การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตเหล็กข้ออ้อย ด้วยกระบวนการรีดร้อน

Study of Problems Steel Deformed Bars Cracks

กีรติ ทวีชัย[1] จักรพรรณ มณีแก้ว[1] สำเริง เนตรภู่[1] ชานนท์ มูลวรรณ[1*]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
Keerati Tarveechai [1] Jakkaphan Maneekaew [1] Samroeng Netpu[1] Charnont Moolwan[1]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasembundit University
*E-mail: t.keeratioff@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษาปัญหาการเกิดรอยแตกของเหล็กข้ออ้อยที่ผ่านการรีดร้อนมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาสาเหตุรอยแตกของเหล็กข้ออ้อย เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำอีก การแตกหักที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้งได้เสียบิลเลต 4,220 กิโลกรัม สูญเสียเวลาในการตัดเหล็กเสีย และปรับตั้งเครื่องรีดใหม่ 2 ชั่วโมง ต่อครั้ง ไม่สามารถส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ทันตามกำหนดที่วางแผนไว้ ขั้นตอนการวิจัยได้ตัดเหล็กเส้นข้ออ้อยที่มีรอยแตกร้าวที่อยู่บนแผงพักเย็น มาตรวจสอบสมบัติทางกลด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (100 ton UTM) วิเคราะห์ส่วนผสมเคมีด้วย Optical Emission Spectroscopy (OES) การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสง พร้อมทั้งใช้เทคนิคEnergy Dispersive Spectroscopy (EDS) หาสิ่งเจือบนในเนื้อเหล็กข้ออ้อย ผลการทดสอบ ค่าความแข็งแรงที่จุดคราก 578 MPa ความแข็งแรงสุงสุด 650 MPa และอัตราการยืด 11.40 % สูงกว่ามาตรฐาน มอก 24-2548 ส่วนผสมทางเคมีโดยน้ำหนักประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน 0.143 % แมงกานีส 0.338 % ฟอสฟอรัส 0.039 % กำมะถัน 0.026% และ ซิลิคอน 0.151% โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอบ ๆ ขอบเป็นเทมเปอร์มาร์เทนไซด์ (Tempered Martensite) และบริเวณแกนกลางเป็นเพิร์ลไลต์(Pearlite) เฟอร์ไรท์ (Ferrite) ซึ่งเป็นลักษณะของโครงสร้างจุลภาคของเหล็กข้ออ้อย ที่ผ่านกระบวนการชุบแข็งผิว (Temp-Core) จากการตรวจสอบส่วนผสมเนื้อเหล็กที่รอยแตก พบว่ามีส่วนผสมของซิลิคอนซัลไฟด์ (Silicon Sulfide) เจือปนสูงสุดเท่ากับ 20.22% ซึ่งเป็นสาเหตุของการแตกหัก

คำหลัก : กระบวนการรีดร้อน เหล็กข้ออ้อย เหล็กแตก ซิลิคอนซัลไฟด์

Abstract

The study of fractures in Deformed Bar's joint from hot rolling objective is to find the cause of the fractures in Deformed Bar's joint in order to avoid the recursion. Each particular fractures that occur cause the losing of Billet 4,220 kg and wasting time to cut the overhead metal and adjust the rolling machine 2 hours each time. This situation can lead to late delivery to client from the designed plan. The methodology of this research was started from cutting the Deformed Bar on the cool rested

sheet and then investigating the mechanical properties by using Universal Testing Machine (100 ton UTM) and chemical structure by using Optical Emission Spectroscopy (OES). The particle structure will be investigated by using ling microscope with Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) technique to find any diluted substance in the deformed bar. The result show that the strength at the Clark's point is 578 MPa. The most strength is 650 MPa and flexible rete is 11.40% which is higher TISI 24-2548 standards. For the chemical structure by weight are including Carbon 0.143%, Manganese 0.338%, Phosphorus 0.039%, Sulphur 0.026%, and Silicon 0.151%. The particle structure around the margin is Tempered Martensite and the core is Pearlite and Ferrite which is the particle property of deformed bar from Temp-core. From the investigation of the component of metal at the fractures, it found that there is Silicon Sulfide as the highest diluted substance about 20.22% which is the cause of fractures.
Keyword: Hot rolling, deformed bar, fractures, Silicon sulfide.

1. บทนำ

เหล็กข้ออ้อยที่มีชั้นคุณภาพ SD-30, SD-40 และ SD-50 ขนาดความยาว 10-12 เมตร เหมาะสำหรับใช้ในงานก่อสร้าง เสริมคอนกรีตที่ต้องการโครงสร้างแข็งแรง เช่น อาคารสูง คอนโดมิเนียม สะพาน ถนนตอนกรีต เขื่อน สนามบิน อุปกรณ์การเกษตร และอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ การผลิตเหล็กข้ออ้อยโดยผ่านกรรมวิธีทางความร้อน Heat treatment rebar หรือ Temp cored rebar มีขั้นตอนทางความร้อนโดยการรีดร้อน และทำให้เหล็กเส้นเย็นตัวโดยการฉีดสเปรย์น้ำ โดยการทำให้ผิวของเหล็กด้านนอกเย็นตัวเร็วกว่าอากาศปกติ จะทำให้เกิดโครงสร้างบริเวณขอบด้านนอกของเหล็ก ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฟสที่มีความแข็งแรงสูง ในขณะที่โครงสร้างบริเวณภายในของเหล็กเส้นยังคงมีความร้อนอยู่ และยังไม่เกิดการเปลี่ยนเฟส และบริเวณแกนกลางของเหล็กจะเริ่มเย็นตัวลงในบรรยากาศและแผ่กระจายความร้อนจากด้านในออกมาบริเวณผิวนอกของเหล็กข้ออ้อย ด้วยความร้อนดังกล่าวจะทำให้เกิดกระบวนการอบคลายความเครียดของโครงสร้างบริเวณของเหล็กที่มีความแข็งแรง ในขณะที่โครงสร้างบริเวณแกนกลางของเหล็กเส้นเย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้อง เหล็กข้ออ้อยจึงมีคุณสมบัติที่ผิวด้านนอกแข็งแรง และแกนกลางด้านในเหนียว

ปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตเหล็กข้ออ้อยจากกระบวนการรีดร้อนศึกษาการผลิตเหล็กข้ออ้อย การขึ้นรูป และศึกษารอยแตกที่เกิดจากกระบวนการรีดร้อน โดยวัสดุที่เกิดรอยแตกหักเกิดขึ้นเมื่อการกระทำของแรงทางกลมีค่าสูงกว่าค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดของวัสดุ ทำให้วัสดุมีรอยแตกหรือแตกหักออกจากกันเป็นสองชิ้น โดยปรากฏให้เห็นการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวร ปัจจัยที่จะแสดงตัวเป็นจุดเริ่มต้นการเกิดรอยร้าวและนำไปสู่การแตกแบบเปราะได้แก่ลักษณะเฉพาะของวัสดุและจุดบกพร่อง เช่น ร่องหลุม ช่องว่างขนาดเล็ก สิ่งเจือปน รอยร้าว และความเค้นตกค้าง

จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นทางคณะดำเนินโครงการได้สนใจศึกษาการเกิดรอยแตกของเหล็กข้ออ้อยจากกระบวนการรีดร้อน และแนวทางแก้ไขปัญหาดังกล่าว เพื่อลดอัตราการเกิดของเสียในโรงงานรีดเหล็กให้ได้น้อยที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) เหล็กข้ออ้อย

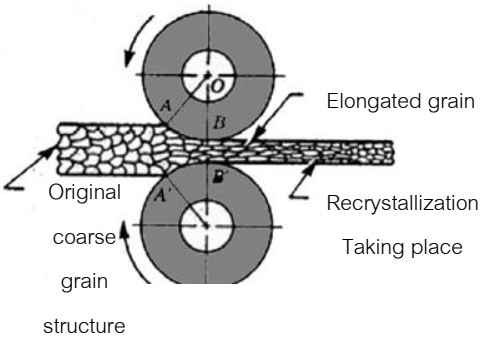
เหล็กเส้นที่มีพื้นที่ภาคตัดขวางเป็นรูปกลม มีบั้ง และอาจมีครีบ ที่ผิว เพื่อเสริมกำลังยึดระหว่างเหล็กเส้นกับเนื้อคอนกรีต เหล็กข้ออ้อยตามมาตรฐาน มอก. 24-2527 ทำจากเหล็กชนิดเดียวกัน และด้วยกรรมวิธีเดียวกันกับเหล็กเส้นกลม มีขนาด 10, 12, 16, 20, 22, 25, 28 และ 32 มิลลิเมตร ความยาว 10 หรือ 12 เมตร มี 3 ชั้นคุณภาพ ใช้สัญลักษณ์ SD 30, SD 40 และ SD 50 ชื่อขนาดใช้สัญลักษณ์ DB แล้วตามด้วยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเหล็กเส้นนั้นๆ เหล็กทุกเส้นจะมีชื่อเรียกหรือเครื่องหมายการค้าของผู้ผลิตและชื่อขนาด หล่อเป็นตัวนูนติดกับผิวเหล็กเช่นเดียวกับเหล็กเส้นกลม และเหล็กรีดซ้ำ เหล็กเส้นชนิดนี้เนื่องจากให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กกับเนื้อคอนกรีตได้ดีกว่า

การใช้งานนั้นจะเน้นไปส่วนของงานคอนกรีตมากกว่างานเหล็ก เหมาะสำหรับใช้เป็นตัวเสาหรือตัวคานเพราะมีการรับน้ำหนักและแรงเสียดทานได้ดี เหมาะสำหรับใช้งานก่อสร้างเสริมคอนกรีตที่ต้องการโครงสร้างที่แข็งแรงเช่น อาคารสูง คอนโดมิเนียม ถนนคอนกรีต สะพาน เขื่อน สนามบิน ฯลฯ โดยทั่วไปแล้วจะถูกเรียกว่า DB ซึ่งเป็นตัวย่อในการใช้งาน เกรดของเหล็กข้ออ้อยนั้นจะใช้ SD 30, SD40,และ SD 50 กันซึ่งเป็นที่นิยมในประเทศไทยและแทบอุตสาหกรรมตะวันออก โดยทั้ง 3เกรดนี้ แตกต่างกันในเรื่องของคุณภาพ strength ความยืดหยุ่นและคงทนทางเคมี อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันนี้หลายๆโรงงานได้ยกเลิกการผลิต SD30 ออกเหลือเพียง SD4

2) การผลิตเหล็กข้ออ้อยโดยการรีดความร้อน

การรีดร้อน เป็นการรีดที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิการจัดเรียงผลึกใหม่ แล้วนำไปผ่านลูกรีดเพื่อลดขนาดพื้นที่หน้าตัดลง การรีดก่อนที่จะได้ชิ้นงานสำเร็จต้องมีการทำให้ได้ขนาดชิ้นงานที่เหมาะสม กับการนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ต่อไป เราเรียกว่าโลหะกึ่งสำเร็จรูป ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ Bloom เป็นแท่งโลหะรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดพื้นที่หน้าตัดอย่างน้อย 150 x 150 mm. , Billet เป็นแท่งโลหะที่เล็กกว่า Bloom มีขนาดพื้นที่หน้าตัดตั้งแต่ 40 x 40 mm. และ Slab มีพื้นที่หน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดความกว้างต่ำสุด 10 นิ้ว หนา 1 ½ นิ้ว เกรนของเหล็กจะเปลี่ยนรูปร่าง โดยเกรนของโลหะปกติจะมีเม็ดโต และมันจะถูกบีบตัวจนลีบ ในขณะผ่านการกดของลูกกลิ้ง และมันจะเปลี่ยนเม็ดเกรนใหม่ทันที หลังจากผ่านการรีดไปแล้วเพราะว่ามันยังร้อน [1]

00



(รูปที่1 การการผลิตเหล็กข้ออ้อยจากการรีดร้อน)

3) วิธีดำเนินการวิจัย

- ตรวจสอบรอยแตกเหล็กข้ออ้อยจากการรีด
- ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของรอยแตกด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง
- ตรวจสอบสมบัติทางกลด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (100 ton UTM)
- ตรวจสอบรอบร้าวของเหล็กข้ออ้อยจากกระบวรการรีดร้อน

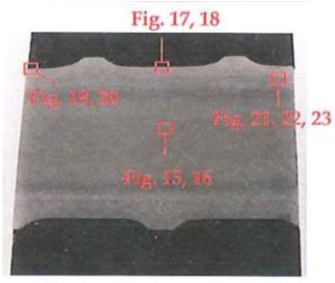
- ตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กข้ออ้อยด้วย สเปกโตรมิเตอร์

4) ผลการทดสอบและอภิปราย

4.1) ผลตรวจสอบรอยร้าวของเหล็กข้ออ้อยจากกระบวนการรีดร้อน

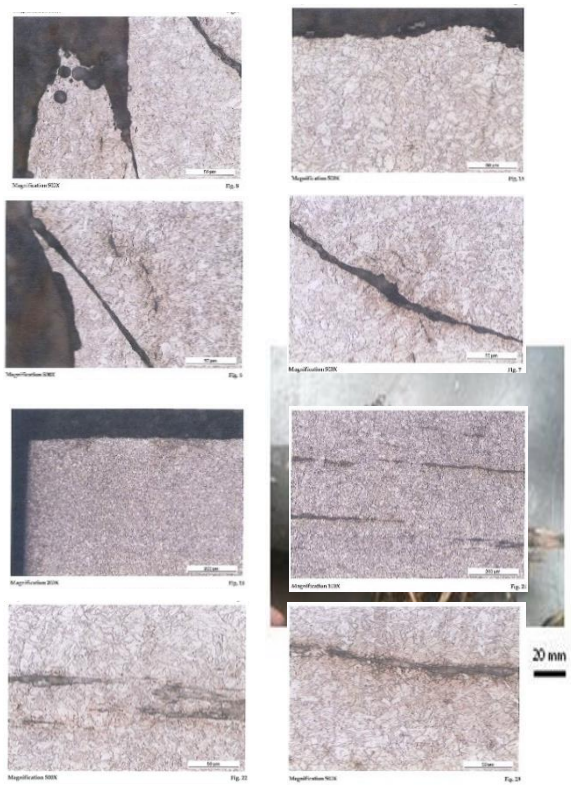
(รูปที่2 เหล็กข้ออ้อยที่เกิดรอยแตกราว บริเวณพื้นผิวของเหล็กข้ออ้อยที่เกิดความเสียหายจะมีสีน้ำตาลแดง)

4.2) ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของรอยแตก



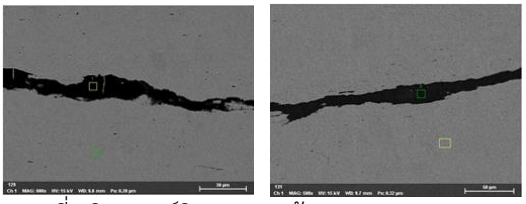
(รูปที่3 เหล็กข้ออ้อยตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง)

โครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยเฟส เฟอร์ไรท์ และเพิร์ลไลต์



(รูปที่4 ตรวจสอบผิวรอยแตกด้วย SEM และ EDS)

SEM micrographs บริเวณพื้นผิวที่มีการสึกกร่อน ทำการวิเคราะห์ทางเคมีเชิงปริมาณ สเปกตรัม SEM และ EDS แสดงถึงจุดของออกซิเจนขณะทำการวิเคราะห์ บ่งชี้ว่ามีธาตุอยู่เป็นจำนวนมาก ปริมาณธาตุที่สูงเป็นผลมาจากเหล็กออกไซด์ที่เกิดขึ้นบนพื้นผิวโลหะ Na, Cl, Ca และ Si แสดงถึง NaCl, Sand, $CaCO_3$ ในสภาพแวดล้อมโดยรอบของโครงสร้าง



(รูปที่5 วิเคราะห์ผิวรอยแตกด้วย SEM และ EDS)

4.3) ตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของเหล็กข้ออ้อยด้วยสเปกโตรมิเตอร์

การวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุที่เสียหายได้ใช้สเปกโตรมิเตอร์เพื่อหาองค์ประกอบหลัก พบว่าวัสดุของเหล็กที่เกิดรอบแตกร้าวมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ โดยการเปรียบเทียบส่วนประกอบนี้มีการรับรองและตัวอย่างองค์ประกอบที่อยู่ใกล้กับเหล็กกล้าคาร์บอน 3SP [2]

4.4) ตรวจสอบแรงดึง ด้วยเครื่อง UTM

นำเหล็กเส้นข้ออ้อยที่มีรอยแตกร้าว มาตรวจสอบสมบัติทางกลด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (100 ton UTM) วิเคราะห์ส่วนผสมเคมีด้วย Optical Emission Spectroscopy (OES) การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสง พร้อมทั้งใช้เทคนิค Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) หาสิ่งเจือบนในเนื้อเหล็กข้ออ้อย ผลการทดสอบ ค่าความแข็งแรงที่จุดคราก 578 MPa ความแข็งแรงสูงสุด 650 MPa และอัตราการยืด 11.40 % สูงกว่ามาตรฐาน มอก 24-2548 ส่วนผสมทางเคมีโดยน้ำหนักประกอบด้วย ธาตุคาร์บอน 0.143 % แมงกานีส 0.338 % ฟอสฟอรัส 0.039 % กำมะถัน 0.026% และ ซิลิคอน 0.151% [3]

5.) สรุป

การแสดงถึง SiO_2 ในโครงสร้างเหล็กถือเป็นสาเหตุหลักของความบกพร่องของพื้นผิว รอยแตกจะเริ่มจากภายในของวัสดุที่ อินเทอร์เฟสของ- เมทริกซ์ รอยแตกที่เกิดจากการรวมตัวกันในโครงสร้างจุลภาค

เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดการรวมตัวของออกไซด์ขอแนะนำให้ใช้วิธีการผลิตเหล็กที่ดีขึ้น ซึ่งรวมถึงการหลอมละลายของหรือการใช้เทคนิคการหลอมเหล็กขั้นสูง เช่นการหลอมเหนี่ยวนำสุญญากาศและการหมักด้วยเตาหลอมสุญญากาศ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อข้อบกพร่องในกระบวนการผลิตเหล็กข้ออ้อยจากกระบวนการรีดร้อนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความร่วมมือ และคำแนะนำจากบุคคลหลายฝ่ายขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สำเริง เนตรภู่ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชานนท์ มูลวรรณ ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งท่านได้ช่วยในการให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะในการศึกษากระบวนการผลิตของเหล็กข้ออ้อย การศึกษาโครงสร้างจุลภาคของเหล็กที่เกิดร้อยร้าว และสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

References

[1]https://sites.google.com/site/krrmwithikarphlitt/neuxha-sara/bth-thi-9-kar-khun-rup-rxn
[2]http://www.lpnpm.co.th/th/knowledge.php
[3]http://www.smkautomation.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=539723514