การปรับปรุงกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน

(Production Process Improvement of Hot Rolled Steel Plate)

ทินกร แก่นทอง[*] ปิยะวัฒน์ เปรมเหล็กกล้า[*]

จักรกฤษ สะการันต์[*] ภณวิสิฏฐ์ นาถรังสรรค์[*]

*สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา 1061 ถนนอิสรภาพ แขวงหิรัญรูจี เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600 กรุงเทพฯ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและวิเคราะห์กระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนรวมถึงเสนอแนะแนวทางปรับปรุงระบบการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนแห่งหนึ่ง มีพื้นที่ประมาณ 500 ไร่ เงินลงทุนประมาณ 50,000 ล้านบาทและมีพนักงานประมาณ 650 คนโดยได้ศึกษาปัจจัยภายนอกที่กระทบต่อการบริหารงานและการแข่งขัน พบว่ามีความจำเป็นต้องเพิ่มผลผลิตด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ผลการศึกษากระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนพบว่าวัตถุดิบคือเหล็กถลุงและเศษเหล็กถูกหลอมที่โรงหลอม จากนั้นนำไปหล่อเป็นแผ่นเหล็กหนาที่โรงหล่อ และรีดเป็นแผ่นบางที่โรงรีด โดยมีต้นทุนการผลิตประมาณ 10,000 บาทต่อตันของเหล็กแผ่นหนา และ 11,000 บาทต่อตันของเหล็กแผ่นบางรีดร้อน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าต้นทุนการผลิตสามารถลดลงได้ด้วยการปรับปรุงกระบวนการผลิตคือ ลดของเสีย ลดการสึกหรอของลูกรีด ลดค่าไฟฟ้า ลดการเกิดเวลาสูญเปล่า และปรับปรุงการซ่อมบำรุง พร้อมกันนี้แนวทางในการปรับปรุงการผลิตที่มีความเป็นไปได้ 6 แนวทางพร้อมกับข้อดีและข้อเสียได้ถูกเสนอแนะไว้คือ การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ผลิตลูกรีดให้มีความแข็งมากขึ้นเพื่อลดการสึกหรอของลูกรีด การติดตั้งระบบน้ำมันหล่อลื่นผิวลูกรีดเพื่อลดการสึกหรอ การติดตั้งระบบเพิ่มความเข้มข้นออกซิเจนในอากาศที่เตาอุโมงค์ การติดตั้งแท่นรีดเพิ่มขึ้นเพื่อลดภาระของแท่นรีดแต่ละแท่นลง การลดความเร็วในการหมุนลูกรีดลงในช่วงที่รอแผ่นเหล็กเข้าแท่นรีด การเปลี่ยนวัสดุป้องกันความร้อนในเตาอุโมงค์เพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อน

คำสำคัญ: การเพิ่มผลผลิต/ เหล็กแผ่นรีดร้อน / กระบวนการผลิต

Abstract

This research studied and analysed the production process of hot-rolled steel plate. Additionally it suggested approaches to improve production process to increase productivity in a hot rolled steel plate manufacturing plant. This plant possesses an area of 80 hectares and is operated with 650 employees approximately. Company's investment is approximately 50,000 million Baht. The results of studying external factors affecting the management and competitiveness shows that company needs to increase productivity through new technology and innovation. From the study of hot rolled steel plate production process, it is found that raw materials flux and scrap steel are initially melted in an electric arc furnace plant. Subsequently, melted steel is casted into thick continuous slab in a caster. Afterwards this slab is hot rolled into a thin steel plate in a hot rolling mill. Production cost is about 10,000 Baht per ton of steel slab and 11,000 Baht per ton of hot rolled steel plate. The result of analysis shows that the production cost can be reduced by improving the production process which are waste reduction, wear reduction of rollers, electricity cost reduction, wasted time reduction and maintenance improvement. Besides, six approaches to improve the production process and their advantages/ disadvantages are suggested. The approaches are usage of harder material for roller, installation a roller surface lubricant spraying system to reduce roller wear and tear, installation oxygen enrichment system at the tunnel furnace, installation additional roll mill to reduce workload of each roller mills, reduction of roller rotational speed during waiting an incoming slab and improvement of insulation in the tunnel furnace to reduce heat energy loss.

Keywords: Productivity improvement / Hot rolled steel plate/ Production process

บทนำ

เทคโนโลยีและนวัตกรรมด้านการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนได้ถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่องดังตัวอย่างเช่นเครื่องกัดร่องลูกรีดอัตโนมัติ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2555) ระบบติดตั้งลูกรีดอัตโนมัติ (Bavestrelli et al., 2012) การปรับปรุงเตาหลอม (Chen et al., 2008) ระบบฉีดน้ำมันเพื่อหล่อลื่นลูกรีด (Arnken et al., 2007; Peretic et al., 2004) การวิจัยหาจำนวนลูกรีดที่เหมาะสม (Smith, 2007) รวมถึงเทคโนโลยีและนวัตกรรมเพื่อปรับปรุงการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนอื่นๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้นในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา (Jitsukawa, 2003) ซึ่งโรงผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนในประเทศไทยยังมีความต้องการและความจำเป็นที่จะต้องศึกษาและ

ประยุกต์ใช้เทคนิคดังกล่าวเพื่อการแข่งขันในตลาดโลก (ทินกร และคณะ, 2556)

ดังนั้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของประเทศและอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษากระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งและเสนอแนะการปรับปรุงระบบการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิต

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาสภาพปัจจุบันของโรงงาน

1.1 ศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานสถานที่ตั้ง จำนวนพนักงาน ยอดขายต่อปี

1.2 ศึกษากระบวนการผลิตตั้งแต่วัตถุดิบ การแปรรูป ไปจนถึงการจัดส่ง

1.3 ศึกษาปัจจัยภายนอกที่กระทบต่อการบริหารงานและการแข่งขัน

2. วิเคราะห์ระบบการผลิตเดิม

2.1 วิเคราะห์ต้นทุนในการผลิต

2.2 วิเคราะห์ต้นทุนวัตถุดิบ

2.3 วิเคราะห์ต้นทุนค่าไฟฟ้า

2.4 วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาสาเหตุของต้นทุนการผลิตที่สูง

3. ศึกษาระบบการปรับปรุงการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนสมัยใหม่ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับระบบการผลิตเดิมจากข้อมูลที่เปิดเผยทั้งใน และต่างประเทศ เช่น

3.1เครื่องกัดลูกรีดอัตโนมัติ

3.2 เทคโนโลยีการปรับปรุงเตาหลอม

3.3 เทคโนโลยีระบบฉีดน้ำมันเพื่อหล่อลื่นลูกรีด

3.4 การเพิ่มจำนวนแท่นรีดให้มากขึ้นเพื่อลดภาระการทำงานของแต่ละแท่นรีด

4. วิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของระบบดังกล่าวที่สามารถนำมาปรับปรุงระบบการผลิตเดิม โดยมีประเด็นที่พิจารณาดังนี้

4.1 เงินลงทุนเริ่มแรก ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

4.2 ความเป็นไปได้ที่เมื่อติดตั้งระบบแล้วระบบจะใช้งานได้ตามที่คาดไว้

4.3 ระยะเวลาในการปรับปรุงระยะเวลาในการติดตั้งระยะเวลาที่ระบบการผลิตต้องหยุด

4.4 ความยาก/ง่ายในการติดตั้งความเป็นไปได้ในการติดตั้ง พื้นที่ในการติดตั้ง

4.5 ความยาก/ง่าย ในการดำเนินงาน และการดูแลรักษา

4.6 ผลตอบแทน และระยะเวลาคืนทุน เมื่อลงทุนติดตั้งระบบเพิ่มเติม

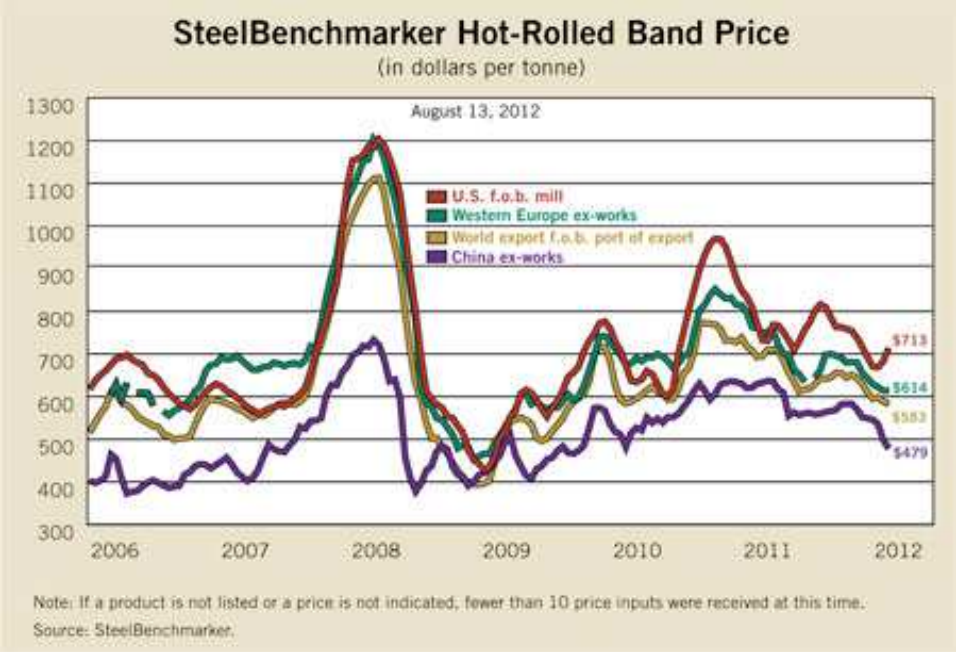
5. เสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงระบบการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนที่เป็นไปได้สำหรับโรงงานแห่งนี้

ผลการวิจัย

ผลการศึกษา สภาพปัจจุบันของโรงงาน

โรงงานที่ศึกษาเป็นบริษัทมหาชน มีพื้นที่ประมาณ 500 ไร่ เงินลงทุนประมาณ 50,000 ล้านบาท มีพนักงานประมาณ 650 คน ประกอบไปด้วยโรงงานย่อยคือ โรงหลอมเหล็กด้วยเตาหลอมไฟฟ้า โรงหล่อเหล็กแผ่นแบบหนา โรงรีดเหล็กแผ่นรีดร้อน โรงงานรีดเหล็กแผ่นที่ผิวเรียบแบบพิเศษโรงงานกัดกรดและเคลือบน้ำมันเหล็กแผ่นที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์และเครื่องใช้ไฟฟ้า โรงงานรีดเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีเพื่อกันสนิมในอุตสาหกรรมยานยนต์ และโรงงานผลิตเหล็กพรุน

ปัจจัยภายนอกที่กระทบต่อผลการบริหารงาน เช่น ราคาเหล็กตกต่ำ (ภาพที่ 1) สินค้าเหล็กที่ส่งออกได้น้อยลง ค่าแรงที่สูงขึ้น เป็นต้นทำให้ผลประกอบการของบริษัทตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ถึงปัจจุบันมีการขาดทุนอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันโรงงานใช้แผนการผลิตบางช่วงเวลาเพื่อลดต้นทุนการผลิตและมีความต้องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีใหม่เพื่อลดต้นทุนการผลิต



ภาพที่ 1 ราคาเหล็กแผ่นรีดร้อน (US ดอลลาร์ต่อตัน) ปี ค.ศ. 2006 – 2012

ที่มา: Prentice, 2012

ผลการศึกษาการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนในโรงรีดร้อน

การผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน (ภาพที่2) ใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 3.5 ชม. เริ่มจากหลอมวัตถุดิบคือเหล็กถลุงและเศษเหล็กในเตาหลอมไฟฟ้า(Electric Arc Furnace) จากนั้นส่งไปที่โรงหล่อ (Caster) หล่อเป็นเหล็กแผ่น (Slab) หนา 225 - 300 ม.ม. มีอุณหภูมิประมาณ 1,000 องศาเซลเซียส จึงส่งเข้าโรงรีดร้อน (Hot Rolling Mill) ทางเตาอุโมงค์ (Tunnel Furnace) เพื่อรีดเป็นเหล็กแผ่นรีดร้อน

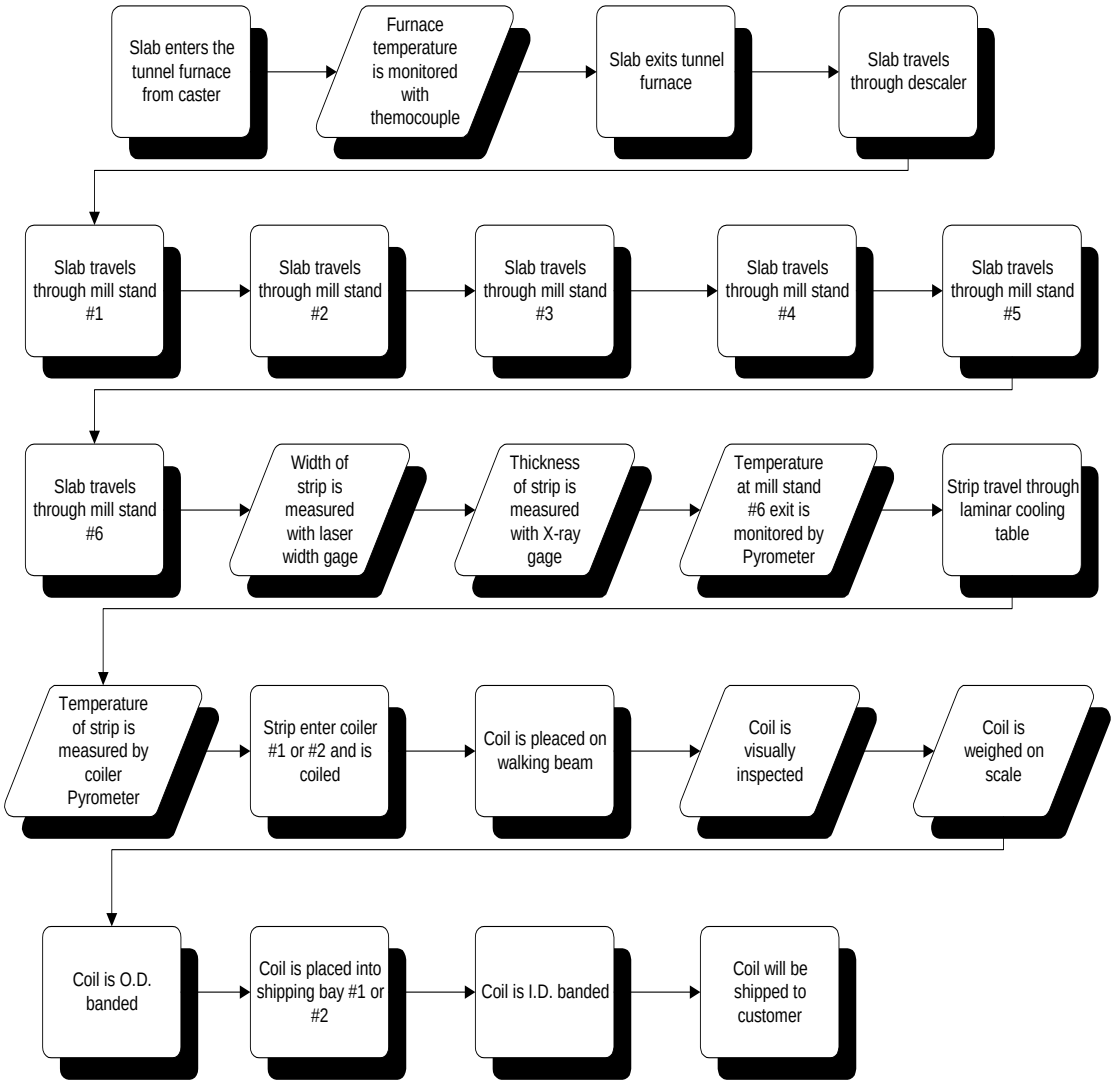
ภาพที่ 2 ม้วนเหล็กแผ่นรีดร้อนขณะที่เตรียมจัดส่งในคลังสินค้า

ที่มา: ภาพถ่ายโดย ทินกร แก่นทอง และคณะ, 2556

โรงงานผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนมีกำลังการผลิต 3 ล้านตันต่อปีกระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่อง (ภาพที่ 3) การผลิตโดยสรุป เริ่มจากรับเหล็กแผ่นหนา (Slab) เข้าทางเตาอุโมงค์ควบคุมให้แผ่นเหล็กมีอุณหภูมิคงที่ จากนั้นจึงนำไปรีดอย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นเหล็กแผ่นหนา 1.2 - 20 ม.ม. ดังแสดงขั้นตอนการผลิตในภาพที่ 4

ภาพที่ 3 การรีดเหล็กแผ่นรีดร้อนอย่างต่อเนื่องที่แท่นรีด

ที่มา: ภาพถ่ายโดย ทินกร แก่นทอง และคณะ, 2556



ภาพที่ 4 กระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนในโรงรีดร้อน

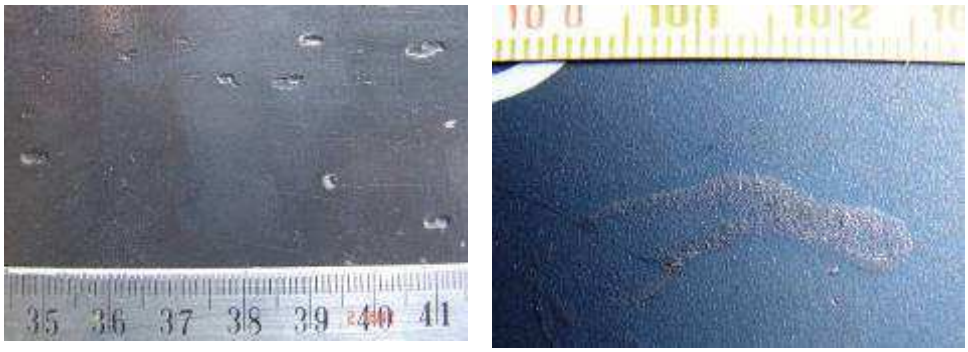
ที่มา: ภาพโดย ทินกร และคณะ, 2556

ผลการศึกษาข้อมูลต้นทุนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน

ต้นทุนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนแบ่งเป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นที่โรงหลอมและโรงหล่อเพื่อผลิตเหล็กแผ่นหนา ประมาณ 10,036 บาทต่อตันของเหล็กแผ่นหนา และเฉพาะโรงรีดร้อนมีค่าต้นทุนการผลิตเพิ่มอีกประมาณ 1,050 บาทต่อตันของเหล็กแผ่นรีดร้อน รวมเป็นต้นทุนการผลิตของเหล็กแผ่นรีดร้อนประมาณ 11,086 บาทต่อตัน ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ต้นทุนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน (บาทต่อตัน)

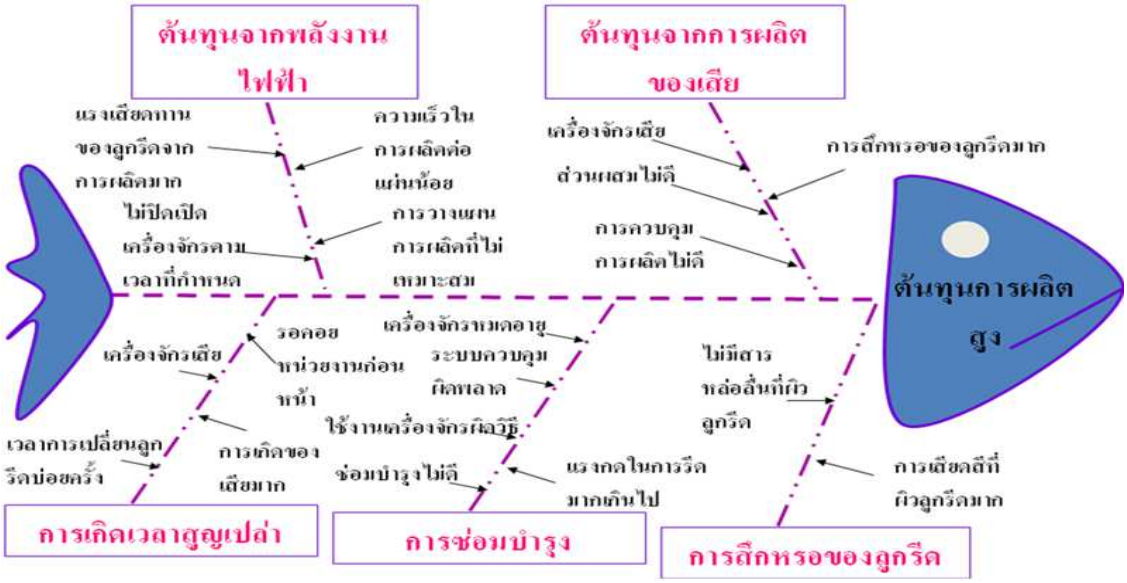
กระบวนการ	วัตถุดิบ	ผลิตภัณฑ์	ต้นทุนการผลิต						
			วัตถุดิบ		พลังงาน		อื่น ๆ		รวม
			บาทต่อตัน	%	บาทต่อตัน	%	บาทต่อตัน	%	บาทต่อตัน
โรงหลอมและโรงหล่อ	เหล็กถลุง ,เศษเหล็ก	เหล็กแผ่นหนา	6,648	66.24%	2,188	21.80%	1200	11.96%	10,036
โรงรีดร้อน	เหล็กแผ่นหนา	ม้วนเหล็กแผ่นรีดร้อน	10,036	90.53%	900	8.12%	150	1.35%	11,086



ภาพที่ 5 ตัวอย่างของเสีย เช่น เหล็กแผ่นมีตำหนิที่ผิว เนื่องจากลูกรีดเป็นรอย

ที่มา: ภาพถ่ายโดย ทินกร แก่นทอง และคณะ, 2556

จากวิเคราะห์ข้อมูลที่ศึกษาและนำการระดมความคิด พบว่าสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงมีหลายสาเหตุ เช่น การสึกหรอของลูกรีดมีมาก การมีของเสียในกระบวนการผลิต (ภาพที่5)ต้นทุนค่าไฟฟ้าค่าซ่อมบำรุงสูง เป็นต้น ดังแสดงในภาพด้านล่าง



ภาพที่ 6 แผนภูมิแสดงสาเหตุที่ทำให้ต้นทุนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนสูง
ที่มา: ภาพโดย ทินกร และคณะ, 2556

ผลการเสนอแนะแนวทางปรับปรุงกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน

จากข้อมูลของโรงงานและการศึกษาวิจัยแนวทางการปรับปรุงกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนต่าง ๆ แนวทางปรับปรุง 6 แนวทางพร้อมกับข้อดีและข้อเสียได้ถูกนำเสนอพอสังเขปดังนี้

1. เปลี่ยนวัสดุที่ใช้ผลิตลูกรีด (ภาพที่ 7) ให้มีความแข็งยิ่งขึ้นเพื่อลดการสึกหรอของลูกรีด

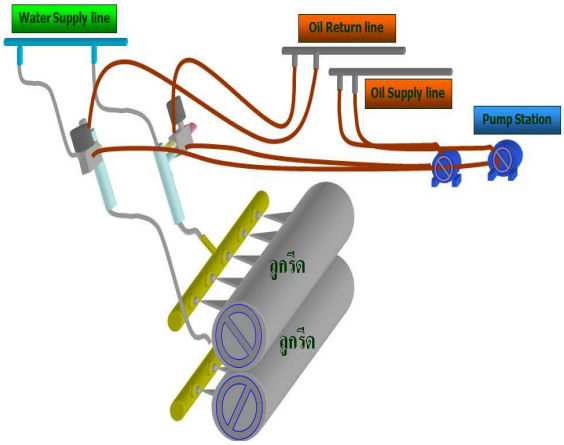
ข้อดี : เพิ่มอายุการใช้งานของลูกรีด ลดการสึกหรอของลูกรีด และลดความถี่ในการเปลี่ยนลูกรีดราคาลูกรีดปัจจุบันอยู่ที่ลูกละประมาณ 3-5 ล้านบาท

ภาพที่ 7 ลูกรีด สำหรับใส่ในแท่นรีดเหล็ก
ที่มา: ภาพถ่ายโดย ทินกร แก่นทอง และคณะ, 2556

ข้อเสีย : มีผลกระทบต่อการเจียรนัยลูกรีด ซึ่งต้องใช้เวลานานและใช้หินเจียรในปริมาณที่มากขึ้น อีกทั้งราคาของลูกรีดก็จะแพงมากขึ้นอีกเท่าตัว

2. ติดตั้งระบบน้ำมันหล่อลื่นผิวลูกรีด (ภาพที่ 8)เพื่อลดแรงเสียดทานระหว่างผิวลูกรีดกับแผ่นเหล็ก

ข้อดี : ช่วยให้ลดการสึกหรอของลูกรีด ลดแรงเสียดทานและแรงกดระหว่างการรีด ซึ่งจะส่งผลให้ยืดอายุงานของลูกรีด ลดการเสียหายของเครื่องจักร และการควบคุมการผลิตทำได้ง่ายขึ้น

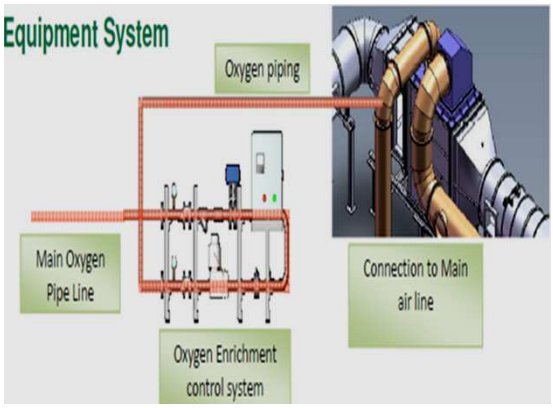


ภาพที่ 8 การทำงานของระบบฉีดน้ำมันหล่อลื่นลูกรีด
ที่มา: ทินกร และคณะ, 2556

ข้อเสีย : มีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงระบบ ค่าใช่น้ำมันหล่อลื่น และมีความเสี่ยงในการที่แผ่นเหล็กจะไม่เข้าแท่นรีดเนื่องจากผิวลูกรีดลื่น

3. ใช้ระบบเพิ่มออกซิเจนในอากาศ (ภาพที่ 9)ที่อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของเตาอุโมงค์

ข้อดี : ช่วยเพิ่มความร้อนในเตาอุโมงค์ ช่วยให้แผ่นเหล็กมีอุณหภูมิสูงขึ้นทำให้ใช้แรงในการรีดน้อยลง ลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ

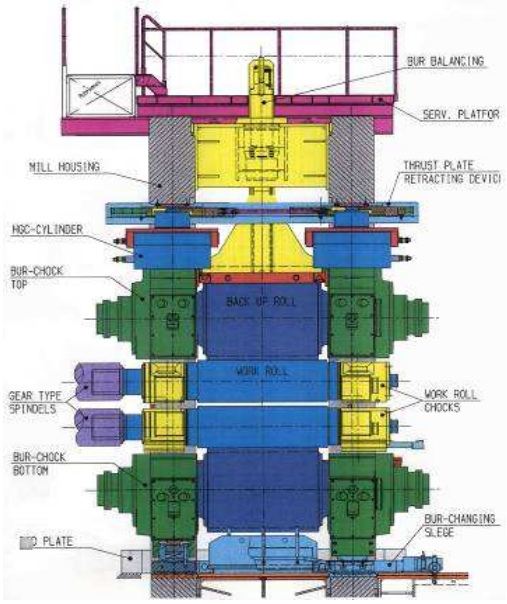


ภาพที่ 9 การติดตั้งระบบเพิ่มสัดส่วนของออกซิเจนในอากาศ
ที่มา: ภาพโดย ทินกร และคณะ, 2556

ข้อเสีย : อุปกรณ์ต่างๆ อาจเสียหายจากความร้อนที่เพิ่มมากขึ้นมีโอกาสที่จะเกิดการระเบิดในระบบเพิ่มขึ้น และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานสูง

4. เพิ่มแท่นรีด (ภาพที่ 10) เพื่อลดอัตราการรีดต่อแท่นลง

ข้อดี : ช่วยให้การรีดลดขนาดของแต่ละแท่นรีดลดลงทำให้ใช้กำลังในการรีดน้อยลง ลดการสึกหรอของลูกรีด และการรีดควบคุมได้ง่ายขึ้น



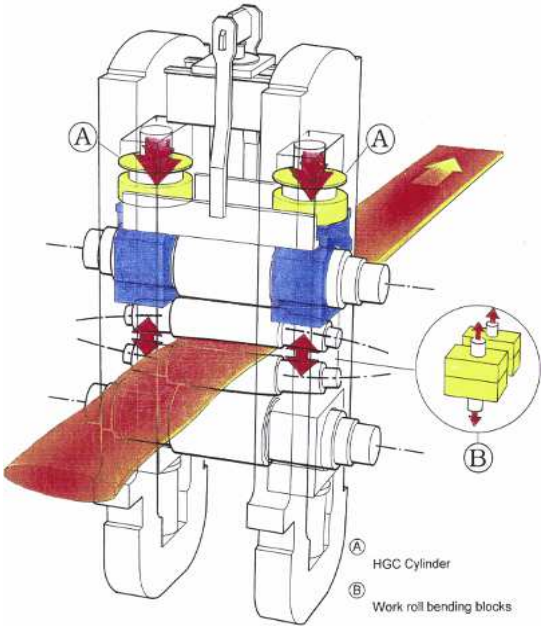
ภาพที่ 10 แท่นรีดเหล็กแผ่น

ที่มา: ภาพถ่ายโดย ทินกร แก่นทอง และคณะ, 2556

ข้อเสีย : ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง ประมาณ 1 พันล้านบาทต่อ 1 แท่นรีด และต้องใช้เวลาในการติดตั้งนาน

5. ลดความเร็วในการหมุนลูกรีด (ภาพที่ 11) ในการรอคอยก่อนเหล็กเข้าแท่นรีด

ข้อดี : ช่วยลดค่าไฟฟ้าในการขับลูกรีดระหว่างการรอคอยการผลิต



ภาพที่ 11 แท่นรีด การกดและการแอ่นตัวของลูกรีด ขณะรีดเหล็กแผ่น

ที่มา: ภาพโดย ทินกร และคณะ, 2556

ข้อเสีย : ทำให้อุณหภูมิของลูกรีดต่ำส่งผลให้เกิดการติดลูกรีดของแผ่นเหล็กได้ง่ายและการดำเนินงานวัดผลเป็นไปได้ยาก

6. เปลี่ยนวัสดุฉนวนความร้อนในเตาอุโมงค์ (ภาพที่ 12) เพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน

ข้อดี : ลดการสูญเสียความร้อนในเตาอุโมงค์จะช่วยทำให้แผ่นเหล็กมีอุณหภูมิสูงขึ้นช่วยทำให้ใช้แรงในการรีดน้อยลง

ภาพที่ 12 ลูกกลิ้งและฉนวนความร้อนในเตาอุโมงค์

ที่มา: ภาพถ่ายโดย ทินกร แก่นทอง และคณะ, 2556

ข้อเสีย : ใช้เวลาในการดำเนินการนานและผลที่ได้ไม่สามารถคาดการณ์ได้อย่างชัดเจนและต้องใช้เงินลงทุนสูง

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนเพื่อเพิ่มผลผลิตในโรงงานผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนแห่งหนึ่ง มีพื้นที่ประมาณ 500 ไร่ เงินลงทุนประมาณ 50,000 ล้านบาท มีพนักงานประมาณ 650 คน โดยได้ศึกษากระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อน ได้ศึกษาปัจจัยภายนอกที่กระทบต่อการบริหารงานและการแข่งขัน พบว่ามีความจำเป็นต้องเพิ่มผลผลิตด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ผลการศึกษากระบวนการผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนพบว่าวัตถุดิบคือเหล็กถลุงและเศษเหล็กถูกหลอมที่โรงหลอม จากนั้นถูกหล่อเป็นแผ่นเหล็กหนาที่โรงหล่อ และรีดเป็นแผ่นบางที่โรงรีด โดยมีต้นทุนการผลิตประมาณ 10,000 บาทต่อตันของเหล็กแผ่นหนา และ 11,000 บาทต่อตันของเหล็กแผ่นบางรีดร้อนผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าต้นทุนการผลิตสามารถลดลงได้ด้วยการปรับปรุงกระบวนการผลิตคือ ลดของเสีย ลดการสึกหรอของลูกรีด ลดค่าไฟฟ้า ลดการเกิดเวลาสูญเปล่า และปรับปรุงการซ่อมบำรุง ผลการศึกษาแนวทางในการปรับปรุงการผลิตพบว่ามีความเป็นไปได้ 6 แนวทางพร้อมกันนี้ข้อดีและข้อเสียได้ถูกเสนอแนะไว้คือ การเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ผลิตลูกรีดให้มีความแข็งมากขึ้นเพื่อลดการสึกหรอของลูกรีด การติดตั้งระบบน้ำมันหล่อลื่นผิวลูกรีดเพื่อลดการสึกหรอ การติดตั้งระบบเพิ่มความเข้มข้นออกซิเจนในอากาศที่เตาอุโมงค์ การติดตั้งแท่นรีดเพิ่มขึ้นเพื่อลดภาระของแท่นรีดแต่ละแท่นลง การลดความเร็วในการหมุนลูกรีดลงในช่วงที่รอแผ่นเหล็กเข้าแท่นรีด การเปลี่ยนวัสดุป้องกันความร้อนในเตาอุโมงค์เพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อนปัจจุบันระบบที่เสนอแนะเพื่อเพิ่มผลผลิตดังกล่าวบางระบบได้ถูกติดตั้งใช้งานจริงจนคุ้มค่าการลงทุนแล้ว (รายละเอียดมิได้แสดงไว้ในบทความวิจัยฉบับนี้)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณโรงงานผลิตเหล็กแผ่นรีดร้อนที่ดำเนินงานวิจัย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

ทินกร แก่นทอง, ปิยะวัฒน์ เปรมเหล็กกล้า และจักรกฤษ สะการันต์. (2556). **การลดต้นทุนการผลิตในโรงรีดร้อนโดยใช้ระบบน้ำมันหล่อลื่นผิวลูกรีด**. บัณฑิตนิพนธ์ สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2555). **ประกาศเรื่องรางวัลผลงานประดิษฐ์คิดค้นประจำปี 2555**: ผลงานเรื่อง "เครื่องกัดร่องลูกรีดอัตโนมัติ".

Arnken, R. , Bilgen, C. , Hennig, W. (2007). Commissioning and Optimization of the Roll Gap Lubrication System at the ANSDK CSP Plant. **Iron & Steel Technology**, August 2007**.** The Association of Iron and Steel Technology, 4(8).

Bavestrelli, G. (2012). Automatic Roll Loaders for Intelligent Roll Shops.**Iron & Steel Technology**. November 2012. The Association of Iron and Steel Technology**.**

Chen, S.,Abraham, S. andPoshard, D. (2008). Modification of Reheat Furnace Practices Through Comprehensive Process Modeling.**Iron & Steel Technology**, August 2008.The Association of Iron and Steel Technology, 5(8).

Jitsukawa, M. and Hosoya, Y. (2003). NKK's State-of-the-art Flat-rolled Products Developed in the Last Decade. **NKK Technical Review**, 88.

Peretic, M. J., Seidel J., Kraemer S. (2004). Coordinated application of roll gap lubrication, work roll cooling and antipeeling systems in hot rolling mills**.Iron & Steel Technology**.The Association of Iron and Steel Technology, 1(5): 27-36.

Prentice, C. (2012).**Stalled Prices could spark steel sheet increase**. The online resource for metals industry news, Nov 28, 2012.American Metal Market.

Smith, R. P. Jr. (2007). The Effect of the Number of Leveling Rolls on the Straightening Process.**Iron and Steel Technology** August 2007.The Association of Iron and Steel Technology**,** 4(8).