

# X線検査における注意点について

## — 部材の内部欠陥に対するX線透過方向と透過画像 —

材料技術部門

高解像マイクロフォーカスX線検査装置（デ이지・ジャパン(株) XD7600NT Diamond）は平成25年度の導入以来、設備利用・依頼試験等で県内外の多くの企業の皆様にご利用いただいております。対象物を破壊することなく内部の様子を容易に観察できる優れた装置ではありますが、異常の検出には注意が必要となる場合があります。X線検査の原理などを交えて本装置の機能をご紹介します。

### ■ X線検査装置の原理

X線は波長1pm(0.001nm)～10nm(可視光波長：赤400～紫700nm)と短波長(高エネルギー)の電磁波で、非常に透過力が強く、可視光では透過できない金属などの不透明な物質であっても透過することができます。X線は物質中を透過する際にその一部が散乱吸収されることで減衰します。X線の減衰量は材質や密度、物体の厚さにより異なるため、観察対象の形状や材質によって部位ごとにX線の透過量が異なり、これが画像のコントラストの差として現れます。

図1にX線透過画像のイメージを示します。観察対象は段付きのブロック内にX線減衰量の大きな材質のロッドとX線減衰量の小さな穴(空気)構造を配置したモデルです。X線減衰量の大きなロッド部分は黒く、X線減衰量の小さな穴部分は白く表示されます。また、ブロックの厚い部分と薄い部分ではX線画像に濃淡が生じます。これら材質や形状の影響は、全て重畳して透過画像上に現れます。

### ■ 材料中の割れ画像の事例

X線検査により材料中の割れを検出する場合を模擬し、アルミ合金製の正方形柱(10mm×10mm、高さ40mm)を斜めに切断し切断面を突き合わせたテストサンプル(図2)についてX線透過方向を変えた場合の透過画像を比較しました。図3にサンプル切断面に対してX線透過方向が平行でない場合(切断面の法線方向に対してX線の透過方向が65°)の透過画像を示します。このように角柱

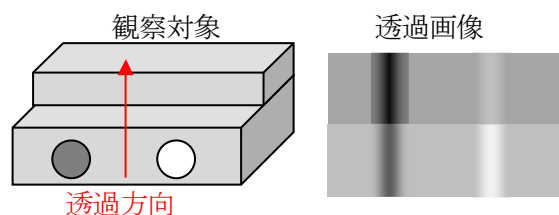


図1 X線透過画像のイメージ

の端面に垂直にX線が透過する場合、切断面を挟む上下の部材の厚さの合計は健全な部分の厚さとほぼ等しくなります。そのためX線減衰量に差が生じず切断面を明瞭に確認することができません。一方、図4はサンプル切断面に対して平行にX線を透過し撮影した画像となります。この場合、切断面を通過するX線はほとんど減衰しないため、透過画像で切断面の存在を明瞭に確認することができます。図3と図4のX線画像の差が示すように、同じ観察対象でもX線透過方向により内部の

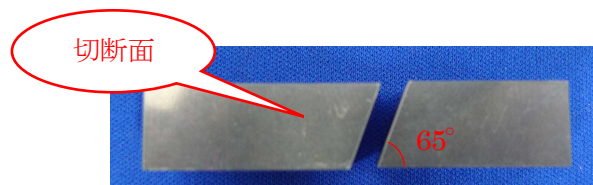


図2 サンプル外観

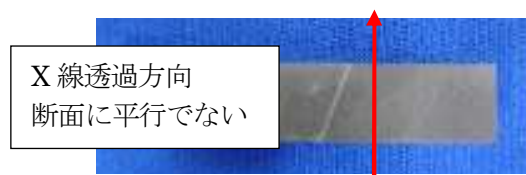


図3 透過像(切断面と透過方向が平行でない)

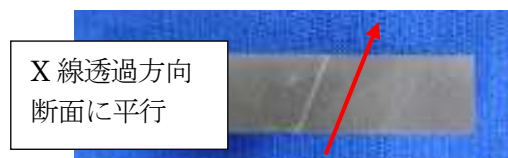


図4 透過像(切断面と透過方向が平行)

欠陥等が発見できない場合があります。実際の観察の際には、割れのように空隙が狭い場合や欠陥のアスペクト比が大きい場合などには特に注意が必要です。

### ■ 装置の特徴及び機能

本装置は、スポット径が非常に小さなX線源を用いることで認識解像度 0.1 $\mu$ m という高い解像度が得られることを特徴とします。その他にも、観察に便利な様々な機能を有しています。今回ご紹介した様に、幅の狭い割れなどの構造を検知するためには、様々な角度から試料を観察することが必要となりますが、本装置は観察対象物の配置を変えずにX線透過方向を変えることが可能です。X線カメラは円弧状のレールの上に装荷されており(図5)、レール上の移動とレール自体のスイングにより、垂直軸から最大70°傾斜した方向から試料を観察することができます(試料の高さによる最大傾斜角の制限在り)。更に、傾斜角を維持したまま垂直軸を中心として360°の旋回が可能です。X線の照射領域は、カメラの可動域をカバーしており、カメラの動きのみでこれらの観察を実現しています。また、観察点の高さを設定することにより、カメラの傾斜・旋回と同期して観察テーブルを自動的に移動し、常に同一ポイントを観察し続けることができます。方向や形状が未知の欠陥や損傷を探索するうえで非常に有効な機能です。

### ■ 効率的な検査の方法について

内部構造を熟知されている製品であってもその内部構造からどのようなX線画像が得られるかを事前に想像することは困難です。品質確認・異常原因の調査では比較観察が最も有効な検査方法となります。

製品の品質確認では異物や構造上の異常がないことを確認しますが、想定される異常がX線透過画像から確実に読み取れることを事前に確認しておくことが重要となります。想定される異常状態(異物・組み付け不良)を模擬した試料をご準備いただき、製品検査前にその異常がX線透過画像にどのように反映されるかを検証しておくことをお勧めしております。

不具合原因調査では、構造上の損傷や異物が大きなものであれば当該品の観察のみでも容易に発見できる場合もあります。しかしながら微小な損傷や異物が原因となる場合、当該品のみの観察からそれらが発見することは非常に困難となります。事象の発生した製品と共に健全状態の製品をお持ちいただき、比較観察することをお勧めしており

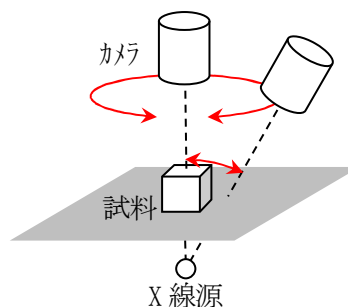
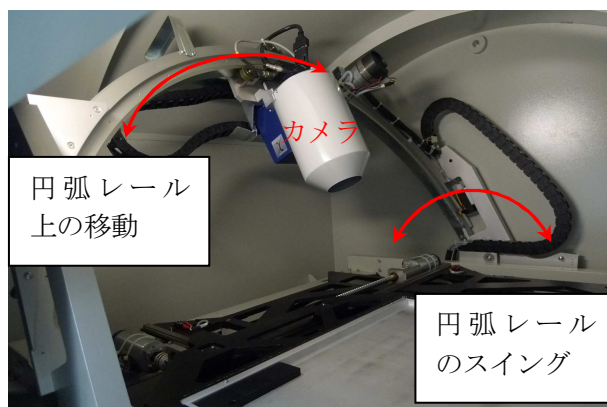
ます。また、発生している不具合の状態に対して原因となる可能性がある事象を抽出していただき、観察箇所を絞り込むことも有効な手法となります(例:電子回路中のこの回線が断線又は短絡しているなど)。

効率的にご利用いただくことで、問題解決の可能性を高めると同時に検査時間やコストの削減にも繋がります。以上を参考にいただき、多くの方のご利用をお待ちしております。

### ■ 装置のご利用について

装置の仕様や観察可能な試料形状・寸法等、ご利用にあたってご不明な点については、下記の連絡先までご遠慮なくお問い合わせ下さい。

お問い合わせいただいた際に効率的に利用いただくための事前準備などもご提案させていただきます。観察対象となる製品・観察の目的(X線透過画像により検証したい内容)をご提示いただければと思います。



最大傾斜 70° (試料高さによる制限在り)  
垂直軸を中心 360° 旋回可能

図5 傾斜観察について

長野県工業技術総合センター  
材料技術部門 金属材料部 寺島潤一  
TEL: 026-226-2012 FAX: 026-291-6243  
E-Mail kogyoshiken@pref.nagano.lg.jp