コータにおける最新の検査装置*

オムロン株式会社 ビジョンシステム事業部生産管理部シートグループ 遠 藤 誠

The Latest Web Inspection System in Coater Machine

Makoto Endo

Production Management Department, Vision Systems Division,
WIS Group, Omuron Corporation

In coater machines, defects with characteristics that are different from the defects that occur in paper machines occur.

Omron developed streak inspection system in 1985 before other WIS manufacturers, which was mainly to detect the faults occurred in coater machines. It was a product that answered customers' requirement in quality and with new algorithms to detect faults that any WIS on those days could not detect. Streak inspection system has been renewed in 2001 as the series of development of new WIS. NASP. NASP has an ability to detect not only spot defects but also streak.

It also has capability that not only for off-line coater machines but also for on-line coater machines. We are now introducing the latest NASP with streak inspection capability.

分類：N₄ コーター付属設備，V₃ 紙パルプ工程計器およびセンサ

1. はじめに

当社では、コータマシンで発生するストリーク欠陥検出を目的に、古くから取り組んできたが最初のカメらは、回転ミラー方式を使用したカメラであった。また、1985年に検査装置他メーカーに先駆け CCD 方式を採用したストリーク検査装置へと変わっていった。CCD 素子の採用により機械的な稼動部分がなくなりメンテナンス性の向上を実現できたことや高分解能を達成することで CCD 素子を使用したストリーク検査装置の幕開けとなる商品とすることができた。

1994年に FASP 検査装置の商品発売をおこなった。初期の CCD 素子を使用した KZD-SXA のカメラでは、検出能力に限界があり市場の品質要求に応えることが

できなくなったためである。FASP 検査装置は、デジタル処理を採用した検査装置として当社で始めて開発した商品である。カメラの CCD 素子は、従来から採用していた正方形 CCD 素子とは別に、縦長の CCD 素子も新たに加え、この縦長 CCD 素子を採用したことで電荷蓄積量を向上させストリーク欠陥検出に適した検査方式を提案することができるようになった。

2001年春 NASP 検査装置の機能アップを含めて新しい検出アルゴリズムを組み込んだ KZD-N 220 X カメラを発売した。従来の FASP 検査装置と同様にカメラの CCD 素子は、正方形 CCD 素子と縦長の CCD 素子を使用した 2 種類を準備し、スポットカメラと同様に信号の減衰を抑えるべく光ファイバーケーブルでの信号伝送をおこなっている。このカメラは、ストリーク欠陥専用カメラとせずスポットも兼用して欠陥検出が可能である。また、従来ストリーク欠陥を画像と

*第7回製紙技術セミナー講演

して表示していなかったが、この NASP 検査装置よりストリーク欠陥を画像として録画表示した。

2. コータで発生する欠陥

2.1 欠陥の種類

高速の抄紙マシンで発生するスポット欠陥を人間の目で捉えることは、不可能である。しかしコータマシンで発生する欠陥は、抄紙マシンと大きく違い連続性のあるスジ状の欠陥がメインである。よって人間の目でも残像現象により光の入射角度によっては、検出可能な欠陥となっている。この特徴のあるストリーク欠陥でも近年のコータマシンの進歩により、人間の目でも認識できない微小な欠陥となってきた。表 1 にコータマシンで発生する欠陥の種類と特徴を記述する。

2.2 ストリーク欠陥の特徴

コータマシンで発生する代表的な欠陥としてストリーク欠陥があげられる。ストリーク欠陥の発生要因として、抄紙マシンで作られた製品の表面上に塗料を塗布する工程の中でロールに付着した異物や塗料に含まれる微細な粒によりスジ状の欠陥となる。

ストリーク欠陥には、明るい方向に発生する明側のスジ欠陥と暗い方向に発生する暗側のスジ欠陥に分類することができる。これは、塗料を塗布する工程の中

で異物により塗料が削られたために発生する現象である。塗料が削られ薄くなった部分は、明欠陥となり、逆に塗料が盛り上がった部分は、光が遮られるために暗欠陥となる。

3. コータマシンでの検査

3.1 欠陥検出に適したカメラの提供

ストリーク欠陥の発生メカニズムを考えた場合、カメラのスキャン速度は、スポット欠陥検出に求められるほど高速である必要性はなく、より多くの光のデータを累積できるほうがよい。当社では、より微小な欠陥を検出することを目的に 2048 ピクセルの CCD 素子を採用した。CCD の選定にあたって、汎用品であり長期に提供が可能であることを前提条件としている。多ビットで特殊な CCD を採用しても 10 年以上使用される検査装置のメンテ性を考慮した場合、安易にユーザに提供できないためである。

また、CDD 素子のバラツキの存在も忘れることができない。素子の電荷蓄積量のバラツキが検出能力に影響を及ぼすためである。そこで当社では、CCD 素子の選別をおこなっている。電荷蓄積量の電氣的バラツキとして 2 % 以内を目標に適合範囲内の素子のみ使用している。

表 1 コータマシンで発生する欠陥の種類と特徴

欠 陥 種	特 徴
ストリーク欠陥	スジ状に連続した欠陥。 グラビア誌などのカラー印刷をおこなった場合、インクが載らず縦スジの線が入る欠陥。
スキップ欠陥	単発に短く発生するコート抜けの欠陥。
スクラッチ欠陥	ストリーク欠陥のような連続して発生する欠陥でなく長さ 50 mm 程度の短い塗料が抜けたスジ欠陥。
コート抜け（塗布ムラ）	紙の表面をコートする際、均一に塗布できない状態の欠陥でコート塗料がまだらになった状態。
シワ欠陥	斜めにシワ状に発生した欠陥。 紙がロールを通過する際、発生する。
パッチ	抄紙マシンで発生する穴欠陥に対して 50 mm 角のパッチと呼ばれる紙を貼ったもの。 コート塗料が穴を通過しロールに付着するのを防止する役割がある。
継ぎ手（スプライス）	オフラインコータマシンで紙と紙をつなぐ時に貼るテープのこと。 横一直線または、山形に張られる場合がある。
スポット欠陥	コータマシン通過時に異物が油および水滴が落下して発生。

3.2 最適な検査方式の提供

人が欠陥の状態を確認するとき、光の入射角度を変えて見るのと同じようにカメラにおいても光の入射角を変えることにより大きな判別信号として求めることができる。しかし入射角度を変更した正反射光方式で検査することによる弊害も発生しているのも事実でこの問題を長年の経験とノウハウにより以下の処置をおこなうことで問題を回避している。

①光源となる蛍光灯の長さの問題

コートマシンは、近年高速化と大型化されてきている。しかし光源となる蛍光灯については、規格化された長さであるため蛍光灯の長さごとにカメラを千鳥配列にし検査をおこなう方式を採用している。

②カメラを固定する金具の強化

入射角度を変えることにより光が照射されるエリアは、極めて少なくなる。そこで、専用の雲台を作成しX軸・Y軸に微調整をおこない最適な入射角度が保たれる設計をおこなっている。

③エッジの認識

正反射光方式で検査された場合、紙のバタツキがあ

ってはならない。そこでバタツキを抑えるためにロール面上での検査をおこなうが、ロールとエッジとの境界線に発生する信号をストリーク欠陥として認識する弊害も発生する。そこで紙のエッジに自動追従する自動ブランキングユニットを使用しロール面上の検査で発生する問題をクリアにしている。

3.2 最適な光源の提供

従来、レフランプを使用した透過光方式での検査をおこなってきた。透過光方式で検査することで明欠陥と暗欠陥の両方の欠陥を同時に検出するメリットがある。しかし今日の品質革新の向上により極めて微小なストリーク欠陥となってきたためレフランプの透過光源波長では、地合の中に欠陥が埋もれ検出できないレベルまで達してきた。そこで当社では、微小なストリーク欠陥を検出するために蛍光灯を使用した検査方式の比率が増してきた。また、コート紙に蛍光染料が含まれているケースでは、白色蛍光灯とは別に、ブラックライトを使用した検査もおこなっている。ブラックライトの光源波長を有効活用することで白色蛍光灯でも判別できない欠陥も検出できるようになった。

図 1 ストリーク感度判定

4. 最新の欠陥検出

4.1 オペレータに受け入れ易い感度設定

NASP 検査装置では、ストリーク欠陥の発生メカニズムを考慮しオペレータに分かりやすい感度判定アルゴリズムを採用した(図1)。判定のレベルは、16ビットのデジタル信号(±32767)を明方向に最大-10.0および暗方向に+10.0の値に変換し設定しやすい数値で登録する。デジタル数値で入力してもよいが登録イメージがつかみにくいため、あえて-10.0~+10.0のわかりやすい設定を採用した。また欠陥の長さについても短いストリーク欠陥は、無視できるように0.1m単位の長さ設定としている。ストリーク欠陥は、スポット欠陥のような単発で発生する欠陥と違い連続に発生するため長さデータを判別条件に加えることとした。また地合いによる誤動作やストリーク欠陥の信号が途中途切れることを考慮し検出率によるオフセット処理もおこなっている。

4.2 スクラッチ欠陥の検出

従来のFASP 検査装置では、検出が困難であった短いスクラッチ状の欠陥も検出できるようにNASP 検査装置の商品開発の中で新たに検出アルゴリズムに加えた。専用のハードを必要とせず軽欠陥の判定レベ

ルの回路を使用し0.1m単位の短い欠陥でも検出できるようにした。スクラッチ欠陥が発生するマシンでは、モニタ画面のパラメータ変更でスクラッチ検出回路の使用有無の選択をおこなう。これによりユーザの運用に柔軟に対応することが可能となった。

4.3 新たな検出アルゴリズムの採用

NASP 検査装置では、新たな処理アルゴリズムを採用したことで検出困難なストリーク欠陥までが検出可能な判定レベル値として処理することができる。ストリーク欠陥が発生した場合、図2に示す波形のごとくストリーク欠陥の信号が紙の地合とほとんど変わらないレベル出力となっている。

従来のストリーク検査装置であるFASP 検査装置に対してNASP 検査装置では、図3のように新たにFIR フィルターの検出アルゴリズムを組み込んだ。FIR フィルター定数は、ソフトシミュレーションにより最適定数を求め組み込んだ結果、当社FASP 検査装置に対して約2倍の検出能力となりFASP 検査装置で検出できなかった欠陥までが検出できるようになった。

- ①流れ方向平均化8~256:流れ方向にスキャン毎(8,16,32,64,128,256)に平均し、ストリーク欠陥を強調する処理である。

図2 ストリーク欠陥のカメラ微小信号(1スキャン濃度断面図)

図 3 演算基本回路構成

図 4 原画像と FIR フィルター処理後

図 5 輝度累積処理

すことにより、微少なビデオ信号の変化からエッジをきわだたせた処理をおこなう（図4）。

④差分演算：FIR フィルタ画像と入力画像の差を取りターゲットの歪みを取り除き、欠陥部分だけを抜き出す。

⑤4 ライン流れ加算：流れ方向に指定ラインの移動平均処理をおこないターゲットの地合い成分を取り除く。

⑥輝度累積：地合いを超えた欠陥部分のみを累積加算処理する（図5）。

⑦縦方向（流れ方向）の累積値を取り、欠陥のエッジ特徴を捕らえ、欠陥 FIFO の座標として書き込み、結合処理後、感度設定判別処理をおこなう。

②③FIR フィルター：FIR (Finite Impulse Response：有限長インパルス応答) フィルタを通

4.4 ストリーク欠陥の画像表示

ライン稼動中に人間の目では、本当に欠陥が発生しているか分からず、従来は、巻き取り後に確認するしかなかった。また欠陥の中には、巻き取り後でも微小の欠陥であるため目視で確認できなかった。このような状況から当社は、ストリーク欠陥も画像として表示することにした。他に発生した必要な欠陥画像をより多く表示させるため画像エリアは、ストリーク欠陥

と認識したポイントのみを表示させることとし無駄な画像を排除させた（図6）。またライン稼動中に画像として表示することで画像による判断をおこない迅速に処置することが可能となったことや、画像として残すことにより品質管理データとしても貢献できると思っている。

感度設定画面にて設定した長さを
超えたポイントのみ録画する。

図 6 ストリーク画像

図 7 コータマシン構成

5. マルチビーム対応

5.1 マルチビームとは

エンドユーザの品質に対する要求も高まり、より複雑化する欠陥種に対応すべくマルチビームシステムを発売した（図7）。現場オペレータの少人数化にともないユーザの求めるシングルウィンドウを達成することでオペレータの業務範囲を軽減し効率を目指したシステム構成とした。具体的にスポット検査装置4ビームおよびストリーク検査装置4ビームの計8ビームの検査情報を1つのモニタで確認することができ品質管理をおこなう際に十分にサポートすることができるものと思っている。少ないビーム構成で検出できることが理想であるが検出できる欠陥が限定されるため、やはり多ビームで検査できるシステムが必要不可欠の存

在となっている。

5.2 欠陥の合成機能

当社のNASP検査装置の特徴としてスポット欠陥の合成機能があげられる。合成機能とは、複数のビームで検査すると、1つの欠陥がそれぞれのビームを通過し複数検出した場合でも1個に合成する処理のことである。合成機能として一次合成と二次合成がある（図8）。

5.2.1 一次合成機能

一次合成ではそれぞれのビームで発生した同一距離、同一分割の欠陥を、照明方式の違い（反射・透過）による欠陥検出の違いを統一させて、本来の欠陥種にさせる機能である。例えば、穴のあいている欠陥が流れてきた場合、ビームAが透過光源であれば明欠陥として検出され、ビームBが反射であれば穴欠陥でも

図8 欠陥の流れ

図9 一次合成機能

図 10 二次合成機能

暗欠陥として検出する。それらの欠陥を本来の穴欠陥にさせるために合成をおこなう。

一次合成は、合成パターンが64パターンから構成しパターン1から下記内容で合成条件のチェックをおこなう(図9)。ビームAからビームDまで欠陥信号をシフトし各々のビーム欠陥種で一致するパターンが存在するかをチェックする。64パターンで条件成立しなければその距離・分割は一次合成されず複数のビームで検出されたことになる。パターンで選択された欠陥種が条件を満たした場合、最終ビームの欠陥のみ残り、他のビームで検出した検出情報の削除処理をおこなう。削除後、合成できなかった欠陥が存在すれば次のパターンから条件が成立するまでチェックを繰り返しておこなう処理である。

5.2.2 二次合成機能

二次合成では照明方式が同じビームで発生した同一距離、同一分割、同一極性(明暗)の欠陥を、極性別にグループ毎に優先処理を行い、1つのビームの欠陥で検出させる機能である。

例として、図10に欠陥発生パターンでの二次合成処理を示す。優先順位は、重大→重小→中大→中小→軽大→軽小→淡→密集(画面設定で変更可能)とし、同一優先レベルの欠陥が複数存在した場合は下流で発生した欠陥が優先される。

6. これからの検査装置の求められるもの

6.1 さらなる検出能力の向上

コータマシンにおけるNASP検査装置について述べてきたが、これからのマシン性能の更なる向上とエンドユーザの品質要求に対応すべき品質革新がさらに加速することと認識している。現状の検査能力では、

まだまだ不十分と思っている。本来少ない検査ビームで多種にわたる欠陥を同一カメラで検出させることが理想であるとともに従来検出できない欠陥についても検出する必要がある。

検出能力の向上に至っては、当社で使用しているカラー検査装置(COLOR-AGE)を、コータマシンにも接続可能とさせコータマシン独自に発生するストリーク欠陥のみならずスポット欠陥についても検出能力を向上させ微小な色欠陥も検出可能にせしていく必要があると認識している。

6.2 進化するコータマシン

大型マシンの新設によりマシンの統廃合が加速している。マシンが大型化してもそこに従事するオペラータ人数は、過去のマシンより明らかに少ない人数となってきたのも事実である。この数少ない人数で従来以上の効率を求めるならば、欠陥発生時の迅速なる警告により欠陥発生頻度を抑える手助けをする。また、検査後の欠陥情報を整理しネットワーク経由で上位生産管理コンピュータに送信したり、計装メーカーの装置とのシングルウィンドにより画面の一元管理できる装置構成にしていける必要がある。

6.3 メンテナンス性の向上

検査装置にとって検査することが最重要項目であるが、システムダウンについても目を離すことができない。長期にわたる過酷な使用(24時間連続運転)があたりまえの状況の中、システムダウンによる製品品質に与える影響(品質保証)や予防のためのメンテナンス人件費の増加問題に対して、当社ではHDDのミラーリングを始めとするシステムダウン防止にも注力して取り組んできた。しかし考えられる対処を事前に把握し検査装置に網羅しても予期しないことが発生す

ることもある。今後市場要求として脚光を浴びると予想されるリモートメンテナンスを有効活用し、この予期しない不具合を未然に防止することでシステムダウンによる損失を最小限に食い止め品質の安定した検査装置にしていく所存である。

7. 終わりに

NASP 検査装置を発売できたが、品質要求の更なる高まりにより検出能力をさらに向上させることが最優先課題と捕らえている。また高性能・高機能商品であってもコストが増大しては、何の意味もない。商品コストは、常に下げ続けていく必要があり当社では、このユーザが求めるコスト要求に対してマスター化に

よる標準システム販売を展開中である。標準システムを使用することでコスト要求に応じていくとともに部材の管理化をはかり生産中止に対し情報提供をおこない継続的な使用を可能とさせていく。また、従来からの特殊要求仕様に対応するとともに必要な性能・機能を満足しつつ検査装置としての製造品質・ソフト品質を更に向上させ商品価値を認めてもらうことも狙いとしている。

最後に時代の加速にともないスピードと成果が求められている昨今、現状維持に満足せず今後も検出能力向上に向け新しい商品・新しい提案をおこない喜んでいただけるよう努力していく所存である。