บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

จากการประยุกต์ใช้แนวคิดเทคโนโลยีสะอาดและนำแนวคิดทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาซึ่งมีประเด็นปัญหาคือ การเกิดของเสียอาร์มคอยล์ การใช้พลังงานไฟฟ้า การสูญเสียกาวระหว่างกระบวนการผลิต การใช้สารไอพีเอล้างอาร์ม สามารถสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะโดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้แนวคิดเทคโนโลยีสะอาดในการจำแนกประเด็นและหาสาเหตุของปัญหาในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์การผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ซึ่งพบว่าสาเหตุการสูญเสียในกระบวนการผลิตมีดังนี้

การเกิดของเสียอาร์มคอยล์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประเภทแรก การเกิดของเสียภายในกระบวนการ คือกระบวนการผลิตก่อให้เกิดของเสีย หรือข้อบกพร่องกับชิ้นงาน ประเภทที่สองการเกิดของเสียนอกกระบวนการคือ ของเสียที่เกิดจากกระบวนการอื่นๆ หรือการเกิดของเสียจากกระบวนการก่อนหน้า เมื่อรับเอาวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิตโดยไม่มีการตรวจสอบ ส่งผลก่อให้เกิดชิ้นงานนั้นเป็นของเสีย หรือมีข้อบกพร่อง

การใช้พลังงานไฟฟ้า แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ประเด็นแรก ใช้เตาอบไม่เต็มประสิทธิภาพ และประเด็นที่สองคือ ขาดอุปกรณ์ช่วยในกระบวนการผลิตทำให้มีการเปิดใช้เตาอบซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า

การสูญเสียกาวระหว่างกระบวนการผลิต คือ การสูญเสียจากการเติมกาวปริมาณมากเกินไปทำให้ต้องมีการกำจัดกาวส่วนเกินออก

การใช้สารไอพีเอล้างอาร์ม เพื่อทำความสะอาดอาร์มก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต จากผลการทดลองการล้างหรือไม่ล้างสารไอพีเอให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ไม่แตกต่างกัน แสดงว่าในกระบวนการมีการใช้สารเคมีอย่างสิ้นเปลืองโดยไม่เพิ่มคุณค่า

จากนั้นได้ใช้เทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการในการแก้ไขปัญหามีผลสรุปแหล่งเกิดความสูญเสีย สาเหตุการเกิดความสูญเสีย ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด ประโยชน์ที่ได้รับ และเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงในตาราง 5.1

ตาราง 5.1 สาเหตุการสูญเสีย ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด และเทคนิควิศวกรรมอุตสาหการที่ใช้

แหล่งเกิดความสูญเสีย	สาเหตุการเกิดความสูญเสีย	ข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาด	ประโยชน์ที่ได้รับ (บาท/เดือน)	ลงทุน (บาท)	ระยะคืนทุน (เดือน)	เทคนิควิศวกรรมอุตสาหการ
1.ของเสียอาร์มคอยล์	1.1 ของเสียภายในกระบวนการ 2.2 ของเสียนอกกระบวนการและการนำวัตถุดิบที่เป็นของเสียเข้ามาใช้ในกระบวนการ	1.การหยุดผลิตชั่วคราวเมื่อเกิดของเสียในกระบวนการผลิต 2.ปรับเปลี่ยนขั้นตอนการผลิต โดยการตรวจสอบอาร์มก่อนเข้ากระบวนการผลิต	*2,193X_1 *4,107X_1	- -		การควบคุมการมองเห็น (Visual Control) การปรับปรุงกระบวนการด้วยเทคนิคอีซีอาเอส (ECRS)
2.เตาอบชิ้นงาน	2.1 ใช้เตาอบไม่เต็มประสิทธิภาพ 2.2 ขาดอุปกรณ์ช่วยกระบวนการผลิต	1.การเพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงาน 2. ออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน	**5,412X_1 90,604	15,515	0.014 (6 วัน)	ปรับปรุงกระบวนการทำงานและออกแบบอุปกรณ์
3.การเติมกาวระหว่างอาร์มคอยล์	3.1เติมกาวปริมาณมากเกินไป	หาปริมาณกาวที่เหมาะสมเติมระหว่างอาร์มคอยล์	127,880			การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม (Design and Experiment)
4.กระบวนการล้างอาร์มด้วยไอพีเอ	4.1 ใช้สารไอพีเอในกระบวนการล้างอาร์มโดยไม่จำเป็น	ยกเลิกการใช้สารไอพีเอในการล้างอาร์ม	186,208			
รวมการประหยัดทั้งหมด (2.2) + (3.1) + (4.1)			404,692			

X_1 คือ ราคาขายผลิตภัณฑ์อาร์มคอยล์ มีหน่วยเป็นบาทต่อชิ้น *ลดค่าความเสียภายใน **เพิ่มโอกาสการที่จะขายสินค้าได้มากขึ้น

จากตาราง 5.1 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การประยุกต์ใช้แนวคิดเทคโนโลยีสะอาดและเทคนิคทางด้านวิศวกรรมอุตสาหการ เพื่อป้องกันของเสียภายนอกเข้าสู่กระบวนการผลิต โดยปรับเปลี่ยนตำแหน่งตรวจสอบชิ้นงานของพนักงานใช้เทคนิคอีซีอาเอส(ECRS) นำพนักงานที่มีอยู่เดิมย้ายมาตรวจสอบอาร์มก่อนนำเข้าสู่กระบวนการ สามารถลดของเสียจาก 0.48 % เป็น 0.15 % อีกทั้งยังทำให้การตรวจหาของเสียง่ายขึ้น สามารถลดค่าความเสียภายในซึ่งเป็นค่าที่ไม่สามารถขายสินค้าเนื่องจากผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอาร์มคอยล์เป็นของเสียได้ 4,107X_1 บาทต่อเดือน และนอกจากนี้การลดของเสียในกระบวนการโดยการหยุดผลิตชั่วคราว โดยใช้เทคนิคการควบคุมการมองเห็น(Visual Control) เป็นการทำให้พนักงานมีส่วน่ร่วมลดของเสียโดยมีสัญญาณไฟแจ้งเตือนเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดงแสดงว่ามีความผิดปกติเกิดขึ้นในกระบวนการ สามารถลดของเสียกาวเปื้อนชิ้นงานจาก 0.41% เป็น 0.025% สามารถลดค่าความเสียภายในซึ่งเป็นค่าที่ไม่สามารถขายสินค้าเนื่องจากผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปอาร์มคอยล์เป็นของเสียได้ 2,193X_1 บาทต่อเดือน

2) การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเพิ่มความเร็วของสายพานเตาอบชิ้นงานซึ่งการผลิตในปัจจุบันมีความเร็ว 170 มิลลิเมตรต่อนาทีหลังปรับปรุงเป็น 180 มิลลิเมตรต่อนาที ผลิตผลเฉลี่ยเพิ่มจาก 533 เป็น 557 ชิ้นต่อชั่วโมง โดยไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้เพิ่มโอกาสในการขายชิ้นงานได้มากขึ้น คิดเป็นเงิน 5,412X_1 บาทต่อเดือน และออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน โดยชั้นล่างใช้อบกาวหลังจากประกอบอาร์มคอยล์ และชั้นบนใช้ใส่ชิ้นงาน อุปกรณ์แบบใหม่ยังสามารถเพิ่มจำนวนชิ้นงานจากเดิม 270 ชิ้น เป็น 300 ชิ้น สามารถปิดเตาอบได้ 1 เตาอบ ประหยัดค่าไฟฟ้า 90,604 บาทต่อเดือน

3) การหาปริมาณกาวที่เหมาะสมในการเติมระหว่างอาร์มคอยล์ และยกเลิกการใช้สารไอพีเอ โดยการออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม ออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 2^4 จำนวน 2 ซ้ำ เพื่อกรองปัจจัย 4 ปัจจัย คือ สารไอพีเอ, การใช้กระบวนการ V (เป็นกระบวนการสมมุติไม่สามารถเปิดเผยได้เนื่องจากเป็นความลับของทางบริษัท), ปริมาณกาว, แรงดันลม โดยมีผลตอบเป็นค่าแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ (Arm coil Bonding Force) พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ได้แก่ ปัจจัย B การใช้กระบวนการ **V** ปัจจัย C ปริมาณกาว และอันตรกิริยาระหว่าง BC การใช้กระบวนการ **V** เป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (Qualitative variable) ซึ่งการใช้กระบวนการ V ให้ค่าแรงยึดเหนี่ยวสูงกว่าการไม่ใช้กระบวนการ V และการหาเงื่อนไขที่เหมาะสม พบว่าปัจจัย คือไม่ล้างอาร์มด้วยสารไอพีเอ การใช้กระบวนการ **V** ปริมาณกาวเติมระหว่างอาร์มคอยล์ระดับกลาง (มิลลิกรัม) ทำให้เมื่อนำไปทดลองใช้ในกระบวนการผลิตได้ค่าแรง

ยึดเหนี่ยวระหว่างอาร์มคอยล์ดีที่สุดโดยไม่กระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โรงงานสามารถประหยัดค่าใช้ค่าจากการยกเลิกการใช้สารไอพีเอ ในกระบวนการผลิตคิดเป็นเงิน 186,208 บาทต่อเดือน ลดปริมาณกาวจาก R1 มิลลิกรัม เป็น R2 มิลลิกรัม ลดการสูญเสียกาวคิดเป็นเงิน127,880 บาทต่อเดือน จากการทำกิจกกรรมมีมูลค่าการประหยัดรวมประมาณ 404,692 บาทต่อเดือน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

แนวทางการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดมีเทคนิค 2 ประเด็นหลักได้แก่ การลดที่แหล่งกำเนิด (Source Reduction) และนำของเสียนั้นกลับมาใช้ซ้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycling) (สถาบันสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม, 2547; ไพศาล กิตติศุภกร, 2551) จากผลการวิจัยพบว่าเทคนิคการนำของเสียกลับมาใช้ซ้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่นั้นในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ของการผลิตชิ้นส่วนฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟทำได้ยากเนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์และต้องผลิตให้ตรงต่อความต้องการของลูกค้า ตัวอย่างเช่น มีการตรวจพบกาวเหลือบริเวณปลายหลอดเป็นจำนวนมาก ซึ่งไม่สามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตใหม่ได้ เนื่องจากกาวหมดอายุไปแล้ว หรือสารไอพีเอ ที่ใช้ล้างอาร์มเสร็จแล้วต้องถูกนำไปทิ้งไม่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตอื่นๆได้ เป็นต้น

ส่วนการดำเนินงานตามเทคนิคการลดที่แหล่งกำเนิด ในส่วนการเปลี่ยนหรือปรับปรุงผลิตภัณฑ์ทำได้ยากเช่นกัน โดยเฉพาะการออกแบบตัวผลิตภัณฑ์เนื่องจากทางบริษัทไม่ได้ออกแบบตัวผลิตภัณฑ์ เป็นเพียงการผลิตตามแบบที่ลูกค้ากำหนด และไม่สามารถกำหนดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ได้ หากกระบวนการผลิตจะลดหรือเปลี่ยนแปลงการใช้สารเคมีต้องขออนุญาตลูกค้า

ในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิคการลดที่แหล่งกำเนิดโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตดังนี้ คือ

1.การเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงการใช้วัตถุดิบ มีการปรับปรุงการรับวัตถุดิบอาร์มที่เป็นของเสียหรือมีข้อบกพร่องน้อยที่สุดเข้าสู่กระบวนการ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีของเสียน้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Johannes F.(1998), Ghaleb Y. Abbasi *et al.* (2002) และ Chiu, S.S. Henry (1989)โดยกำหนดการนำเข้าและปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ (Raw material change) มีการวางระบบอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพ (Good housekeeping) ปรับเปลี่ยนระบบการผลิต (Process modification) ทำให้กระบวนการผลิตนำเข้าวัตถุดิบที่เป็นของเสียน้อยลง อย่างไรก็ดีมีของเสียอาร์มก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก หากมีการทำงานร่วมกันระหว่างกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์และกระบวนการตัดอาร์มเพื่อลดของเสียอาร์มซึ่งจะเป็นการลดของเสียที่แท้จริงของปัญหาต้องมีการศึกษางานวิจัยในครั้งต่อไป

2.การเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงเทคโนโลยีหรืออุปกรณ์ มีการออกแบบอุปกรณ์ประหยัดพลังงานไฟฟ้า การออกแบบอุปกรณ์ทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้า อีกทั้งยังมีการปรับปรุงการทำงานของสายพานทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ของ Hamed M.M (2004) กล่าวไว้ว่าเทคโนโลยีสะอาดสามารถเพิ่มอัตราผลผลิตของบริษัทได้โดยการปรับปรุงกระบวนการผลิต การปรับปรุงเป็นการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักร อุปกรณ์และพลังงานให้เต็มประสิทธิภาพ

3.การเปลี่ยนแปลงหรือการปรับปรุงการดำเนินงาน ดังนี้

- มีการปรับกระบวนการทำงานโดยให้พนักงานมีส่วนร่วมแก้ไขปัญหาของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย Johannes F. (1998) ได้จัดการและควบคุมกระบวนการผลิตโดยนำข้อมูลข่าวสาร เช่นการนำเข้าวัตถุดิบไปเป็นข้อมูลเพื่อนำมาควบคุมกระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพซึ่งการได้มาของข้อมูลข่าวสารที่ถูกต้อง นำไปสู่การแก้ไขปัญหาอย่างทันท่วงที และตรงจุดสาเหตุของปัญหา
- การปรับเปลี่ยนขั้นตอนทำงานโดยเพิ่มการตรวจสอบอาร์ม ซึ่งเป็นการปรับปรุงการดำเนินงานในกระบวนการผลิต จัดการไหลของการนำเข้าวัตถุดิบเพื่อลดของเสียเข้าสู่กระบวนการ
- ปรับปรุงการใช้กาวโดยหาปริมาณกาวที่เหมาะสม ยกเลิกการใช้สารไอพีเอ ในกระบวนการล้างอาร์ม เป็นการศึกษาเพื่อหาปริมาณการใช้สารเคมีที่เหมาะสมซึ่งการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับการประยุกต์ใช้ผลงานวิจัย

1. การหยุดการผลิตชั่วคราว สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับทุกกระบวนการผลิต แต่อาจจะต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการนั้นๆ

2.การเกิดของเสียขึ้นในกระบวนการผลิต โดยลักษณะของเสียมีตำแหน่งเดียวกัน หากมีการเพิ่มการตรวจสอบก่อนนำไปใช้ หรือตรวจสอบก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิตจะสามารถลดของเสียชนิดนั้นได้

3.หากกระบวนการผลิตมีงานรออยู่ระหว่างกระบวนการโดยเฉพาะรอเข้าเครื่องจักร ควรมีการศึกษาการทำงานของเครื่องจักรใหม่ว่าสามารถเพิ่มความเร็วของเครื่องจักรหรือหาอุปกรณ์เสริมมาช่วยได้หรือไม่ ซึ่งเป็นการปรับปรุงการทำงานของเครื่องจักร ก่อนมีการสั่งซื้อเครื่องจักรเข้ามาเพิ่มเพื่อแก้ไขปัญหาเครื่องจักรไม่เพียงพอต่อการผลิต

4.เตาอบที่ใช้ในการอบงานแบบมีสายพาน หากมีการออกแบบอุปกรณ์ช่วยประหยัดพลังงานจะสามารถลดต้นทุนในกระบวนการผลิตได้ แต่ต้องคำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การทำงานของเครื่องจักรและระบบสายพานด้วย

5.ควรมีการตรวจสอบปริมาณสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตว่ามีความจำหรือไม่ โดยเฉพาะเมื่อมีผลิตภัณฑ์ใหม่เข้ามา เพื่อป้องกันการใช้สารเคมีเกินความจำเป็น

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในอนาคต

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดในกระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ ยังมีประเด็นที่น่าสนใจที่สามารถปรับปรุงได้ อาทิเช่น

1.การหยุดการผลิตชั่วคราวควรมีการนำข้อมูลต่างๆ เช่น การเกิดของเสีย ชนิดของเสีย เป็นต้น มาเชื่อมโยงภายในกระบวนการผลิตได้ทั้งหมดคือทั้งกระบวนการตัดอาร์ม กระบวนการประกอบอาร์มคอยล์ การประกอบพีซีซีเอ (PCCA) และมีการแจ้งเตือนของเสียอย่างเป็นระบบภายใต้ข้อกำหนดของลูกค้าเดียวกันจะสามารถลดการเกิดของเสียได้

2.การมีส่วนร่วมในการทำงานของพนักงาน ควรมีการศึกษาว่าพนักงานทำงานได้ถูกต้องและพนักงานมีความสุขในการทำงานหลังจากปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตหรือไม่