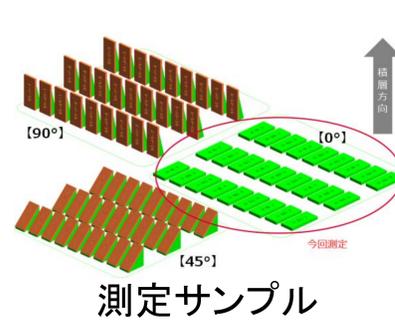


3Dプリンター高精細鉄鋼造形物における マイクロ組織構造の小角X線散乱解析

株式会社デンソー ○浅井 英雄 清水 皇 光崎 嘉泰 岡本 泰志

Introduction: 3Dプリンター

目的: 固溶および時効処理において
バルク内で生成されるnmオーダー
の析出物を斜入射小角X線散乱
(GI-SAXS) で直接観測する



粉末材料Sint-Tech社
ST2709B (マルエージング鋼)

成分	重量比率(%)
Fe	Balance
Ni	17.0-19.0
Co	9.0-11.0
Mo	4.0-6.0
Ti	0.9-1.0
Si	≤1.0
Mn	≤1.0
C	≤0.03

Experimental (実験条件)

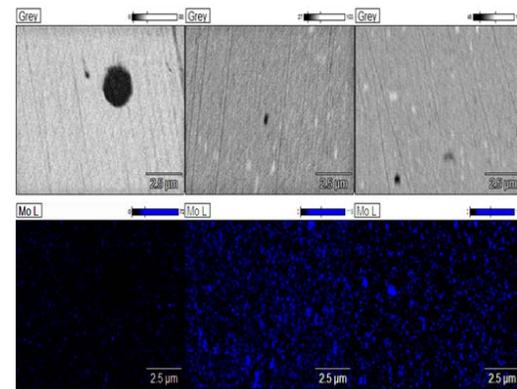
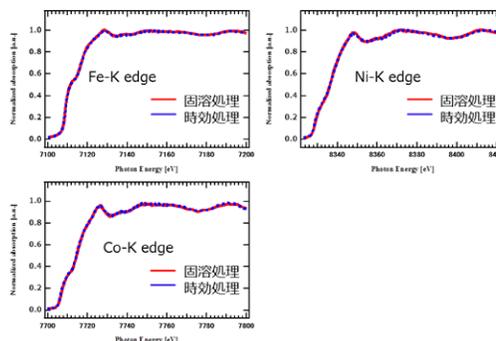
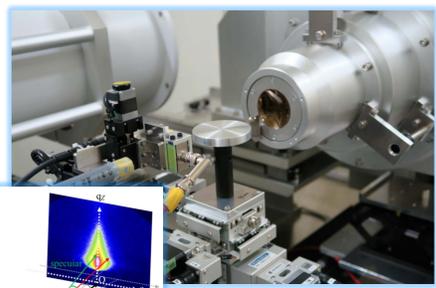
析出物確認 (XAFS & SEM)

BL8S3
(小角散乱回折)

$h\nu = 13.4 \text{ keV}$ ($\lambda = 0.092 \text{ nm}$)

BL5S1
(部分蛍光収量(PEY)-XAFS)

蛍光検出器: SSD (CANBERRA)
Fe-K端 / Ni-K端 / Co-K端



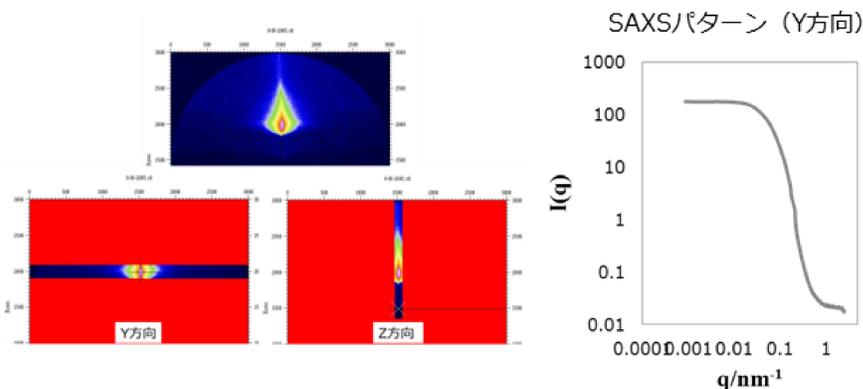
固溶による析出物は主要構成元素ではなくMoと確認

平均粒子径解析 (with Guinier式)

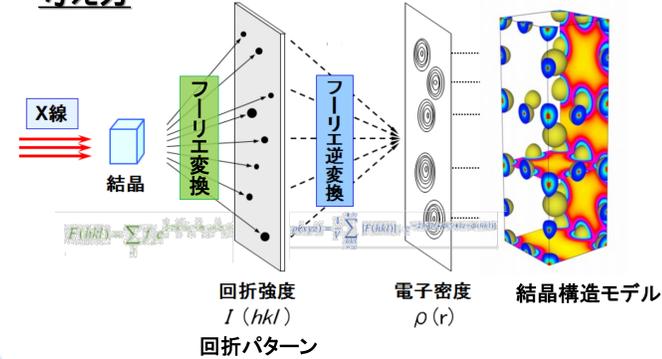
実空間像解析 (逆フーリエ変換解析)

回折パターンにY or Z方向マスクを掛ける ⇒ Guinier fitting

回折パターンの
逆フーリエ
変換による
実空間像取得



考え方



Guinier equation

$$I(q) = I(0) \exp\left(-\frac{q^2 R_g^2}{3}\right) \quad R_g^2 = \frac{3}{5} R^2$$

固溶および時効処理による析出物平均粒子サイズ [nm]

熱処理条件	Rx	Ry	Rz
固溶処理	91.0	34.5	6.1
時効処理	94.6	28.4	4.7

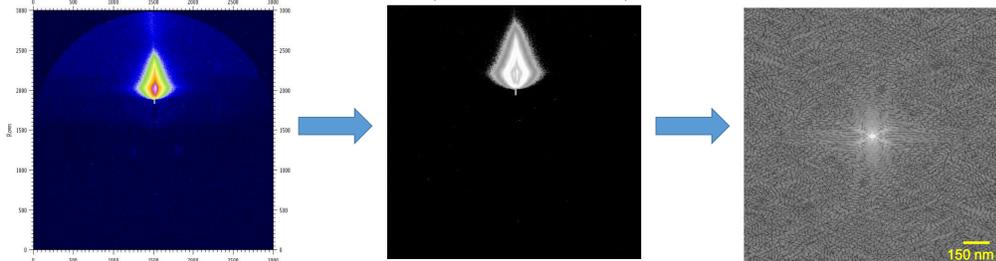
*X方向 = 元の試料位置から90 deg. 回転させた方向

平均的には異方成長
(潰れたお米の様な形状)

元の回折像 (逆空間像)

テクニック
グレースケール化 = 高周波成分除去
(ノイズカットのため)

実空間像
(注意点: 2回対称)



析出物一つ一つの可視化に成功

まとめ

謝辞

- 3Dプリンターで作製した板材造形物をGI-SAXSで析出物を直接観察
- 熱処理時に析出する粒子の平均径をGuinier解析で取得
⇒ 数10 nmサイズの異方成長 (潰れた米の様な形状)
- 実空間解析も (一つ一つの粒子に関して)、平均径解析と同様の粒子形状が確認された

本研究の放射光利用実験は、科学技術交流財団あいちシンクロトロン光センターのBL8S3および5S1で実施した (実験番号: 2017P0111)。

渡辺リエゾン 永見様
BL8S3 杉山様、山元様
BL5S1 廣友様、高濱様、塚田様
その他皆様に、心から感謝申し上げます

時効処理 (析出硬化) 過程で粒子サイズをコントロールすることにより、
製品の目的に合わせた最適な硬度設定が可能となる。