

超硬材料的纳米力学测试

超硬材料主要是指金刚石和立方氮化硼。金刚石是目前已知的世界上最硬的物质,立方氮化硼硬度仅次于金刚石。这材料适于用来制造加工其它材料的工具,人造金刚石复合片还可以用来切削非铁金属及其合金、硬质合金以及非金属材料,切削速度为硬质合金刀具的上百倍,耐用度为硬质合金的上千倍尤其是在加工硬质材料方面,在冶金、石油钻探、建筑工程、机械加工、仪器仪表、电子工业、航空航天以及现代尖端科学领域有着广泛得到应用。

对于这些超硬材料,由于它们的硬度很高,一般材料制备的压头根本无法压入样品。此外,这类材料还具有超弹性的特点,也就是压入过程中起始阶段主要都是弹性形变。我们知道,硬度是反映材料抵抗塑性变形能力的重要参数,为了获得材料的真实硬度,压入过程必须将被压材料的形变达到完全塑性变形(或者说塑性性变为主),此时获得硬度才能说是材料的真实硬度。采用同样尖锐度的金刚石压头进行纳米压痕硬度测试,一般的材料可以在压头曲率半径尺度大小的压痕深度处获得被测材料的硬度,而对于超硬材料则完全不同。

图1给出了单晶金刚石材料的纳米压痕的载荷—位移曲线,当压痕载荷达到662mN时,最大压入深度为805nm,卸载后的残余压痕深度为108nm,由此可以计算出压痕深度的弹性恢复占比高达86.6%。为了获得材料的真实硬度,我们对材料进行了不同位置的多个压痕测试,图2给出了平均压痕硬度—压入深度曲线。明显看出在较浅压痕深范围,硬度数值会随着压入深度的增加而增大,300nm以后硬度数值趋于稳定值,这主要是由于浅的压痕深度处弹性形变所占比例较大,随着压入深度的增大,弹性形变占比逐渐减小,300nm压入深度以后可以认为材料的形变以塑性变形为主,此时的硬度数值代表金刚石的真实硬度(99.0±2.1GPa)。

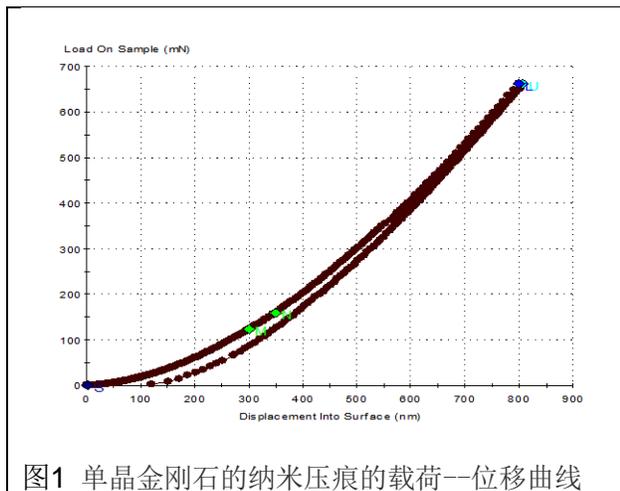


图1 单晶金刚石的纳米压痕的载荷—位移曲线

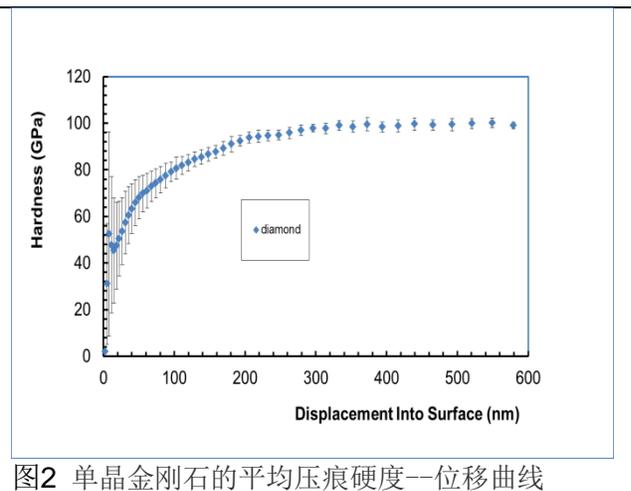


图2 单晶金刚石的平均压痕硬度—位移曲线