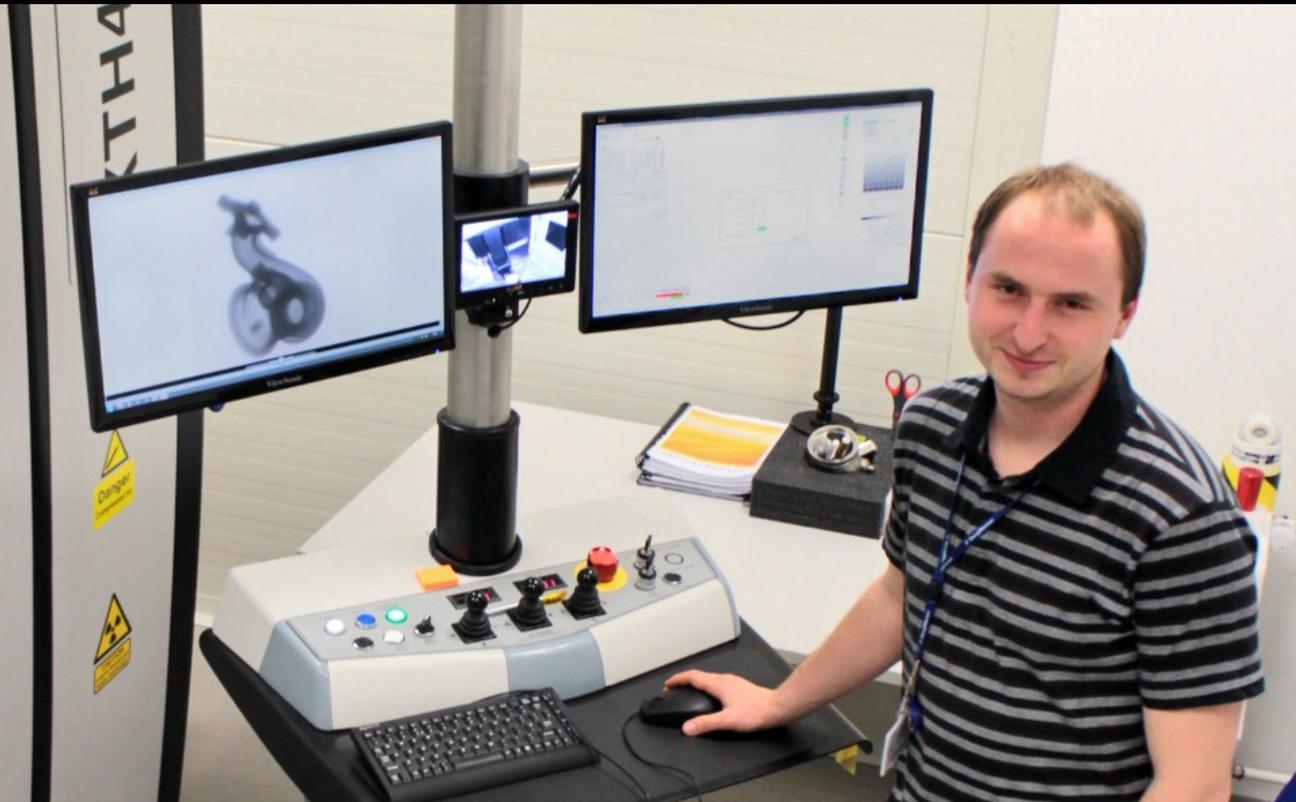




高出力 X 線 CT 検査システムがもたらす ターボチャージャー検査の進化



ボルグワナー社は、X 線 CT 検査システムによる非破壊検査を導入し 自動車用ターボチャージャーの研究開発を変革しました

ボルグワナー・ポーランド社は、ニコンのマイクロフォーカス X 線 CT (Computed Tomography) 検査システムを活用して、乗用車、ライトトラック、商用車向けターボチャージャーの研究開発を改善しています。

450kV の X 線 CT 検査システムでは、ターボチャージャーの高密度な材料を透過でき、鋳造部品や、溶接部位の品質を非破壊で検査可能です。

さらに、特定部位の内外寸データを、三次元測定機 (Coordinate Measuring Machine、CMM) より早く取得することができます。

欧州では、2014 年に自動車の排出ガス規制「ユーロ 6 規制」が施行されました。

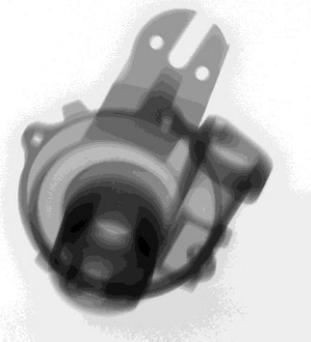
ユーロ 6 規制への対応のために、自動車メーカーとサプライヤーは、排気ガス処理システムに先進的な技術を開発し、市場に投入しています。

欧州で 50% 以上のシェアを持つディーゼル車は、排出ガス規制への適合と燃費、動力性能の両立に、ターボチャージャーが不可欠です。同時に、ガソリン車のターボチャージャー搭載比率も高まっています。

ボルグワナー社は 2009 年、ポーランド南部ジェシュフ地区のボドカルパチェ科学技術パークに、3 つのターボチャージャー製造工場を建設し、年間 100 万基以上のターボチャージャーを、ヨーロッパ全土の自動車メーカー向けに出荷しています。

先頃、ボルグワナー・ターボシステムズ社は、ターボチャージャーの生産を支援するため、同敷地内に新しい技術センターを開設しました。

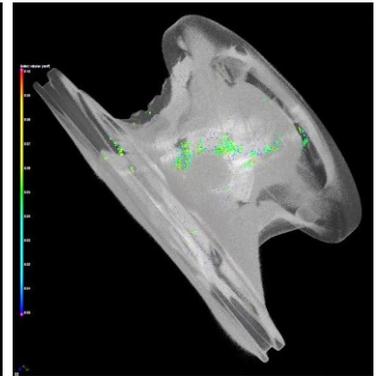
技術センターによる設計支援、試作、試験、材料分析は、米国ボルグワナー社の、ヨーロッパにおけるエンジニアリングおよび研究開発能力を大幅に拡大しています。



二次元 X 線画像



再構築された三次元ボリューム



CTによる鋳物の巣の様子

非破壊欠陥解析と寸法検査を集約

ボルグワーナー・ポーランド社は2014年2月、技術センターにニコン XT H 450 マイクロフォーカス CT 検査システム（以下、XT H 450 システム）を導入しました。チームリーダー兼首席材料研究員のウカシュ・クラウチック氏は、次のようにコメントしています。

「当社は、アルミニウム製のコンプレッサーやステンレス製あるいは鋳鉄製のハウジングなど、各種サイズのターボチャージャー用部品を様々な仕入先から調達しています。

試作品や量産評価品のターボチャージャーは、エンジンテストベンチに載せて耐久試験や耐熱試験を行なう前に、個々の部品や部分組立品の品質を検査しなければなりません。以前は、サンプルを切断して CMM で検査しなければならず、貴重な試作品や量産評価品を無駄にしていました。また、量産工程検査では、検査後のターボチャージャーは使用不能なため、生産ロットのなかから代表的なサンプルを選択する抜取り検査に留まっていた。

しかし、現在はターボチャージャーを破壊することなく、機械加工部品の寸法検査や鋳物の巣や異物検査をおこなえるようになっていきます。

XT H 450 システムにより、以前よりはるかに多くの情報が得られることから、より厳密な解析が可能になりました。取得したデータは、CAD モデルまたはマスターサンプルとの比較や、幾何公差測定をソフトウェアで解析できます。また、検査対象のターボチャージャーをその後の試験にも再利用できるので、経費の節約にもなっています。

例えば鋳物の場合、巣やそこから生じる亀裂の位置と大きさを突き止め、欠陥の原因が材料の種類や品質によるものか、部品の設計によるものなのかを判断できます。

また、カードリッジ Assy 部品の場合には、部品の欠損の有無などを X 線で確認できるため、分解検査に要するコストを削減できます。

目視では不可能なインペラーとシャフトの電子ビーム溶接箇所などの空孔率や機械的な健全性も、X 線なら容易に検査可能です。

XT H 450 システムは、最近では広く受け入れられる検査装置になっています。柔軟性が非常に高いため、CMM などの測定機より優先して使用されるようになってきました」

CT 検査システムの選定

クラウチック氏とそのチームは、装置導入前に候補となる 5 社の高出力 CT 検査システムを比較検討しました。ボルグワーナー・ポーランド社の用途に最適な仕様であること、高解像度の画質により包括的な解析と測定が可能であることを高く評価し、XT H 450 システムを選択しています。

また、他社製品は、フラットパネル・ディテクターと CLDA（曲面上に直線的に配置されたディテクター）のいずれか一方しか用意されませんが、XT H 450 システムでは両方が用意されており、最も投資価値が高いと判断しました。XT H 450 システムのディテクターは、要求される解像度や検査対象に応じて、容易に変更できます。

フラットパネル・ディテクターは、測定物全体の画像取得に最適で、欠陥を検出する際の高速スキャンに使用されます。CLDA は、一次元の断面画像を取得することにより、詳細な画像を構築できます。

この技術は、ターボチャージャーのタービンハウジングに使用される高密度材料測定時の X 線散乱防止にも適しており、高解像度の画像が得られます。

XT H 450 システムには、ランニングコスト面でもメリットがあります。開放型 X 線源の採用により、フィラメント単独で交換でき、密閉型のような Assy 交換は不要です。フィラメント交換は、トレーニングを受ければ装置オペレーターでも可能なので、保守コストは最小限に抑えられます。

また、クラウチック氏は、技術的な問題やアドバイスの要求に迅速に対応する、ニコンの優れたサービスもポイントであった、と述べています。



CT は検査技術としてさらに広く受け入れられるようになってきました。

また、柔軟性が非常に高いため、頻繁に使用しています。

ボルグワーナー社、チームリーダー兼首席材料研究員
ウカシュ・クラウチック氏

CT と XTH 450 システムの背景

近年は、コストを抑えながらさらに短いリードタイムで新製品を投入することが要求され、試作回数が減っています。

そのため、1つの試作品で複数の試験をおこなわなければならない、非破壊検査への期待が高まっています。接触型やスキャンによる CMM 検査では外寸情報しか得られず、複雑な内部構造の検査には、サンプルの切断や分解が必要です。

X線 CT 検査システムは、寸法や材料構造、組立品内部の検査において詳細な情報を提供できます。

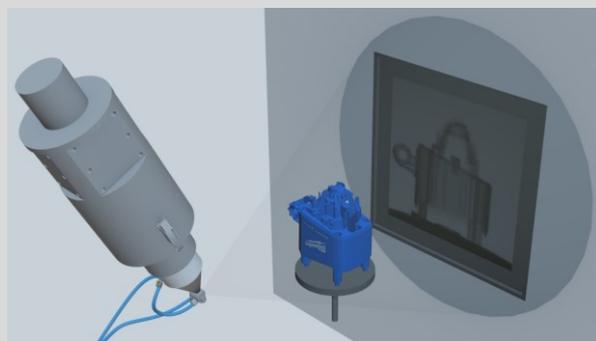
X線 CT 検査システムは、計測時間が短いことに加えて扱いやすく、迅速な問題解決と、より効果的な意思決定をサポートします。

CT の原理はシンプルです。

X線源とディテクター間のステージに検査対象物を載せ、回転させながら単純な二次元 X線画像を取得します。360度回転させた後、二次元の X線画像を対象物の三次元立体マップに再構成します。各要素は個別の位置と密度を持つ三次元ピクセル（ボクセル）となります。レーザースキャンによる三次元ポイントクラウドと同様に外部表面の情報が得られるだけでなく、内部表面もデータ化されます。また、高密度なマップングをおこなうことで、外部表面と内部表面の間にある物の情報も得られます。

CT システムの心臓部は X線管です。基本的な構成は、一端に（電球に似た）フィラメントを備えたシリンダーと、高電圧のカソード、アノード、磁気レンズおよび金属ターゲット（通常はタングステン製）となります。X線管には、開放型と密閉型があり、ニコンでは、自社開発の開放管型 X線源を採用しています。開放管型 X線源は、フィラメントを単独で交換可能なことから、高額な X線源の Assy 交換が必要な密閉管型 X線源と比べて、ランニングコストを低く抑えられます。

フィラメントに電流が流れると温度が上昇し、電子が放出されます。電子はカソードで跳ね返され、高電圧場によってアノードに引き寄せられ、その結果、X線管の端に向かって光速の 80%まで加速されます。



電子ビームが管を離れる前に、電磁レンズによって電子ビームをターゲットに集束させます。電子はターゲットに衝突すると、エネルギーの 99%は熱として消費され、1%未満が X線に変わり円錐ビームとして放出されます。電圧を高くするほどビームのエネルギーが増加し、その結果ターゲットに伝わるパワーも増加することにより、スポットサイズが大きくなり、発生する X線出力も増加します。

産業用途における CT の問題は、高密度材料（特に金属）において X線が大きく減衰することです。鉄などの高密度金属材料の測定には、225kV を超える出力の X線源が必要になりますが、一般的にはスポットサイズが桁違いに大きなマイクロフォーカスになり、計測分解能が低くなります。

高出力かつ高精度が要求される産業用 CT 計測において、正確かつ詳細な CT データを得るには、マイクロフォーカスの X線源が必要ですが、多くの X線装置メーカーが提供するマイクロフォーカス X線源は 225 kV 以下です。

ニコンは、業界唯一の 320kV と 450kV のマイクロフォーカス X線源を供給しています。

XTH 450 システムは、測定時間の制限なく 450 W の連続出力が可能です。80~113 μ m のスポットサイズを維持しながら、25 μ m の再現性/精度で散乱のない CT 像を出力できます。

測定対象は、寸法 400 × 600 × 600 mm、重量 100 kg まで対応し、非破壊の三次元欠陥解析と寸法検査を一台に集約できます。