

9月16日汇报PPT

汇报人：尹冀尧

学号：2070257



目录

CONTENT



- 1 纳米压痕
- 2 数字图像关联技术 (DIC)
- 3 断裂韧性

1. 纳米压痕



与宏观尺度相比，材料在微纳米尺度下往往表现出不同的力学性质：

- 纳米硬度随着载荷的增大而逐渐减小，即**尺寸效应**
- 对于单晶体，硬度随着晶粒取向的改变也会发生明显的变化，呈现出明显的**取向效应**
- **残余应力**对材料硬度和纳米压痕载荷-位移曲线有显著影响。残余压应力几乎不影响塑性影响区的大小，但由于压痕产生的压应力场和残余压应力场叠加，使得产生压痕后的应力值更大，而残余拉应力对塑性影响区有较大影响。残余应力的存在会导致样品内位错快速增殖，位错密度几乎是无残余应力的 10 倍。

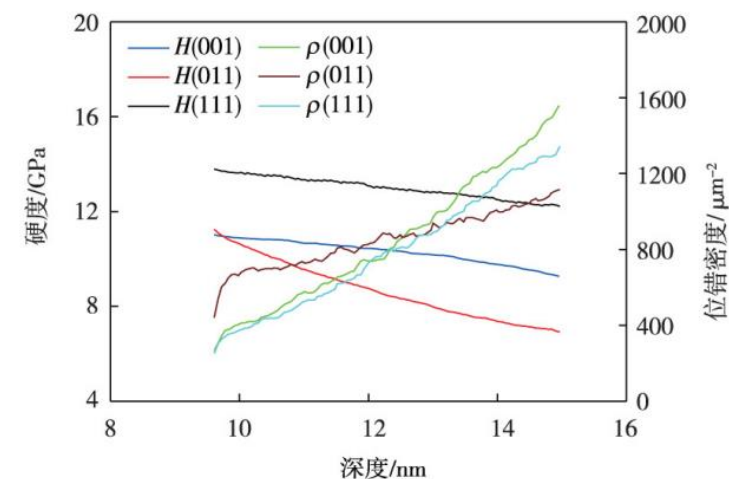


图6 硬度-压深与位错密度-压深曲线

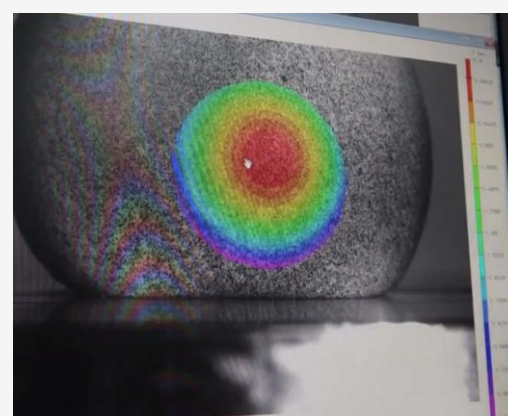
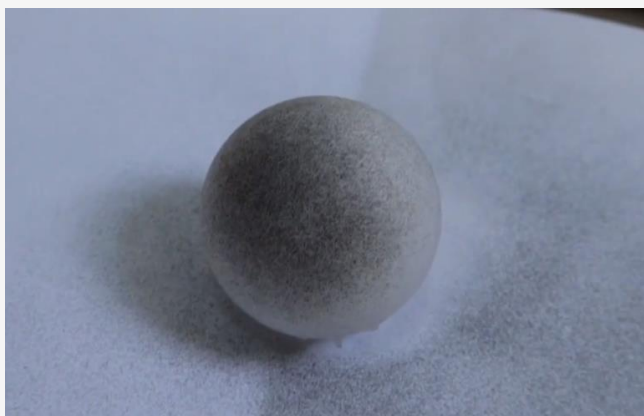
[1]杨康, 陆宋江. 单晶铜纳米压痕的取向效应和尺寸效应研究.

[2]卜家贺、冯露、张静. 残余应力及尺寸效应对纳米压痕力学性能的影响研究[J]. 应用力学学报, 2020, v.37;No.166(06):23-29+388.

2. 数字图像关联技术(DIC)



数字图像相关测量方法的基本原理是基于有一定特征点分布的图像称为散斑图，这些特征点是以像素点为坐标，并且以像素的灰度作为信息载体，在相关算法运行之前，选取一个正方形的图像子区，这个子区的中心为所感兴趣的像素点。在图像移动或变形的过程中，通过追踪图像子区在变形后图像即目标图像中的位置即可以获得子区中心点处的位移矢量，如图所示。经过分析多个子区中心点的位移矢量，便构成了整个分析区域的位移场。



[3]刘佳. 压痕残余应力及其影响消除的研究[D].山东大学,2020.

[4]白晓虹. 数字图像相关 (DIC) 测量方法在材料变形研究中的应用[D].东北大学,2011.

2. 数字图像关联技术(DIC)



通过采用DIC技术获取压痕应变场，以所得应变场为基准，对利用有限元方法计算的结果加以验证。

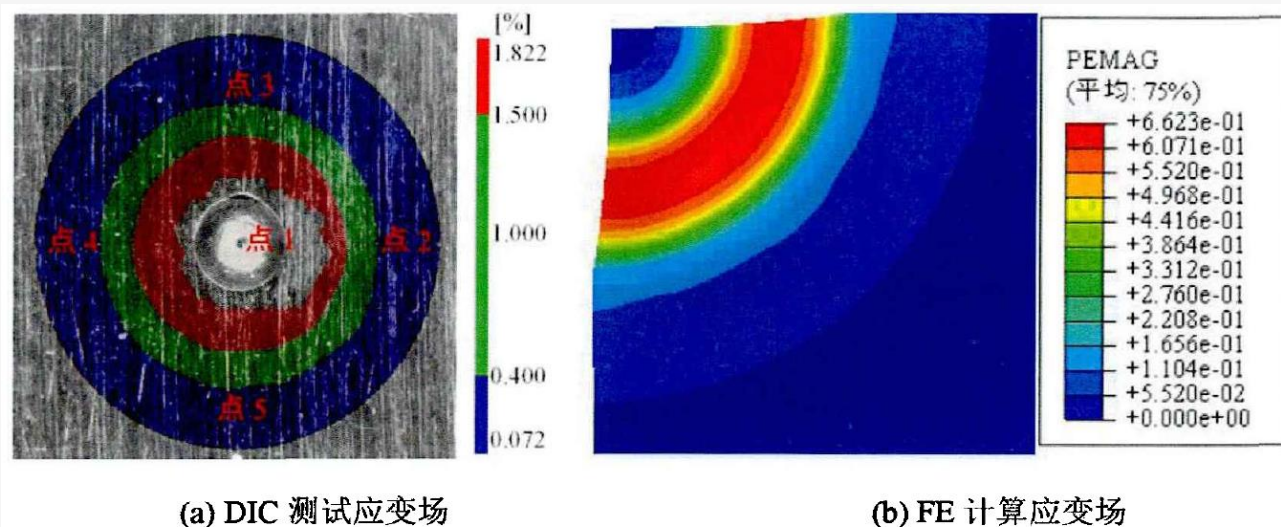


图 3-6 SA508-3 试验与模拟结果对比

[3]刘佳. 压痕残余应力及其影响消除的研究[D].山东大学,2020.

[4]白晓虹. 数字图像相关 (DIC) 测量方法在材料变形研究中的应用[D].东北大学,2011.

3. 断裂韧性



文献中大多采用伸长率、横截面积收缩率等采用拉伸试验获得的性能作为评价氢脆敏感性的参数，利用压痕方法的较少。

断裂韧性是一个很重要的材料性能，是衡量材料抵抗裂纹扩展能力的重要力学性能指标。研究表明，氢气特别是高压氢气可以降低材料的断裂韧性。目前已有许多评价该性能的试验方法，如紧凑拉伸试验、三点弯曲试验等，然而这些试验都是破坏性的，且测试条件复杂。球压痕法是一种近几年得到快速发展、具有无损特性、能够准确可靠地评价材料断裂韧性的新型试验方法。

通过球压痕试验获得载荷 - 深度曲线，从能量的角度将压痕实验过程中所做的功与产生裂纹面所消耗的功关联起来，从而计算出断裂韧度，并将其与常规力学试验转化得到的进行对比，误差在10%之内。

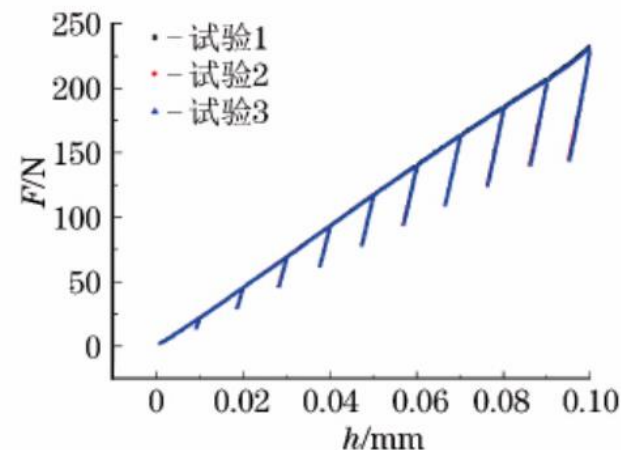


图 1 试验获得的载荷-深度曲线

Fig. 1 Load-depth curves got from experiments

[5]王艳飞, 巩建鸣. 高压氢气对金属材料断裂韧性的影响[J]. 上海交通大学学报, 2014, 48(005):610-613.

[6]魏中坤, 伍声宝, 关凯书. 球压痕法评价16MnR钢的断裂韧性[J]. 期刊论文, 2016, 40(1).



4. 晶粒尺寸因素

众所周知，传统金属多晶体在室温下进行塑性变形时，其屈服强度和晶粒的平均尺寸之间的关系可以由著名的霍尔-佩奇 (Hall-Petch) 公式表示： $\sigma_s = \sigma_0 + Kd^{-1/2}$ ，式中， σ_s 是屈服强度， σ_0 是开动位错所需的晶格摩擦阻力，K是常数，为正值，与晶界结构有关。霍尔-佩奇公式表明，多晶体的强度随其晶粒尺寸减小而提高，即所谓的细晶强化 (fine-grained strengthening)。

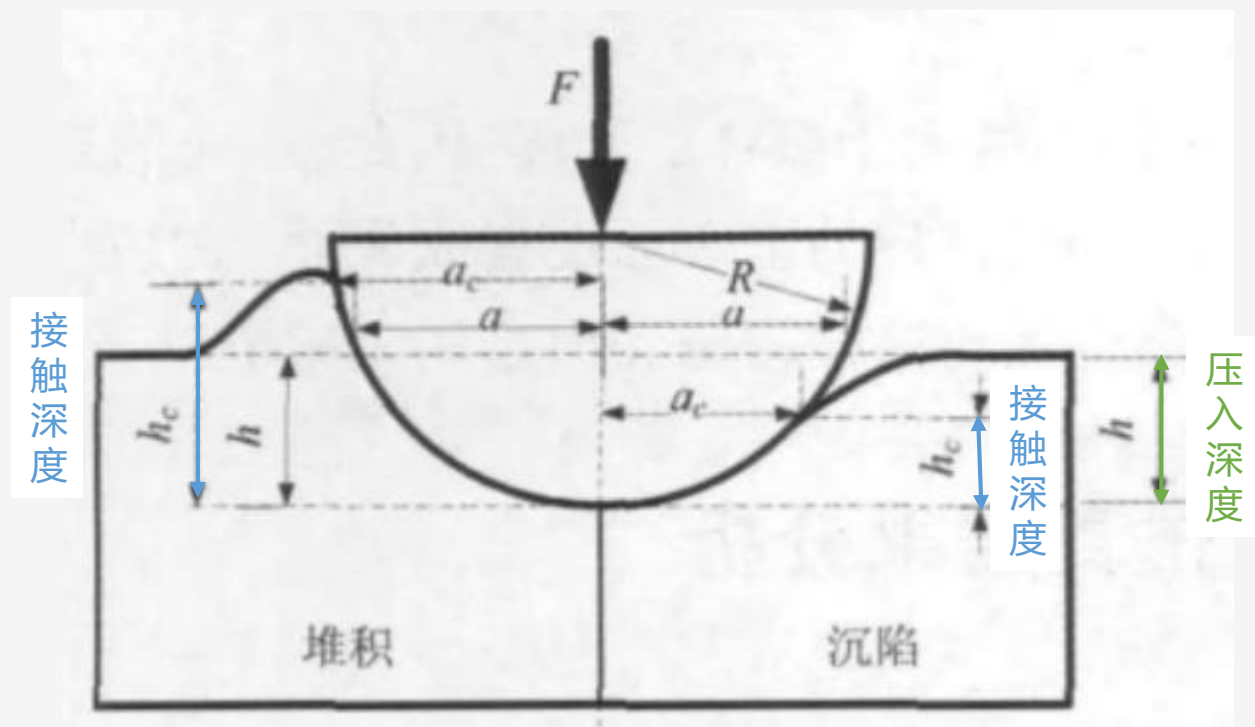
尽管霍尔-佩奇公式是一个经验关系式，但也可从位错理论推导得出。多晶体进行塑性变形时，某些晶粒内的位错移动到晶界处受到阻碍，形成塞积，滑移就不能继续。由于位错之间存在相互作用，位错塞积会引起应力集中，当应力集中达到一定程度时，相邻的晶粒内部被迫发生位错滑移，那么，晶粒的变形就能够协调配合，继续进行。实际使用的材料通常是由多晶体组成的。因此，一般在室温使用的结构材料都希望获得细小而均匀的晶粒。

传统多晶体的晶粒尺寸在微米量级，当晶体的晶粒尺寸小到纳米尺度时，屈服强度随晶粒尺寸的减小而降低，表现出反常霍尔-佩奇行为。

5. 堆积/沉陷现象



对于球压头，由于存在明显的弹性变形到塑性变形的转变区间，堆积/沉陷会发生明显的变化，使得实际接触深度和压入深度之间存在一定的差别。在弹性接触变形阶段，接触边沿的材料总是处于沉陷状态，根据Hertz接触理论，其接触深度等于总的压入深度的一半。但是，当试样发生弹塑性变形后，由于受到材料的力学性能和压入深度等的影响，在接触边沿会出现材料堆积或沉陷现象。



汇报结束，谢谢