

## 球状黒鉛鋳鉄中の介在物硬度測定

物質・材料研究機構 増田 秀樹 藤田 大介

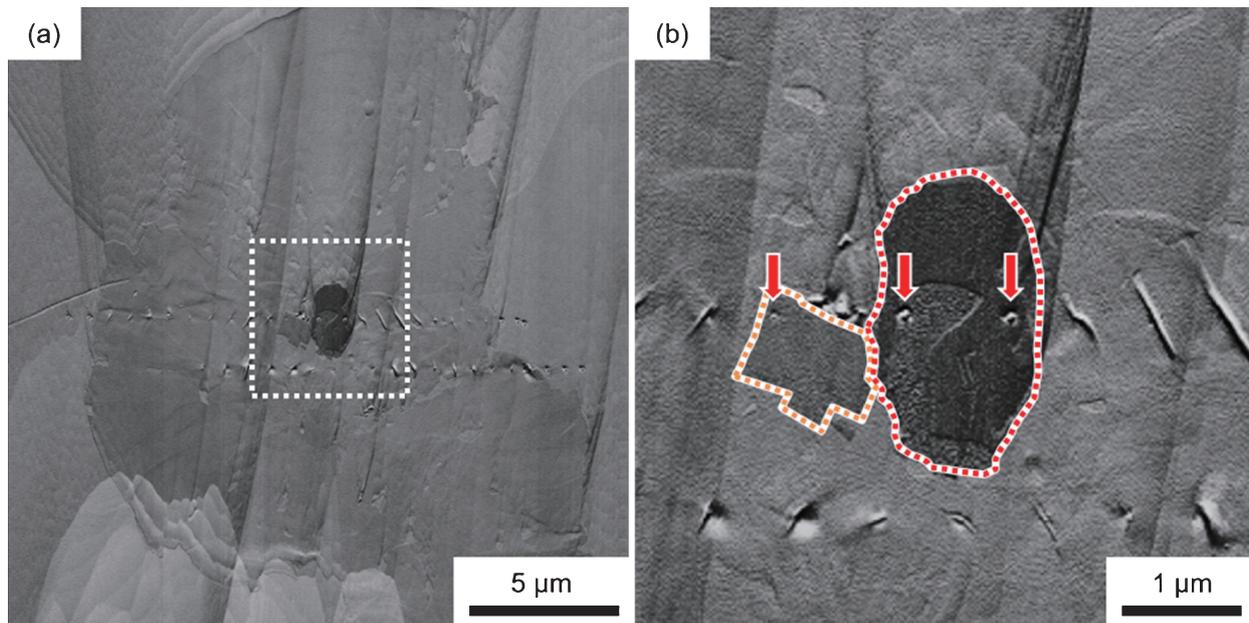


Fig. 1 (a) 球状黒鉛断面のAFM像. (b) 球状黒鉛の中心部 (Fig. 1(a)白点線)を拡大したAFM像. 赤とオレンジの点線は、介在物粒子を示す. 矢印はインデンテーションの圧痕を示す. (c) 球状黒鉛の中心部のSTEM-EDSマッピング. (オンラインカラー)

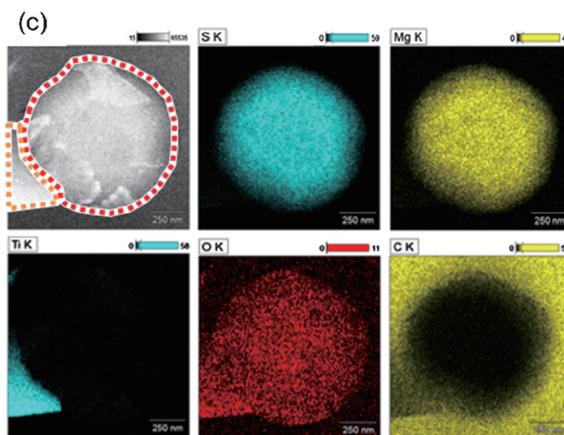
原子間力顕微鏡を用いたナノインデンテーション(AFM-NI)<sup>(1)</sup>から、ナノスケールでビッカース硬さを決める手法を開発した。

マイクロビッカース試験では規定の四角錐型圧子を用いるが、AFM-NIで用いる圧子はカンチレバー探針の先端である。探針先端は通常、開き角が小さく、円錐状であり、押し込み体積に対する先端曲率半径の影響が大きい。錐体の形状補正を考慮して、マイクロビッカースの圧痕面積に相当する換算面積 $\alpha$ を圧子の体積換算により算出し、硬度を換算した<sup>(2)(3)</sup>。

$$H_{\text{Vickers}}(d) = H_{\text{NI}}(r) = 0.102 \times F_{\text{Max}} / \alpha \quad (1)$$

球状黒鉛鋳鉄をArイオン研磨し、露呈した断面の球状黒鉛を試料とした。Fig. 1(a)に、測定試料のAFM像を示す。この球状黒鉛の中央部(白枠)の拡大図をFig. 1(b)に示す。赤とオレンジの点線で示すような二つの粒子が含まれている。二つの粒子は、STEM-EDSによりMgとTiの酸化物または硫化物であることがわかる(Fig. 1(c))。

この断面上で、AFM-NIを行った。AFM像からNIの圧痕(Fig. 1(b)中矢印)面積を計測し、粒子のビッカース硬さを



を算出すると、200~500 HVであった。鋳鉄のマトリクス(~200 HV)と比較しても、これらの粒子は特別高い硬度は示さないことがわかった。鋳鉄の機械的特性の起源を調査するために、界面や炭素形体の解析に応用する必要がある。

### 文 献

- (1) K. Miyake, *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys., **43** (2004), 4602-4605.
- (2) H. Masuda: *Materia Japan.*, **56** (2017), 20-23.
- (3) H. Wang, *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys., **55** (2016), 106602.  
(2018年8月20日受理) [doi:10.2320/materia.57.599]

Hardness Measurement on Inclusions in Spheroidal Graphite Cast Iron; Hideki Masuda, Daisuke Fujita  
Keywords: AFM-NI (atomic force microscope-nanoindentation), spheroidal graphite cast Iron  
TEM sample preparation: FIB, Microscope: JEM-ARM200F