

Ứng dụng công nghệ chụp ảnh cắt lớp CT cho việc kiểm tra khuyết tật các chi tiết, sản phẩm trong công nghiệp

TS. NGUYỄN ĐỨC MINH – Phó Viện trưởng Viện Máy và Dụng cụ công nghiệp (IMI)

THS. NGUYỄN CHÍ CƯỜNG – PGĐ Trung tâm Chuyển giao công nghệ – Viện IMI

TÓM TẮT

Bài báo tổng kết các nội dung chính đã thực hiện của đề tài KHCN cấp Bộ do Viện IMI chủ trì và đã bảo vệ thành công. Đề tài có tên “Ứng dụng công nghệ chụp ảnh cắt lớp CT cho việc kiểm tra khuyết tật các chi tiết, sản phẩm trong công nghiệp” với mã số: 178.09.RD/HĐ-KHCN. Trọng tâm của bài báo là phân tích, làm rõ các vấn đề trong quá trình thiết kế, chế tạo và tích hợp hệ thống thiết bị nhằm kiểm tra khuyết tật các chi tiết, sản phẩm trong công nghiệp theo hướng ứng dụng công nghệ chụp ảnh cắt lớp CT.

1. HỆ THỐNG KIỂM TRA KHUYẾT TẬT CÁC ĐỐI TƯỢNG TRONG CÔNG NGHIỆP THEO PHƯƠNG PHÁP CHỤP ẢNH PHÓNG XẠ RT, ỨNG DỤNG KỸ THUẬT CHỤP ẢNH CẮT LỚP CT

Ngày nay với sự phát triển vượt bậc của ngành khoa học máy tính và công nghệ phần mềm đã tạo cơ sở cho việc xây dựng các hệ thống kiểm tra khuyết tật các đối tượng trong các dây chuyền sản xuất trong công nghiệp theo phương pháp chụp ảnh phóng xạ RT (Radio Graphic Test), ứng dụng kỹ thuật chụp ảnh cắt lớp CT (Computed Tomography). Các hệ thống với cấu hình này cho phép đưa ra nhiều bức ảnh phóng xạ của vật kiểm theo nhiều lớp với các góc chiếu khác nhau thay vì chỉ là một bức ảnh phóng xạ của vật kiểm, do đó nâng cao rất nhiều khả năng cũng như độ chính xác của hệ thống kiểm tra.

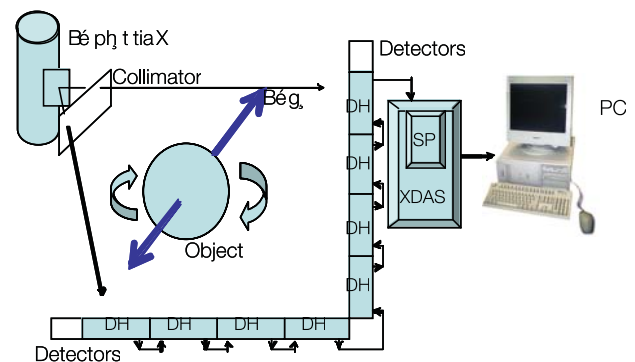
Trong các hệ thống kiểm tra theo phương pháp RT mà có ứng dụng kỹ thuật chụp ảnh cắt lớp CT thì hệ thống xử lý CT Scanner đóng vai trò chính trong việc quyết định tính chính xác của hệ thống. Đây là hệ thống phức tạp bao gồm từ các thiết bị phần cứng: bộ phát tia X, các detectors, bộ truyền động, hệ thống thu nhận ảnh, phần mềm phân tích và xử lý ảnh, phần mềm nhận đánh dấu - nhận dạng hình ảnh, phần mềm tái tạo ảnh CT...

Trong khuôn khổ bài báo này sẽ phân tích một số nội dung thực hiện chính cũng như các kết quả đã đạt được của nhóm nghiên cứu cho việc ứng dụng công nghệ chụp ảnh cắt lớp CT cho kiểm tra khuyết tật các chi tiết, sản phẩm trong công nghiệp.

2. HỆ THỐNG KIỂM TRA KHUYẾT TẬT CÁC CHI TIẾT, SẢN PHẨM TRONG CÔNG NGHIỆP ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ CHỤP ẢNH CẮT LỚP CT CỦA VIỆN IMI

2.1. Sơ đồ và nguyên lý làm việc của hệ thống:

Từ các yêu cầu kỹ thuật của hệ thống, nhóm nghiên cứu đã đưa ra sơ đồ cấu trúc và nguyên lý làm việc của hệ thống



Hình 1: Sơ đồ nguyên lý của hệ thống

(hình 1):

- + Các thành phần chính của hệ thống:
 - Bộ phát tia X: bao gồm nguồn phát, ống phát tia, bảng mạch và bộ điều khiển nguồn phát tia X.
 - Collimator: là tấm chắn với tác dụng làm mảnh tia X theo đúng hình quạt, tập trung năng lượng vào đúng dãy detectors hình chữ L.
 - Bộ gá đối tượng kiểm tra: để gá đối tượng kiểm tra và chuyển động theo yêu cầu. Đối tượng sẽ được tịnh tiến theo bước (min là 0,5cm) trong khoang kiểm tra, tại mỗi bước (lớp cắt), khi dừng lại để tiến hành chụp cắt lớp thì đối tượng sẽ được xoay liên tục với góc 360° quanh trục tịnh tiến.
 - Detectors: dãy detectors được bố trí theo hình chữ L, bao gồm 8 Detector Head Board (DH), mỗi board gồm 128 channel, với độ rộng mỗi detector là 0.8mm. Tất cả các DH này được nối tiếp tới board thu thập/xử lý tín hiệu - Signal Processing Board (SP) của XDAS.
 - XDAS (X-Ray Data Acquisition System): là hệ thống thu thập dữ liệu X-Ray được sử dụng rộng rãi cho các ứng dụng X-Ray linescan. XDAS giao tiếp với PC qua giao diện USB2.
 - PC: Bao gồm phần mềm thu thập dữ liệu, tái tạo ảnh CT và phần mềm điều khiển hệ thống.

- + Nguyên lý hoạt động:
- Bước 1: Đối tượng kiểm tra được gá vào bộ gá tại vị trí gá tức là bên ngoài khoang chụp.
- Bước 2: Chuyển động bộ gá vào vị trí để sẵn sàng cho quá trình chụp.
- Bước 3: Bộ gá tịnh tiến đối tượng kiểm tra vào vị trí để thực hiện chụp cắt lớp đối tượng.
- Bước 4: Tại vị trí mỗi lớp cắt, tín hiệu điều khiển 'X-Ray ON' được đưa ra - Bộ phát tia X bắt đầu hoạt động; Bộ gá đối tượng tiến hành xoay liên tục đối tượng một góc 360°. Tại mỗi góc chiếu (giá trị của góc chiếu 0 là được thiết lập trên phần mềm) tiến hành thu thập ảnh bức xạ của hướng chiếu thuộc lớp cắt đó của đối tượng. Như vậy tại mỗi lớp cắt sẽ thu được nhiều ảnh bức xạ của lớp đó. Các ảnh bức xạ này được truyền sang PC để phần mềm tiến hành xử lý, tái tạo ảnh CT.
- Khi đối tượng đã được xoay hết góc 360° và quá trình thu thập các ảnh bức xạ của lớp cắt hiện tại kết thúc, tín hiệu điều khiển 'X-Ray OFF' được đưa ra; Bộ phát tia X được dừng hoạt động.
- Bước 5: Bộ gá tịnh tiến thêm 01 bước (độ dài của 01 bước này có thể được điều chỉnh, ngầm định là 0,5 cm), toàn bộ quá trình được lặp lại như bước 4.
- Bước 6: Khi hết chiều dài kiểm tra (chiều dài đối tượng), thoát khỏi quá trình chụp cắt lớp.
- Bước 7: Toàn bộ các ảnh các lớp cắt (2D) của đối tượng được hiển thị trên màn hình.
- Bước 8: Bộ gá đưa đối tượng kiểm tra về vị trí ở bước 1. Chu kỳ làm việc kết thúc.

2.2. Thiết kế kỹ thuật của hệ thống:

2.2.1. Phần kết cấu cơ khí, bộ nguồn phát, điều khiển tia X:

Thiết kế, xây dựng trên cơ sở phát triển từ máy soi hành lý Dynavision 400A của hãng Control Screening. Máy

có các thông số chính như sau:

- Chuyển đổi tượng soi bằng băng tải.
- Khoảng chiều: rộng 64 cm; cao 38 cm.
- Nguồn phát tia X: maximum 90 kv, vận hành ở 85 kv.
- Cường độ cho 01 lần kiểm 0.1 mR.
- Hình dạng tia: fan beam.
- Bố trí detectors: hình L.

2.2.2. Bộ gá đối tượng kiểm tra:

Bộ gá đối tượng, chi tiết kiểm tra đã được thiết kế, chế tạo tại Viện IMI, đáp ứng các yêu cầu cơ bản sau:

- + Chuyển động tịnh tiến đối tượng theo phương dọc buồng chiếu (vuông góc với chùm tia).
- + Có cơ cấu xoay đối tượng kiểm tra 3600 quanh trục chuyển động dọc.
- + Toàn bộ bộ gá đối tượng kiểm tra được điều khiển tự động qua máy tính, các thông số trạng thái được trả về máy tính. Ví dụ như: vị trí theo phương tịnh tiến của mỗi lớp cắt và góc xoay của đối tượng khi thực hiện chụp ảnh bức xạ của một phép chiếu.

Bộ gá đối tượng kiểm tra bao gồm các thành phần chủ yếu như:

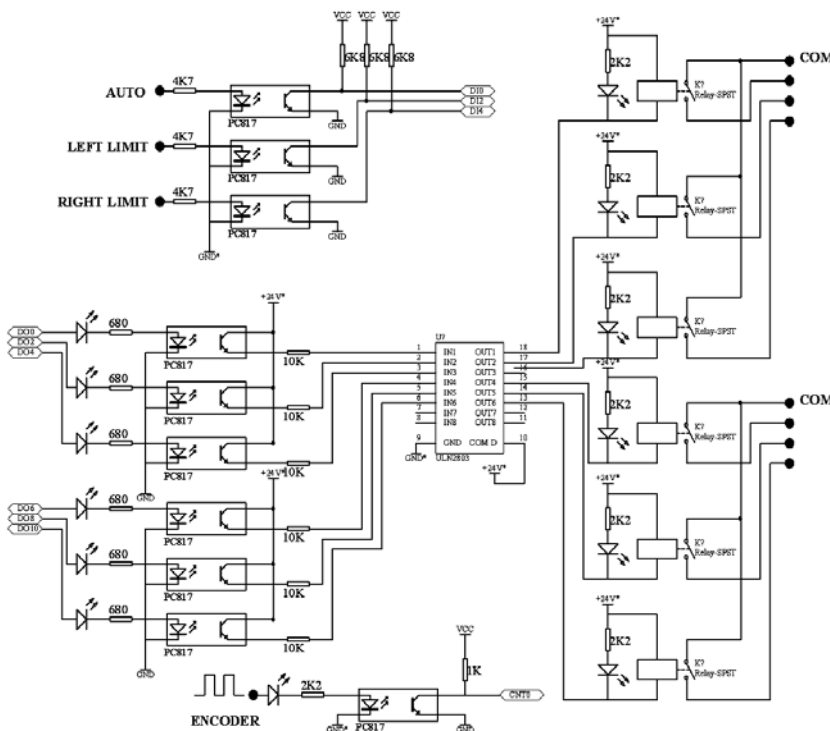
- 02 động cơ ba pha + hộp số để thực hiện các chuyển động tịnh tiến và chuyển động xoay.
- 02 Limit switch để giới hạn chuyển động.
- 01 Encoder gắn vào trục động cơ xoay để lấy thông số góc xoay hiện thời của đối tượng.
- 01 tủ điện điều khiển với hai chế độ "tay" và "tự động".
- Điều khiển tự động qua máy tính PC dựa trên 01 card đa chức năng PCI-1711 Advantech.
- Phần mềm điều khiển trên PC.
- * Điều khiển nguồn phát tia X và bộ gá đối tượng kiểm tra qua máy tính PC:

Việc điều khiển tự động bộ gá đối tượng kiểm tra và

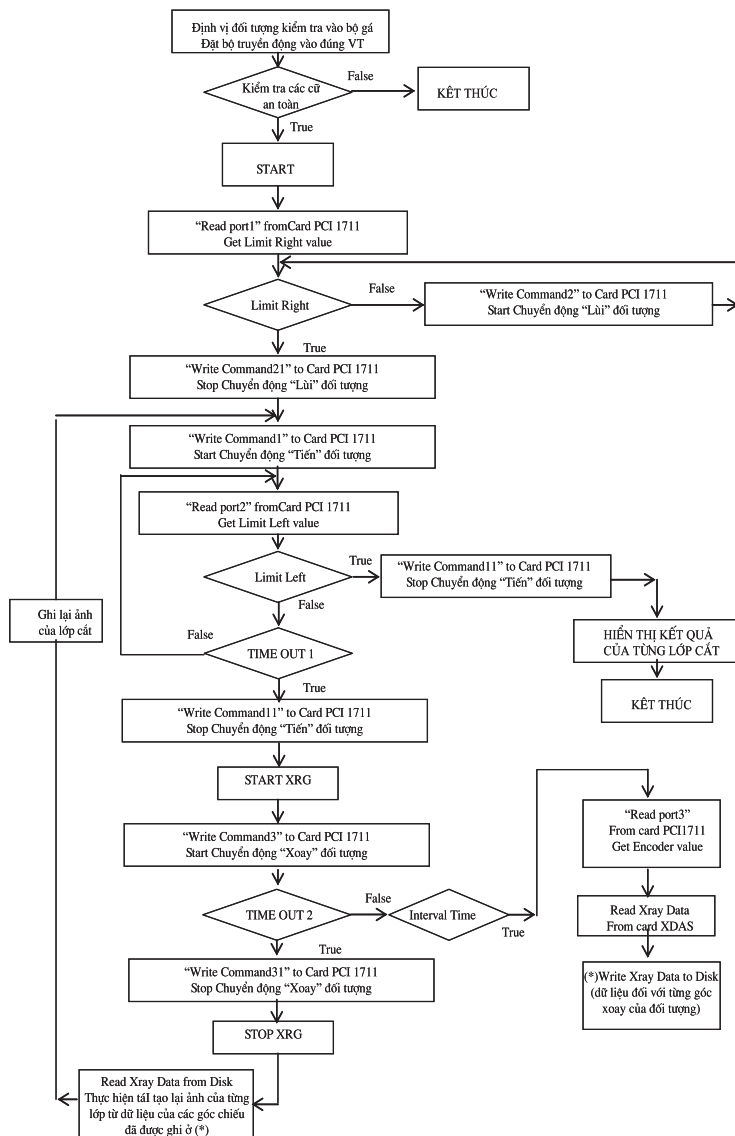
nguồn phát tia X máy Dynavision 400A được điều khiển bằng phần mềm trên máy tính PC, thông qua card PCI-1711. Để thực hiện được việc này, nhóm nghiên cứu đã thiết kế, chế tạo mạch điều khiển, ghép nối với card PCI-1711, đáp ứng các yêu cầu điều khiển của hệ thống (hình 2). Trong đó các địa chỉ vào/ra như sau:

- + D00 - điều khiển chiều tiến động cơ tịnh tiến.
- + D02 - điều khiển chiều lùi động cơ tịnh tiến.
- + D04 - điều khiển động cơ xoay.
- + D06 - điều khiển ON/OFF nguồn phát tia X.
- + D08 - điều khiển hướng chạy băng tải.
- + D10 - điều khiển ON/OFF chạy băng tải.

* Module phần mềm điều khiển bộ gá đối tượng kiểm tra: được xây dựng trên cơ sở sử dụng thiết bị card đa chức năng PCI-1711 và công cụ phát triển



Hình2: Sơ đồ mạch ghép nối với card PCI-1711



Hình3: Chu trình điều khiển chung toàn bộ hệ thống kiểm tra khuyết tật sản phẩm bằng tia X, ứng dụng công nghệ chụp cắt lớp CT

SDK của hãng Advantech-Taiwan.

2.2.3. Hệ thống thu nhận dữ liệu X-ray:

Nhóm nghiên cứu đã lựa chọn hệ thống XDAS (X-Ray Data Acquisition System) của hãng Electron Tubes Limited – UK làm cơ sở để xây dựng hệ thống thu thập dữ liệu X-Ray.

Các thông số kỹ thuật của hệ thống XDAS:

- Thời gian tích phân: từ 10 s đến 100 s - Dimensions: DH (101 x 110 mm); SP (101 x 122 mm)
- Tỷ lệ signal / noise: > 10000:1 - Non - linearity: <0.1 %
- Tốc độ quét: max 20 kHz - Detetor pitch: 0.8 mm hoặc 1.6 mm
- Dual energy option - Interface: RS 485, max 9600 Baud
- Detector type: Scintillator type - Power suply: + 5V and +12V
- Data: 16 bit

* Module phần mềm thu thập dữ liệu X-Ray: được xây dựng trên cơ sở sử dụng thiết bị XDAS-USB và công cụ phát

triển SDK của hãng Electron Tubes Limited.

2.2.4. Các module phần mềm khác:

+ Module phần mềm xử lý dữ liệu, tái tạo ảnh CT:

Do quá trình thu thập, xử lý dữ liệu X-Ray và tái tạo ảnh CT là khâu quan trọng, cốt yếu nhất đối với hệ thống CT Scanner nên nhóm nghiên cứu đã tập trung nghiên cứu, tìm hiểu các thuật toán tái tạo ảnh CT đang được sử dụng trên thế giới, đặc biệt quan tâm tới khả năng áp dụng cho bài toán kiểm tra khuyết tật các chi tiết, sản phẩm trong công nghiệp. Kết quả, nhóm nghiên cứu đã xây dựng được thuật toán tái tạo ảnh CT cho bài toán kiểm tra khuyết tật trên cơ sở "thuật toán chiếu lọc ngược".

+ Module phần mềm điều khiển chu trình chung của hệ thống:

Qua quá trình nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và xây dựng các module của hệ thống (phần cứng và phần mềm), nhóm nghiên cứu đã đưa ra được chu trình điều khiển chung của toàn hệ thống. Đây là cơ sở để xây dựng được phần điều khiển đồng bộ cả hệ thống. Chu trình này được thể hiện ở hình 3.

3. QUÁ TRÌNH TÍCH HỢP, THỬ NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ HOẠT ĐỘNG CỦA HỆ THỐNG

Sau khi đã tích hợp hoàn chỉnh toàn bộ hệ thống, nhóm nghiên cứu đã tiến hành chạy thử nghiệm và tiến hành đánh giá một số chức năng cơ bản của hệ thống như:

+ Độ chính xác trong hoạt động của bộ truyền động để gá đối tượng, chi tiết kiểm tra.

+ Chức năng thu nhận dữ liệu X-Ray và khả năng thể hiện sự hấp thụ năng lượng tia X (khác nhau đối với các loại vật liệu khác nhau hoặc với độ dày mỏng khác nhau của đối tượng).

+ Chức năng chụp và tái cấu trúc ảnh cắt lớp CT.

* Đánh giá chung về các kết quả thử nghiệm:

Các kết quả của quá trình thử nghiệm cho thấy, toàn bộ hệ thống về cơ bản là đã đáp ứng được yêu cầu đặt ra của bài toán, tức là "chụp cắt đối tượng kiểm tra theo nhiều lớp để có được hình ảnh của từng lát cắt, phục vụ việc đánh giá khuyết tật của đối tượng".

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã tổng kết lại các nội dung chính trong quá trình thực hiện đề tài 178.09.RD/KH-CN. Trong đó, trọng tâm là phân tích, làm rõ quá trình thiết kế, xây dựng hệ thống kiểm tra khuyết tật với đối tượng là các chi tiết, sản phẩm trong công nghiệp theo phương pháp ứng dụng công nghệ chụp cắt lớp CT. Với các kết quả đã đạt được trong quá trình thử nghiệm, khẳng định, nhóm nghiên cứu đã giải quyết thành công các vấn đề của bài toán đặt ra. Đây là cơ sở để có thể tiến hành thương mại hóa sản phẩm và xa hơn là phát triển nhóm sản phẩm cùng loại, trên cơ sở ứng dụng công nghệ chụp cắt lớp CT, sử dụng tia X. ❖