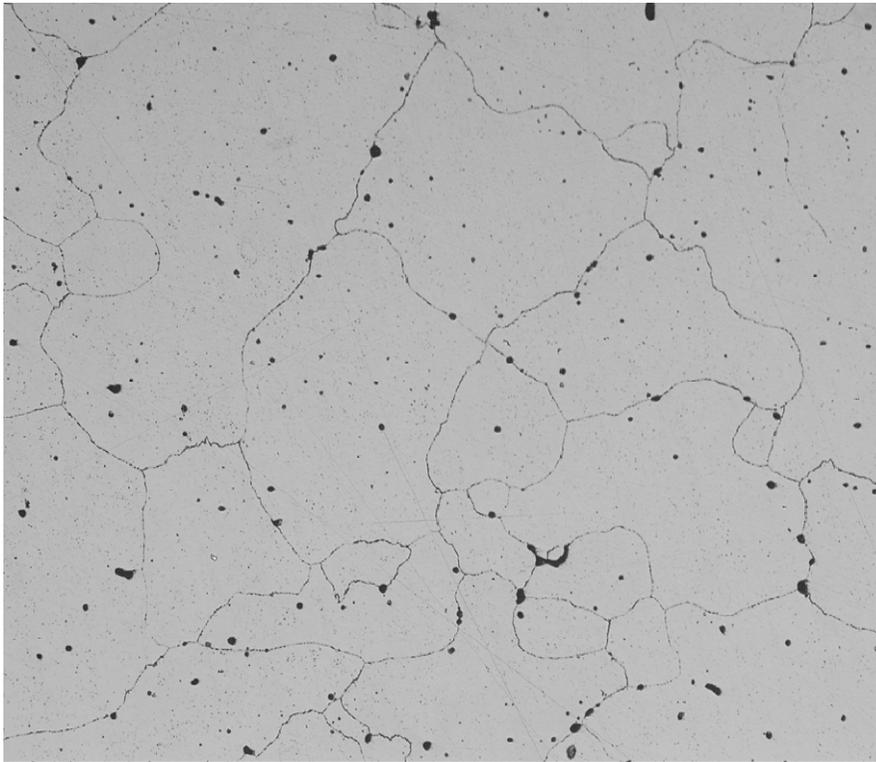
**特点：**水韧处理后的高锰钢是单相奥氏体，硬度低，塑性韧性好，具有很好的加工硬化现象。

从高锰钢加工硬化后的显微组织看，硬化层最外层的显微组织发生了很大变化，晶粒成为扁平状，**滑移线数量很多，且不同的晶粒滑移线有不同的方向。**从表层向内部发展，随变形程度的降低，晶粒的变形程度减小，滑移线也减少。

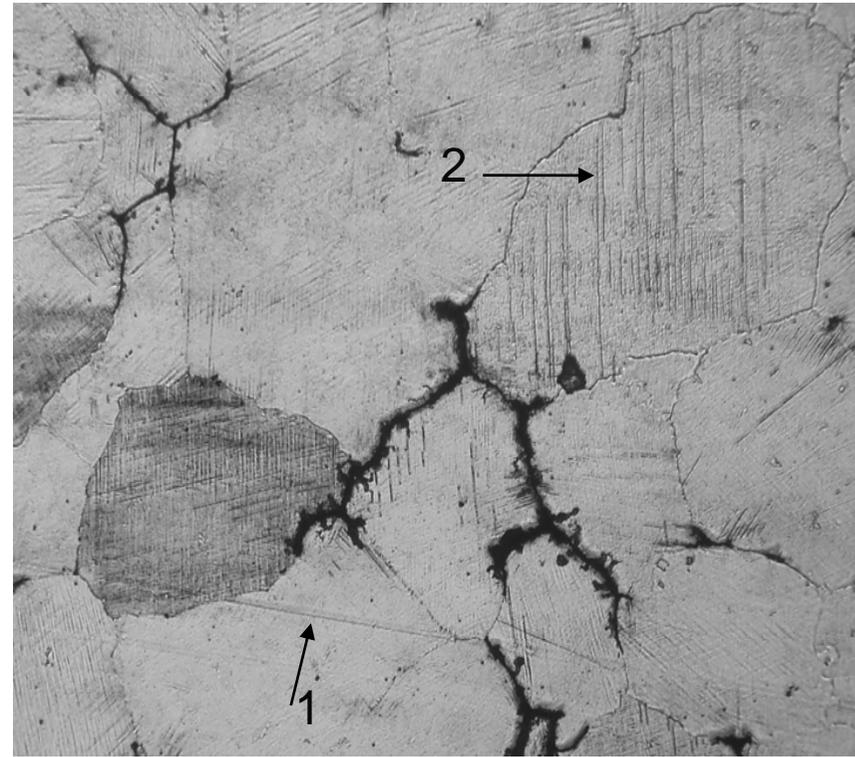




# 高锰钢试样制备技巧—重在切割和抛光



ZGMn13水韧处理组织，  
无滑移线 ×100



ZGMn13水韧处理组织，有  
滑移线 ×100

好的切割（线切割法）方法可以使磨光更加容易完成





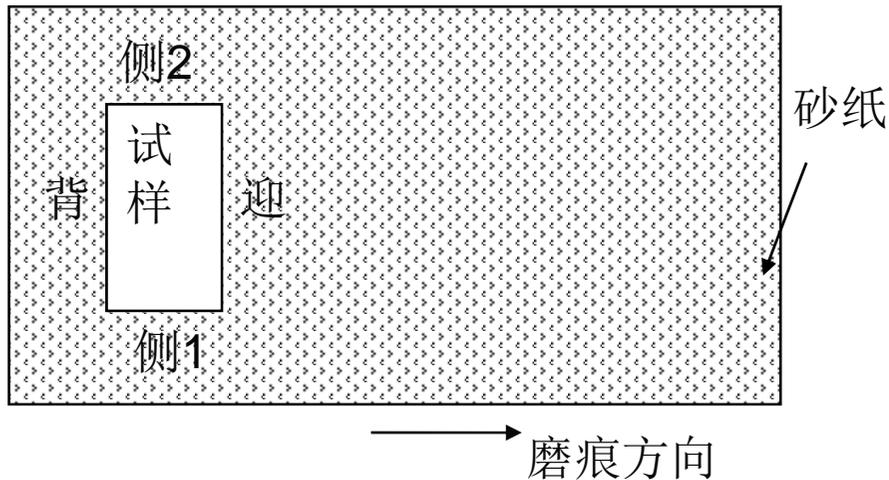
# 表面处理试样制备技巧

**特点：**表面处理试样的检验包括表面加热淬火淬硬层、化学热处理渗层、涂层、渡层、防氧化层以及热加工时工件表面氧化脱碳层深度的测定，以及自表层至心部显微组织的检验等。**要使这些层深测定准确，组织完整呈现，试样表面应严格地保持平整，边缘尽量减少倒棱现象发生。所以，试样的制备过程尤为重要。**

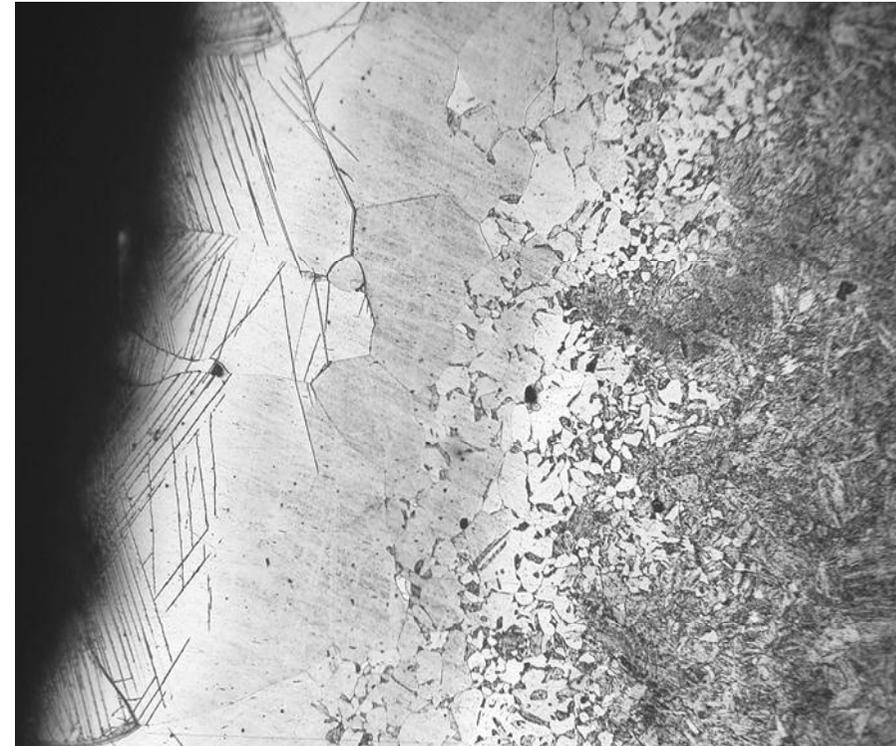




# 表面处理试样制备特点—重在磨光和抛光



表层深度和磨痕方向的相对位置



38CrMoAlA气体氮化 ×100

正确的磨光和抛光方法可以使表层组织清晰呈现





# 焊接接头试样的制备技巧

## 特点：

1. 材料软硬不同，磨光和抛光时应**尽量减小产生凹凸不平。**
2. 组织不同，浸蚀剂会不同，浸蚀时间长短、先后顺序亦不同，**特别是浸蚀剂不能互相影响。**
3. 要通过实验来确定。





# 浸蚀剂

**钛、铜、硬质合金扩散焊焊接接头**

**浸蚀钛合金：**采用氢氟酸：硝酸：水（体积比1：4：45）；

**铜：**氯化高铁盐酸水溶液；50%硝酸酒精溶液；

**硬质合金：**新配制的20vol%铁氰化钾和20 vol %氢氧化钾水溶液（体积比1：1）。

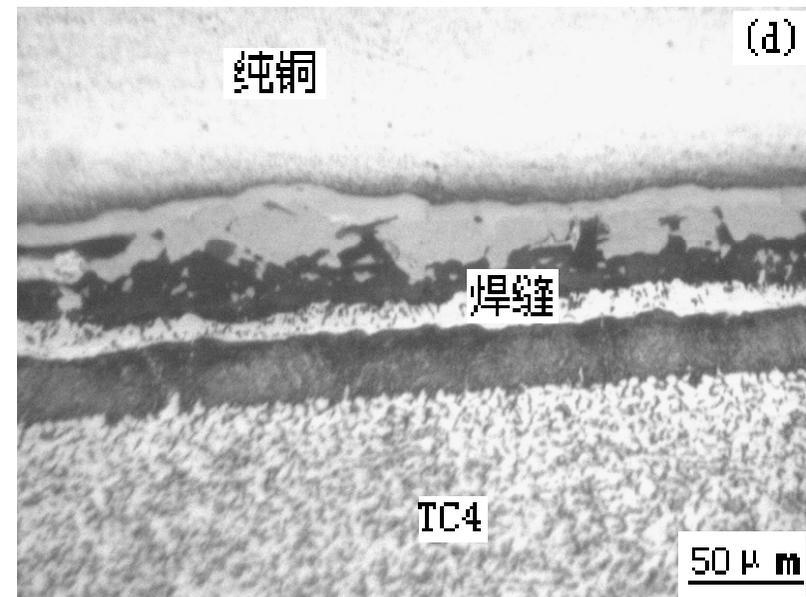
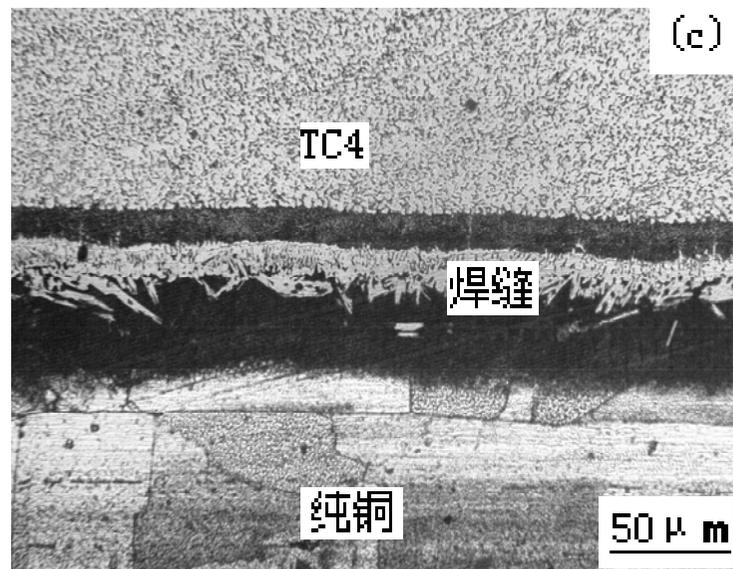
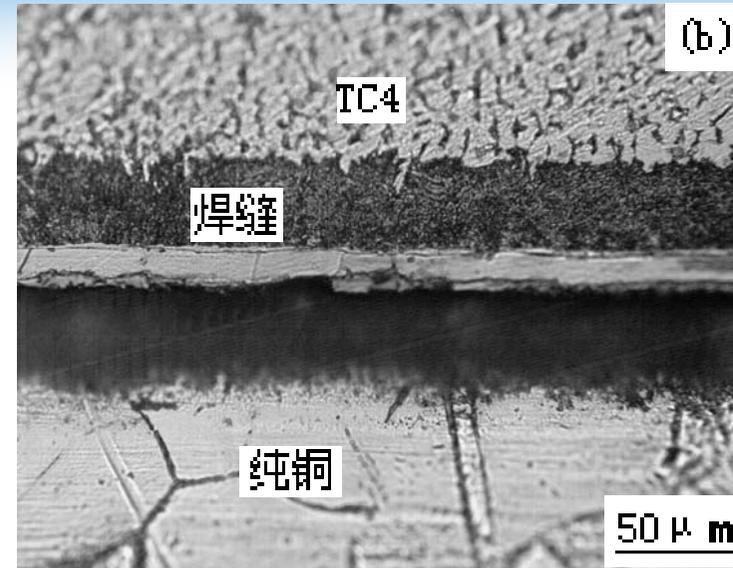
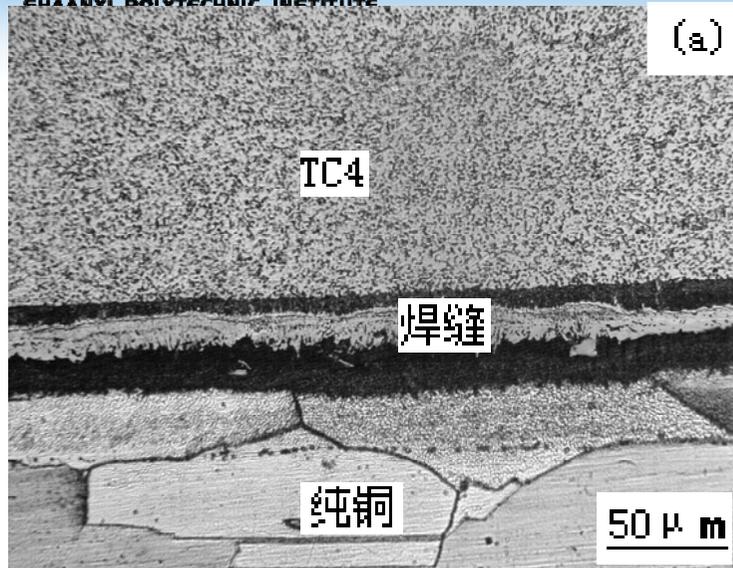




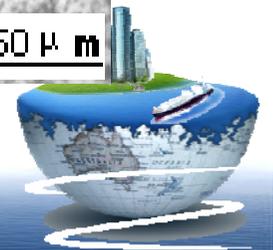
## 浸蚀效果

用氯化高铁盐酸水溶液浸蚀铜，用氢氟酸硝酸水溶液以及新配制的铁氰化钾氢氧化钾水溶液分别浸蚀钛合金和硬质合金，铜钛焊缝处组织层次更好、更清晰，





好的浸蚀方法可以使组织层次感清晰显现





# 铝合金试样的浸蚀技巧

**特点：**铝合金比较软，磨光和抛光时试样表面容易产生黑色氧化膜。

**磨光**时用力适中且一定要平稳，速度尽量缓慢，不可操之过急，避免试样表面过热产生氧化物。

**粗抛：**帆布+W3.5高效喷雾剂

**精抛：**呢子+W1高效喷雾剂

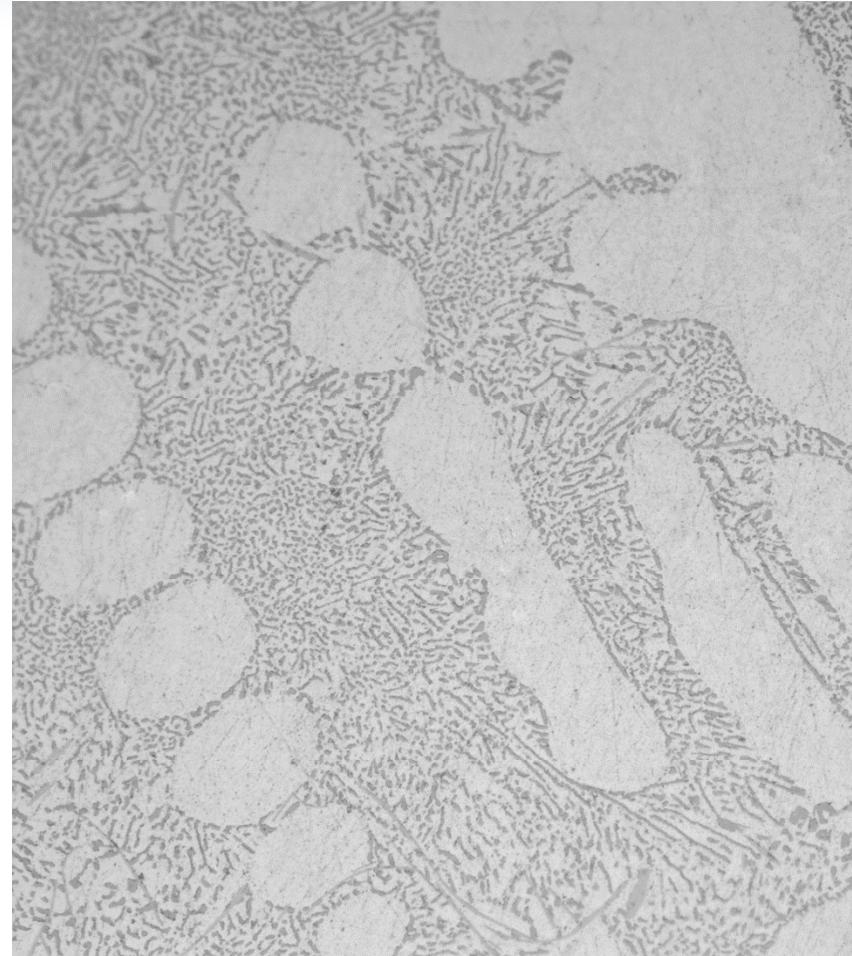
采用以上方法，可有效防止氧化膜的产生及划痕的消除。

**注意：**由于铝合金在大气中氧化的速度很快，因此，试样的磨光、抛光及浸蚀过程须一气呵成，以减少试样表面氧化物的形成，使显微组织清晰呈现，为正确评定组织提供良好的条件。





ZL102变质前

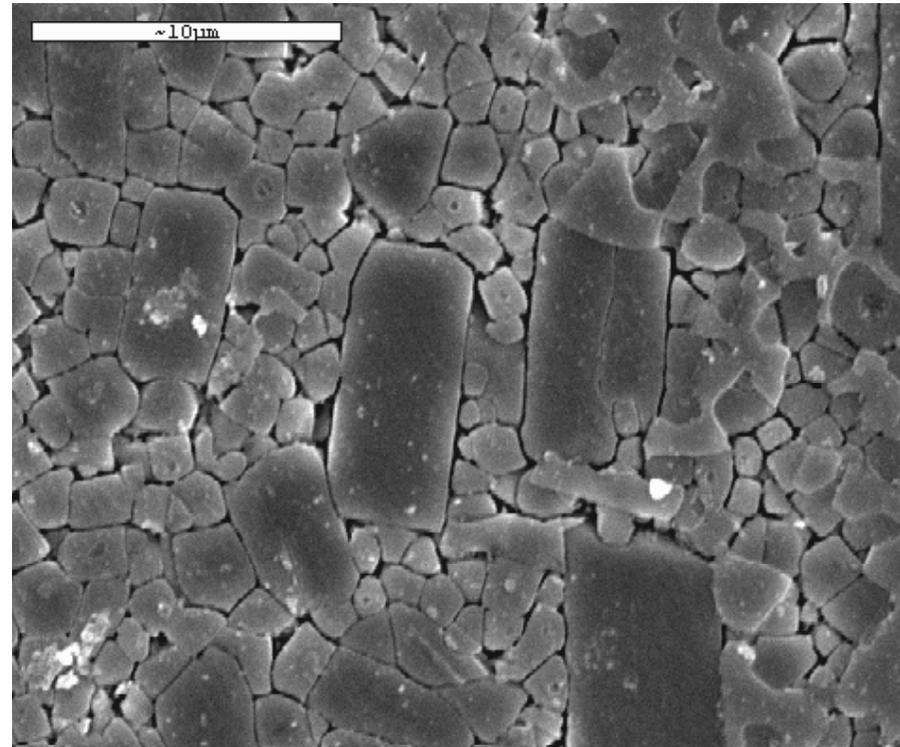
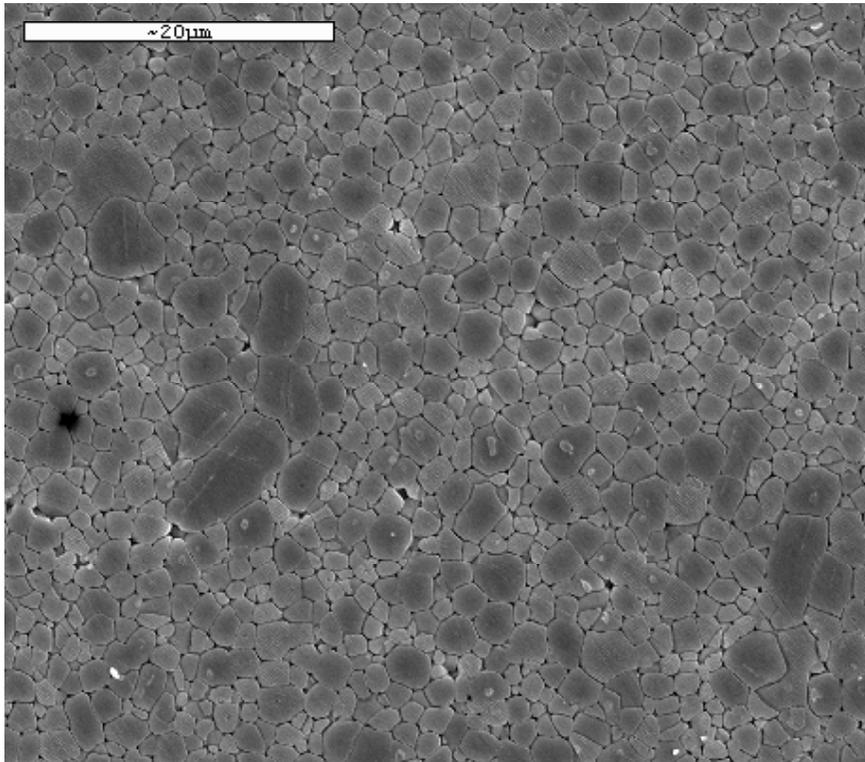


ZL102变质后

**试样的磨光、抛光及浸蚀过程须一气呵成，以减少试样表面氧化膜的形成。**



# 陶瓷试样的制备

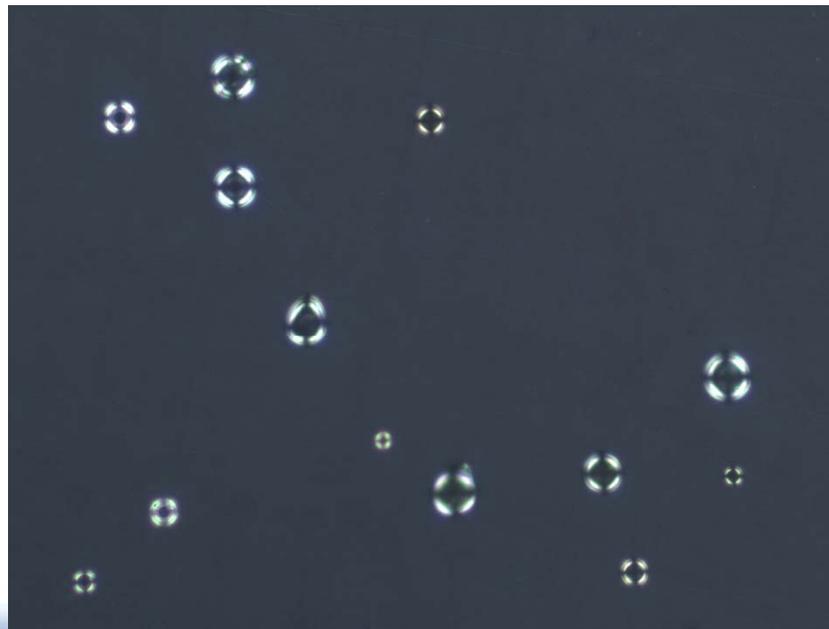
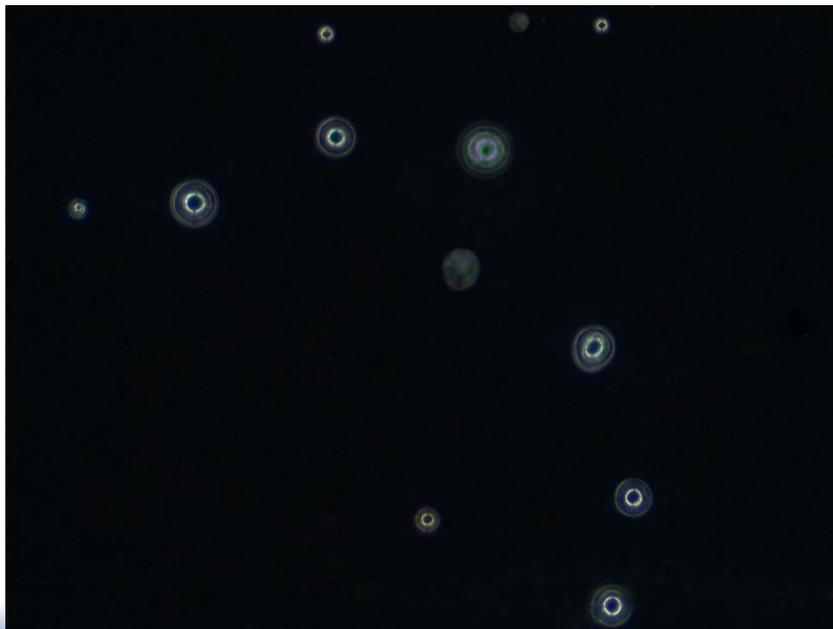
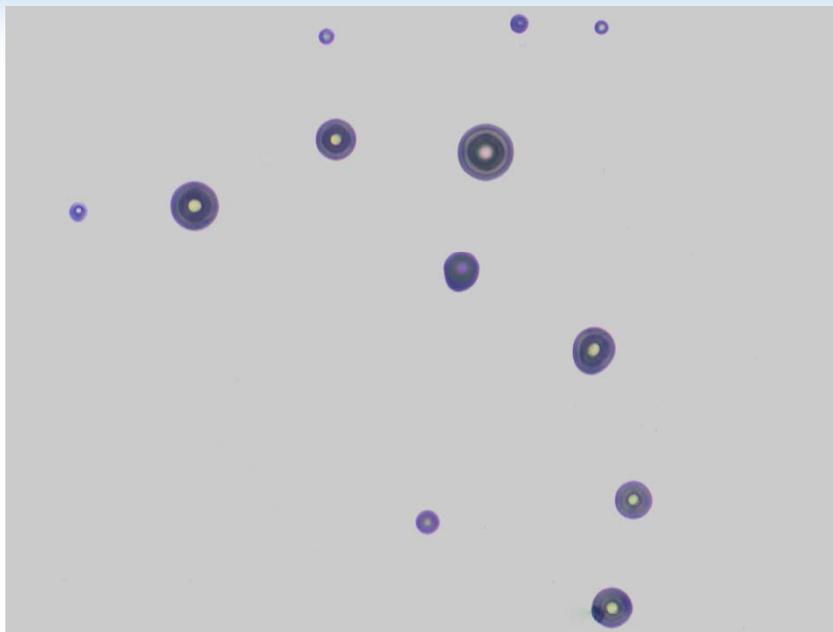


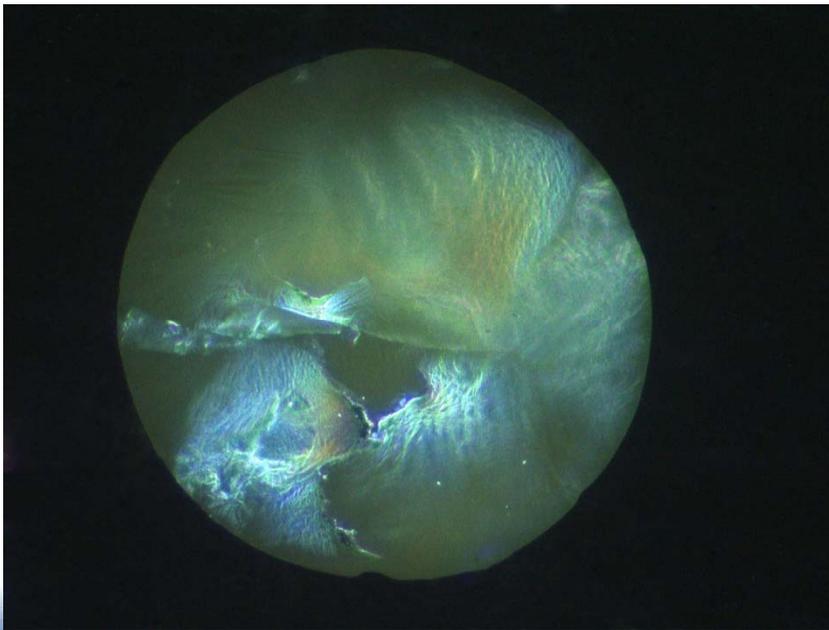
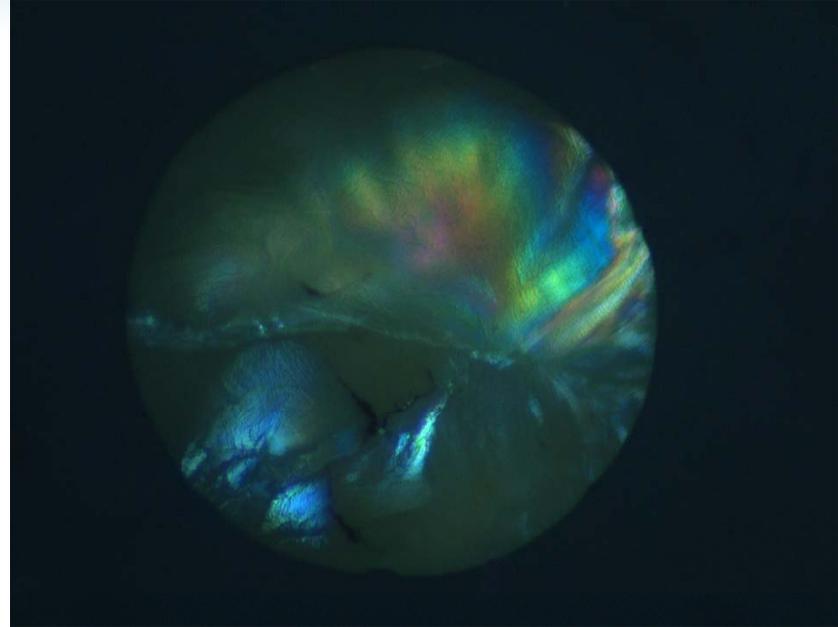
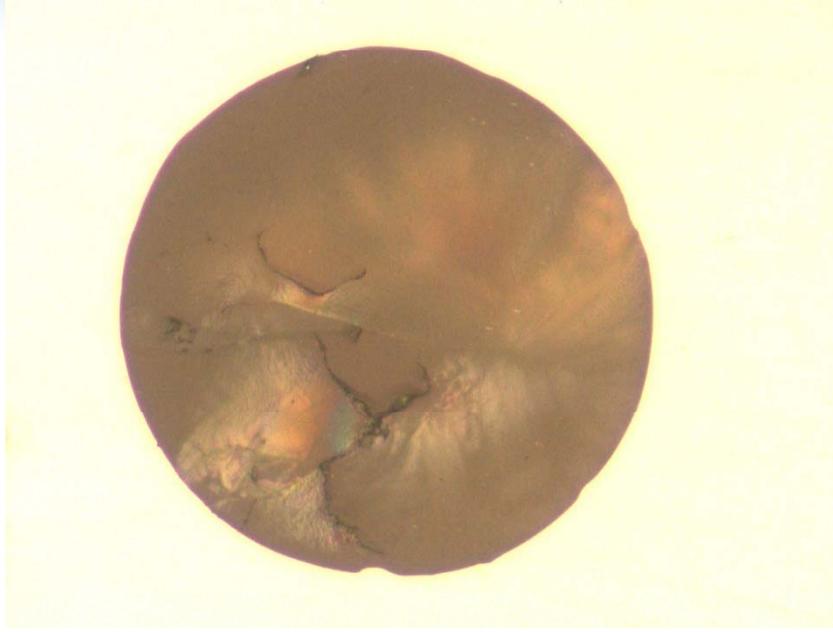
合适的侵蚀时间使各相清晰呈现



# 显微组织鉴别

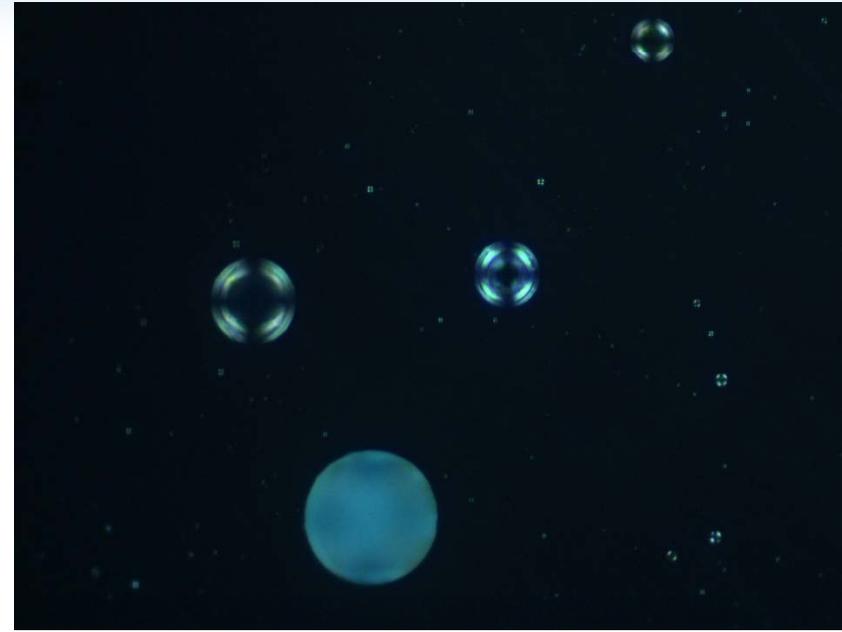
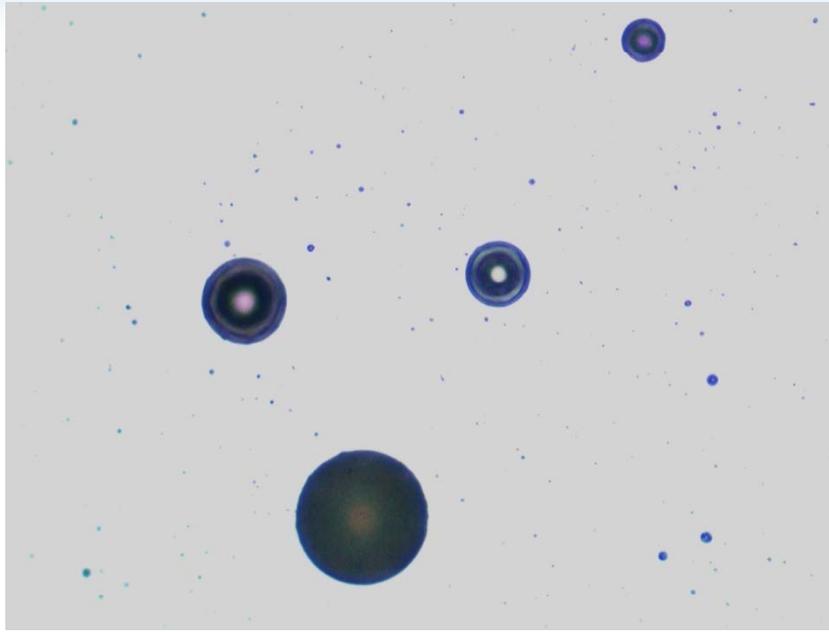






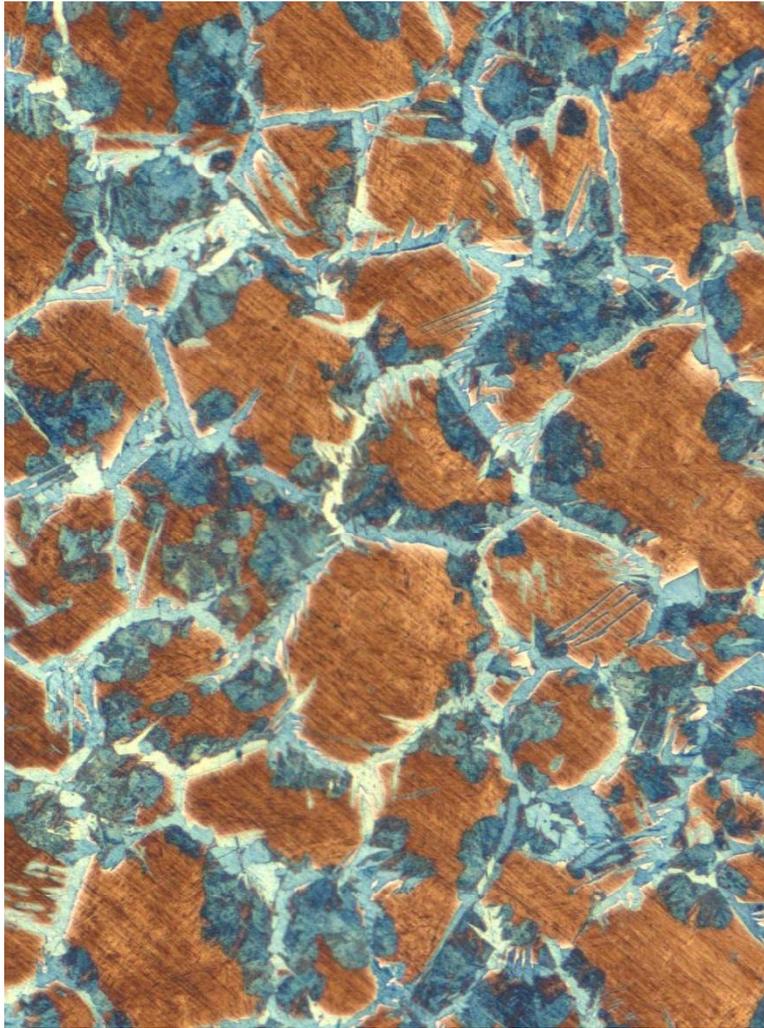
水泥磨机上的  
**ZGMn13**篦子板，  
在使用时碎裂成块，  
分析时发现试样中  
存在很多夹杂物，  
这是其中的一个。



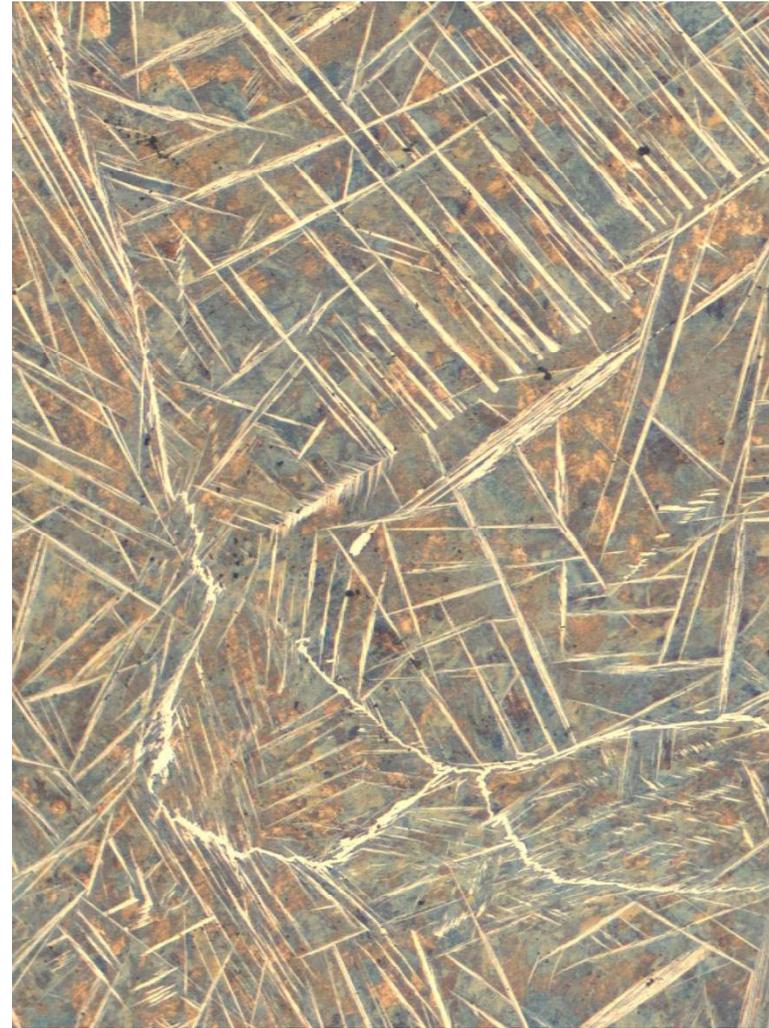


抛丸机上的抛丸在  
铸造中大量破裂，  
这是试样中的非夹  
杂物。



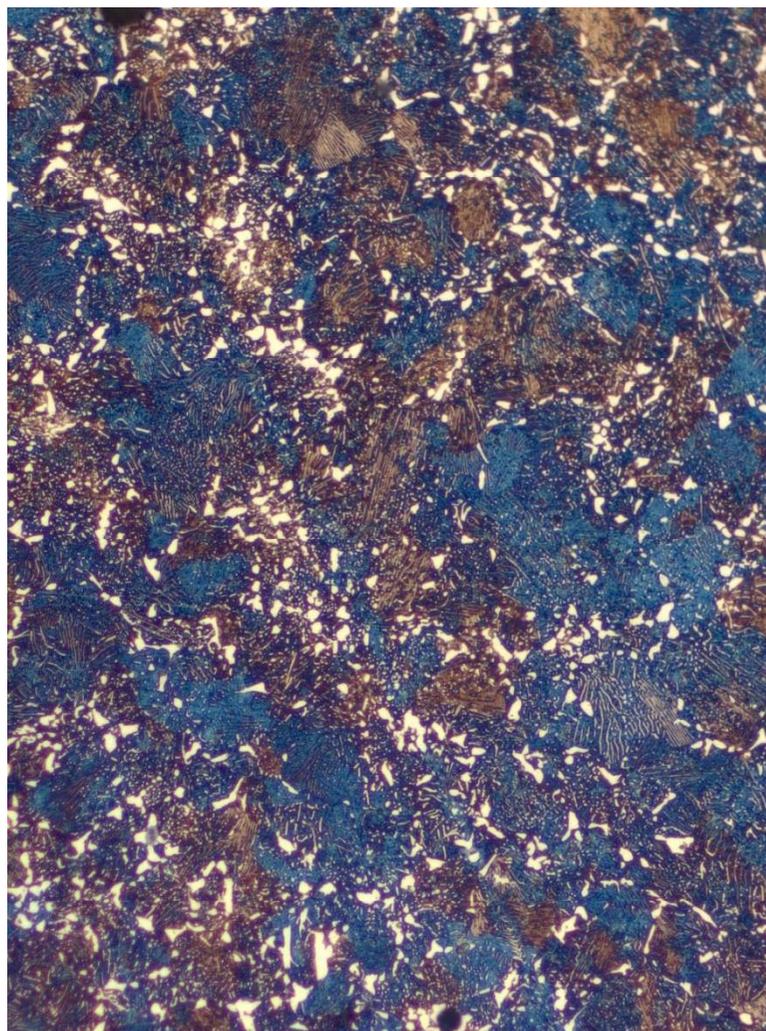


亚共析钢魏氏组织着色显示

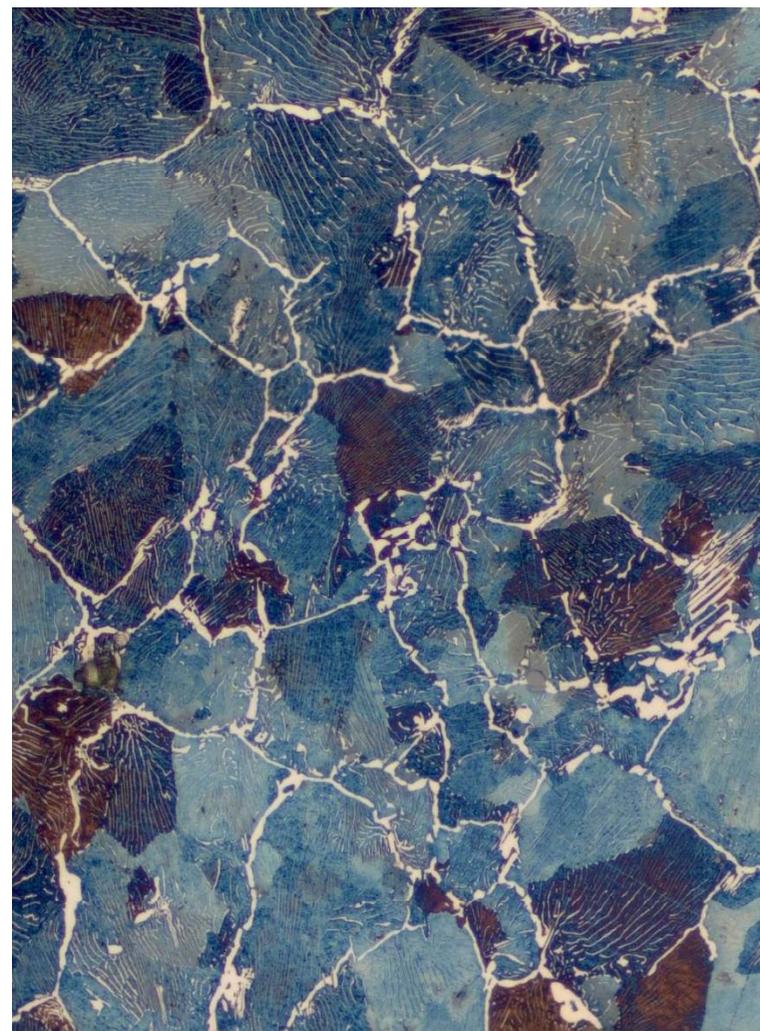


过共析钢魏氏组织着色显示



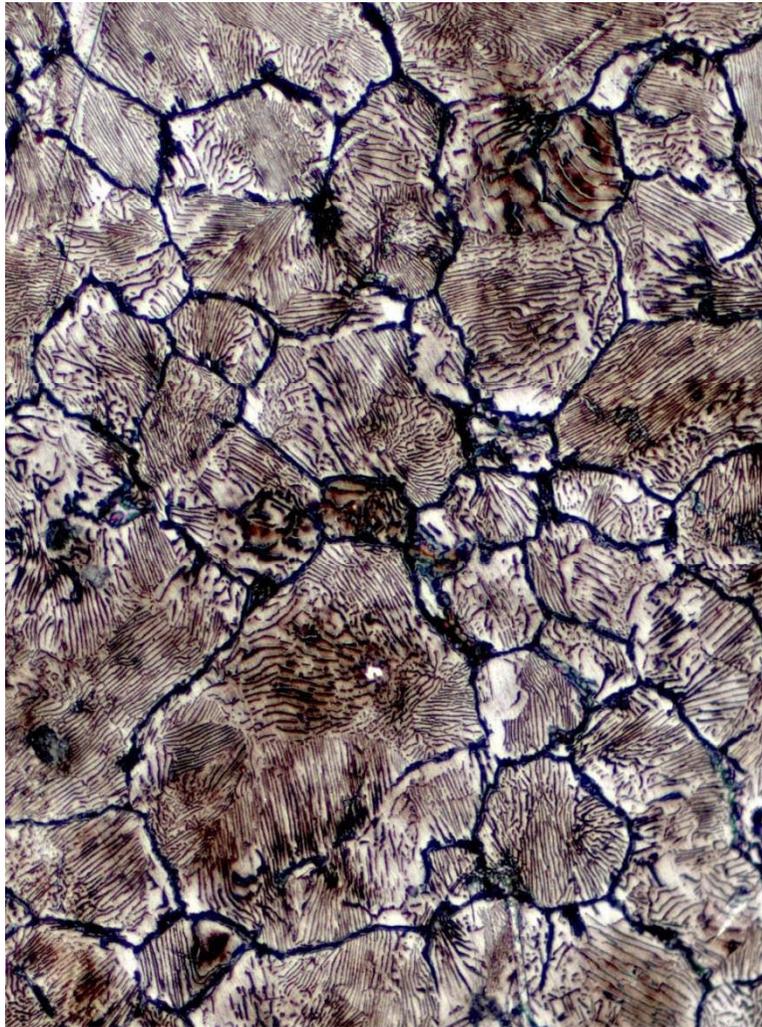


过共析钢粒状P着色显示

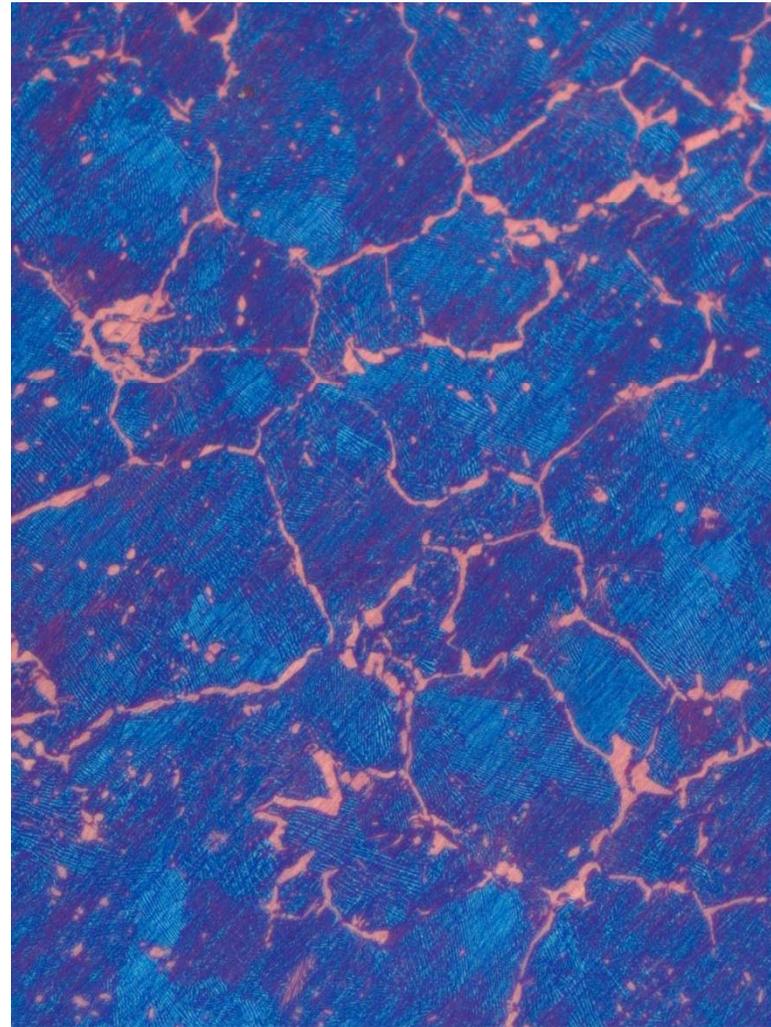


过共析钢着色显示



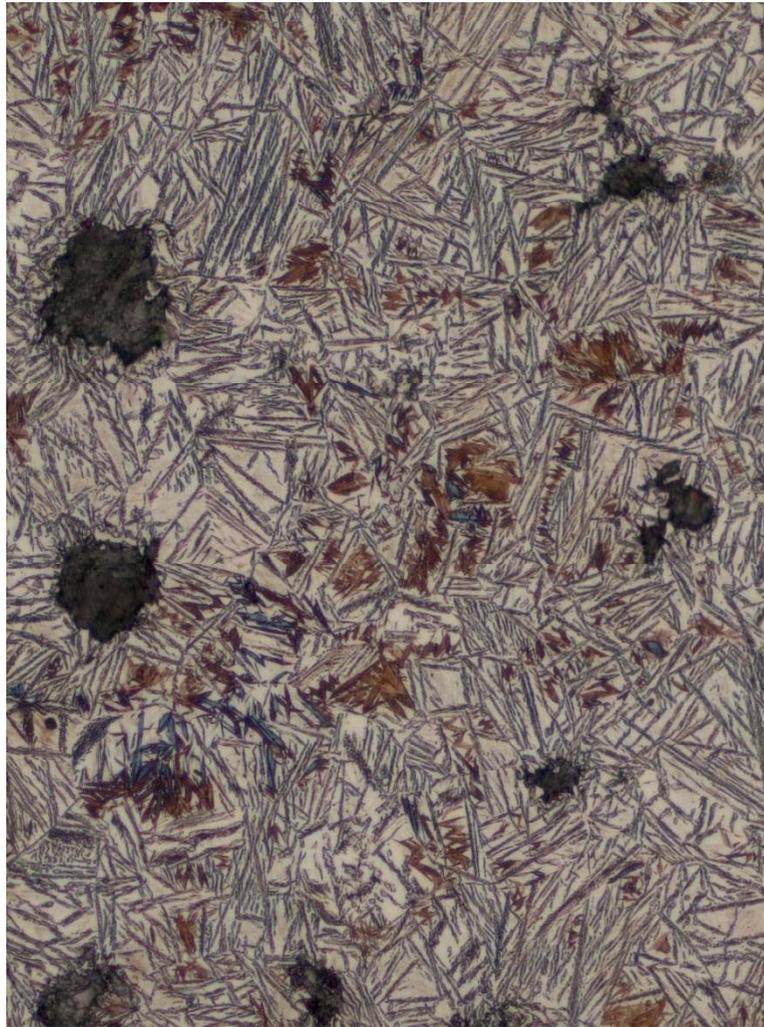


过共析钢苦味酸钠煮沸着色  
显示



过共析钢热染显示



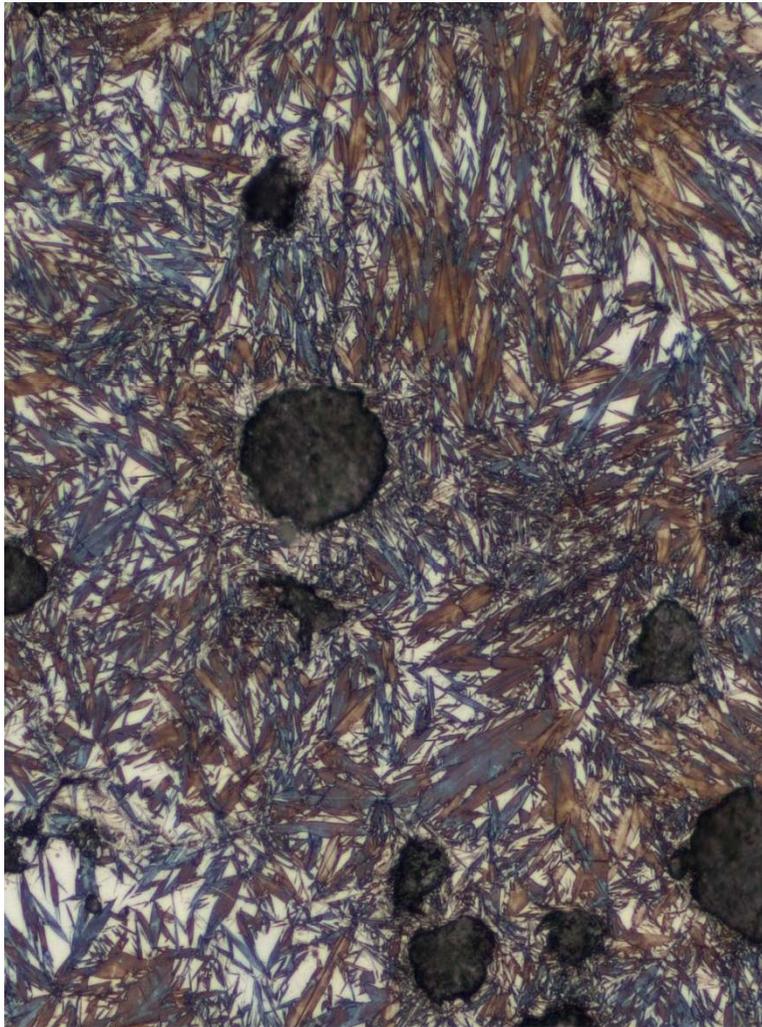


QT40-10-920°C加热-  
400°C等温25分钟



QT40-10-960°C加热-  
270°C等温80分钟



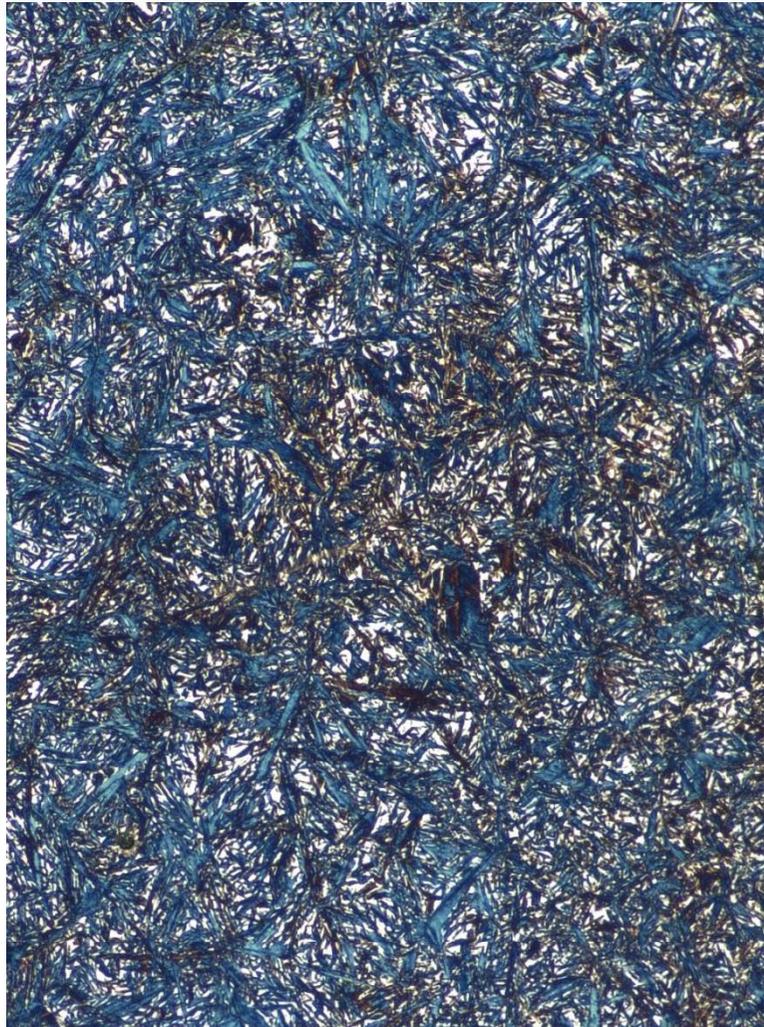


QT40-10-940°C加热直接淬火

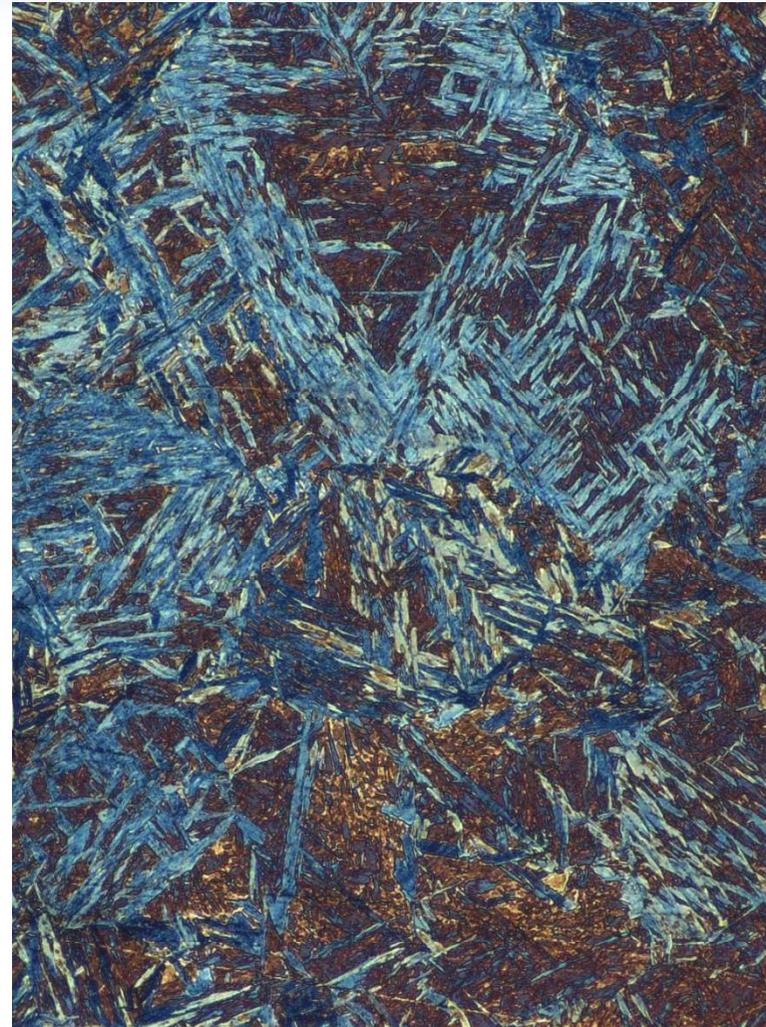


球铁-850°C加热-300 °C等温



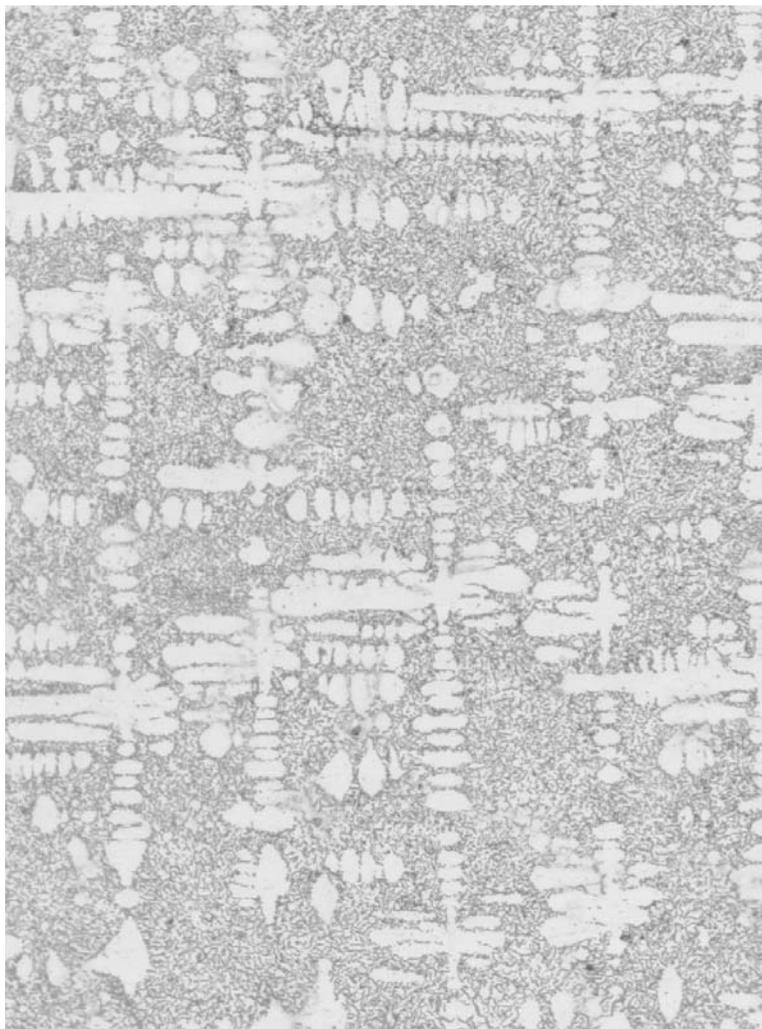


T10钢-940°C加热淬火  
着色显示

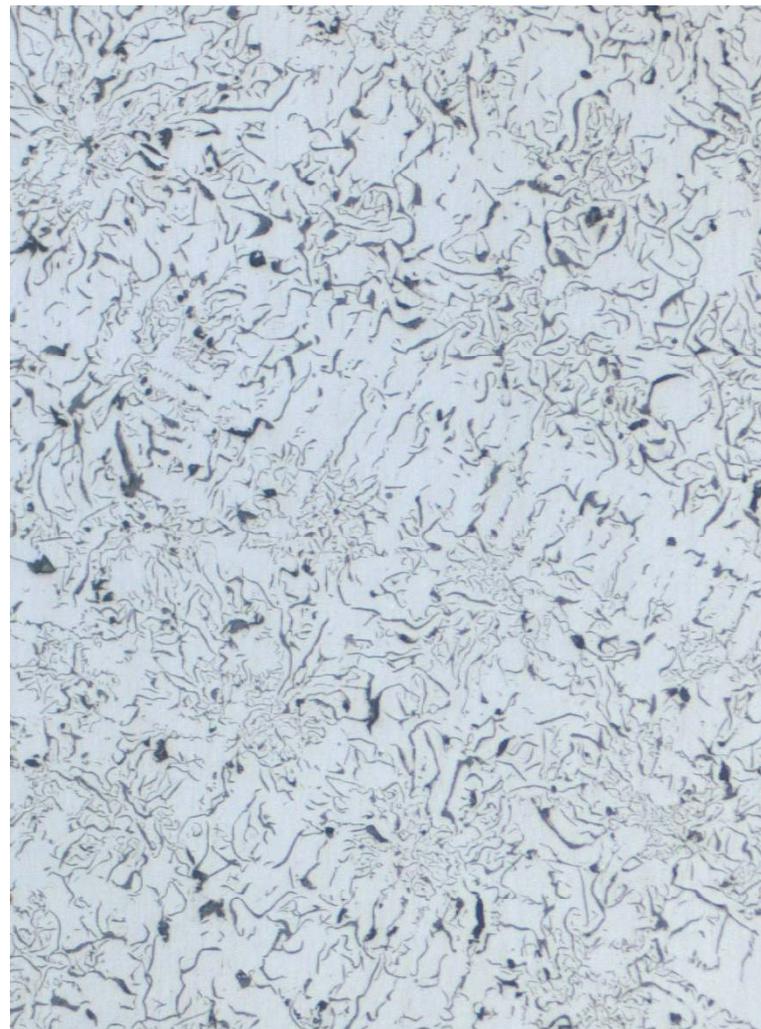


8MnSi-940°C加热淬火  
着色显示



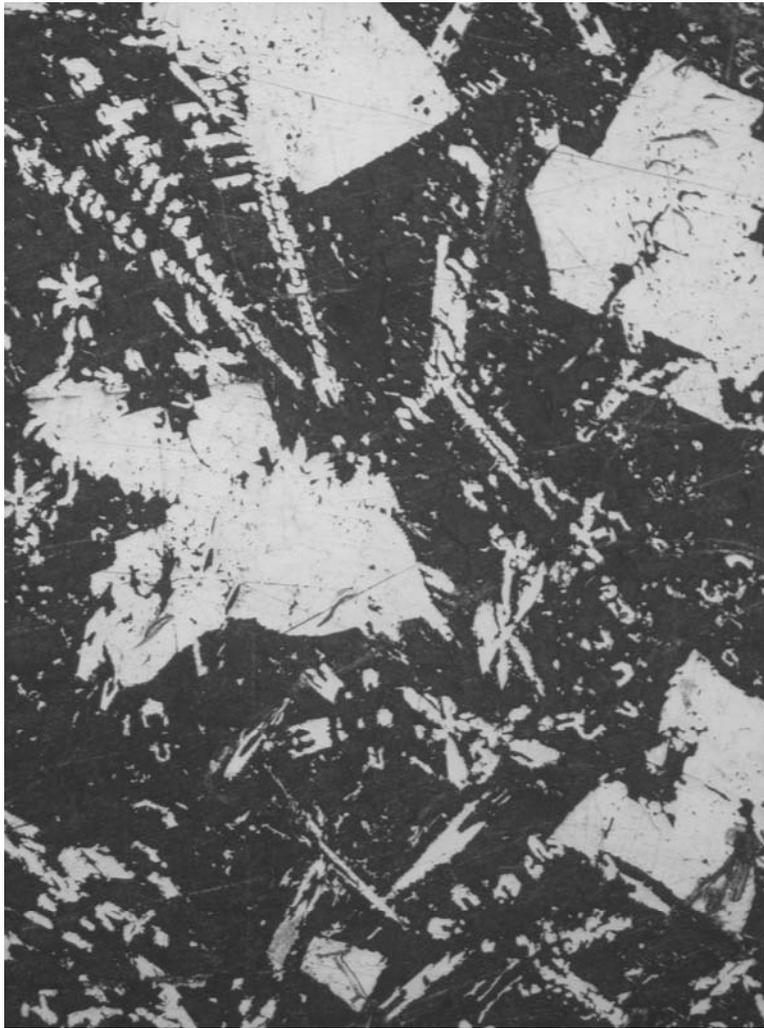


D型石墨



E型石墨





锡基轴承合金

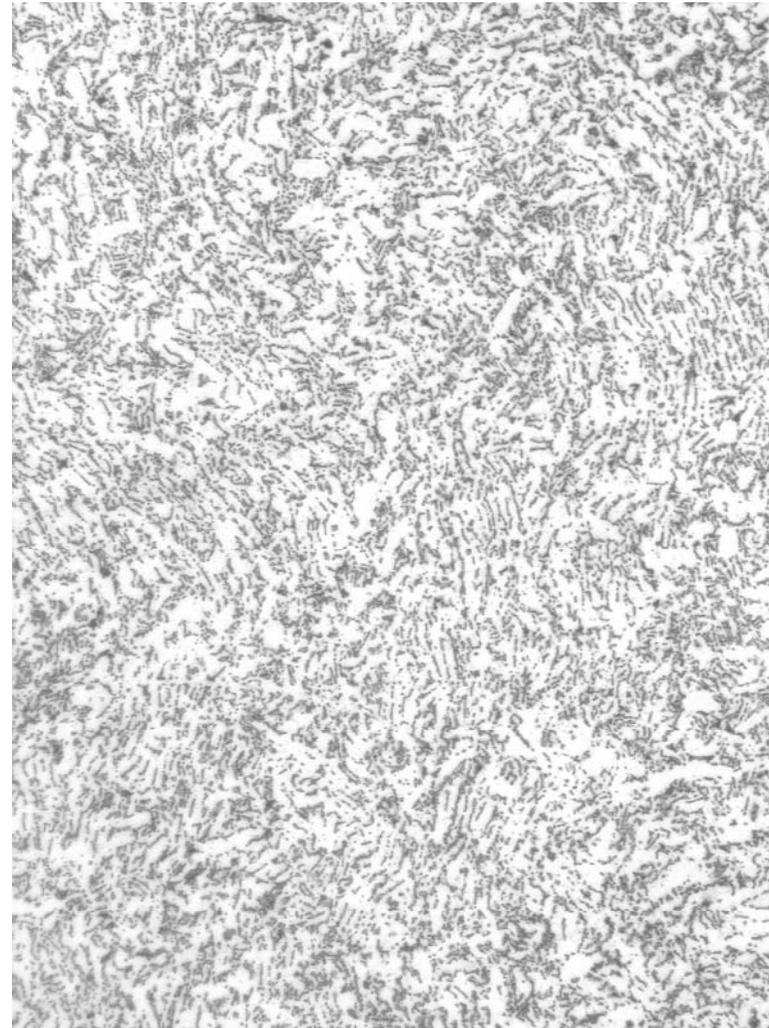


铅基轴承合金





铅黄铜



钛合金-TC4





# 总结

试样磨光--心平气静

试样抛光--不急不躁

组织鉴别--去伪存真

制样过程--一丝不苟、精益求精

显微组织--一目了然、眉清目秀





以上体会仅供参考，  
不妥之处，敬请指正！  
**谢谢大家！**

