

สื่อการสอนและชุดปฏิบัติการ เรื่อง การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีในงานเชื่อม The Instructional Multimedia on the Radiographic Analysis in Welding

วันชัย โกมลหิรัญ¹ และ ตรีนตร ยี่งสัมพันธ์เจริญ²

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการสร้างสื่อการสอน เรื่องการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสี ในงานเชื่อม เพื่อมุ่งเสริมสร้างความรู้ ความสามารถ ความเข้าใจในเนื้อหาการเรียนรู้ ทำให้ความเข้าใจเนื้อหาเป็นไปอย่างได้ผลที่สมบูรณ์ ทำให้ผู้ศึกษาเกิดความมั่นใจ ในการวิเคราะห์และตัดสินผลงานเชื่อม ซึ่งต้องสามารถนำทักษะการปฏิบัติงานไปใช้จริงในภาคอุตสาหกรรมต่อไป จึงจำเป็นต้อง ใช้ชุดสื่อการสอนเพื่อวิเคราะห์ผลภาพถ่ายรังสีงานเชื่อม ที่ตอบสนองเป้าหมายดังกล่าวได้

โดยชุดสื่อการสอน ประกอบด้วย

1. ชิ้นทดสอบสำหรับวิเคราะห์ หลักการพื้นฐานการถ่ายภาพรังสี ประกอบด้วย ชิ้นทดสอบพื้นฐาน จำนวน 4 ชิ้น
2. ชิ้นทดสอบงานเชื่อมในลักษณะกำหนดสำคัญ ประกอบด้วย
 - 1) ชิ้นทดสอบงานเชื่อมสมบูรณ์ ไม่ปรากฏข้อบกพร่อง (Non-Defect)
 - 2) ชิ้นทดสอบที่ปรากฏข้อบกพร่องในงานเชื่อมที่สำคัญ 8 ลักษณะ
3. ชุดฟิล์มถ่ายภาพรังสีของชิ้นทดสอบตามหัวข้อที่ 1) และ หัวข้อที่ 2)

ผลการศึกษา จากประสิทธิภาพของชุดสื่อการสอนและความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นสอดคล้องกันว่า ชุดสื่อการสอนที่ประกอบด้วย ชิ้นทดสอบทั้งหมดที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ และผลภาพถ่ายรังสี สามารถตอบสนองลักษณะการเรียนรู้ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะชิ้นทดสอบงานเชื่อมสามารถเปิดเผยถึงข้อบกพร่องที่ตรวจพบ ในภาพ ถ่ายรังสีให้ปรากฏ เพื่อพิสูจน์ความถูกต้องในการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสี รวมถึงเงื่อนไขของเทคนิคการถ่ายภาพรังสีที่ควรตระหนัก

คำสำคัญ : การถ่ายภาพรังสี / ลักษณะไม่ต่อเนื่อง / ข้อบกพร่อง

Abstract

The study aims to develop an instructional multimedia concerning the analysis of radiographic films of welding test pieces as to enhance learners' comprehension an assist them to gain confidence in assessing the welding quality and can apply on-the-job skills for real industrial tasks.

The instructional multimedia set was composed of the followings :

1. Four basic test pieces for analysis radiographic testing procedure.
2. Welding test pieces demonstrating 8 types of defects.
3. The radiographic films.

As a result, the experts approved that the multimedia demonstration containing all these element models and the radiographic products effectively support learners' instruction as the radiographic films revealed the element defects while the accuracy could be proved from the analysis procedure.

Keywords : Radiographic / Discontinuities / Defect

¹ อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมกรรมการเชื่อม, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมกรรมการเชื่อมวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. บทนำ

เป้าหมายของงานการเชื่อม เพื่อประสานวัสดุ ตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปให้เป็นวัสดุเนื้อเดียวกัน ดังนั้นในระบบการควบคุมคุณภาพมีจุดมุ่งหมาย ในการพิจารณาความเป็นเนื้อเดียวกันของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อม ภายใต้เงื่อนไขว่า ชิ้นงานเชื่อมต้องไม่ปรากฏลักษณะไม่ต่อเนื่อง (Discontinuities) ที่กำหนด ตามเกณฑ์การตัดสินผลของมาตรฐานสากลว่า เป็นข้อบกพร่อง(Defects) คือ ชิ้นงานที่มีคุณภาพดี

กรรมวิธีการตรวจสอบ โดยการถ่ายภาพด้วยรังสี (Radiographic Testing) สามารถบันทึกผล การตรวจสอบเป็นแบบถาวร ด้วยภาพบนแผ่น ฟิล์มภาพถ่ายรังสี และสามารถเก็บรักษาผลวิเคราะห์ได้เป็นระยะเวลานาน โดยในการศึกษากรรมวิธีการตรวจสอบด้วยภาพถ่ายรังสี จำเป็นต้องศึกษาให้มีความรู้ ความเข้าใจ ทั้งเนื้อหาทางทฤษฎี และทางปฏิบัติ ในลักษณะการประลองอย่างถ่องแท้ก่อน จึงจะสามารถวิเคราะห์ผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นสำหรับการเรียนรู้ทางด้านการวิเคราะห์ผลงานเชื่อม คือ การสร้างสื่อการเรียนรู้ ที่ให้นักศึกษาสามารถเข้าใจในเนื้อหาอย่างถ่องแท้ โดยชุดปฏิบัติศึกษา และ สื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสม และ คุณภาพที่ดี ทำให้ความเข้าใจเนื้อหาได้ผลที่สมบูรณ์ ผู้ศึกษาจึงมีความมั่นใจในการวิเคราะห์และตัดสินผลงานเชื่อม ดังนั้นการสร้างชุดสื่อการเรียน เพื่อวิเคราะห์ผลภาพถ่ายรังสีงานเชื่อม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อสร้างสื่อการเรียน เรื่อง การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีในงานเชื่อมสำหรับ วิชาการทดสอบงานเชื่อมด้วยภาพถ่ายรังสี

2.2 สร้างขั้นตอนสอบ พร้อมข้อบกพร่องในการเชื่อมที่สามารถแสดงให้เห็นข้อบกพร่องที่อยู่ภายในแนวเชื่อม ได้

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 ขั้นตอนสำหรับวิเคราะห์ หลักการพื้นฐานของการถ่ายภาพด้วยรังสี ประกอบด้วย

3.1.1 ขั้นตอนเพื่อวิเคราะห์หลักการพื้นฐาน ในการถ่ายภาพด้วยรังสี

3.1.2 ขั้นตอนแสดงการเบี่ยงเบนของภาพถ่ายรังสี

3.1.3 ขั้นตอนแสดงความคมชัดของภาพถ่ายรังสี

3.1.4 ขั้นตอนงานเชื่อมสมบูรณ์ ไม่มีข้อบกพร่อง (Non-Defect)

3.2 ขั้นตอนงานเชื่อมในลักษณะกำหนดสำคัญ 8 ลักษณะ ประกอบด้วย

3.2.1 ขั้นตอนงานเชื่อมสมบูรณ์ ไม่มีข้อบกพร่อง (Non-Defect)

3.2.2 ขั้นตอนการปรากฏลักษณะบกพร่องในงานเชื่อมที่สำคัญ

ก. รูพรุน (Porosity)

ข. สารมลทินฝังใน (Inclusion)

ค. รอยแห้วขอบแนวเชื่อม (Undercut)

ง. เต็มโลหะเชื่อมไม่เต็มแนว (Underfill)

จ. รอยร้าว (Crack)

ฉ. หลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Lack of Fusion)

ช. หลอมลึกไม่สมบูรณ์ (Incomplete Penetration)

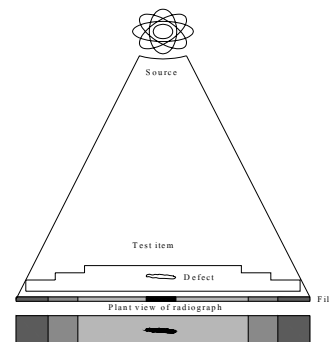
ซ. รอยเกย (Overlap)

3.3 ชุดฟิล์มถ่ายภาพรังสีชิ้นงานตามข้อที่ 3.1 และข้อที่ 3.2

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมเอกสารข้อมูล

การทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยภาพถ่ายรังสี โดยการฉายรังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา ที่มีความสามารถทะลุผ่าน ชิ้นทดสอบที่มีความหนา หรือความหนาแน่นสูง โดยใช้ฟิล์มบันทึกภาพ เพื่อนำมาวิเคราะห์และตัดสินผล ทำให้สามารถมองเห็นลักษณะบกพร่องที่เกิดขึ้นภายในชิ้นงานได้



รูปที่ 1 ลักษณะการถ่ายภาพรังสี

การวิเคราะห์ผลการตรวจสอบจากฟิล์มถ่ายภาพรังสีที่ดี ควรมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ความคมชัดสูง (Sharpness Definition)
2. ความกระจ่างสูง (High Contrast)
3. ระดับความดำพอเหมาะ (Adequate Density)
4. ความบิดเบือนน้อยที่สุด (Minimum Distortion)

ลักษณะภาพที่ปรากฏบนฟิล์ม

ภาพที่ปรากฏบนฟิล์มภาพถ่ายรังสี แบ่งออกได้เป็น 3 สีได้แก่ สีดำ สีเทา และสีขาว โดยอาศัยหลักเกณฑ์จาก ปริมาณรังสีที่กระทำลงบนแผ่น ฟิล์ม ซึ่งกำหนดจาก เงื่อนไข ดังนี้

1. ความหนาของชิ้นงาน โดยชิ้นงานที่หนากว่าจะดูคลืนรังสีไว้ได้มากกว่า ภาพบนแผ่นฟิล์มจึงปรากฏเป็นสีเทาลงถึงสีขาวใสของแกนพลาสติก

2. ความหนาแน่นของชิ้นงาน โดยชิ้นงาน ที่มีความหนาแน่นมากพลังงานรังสีที่สูญเสียภายในชิ้นงานมากกว่า ภาพบนแผ่นฟิล์มจึงปรากฏเป็นสีเทาลงถึงสีขาวใสของแกนพลาสติก

4.2 การจัดสร้างขั้นตอนทดสอบตามเงื่อนไขกำหนด

4.2.1 การเลือกวัสดุ

วัสดุชิ้นงานที่เลือกใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่

ก. แผ่นเหล็กกล้า ขนาด 6x25x100 มิลลิเมตร สำหรับการเชื่อมขั้นตอนทดสอบและความหนา 12 และ 15 มิลลิเมตร สำหรับสร้างขั้นตอนทดสอบสำหรับศึกษาการวิเคราะห์ ภาพถ่ายรังสี ตามหลักการพื้นฐาน

ข. เหล็กกล้าไร้สนิม SS 304 ขนาด 6x25x100 มิลลิเมตร

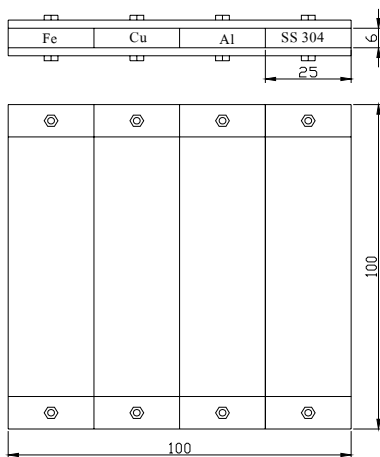
ค. อลูมิเนียม ขนาด 6 x25x100 มิลลิเมตร

ง. ทองแดง ขนาด 6x25x100 มิลลิเมตร

4.2.2 การเตรียมงานและดำเนินการสร้างขั้นตอนทดสอบ

ก. ขั้นตอนทดสอบสำหรับศึกษา การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสี ตามหลักการพื้นฐาน ประกอบด้วย

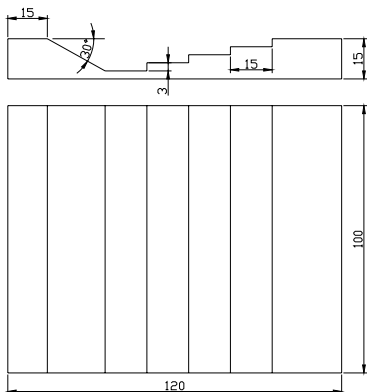
1. ขั้นตอนทดสอบเปรียบเทียบความดำ (กรณีความหนาแน่นแตกต่าง)



รูปที่ 2 ขั้นตอนทดสอบเปรียบเทียบความดำ:กรณีความหนาแน่นแตกต่าง

ขั้นตอนทดสอบเปรียบเทียบความดำ (กรณีความหนาแน่นแตกต่าง) เป็นการนำโลหะต่างชนิดมาเรียงต่อกัน ซึ่งโลหะที่ใช้ประกอบด้วย เหล็กกล้า อลูมิเนียม ทองแดง และ เหล็กกล้าไร้สนิม โดยมีเหล็กประกบยึดทั้งสองด้านของขั้นตอนทดสอบ ตัวอย่างดังรูปที่ 2

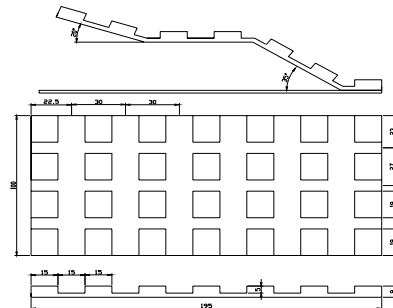
2. ขั้นตอนทดสอบเปรียบเทียบความดำ (กรณีความหนาแน่น - ต่าง)



รูปที่ 3 ขั้นตอนทดสอบเปรียบเทียบความดำ (กรณีความหนาแน่นแตกต่าง)

ขั้นตอนทดสอบเปรียบเทียบความดำ (ความหนาแน่นแตกต่าง) สร้างขึ้นจาก เหล็กแผ่น ความหนา 15 มิลลิเมตร โดยขึ้นรูปเป็นชั้นบันได (ความหนาแตกต่าง) 5 ระดับ และพื้นผิวเอียงมุม 30 องศา

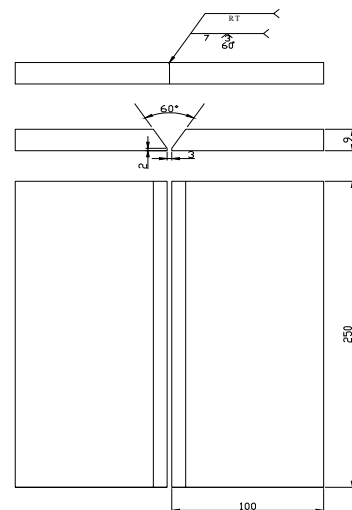
3. ขั้นตอนทดสอบแสดงการบิดเบือนของภาพถ่ายรังสี



รูปที่ 4 ขั้นตอนทดสอบแสดงการบิดเบือนของภาพถ่ายรังสี

ขั้นตอนทดสอบแสดงการบิดเบือนของภาพถ่ายรังสี ทำขึ้นจากเหล็กแผ่นขนาด 9x100x195 มิลลิเมตร และจัดทำเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมที่มีความลึกแตกต่างกัน จากนั้นพับให้เกิดความสูงต่างระดับ

ข. ขั้นตอนทดสอบงานเชื่อมที่ปรากฏข้อบกพร่องและ ไม่ปรากฏข้อบกพร่อง



รูปที่ 5 การเตรียมขั้นตอนทดสอบก่อนการเชื่อม

การเตรียมงานสำหรับการเชื่อมเหมือนกันทุกแบบงานดังรูปที่ 5

ค. ขั้นตอนการเชื่อม

1. ขั้นตอนทดสอบงานเชื่อม ที่ไม่ปรากฏข้อบกพร่อง (Non Defect)

ขั้นตอนทดสอบที่ไม่ปรากฏข้อบกพร่อง ใช้กรรมวิธีการเชื่อมอาร์คโลหะแก๊สปกคลุม (GMAW) ซึ่งเป็นกรรมวิธีการเชื่อม ที่สามารถควบคุมความสมบูรณ์ของแนวเชื่อมได้ดีที่สุด ดังรูปที่ 6

2. ขั้นตอนทดสอบงานเชื่อมที่ปรากฏลักษณะบกพร่องที่สำคัญ

2.1 รูพรุน (Porosity)

2.2 สารมลทินฝังใน (Inclusion)

2.3 รอยแห้วขอบแนวเชื่อม (Undercut)

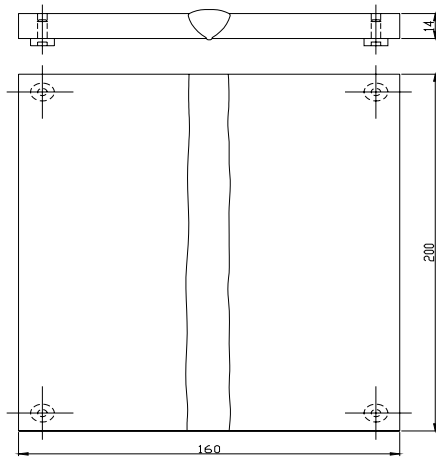
2.4 โลหะเชื่อมไม่เต็มแนว (Under fill)

2.5 รอยร้าว (Crack)

2.6 หลอมละลายไม่สมบูรณ์ (Lack of Fusion)

2.7 หลอมลึกไม่สมบูรณ์ (Incomplete Penetration)

2.8 รอยเกย (Overlap)



รูปที่ 6 ขั้นตอนการเตรียมขั้นตอนก่อนการถ่ายภาพรังสี

ง. ขั้นตอนการเตรียมขั้นตอนก่อนการถ่ายภาพรังสี

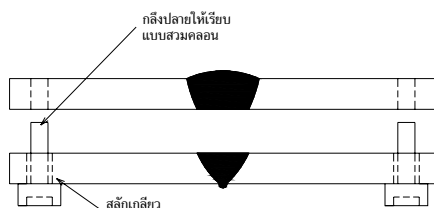
การเตรียมขั้นตอนก่อนการถ่ายภาพรังสี สำหรับศึกษาการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสี ตามหลักการพื้นฐาน ให้ใช้การตกแต่งชั้นรูปด้วยเครื่องจักร ดังรูปที่ 2 - 4 ส่วนขั้นตอนทดสอบเชื่อม ที่มีข้อบกพร่องบนผิวหน้าขั้นตอนทดสอบ โดยตกแต่งขนาดสำเร็จด้วยเครื่องจักร ให้ได้ขนาดเท่ากับขั้นตอนทดสอบในรูปที่ 6

ซึ่งขั้นตอนที่มีลักษณะบกพร่องภายในแนวเชื่อม โดยไม่สามารถมองเห็นบนผิวหน้าผิวหน้า ต้องนำชิ้นขั้นตอนมาผ่าตรงกลางเพื่อให้เห็นว่า ขั้นตอนนั้นเกิดข้อบกพร่องจริง และสามารถเปิดเผยให้เห็นลักษณะภายในได้ ซึ่งเป็นหัวใจหลักของการจัดทำการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ตกแต่งดังรูปที่ 7

ขั้นตอนทดสอบเชื่อม ที่มีข้อบกพร่องสามารถมองเห็นได้บนผิวหน้า ให้ใช้เหล็กแผ่นที่มีความหนา 9 มิลลิเมตรเพียงแผ่นเดียวในการสร้างขั้นตอน เพื่อการเตรียมงานก่อนการถ่ายภาพรังสีกระทำได้ง่ายยิ่งขึ้น และลดเวลาการเตรียมงาน พร้อมจัดทำขาตั้งของชิ้นงานเพื่อไม่ให้กดทับแผ่นฟิล์มขณะถ่ายภาพรังสี

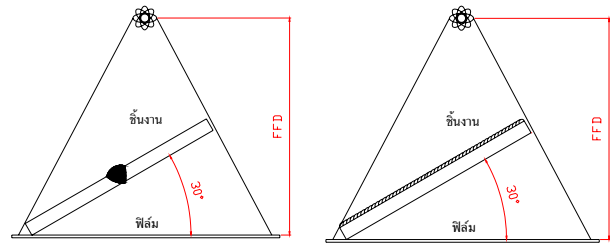
จ. ขั้นตอนการถ่ายภาพรังสี

การถ่ายภาพรังสีเชื่อม สำหรับศึกษาการวิเคราะห์ความหมายของภาพถ่ายรังสีตามหลักการพื้นฐานจัดทำ 2 ลักษณะ คือ

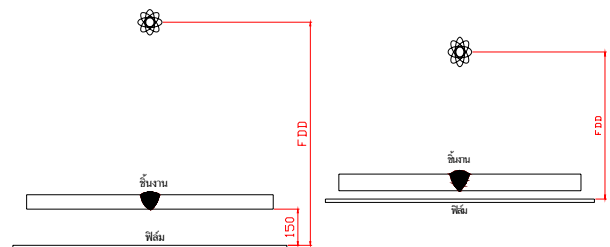


รูปที่ 7 การตกแต่งขั้นตอนทดสอบหลังการเชื่อม

1. การถ่ายภาพรังสีเพื่อวิเคราะห์ภาพถ่ายเบื้องต้นเชิงฟิล์ม เป็น การศึกษาองค์ประกอบพื้นฐานการถ่ายภาพรังสีทั่วไป โดยถ่ายภาพรังสีขั้นตอนทดสอบเดียวกัน 5 ลักษณะ ดังรูปที่ 8

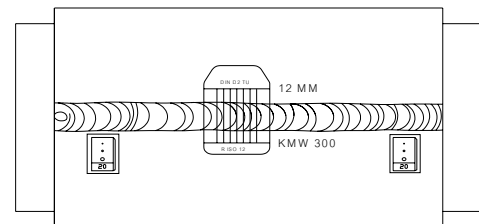


1. ขั้นตอนทดสอบงานเชื่อมเอียงแนวขวาง 2. ขั้นตอนทดสอบงานเชื่อมเอียงแนวยาว



3. ขั้นตอนทดสอบและฟิล์มห่างกัน 4. แหล่งกำเนิดรังสีใกล้ชิ้น

ทดสอบ



5. วัดคุณภาพฟิล์มจากเพนนิเตอริเตอร์

รูปที่ 8 การถ่ายภาพรังสีเพื่อวิเคราะห์เบื้องต้นในเชิงฟิล์ม

2. การถ่ายภาพรังสีขั้นตอนทดสอบ เพื่อแสดงความคมชัดมากที่สุด เป็นการถ่ายภาพรังสีขั้นตอนทดสอบชิ้นอื่น ๆ ที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ นอกจากที่กล่าวมาในข้อ 1 ตามเงื่อนไขดังนี้

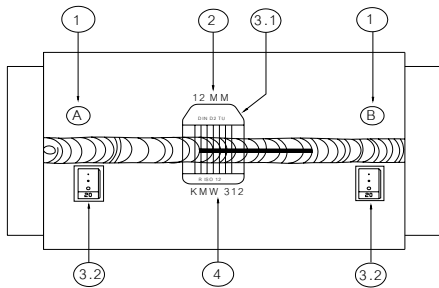
2.1 ขั้นตอนทดสอบกับฟิล์มวางตำแหน่งใกล้กันมากที่สุด

2.2 ระยะห่างของแหล่งกำเนิดรังสีกับขั้นตอนทดสอบ ตามพิกัดข้อกำหนดของผู้ผลิตเครื่องกำเนิดรังสี

2.3 การเลือกใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหมาะสม ตามขนาดความหนาของขั้นตอนทดสอบ

2.4 กรณีอื่นๆ ที่ทำให้ขั้นตอนทดสอบเกิดความคมชัด

ขั้นตอนทดสอบที่ทำการถ่ายภาพรังสีต้องมีสัญลักษณ์ประกอบเพื่อแสดงข้อมูลจำเพาะให้ปรากฏในแผ่นฟิล์ม ลักษณะการวางตำแหน่งสัญลักษณ์ประกอบ ในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ตำแหน่งการแสดงผลข้อมูลจำเพาะบนชั้นทดสอบ

จ. ขั้นตอนการบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ผล

การบันทึกข้อมูลที่สำคัญในการถ่ายภาพรังสี เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผล จัดทำในแบบฟอร์ม ดังรูปที่ 10

ฉ. จัดทำชุดปฏิบัติการศึกษา

เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ในการใช้สื่อการสอน เรื่อง การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีในงานเชื่อม สำหรับวิชาการทดสอบงานเชื่อม ด้วยภาพถ่ายรังสี จึงสร้างชุดปฏิบัติการศึกษาที่แบ่งออกเป็น 3 ชุด ประกอบด้วย

1. กรรมวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสี
2. การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสีในเชิงฟิลิกส์
3. การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสี ในเชิงความสัมพันธ์ กับ ข้อบกพร่อง ในงานเชื่อม

บันทึกข้อมูลการถ่ายภาพรังสี	
โครงการ.....	ผู้รับผิดชอบ.....
ชิ้นงานหมายเลข.....	คู่มือปฏิบัติงานหมายเลข.....
ความหนา.....	หัวข้อที่.....
วัสดุชิ้นงาน.....	รอยต่อหมายเลข.....
กระบวนการเชื่อม.....	ปฏิบัติการตรวจสอบหมายเลข.....
เครื่องมือ.....	พลังงาน.....Kvp.....mA
Gamma-ray...(Ir-192, Co-60)	ปริมาณรังสี..... Ci
FFD/SFD.....	ระยะเวลาฉายรังสี.....นาที่
ฟิล์ม....(แบบเดี่ยว,แบบคู่) ความหนา (F).....ความหนา (B).....	
ฉากประเภท.....	วันที่ปฏิบัติการตรวจสอบ.....
อุณหภูมิการล้างฟิล์ม.....:C	กรรมวิธีล้างฟิล์ม.....(ด้วยมือ,อัตโนมัติ)
ภาพสเกตช์	
.....	

ผลลัพธ์การวิเคราะห์.....	ยอมรับการใช้งาน/ ปฏิเสธการใช้งาน.....
ผู้ตรวจสอบ.....	ระดับ.....ผู้สังเกตการณ์.....
ผู้ตัดสินผล.....	ระดับ.....ผู้ตรวจทาน.....
ผู้พิสูจน์ผล	ระดับ.....
วันที่.....	วันที่.....

รูปที่ 10 ตัวอย่างแบบฟอร์มบันทึกข้อมูลการถ่ายภาพรังสี

5. สรุปผลการวิจัย

สื่อการสอนและชุดปฏิบัติการศึกษา เรื่อง การปฏิบัติการตรวจสอบงานเชื่อมการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสี ดำเนินการตามความคิดเห็นของ ดร. ศิวะ พงษ์พิพัฒน์ ผู้เชี่ยวชาญ ที่มีประสบการณ์สูง ด้านการถ่ายภาพรังสีในงานอุตสาหกรรม จนเป็นที่ยอมรับในวงการของการและผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความเห็นสอดคล้องกันว่า ชุดสื่อการสอนที่ประกอบด้วย ชั้นทดสอบทั้งหมดที่สร้างขึ้นในโครงการนี้ และผลภาพถ่ายรังสี สามารถตอบสนององค์ประกอบการเรียนรู้ในการวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะชิ้นงานเชื่อมสามารถเปิดเผย ข้อบกพร่องที่ตรวจพบ ในภาพถ่ายรังสีให้ปรากฏ เพื่อพิสูจน์ความถูกต้องในการวิเคราะห์ผลภาพถ่ายรังสี รวมถึงเงื่อนไขที่ควรตระหนักก่อนดำเนินการทดสอบ

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 ควรมีการปรับปรุงชุดปฏิบัติการศึกษาที่สร้างขึ้น ตามข้อบกพร่องต่างๆที่พบจากการปฏิบัติการศึกษา และจากความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำไปทดลองใช้ใหม่ เพื่อให้ชุดปฏิบัติการศึกษาสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6.2 ประสิทธิภาพการศึกษาจากชุดปฏิบัติการศึกษา มีค่าสูงหรือต่ำไม่ได้ขึ้นอยู่กับชุดปฏิบัติการศึกษาเพียงอย่างเดียว แต่มีตัวแปรอื่นร่วมด้วย เช่น การวิเคราะห์ของผู้ศึกษา ความเข้าใจในเนื้อหาเกี่ยวกับการปฏิบัติการตรวจสอบการวิเคราะห์งานเชื่อมด้วยภาพถ่ายรังสี เป็นต้น

6.3 เมื่อต้องการสร้างชั้นทดสอบเพื่อเป็นตัวอย่างชิ้นงาน ดังเช่นการสร้างชั้นทดสอบแบบต่าง ๆ ในโครงการนี้ ถ้าต้องการความชัดเจนของฟิล์มหลังจากถ่ายภาพรังสีออกมาแล้ว ควรเลือกใช้กรรมวิธีการถ่ายภาพรังสีด้วยรังสีเอกซ์ เพราะความคมชัดเป็นตัวแปรที่สำคัญต่อการอ่าน และตัดสินผล ว่าเป็นลักษณะบกพร่องแบบใด ความไม่คมชัดเนื่องจากคุณภาพของรังสีอาจปิดบังลักษณะบกพร่องบางชนิดได้ เช่น รอยร้าวขนาดเล็กๆ

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยการสนับสนุน การช่วยเหลือและความร่วมมือจากบุคคลและหน่วยงาน ที่ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ เป็นอย่างสูง โดยเริ่มจากวิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่ให้ทุนสนับสนุนตรวจสอบ นอกจากนี้ยังได้รับความเห็นและคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย น.ท.เรจศักดิ์ สุนทรสาร คุณวิรัช ศรีเพชรดี คุณรัชฎา ผ่องแผ้ว คุณนพเก้า ศรีสุวรรณท์

ตลอดจน อาจารย์ชันติพล วัชรานาด และ คุณภริตน์ หมอนสุภาพ ที่เป็นอาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทความรู้และให้คำปรึกษา อย่างดีมาโดยตลอด

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชันติพล วัชรานาด และคณะ, การตรวจสอบงานเชื่อม. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัดเอช-เอนการพิมพ์ 2535.
- [2] สุธาทิพย์ ศิริไพศาลพัฒน์. เคมีทั่วไป 2. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ โอ.เอส. พรินติ้ง เฮาส์ 2541.
- [3] ณสรณ์ ผลโคก. ฟิสิกส์แผนใหม่ 6. พิมพ์ครั้งที่ 6 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ Science center 2530.
- [4] บุญมาก เจริญศรี. ฟิสิกส์ ว 026 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เล่ม 6. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ประสานมิตร 2532.
- [5] ASME.: Boiler and Pressure Vessels Code : Section V : Nondestructive Examination : The American Society of Mechanical Engineers : New York : 2002
- [6] ASME.: Boiler and Pressure Vessels Code : Section IX : Welding and Brazing Qualificatio : The American Society of Mechanical Engineers : New York : 2002
- [7] AWS : AWS . D 1.1 Stuctural Welding Code : Steel : American Welding Society : Miami , Florida : 2000
- [8] IIW. IIS/IIW-340-85 : Classification of Defects in Metallic Fusion Welds with Explanations : International Institute of Welding . : Miami , Florida : 1985
- [9] IIW. IIS/IIW : Radiographs of Welds : International