



高分解能 X 線 CT によるアトマイズ金属粉末の 内部気孔観察とその低減化技術開発

桜井 郁也¹、吉年 規治²
1 名古屋大学、2 九州大学

キーワード：ガスアトマイズ粉末、シンクロトロン光 X 線 CT、高倍率単色 X 線測定

1. 背景と目的

ガスアトマイズ金属粉末は、表面が清浄で流動性に優れていることから、粉末冶金の原料粉末として工業的に広く用いられている。しかし、近年の製品品質の高性能化の観点や 3 次元積層造形法などの新しいプロセスの出現により原料粉末にも厳しい品質条件が求められている。その一つに、ガスアトマイズ粉末に含まれる気孔問題があり、これらの低減化技術の開発が求められている^[1]。我々は、これまで BL8S2 の白色 X 線を利用した高分解能 X 線 CT 測定システムを利用して微小なガスアトマイズ粒子内に存在する気孔の測定を行ってきた。しかし、広いエネルギー分布を持つ白色 X 線を使用した X 線 CT 測定では、本測定試料のような比重の大きな金属の断面画像合成像に低エネルギー X 線の影響によるメタルアーチファクトと呼ばれる散乱線状のノイズが粒子周りに発生し気孔観察の妨げになっている。しかし、BL8S2 では X 線輝度の問題から単色 X 線の高倍率測定は実現できていない。そこで、BL8S2 で高倍率単色 X 線測定を実現するため、F 値の大きなカメラレンズを組み合わせた高倍率測定用 X 線検出システムを新たに構築し、実際に単色 X 線での高倍率 CT 実験を実施、その検証を行った。

2. 実験内容

現在、BL8S2 の高倍率 X 線 CT 測定システムでは、LuAg 蛍光体の直後に Nikon の顕微鏡用対物レンズを挿入し、得られた試料の透過像を拡大して CMOS カメラで撮影している。しかし、この方法は、使用している対物レンズの F 値が小さくカメラで得られる画像が暗いため、白色 X 線のような輝度の高い X 線を使用しないと X 線 CT 測定を行う事が出来なかった。本実験では、拡大光学系に F 値の大きなカメラレンズを使用する拡大光学系を組むことで輝度の弱い単色 X 線で X 線 CT 測定を実現した(図 1)。

測定試料は Fe 系合金粉末をガスアトマイズ法で作製し樹脂と混合して直径 1 mm のアクリル棒先端に塗布した物を使用した。BL8S2 で、試料を回転させながら X 線透過像を取得し、得られた像を 3 次元再構成することにより粉末内部の観察を行った。同じ試料を従来の白色 X 線 CT 測定システムと新たに構築した光学系を使用して単色 X 線 19keV で得た再構成断面像を図 2 に、測定条件を表 1 に示す。

3. 結果および考察

図 2 (左) は、これまでの機器構成で取得した白色 X 線を用いた CT 断面像、図 2 (右) が新しく構築した機器による単色 X 線 CT 断面画像の一例である。左図では、低エネルギー X 線の影響による散乱線状のメタルアーチファクトと呼ばれるノイズと粒子の端が明るく中心部が暗くなるなるビームハードニングノイズで、特に粒子が密集している場所では粒子の境界が見にくい箇所がある。一方、右図は、粒子輝度が一様で、気孔観察にも適している事が確認できた。しかし、露光に 1 秒をかけているにもかかわらず、X 線輝度の不足で断面画像は粗い事も確認できた。必要な測定時間も大きく異なるため、露光時間を延ばしても測定試料を精度良く測定したい場合に適している装置構成である事が確認できた。

参考文献

1. S. Tammas-Williams, P.J. Withers, I. Todd, P.B. Prangnell, Scr. Mater. 122 (2016) 72-76.



図. 1 カメラレンズを使用した高倍率 X 線 CT 撮影装置
 X 線は右側から入射、試料の透過像を蛍光体で光に変換し、カメラレンズを組み合わせた拡大光学系（200mm/24mm）で、8.33 倍に拡大して検出器で撮影する。

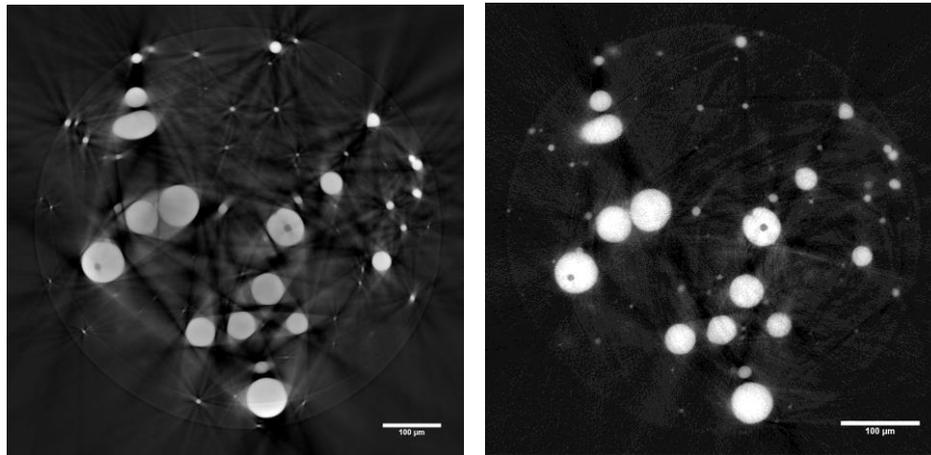


図. 2 白色 X 線 10 倍（左）と単色 X 線 8.33 倍（右）で得られた Fe 系合金ガスマトアイズ粉末の CT 観察の合成断面像
 左図の測定粒子から放射状に延びる白いハレーション状のノイズがメタルアーチファクト。粒子中心部が暗いように見えるのはビームハードニングの影響。右図では、ノイズが抑えられ気孔もはっきり見えるが取得した透過像が暗く、合成画像が粗くなっている。

	白色 X 線測定	単色 X 線測定
照射 X 線	白色 X 線 (7-24keV)	単色 X 線 19keV
拡大倍率	10 倍	8.33 倍
1 枚当たりの露光時間	20 ミリ秒	1 秒
撮影枚数 (360 度)	3600 枚	2400 枚
1 試料の撮影時間	15 分	80 分

表. 1 白色 X 線と単色 X 線を用いた X 線 CT 測定の撮影条件