



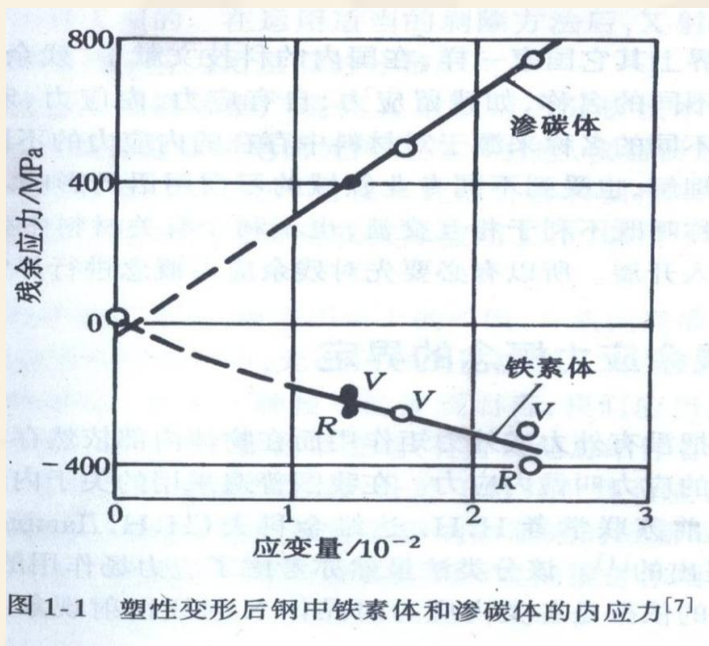
利用X射线衍射测量材料中的微观
应力

内容

- ❖ X射线法测量两相材料中的残余应力时遇到的问题
- ❖ 微观应力对X射线测量宏观残余应力的影响
- ❖ 实验过程
- ❖ 结果讨论

X射线法测量两相材料中的残余应力时遇到的问题

- ❖ 在残余应力的测试诸多方法中以X射线衍射法最为普遍，得到了行业内的广泛认可，但在实际测试中这种方法也遇到了一些问题。
- ❖ 比如，我们在测量两相材料的残余应力时，得到的结果不一致。
- ❖ 那么为什么不一致？怎样才能得到正确的结果呢？



微观应力对宏观残余应力测量结果的影响

- ❖ 材料的内应力分为3类：宏观残余应力、第Ⅱ类和第Ⅲ类残余应力。后两者统称为微观应力。
- ❖ 第Ⅲ类残余应力：使材料的衍射线宽化，不对衍射峰产生位移对宏观残余应力的测量结果没有影响。
- ❖ 第Ⅱ类残余应力对X射线谱线的影响：
 - ③ 1 是使衍射谱线宽化；
 - ③ 2 是如同第一类残余应力（宏观残余应力）对衍射峰偏移的作用一样，使衍射峰 2θ 值产生附加位移，从而影响了宏观残余应力测量的精度。
- ❖ 对不同材料，第二类残余应力对衍射峰 2θ 产生的附加位移也不尽相同，对单相材料测量的结果影响很小，而对多相材料，产生的位移较大，误差也就较大。
- ❖ 为了使X射线衍射法更加精确的测量宏观残余应力，我们在实验中尝试测量出第Ⅱ类应力来修正宏观残余应力的结果

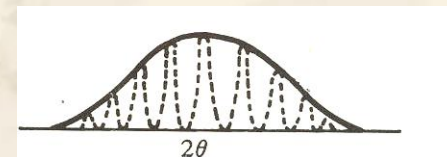
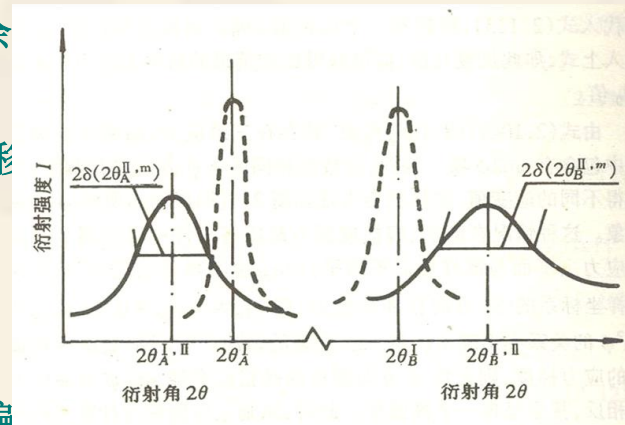


图 2-48 不均匀应变所造成的衍射线宽化示意图^[64]

测量原理

以两相材料为例，实验测得各相应力结果是宏观残余应力和第II类残余应力之和，其关系是如**1**，**2**；各相的第II类残余应力则在两相间存在平衡，其关系式如公式**(3)**所示

$$\sigma_{r,A} = \sigma_r^I + \sigma_{r,A}^{\text{II}} \quad (1)$$

$$\sigma_{r,B} = \sigma_r^I + \sigma_{r,B}^{\text{II}} \quad (2)$$

$$V_A \sigma_{r,A}^{\text{II}} + V_B \sigma_{r,B}^{\text{II}} = 0 \quad (3)$$

根据上面**3**个公式就可以求出 $\sigma_{r,A}^{\text{II}}$ 、 $\sigma_{r,B}^{\text{II}}$ ，以及宏观残余应力的真实值 σ_r^I

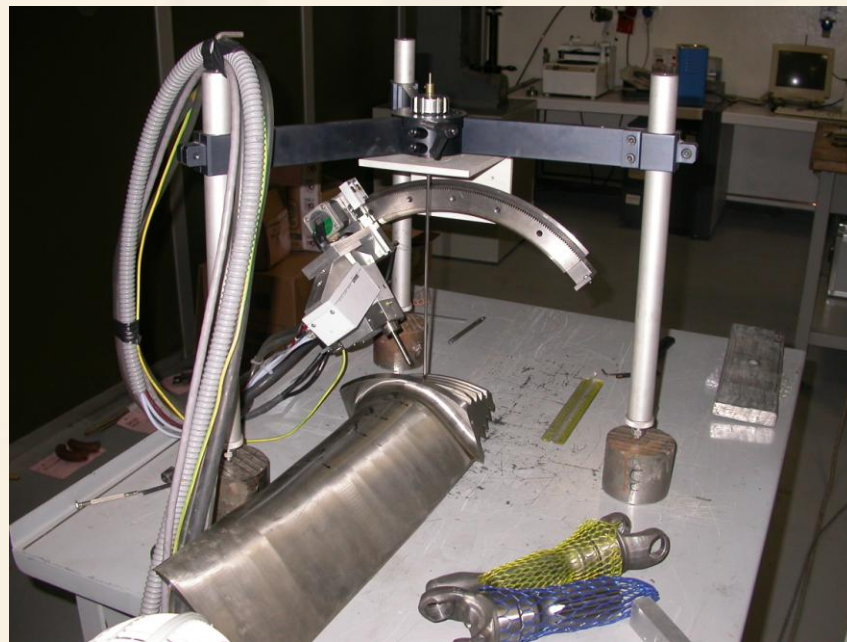
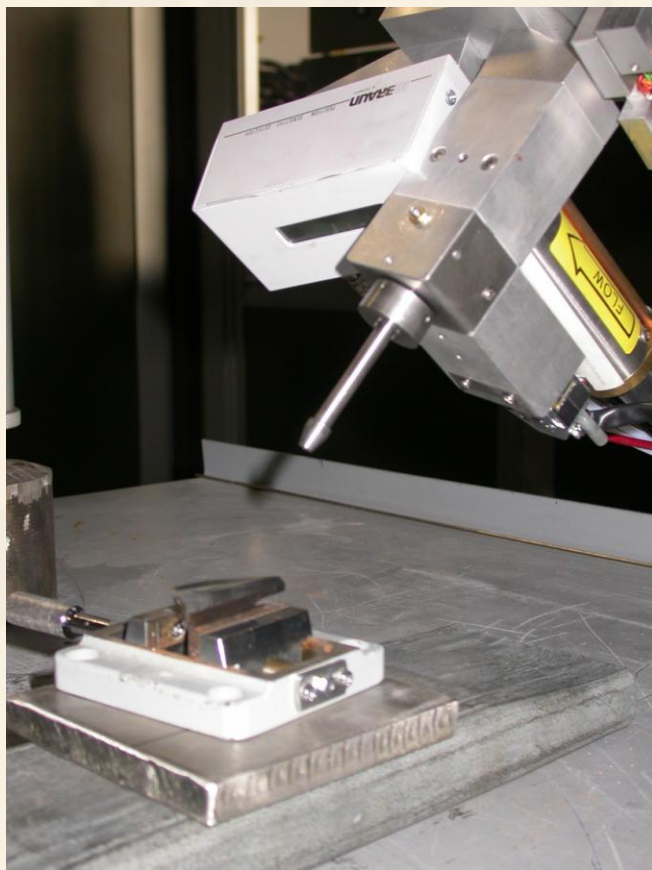
实验过程

- ❖ 利用X射线残余应力分析仪分别测量出两相中的残余应力，然后使用X射线衍射仪对两相进行定量分析，已知应力大小和含量多少后，根据前面提到的公式，就可以求出第II类应力，再根据第II类应力修正宏观残余应力，得到的结果再与钻孔法得到的宏观残余应力进行比较。

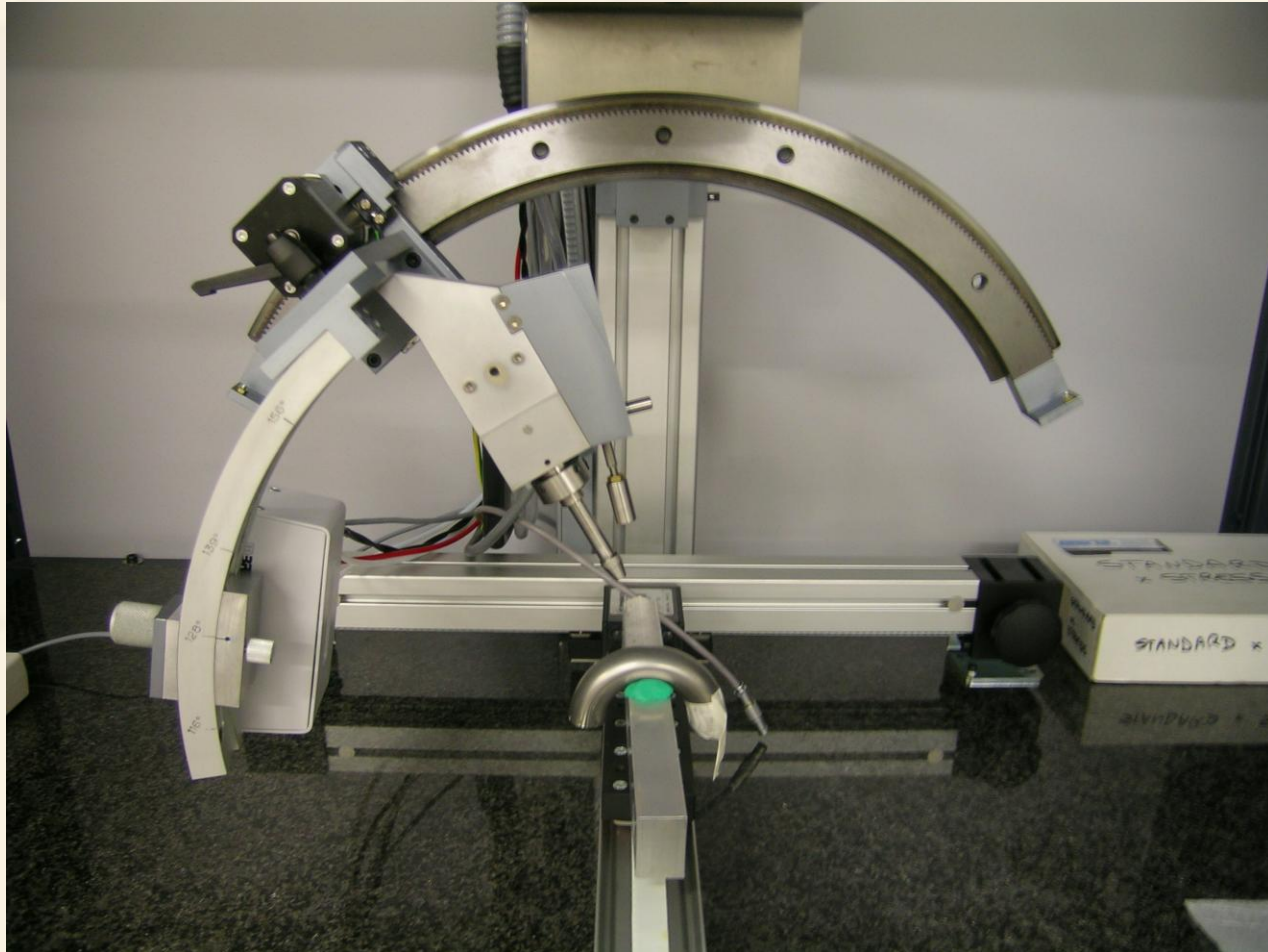
实验仪器及材料

- ❖ 仪器：**STRESSX-3000**
- ❖ 材料：**双相钢**

Stress3000 衍射仪



Stress3000 衍射仪



实验结果

序号	测点深度 (mm)	$\sigma_{r,A}$ (MPa)	$\sigma_{r,B}$ (MPa)	A/B	计算值 (σ_r^1)	$_{-II}$ $\sigma_{r,A}$ (计算值)	$_{-II}$ $\sigma_{r,B}$ (计算值)
1	0.5	-92	-61	35/65	-72	-20	11
2	1	-86	-59	35/65	-68	-18	9
3	1.5	-98	-70	35/65	-80	-18	10
4	2	-73	-56	35/65	-62	-11	7
5	2.5	-84	-50	35/65	-62	-22	12

结论

- ❖ 五次试验测量的两相第二类残余应力平均结果分别是**18**和**10**，修正后的宏观残余应力求平均值得到：**69 MPa**，这与用钻孔法得到的**74 Mpa**相差很小。表明X射线得到的应力结果在消除第二类残余应力的影响后可以很好与钻孔法得到的宏观残余应力相符。
- ❖ 实验也表明通过X射线衍射定量和X射线分析应力的方法可以很好的对第II类残余应力进行测量。

结后语

- ❖ 可能细心的专家会有这样一个疑问：为什么不用衍射线宽化的方法来测微观应力？大家知道，通常情况下，我们也都是用衍射线的宽化来测微观应力的，我个人认为，这种方法获得的微观应力并不能直接用来修正宏观残余应力。因为这里面存在一个问题：用X射线宽化得到的微观应力包含第三类残余应力，也就是晶格畸变的影响，第III类并不能引起衍射峰的位移。因此并不能用来修正我们试验测得的宏观残余应力。



**欢迎各位专家批评
指正！！**