บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย วิจารณ์ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาหาตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสม ในการนำมาใช้แทนตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีอยู่เดิมคือ AK-225 ซึ่งประสิทธิภาพการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงานขึ้นกับชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ , อุณหภูมิของการใช้งาน และแรงสั่นสะเทือนด้วยคลื่นเหนือเสียงของเครื่องสั่น(ultrasonic)

5.1.1 ผลของการเลือกใช้ชนิดของตัวทำละลายอินทรีย์ต่อประสิทธิภาพการล้าง

เนื่องจากอนุภาคหรือสารปนเปื้อนส่วนใหญ่แล้วเป็นสารอินทรีย์ประเภทที่ไม่มีขั้ว แหล่งที่มาของสารปนเปื้อนส่วนใหญ่ก็เป็นพวกน้ำมันต่างๆ ซึ่งสารเคมีที่สามารถทำการชะล้างได้แบ่งเป็น 2 ประเภทคือประเภทแรกใช้หลักการแยกออกจากสารปนเปื้อนคือเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ประเภทมีขั้วในที่นี้คือ AK-225 และ Solkane 365 ประเภทที่สองเป็นประเภทที่ละลายสารปนเปื้อนเหล่านี้ออกได้ คือเป็นตัวทำละลายอินทรีย์ประเภทไม่มีขั้วในที่นี้คือ HC-250 และ High Clean Al

จากการดำเนินการวิจัยพบว่าสามารถนำตัวทำละลายอินทรีย์ HC-250 มาใช้แทน AK-225 ได้ ทั้งนี้เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณสมบัติถึงความทนทานต่อตัวทำละลายอินทรีย์ , ความทนทานต่อการเกิดสนิม , ปริมาณสารอินทรีย์ที่พร้อมระเหยกลายเป็นไอ (Outgassing) ที่เหลืออยู่ในตัวชิ้นงาน รวมถึงเมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าของอัตราการล้างหรืออัตราการสกัดสารปนเปื้อนของตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิดคือ AK-225 , HC-250 , High Clean Al และ Solkane 365 โดยดูถึงการเปลี่ยนแปลงของค่าความเข้มข้นต่อหน่วยเวลา ($\Delta C_A/\Delta t$) พบว่าตัวทำละลายอินทรีย์ HC-250 มีผลการทดลองอยู่ในระดับที่ดีและยอมรับได้เมื่อเทียบกับตัวทำละลายอินทรีย์อีก 2 ชนิดคือ High Clean Al และ Solkane 365 และเมื่อทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ทั้ง 4 ชนิดคือ AK-225 , HC-250 , High Clean Al และ Solkane 365 ในการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงาน โดยดูถึงค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลพบว่าให้ผลไปในทิศทางเดียวกัน โดยพบว่าตัวทำละลายอินทรีย์ AK-225 และ HC-250 ให้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทมวลดีกว่าตัวทำละลายอินทรีย์ High Clean Al และ Solkane 365

5.1.2 ผลของการใช้อุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการล้าง

สำหรับการเลือกใช้อุณหภูมิถือเป็นตัวช่วยเพิ่มอัตราการสกัดสารปนเปื้อนได้ดียิ่งขึ้น แต่ต้องมีการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการใช้งาน อุณหภูมิที่ใช้งานต้องอยู่ในช่วงที่เป็นไปได้ไม่สูงเกินกว่าจุดเดือดของสารละลายและไม่เพิ่มค่าใช้จ่ายจนเกินไป โดยพบว่าการใช้อุณหภูมิของตัวทำละลายอินทรีย์ในการทำความสะอาดชิ้นงาน ถือเป็นพารามิเตอร์หลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพการสกัดสารออกจากตัวชิ้นงาน จากผลการทดลองประสิทธิภาพของการล้างชิ้นงานจะแปรผันโดยตรงกับอุณหภูมิ โดยพบว่าอุณหภูมิที่ 60°C ให้ประสิทธิภาพของการล้างชิ้นงานได้ดีและเกิดประโยชน์สูงสุดทั้งในแง่ของคุณภาพของตัวชิ้นงานควบคู่ไปกับต้นทุนการผลิต โดยเปรียบเทียบที่การใช้อุณหภูมิต่างๆกันที่ 25°C , 30°C , 40°C , 50°C , 60°C พบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้สารปนเปื้อนที่เป็นพวกสารประกอบอินทรีย์เกิดการสลายตัวหรือละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ได้ดีขึ้นทำให้เกิดการชะล้างออกไปจากพื้นผิวได้ดีขึ้นเห็นได้จากปริมาณสารปนเปื้อนบนตัวชิ้นงานมีค่าลดลงเมื่อทำการสกัด และมีการศึกษาผลของอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 2 ค่า เพื่อดูแนวโน้มของอัตราการสกัดโดยพบว่าช่วงของอุณหภูมิที่สูงขึ้นเรื่อยๆมีแนวโน้มที่ทำให้อัตราการสกัดค่อนข้างคงที่

5.1.3 ผลของการใช้คลื่นเหนือเสียงต่อประสิทธิภาพการล้าง

ส่วนการใช้คลื่นเหนือเสียง (Ultrasonic) ในกระบวนการทำความสะอาดผิวของชิ้นงานถึงแม้จะช่วยให้ประสิทธิภาพของการสกัดสารปนเปื้อนดีขึ้น แต่ขณะเดียวกันการใช้คลื่นเหนือเสียงก็จะส่งผลให้เกิดรอยแผลเป็นหรือตำหนิบนผิวชิ้นงานได้ อันเนื่องมาจากการเกิดการสึกกร่อนหรือการเกิด Cavity เนื่องจากการใช้คลื่นเหนือเสียง (Ultrasonic) จะไปทำให้ส่วนประกอบของตลับลูกปืน (Inner Ring , Outer Ring , Ball) เกิดการสั่นอย่างรุนแรงแล้วกระทบกัน จึงต้องทำการศึกษาหาค่าความถี่หรือกำลังของคลื่นเหนือเสียงที่เหมาะสมโดยจากการวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาที่ค่าความถี่ของการสั่นสะเทือนที่ 38 KHz (กำลังที่ใช้คือ 50 วัตต์) ซึ่งเป็นสภาวะที่ทำการศึกษาทดลองและพบว่าทำความเสียหายต่อชิ้นงานน้อย

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้คลื่นเหนือเสียงมีผลโดยตรงต่ออัตราการสกัดสารปนเปื้อนออกจากชิ้นงานหรือประสิทธิภาพของการชะล้างของสารแต่ละชนิด โดยพบว่าอัตราการสกัดสารปนเปื้อนณ.อุณหภูมิต่างๆกันในกรณีการใช้คลื่นเหนือเสียงให้ผลที่ดีกว่ากรณีไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง(ultrasonic)เนื่องจากการใช้คลื่นเหนือเสียงจะช่วยทำความสะอาดผิวของแข็งเพื่อเพิ่มผิว

สัมผัส เป็นการกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น สำหรับผงฝุ่นหรืออนุภาค คลื่นเหนือเสียงจะสามารถลดขนาดและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของของแข็งและของเหลวได้ โอกาสการสัมผัสกันจึงมีสูงขึ้น

ตารางที่ 5.1 ตารางสรุปเปรียบเทียบการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ HC-250 เทียบกับตัวทำละลายอินทรีย์ 3 ชนิด

ตัวแปรที่พิจารณา	ตัวทำละลายอินทรีย์			
	HC-250	AK-225	High Clean AI	Solkane 365
1) ข้อมูลด้านความทนทาน/การต้านทาน				
1.1ความทนทานต่อตัวทำละลายอินทรีย์ของตัวชิ้นงาน	ดี	ดี	ดี	ดี
1.2 ความทนทานต่ออุณหภูมิที่ใช้ของตัวทำละลายอินทรีย์ต่อตัวชิ้นงาน	ดีในช่วงอุณหภูมิ < 80°C)	ดีในช่วง อุณหภูมิ < 80°C	ดีในช่วงอุณหภูมิ < 80°C	ดีในช่วงอุณหภูมิ < 80°C
1.3 ความทนทานต่อการเกิดสนิมของตัวชิ้นงาน	มีความทนทาน	มีความทนทาน	มีความทนทาน	มีความทนทาน
2) ประสิทธิภาพในการล้างชิ้นงาน	ดี	ดีมาก	พอใช้	ต้องปรับปรุง
3) ค่าใช้จ่าย (บาท/ลิตร)				
3.1 ตัวทำละลายอินทรีย์	115.50	870	70	420
3.2 ค่าไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	2.78	2.78	2.78	2.78

จากตารางที่ 5.1 จากการดำเนินการวิจัยพบว่าสามารถนำตัวทำละลายอินทรีย์ HC-250 มาใช้แทน AK-225 ได้โดยพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการดำเนินการสกัดสารปนเปื้อนออกจากตัวชิ้นงานด้วยการล้างคือการใช้อุณหภูมิที่ 60°C ภายใต้สภาวะของการใช้คลื่นเหนือเสียงที่ความถี่ 38 KHz (กำลังที่ใช้คือ 50 วัตต์)