

35CrMo钢热处理及性能测试 综合实验

叶子超、曹润辰组

主讲人：王永贵

实验目的

- ▶ 了解不同热处理方法的异同，以及不同热处理方法对材料性能的影响；
- ▶ 不同热处理方法的异同，以及不同热处理方法对材料性能的影响；
- ▶ 通过测试硬度，再次熟悉各种测试方法并分析硬度变化的原因；
- ▶ 再次熟悉拉伸实验，并分析强度变化的原因；
- ▶ 通过综合实验熟悉35CrMo钢的性能。

实验设备和样品

- ▶ 仪器设备：回火炉、拉伸装置、镶嵌机、抛光机、金相显微镜、硬度试验机；
- ▶ 试剂：机油、水、盐水（密度1.03645g/ml）；
- ▶ 样品：35CrMo钢硬度试样及拉伸试样数个。

35CrMo钢

▶ 35CrMo钢的化学成份：

碳 C：0.32~0.40	硅 Si：0.17~0.37
锰 Mn：0.40~0.70	钼 Mo：0.15~0.25
铬 Cr：0.80~1.10	磷 P：允许残余含量 \leq 0.035
镍 Ni：允许残余含量 \leq 0.030	铜 Cu：允许残余含量 \leq 0.030
硫 S：允许残余含量 \leq 0.035	

▶ 35CrMo钢奥氏体化温度 860°C ， $A1=730^{\circ}\text{C}$ ， $A3=780^{\circ}\text{C}$ ， $M_s=370^{\circ}\text{C}$ 。

实验计划和步骤

- ▶ 将全部试样在 $850^{\circ}\text{C}\sim 860^{\circ}\text{C}$ 下保温15分钟进行奥氏体化。
- ▶ 淬火：样品采取五种冷却方式：空冷（正火）、油冷、水冷、盐水冷、炉冷（退火）。其中，油冷、水冷和盐水冷的样品分别选取七个，正火与退火样品各准备一个。
- ▶ 回火：对油冷、水冷和盐水冷三组实验条件下的六个样品分别进行从 $200^{\circ}\text{C}\sim 700^{\circ}\text{C}$ 温度间隔为 100°C 的回火处理，共18个样品。而三种实验条件分别剩余的1个样品用作无回火对照。

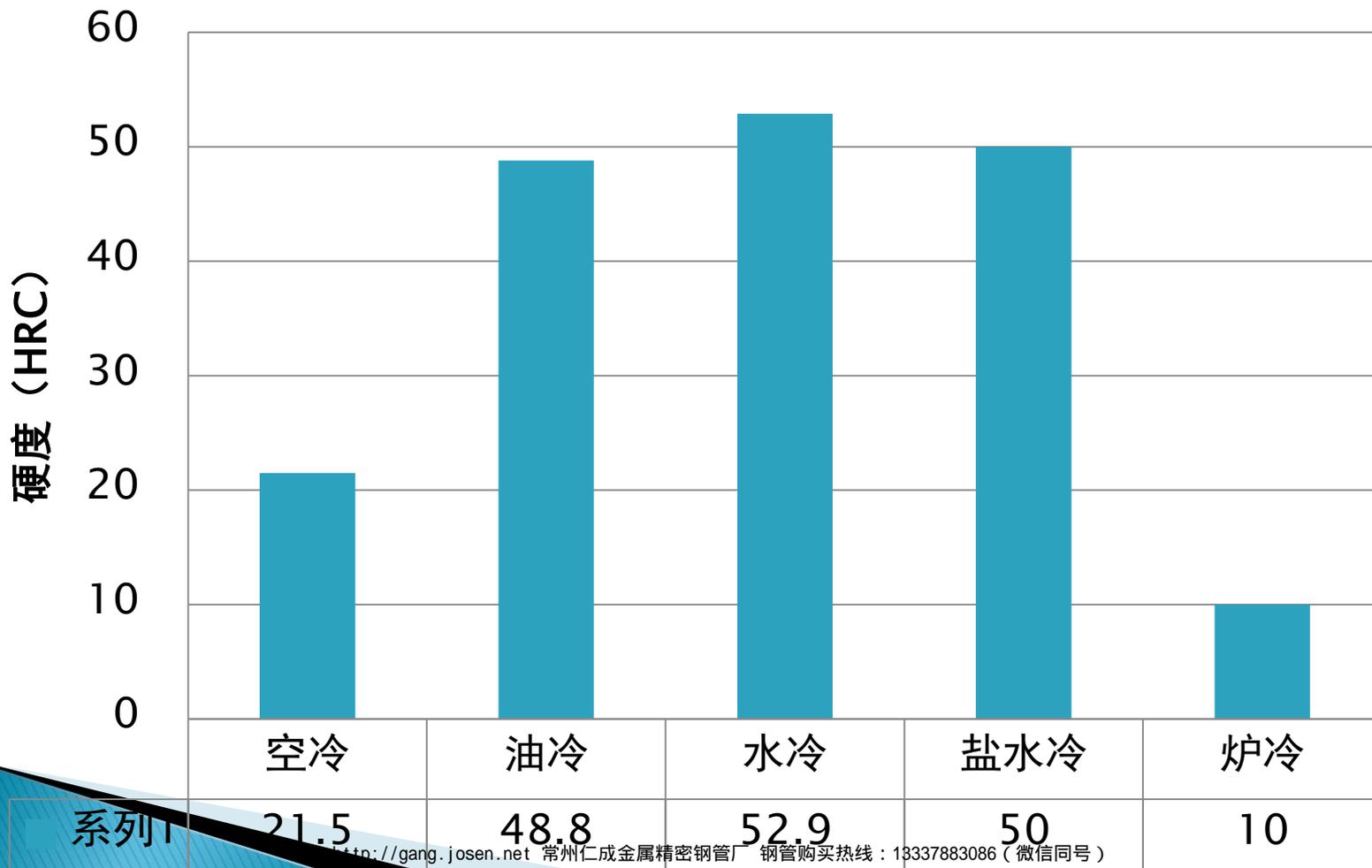
测硬度：对标准样品、退火样品、正火样品，3个无回火样品和18个回火样品分别测其洛氏硬度。比较分

实验计划和步骤

- ▶ 对拉伸样品进行选定条件的热处理：我们选定用作拉伸的试样分别是退火样、正火样、400℃、500℃、600℃、700℃油冷回火样，共六根拉伸试样。
- ▶ 对上述试样进行拉伸试验，测定其屈服强度、抗拉强度、延伸率和断面收缩率等性能指标。
- ▶ 比较样品的硬度和拉伸性能，进而判断不同的处理条件对样品性能的影响。

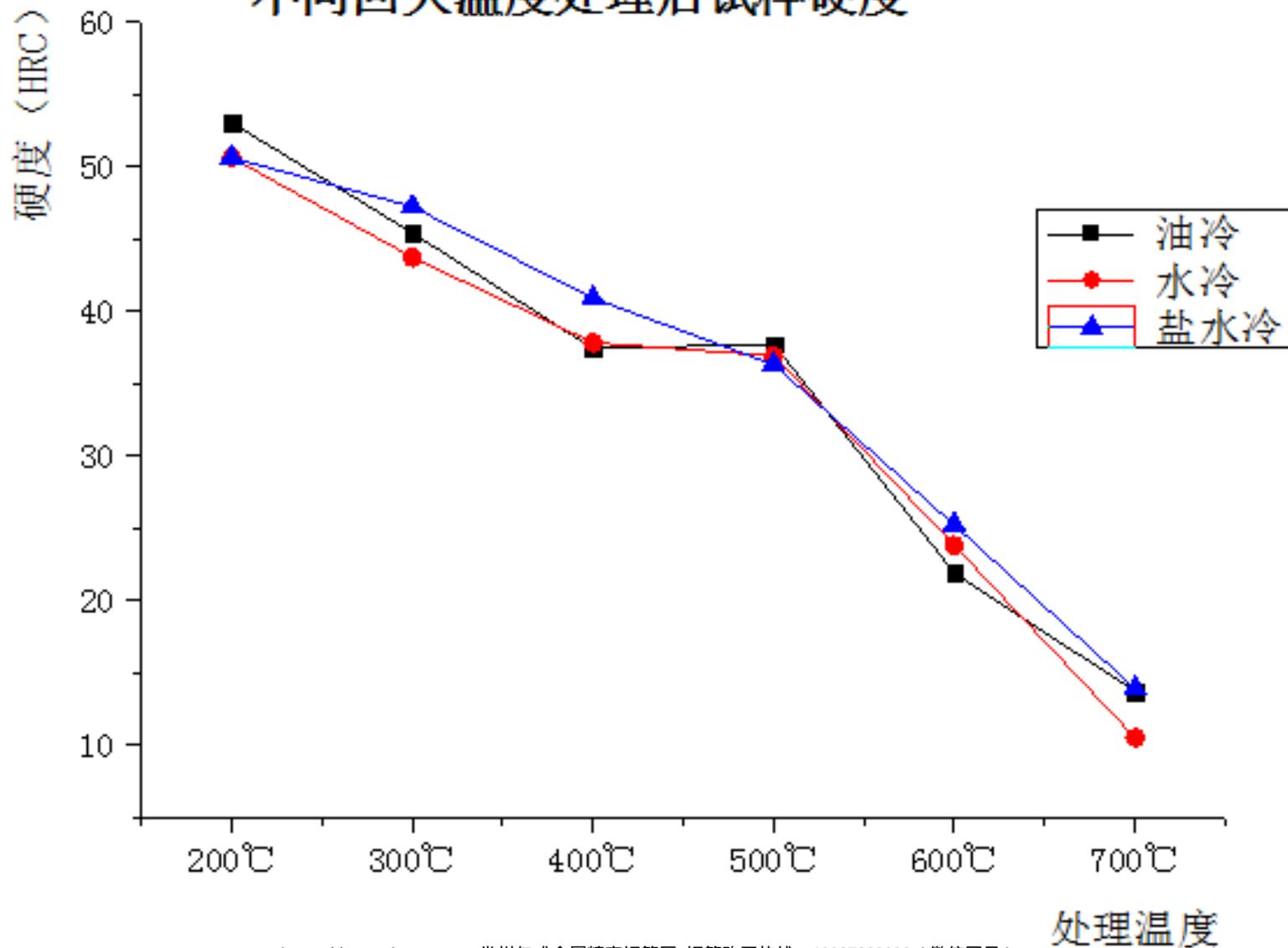
实验结果（硬度测试）

未经回火处理各类淬火试样硬度



系列1

不同回火温度处理后试样硬度



实验结果（拉伸测试）

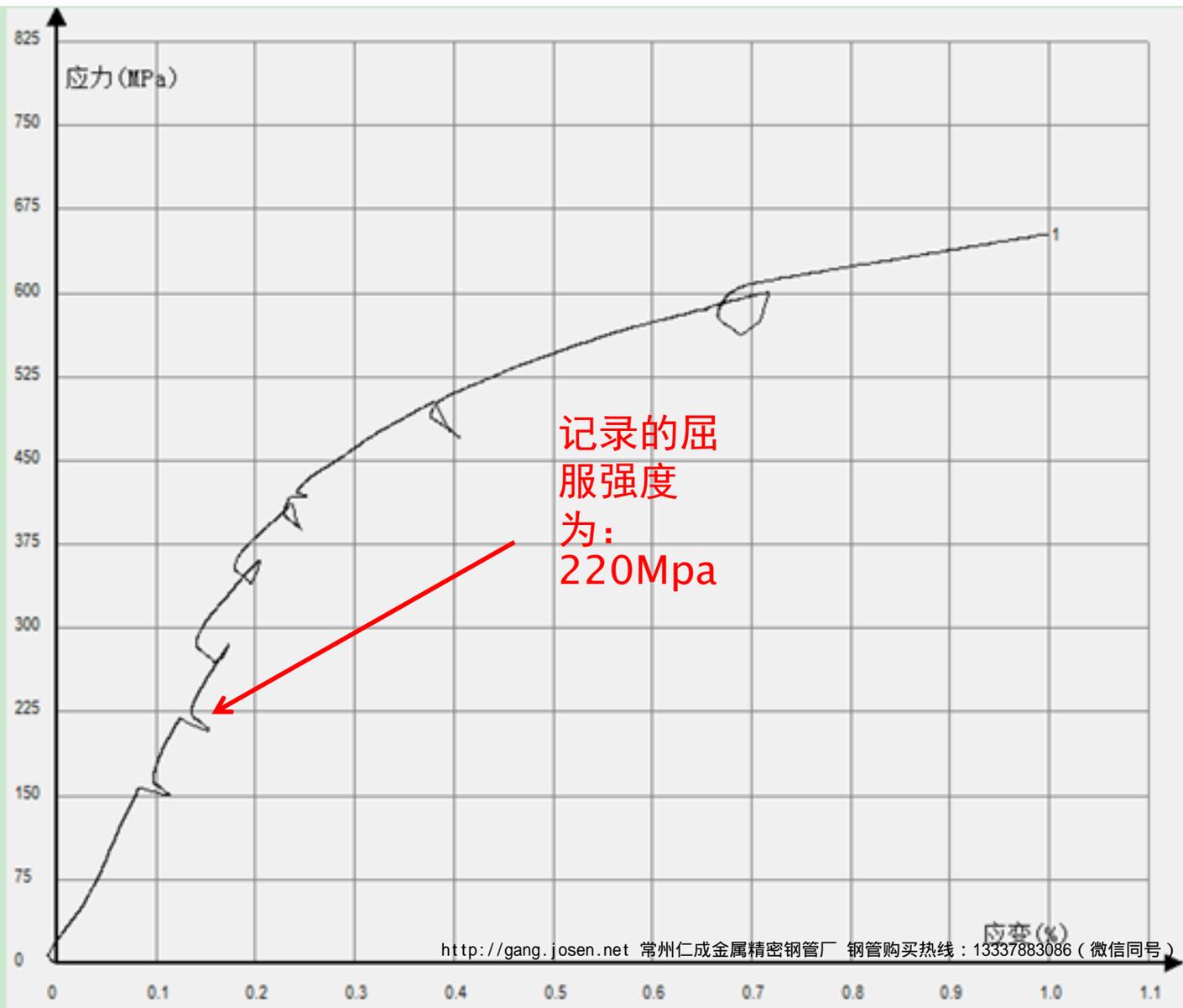
	炉冷 未回火	空冷 未回火	油冷 700℃回 火	油冷 600℃回 火	油冷 500℃回 火	油冷 400℃回火
σ_b /MPa	575	915	690	935	1150	1380
E/MPa	211022	196105	218747	243698	190821	232008
δ	25.88%	未知	5.60%	14.84%	6.77%	未知
Ψ	65.04%	未知	71.45%	65.94%	59.34%	未知
σ_{eH} /MPa	315	220	188	510	575	575

结果分析

1. 淬火介质对试样性能影响

- ①**硬度**：根据实验数据，淬火后所得试样硬度大小基本符合随冷却速度的增大而增大（水冷>盐水冷>油冷>空冷>炉冷）；
- ②**强度与塑性**：一般而言样品硬度越高其强度指标相应也就越高，对比空冷淬火与炉冷淬火试样拉伸结果可以发现，空冷试样强度指标基本均优于炉冷试样。唯一例外的是屈服强度，对于这一点我们认为这是由于拉伸机本身测量有误所致，因为观察拉伸曲线可以发现，在拉伸过程中夹头由于没有加紧导致出现不断滑动，拉伸机将此时出现的曲线波动误认为是试样屈服所导致的流变。

空冷拉伸曲线



2、回火温度对试样性能的影响

- ▶ ①**硬度**：
- ▶ 低温回火：所得到的试样硬度基本没有变化；
- ▶ 中温回火：试样硬度显著下降；值得注意的是，在500℃回火温度附近出现一个平台甚至曲线略有上升，我们分析认为这是由于二次硬化造成的。
- ▶ 高温回火：试样硬度持续下降。

2、回火温度对试样性能的影响

②强度和塑性：

结果表明，随回火温度的提高，试样的各类强度指标均下降同时塑性上升，这是因为高温时晶粒长大和溶质的溶解，导致固溶强化和细晶强化等强化机制的减弱，从而使试样强度下降以及塑性的升高。

问题讨论

- ▶ **实验中的反常现象：**盐水淬火比纯水淬火所得试样硬度低。
- ▶ 我们认为这是盐水浓度不够造成的结果。
- ▶ 只有当NaCl溶液浓度（质量分数）介于5%至15%之间时才能充分发挥盐水对冷却速度提高的作用，而质量分数1%的NaCl溶液与纯水对于冷却较高温度的试样而言基本没有太大区别。需要说明的是，NaCl溶液也并非浓度越高冷却能力越好，因为考虑到液体的粘度受浓度影响，而粘度的提高必然使得液体流动性减弱，从而抑制对流散热降温，这一点在较低温度下体现得尤为明显，因此选择合适的淬火盐溶液的浓度十分关键。

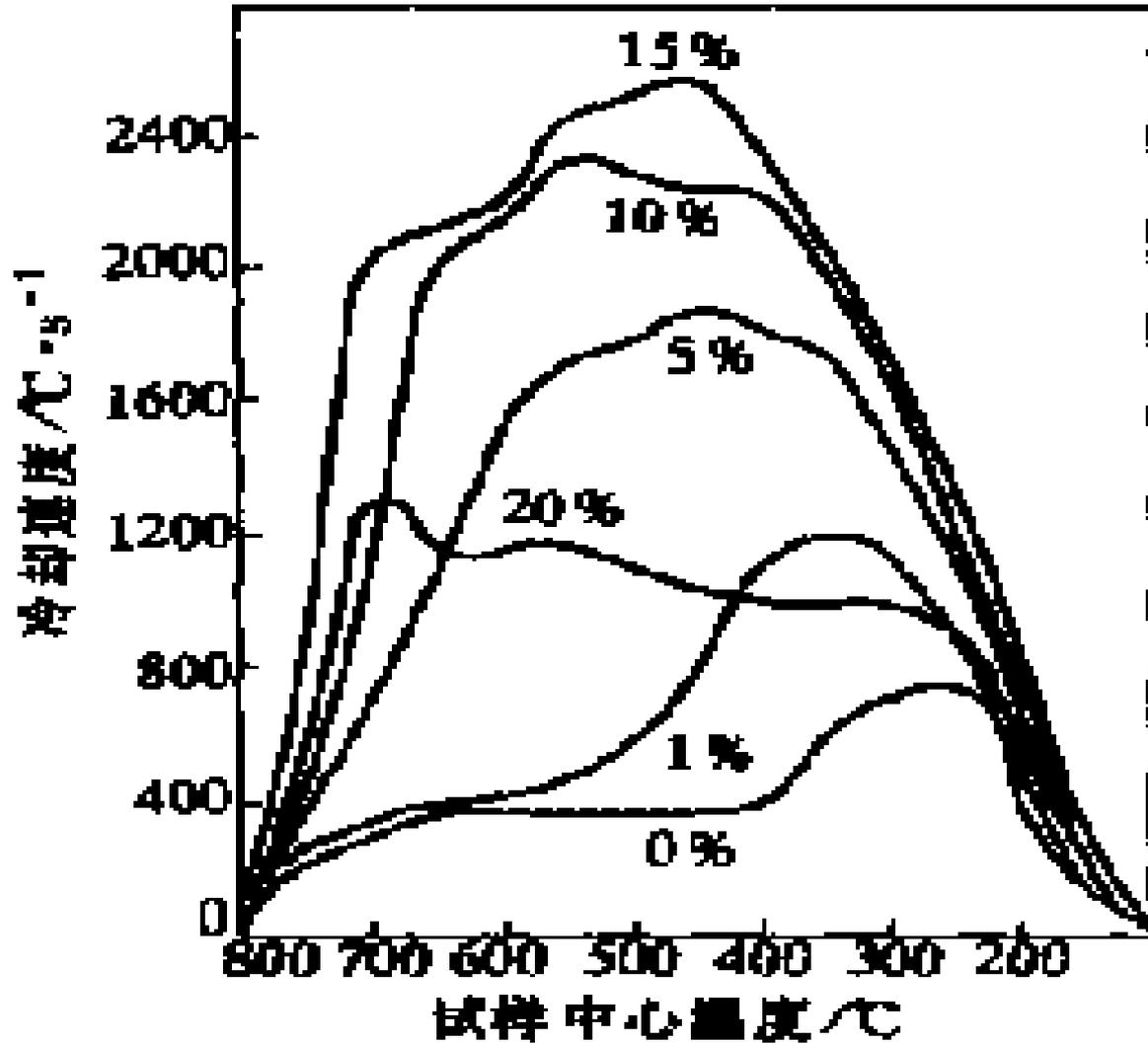


图 3-73 NaCl 溶液浓度 (质量分数) 对冷速的影响

实验误差

- 本次实验所用的拉伸试验机年久失修，试验机的精度很值得怀疑，这从同一试样前后测得的硬度最大可相差 $8\sim 10$ 这一事实中体现出来。我们认为这是本实验最大的误差来源；
- 打硬度时由于试样截面小而硬度点较多，难免会使多个硬度点相隔太近，造成误差；
- 原始试样在加工出厂后可能本身就存在着一定的微区成分误差，从而导致不同硬度点存在相当的误差；

➤拉伸试样表面氧化层没有及时磨去可能导致试样直径测量的不准确性；

➤另外还有人为了读数误差，机械的系统误差均是实验误差的来源。

➤盐水的配置出现了点失误，过量的溶剂（水）使盐水浓度偏低，淬火效果无异于纯水，使得盐水组的性能不能从数据中很好反应出来。

材加材性，一网打尽

退火正火回火，谁能挡我

我们建议.....

- 1、拉伸试验过程存在很多问题，比如打滑，造成了试验的不精确，建议几个组可以合力分享几个标准拉伸试样，以减少拉伸的麻烦。
- 2、建议实验课能改良一下那台硬度试验机，否则将在很大程度上影响试验的精度。
- 3、一组的成员有点多，最好能够像上学期那样几个人一组，便于管理和分配任务。

炉冷空冷油冷，完美性能

谢谢~~~~

温度时间:

正火 860℃ 保温时间 15min

淬火 860℃ 保温时间 15min

高温回火 550℃ 保温时间 50min

中温回火 400℃ 保温时间 60min

低温回火 260℃ 保温时间 60min

硬度值

正火:22.4 22.9 22.3 23.4 24.0

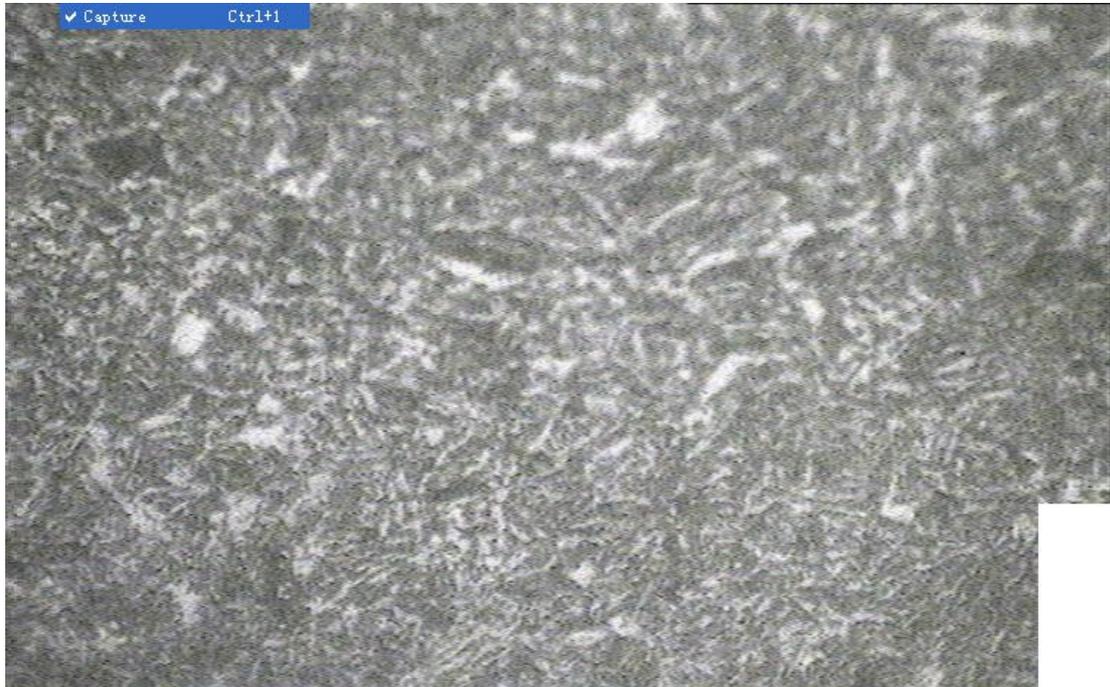
油淬:50.8 51.9 51.1 51.1 52.1

水淬:55.4 54.6 52.3 55.6 53.3

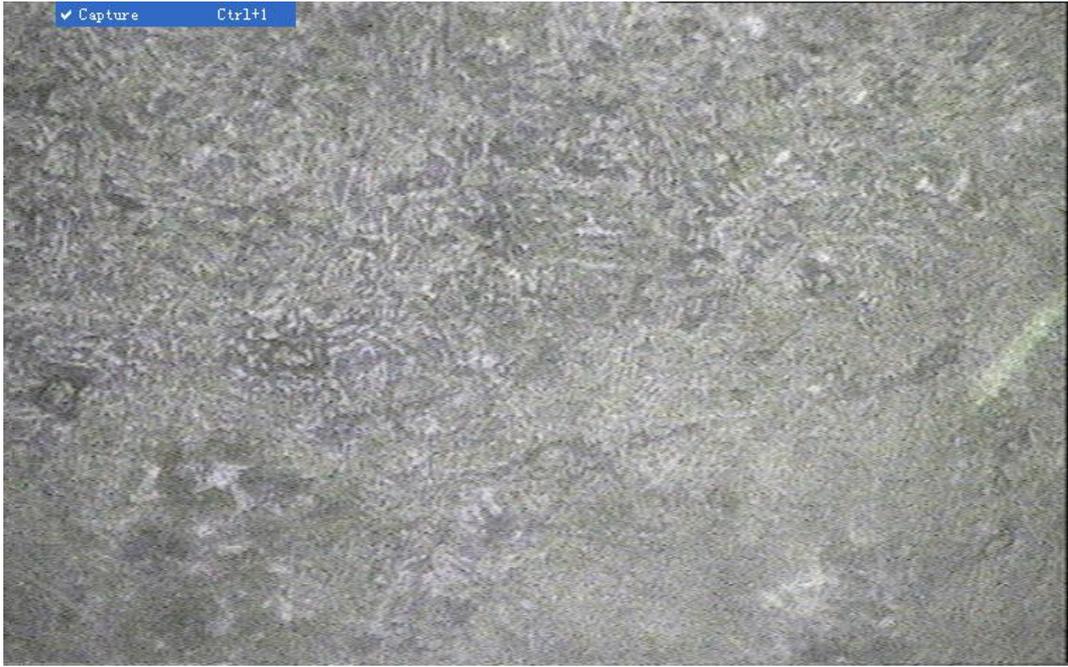
水淬高温回火:35.8 34.8 35.6 35.9 35.1

水淬中温回火:43.4 42.4 43.3 42.3 42.6

水淬低温回火:51.2 51.5 50.8 51.0 50.6



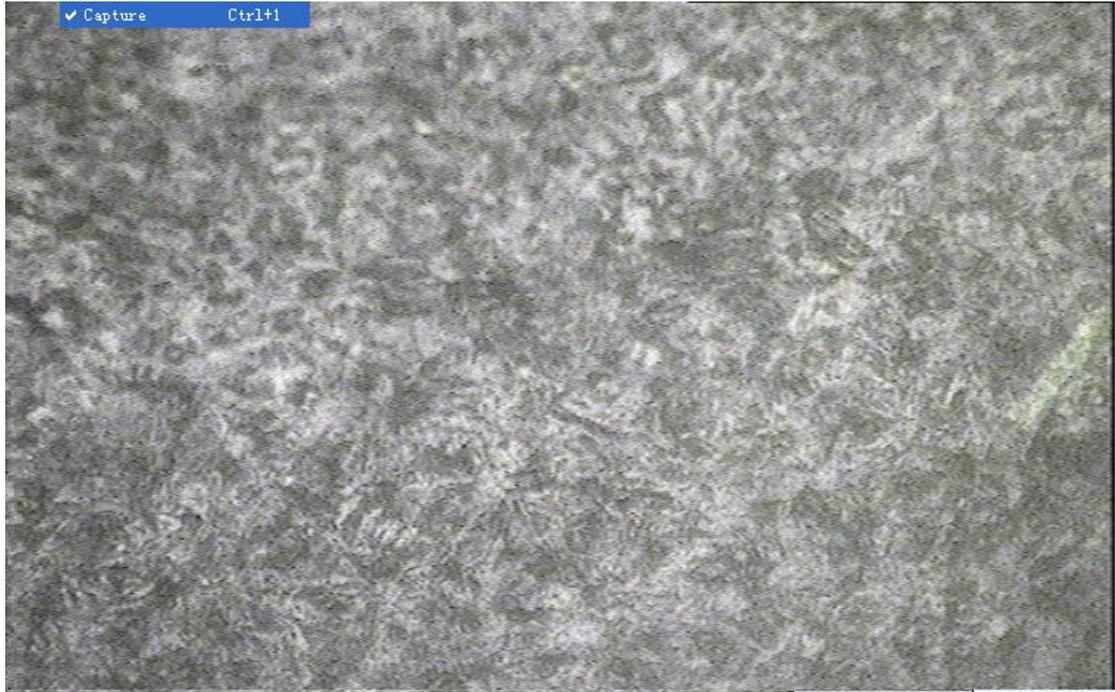
正火 35CrMo,400 倍



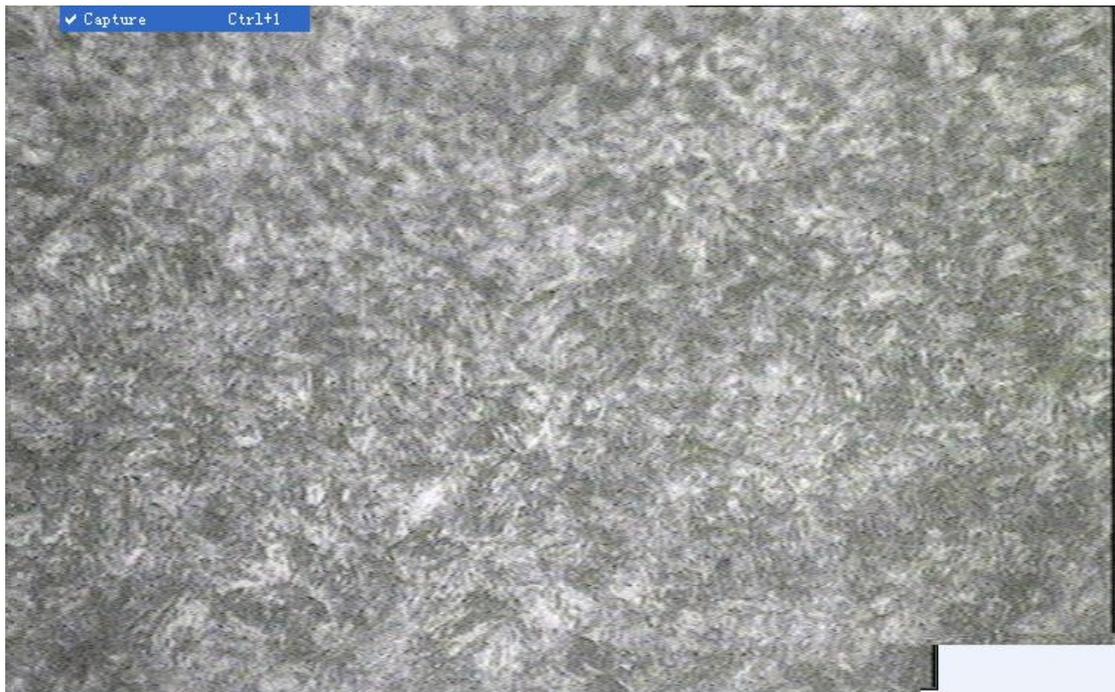
正火 35CrMo,400-2 倍



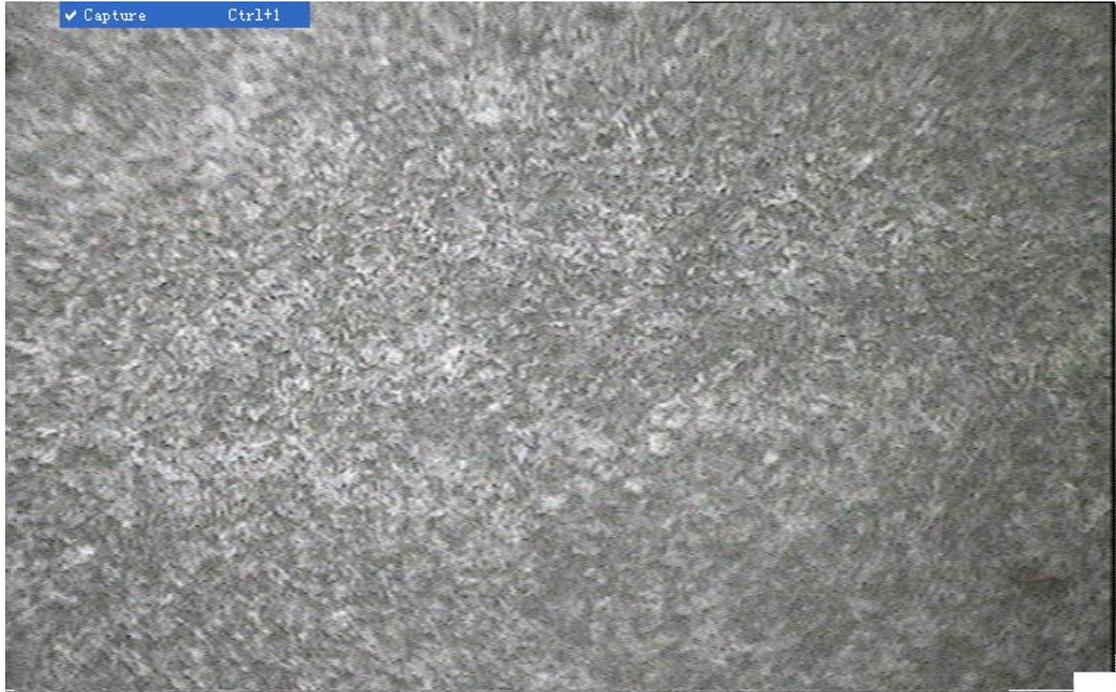
正火 35CrMo,200 倍



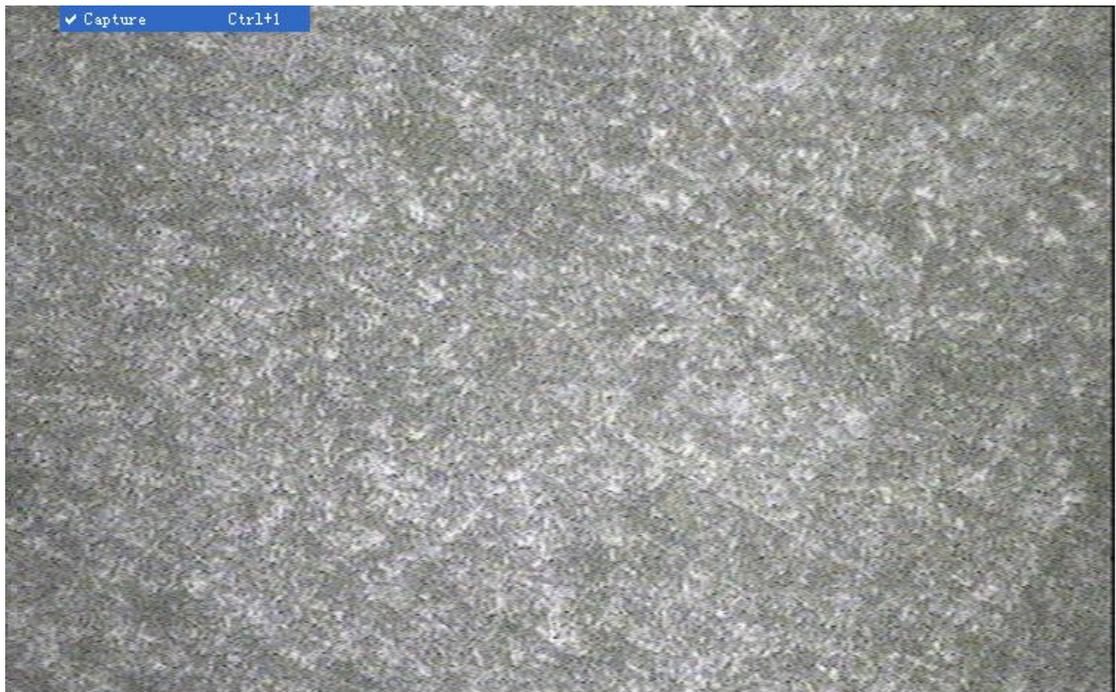
35CrMo 油淬 400-2



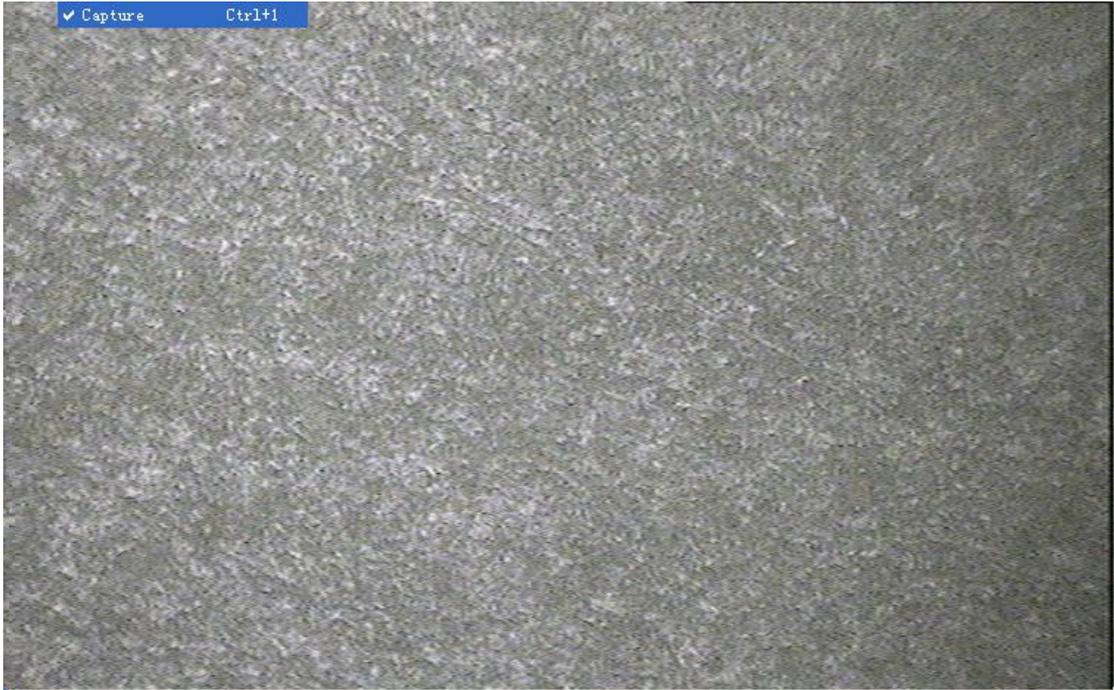
35CrMo 油淬 400



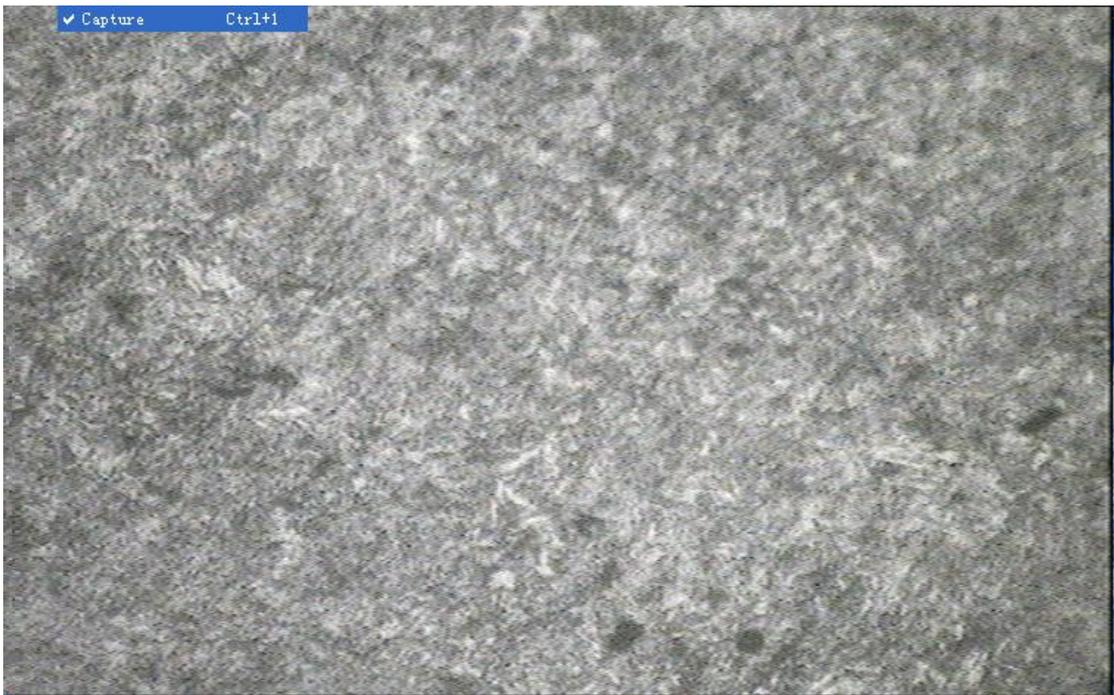
35CrMo 油 淬 200



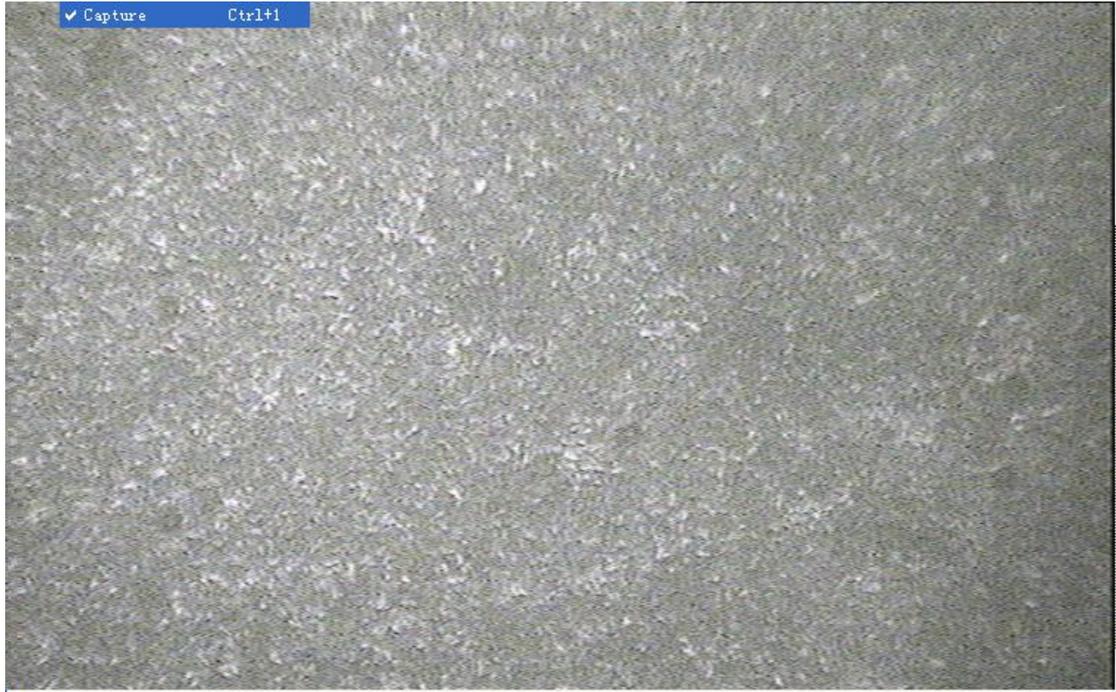
35CrMo 中回 400



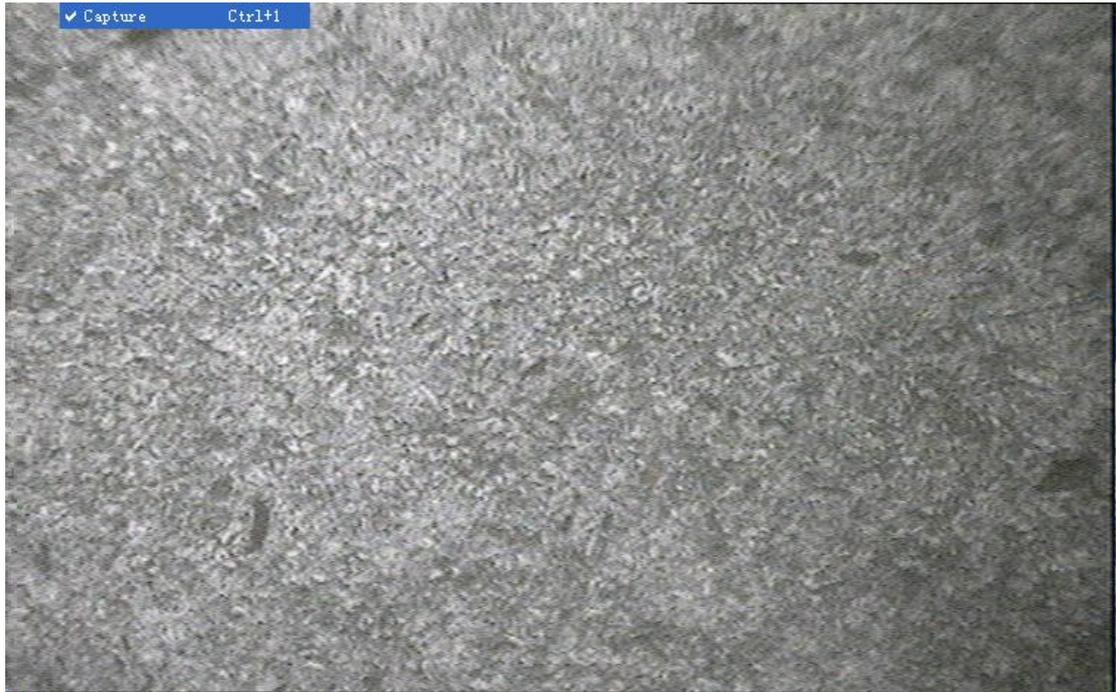
35CrMo 中回 200



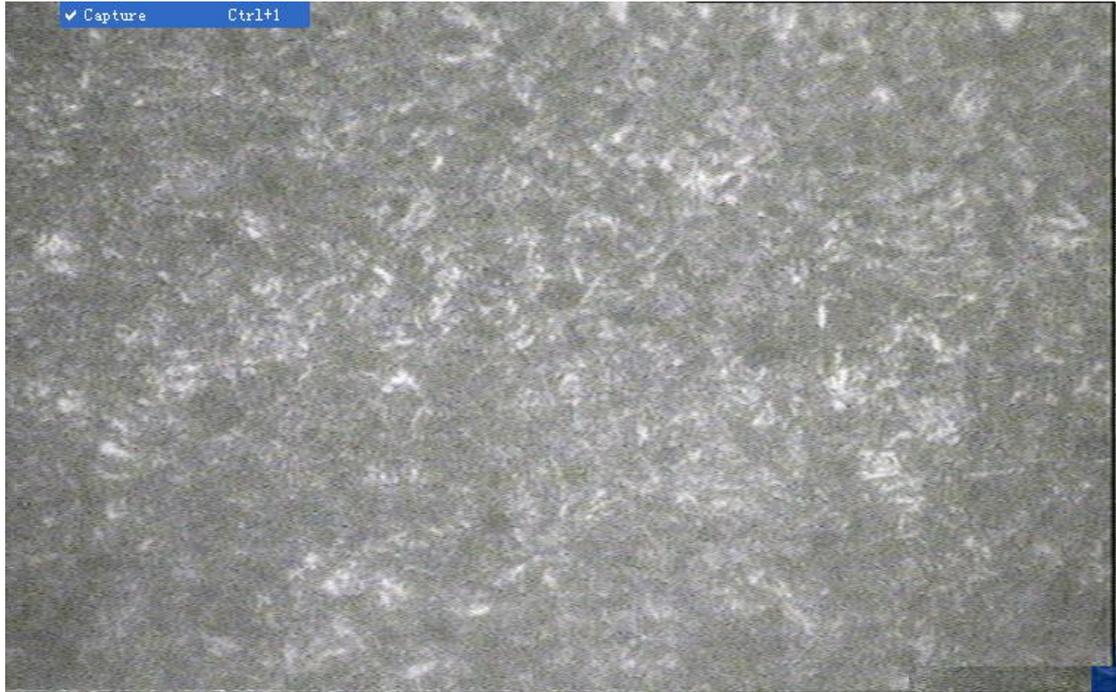
高回 35CrMo,400



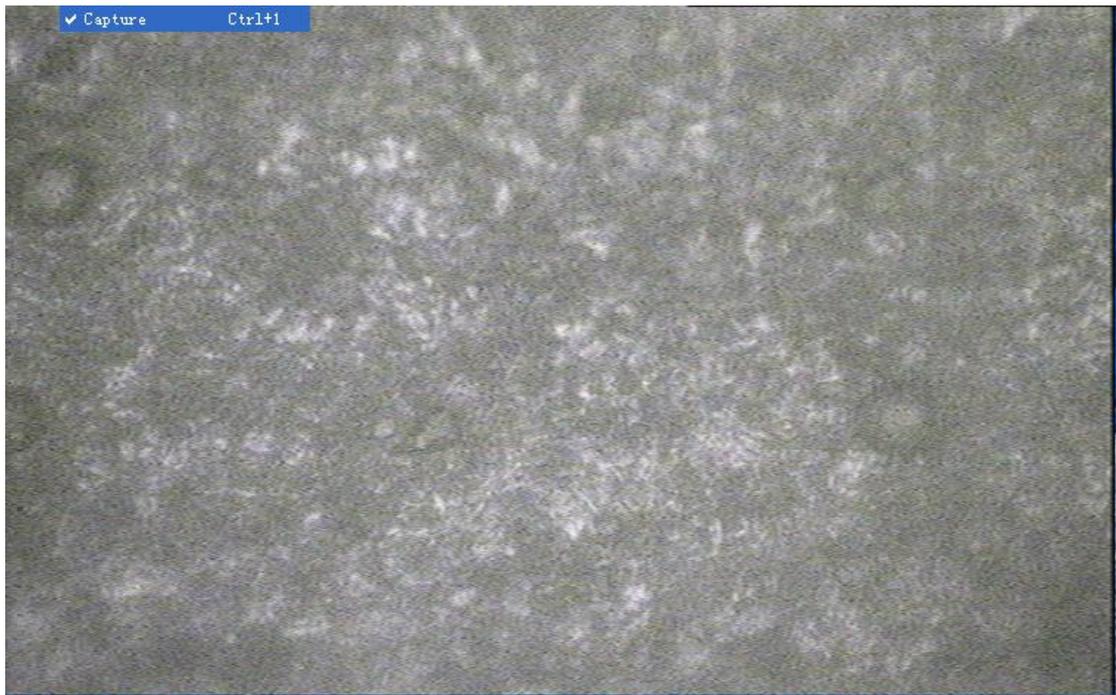
35CrMo 高温回火 200



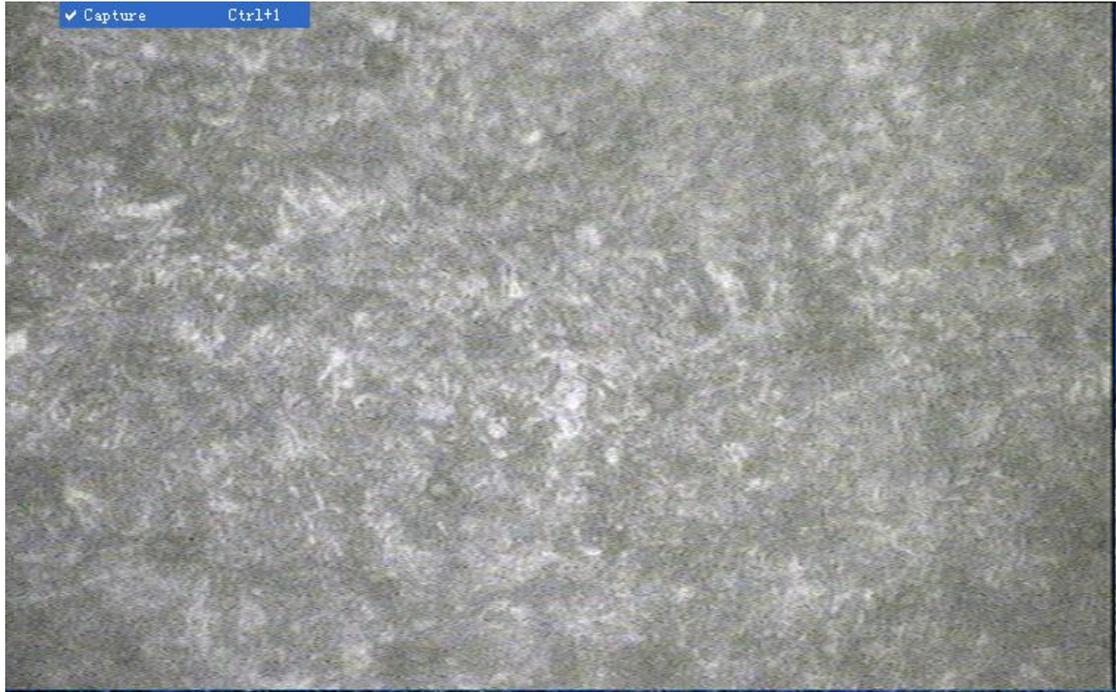
35CrMo 高回，200



35CrMo 低温回火 400-3



35CrMo 低温回火 400-2



35CrMo 低温回火 400



35CrMo 低温回火 200



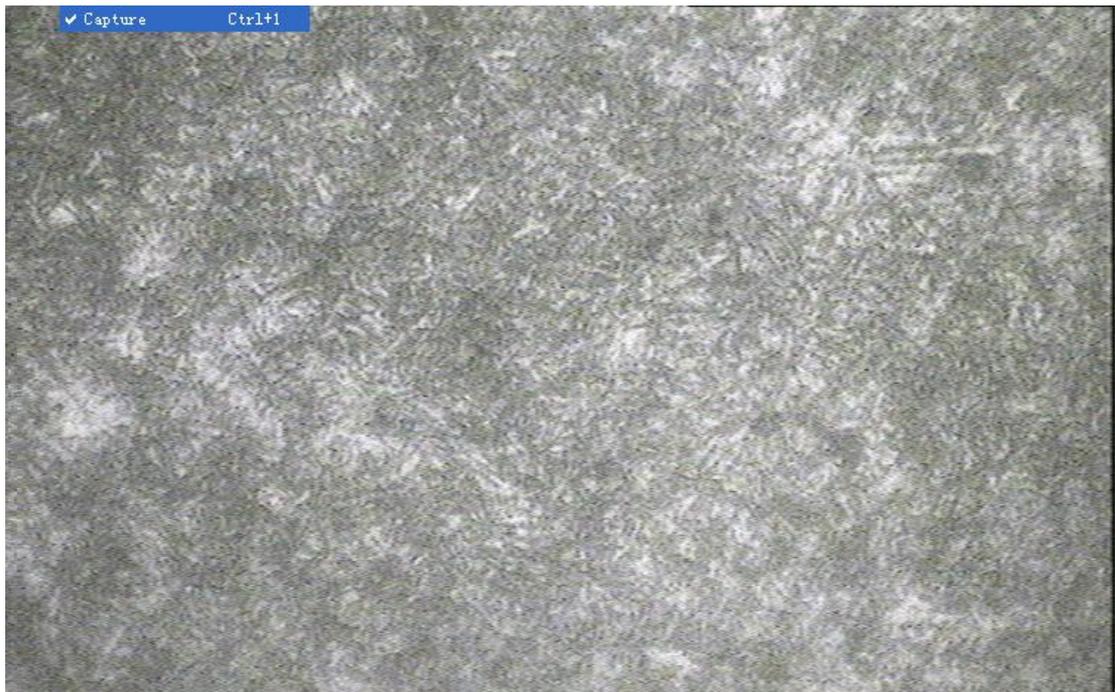
35CrMo 低温回火 100



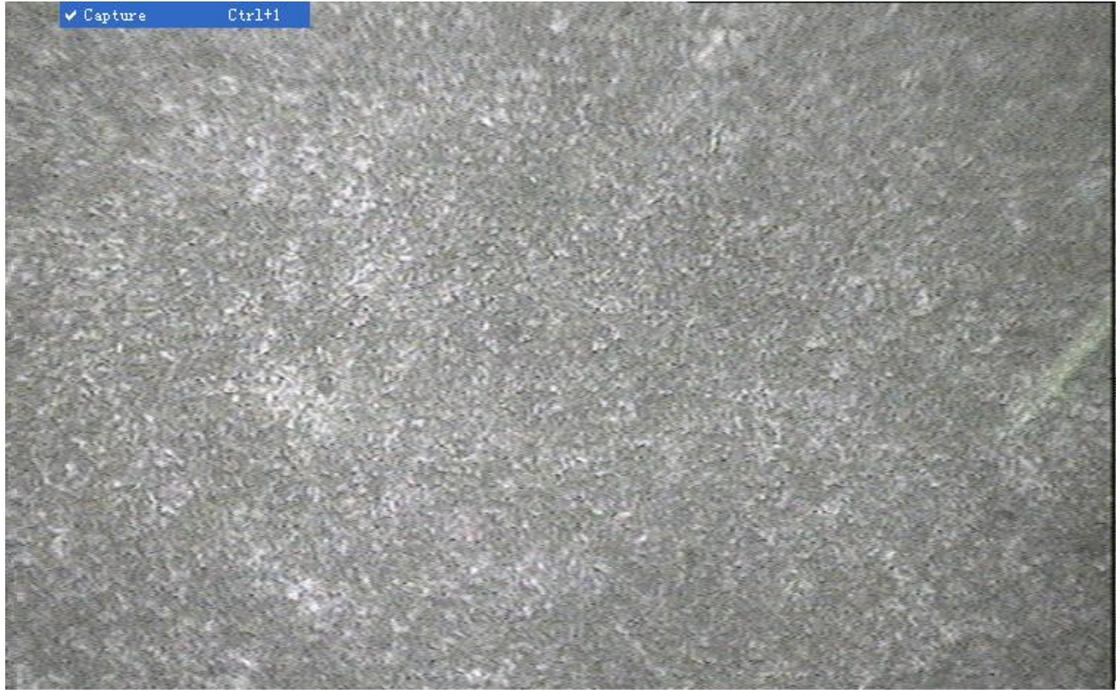
35CrMo 水淬裂纹 200



35CrMo 水淬裂纹 100



35CrMo 水淬 400



35CrMo 水淬 200

