3次元 X 線 CT システムによる非破壊解析事例

田村 敦^a, 清宮 直樹^a, 梅田 武志^b, 渡辺 拓平^b, 小泉 和人^b

^a丸文(株)(〒103-8577 東京都中央区日本橋大伝馬町 8-1)

^b(株)ユニハイトシステム(〒242-0001 神奈川県大和市下鶴間 505-1)

Non Distractive Analysis by Oblique 3D CT about Void in the Through-Hole

Atsushi TAMURA^a, Naoki SEIMIYA^a, Takeshi UMEDA^b, Takuhei WATANABE^b and Kazuhito KOIZUMI^b

^aMarubun Corp.(8-1, Nihonbashi Odenmachi, Chuo-ku, Tokyo 103-8577)

^bUni-Hite System Corp.(505-1, Shimotsuruma, Yamato-shi, Kanagawa 242-0001)

Keywords : X-ray Oblique CT, Non-Distractive Analysis

1. はじめに

エレクトロニクス業界をはじめとして様々な業界で、製品開発や故障解析などのため、電気特性試験、物理解析、発熱解析、発光解析などの手法が用いられている。その中でも、非破壊解析として現在多く使われている解析手法に X 線解析がある。X 線解析は医療分野でも使用されており、頭部や胴体の輪切り画像を確認するコンピュータ断層撮影(Computed Tomograph, 略称: CT)において用いられている。

丸文(株)は、産業用 X 線 CT 装置を 10 年以上販売し、また、(株)ユニハイトシステムは、産業用 X 線検査/解析装置の専門メーカーであり、近年では特に高分解能に対応した X 線 CT の開発および製造を行っている。

2. CT 解析とは

2.1 従来の X 線透視について

従来の X 線解析は、X 線透視撮影による 2 次元観察が主流であった。図 1 は、BGA (Ball grid array) を直上から撮影したもので、ボール同士のブリッジ、抜け、異物混入程度しか観察することができなかった。図 2 は、カメラを 60 度傾

斜させ、図 1 の一つのボールを高倍率で撮影したものである。直上から確認することができなかった接合部の状態(濡れ不良)を傾斜撮影し、3 次元的に確認することが可能となった。このように実装分野のみならず他分野においても、高密度化・微細化が進んでいることから、2 次元的な透視観察によって、満足できる解析がほとんど不可能という状況にある。また、X 線解析に求められていることは前項でも述べたように、非破壊解析であるため、解析前にいかに内部構造を把握できるかが重要なポイントである。

2.2 CT を用いた解析

図 3 は、図 2 と同様にカメラを 60 度傾斜し、X 線透視像を取得した例である。図 2 と比べ接合部の状態を確認しづらい。この箇所を CT 撮影することで、図 4 のような断層画像を取得できる。この画像は、BGA の接合面に断層位置を合わせたもので、左下端のボールが明らかに他のボールと異なる様子が確認できる。こちらも濡れ不良の事例である。

なぜ、今回の事例が確認しにくいかというと、X 線の透視観察では、X 線発生器とカメラの光軸上にあるすべてのもの(ここでは各層のパターン・スルーホール・裏面の実装部品

図 1 BGA の直上時の X 線透視画像

図 2 BGA の X 線透視画像。カメラを 60 度傾斜させ、接合部の状態を撮影。

など)が画像化されてしまうためである。高密度品などのように構造が複雑になればなるほど、様々なものが映り込んでしまい、解析が困難になってしまう。このような複雑な構造の試料であっても、CT撮影を行うことで、図4のように非常にわかりやすく故障部位を確認することが可能となる。

2.3 従来のCT(直交CT)について

10年ほど前の産業用X線CTは、X線源・カメラを水平に設置して、ワークを横から透過した画像を元に撮影する手法(図5参照:直交CT)が一般的であった。直交CTでは、対象ワーク(加工対象物)の形状が円筒状もしくは短冊状のどの方向からでもほぼ同じ厚みの形状のワークでの撮影に用途が限定されていた。仮に平板上の対象ワークに対して、X線CTを撮影する場合、直交CTでの撮影に適した形状に切断・加工する必要があった。そのため、X線においても以前は完全な非破壊解析を行うことが困難であった。

2.4 3次元斜めCTについて

(株)ユニハイトシステムでは、2003年より世界に先駆け、3次元斜めCT機能を搭載した装置の販売を開始した。前述のBGA解析事例でも、この3次元斜めCTで撮影を行った。3次元斜めCT(図6)とは、対象ワークをステージ上に置き、カメラを傾斜した状態でステージを回転し撮影したデータをCT演算する技術である。3次元斜めCTと直交CTの違いは、観察可能な対象物の形状が大きく異なる点がある。

図3 BGAのX線透視画像。カメラを60度傾斜させ、接合部の状態を撮影。図2とは別の個体。

図4 3次元斜めCT断層画像

直交CTでは平板上の大型基板のような形状のもの(縦横と厚みのアスペクト比が大きいもの)を完全非破壊の状態では対象物を360度方向から透視像を取得する際、X線透過できないアングルが発生し、3次元データの欠落が発生する。データが欠落しているため、CT演算の際、演算中に欠落部分がノイズ(アーチファクト)として再現され、不鮮明な画像として構築されてしまう。そのため、対象物を切断し撮影可能な形状に加工する必要がある。

一方、3次元斜めCTではこれらの欠点を解決するために、カメラを傾斜した状態で360度方向からの情報を取得し演算する方式を採用した。この方式であれば、サンプルのアスペクト比によるノイズの影響は受けず、撮影することが可能となり平たく大きな対象物に対しても非破壊にてCT撮影することが可能である。

また、X線の拡大率を上げるためには、X線源に観察箇所をどこまで近づけられるかがポイントなのだが、直交CTでは対象物を垂直方向に回転させるため、対象物の回転方向とX線発生器が干渉し、観察箇所を近づけることができず、低倍率撮影を余儀なくされてしまう。

3次元斜めCTでは、観察対象をX線源に限りなく近づけた状態でのCT撮影が可能のため、高倍率でのCT撮影が実現した。よって、高倍率でのCT解析を行う際において、3次元斜めCTが有効な手段だということである。

3. スルーホール内ボイド観察例

3次元X線CTシステム(XVA-160α)で撮影した、スルーホール内のボイド観察例を紹介する。

基板内に数万穴のスルーホールを保有した対象サンプルは、基板に円筒状の穴を開け、めっき加工を施したものである。

図5 従来のCT(直交CT)の撮影

図6 3次元斜めCTの撮影

図7 スルーホール水平断層画像

図8 スルーホールの縦断層画像

図9 スルーホールの3次元画像

観察箇所としては、スルーホール内のボイド(空隙)の有無並びに形状の確認ということでX線CT解析を行った。本製品は、前項でも述べたようなまさに平板状の基板であり、直交CTでは撮影困難であり、高倍率撮影を必要としたワークであったため、3次元斜めCTで撮影が最適であった。透視観察した箇所を斜めCT撮影し、断層画像を出力した画像が図7および図8である。透視では確認しづらかったボイドが、スルーホール内のどの高さにあるかが確認できる。

また、図9のように取得したデータ内において任意の箇所の断面を3D表示することで、3次元的にワークの不良箇所の確認が行え、これ以降の断面解析の際の目安としても利用できる。

今回のスルーホール内のボイドについては、非常に微細なため、X線解析を行わなかった際の断面解析で、研磨条件に気を付けないと、ボイド自身が埋まってしまう例もある。対象物が、研磨の熱によって軟化することが主な要因とのことである。したがって、研磨作業については、ある程度の時間を要し、ミクロン単位でその都度断面を確認しつつ行う必要があるため、非常に長時間の作業となる。

長時間での作業を回避する策としては、どの位置にどの程度のボイドが、どの角度で入っているかを事前に把握できることが挙げられる。場所が把握できていればタクト向上並びに失敗率の低減が見込める。他にも、撮影したCTデータを基に、体積や測長など、多彩な解析を非破壊で行うことが可能である。

4. まとめ

3次元X線CTシステムによる非破壊解析事例を紹介させていただいた。対象ワークの形状は様々であり、これまでの直交CTだけでは、めっき内部を解析する手法として不十分であることは説明した通りである。

また、製品の微細化・高密度化が進み、今後はより多機能性を持たせるため、製品の多段化(スタック化)が加速していくと予想される。このことから、平板上の対象物でも断層構築可能な3次元斜めCTが今後の製品開発・解析などに必要な機能となるものと思われる。

(Received September 6, 2012)

参考資料

- 1) 2011非破壊解析フォーラム資料(丸文㈱主催)
- 2) 2011DCGシステムズELITE解析ワークショップ資料