

実用金属材料の巨視的相変態を画像計測するための
X線散乱ラジオグラフィ (SR) の開発
九州工業大学工学部
近浦 吉則, 高田 義博, 城井 英樹

§ 1 目的

- (1) 多結晶、生物体を含む一般の実用材料の結晶組織分布を示す X線散乱ラジオグラフィ (X-Ray Scatter ring Radiography) を開発する。
- (2) この散乱ラジオグラフィを用いて、アルミニウム圧延板集合組織分布及び円孔切欠周辺の塑性歪分布を検出する。
- (3) ファインセラミックスの組織不均一を検出する。

§ 2 X線散乱ラジオグラフィ装置のシステムの概要

ここでは、金属材料を対象とするため、走査法散乱ラジオグラフィ (以下 SR とする) に焦点を絞る。

この装置の模式図 (図 1) に示すように細束入射 X 線を試料に当て、そこから出る散乱回折線のうち、コアンダスリット系又は結晶アセンブリで一定の散乱 (回折) 角をもつ X 線のみを取り出す。この X 線強度をその点の情報とする。但し、ストレストポグラフィの場合には、その局所からの回折強度の角度分布をスリット系一検出器の走査によってとり、実時間的にカーブフィッティングより、ピーク位置の回折角度を求め、それに対応する弾性歪を直ちに算出し、それをコンピュータにセーブする。

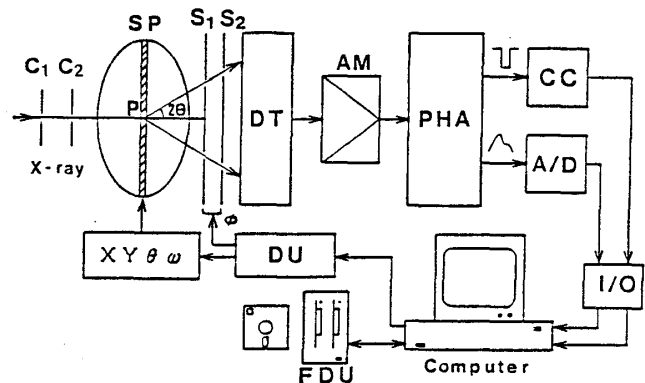


図 1

試料は (X, Y, Z) 3 軸の走査及びセティッキングのための (θ, ω) の角度回折を行う。狭い意味の散乱ラジオグラフィをとる場合には X

Y 走査でよい。トモグラフィ観察の場合は XZ (直接法 散乱トモグラフィ) 走査をおこなう。いわゆる CT の場合は (X, θ) 走査が必要である。単結晶をとる場合には (θ, ω) による角度調整を行う。また、この図には描いていないが、ストレストポグラフィの場合には、前述のように、スリット系一検出器の角度 (φ) を走査を行う。

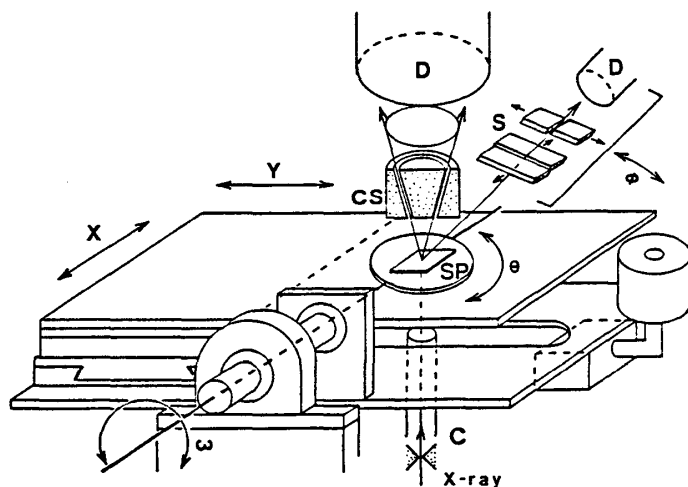


図 2

図 2 に試料まわりの走査系統を図示した。ソフトウェアのプログラムは昨年度研究会で発表したものと基本的には変わっていないが、(θ, ω) の走査を追加している。

なお 散乱トモグラフィ (Scattering Tomography) には 画像再構成方式を提案して有効な結果を得ているが、ここではこれには言及しない。本報で示す応用例は (X, Y) 走査による狭義の散乱ラジオグラフィ観察に限っている。

§ 3 圧延集合組織分布とその熱的变化

111 反射アルミニウム実用材料 JIS 1200 圧延板を SR で観察したものが図 3-a である。圧延方向と長く延びた間隔約 1mm 程度の縞状の不均一が存在することがわかる。図 3-b は同試料の 111 極点図である。極点図は集合組織の平均的結晶粒配向を示すものであるので、集合組織の評価には極点図と並んで散乱ラジオグラフィが必要であることが理解される。

このような集合組織の異方的分布は、その機械的性質に大きな影響を及ぼす。この縞状組織は、再結晶が起こる直前まで存在する (図 4-a, 図 4-b, 図 5-a, 図 5-b)。

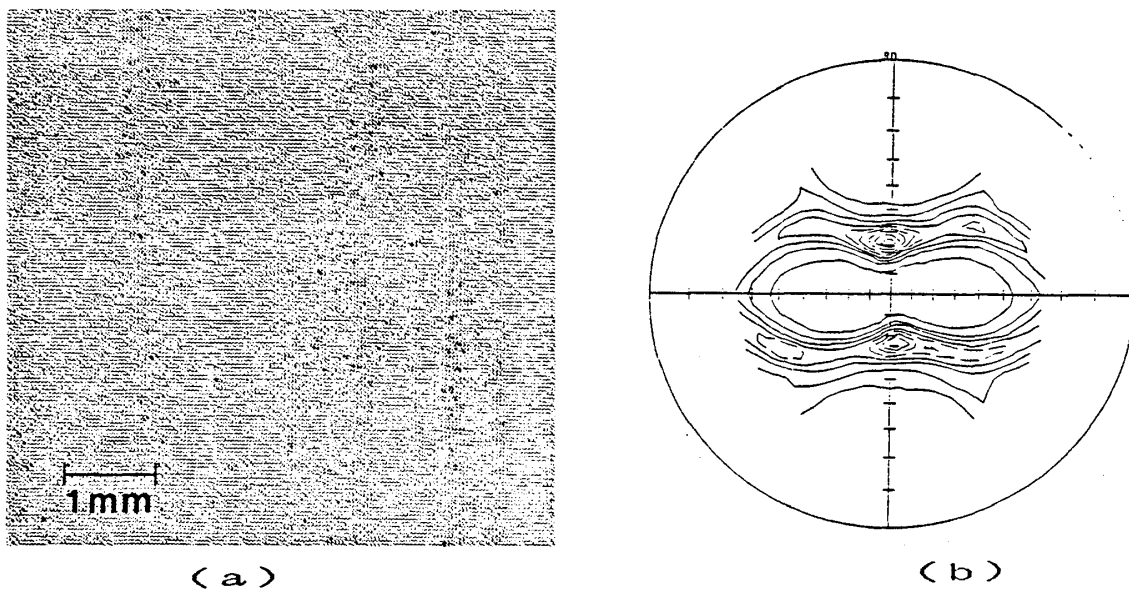


図 3

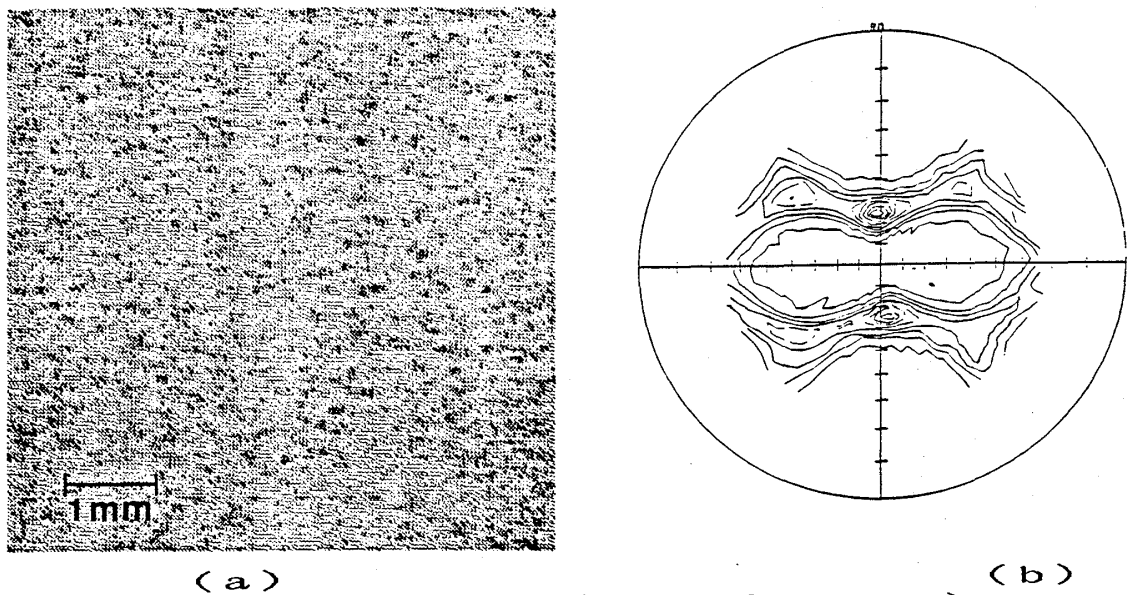
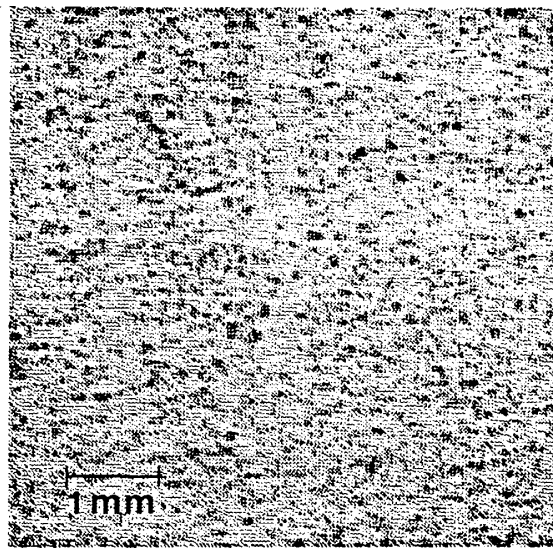
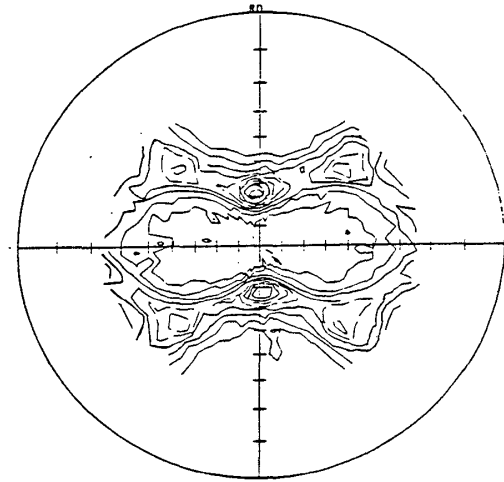


図 4 (276°C, 1hr)



(a)



(b)

図5 (282°C, 1hr)

§4 塑性歪域の分布

JIS 1200アルミニウム圧延板(厚さ1mm)のJIS Z2201の5号引っ張り試験片に直径4mmの円孔切り欠きを作った。これに0.1%の塑性歪を与えて、円孔切り欠きから発生した塑性歪域を観察したSRが図6である。通常吸収ラジオグラフィやその他の方法ではこのような塑性歪域の画像検出は困難であることから、本法は塑性の研究手段または材料の疲労による寿命予測に応用できることがわかる。

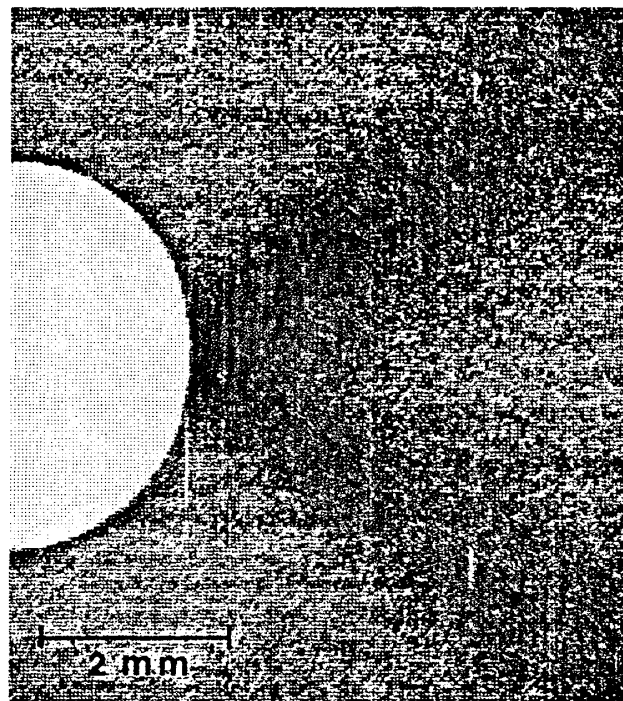


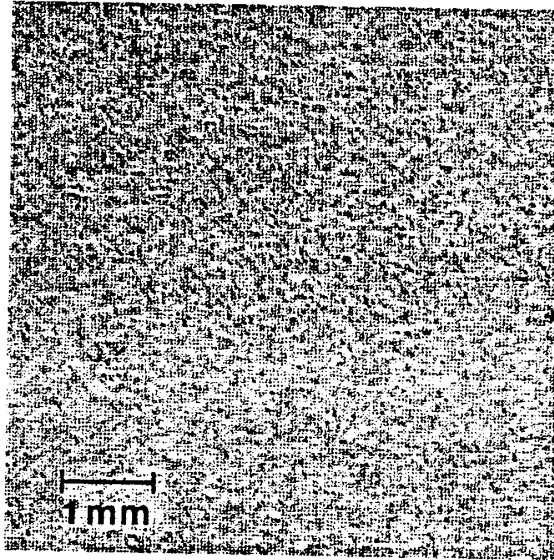
図6

§ 5 セラミックス

昨今はファインセラミックスの開発及び各分野への利用が、著しい進展を見せている。粒度が μm 以下オーダの粉末を焼成したセラミックスに組成及び結晶組織の不均在らば、製品の能力に著しい悪影響を与えるので、このセラミックスの評価技術が問題になりつつある。そこでマグネシア0.5Wt%添加アルミナセラミックスの構造分布をSRで観察した結果を図7に示す。

この像からこのセラミックスに $50\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ のレベルで組織不均在らばが確かに存在するということがわかる。現在、画像の定量的解析を行なっている。

図7



§ 6 結論

我々は試料から出る散乱X線を用いて画像計測する散乱ラジオグラフィのシステムを開発してきた。このうち金属材料やセラミックスの組織分布や巨視的相変態の研究の分野で、散乱ラジオグラフィの有効性が確かめられた。