



研究速報

重イオン照射は、本学原子力研究総合センターの重イオン照射施設(HIT, 東海)によって行われた。Niイオンによる照射量30dpa, 照射温度は300°Cおよび400°Cであった。比較のために、非照射試料(コントロール試料)も用意した。

Niイオン照射によってSUS 316中に導入される損傷(欠陥)の分布とNiの分布をTRIMコードによって計算すると図2のようになる。欠陥の濃度は表面から1μm付近にゆるやかなピークを形成し、それより深い領域に欠陥はほとんど形成されない。この損傷のピークより浅い領域の強度変化を測定することが大きな課題である。打込まれたNiは損傷ピークよりやや深いところに集中するが、これはSUS 316の構成元素でもあるので、強度に対する効果は小さいと考えられる。

押し込み試験は文献1)に詳述した超微小押し込み試験装置によって室温で行われた。対稜角115°の三角錐ダイヤモンド圧子を100mgf/secの速さで試料表面から押し込み、最大荷重1000mgfに到達した後、1sec保持してから押し込み時と同じ速さで圧子の引抜き(除荷)を行った。押し込み-除荷の全過程において、荷重と圧子の変位を連続記録した。

3. 実験結果と考察

SUS 316鋼の超微小押し込み試験の結果を図3に示す。Niイオン照射の効果は顕著であり、照射温度によっても明らかな差が認められる。照射材において押し込み量dは最大で約400nmであったが、これは損傷ピークの深さよりは浅い。

前報<sup>2)</sup>で論じた方法(1節参照)にしたがって図3をF/d-dの関係に引き直すと図4のようになる。非照射試料(コントロール試料)においては、負荷過程のほぼ

全域にわたってF/dはdに対して直線的に増加する。その勾配B=40(GPa)から(1)式より、 $H_v \sim 140$ および $\sigma_B \sim 450$ (MPa)を得る。これは溶体化処理したSUS 316の強度として妥当な大きさである。したがって、ここで用いた試料の硬度は表面のごく浅い領域(d≒50nm以下)を除けば深さによらず一定であったと言える。

Niイオン照射材のF/d-dの関係は極めて興味深い。図4は、表面近くでの明らかな強度の上昇を示している。300°C照射の場合でも、400°C照射の場合でも200nm以下の浅い領域でB=70(GPa)となり、非照射材に比べて著しく上昇している。(1)式から $H_v \sim 250$ ,  $\sigma_B \sim 800$ MPaを得る。押し込み量dの増加とともに照射温度の差が現れる。300°C照射の場合、Bはd≒250nmまではほぼ一定のままであるが、d≒250nmのところで急激に低下しd>250nmでBは非照射材のBの値に近い値になる。図4から求まるBの値をdの関数として模式的に描いたのが図5である。Bの低下が起こる深さ250nmは損傷ピークの深さ約1μm(図2)の1/4の深さである。すなわち、圧子の押し込み量が250nmに達するまでは、イオン照射によって硬化している領域(約1μm)の強度が圧子に加わる荷重を支えるが、これを越えると下地の損傷を受けていない(したがって硬化していない)部分の強度が圧子を支えることになると見なすことができよう。

400°C照射の場合、F/d-dの関係は300°C照射の場合と異なりゆるやかな曲線を描く。すなわちBは表面近くでの値70(GPa)からdの増加とともに次第に減少して、非照射材の値40(GPa)に近づく(図4)。これは、400°C照射では、導入された照射欠陥が熱的拡散による移動と消滅を起こすために、欠陥の分布が図2の破線のようななだらかな形に変化するためであろう。

中性子照射したSUS 316の強度の測定は、多くの場合照射温度(300°C以上)と同じ温度で行われているので(例えば文献3), 4)参照, ここで得られたNiイオン照射材の室温強度と厳密に対比させることはできないが、およそ以下可以说。一般に、中性子照射による(Heの同時照射を含む場合も)降伏強度の上昇は10dpa程度で飽和値に達する。その値、約800MPaは照射温度(=測定温度)にも、試料の前処理条件にもほとんど依存しない。引張り強度は1dpa程度の照射で飽和値に達し、その値は降伏応力の飽和値とほぼ同じ(約800MPa)である。したがって、30dpaのNiイオン照射は強度が飽和する領域に入っていると考えられる。実際、超微小押し込み試験によって得られた引張強度( $\sigma_B$ )の推定値800MPaは上述の中性子照射による飽和強度と一致している。

以上のように、超微小押し込み試験によってイオン照射材の表面から1μm以内に形成された損傷域の強度を測

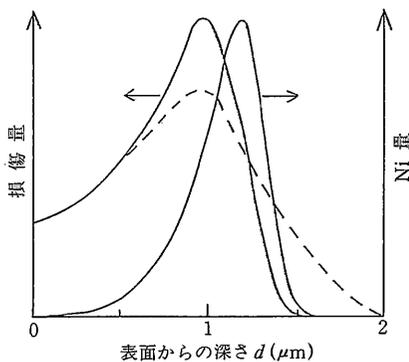


図2 Niイオン照射によるSUS 316の損傷分布およびNi分布。TRIMコードによる計算結果。点線は熱的拡散による分布の変化を模式的に示す

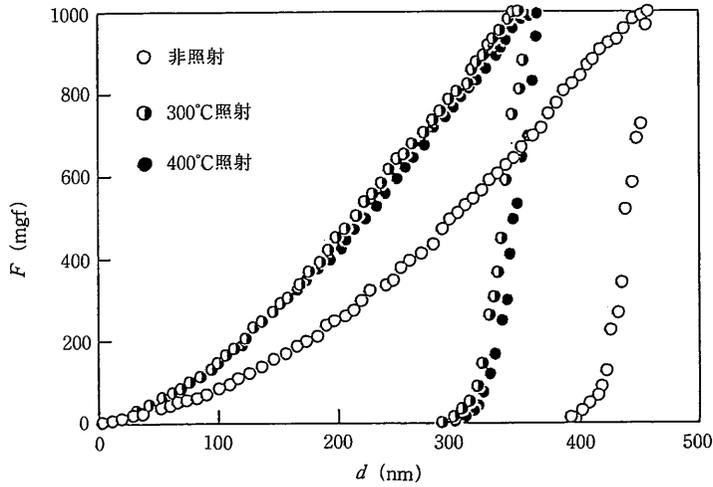


図 3 荷重  $F$  と押込み量  $d$  の関係 (SUS 316)

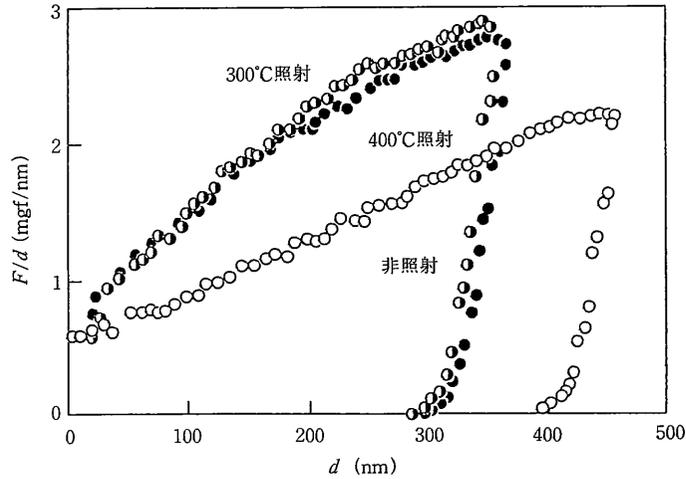


図 4  $F/d$  と  $d$  の関係 (SUS 316)

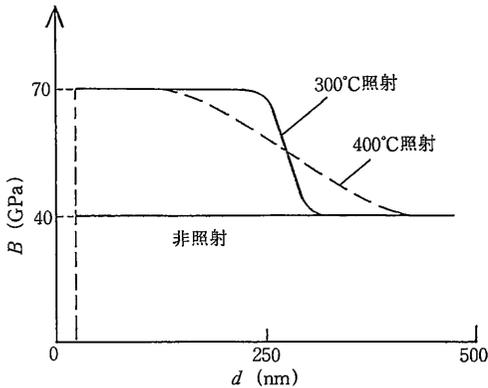


図 5 図 4 における勾配  $B$  と押込み深さ  $d$  の関係  
——模式的に描いた

定することが可能となった。これにより、重イオン照射が中性子照射のシミュレーション実験として一層の有効性を発揮することになるであろう。また、この方法を蒸着膜や酸化膜の強度測定や表面改質の研究に役立てることも期待できる。  
(1990年2月26日受理)

参 考 文 献

- 1) 稲村元則, 鈴木敬愛: 生産研究, 42 (1990) 115.
- 2) 稲村元則, 鈴木敬愛: 生産研究, 42 (1990) 257.
- 3) R.L. Fish, N.S. Cannon and G.L. Wire: ATSM STP 683 (1978) 450.
- 4) K. Tangri and P. Schiller: J. Nucl. Mater. 155-157 (1988) 1296.