



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การยืดอายุขัยการใช้น้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ

โดย นายศุภกร เจริญประสิทธิ์

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(อาจารย์ ดร.มงคล หวังสถิตย์วงศ์)

21 พฤษภาคม 2550

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล ราชฤทธิ์)

กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ นุ่มทอง)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมภพ ดลั๊บกแก้ว)

การยืดอายุขัยการใช้น้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ

นายศุภกร เจริญประสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

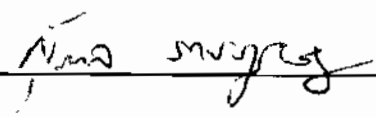
ชื่อ : นายศุภกร เจริญประสิทธิ์
ชื่อวิทยานิพนธ์ : การยืดอายุขัยการใช้น้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ
สาขาวิชา : วิศวกรรมการผลิต
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล ราชภูรีนัย
ปีการศึกษา : 2549

บทคัดย่อ

น้ำหล่อเย็นเป็นสิ่งที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต เช่น การกลึง การกัด การตัด การเจียรใน หนึ่งในหลักของน้ำหล่อเย็น คือ การระบายความร้อน และช่วยหล่อลื่นลดแรงเสียดทานระหว่างวัสดุชิ้นงานกับเครื่องมือคมตัด เพื่อช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือคมตัดให้ยาวนานขึ้น นอกจากนี้ น้ำหล่อเย็นยังช่วยควบคุมขนาดและรูปทรงของชิ้นงาน เนื่องจากช่วยยับยั้งผลจากการขยายตัวทางอุณหภูมิ ประโยชน์ทางอ้อมของน้ำหล่อเย็น คือ ช่วยลำเลียงเศษวัสดุออกจากบริเวณการตัดเฉือน เพื่อลดการเกิดการพอกตัวของเศษบริเวณสันคมตัด (Built-Up-Edge) ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพผิวตามต้องการ วัตถุประสงค์ในการทำวิจัยนี้ คือ การศึกษาพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่ออายุการใช้งานของน้ำหล่อเย็น โดยทำการติดตามสภาพของน้ำหล่อเย็นในภาวะต่างๆ ทำการศึกษาถึงปัจจัย และสาเหตุที่ทำให้ให้น้ำหล่อเย็นเสื่อมสภาพ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองในห้องปฏิบัติการ และการทดสอบภายใต้สภาวะการใช้งานจริง ซึ่งจากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานของน้ำหล่อเย็น คือ ความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น ปริมาณของ แทรมพ์ออยล์ (Tramp Oil) และปริมาณของเศษเหล็ก

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 107 หน้า)

คำสำคัญ : น้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ, การยืดอายุขัยน้ำหล่อเย็น

 อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

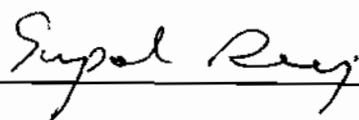
Name : Mr.Supakorn Charoenprasit
Thesis Title : Mineral Oil-based Coolant Life Extension
Major Field : Production Engineering
King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok
Thesis Advisor : Associate Professor Dr.Surapol Raddnui
Academic Year : 2006

Abstract

A coolant has an effective substance which is used to improve the efficiency of manufacturing processes such as turning, milling, cutting, grinding. The main functions of the coolant are heat exchange, and decreasing the friction between workpiece and a cutting tool. Coolant also extends cutting tools life. Moreover, coolant can control the dimension accuracy during machining operation because of reduction of thermal expansion. The indirect advantage of coolant is that it enhances the metal removal from the cutting area for prevention the built up edge effect that has an effect to finish surface roughness. Which have an effect to life time of the coolant was defined as the objective of this thesis. The quality of the coolant at various condition was monitored. The experiment was categorized in two main groups, laboratory test and real application test. At the conclusion, the factors having an effect to coolant including the solution substance in water, the concentrate of coolant, ingredient of tramp oil and quantity of the scrap in the coolant.

(Total 107 pages)

Keywords : Mineral Oil-base Coolant, Coolant Life Extension



Advisor

กิตติกรรมประกาศ

การทำงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล ราษฎร์นุ้ย ที่กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิด และข้อเสนอแนะต่างๆ
ในการทำวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดที่ลืมเสียมิได้ขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงต่อ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุน
และการช่วยเหลือหลายๆ อย่าง รวมทั้งมิตรสหายที่คอยห่วงใย และเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัย

ศุภกร เจริญประสิทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการวิจัย	1
1.4 วิธีการวิจัย	1
1.5 ประโยชน์ของการวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ประเภทของน้ำมันหล่อเย็น	3
2.2 ส่วนประกอบของน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ	3
2.3 หน้าที่ของน้ำหล่อเย็น	4
2.4 การนำน้ำหล่อเย็นไปใช้งาน	7
2.5 ความสำคัญของน้ำหล่อเย็นกับชนิดของวัสดุคมตัด	8
2.6 การเลือกชนิดของน้ำหล่อเย็นให้เหมาะสมกับกรรมวิธีการตัดเฉือน	9
2.7 หลักการตรวจสอบสภาพน้ำหล่อเย็น	11
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	17
3.1 การทำการทดลองโดยกำหนดตัวแปรที่จะมีผลต่ออายุการใช้งาน	17
3.2 วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการตรวจสอบค่า pH	24
3.3 วิธีการตรวจเช็คจำนวนจุลชีวะ	28
3.4 การทำการทดลองโดยกำหนดระดับตัวแปรที่จะมีผลต่ออายุการใช้งาน	28
3.5 การทำการทดสอบการป้องกันการกัดกร่อนโดยกรรมวิธี ASTM D 4627	31
3.6 การทำการทดสอบโดยการใช้งานจริง	33
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล	39
4.1 ผลการทดลองของการทดลองโดยกำหนดตัวแปรที่จะมีผลต่ออายุการใช้งาน	39

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 ผลการทดลองการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น ซึ่งทำการตรวจสอบด้วยกรรมวิธี Plate count โดยสุ่มเลือกตัวอย่าง ที่มีค่า pH แตกต่างกัน 3 ระดับ	47
4.3 ผลการทดลองโดยกำหนดตัวแปรให้เป็นระดับต่างกันโดยให้เป็นค่าสูง และค่าต่ำ และใช้กรรมวิธีการออกแบบการทดลองชนิด 2^{4-1}	49
4.4 ผลการทดลองการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น ซึ่งทำการตรวจสอบด้วยกรรมวิธี Plate Count ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น	56
4.5 ผลการทดสอบการป้องกันการกัดกร่อนโดยกรรมวิธี ASTM D 4627	73
4.6 ผลการทดสอบโดยการใช้งานจริง	82
บทที่ 5 อภิปรายผล สรุปผลและข้อเสนอแนะ	91
5.1 สรุปผลการวิจัย	91
5.2 ข้อจำกัดในงานวิจัย	92
5.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย	93
เอกสารอ้างอิง	93
ภาคผนวก ก	95
ใบรับรองการตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ	96
ประวัติผู้วิจัย	107

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1-1 ตัวอย่างน้ำหล่อเย็นที่เตรียมทำการทดลอง	2
2-1 ประสิทธิภาพในการส่งถ่ายความร้อนและความสามารถในการกักเก็บความร้อน	5
2-2 ดัชนีการตัดเฉือน	10
2-3 สารป้องกันการกัดกร่อน	13
2-4 ส่วนผสมของน้ำมันหล่อเย็นแบบไม่มีน้ำมันแร่	14
3-1 กำหนดระดับของตัวแปรโดยกรรมวิธีการออกแบบการทดลอง	29
3-2 ข้อจำกัดและอธิบายตัวแปร	29
4-1 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นโดยทันทีในการทดลองครั้งที่ 1	39
4-2 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 15 วันในการทดลองครั้งที่ 1	40
4-3 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 30 วันในการทดลองครั้งที่ 1	40
4-4 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 45 วันในการทดลองครั้งที่ 1	41
4-5 ตัวอย่างน้ำหล่อเย็นซึ่งทำการตรวจสอบการปนเปื้อนจุลชีวะ	47
4-6 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น ในการทดลองครั้งที่ 1	48
4-7 กำหนดระดับของตัวแปรโดยกรรมวิธีการออกแบบการทดลอง	49
4-8 ข้อจำกัดและอธิบายตัวแปร	49
4-9 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นโดยทันทีในการทดลองครั้งที่ 2	50
4-10 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 7 วันในการทดลองครั้งที่ 2	50
4-11 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 14 วันในการทดลองครั้งที่ 2	51
4-12 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วันในการทดลองครั้งที่ 2	51
4-13 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น ในการทดลองครั้งที่ 2	56
4-14 Anova ของตัวแปรต่อค่า pH น้ำหล่อเย็นโดยทันที	57
4-15 Anova ของตัวแปรต่อค่า pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 7 วัน	60
4-16 Anova ของตัวแปรต่อค่า pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 14 วัน	63
4-17 Anova ของตัวแปรต่อค่า pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วัน	66
4-18 Anova ผลกระทบของตัวแปรต่อปริมาณจุลชีวะในน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วัน	69
4-19 แสดงค่าความหยาบผิวที่ทำการวัด	82
4-20 Anova ผลกระทบของตัวแปรต่อความเรียบผิวของชิ้นงาน	83

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 อุณหภูมิของเศษตัด	5
2-2 อุณหภูมิของคมตัดที่ความเร็วตัดต่างกัน	6
2-3 อุณหภูมิของคมตัด	6
2-4 การหล่อเย็นแบบท่วม	7
2-5 การหล่อเย็นแบบแช่	7
2-6 การหล่อเย็นแบบพ่น	8
2-7 การพอกคมตัด	12
3-1 น้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ	18
3-2 น้ำมันหล่อลื่นรางเลื่อน	18
3-3 ขวดและภาชนะที่ใช้ในการผสมและทดลอง	19
3-4 เครื่องวัดความเข้มข้นของส่วนผสม (Refractometer)	19
3-5 เครื่องมือวัดค่า pH (pH meter)	20
3-6 แถบวัดค่าความกระด้างของน้ำ	20
3-7 บีมลมที่ใช้ทำการทดลองซึ่งมีอัตราการไหล 5 ลิตร ต่อ นาที	21
3-8 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและให้ความร้อน	21
3-9 เทอร์โมมิเตอร์	22
3-10 ผงตะไบเหล็กขนาด 90-125 ไมโครเมตร	22
3-11 การควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	24
3-12 วิธีดูดน้ำหล่อเย็นเพื่อป้องกันไม่ให้ดูดแตรัมพ์ออยล์	25
3-13 การเก็บไว้เพื่อทำการวัดค่า pH	25
3-14 วัดค่าความเป็นกรด ต่าง	26
3-15 การเก็บค่าที่วัดได้	26
3-16 การวัดค่าความกระด้าง	27
3-17 เทียบสีกับค่ามาตรฐานของแถบวัด	27
3-18 กระดาษกรองที่ใช้ในการทดสอบการกัดกร่อนตามกรรมวิธี ASTM D4627	31
3-19 จานทดลองที่ใช้ในการทดสอบการกัดกร่อนตามกรรมวิธี ASTM D4627	31
3-20 เศษเหล็กที่ใช้ในการทดสอบการกัดกร่อนตามกรรมวิธี ASTM D4627	32
3-21 หลอดหยดที่ใช้ในการทดสอบการกัดกร่อนตามกรรมวิธี ASTM D4627	32
3-22 เครื่องกลึงที่ใช้ในการทดสอบการใช้งานจริง	34
3-23 ด้ามมีดกลึงที่ใช้ในการทดสอบการใช้งานจริง	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3-24 เม็ดมีดกลิ้งที่ใช้ในการทดสอบการใช้งานจริง	35
3-25 เพลาลเหล็ก St 37 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25.4 มม. ที่ใช้ในการทดสอบ	35
3-26 เครื่องวัดความเรียบผิวที่ใช้ในการทดสอบ	36
3-27 การเตรียมจับชิ้นงานก่อนกลิ้ง	37
3-28 การวัดความเรียบผิว	37
4-1 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 1	42
4-2 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 2	42
4-3 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 3	43
4-4 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 4	43
4-5 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 5	44
4-6 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 6	44
4-7 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 7	45
4-8 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 8	45
4-9 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 9	46
4-10 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างที่ 10	46
4-11 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 1 ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น	47
4-12 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และปริมาณจุลชีวะ ของการทดลองครั้งที่ 1	48
4-13 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 2 ของตัวอย่างที่ 1	52
4-14 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 2 ของตัวอย่างที่ 2	52
4-15 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 2 ของตัวอย่างที่ 3	53
4-16 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 2 ของตัวอย่างที่ 4	53
4-17 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 2 ของตัวอย่างที่ 5	54
4-18 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 2 ของตัวอย่างที่ 6	54
4-19 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 2 ของตัวอย่างที่ 7	55
4-20 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงในการทดลองครั้งที่ 2 ของตัวอย่างที่ 8	55
4-21 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และปริมาณจุลชีวะ ของการทดลองครั้งที่ 2	56
4-22 แผนภูมิแสดงแนวโน้มจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นขณะผสมเสร็จเทียบกับ ค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-23 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นขณะผสมเสร็จ เทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35	58
4-24 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของ pH น้ำหล่อเย็นขณะผสมเสร็จเทียบกับ ระดับของตัวแปร	59
4-25 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของน้ำหล่อเย็นขณะผสมเสร็จ	59
4-26 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อเวลาผ่านไป 7 วันเสร็จ เทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35	61
4-27 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อเวลาผ่านไป 7 วันเสร็จเทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35	61
4-28 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน เทียบกับระดับของตัวแปร	62
4-29 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของน้ำหล่อเย็นขณะผสมเสร็จ	62
4-30 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน เทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35	64
4-31 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน เสร็จเทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35	64
4-32 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน เทียบกับระดับของตัวแปร	65
4-33 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของน้ำหล่อเย็น เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน	65
4-34 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน เทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35	67
4-35 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อเวลาผ่าน ไป 21 วัน เทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35	67
4-36 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน เทียบกับระดับของตัวแปร	68
4-37 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของน้ำหล่อเย็น เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	68
4-38 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของจำนวนของจุลชีวะที่อยู่ในน้ำหล่อเย็น เมื่อเวลาผ่านไป 21 วันเทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-39 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของจำนวนของจุลชีวะที่อยู่ในน้ำหล่อเย็น เมื่อเวลาผ่านไป 21 วันเทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35	70
4-40 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของ จำนวนของจุลชีวะที่อยู่ในน้ำหล่อเย็น เมื่อเวลาผ่านไป 21 วันเทียบกับระดับของตัวแปร	71
4-41 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของน้ำหล่อเย็น เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	71
4-42 สภาพทางกายภาพของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 3 ซึ่งมีปริมาณจุลชีวะ 3,700,000 CFU/MI	72
4-43 สภาพทางกายภาพของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4 ซึ่งมีปริมาณจุลชีวะ 190,000 CFU/MI	72
4-44 สภาพทางกายภาพของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 5 ซึ่งมีปริมาณจุลชีวะ 110,000 CFU/MI	73
4-45 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 1 เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน	73
4-46 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 2 เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน	74
4-47 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 3 เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน	74
4-48 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4 เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน	75
4-49 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 5 เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน	75
4-50 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 6 เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน	76
4-51 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 7 เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน	76
4-52 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 8 เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน	77
4-53 แผนภูมิแสดงการด้านทานการกัดกร่อนด้วยกรรมวิธี ASTM D4627 ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นเมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน	77
4-54 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 1 เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	78
4-55 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 2 เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	78
4-56 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 3 เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	79
4-57 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4 เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	79
4-58 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 5 เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	80
4-59 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 6 เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	80
4-60 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 7 เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	81
4-61 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 8 เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	81

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-62 แผนภูมิแสดงการต้านทานการกัดกร่อนด้วยกรรมวิธี ASTM D4627 ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น เมื่อเวลาผ่านไป 21 วัน	82
4-63 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของความเรียบผิวเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน ที่อัลฟา 0.35	84
4-64 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของความเรียบผิวเทียบกับค่ามาตรฐาน ที่อัลฟา 0.35	84
4-65 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของความเรียบผิวเทียบกับระดับของตัวแปร	85
4-66 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของความเรียบผิว	85
4-67 แผนภูมิเรตาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 1	86
4-68 แผนภูมิเรตาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 2	86
4-69 แผนภูมิเรตาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 3	87
4-70 แผนภูมิเรตาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4	87
4-71 แผนภูมิเรตาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 5	88
4-72 แผนภูมิเรตาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 6	88
4-73 แผนภูมิเรตาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 7	89
4-74 แผนภูมิเรตาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 8	89

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

STP (Standard Temperature and Pressure)	: ค่ามาตรฐานที่ใช้ในการทำการทดลองที่ความดันสัมบูรณ์ 100 kPa และอุณหภูมิ 273.15 °K
PPM (Part per Million)	: หนึ่งในล้านส่วน
แตรมพ์ออยล์ (Tramp Oil)	: น้ำมันชนิดอื่นที่ไม่ใช่น้ำหล่อเย็นที่อยู่ในน้ำหล่อเย็น

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำหล่อเย็นเป็นสิ่งที่ถูกใช้แพร่หลายในการผลิตทั่วไปเช่น การกลึง การกัด การเจียรในหน้าที่หลักของน้ำหล่อเย็น คือการควบคุมอุณหภูมิ ระบายความร้อนและหล่อลื่นเพื่อยืดอายุคมตัด หน้าที่รองของน้ำหล่อเย็น คือการนำเศษตัดออกจากบริเวณตัดเฉือนเพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพผิวตามที่ต้องการและลดการพอกของเศษบริเวณคมมีด (Built up Edge) การติดตามและรักษา สภาพ ของน้ำหล่อเย็น โดยการควบคุมความเข้มข้น ซึ่งการจัดการน้ำหล่อเย็นที่เสื่อมสภาพ จึงเป็นปัญหาที่สำคัญ เนื่องจากน้ำหล่อเย็นที่เสื่อมสภาพเป็นมลพิษที่เกิดกับสิ่งแวดล้อม ซึ่งทางผู้ทำวิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงได้ทำการวิจัยหาแนวทางและวิธีการ เพื่อยืดอายุการใช้งานของน้ำหล่อเย็น

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของน้ำหล่อเย็น พร้อมทั้งหาแนวทางในการยืดอายุน้ำหล่อเย็น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 หาดัชนีพารามิเตอร์ที่ทำให้อายุของน้ำหล่อเย็นยาวที่สุด

1.3.2 ชนิดของน้ำหล่อเย็นที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นน้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ ยี่ห้อหนึ่งที่มีขายในท้องตลาด โดยกำหนดความเข้มข้น 30 : 1 โดยใช้เครื่องมือวัดความเข้มข้นของสารละลาย (Refractometer) ในการตรวจสอบส่วนผสมและผสมกับน้ำซึ่งมีความกระด้างไม่เกิน 700 ppm (Part per Million)

1.3.3 ทำการวัดสภาพน้ำหล่อเย็น โดยการใช้งานภายใต้กรรมวิธีการผลิตแบบคมตัดเดี่ยว (Single Cutting Edge) ด้วยวิธีการกลึงภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

1.4 วิธีการวิจัย

1.4.1 เตรียมตัวอย่างน้ำหล่อเย็นเพื่อทำการวิเคราะห์ในห้องทดลอง

1.4.2 ทำการทดสอบครั้งที่ 1 โดยการแบ่งตัวอย่างในการวิจัยออกเป็น 10 ตัวอย่าง ปริมาณตัวอย่างละ 0.9 ลิตรโดยแบ่งเป็น

ตารางที่ 1-1 ตัวอย่างน้ำหล่อเย็นที่เตรียมทำทดลอง

ตัวอย่างที่	น้ำหล่อเย็น ความเข้มข้น 30 : 1	แตรัมมอย 10 %	เศษเหล็ก 3,000 ppm	อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	ฟองอากาศ
1	X				
2	X	X			
3	X	X	X		
4	X	X	X	X	
5	X	X	X	X	X
6	X		X		
7	X	X		X	
8	X		X	X	
9	X	X		X	X
10	X		X	X	X

1.4.3 ทดลองให้ในงานจริงแล้วติดตามสภาพ โดยการกลึงเพลเหล็ก St.37 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 mm. โดยควบคุมความเร็วตัด 150 เมตรต่อนาที และความลึกในการตัดเฉือน 1 mm. โดยนำชิ้นงานที่ได้มาตรวจสอบค่าความเรียบผิว

1.5 ประโยชน์ของการวิจัย

สามารถยืดอายุการใช้งานน้ำหล่อเย็น

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ประเภทของน้ำมันหล่อเย็น [1]

2.1.1 น้ำมันอย่างเดี่ยว ประกอบด้วยน้ำมันแร่และสารเพิ่มประสิทธิภาพ เหมาะกับงานที่ต้องการการหล่อลื่นสูง เช่น งานกัดเฟืองเกียร์ งานเซาะร่อง และงานเจาะรูลึก เป็นต้น น้ำมันประเภทนี้จะป้องกันการกัดกร่อนได้ดี

2.1.2 น้ำมันหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ ประกอบด้วยน้ำมันแร่ 60-90% เวลาใช้งานต้องผสมน้ำในอัตราส่วนประมาณ 1 : 30 ซึ่งจะได้ของเหลวคล้ายนม มีใช้งานกว้างขวางในโรงงานอุตสาหกรรม มีหลายเกรดให้เลือกใช้ โดยมากใช้กับงานเครื่องกลทั่วไป ความเข้มข้นที่ใช้จะอยู่ที่ประมาณ 3-10% เมื่อใช้งานไปนานๆ แคลที่เรียกจะเติบโตขึ้นและเป็นสาเหตุทำให้เกิดกลิ่นเหม็นเน่า นอกจากนี้ น้ำหล่อเย็นประเภทนี้ ยังสามารถผสมเข้ากับคราบน้ำมันที่ปนเข้ามาทำให้ น้ำมันค่อนข้างสกปรกเมื่อเทียบกับน้ำมันหล่อเย็นชนิดอื่น

2.1.3 น้ำมันหล่อเย็นสังเคราะห์ จะไม่มีส่วนผสมของน้ำมันแร่ เวลาใช้งานต้องผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1 : 20 ซึ่งจะได้ของเหลวที่ใส มีความสามารถในการถ่ายเทความร้อนได้ดีและสะอาด เป็นน้ำหล่อเย็นที่เหมาะสมกับการใช้งานเจียรไน ที่ต้องการงานที่ระเอียด หินเจียรไนที่ยังคงสภาพดีหลังจากการใช้งานและไม่ทำให้ชิ้นงานไหม้ ทั้งสามารถต้านทานการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ดี มีความใสทำให้สามารถมองเห็นชิ้นงานได้ชัดเจนขณะปฏิบัติงาน

2.1.4 น้ำมันหล่อเย็นกึ่งสังเคราะห์ ประกอบด้วยน้ำมันแร่ 5-40% เวลาใช้งานต้องผสมน้ำในอัตราส่วน 1 : 20 ซึ่งจะได้ของเหลวขุ่นไม่ทึบแสง มีคุณสมบัติคล้ายกับน้ำหล่อเย็นธรรมดา และแบบสังเคราะห์ เหมาะกับการใช้งานกับเครื่องจักรเครื่องเดียวหรือหลายเครื่อง

2.2 ส่วนประกอบของน้ำมันหล่อเย็นชนิดผสมน้ำ [1]

แม้ว่าน้ำมันแร่ที่เป็นส่วนประกอบหลักจะสามารถแทนที่ได้ด้วยน้ำมันสังเคราะห์ เช่น น้ำมันในกลุ่ม โพลีอัลฟาโอเลฟิน หรือ อัลคิลเบนซินทำละลายกับไขมัน หรือ อีสเตอร์สังเคราะห์ ซึ่งในบางกรณีการใช้น้ำมันสังเคราะห์จะถูกจำกัดการใช้ในบางบริเวณ แต่ในกรณีที่ใช้เอสเตอร์สังเคราะห์ หรือไขมันธรรมชาติจะถูกใช้บ่อยกว่า ซึ่งโดยทั่วไปแล้วน้ำหล่อเย็นชนิดผสมน้ำสามารถผลิตได้จากทั้ง พาราฟิน หรือน้ำมันแนฟทีน

2.2.1 สารอิมัลซิไฟเออร์ เป็นสารเคมีที่อยู่ในกลุ่มสารลดแรงตึงผิว ซึ่งในน้ำหล่อเย็น สารอิมัลซิไฟเออร์ จะมีหน้าที่ทำให้น้ำมันมีความสามารถในการรวมตัวกับน้ำ โดยที่จะแบ่งสารอิมัลซิไฟเออร์ออกได้เป็นประเภทดังนี้คือ

2.2.1.1 แอนไอออนิก อิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งที่ใช้กับน้ำหล่อเย็นและใช้กับงานประเภทอื่น เช่น สบู่ ซึ่งมีส่วนประกอบของโซเดียม หรือเกลือโปแทสเซียม ตัวอย่างของสารอิมัลซิไฟเออร์ของกลุ่มนี้คือ กรดสเตอรอลและกรดโอเลอิก ซึ่งเป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในการผสมน้ำมันลงในน้ำ ซึ่งสารอิมัลซิไฟเออร์ในกลุ่มนี้ ซึ่งคุณสมบัติสำคัญของสารไอออนิกอิมัลซิไฟเออร์ที่เป็นสบู่ของเอมายด์ และสบู่ของโซเดียมคือไม่สามารถรวมตัวกับน้ำที่มีเกลือของแมกนีเซียมและออลอนของแคลเซียม

2.2.1.2 คาร์ทีออนิก อิมัลซิไฟเออร์

2.2.2 สารป้องกันการกัดกร่อน

2.2.3 สารรักษาเสถียรภาพ

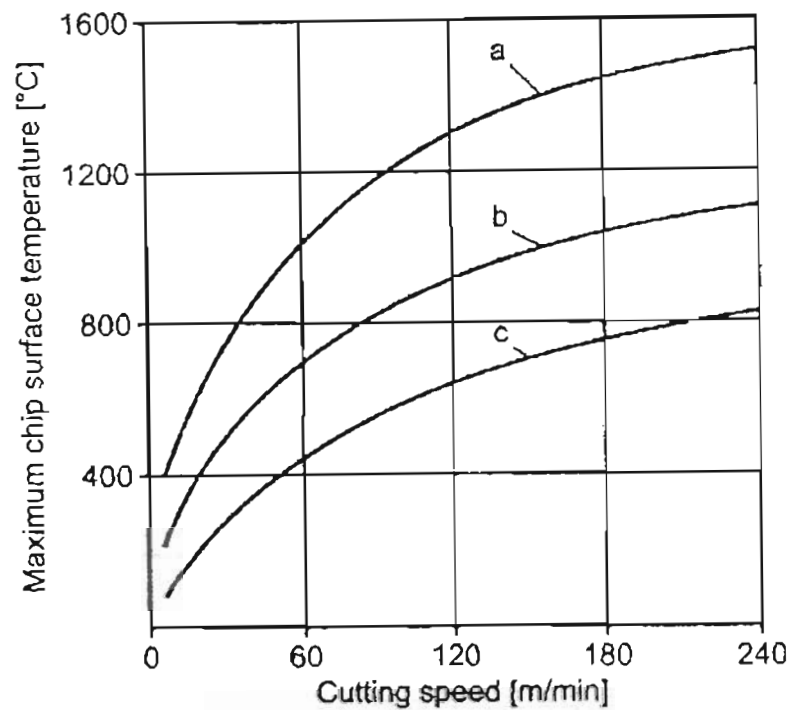
2.2.4 สารลดการเกิดฟอง

2.3 หน้าที่ของน้ำหล่อเย็น [2]

โดยทั่วไปหน้าที่ของน้ำหล่อเย็นจะแบ่งออกเป็น

2.3.1 การหล่อเย็นได้มีแนวความคิดหลายความคิดเกี่ยวกับกลไกการทำงานของน้ำหล่อเย็น ว่าการระบายความร้อนจะช่วยลดการสึกหรอของคมตัดที่ความเร็วตัดสูง อย่างไรก็ตามน้ำหล่อเย็นไม่สามารถที่จะแทรกเข้าไประหว่างตัวชิ้นงานและคมตัดได้จึงไม่ก่อให้เกิด ผลในทางไทรโบโลยี

2.3.2 การหล่อเย็นโดยทั่วไปการหล่อเย็น และการหล่อเย็นจะมีผลซึ่งกันการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของวัสดุโดยอุณหภูมิจะมีผลกระทบถึงค่าความเสียดทาน ซึ่งการหล่อเย็นนั้นจะมีความสำคัญกับการสึกหรอของคมตัดเมื่ออุณหภูมิตัดเข้าใกล้จุดอ่อนตัวของวัสดุคมตัด โดยจะแสดงตัวอย่างดังในภาพที่ 2-1 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นบนผิวตัด ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วตัดและความหนาของเศษตัด โดยที่ความสามารถของน้ำหล่อเย็นคือความสามารถในการกระจายความร้อนขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น โดยเฉพาะความสามารถประสิทธิภาพในการส่งถ่ายความร้อนและความสามารถในการกักเก็บความร้อน โดยเฉพาะสภาพของการไหลและประสิทธิภาพในการส่งถ่ายความร้อนนั้นจะเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนนั้นสามารถที่จะมีอิทธิพลอย่างมากจาก สารปรุงแต่งที่เติมลงไป และการระเหยกลายเป็นไอ ซึ่งคุณสมบัติทางความร้อนและประสิทธิภาพในการส่งถ่ายความร้อนของน้ำนั้น ทำให้ความสามารถในการระบายของน้ำหล่อเย็นชนิดผสมน้ำนั้นมีความสามารถในการระบายความร้อนได้สูงกว่าน้ำมันหล่อเย็นชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะคุณสมบัติในการเป็นไอของน้ำนั้นจะสามารถดึงความร้อนออกไปได้มากกว่า ดังแสดงในตารางที่ 2-2 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของคุณสมบัติทางความร้อนของน้ำมันแร่และน้ำ โดยที่ค่าของน้ำหล่อเย็นที่มีความเข้มข้นต่ำนั้นจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำ โดยที่อิทธิพลของน้ำหล่อเย็น ต่ออุณหภูมิตัดเฉือนเมื่อใช้การหล่อเย็นแบบเปียก แสดงไว้ดังในภาพที่ 2-2 อย่างไรก็ตามนั้นไม่ได้แสดงถึงการที่สามารถลดอุณหภูมินั้นจะมีผลถึงการลดลงของค่าแรงเสียดทาน โดยที่ภาพที่ 2-3 แสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิของคมตัด



a ความหนาของเศษตัด 0.062 มม.

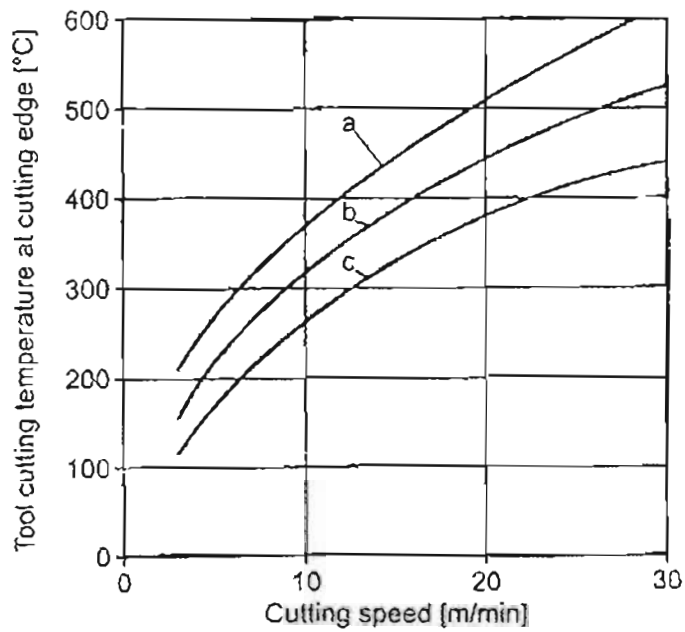
b ความหนาของเศษตัด 0.25 มม.

c ความหนาของเศษตัด 1.0 มม.

ภาพที่ 2-1 อุณหภูมิของเศษตัด [1]

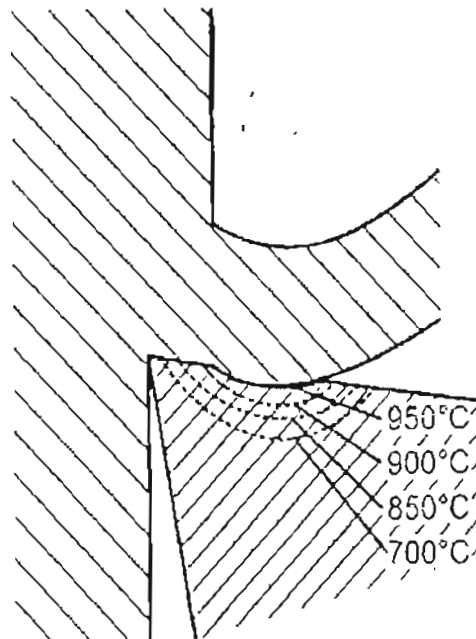
ตารางที่ 2-1 ประสิทธิภาพในการส่งถ่ายความร้อนและความสามารถในการกักเก็บความร้อน [1]

	Mineral Oil	Water
Thermal Conductivity, $\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$	0.1	0.6
Heat Capacity, $\text{kW s kg}^{-1} \text{K}^{-1}$	1.9	4.2
Heat of Vaporization at 40 °C, kW s kg^{-1}	-	2400



- a การตัดเฉือนแบบแห้ง
- b ใช้น้ำมันตัดเฉือนแบบน้ำมันล้วน
- c ใช้น้ำมันตัดเฉือนแบบผสมน้ำที่ ความเข้มข้น 10%(V/V)

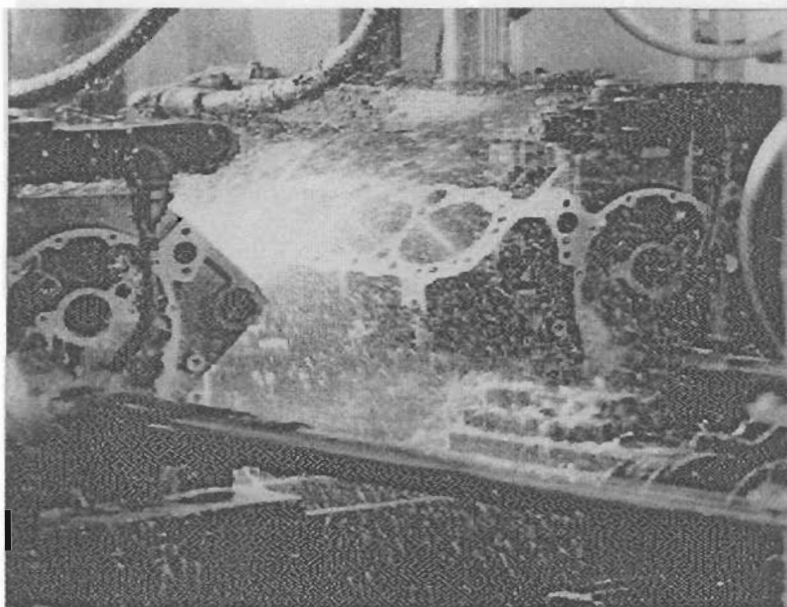
ภาพที่ 2-2 อุณหภูมิของคมตัด ที่ความเร็วตัดต่างกัน [1]



ภาพที่ 2-3 อุณหภูมิของคมตัด [1]

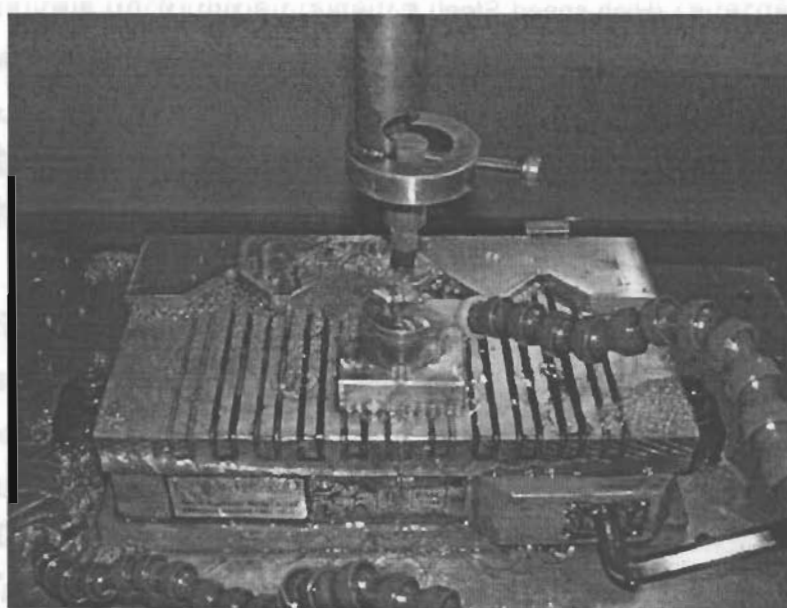
2.4 วิธีการนำน้ำหล่อเย็นไปใช้งาน [2]

2.4.1 การหล่อเย็นแบบท่วม ดังภาพที่ 2-4



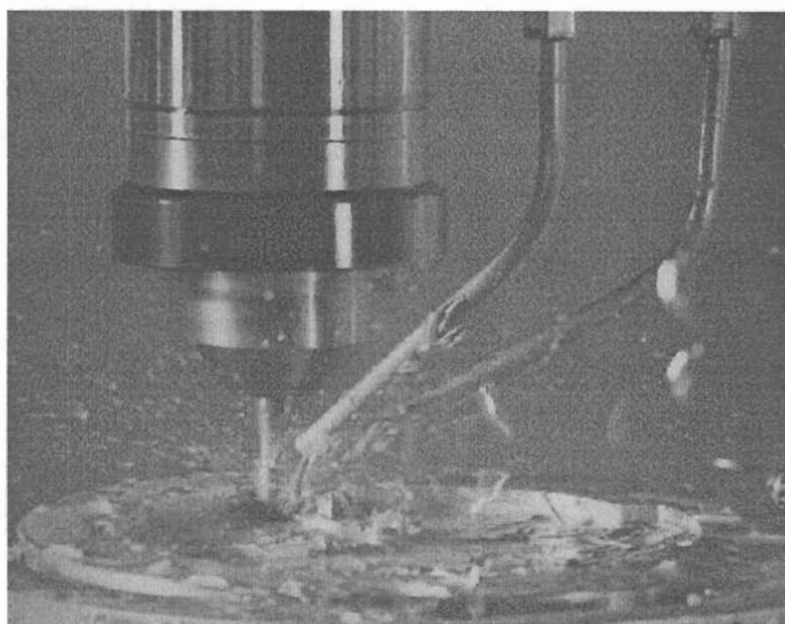
ภาพที่ 2-4 การหล่อเย็นแบบท่วม [2]

2.4.2 การหล่อเย็นแบบแช่ ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 การหล่อเย็นแบบแช่ [2]

2.4.3 การหล่อเย็นแบบละออง หรือการหล่อเย็นแบบพ่น ดังภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 การหล่อเย็นแบบละออง หรือการหล่อเย็นแบบพ่น [2]

2.5 ความสำคัญของน้ำหล่อเย็นกับชนิดของวัสดุคมตัด [1]

ซึ่งจะสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายในการตัดเฉือนลดลง และเหมาะสมกับวัสดุคมตัด

2.5.1 เหล็กโรบสูง (High-speed Steel) ซึ่งมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับ สเตนเลสชนิดมีโลหะเจือสูง เช่น โครเมียม ทังสเตน และวานาเดียม ข้อดีของวัสดุคมตัดชนิดนี้อยู่ที่ความแข็งแรงและความสามารถในการขึ้นรูปเพื่อที่จะผลิต เป็นวัสดุคมตัด ซึ่งสามารถที่จะเพิ่มคุณสมบัติได้โดยการเคลือบผิวโดยกรรมวิธี PVD ซึ่งปัจจุบันกำลังโนแทนที่โดย วัสดุคาร์ไบด์ เนื่องจากเหล็กโรบสูงจะเสียความแข็งแรงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น การหล่อเย็นเปียกนั้นเป็นการหล่อเย็นที่แนะนำให้ใช้กับวัสดุคมตัดชนิดนี้

2.5.2 คาร์ไบด์ (Cemented Carbide Metals) ซึ่งเป็นวัสดุที่ถูกนำมาพร้อมกับตัวประสานในทางกรรมวิธี เพอร์เดอร์ เมทัลโลยี (Powder Metallurgy) ในที่นี้ส่วนประกอบของเหล็กจะให้ความเหนียวและส่วนของคาร์ไบด์จะให้ความแข็งแรง โดยซีเมนต์เต็ดคาร์ไบด์ (Cemented Carbide) จะมีความแข็งแรงที่สูงเหนือกว่าเหล็กโรบสูง สิ่งที่สำคัญในการผลิตวัสดุคมตัดขึ้นอยู่กับคาร์ไบด์ของทังสเตน (WC) และคาร์ไบด์ของไทเทเนียม (TiC) โดยที่ ไทเทเนียมคาร์ไบด์ที่มีนิกเกิลเป็นตัวประสานจะถูกเรียกว่าเซอ์เมต (Cermet) การอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงในทันทีทันใดเป็นเรื่องที่ต้องระวัง ในกรณีที่ใช้มันมันกลึงตัดชนิดน้ำมันล้นโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิทันทีทันใดจะน้อยกว่า

2.5.3 คาร์ไบด์ชนิดที่มีการเคลือบผิว (Coated Carbide Metals) คาร์ไบด์ที่มีการเคลือบผิวชั้นนอกด้วยโลหะแข็งนั้นจะมีความสามารถในการต้านทานการสึกหรอสูงกว่า การเคลือบผิวด้วยไทเทเนียมนั้น จะมีคุณสมบัติที่ดีกว่าการเคลือบผิวด้วยกรรมวิธี CVD (Chemical Vapor Deposition) ซึ่งการเลือกใช้น้ำมันตัดกลึงนั้นจะเหมือนกับการเลือกใช้น้ำมันตัดกลึงสำหรับใช้กับคาร์ไบด์ (Cemented Carbide Metals)

2.5.4 เซรามิก (Ceramic Materials) โดยทั่วไปเซรามิกเป็นชื่อเรียกโดยทั่วไปของวัสดุชนิดนี้ อลูมินัม ออกไซด์ (Al_2O_3) ซินเตอร์เข้ากับโลหะและ คาร์ไบด์ที่อุณหภูมิสูงโดยใช้กรรมวิธีเดียวกับการผลิตคาร์ไบด์ ซึ่งผลที่ได้คือวัสดุคมตัดที่มีความแข็งแรงและต้านทานการสึกหรอในอุณหภูมิที่สูงกว่า คาร์ไบด์ปรกตินอกจากนี้ ยังมีปฏิกิริยาไวต่อ ซึ่งโดยทั่วไปจะไม่ใช้การหล่อเย็นในการทำงาน อย่างไรก็ตามการใช้น้ำหล่อเย็นจะถูกใช้บ่อยๆ เพื่อหล่อเย็นให้มีอุณหภูมิคงที่และป้องกันการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทันทีทันใด

2.5.5 คิวบิกโบรอนไนไตรด์ (Cubic Boron Nitride) หรือเรียกอย่างสั้นๆ ว่า CBN ซึ่ง CBN นั้นมีความแข็งเป็นที่สอง รองจากเพชรจากการเฝ้าสังเกตนั้นเราพบว่ามีการใช้ CBN เพิ่มขึ้นเพื่อทดแทนการใช้คาร์ไบด์ ซึ่งทำให้การผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าการใช้วัสดุเซรามิก ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะเน้นการตัดเฉือนแบบแห้ง

2.5.6 โพลีคริสตัลไลน์ ไดมอนด์ (Polycrystalline Diamond) ซึ่งเป็นวัสดุคมตัดที่แข็งที่สุด เกิดจากการซินเตอร์ของวัสดุเมทัลเมตริกซ์ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จะใช้ในงานตัดเฉือนเบาถึงปานกลาง ในงานตัดเฉือนอลูมิเนียม โดยที่จะใช้ความเร็วตัดมากกว่า 1,000 เมตร/นาที สามารถใช้ผิวสำเร็จที่ดี โดยที่การใช้เซรามิกนั้นจะมีผลกระทบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิทันทีทันใด ซึ่งโดยทั่วไปนั้นจะการใช้การตัดเฉือนแบบแห้ง

2.6 การเลือกน้ำหล่อเย็นให้เหมาะสมกับวิธีการตัดเฉือน [1]

ในการจัดหมวดหมู่ของน้ำหล่อเย็นกับประเภทของกรรมวิธีการตัดเฉือน และเงื่อนไขการตัดเฉือนที่ต่างกัน (ยกตัวอย่าง เช่น วัสดุ อัตราการป้อน ความเร็วตัด) ได้มีความพยายามในการเลือกและรวบรวมมาจากคู่มือของผู้ผลิตน้ำหล่อเย็น อย่างไรก็ตามตารางนี้อาจจะแตกต่างจากการใช้งานจริง ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นการแบ่งหมวดหมู่ออกเป็นหยาบๆ แม้ว่าจะมีการแบ่งประเภทน้ำมันตัดกลึงออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ออกเป็น แบบผสมน้ำ และแบบน้ำมันล้วน ซึ่งโดยทั่วไปก็ไม่มีตัวบ่งชี้ โดยเฉพาะว่าแบบไหนเหมาะสมกว่ากันในการเลือกใช้ ซึ่งในการใช้งานน้ำมันหล่อเย็นทั้ง สองแบบนี้มีความสามารถในการทำงานได้พอๆ กัน เช่นในกรณีของการรีมมิ่ง, การเจาะรูลึก หรือ การฮอว์นนิ่ง ซึ่งน้ำมันตัดเฉือนชนิดน้ำมันล้วนจะผลลัพธ์ที่ดีกว่า ทำให้มีการใช้น้ำมันตัดเฉือนชนิดน้ำมันล้วนมากกว่า ซึ่งในบางกรณีก็เลือกใช้อาจจะมาจากการที่

สีลของเครื่องจักรไม่ได้ออกแบบมาใช้กับน้ำมันตัดเฉือนชนิดผสมน้ำ ซึ่งในการเลือกใช้ประเภทของน้ำมันตัดเฉือนให้เหมาะสมนั้น จะมาจากความประหยัด ซึ่งในการใช้น้ำหล่อเย็นแบบมีส่วนกลาง ค่าใช้จ่ายของน้ำหล่อเย็น จะค่าใช้จ่ายในการดูแล เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง ซึ่งในปัจจุบัน ยกตัวอย่างเช่นในการผลิตที่ต่อเนื่องซึ่งมีระดับความยากง่ายในการตัดเฉือนต่างกัน งานตัดเฉือนที่ยากเหมือนกัน จะใช้น้ำมันตัดเฉือนที่เหมือนกันเพื่อที่จะได้จัดหมวดหมู่ในการใช้น้ำหล่อเย็นให้เป็นชนิดเดียวกัน สิ่งที่สำคัญเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุชิ้นงานเมื่อทำการเลือกใช้น้ำมันตัดเฉือนโดยที่เลือกจากค่า ความเครียดและค่าความแข็งของวัสดุชิ้นงาน โดยใช้ค่าดัชนีในการตัดเฉือน โดยอ้างอิงจากวัสดุมาตรฐานและเงื่อนไขการตัดเฉือนที่ใกล้เคียงกัน โดยกำหนดให้ค่าอ้างอิง เป็น 100 แล้วให้วัสดุชนิดอื่นมีค่าดัชนีการตัดเฉือนเป็น ระดับชั้นต่างกันไป ขึ้นอยู่กับค่าอายุงานของคมตัด ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ดัชนีการตัดเฉือน [1]

Materials	Materials (Selected examples)	Machinability index group (approximate average values)
Group 1	Free cutting steels Unalloyed and low alloyed hardened and annealed steels (C 15, C 35, 16MnCr5) - Automatic machine steels (9S20, 9SMnPb23) - Construction steels (St37, St60)	80
Group 2	Difficult to machine steels - High alloyed hardened and annealed steels (24CrMo5, 42CrMo4) - High alloyed chromium steels (X8Cr17, X40Cr13) - High alloyed chromium nickel steels (15CrNi6, 18CrNi8) - Rust and acid resistant chromium nickel steels (X2CrNi189, X10CrNiMoNb1810) - Cast steel (GS-Ck16, GS-37SiMn75)	50

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

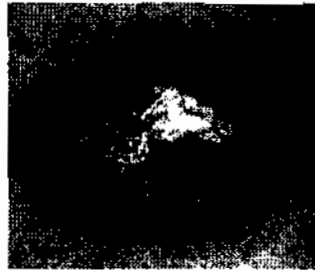
Materials	Materials (Selected examples)	Machinability index group (approximate average values)
Group 3	Most difficult to machine special materials - Nickel and nickel alloy (NiCr10, NiCr1820) - Manganese and silica-manganese steels (40MsCr22, 65SiMn5) - Chromium molybdenum steels (24CrMo5, X6CrMo4) - Silicon steels (38Si6, 55Si7) - Titanium and titanium alloy (TiAl6V4, TiAl7Mo4)	25
Group 4	Gray and tempered cast iron (GG-25) GTS-45)	60 to 110
Group 5	Non-ferrous metals - Copper and copper alloys (G-Ms65, G-CuSn10Zn)	100 to 600
Group 6	Light metals - Aluminum and magnesium alloy (AlMg5, AlMgSi1)	300 to 2000

2.7 หลักการตรวจสอบสภาพของน้ำหล่อเย็น [2]

น้ำมันหล่อเย็นจะมีอายุขึ้นอยู่กับการใช้งานและสภาพแวดล้อมที่ใช้งานเนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมันหล่อเย็นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาบางกรณีน้ำหล่อเย็นชนิดเดียวกันอาจมีส่วนประกอบต่างกันเมื่อใช้ในสภาพแวดล้อมที่ต่างกัน

2.7.1 ความเข้มข้นของน้ำมันที่ผสม ความเข้มข้นของน้ำมันที่ผสมนั้นจะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของน้ำหล่อเย็น ความเข้มข้นที่เหมาะสมจะสามารถเพิ่มอายุคมตัดให้มีอายุงานที่นานขึ้นและเป็นตัวป้องกันอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ความเข้มข้นที่สูงนั้นจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการใช้น้ำหล่อเย็นและ ลดการกระจายความร้อน เกิดฟอง เพิ่มโอกาสที่จะเกิดการพอกคมตัด (BUE) ภาพที่ 2-7 และการที่น้ำหล่อเย็นที่มีความเข้มข้นสูงระเหยนั้น ไอระเหยจะมีความเป็นพิษสูงกว่าน้ำหล่อเย็นที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า เหตุผลที่ความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็นสูงขึ้นเนื่องจากน้ำระเหยเป็นไอในระหว่างกระบวนการใช้งาน น้ำหล่อเย็นที่มีความเข้มข้นต่ำจะมีการหล่อลื่นไม่ดี ส่งผลทำให้อายุการใช้งานของคมตัดมีอายุงานลดลง เพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเพิ่มโอกาสที่จะเกิดสนิมกับโลหะที่สัมผัสกับน้ำหล่อเย็น สารเคมีบางอย่างหรือกระบวนการ

ทางกายภาพบางอย่างมีอิทธิพลที่ทำให้ความเข้มข้นของน้ำมันหล่อเย็นลดลง เช่นการที่น้ำมันหล่อเย็นติดกับชิ้นงานออกไป หรือการเสื่อมสภาพเนื่องจากความร้อนในขณะที่ใช้งาน ซึ่งกรรมวิธีที่เราจะตรวจสอบหาค่าความเข้มข้นนั้นเราจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า รีแฟคโทมิเตอร์ (Refractometer) ความเข้มข้นที่เราทำการวัดจะขึ้นอยู่กับค่าดัชนีการหักเหแสงของของเหลวที่มีความเข้มข้นต่างกัน



ภาพที่ 2-7 การเกิดการพอกครมดัด (BUE) ของดอกสว่าน [2]

2.7.2 ค่า pH ค่า pH นั้น จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำหล่อเย็น ซึ่งค่าความเป็นกรดต่าง นั้น จะแสดงถึงความเข้มข้นของ ไฮโดรเจนไอออน ($\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$) แท้จริงแล้ว เป็นการวัดค่าความเป็นกรด ต่าง ของของเหลว โดยที่ค่า pH ที่เป็นกลางคือ 7 โดนครค่า pH ที่ต่ำกว่านั้น จะมีความเป็นกรด ถ้าสูงกว่า 7 นั้น จะเป็นด่าง ขอบเขตของค่า pH ที่แนะนำสำหรับน้ำหล่อเย็นจะอยู่ที่ 8.8-9.2 โดยค่า pH ที่ต่ำกว่า 8.0 นั้นแสดงว่าน้ำหล่อเย็นนั้นเสื่อมประสิทธิภาพความสามารถป้องกันการกัดกร่อนลดลง และมีการเกิดจุลินทรีย์มากขึ้น ถ้าค่า pH มากกว่า 9.5 จะมีความเสี่ยงที่จะเกิดการระคายเคืองที่ผิวหนังและจะเกิดการอักเสบที่ผิวหนัง การใช้กระดาษลิตมัส เป็นการตรวจสอบค่า pH ที่ถูกและให้ผลเร็ว ซึ่งนำแถบที่ใช้วัดจุ่มลงในน้ำหล่อเย็นสีของแถบวัดนั้นจะเปลี่ยนไปตามค่า pH แต่วิธีนี้ไม่ค่อยมีความเที่ยงตรงและไม่สามารถทำนายปริมาณจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำหล่อเย็นได้ วิธีการวัดค่า pH อีกวิธีและใช้กันบ่อยคือการใช้ pH มิเตอร์ ซึ่งมีราคาแพงกว่าแต่ให้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ

2.7.3 การปนเปื้อนจุลชีวะ สามารถตรวจสอบได้โดยการตรวจปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำหล่อเย็น โดยที่ STP (Standard Temperature and Pressure) น้ำหล่อเย็นที่หมุนเวียนนั้นสามารถละลายออกซิเจนได้ประมาณ 9 ppm โดยที่ ปริมาณออกซิเจนเป็นสิ่งสำคัญในการเจริญเติบโตของจุลชีวะชนิดที่ใช้ออกซิเจน ซึ่งการปนเปื้อนจุลินทรีย์นั้น จะก่อให้เกิดปัญหาหลายอย่างเช่น

2.7.3.1 ลดความเสถียรของการผสมกันระหว่างน้ำมันตัดเฉือนกับน้ำ ซึ่งจะทำให้เกิดการแยกตัว

2.7.3.2 ลดความเสถียรของน้ำหล่อเย็นจนเกิดกรด ซึ่งกรดที่เกิดจากจุลินทรีย์นั้น ทำให้ค่า pH ลดต่ำลงซึ่งในกรณีนี้จะทำให้สาร อิมัลซิไฟเออร์ชนิดที่เป็น แอนไอออนิก อิมัลซิไฟเออร์ นั้นเกิดการไม่เสถียรทำให้เกิดการแยกตัว

2.7.3.3 ปัญหาการกัดกร่อนเนื่องจากค่า pH ที่ลดลงทำให้สารต่อต้านการกัดกร่อน เกิดการสลายตัว

2.7.3.4 เกิดชีโคลนขึ้นในระบบทำให้ไปขวางทางในระบบหมุนเวียน หรือทำให้ไส้กรองตัน

2.7.3.5 ทำให้น้ำหล่อเย็นมีสีดำ และทำให้เกิดกลิ่นเหม็น

2.7.3.6 ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพแก่ผู้ปฏิบัติงาน

ซึ่งจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในน้ำหล่อเย็นนั้นจะอาศัยอินทรีย์สารที่อยู่ในน้ำหล่อเย็นเป็นอาหาร เช่น NO_3^- ในน้ำที่ผสมเป็นแหล่งของ ไนโตรเจน นอกเหนือจากนั้นยังมีไนโตรเจนที่อยู่ใน สารป้องกันการกัดกร่อน นอกจากจุลินทรีย์ที่พบได้อีกคือ เชื้อราซึ่งเชื้อราจะแบ่งออกได้เป็น เชื้อราและยีสต์ โดยเฉพาะ ยีสต์เราทำลายได้ยากกว่าเชื้อจุลินทรีย์

2.7.4 การทดสอบการกัดกร่อน คุณสมบัติการป้องกันการกัดกร่อนของน้ำหล่อเย็นนั้น สำคัญมากในการป้องกันการกัดกร่อนของชิ้นงานหลักที่สัมผัสกับน้ำหล่อเย็น ซึ่งสารอิมัลซิไฟเออร์ ชนิดแอนไอออนิก จะเป็นตัวป้องกันการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้น โดยเฉพาะน้ำหล่อเย็นที่ไม่มี น้ำมันแรมจะมีปัญหาที่มาก ซึ่งสารป้องกันการกัดกร่อนจะแบ่งออกเป็นดังที่แสดงในตารางที่ 2-3 ซึ่งส่วนผสมของน้ำหล่อเย็นแบบไม่มีน้ำมันแรมจะมีดังตัวอย่างในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-3 สารป้องกันการกัดกร่อน [1]

Alkali and alkanolamine salts of carboxylic acids
Sulfonates
Alkali and alkanolamine salts of naphthenic acids (naphthenates)
Amine
Amide
Benzoic acid derivative (derivative of <i>p-tert</i> -butylbenzoic acid)
Amine salts, acidic phosphor acid ester
Boron compounds (boric acid amide)
Alkali nitrite (sodium nitrite)
Alkali carbonate
Carboxylic acid derivative
Alkylsulfonamide carboxylic acids
Arylsulfonamide carboxylic acids

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

Fatty sarkosides
Phenoxy derivatives
Sodium molybdate

ตารางที่ 2-4 ส่วนผสมของน้ำหล่อเย็นแบบไม่มีน้ำมันแร่ [1]

Inhibitor system, sulfonate-naphthenate-nitrite:	14.0	Mineral oil
	1.1	Sodium sulfonate
	1.6	Sodium naphthenate
	8.0	Naphthenic acid
	11.8	Monoisopropanolamine
	2.5	Sodium nitrite
	61.0	Water
Inhibitor system, borate-amide-carboxylate:	20.7	Mineral oil
	15.8	Water
	5.8	Sodium borate
	12.6	Block polymer from polypropylene ethylene oxide
	8.0	Fatty acid amide
	37.1	Alkanolamine salt of a carboxylic acid
Inhibitor system boramide:	30.0	Boric acid amide
	5.0	Polyolester
	10.0	Alkanolamine
	1.0	Biocide
	54.0	Water
Inhibitor system carboxylate:	30.0	Alkanolamine salts of a carboxylic acids
	10.0	Alkanolamine
	1.0	Biocide
	59.0	Water

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

Inhibitor system carboxylate:	25.0	Alkanolamine salt of oleic acids
	5.0	Hydrocarbons (mineral oil)
	5.0	Glycol
	1.0	Biocide
	64.0	Water

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

การวิจัยเพื่อการศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของน้ำหล่อเย็น พร้อมทั้งหาแนวทางในการยืดอายุน้ำหล่อเย็น

ขั้นตอนในการทำวิจัยเพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และส่งผลกระทบต่ออายุการใช้งานของน้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ โดยจะแยกทำการวิจัยออกเป็น 2 ช่วงคือ

1. การทดลองโดยกำหนดพารามิเตอร์ที่มีผลต่ออายุการใช้งาน
2. การทดลองโดยการใช้งานภายใต้กรรมวิธีการผลิตแบบคมตัดเดี่ยว (Single Cutting Edge) ด้วยวิธีการกลึงภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด

3.1 การทำการทดลองโดยกำหนดตัวแปรที่จะมีผลต่ออายุการใช้งาน

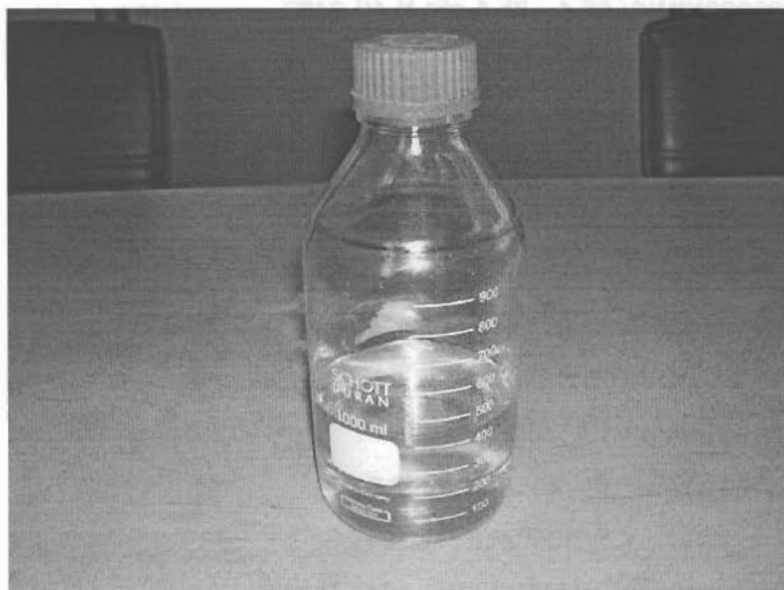
วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

1. น้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ (ภาพที่ 3-1) โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพ ดังนี้
 - 1.1 ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ = 1); 0.9196
 - 1.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH); 8.7
 - 1.3 จุดวาบไฟ: โดยกรรมวิธี Cleveland Open Cup >154 องศา
 - 1.4 ค่าความหนืด: 66.4 - 85.4 cSt ที่ 40 องศา
2. น้ำประปา โดยมีคุณสมบัติดังนี้
 - 2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH); 7.4
 - 2.2 ค่าความกระด้าง (Hardness); 68 ppm
 - 2.3 ค่า TDS; 162 mg/l
3. น้ำมันหล่อลื่นรางเลื่อน (ภาพที่ 3-2) โดยมีคุณสมบัติดังนี้
 - 3.1 ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ = 1); 0.8925
 - 3.2 จุดวาบไฟ: โดยกรรมวิธี PmCC >365 องศา
 - 3.3 ค่าดัชนีความหนืด; 105
 - 3.4 ค่าความหนืด: ที่ 40 องศา 68.3 cSt
ที่ 100 องศา 8.94 cSt
4. ขวดและภาชนะที่ใช้ในการผสมและทดลอง (ภาพที่ 3-3)
5. เครื่องวัดความเข้มข้นของส่วนผสม (Refractometer) (ภาพที่ 3-4)
6. เครื่องมือวัดค่า pH (pH meter) (ภาพที่ 3-5)

7. แถบวัดค่าความกระต่างของน้ำ (ภาพที่ 3-6)
8. บั้มลมที่ใช้ทำการทดลองซึ่งมีอัตราการไหล 5 ลิตร ต่อ นาที (ภาพที่ 3-7)
9. อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและให้ความร้อน (ภาพที่ 3-8)
10. เทอร์โมมิเตอร์ (ภาพที่ 3-9)
11. ผงตะไบเหล็กขนาด 90-125 ไมโครเมตร (ภาพที่ 3-10)



ภาพที่ 3-1 น้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ



ภาพที่ 3-2 น้ำมันหล่อลื่นรางเลื่อน



ภาพที่ 3-3 ขวดและภาชนะที่ใช้ในการผสมและทดลอง



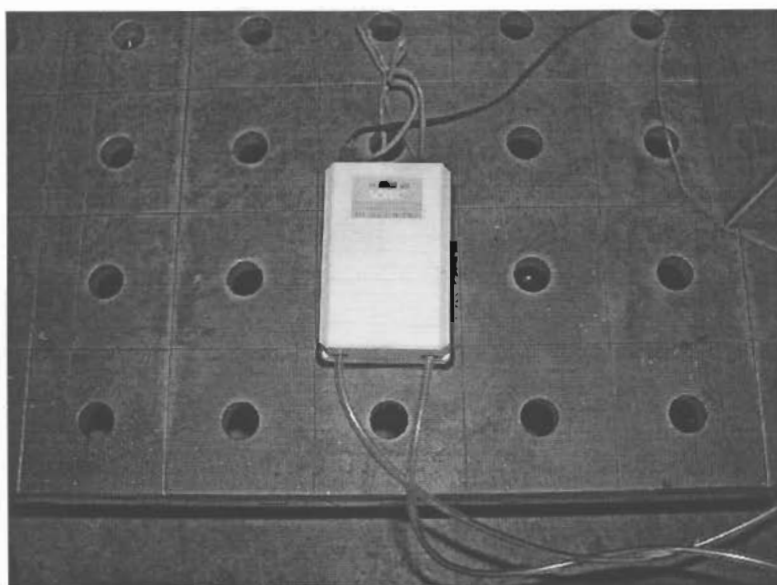
ภาพที่ 3-4 เครื่องวัดความเข้มข้นของส่วนผสม (Refractometer)



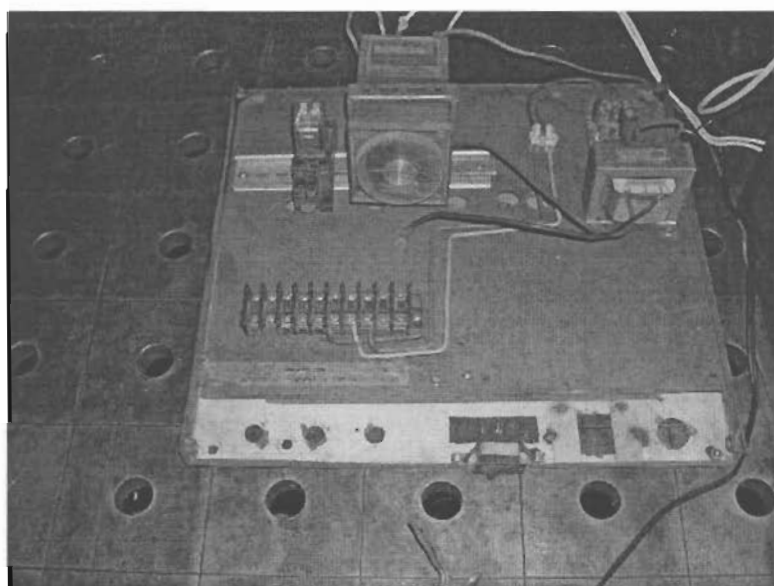
ภาพที่ 3-5 เครื่องมือวัดค่า pH (pH meter)



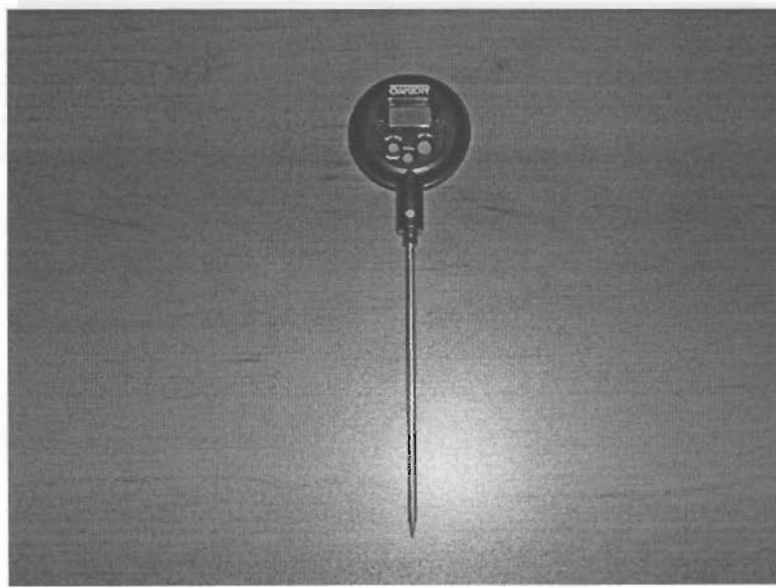
ภาพที่ 3-6 แอมป์วัดค่าความกระด้างของน้ำ



ภาพที่ 3-7 ปัมลมที่ใช้ทำการทดลองซึ่งมีอัตราการไหล 5 ลิตร ต่อ นาที



ภาพที่ 3-8 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและให้ความร้อน



ภาพที่ 3-9 เทอร์โมมิเตอร์



ภาพที่ 3-10 ผงตะไบเหล็กขนาด 90-125 ไมโครเมตร

โดยแบ่งขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ทำการผสมน้ำหล่อเย็นโดยนำตัวอย่างที่ผสมเสร็จแล้ววัดความเข้มข้นด้วย เครื่องวัดความเข้มข้นของส่วนผสม (Refractometer) โดยที่สเกลของเครื่องวัดความเข้มข้นต้องอยู่ที่ 3.3% เนื่องจากเราทำการผสมน้ำหล่อเย็นโดยกำหนดความเข้มข้นอยู่ที่ 30 : 1

2. นำน้ำหล่อเย็นที่ผสมเสร็จแล้วนำมาใส่เจอปน เพื่อให้ได้ตามได้โดยกำหนดให้ปริมาตรน้ำหล่อเย็นคือ 900 CC โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็น 10 ตัวอย่าง

2.1 น้ำหล่อเย็น

2.2 น้ำหล่อเย็น+ แทรมพ์ออยล์ 10%

2.3 น้ำหล่อเย็น+ แทรมพ์ออยล์ 10% + เศษเหล็ก 3,000 ppm

2.4 น้ำหล่อเย็น+ แทรมพ์ออยล์ 10% + เศษเหล็ก 3,000 ppm + ควนคุมอุณหภูมิ

55 องศา

2.5 น้ำหล่อเย็น+ แทรมพ์ออยล์ 10% + เศษเหล็ก 3,000 ppm + ควนคุมอุณหภูมิ

55 องศา + ฟันฟองอากาศ

2.6 น้ำหล่อเย็น+ เศษเหล็ก 3000 ppm

2.7 น้ำหล่อเย็น+ แทรมพ์ออยล์ 10% +ควนคุมอุณหภูมิ 55 องศา

2.8 น้ำหล่อเย็น+ เศษเหล็ก 3,000 ppm +ควนคุมอุณหภูมิ 55 องศา

2.9 น้ำหล่อเย็น+ แทรมพ์ออยล์ 10% +ควนคุมอุณหภูมิ 55 องศา+ ฟันฟองอากาศ

2.10 น้ำหล่อเย็น+ เศษเหล็ก 3,000 ppm +ควนคุมอุณหภูมิ 55 องศา + ฟันฟองอากาศ

3. โดยน้ำหล่อเย็น 900 CC จะมีน้ำหนัก 894 กรัม

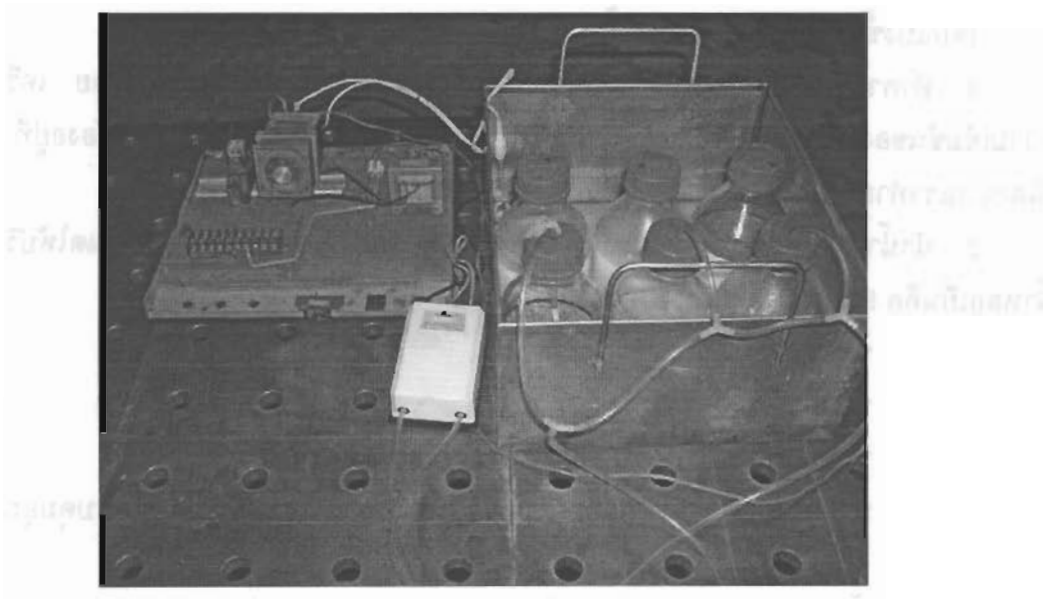
ผงตะไบเหล็ก 3,000 ppm จะมีน้ำหนักคือ $(894 \times 3,000) / 1,000,000 = 2.68$ กรัม

แทรมพ์ออยล์ ซึ่งใช้น้ำมันหล่อลื่นรางเลื่อน 10% = 90 CC

4. นำน้ำหล่อเย็นที่มีตัวแปรด้านอุณหภูมินำไปใส่ในถังน้ำ โดยให้น้ำเป็นตัวกลางในการนำความร้อน (ภาพที่ 3-11) โดยตั้งค่าอุณหภูมิ ที่ 55 องศาแล้วสอบเทียบกับอุณหภูมิจริง แล้วทำการปรับค่าเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่ต้องการ

5. นำน้ำหล่อเย็นที่มีตัวแปรที่จะต้องฟันฟองอากาศติดตั้งปั๊มลม

6. ทำการวัดค่าและเก็บข้อมูลโดยแบ่งเก็บเป็นช่วงๆ ภายในเวลา 45 วันโดยทำการเก็บข้อมูลทางกายภาพทุกๆ 15 วัน



ภาพที่ 3-11 น้ำหล่อเย็นที่มีตัวแปรด้านอุณหภูมิโดยน้ำเป็นตัวกลางในการนำความร้อน

3.2 ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อทำการตรวจสอบค่า pH

3.2.1 ใช้หลอดดูด ดูดน้ำหล่อเย็นเพื่อป้องกันไม่ให้ชุด แทรมฟออยล์ ขึ้นมา (ภาพที่ 3-12)

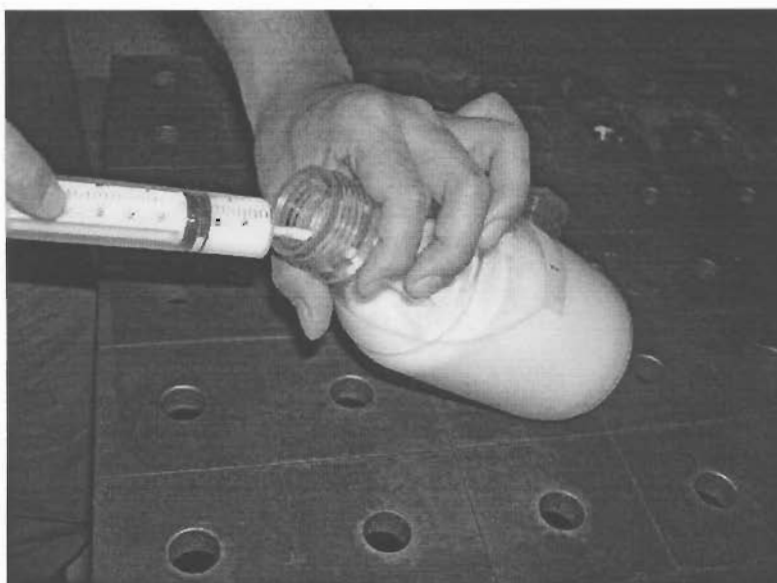
3.2.2 นำตัวอย่างน้ำหล่อเย็น ที่ดูดขึ้นมานำไปใส่ Beaker เก็บไว้เพื่อทำการวัดค่า (ภาพที่ 3-13) ส่วนตัวอย่างที่มีการให้ความร้อนจะต้องรอให้มีอุณหภูมิลดลงมาที่อุณหภูมิห้อง จึงจะเริ่มทำการวัดค่า

3.2.3 นำ pH Meter วัดค่าความเป็นกรด ด่าง (ภาพที่ 3-14)

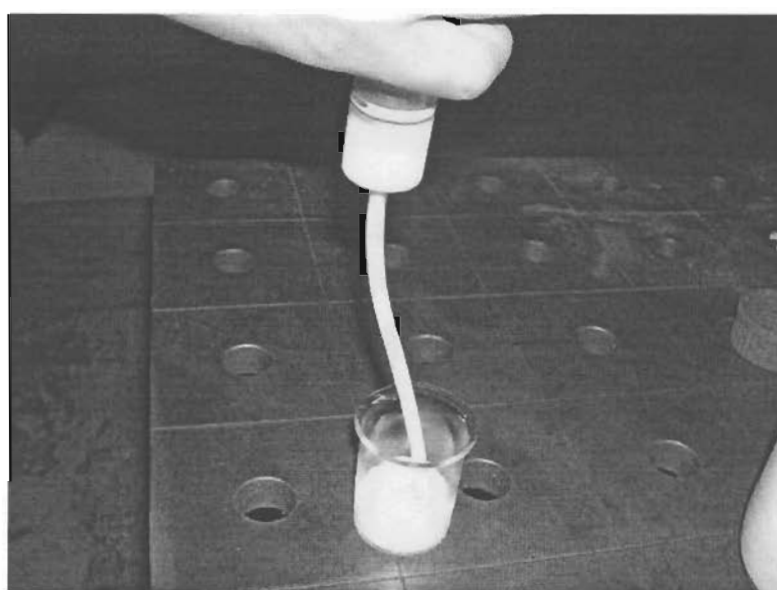
3.2.4 เก็บค่าที่วัดได้ (ภาพที่ 3-15)

3.2.5 นำแถบวัดค่าความกระด้างของน้ำ จุ่มลงในตัวอย่างน้ำหล่อเย็นเพื่อวัดค่าความกระด้าง (ภาพที่ 3-16)

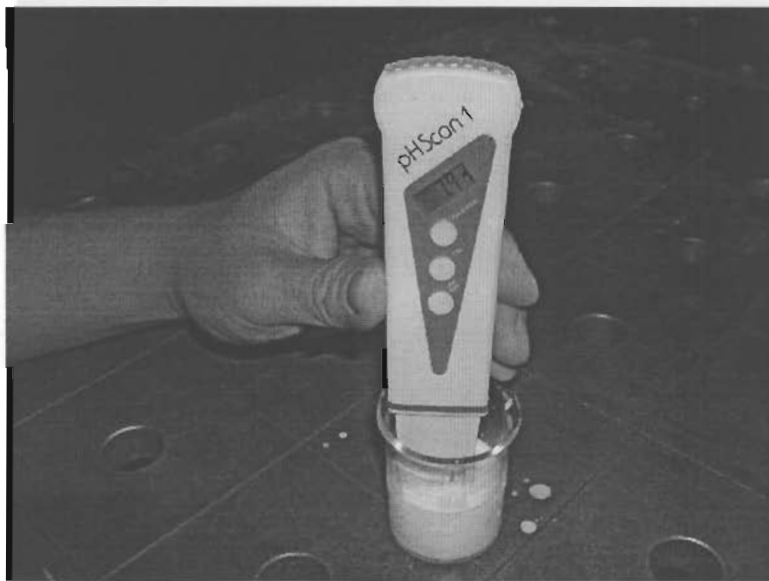
3.2.6 เทียบสีของแถบวัดกับค่ามาตรฐานของแถบวัด (ภาพที่ 3-17)



ภาพที่ 3-12 ใช้หลอดดูดน้ำหล่อเย็น



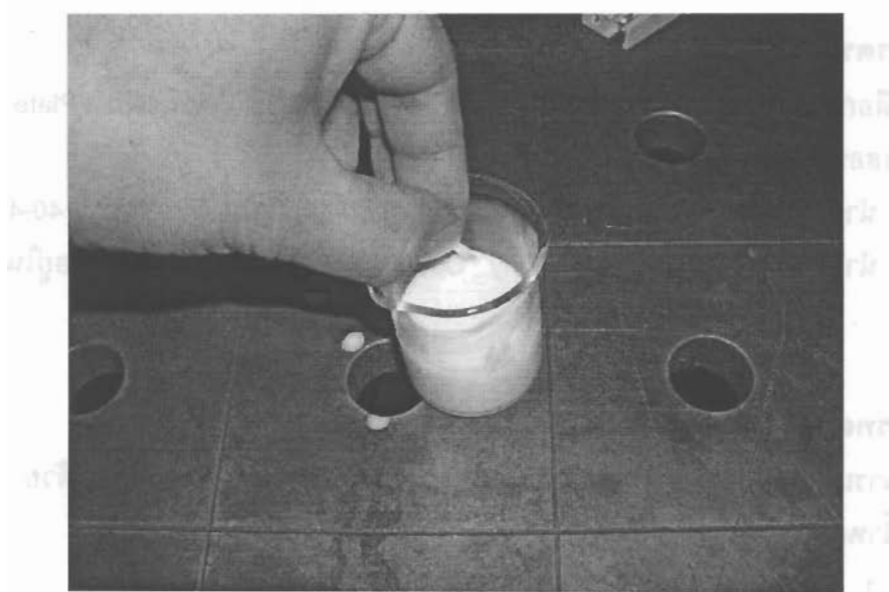
ภาพที่ 3-13 น้ำตัวอย่างน้ำหล่อเย็นไปใส่ บีกเกอร์ เพื่อทำการวัดค่า



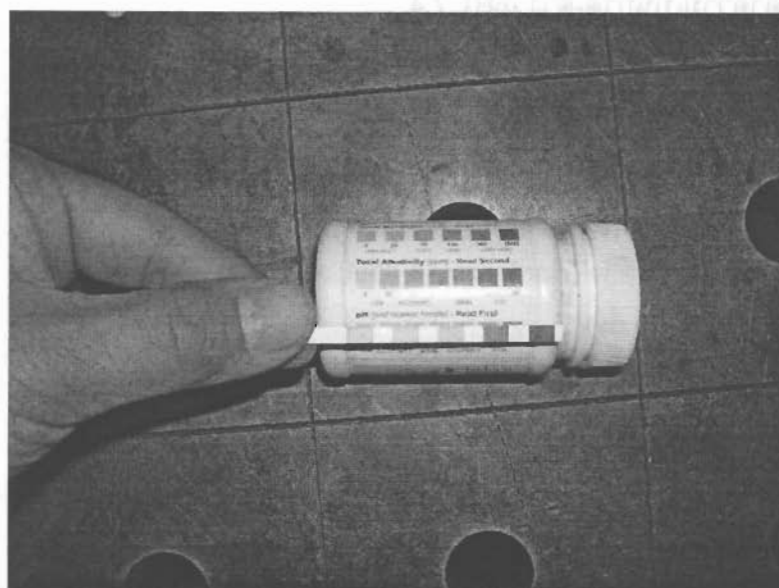
ภาพที่ 3-14 pH Meter วัดค่าความเป็นกรด ต่าง



ภาพที่ 3-15 เก็บค่าที่วัดได้



ภาพที่ 3-16 วัดค่าความกระด้าง



ภาพที่ 3-17 เทียบสีของแถบวัดกับค่ามาตรฐานของแถบวัด

3.3 ทำการตรวจเช็คจำนวนจุลชีวะ [3]

โดยเลือกตัวอย่างจากค่าความเป็นกรดต่าง แล้วใช้กรรมวิธี Standard Plate Count ในการตรวจสอบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 นำตัวอย่างน้ำหล่อเย็นทำให้เจือจางลง 1 : 100 และนำไปเพิ่มอุณหภูมิ 40-45 องศา

3.3.2 นำตัวอย่างไปเข้าเครื่อง Colony Counter เพื่อนับจำนวนจุลชีวะที่อยู่ในตัวอย่างน้ำหล่อเย็น

3.4 ทำการทดลองโดยกำหนดระดับตัวแปรที่จะมีผลต่ออายุการใช้งาน

โดยการแบ่งระดับตัวแปรโดยมีวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

1. น้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ โดยมีคุณสมบัติทางกายภาพดังนี้

1.1 ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ = 1); 0.9196

1.2 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH); 8.7

1.3 จุดวาบไฟ: โดยกรรมวิธี Cleveland Open Cup >154 องศา

1.4 ค่าความหนืด: 66.4 - 85.4 cSt ที่ 40 องศา

2. น้ำประปา โดยมีคุณสมบัติดังนี้

2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH); 7.4

2.2 ค่าความกระด้าง (Hardness); 68 ppm

2.3 ค่า TDS; 162 mg/l

3. น้ำ รีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

3.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH); 6.8

3.2 ค่าความกระด้าง (Hardness); 3 ppm

3.3 ค่า TDS; 10 mg/l

4. น้ำมันหล่อลื่นรางเลื่อน (ภาพที่ 3-2) โดยมีคุณสมบัติดังนี้

4.1 ความถ่วงจำเพาะ (น้ำ = 1); 0.8925

4.2 จุดวาบไฟ: โดยกรรมวิธี PmCC >365 องศา

4.3 ค่าความหนืด: ที่ 40 องศา 68.3 cSt

ที่ 100 องศา 8.94 cSt

5. ขวดและภาชนะที่ใช้ในการผสมและทดลอง (ภาพที่ 3-3)

6. เครื่องวัดความเข้มข้นของส่วนผสม (Refractometer) (ภาพที่ 3-4)

7. เครื่องมือวัดค่า pH (pH meter) (ภาพที่ 3-5)

โดยกำหนดตัวแปรให้เป็นระดับต่างกันโดยให้เป็นค่าสูง และค่าต่ำและใช้กรรมวิธีการ ออกแบบการทดลองชนิด 2^{4-1} ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 กรรมวิธีการออกแบบการทดลองชนิด 2^{4-1}

Run	A	B	C	D		Aliases	Sample
1	1	0	0	0	A		1
2	1	0	0	1	AD		2
3	1	0	1	0	AC		3
4	1	0	1	1	ACD	x	
5	1	1	0	0	AB		4
6	1	1	0	1	ABD	x	
7	1	1	1	0	ABC	x	
8	1	1	1	1	ABCD		5
9	0	0	0	0	-	x	
10	0	0	0	1	D		6
11	0	0	1	0	C		7
12	0	0	1	1	CD	x	
13	0	1	0	0	B		8
14	0	1	0	1	BD	x	
15	0	1	1	0	BC	x	
16	0	1	1	1	BCD	x	

โดยมีข้อจำกัดและตัวแปรดังที่แสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อจำกัดและตัวแปร

ข้อจำกัด	ตัวแปร	คำอธิบาย	Hi	Lo
A=BCD	A	ชนิดของน้ำ	น้ำประปา	น้ำ RO
B=ACD	B	ความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น	10 ต่อ 1	30 ต่อ 1
C=ABD	C	แตรมพ์ออยล์	20%	10%
D=ABC	D	เศษเหล็ก	6,000 ppm	3,000 ppm
AB=CD				
AC=BD				
AD=BC				

โดยแบ่งขั้นตอนการทดลองดังนี้

1. ทำการผสมน้ำหล่อเย็นโดยนำตัวอย่างที่ผสมเสร็จแล้ววัดความเข้มข้นด้วย เครื่องวัดความเข้มข้นของส่วนผสม (Refractometer) โดยที่สเกลของเครื่องวัดความเข้มข้นต้องอยู่ที่ 3.3% ในตัวอย่างน้ำหล่อเย็นที่ต้องการความเข้มข้น 30 : 1 และ 10% ในตัวอย่างน้ำหล่อเย็นที่ต้องการความเข้มข้น 10 : 1

2. นำน้ำหล่อเย็นที่ผสมเสร็จแล้วนำมาใส่เจอปน เพื่อให้ได้ตามได้โดยกำหนดให้ปริมาณน้ำหล่อเย็นคือ 900 CC โดยแบ่งตัวอย่างออกเป็น 8 ตัวอย่าง

2.1 น้ำหล่อเย็นผสมด้วยน้ำประปาความเข้มข้น 30 : 1 + แทรมพ์ออยล์ 10% + เศษเหล็ก 3,000 ppm

2.2 น้ำหล่อเย็นผสมด้วยน้ำประปาความเข้มข้น 30 : 1 + แทรมพ์ออยล์ 10% + เศษเหล็ก 6,000 ppm

2.3 น้ำหล่อเย็นผสมด้วยน้ำประปาความเข้มข้น 30 : 1 + แทรมพ์ออยล์ 20% + เศษเหล็ก 3,000 ppm

2.4 น้ำหล่อเย็นผสมด้วยน้ำประปาความเข้มข้น 10 : 1 + แทรมพ์ออยล์ 10% + เศษเหล็ก 3,000 ppm

2.5 น้ำหล่อเย็นผสมด้วยน้ำประปาความเข้มข้น 10 : 1 + แทรมพ์ออยล์ 20% + เศษเหล็ก 6,000 ppm

2.6 น้ำหล่อเย็นผสมด้วยน้ำรีเวอร์สออสโมซิสความเข้มข้น 30 : 1 + แทรมพ์ออยล์ 10% + เศษเหล็ก 6,000 ppm

2.7 น้ำหล่อเย็นผสมด้วยน้ำรีเวอร์สออสโมซิสความเข้มข้น 30 : 1 + แทรมพ์ออยล์ 20% + เศษเหล็ก 3,000 ppm

2.8 น้ำหล่อเย็นผสมด้วยน้ำรีเวอร์สออสโมซิสความเข้มข้น 10 : 1 + แทรมพ์ออยล์ 10% + เศษเหล็ก 3,000 ppm

3. นำน้ำหล่อเย็นที่ผสมเสร็จแล้วนำมาใส่เจอปนโดยน้ำหล่อเย็น 900 CC จะมีน้ำหนัก 894 กรัม

ผงเหล็ก 3,000 ppm จะมีน้ำหนักคือ $(894 \times 3,000) / 1,000,000 = 2.68$ กรัม

ผงเหล็ก 6,000 ppm จะมีน้ำหนักคือ $(894 \times 6,000) / 1,000,000 = 5.36$ กรัม

แทรมพ์ออยล์ ซึ่งใช้น้ำมันหล่อลื่นรางเลื่อน ปริมาณ 10% = 90 CC

แทรมพ์ออยล์ ซึ่งใช้น้ำมันหล่อลื่นรางเลื่อน ปริมาณ 20% = 180 CC

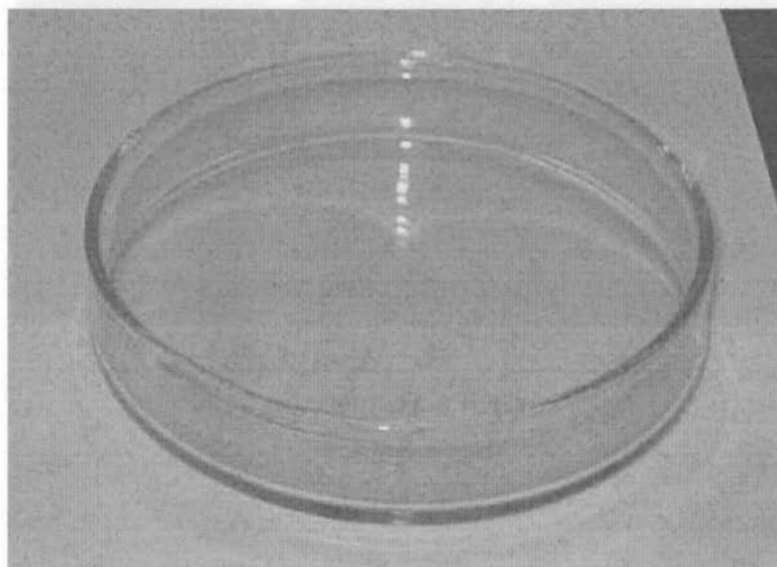
3.5 ทำการทดสอบการป้องกันการกัดกร่อนโดยกรรมวิธี ASTM D 4627 [4]

โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

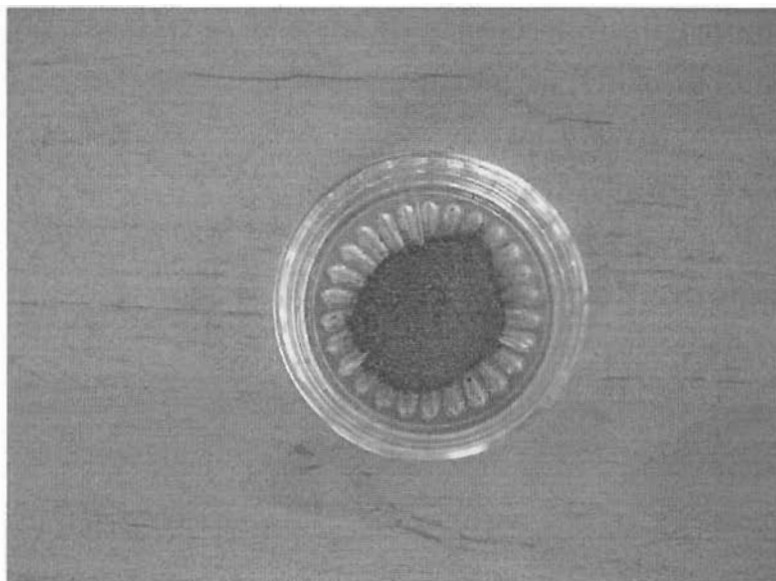
1. กระดาษกรอง (ภาพที่ 3-18)
2. จานทดสอบ (ภาพที่ 3-19)
3. เศษเหล็ก (ภาพที่ 3-20)
4. หลอดหยด (ภาพที่ 3-21)



ภาพที่ 3-18 กระดาษกรอง



ภาพที่ 3-19 จานทดสอบ



ภาพที่ 3-20 เศษเหล็ก



ภาพที่ 3-21 เศษเหล็ก

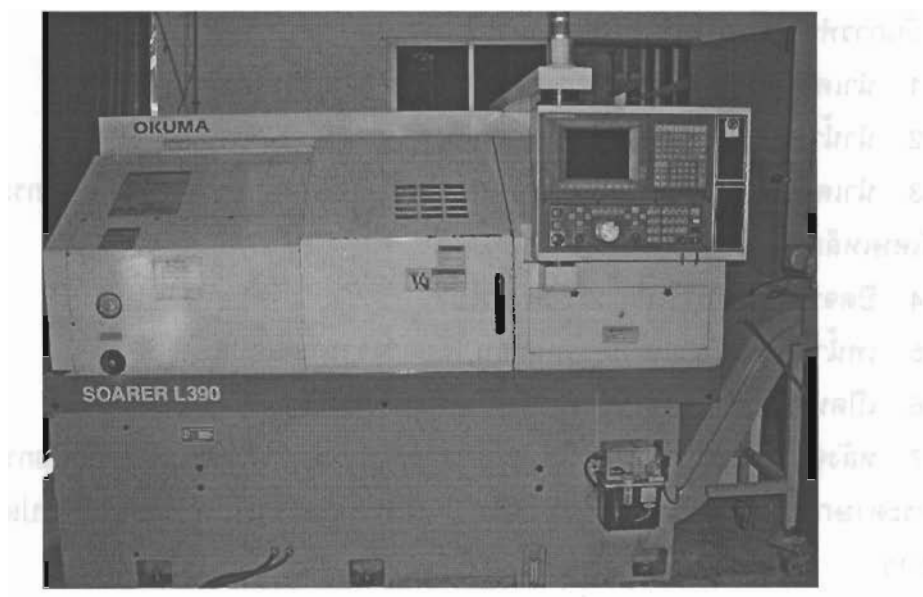
ขั้นการทำการทดสอบ

1. นำเศษเหล็กวางบนกระดาษกรองโดยให้ด้านไม่เรียบสัมผัสกับเศษโลหะ
2. นำน้ำหล่อเย็นใส่ลงไปในจานทดสอบ
3. นำเศษโลหะไปรยลงบนกระดาษกรองโดยให้เศษเหล็กกระจายไปทั่วๆ กระดาษกรอง โดยให้เศษเหล็กจมอยู่ในน้ำหล่อเย็น
4. ปิดจานทดสอบไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. เทน้ำหล่อเย็นออกจากการทดสอบ โดยคว่ำจานทดสอบลง
6. เปิดน้ำประปาล้างกระดาษกรองเป็นเวลา 5 วินาที
7. หลังจากล้างกระดาษกรอง ให้ประมาณดูร้อยละของปริมาณสนิมที่ติดอยู่กับกระดาษกรอง โดยดูกระดาษกรองด้านที่สัมผัสกับเศษเหล็ก ซึ่งกระบวนการนี้ให้ทำโดยใช้ตาเปล่าโดยไม่ใช้แว่นขยาย

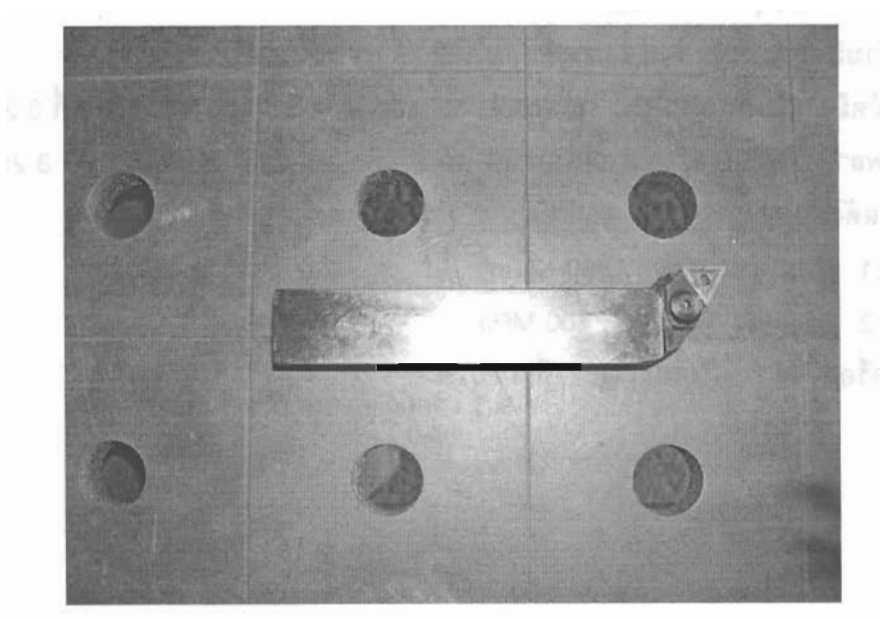
3.6 ทำการทดสอบโดยการใช้งานจริง

โดยมีวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วย

1. เครื่องกลึง (ภาพที่ 3-22)
2. ด้ามมีดกลึง ยี่ห้อ SECO รุ่น PTJNR 2525 (ภาพที่ 3-23)
3. เม็ดมีดกลึง ยี่ห้อ SECO รุ่น TNMG 160408-MF1 เกรด TP400 (ภาพที่ 3-24)
4. เหล็กกล้า St 37 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 25.4 มม. (ภาพที่ 3-25) โดยมีสมบัติทางกลดังต่อไปนี้
 - 4.1 ความหนาแน่น ; $7,860 \text{ Kg/m}^3$
 - 4.2 Ultimate Strength ; 400 MPa
5. เครื่องวัดความเรียบผิว (ภาพที่ 3-26)



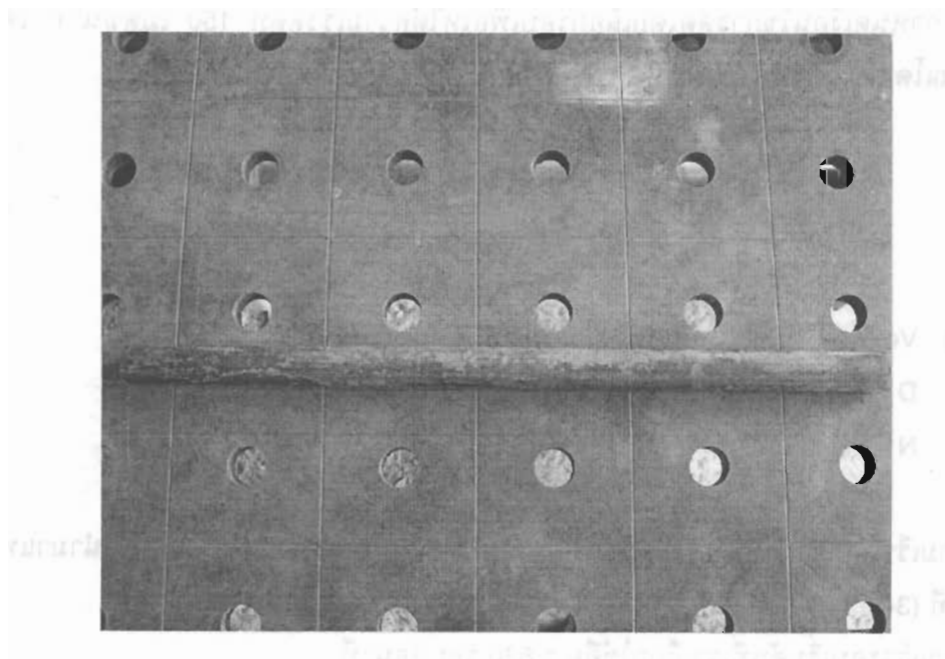
ภาพที่ 3-22 เครื่องกลึง



ภาพที่ 3-23 ด้ามมีดกลึง ยี่ห้อ SECO รุ่น PTJNR 2525



ภาพที่ 3-24 เม็ดมีดกลึง ยี่ห้อ SECO รุ่น TNMG 160408-MF1 เกรด TP400



ภาพที่ 3-25 เฟลาเหล็ก St 37 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 มม.



ภาพที่ 3-26 เครื่องวัดความเร็วรอบ

ขั้นตอนการทำการทดสอบ

1. กำหนดเงื่อนไขการตัดโดยเลือกรอบเพื่อให้ได้ความเร็วตัดที่ 150 เมตร/นาที โดยทำการคำนวณโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$V_c = \frac{(\pi \cdot D \cdot N)}{1000} \quad (3-1)$$

เมื่อ V_c คือความเร็วตัด (เมตรต่อนาที)

D คือเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา (มิลลิเมตร)

N คือความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

ความเร็วตัดที่ผู้ผลิตเม็ดมีดแนะนำให้ใช้คือ 150 เมตรต่อนาที เมื่อเรานำมาแทนค่าในสมการที่ (3-1)

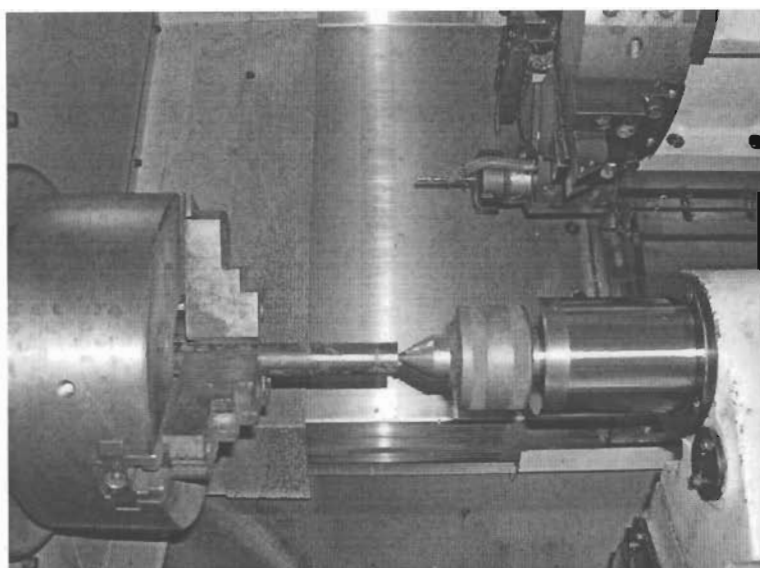
ความเร็วรอบเริ่มต้นที่เราเลือกใช้คือ 1,880 รอบต่อนาที

อัตราป้อนที่ผู้ผลิตเม็ดมีดมีแนะนำคือ 0.2 มิลลิเมตรต่อรอบ

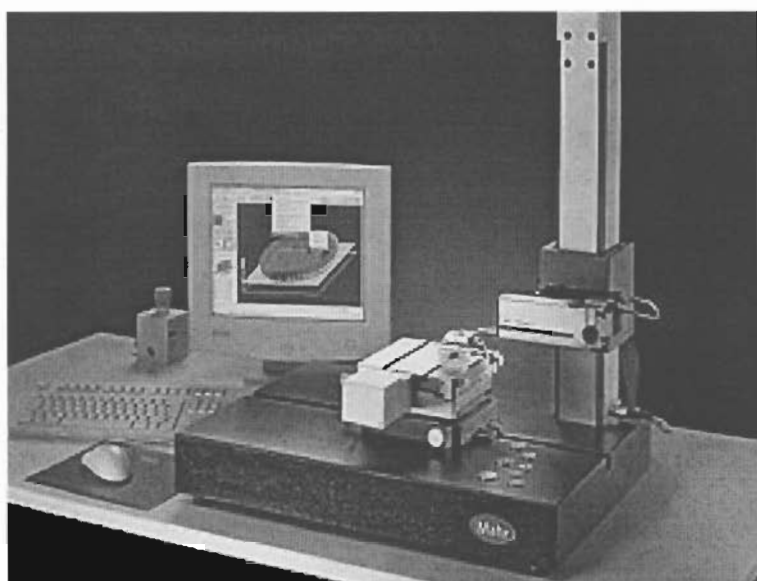
กลึงลึก A_p 1 มิลลิเมตร

2. ทำการกลึงชิ้นงานโดยใช้น้ำหล่อเย็นตัวอย่าง เทียบกับน้ำหล่อเย็นใหม่ โดยกำหนดอัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที

3. ทำการวัดความเร็วรอบ



ภาพที่ 3-27 การเตรียมจับชิ้นงานก่อนกลึง



ภาพที่ 3-28 การวัดความเรียบผิว

บทที่ 4

ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

ผลการวิจัยในการศึกษาอายุขัยของน้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำยี่ห้อหนึ่ง ที่มีขายในท้องตลาดโดยการกำหนดตัวแปรในการทำการทดลอง ดังที่แสดงในบทที่ 3 เพื่อหาตัวแปรที่ทำให้อายุขัยของน้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำที่มีขายในท้องตลาดสั้นที่สุด โดยทำการตรวจวัดค่า pH, การตรวจวัดค่าจำนวนจุลชีวะที่อาศัยอยู่ในน้ำหล่อเย็น, ตรวจสอบการป้องกันการกัดกร่อนตามมาตรฐาน ASTM D4627 และการใช้งานจริง

4.1 ผลการทดลองของการทดลองโดยกำหนดตัวแปรที่จะมีผลต่ออายุการใช้งาน

4.1.1 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นโดยทันที ดังแสดงในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นโดยทันที

ตัวอย่าง	ตัวแปรที่กำหนด	pH
1	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1	8.2
2	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC	8.1
3	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm	8.2
4	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm + อุณหภูมิ 55 องศา	8.3
5	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm + อุณหภูมิ 55 องศา+ฟองอากาศ	8.1
6	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm	8.1
7	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+อุณหภูมิ 55 องศา	8.2
8	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm+อุณหภูมิ 55 องศา	8.1
9	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+อุณหภูมิ 55 องศา + ฟองอากาศ	8.2
10	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm+อุณหภูมิ 55 องศา + ฟองอากาศ	8.1

4.1.2 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 15 วันดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 15 วัน

ตัวอย่าง	ตัวแปรที่กำหนด	pH
1	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1	7.9
2	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC	8.0
3	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm	7.9
4	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm + อุณหภูมิ 55 องศา	8.1
5	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm + อุณหภูมิ 55 องศา+ฟองอากาศ	8.0
6	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm	7.6
7	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+อุณหภูมิ 55 องศา	8.0
8	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm+อุณหภูมิ 55 องศา	8.0
9	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+อุณหภูมิ 55 องศา + ฟองอากาศ	8.0
10	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm+อุณหภูมิ 55 องศา + ฟองอากาศ	8.0

4.1.3 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 30 วันดังแสดงในตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 30 วัน

ตัวอย่าง	ตัวแปรที่กำหนด	pH
1	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1	7.5
2	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC	7.9
3	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm	7.6
4	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm + อุณหภูมิ 55 องศา	7.9
5	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm + อุณหภูมิ 55 องศา+ฟองอากาศ	7.9
6	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm	7.7
7	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมพ์ออยล์ 90 CC+อุณหภูมิ 55 องศา	7.8

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

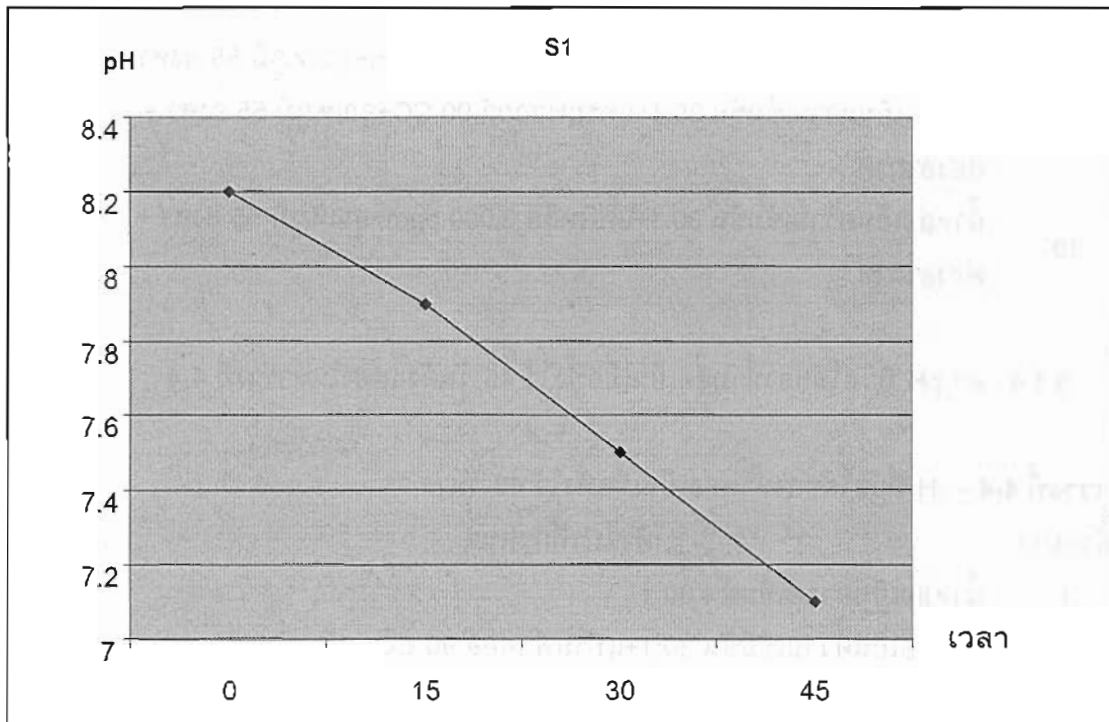
ตัวอย่าง	ตัวแปรที่กำหนด	pH
8	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm+อุณหภูมิ 55 องศา	7.3
9	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมฟ้อยล์ 90 CC+อุณหภูมิ 55 องศา + ฟองอากาศ	7.9
10	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm+อุณหภูมิ 55 องศา + ฟองอากาศ	6.9

4.1.4 ค่า pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 45 วันดังแสดงในตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 pH ที่วัดได้ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 45 วัน

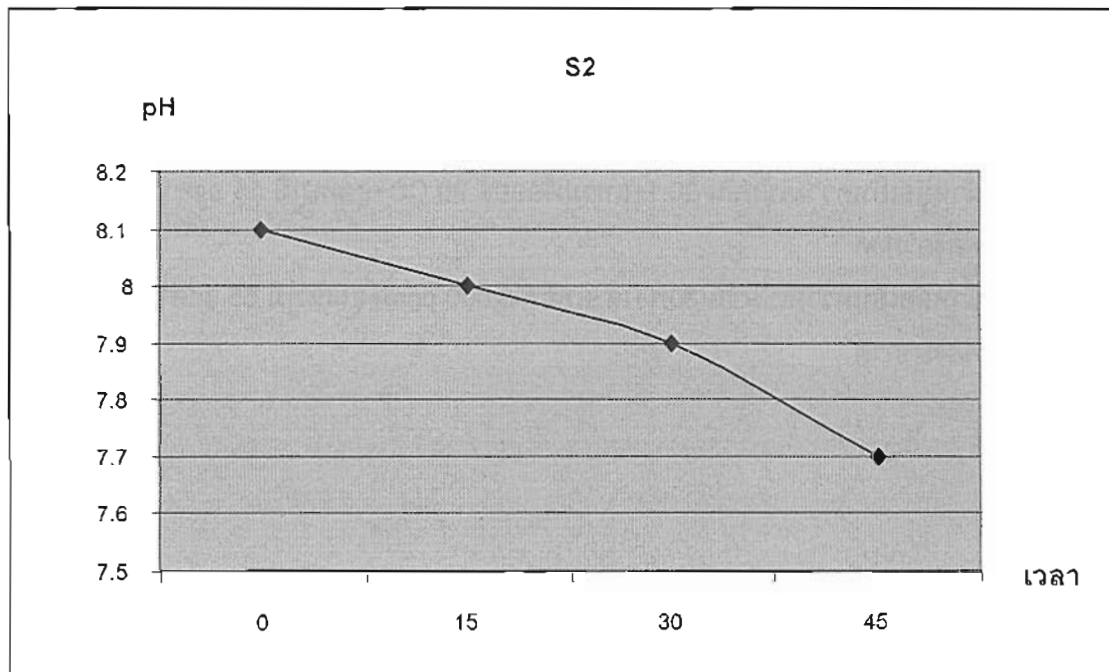
ตัวอย่าง	ตัวแปรที่กำหนด	pH
1	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1	7.1
2	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมฟ้อยล์ 90 CC	7.7
3	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมฟ้อยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm	7.4
4	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมฟ้อยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm + อุณหภูมิ 55 องศา	7.6
5	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมฟ้อยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm + อุณหภูมิ 55 องศา+ฟองอากาศ	7.2
6	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm	6.2
7	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมฟ้อยล์ 90 CC+อุณหภูมิ 55 องศา	7.6
8	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm+อุณหภูมิ 55 องศา	6.7
9	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมฟ้อยล์ 90 CC+อุณหภูมิ 55 องศา + ฟองอากาศ	7.5
10	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm+อุณหภูมิ 55 องศา + ฟองอากาศ	5.9

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 1 ดังแสดงในภาพที่ 4-1



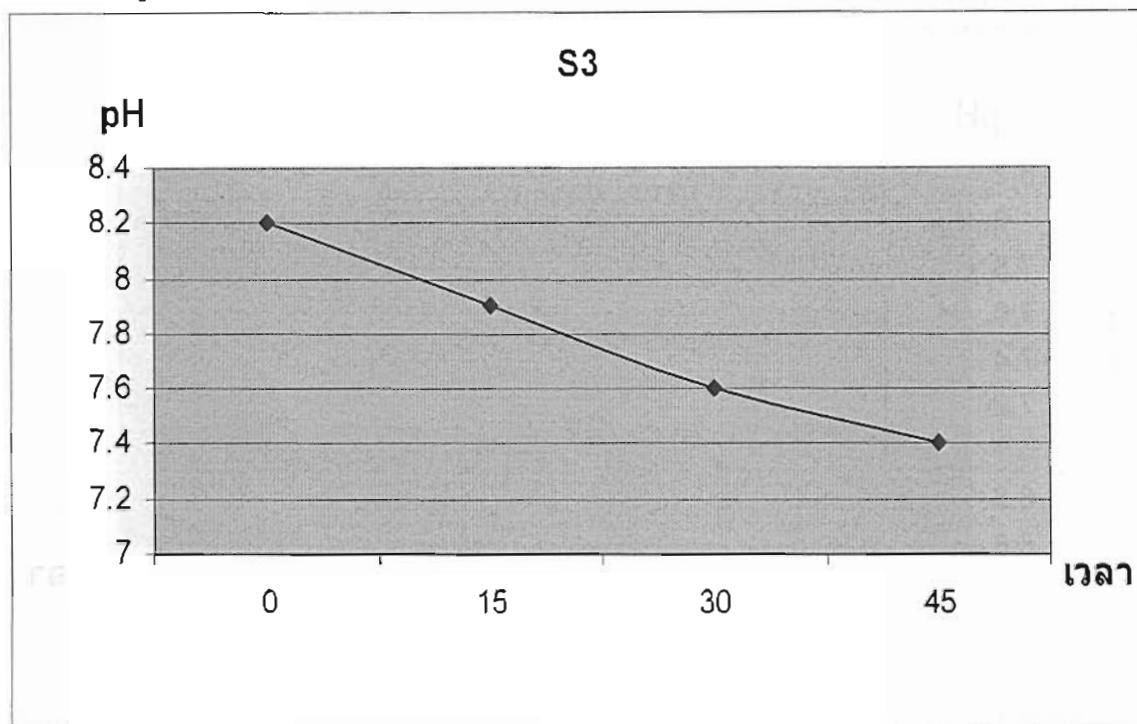
ภาพที่ 4-1 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 1

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 4-2



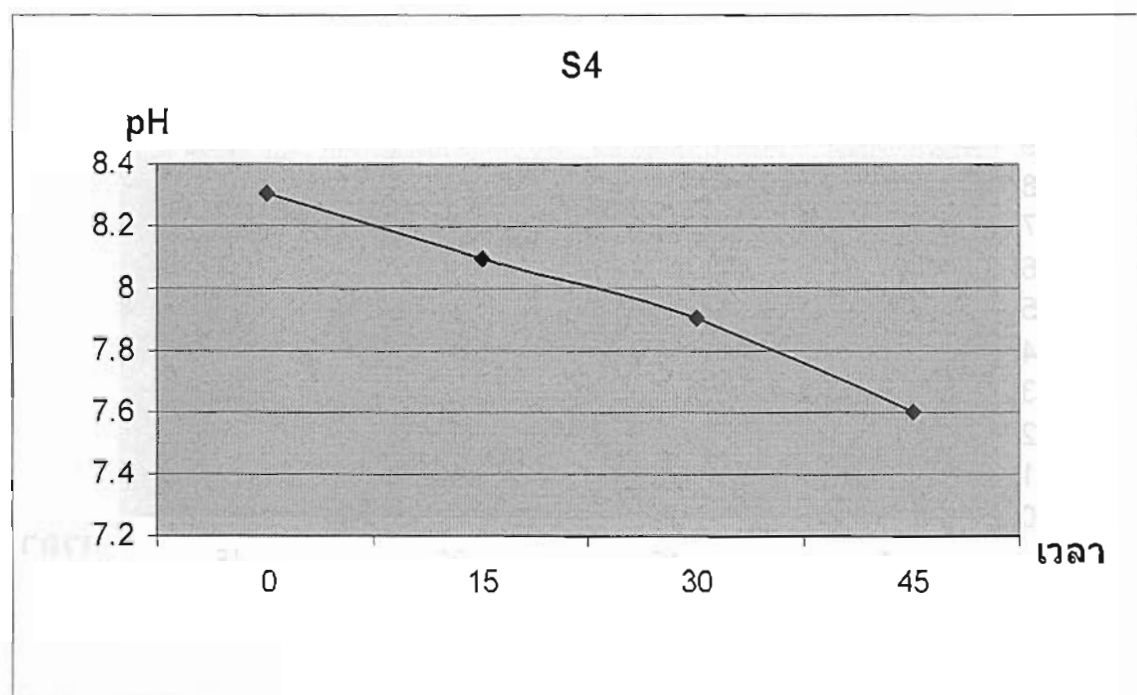
ภาพที่ 4-2 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 2

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 4-3



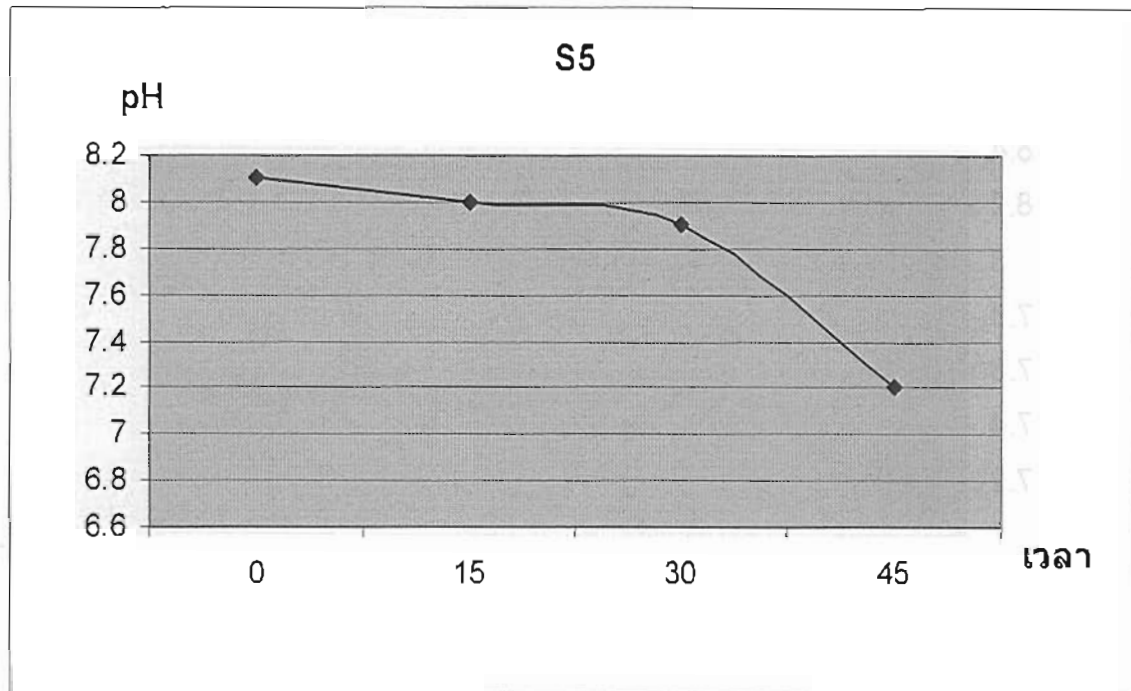
ภาพที่ 4-3 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 3

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 4 ดังแสดงในภาพที่ 4-4



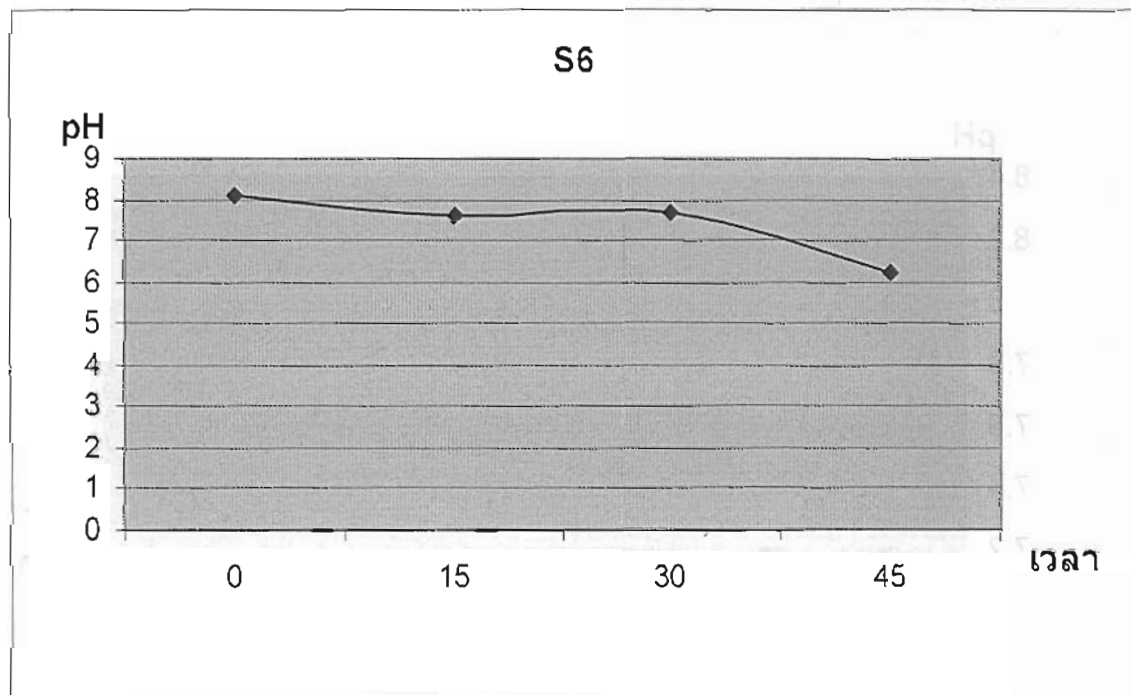
ภาพที่ 4-4 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 4

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 5 ดังแสดงในภาพที่ 4-5



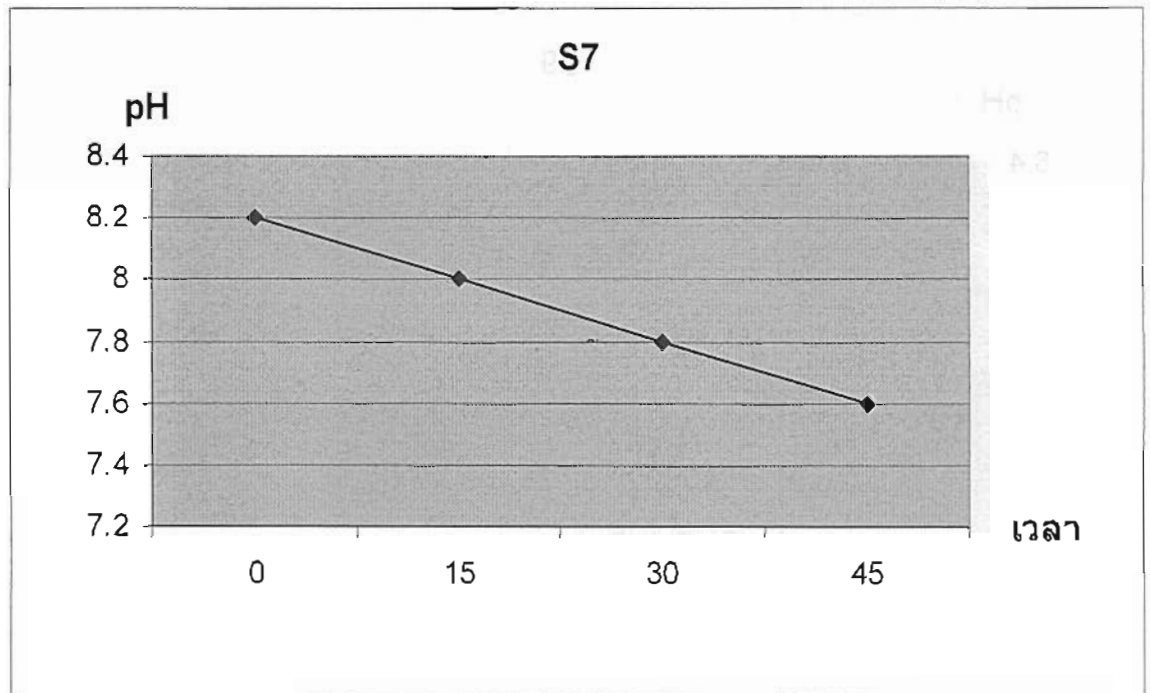
ภาพที่ 4-5 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 5

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 6 ดังแสดงในภาพที่ 4-6



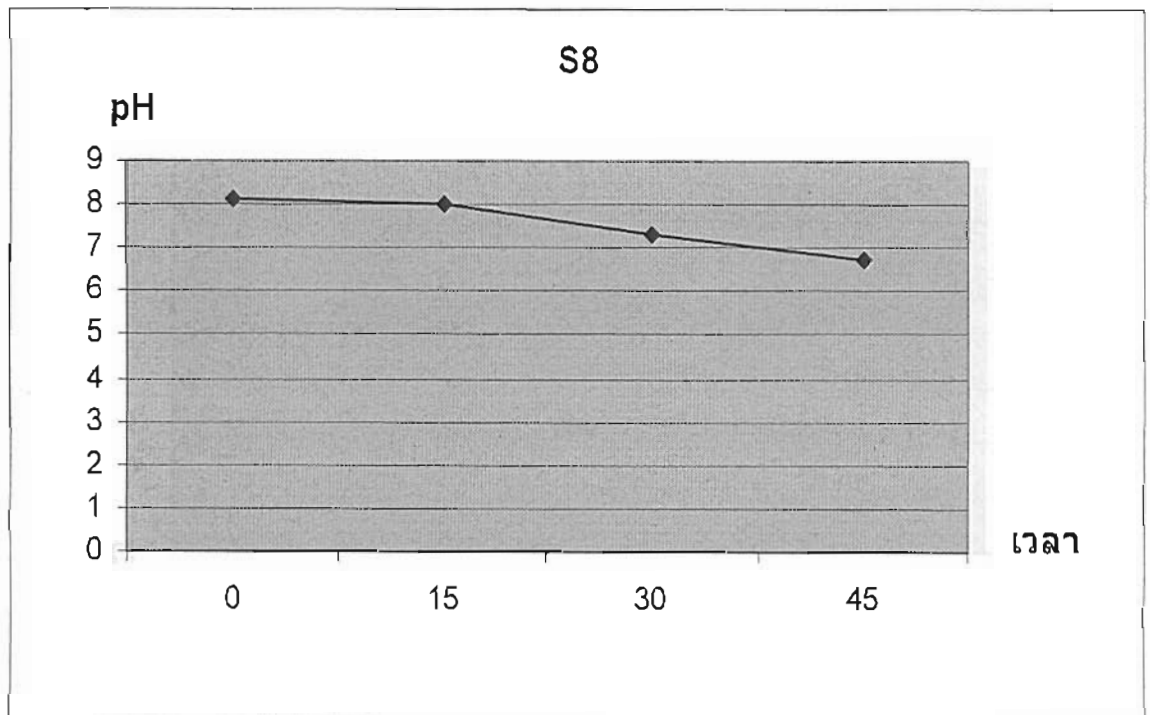
ภาพที่ 4-6 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 6

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 7 ดังแสดงในภาพที่ 4-7



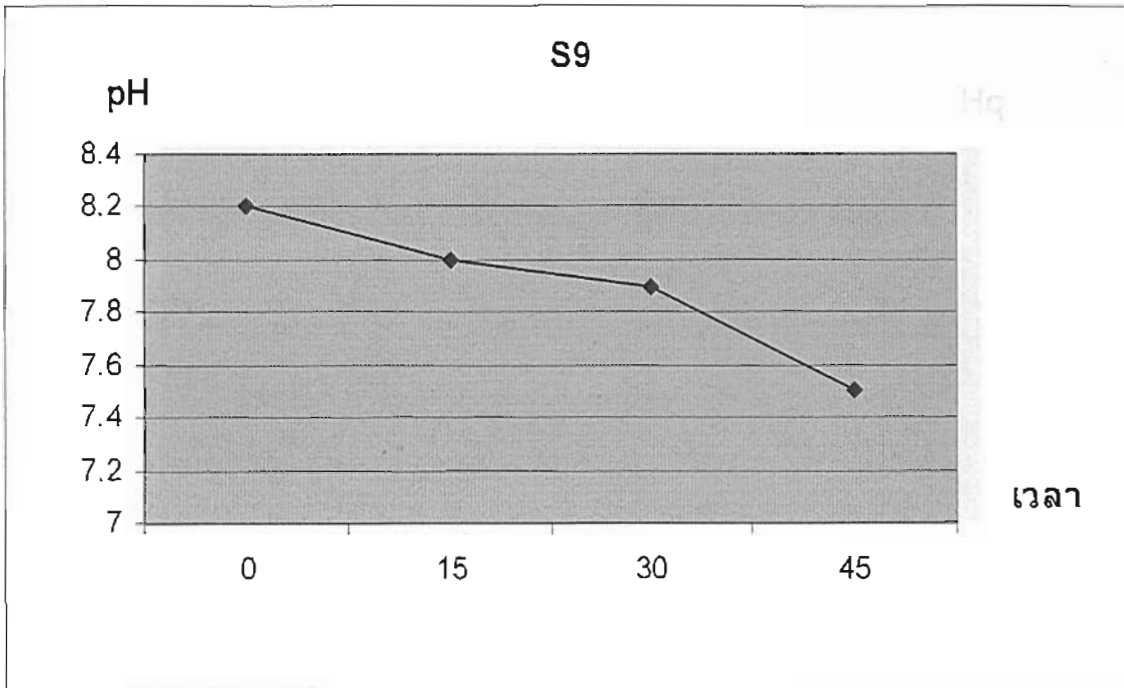
ภาพที่ 4-7 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 7

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 8 ดังแสดงในภาพที่ 4-8



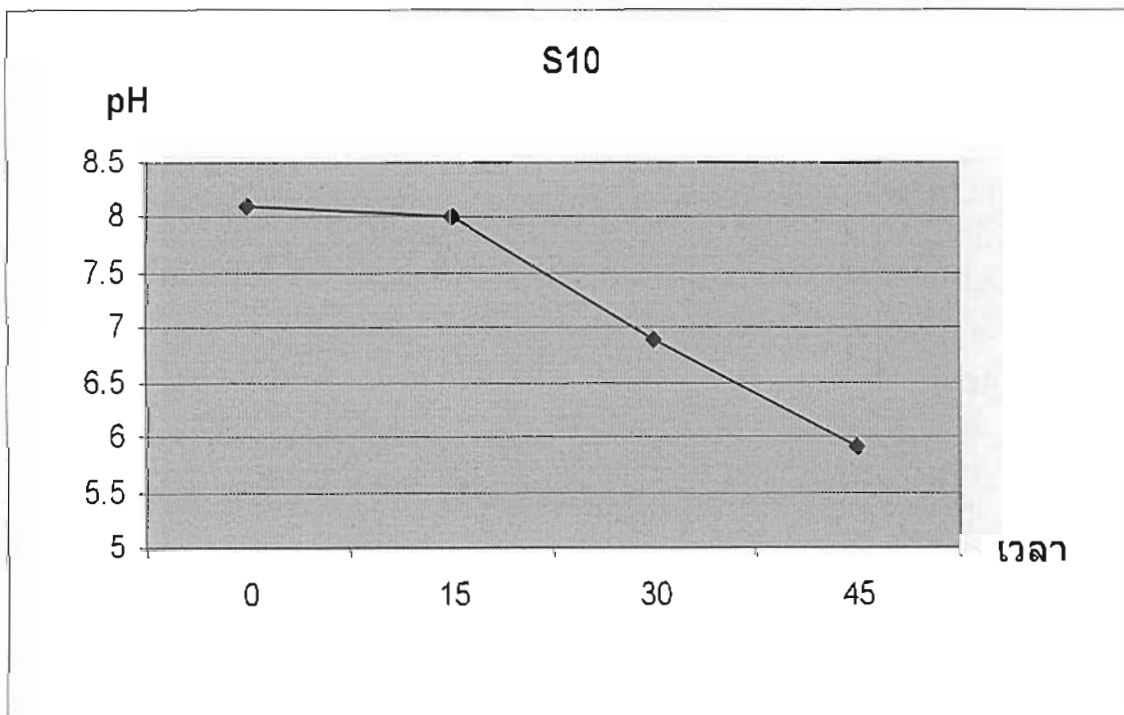
ภาพที่ 4-8 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 8

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 9 ดังแสดงในภาพที่ 4-9

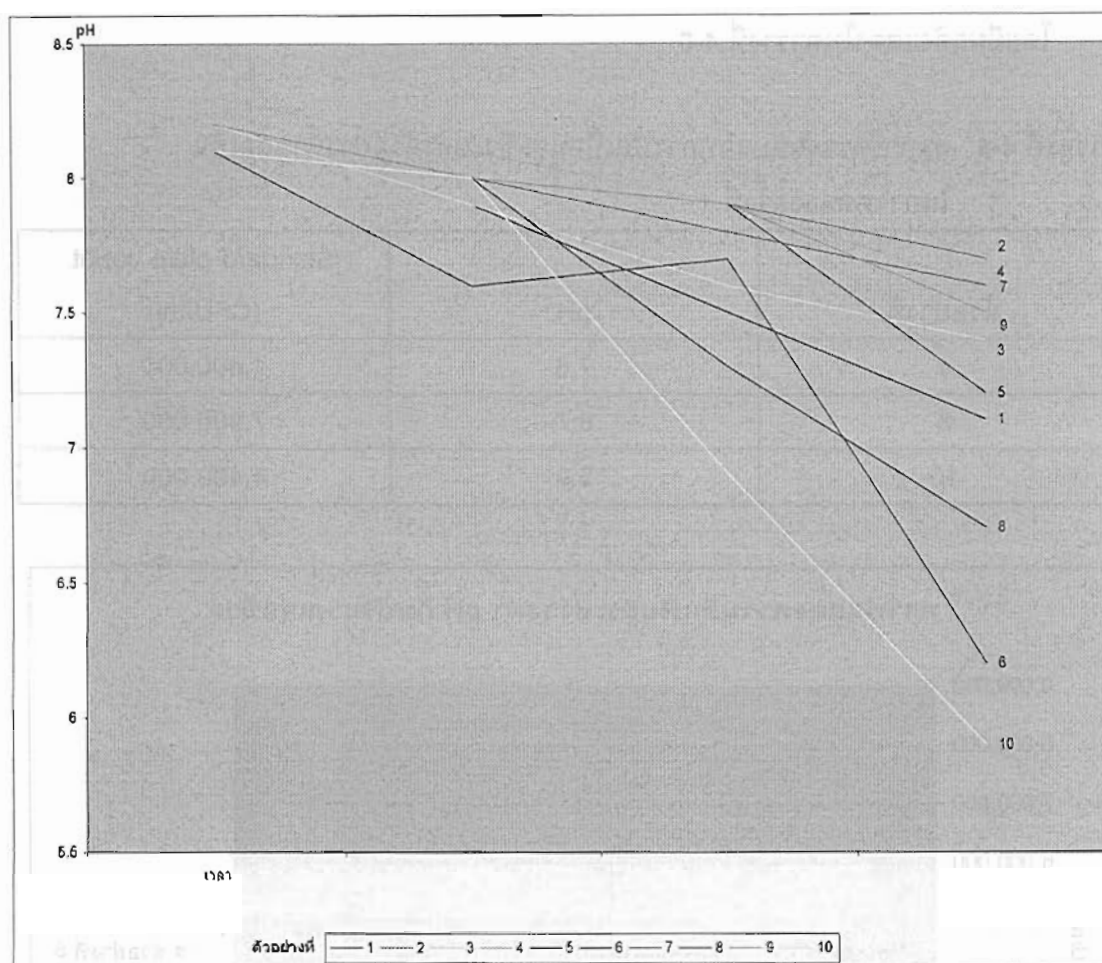


ภาพที่ 4-9 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 9

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 10 ดังแสดงในภาพที่ 4-10



ภาพที่ 4-10 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 10



ภาพที่ 4-11 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น

4.2 ผลการทดลองการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น

ซึ่งทำการตรวจสอบด้วยกรรมวิธี Standard Plate Count โดยสุ่มเลือกตัวอย่างน้ำหล่อเย็น ที่มีค่า pH แตกต่างกัน 3 ระดับดังแสดงในตารางที่ 4-5

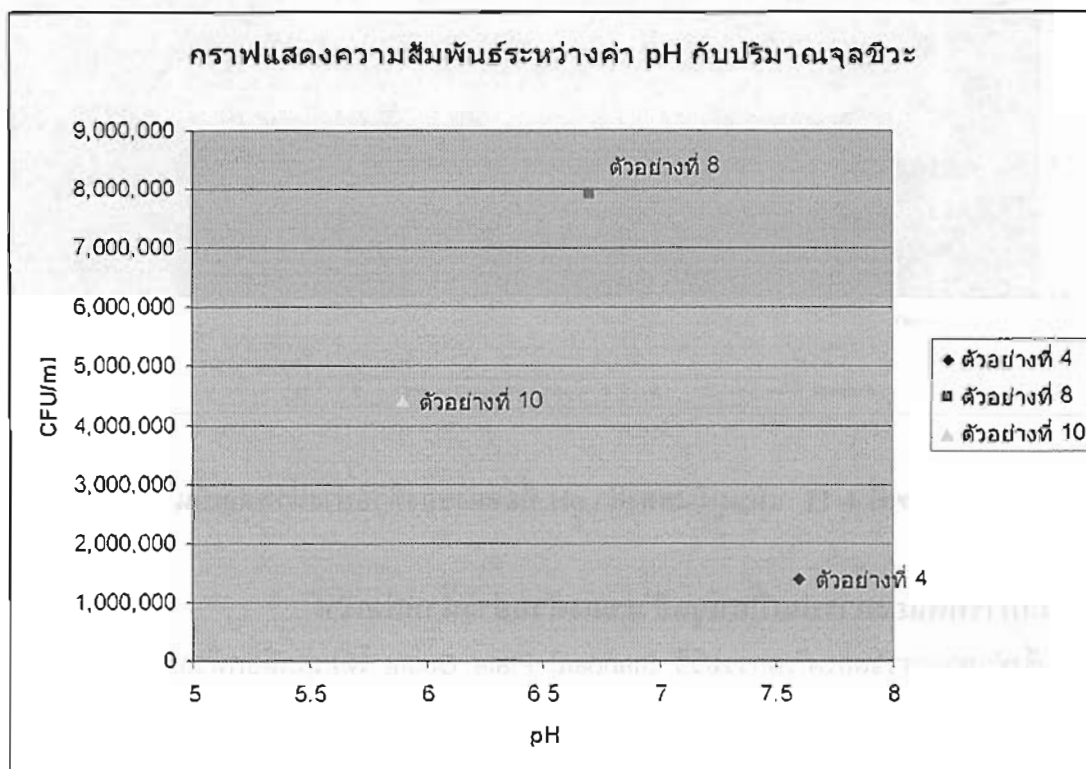
ตารางที่ 4-5 ตัวอย่างน้ำหล่อเย็นซึ่งทำการตรวจสอบการปนเปื้อนจุลชีวะ

ตัวอย่างที่	ตัวแปรที่กำหนด	pH
4	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+แตรมฟออยล์ 90 CC+เศษเหล็ก 3,000 ppm + อุณหภูมิ 55 องศา	7.6
8	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm+อุณหภูมิ 55 องศา	6.7
10	น้ำหล่อเย็นความเข้มข้น 30:1+เศษเหล็ก 3,000 ppm+อุณหภูมิ 55 องศา + ฟองอากาศ	5.9

โดยมีผลดังแสดงในตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลการตรวจสอบสอบการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น
ในการทดลองครั้งที่ 1

ตัวอย่างที่	pH	Standard plate count (CFU/ml)
4	7.6	1,400,000
8	6.7	7,900,000
10	5.9	4,400,000



ภาพที่ 4-12 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับปริมาณจุลชีวะ

4.3 ผลการทดลองโดยกำหนดตัวแปรให้เป็นระดับต่างกันโดยให้เป็นค่าสูง
และค่าต่ำและใช้กรรมวิธีการออกแบบการทดลองชนิด 2^{4-1}
ดังแสดงในตาราง 4-7

ตารางที่ 4-7 การออกแบบการทดลองชนิด 2^{4-1}

Run	A	B	C	D		Aliases	Sample
1	1	0	0	0	A		1
2	1	0	0	1	AD		2
3	1	0	1	0	AC		3
4	1	0	1	1	ACD	x	
5	1	1	0	0	AB		4
6	1	1	0	1	ABD	x	
7	1	1	1	0	ABC	x	
8	1	1	1	1	ABCD		5
9	0	0	0	0	-	x	
10	0	0	0	1	D		6
11	0	0	1	0	C		7
12	0	0	1	1	CD	x	
13	0	1	0	0	B		8
14	0	1	0	1	BD	x	
15	0	1	1	0	BC	x	
16	0	1	1	1	BCD	x	

โดยมีข้อจำกัดและตัวแปรดังที่แสดงในตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ข้อจำกัดและตัวแปร

ตัวแปร	คำอธิบาย	Hi	Lo
A	ชนิดของน้ำ	น้ำประปา	น้ำ Ro
B	ความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น	10 ต่อ 1	30 ต่อ 1
C	แตรมฟ้อยล์	20%	10%
D	ปริมาณเศษเหล็ก	6,000 ppm	3,000 ppm

4.3.1 ค่า pH ของน้ำหล่อเย็นที่วัดได้โดยทันที ดังแสดงในตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-9 ค่า pH ของน้ำหล่อเย็นที่วัดได้โดยทันที

ตัวอย่างที่	Hi	pH
1	A	9.1
2	AD	8.9
3	AC	8.5
4	AB	9
5	ABCD	8.7
6	D	9.0
7	C	9.1
8	B	8.9

4.3.2 ค่า pH ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 7 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4-10

ตารางที่ 4-10 ค่า pH ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 7 วัน

ตัวอย่างที่	Hi	pH
1	A	8.6
2	AD	8.9
3	AC	8.4
4	AB	8.7
5	ABCD	8.8
6	D	8.8
7	C	8.7
8	B	8.7

4.3.3 ค่า pH ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 14 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ค่า pH ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 14 วัน

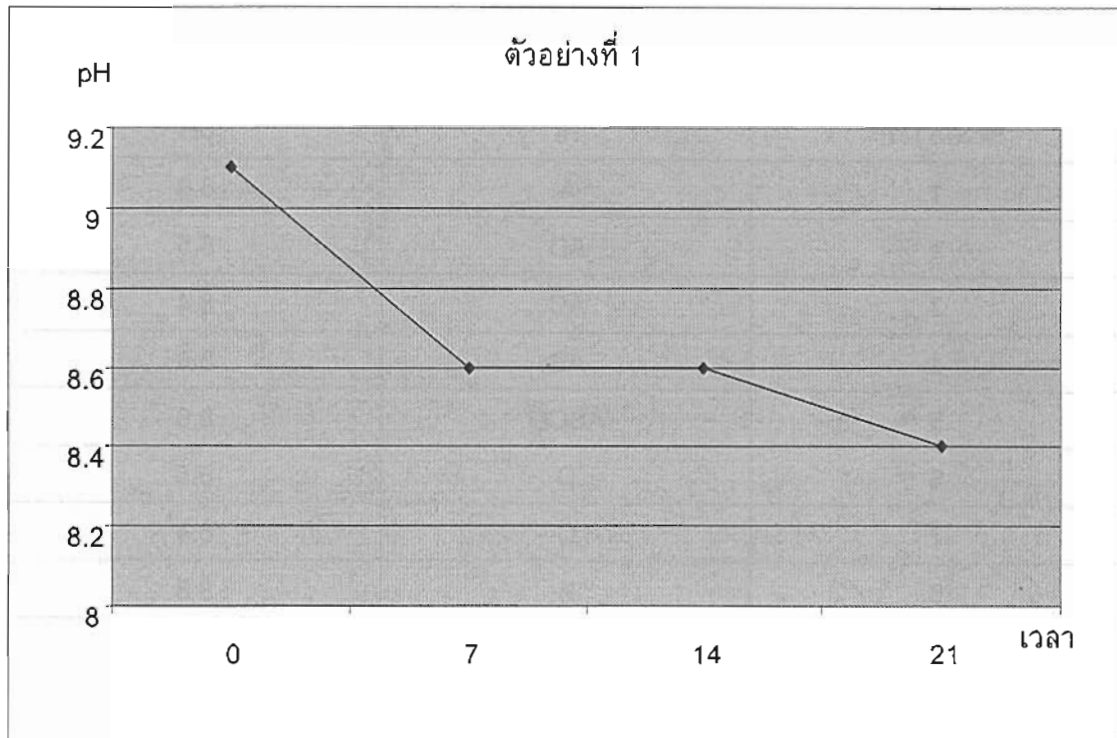
ตัวอย่างที่	Hi	pH
1	A	8.6
2	AD	8.5
3	AC	8.4
4	AB	8.6
5	ABCD	8.6
6	D	8.5
7	C	8.4
8	B	8.8

4.3.4 ค่า pH ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วัน ดังแสดงในตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ค่า pH ของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วัน

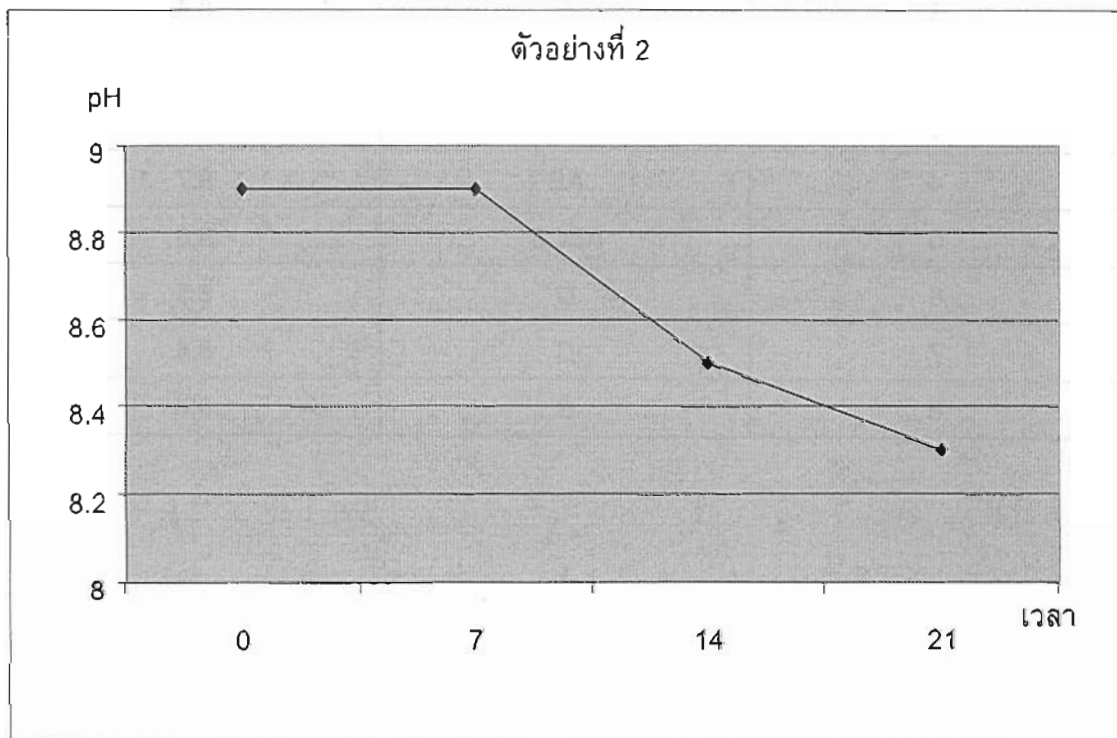
ตัวอย่างที่	Hi	pH
1	A	8.4
2	AD	8.3
3	AC	8.5
4	AB	8.7
5	ABCD	8.6
6	D	8.5
7	C	8.4
8	B	8.6

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 1 ดังแสดงในภาพที่ 4-13



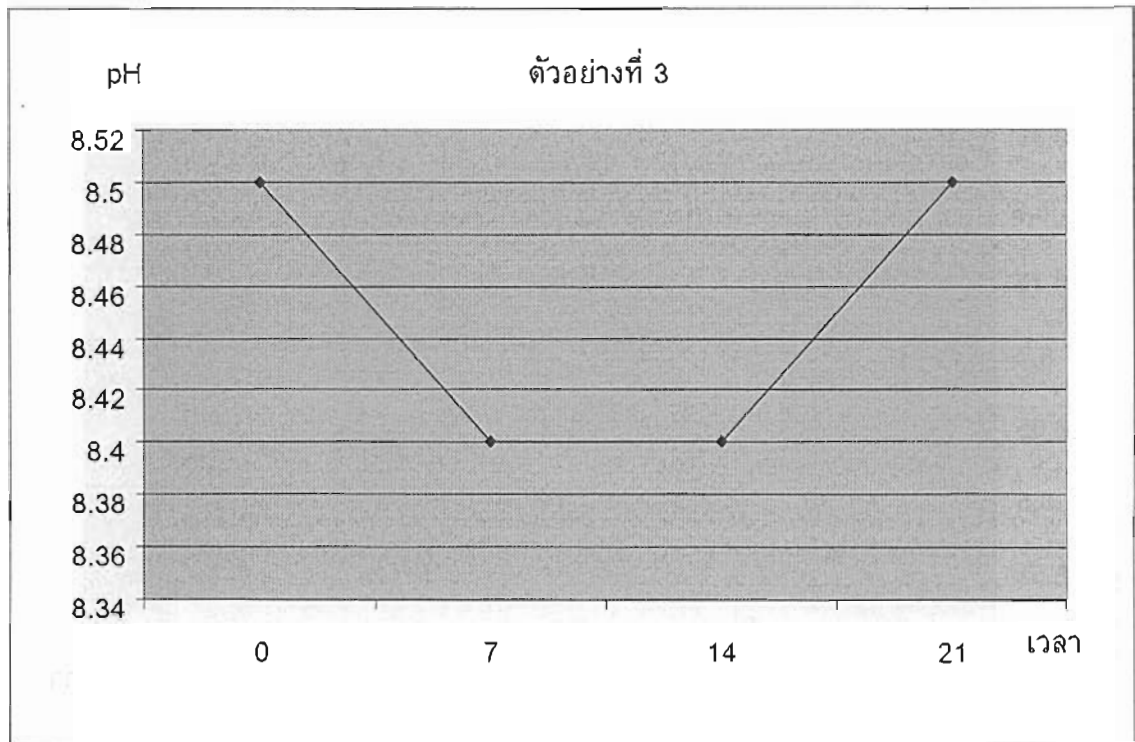
ภาพที่ 4-13 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 1

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 2 ดังแสดงในภาพที่ 4-14



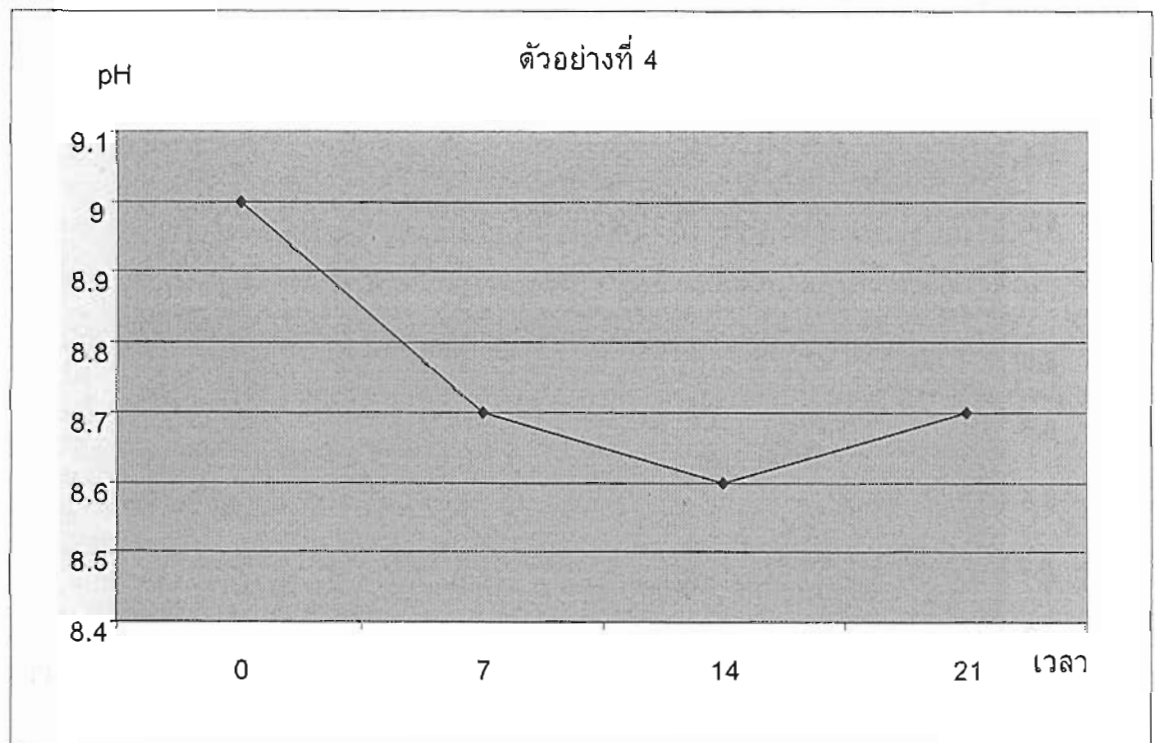
ภาพที่ 4-14 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 2

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 4-15



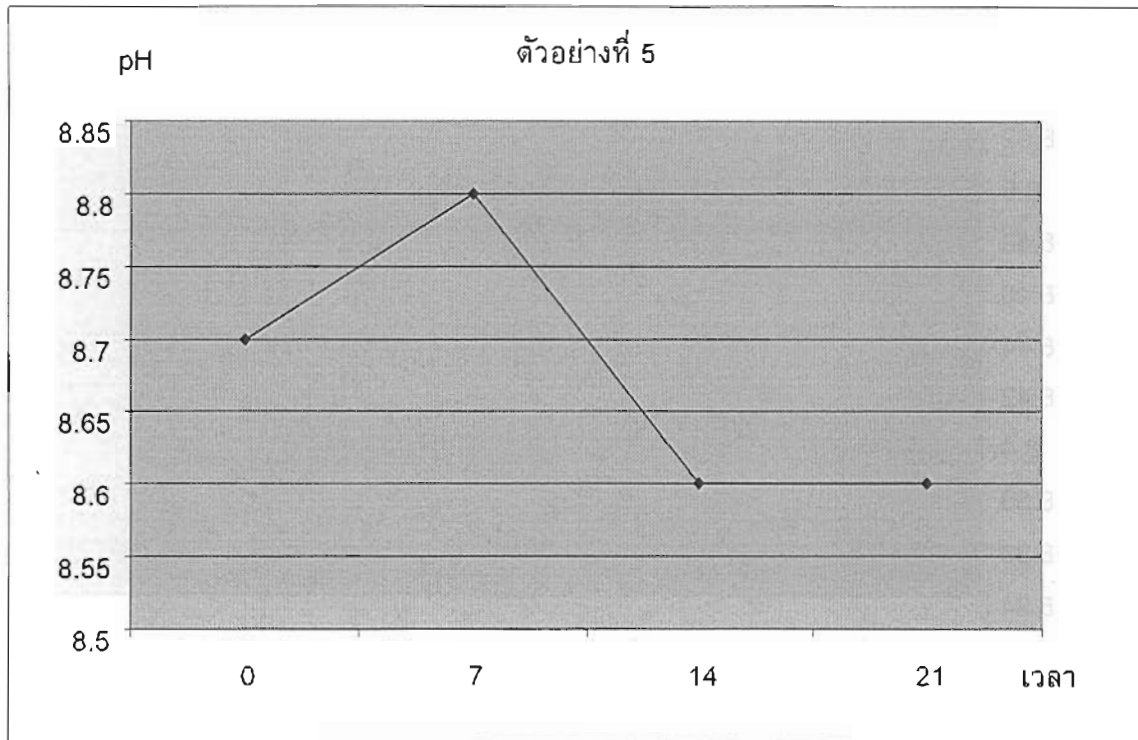
ภาพที่ 4-15 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 3

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 4 ดังแสดงในภาพที่ 4-16



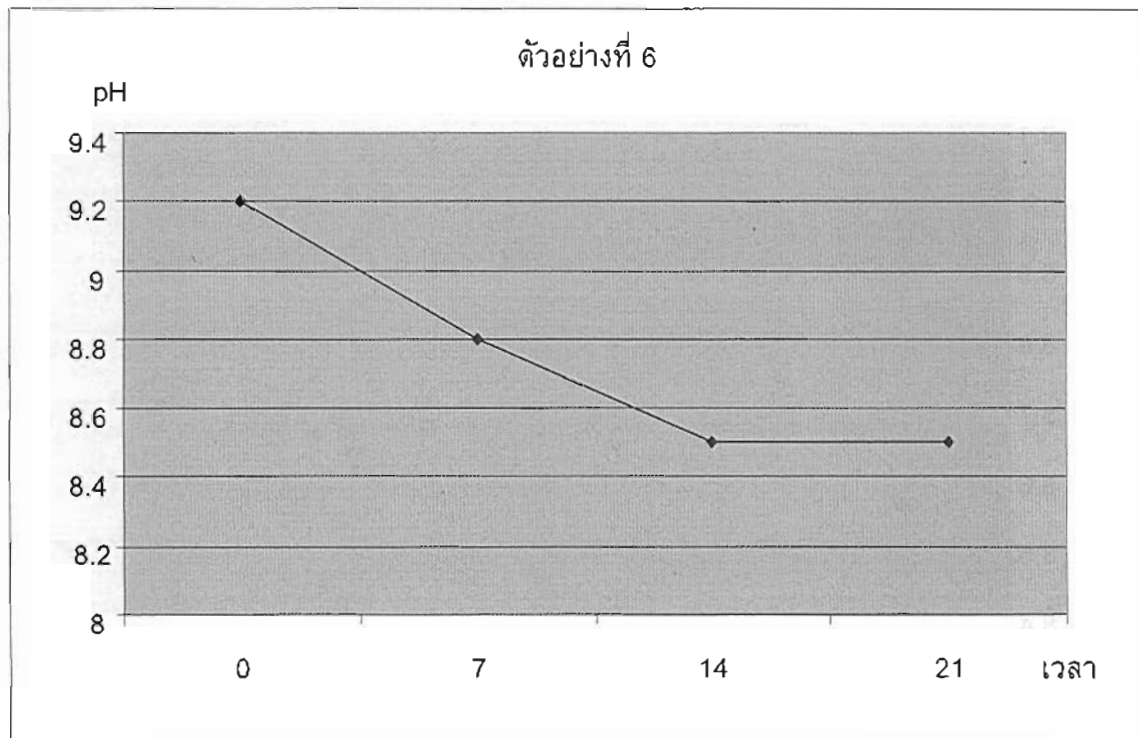
ภาพที่ 4-16 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 4

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 5 ดังแสดงในภาพที่ 4-17



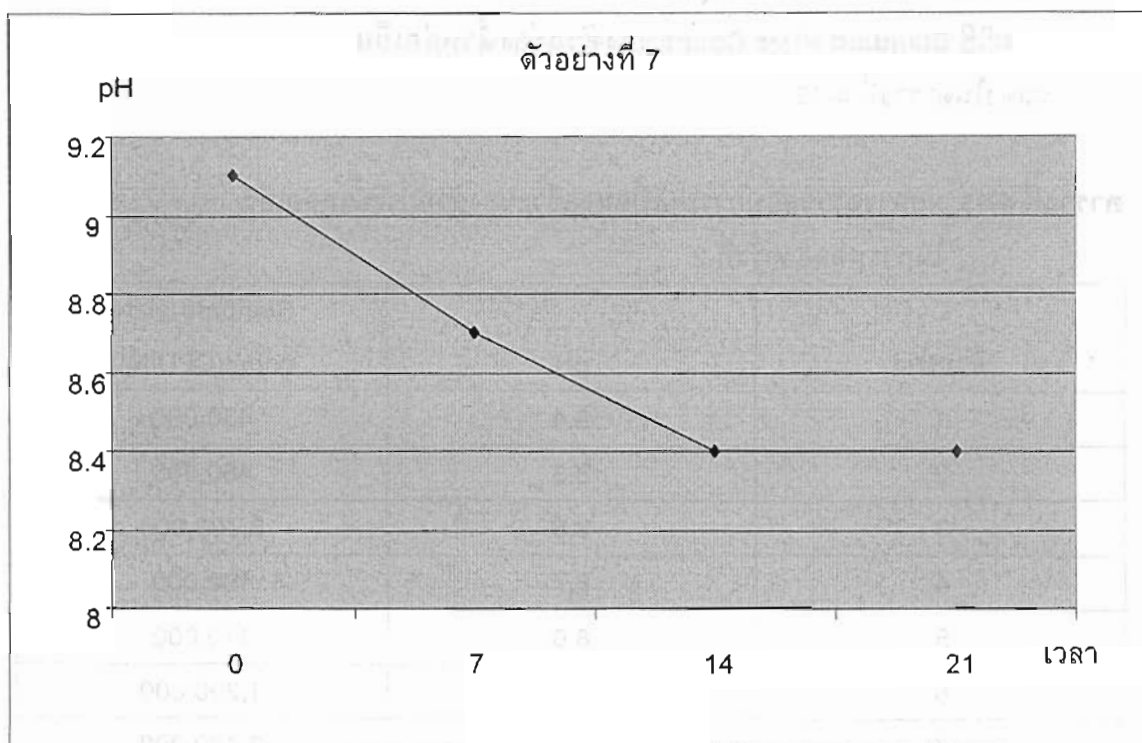
ภาพที่ 4-17 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 5

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 6 ดังแสดงในภาพที่ 4-18



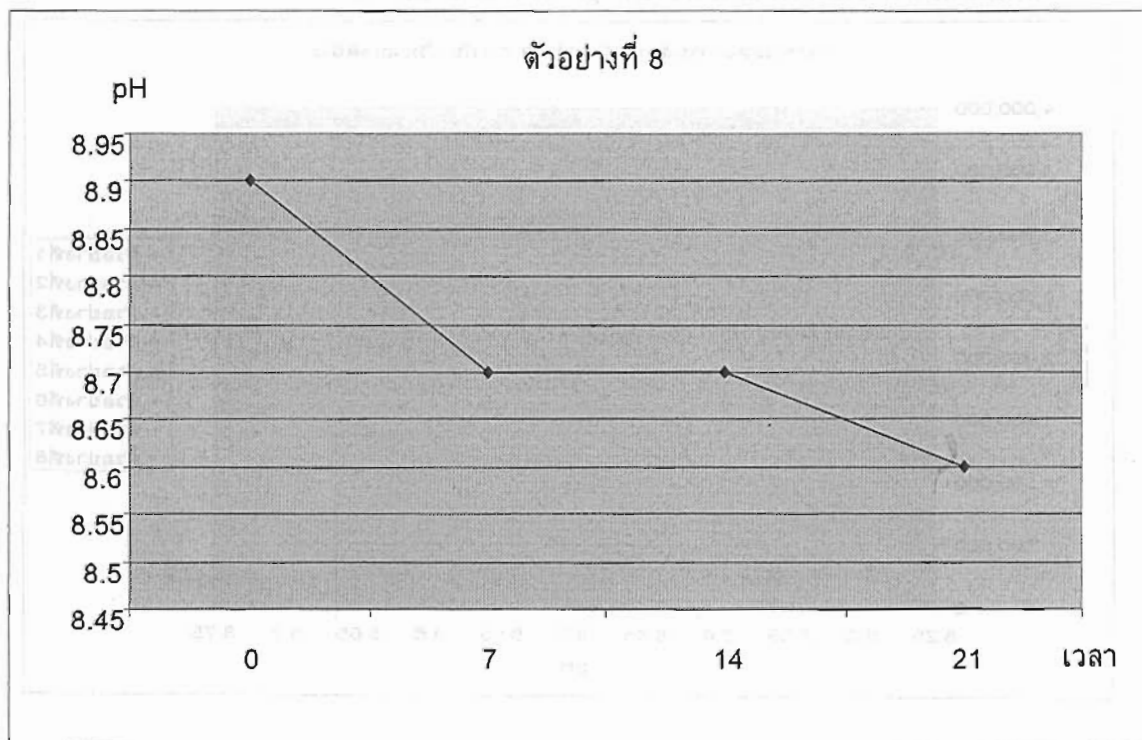
ภาพที่ 4-18 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 6

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 7 ดังแสดงในภาพที่ 4-19



ภาพที่ 4-19 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 7

แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 8 ดังแสดงในภาพที่ 4-20



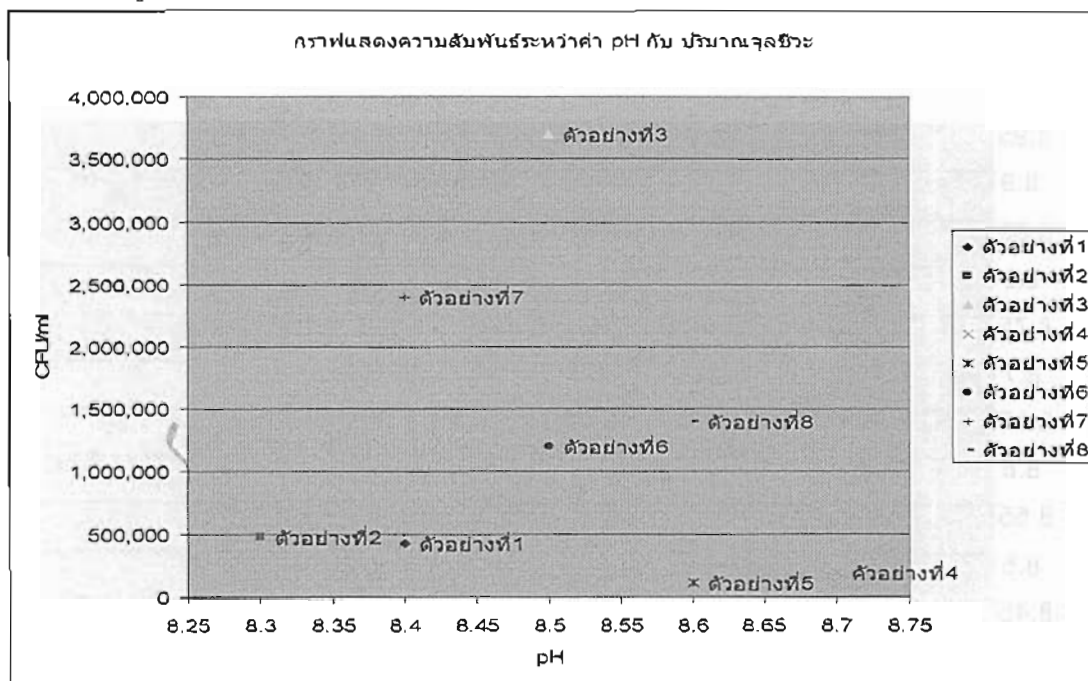
ภาพที่ 4-20 แผนภูมิแสดงค่า pH ที่ลดลงของตัวอย่างที่ 8

4.4 ผลการทดลองการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นซึ่งทำการตรวจสอบด้วย
กรรมวิธี Standard Plate Count ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น
แสดงในตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น
ในการทดลองครั้งที่ 2

ตัวอย่าง	pH	Standard plate count(CFU/MI)
1	8.4	430,000
2	8.3	480,000
3	8.5	3,700,000
4	8.7	190,000
5	8.6	110,000
6	8.5	1,200,000
7	8.4	2,400,000
8	8.6	1,400,000

แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และ SPC แสดงในภาพที่ 4-21



ภาพที่ 4-21 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH และปริมาณจุลชีวะของการทดลองครั้งที่ 2

ตารางที่ 4-14 Anova ผลกระทบของตัวแปรต่อค่า pH น้ำหล่อเย็นโดยทันที

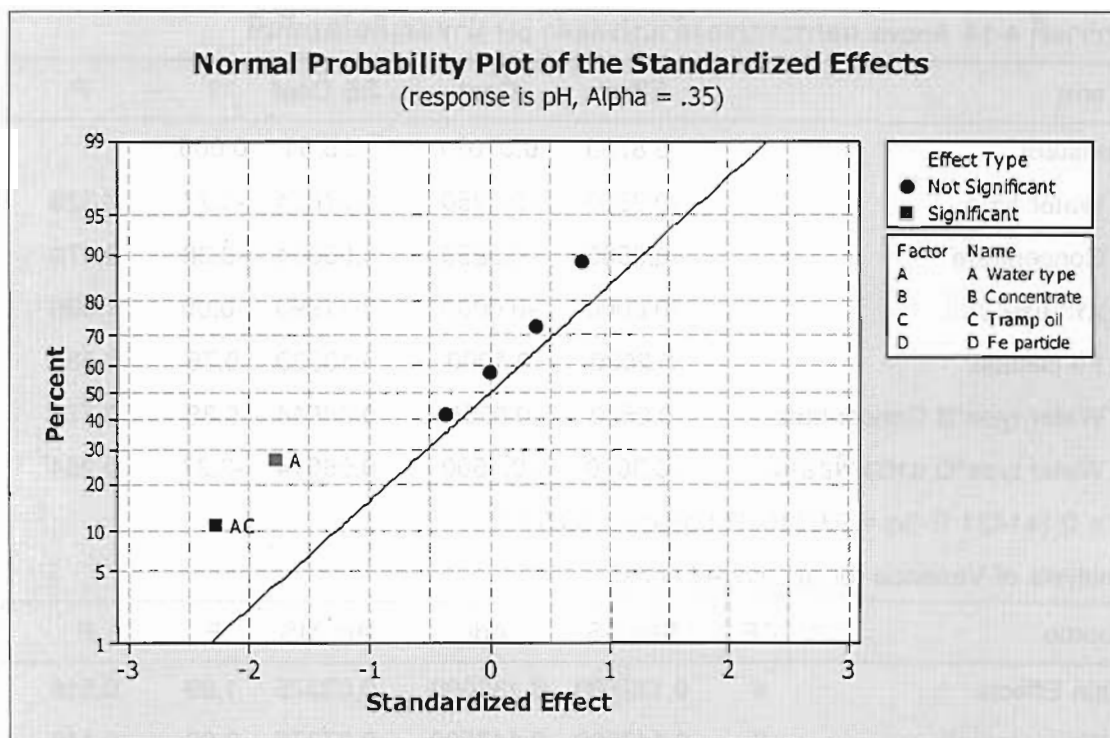
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant	8.8750	0.07071	125.51	0.005	
A Water type	-0.2500	-0.1250	0.07071	-1.77	0.328
B Concentrate	-0.0500	-0.0250	0.06614	-0.38	0.770
C แทรมฟออยล์	-0.0000	-0.0000	0.11990	-0.00	1.000
D Fe particle	0.2000	0.1000	0.13229	0.76	0.588
A Water type*B Concentrate	0.0500	0.0250	0.06614	0.38	0.770
A Water type*C แทรมฟออยล์	-0.3000	-0.1500	0.06614	-2.27	0.264

S = 0.141421 R-Sq = 93.33% R-Sq(adj) = 53.33%

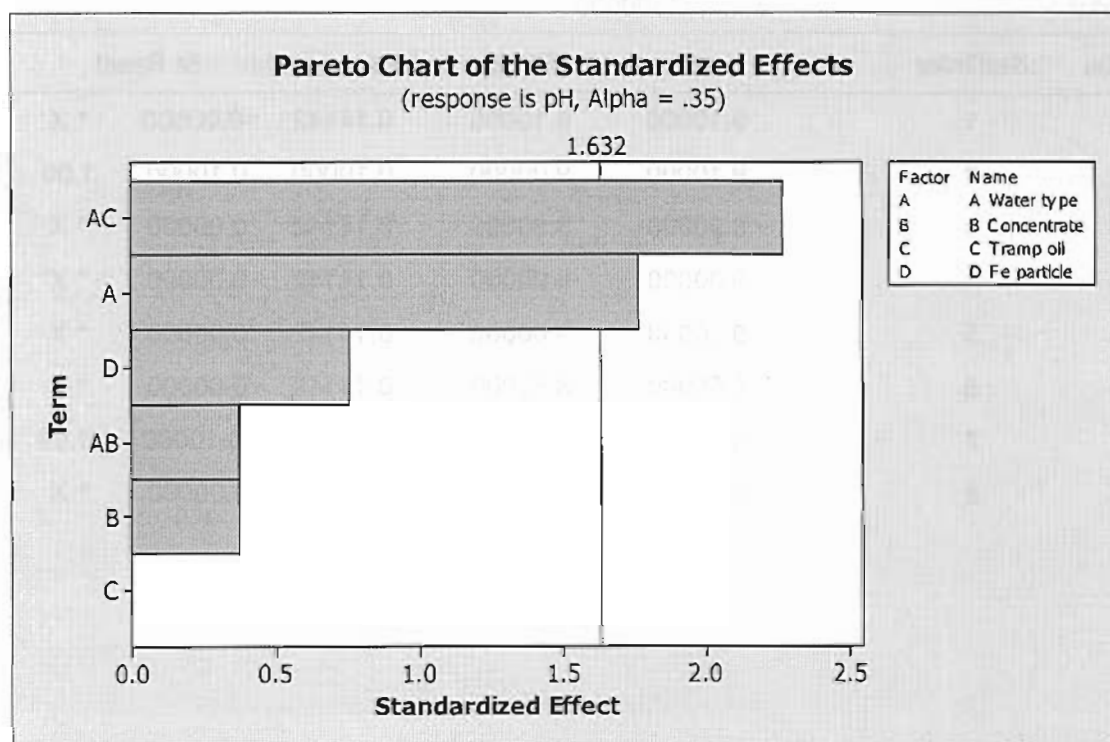
Analysis of Variance for pH (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.132500	0.135000	0.03375	1.69	0.516
2-Way Interactions	2	0.147500	0.147500	0.07375	3.69	0.346
Residual Error	1	0.020000	0.020000	0.02000		
Pure Error	1	0.020000	0.020000	0.02000		
Total	7	0.300000				

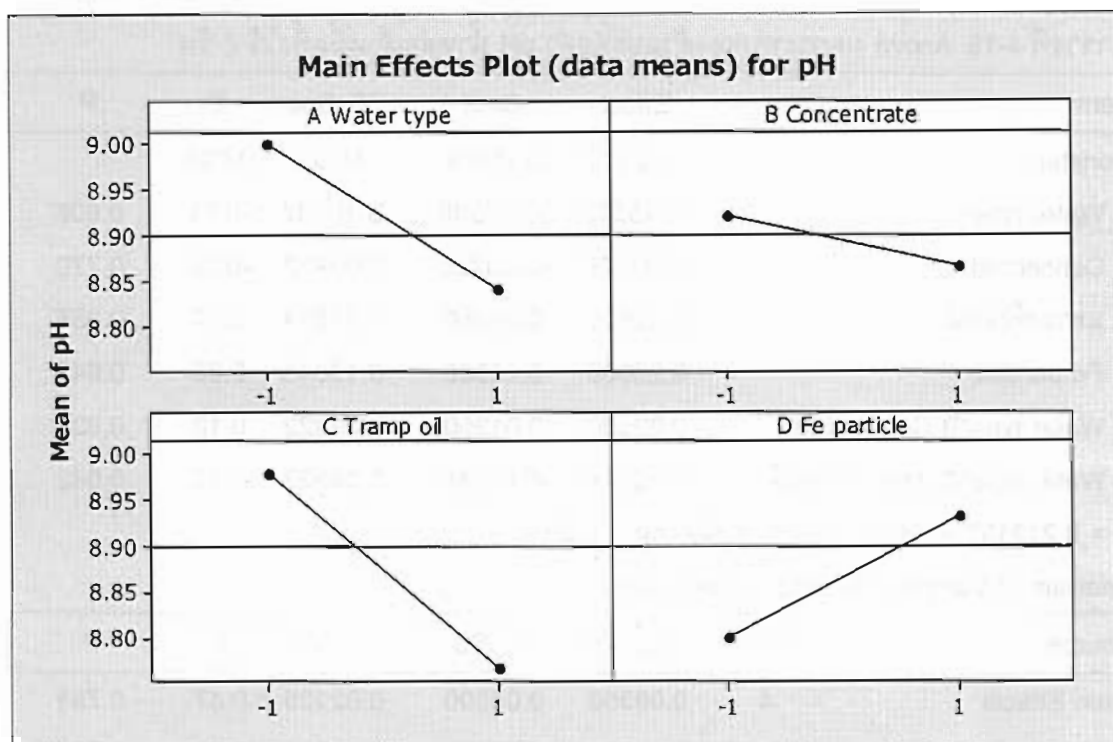
Obs	StdOrder	pH	Fit SE	Fit Residual	St Resid	
1	1	9.10000	9.10000	0.14142	-0.00000	* X
2	2	9.10000	9.00000	0.10000	0.10000	1.00
3	3	8.90000	8.90000	0.14142	0.00000	* X
4	4	9.00000	9.00000	0.14142	0.00000	* X
5	5	9.00000	9.00000	0.14142	0.00000	* X
6	6	8.50000	8.50000	0.14142	0.00000	* X
7	7	8.90000	9.00000	0.10000	-0.10000	-1.00
8	8	8.70000	8.70000	0.14142	0.00000	* X



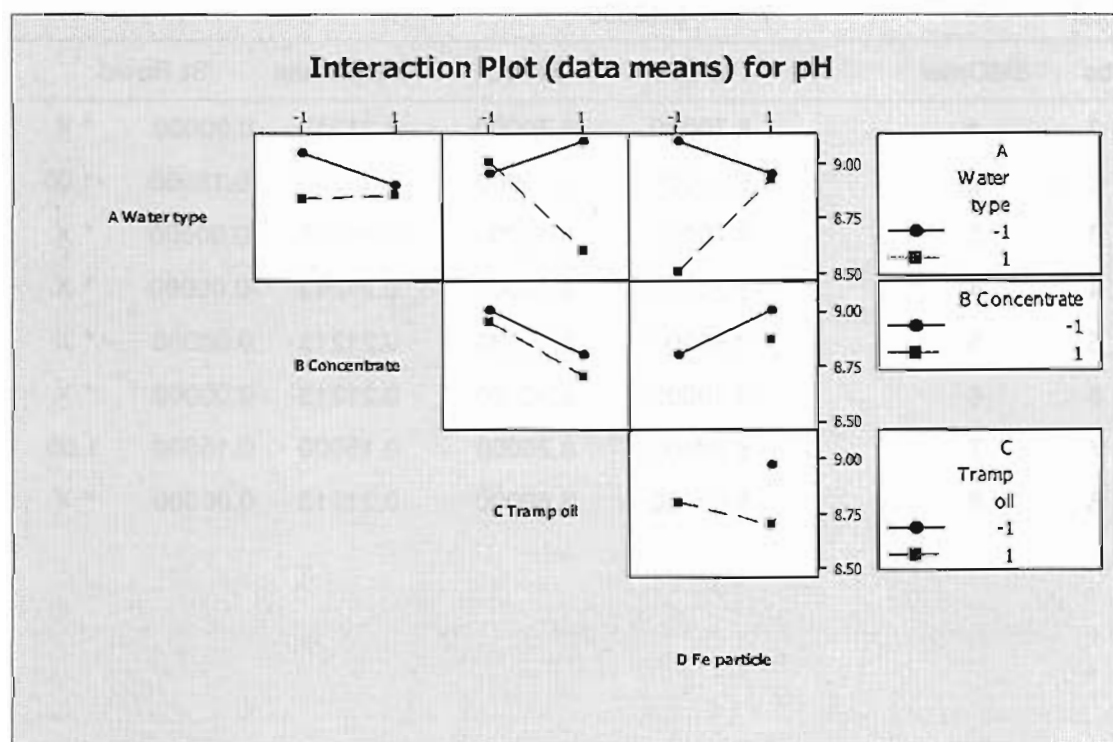
ภาพที่ 4-22 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นโดยทันที
เทียบกับค่ามาตรฐานที่ อัลฟา 0.35



ภาพที่ 4-23 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นโดยทันที
เทียบกับค่ามาตรฐานที่ อัลฟา 0.35



ภาพที่ 4-24 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของ pH น้ำหล่อเย็นโดยทันที
เทียบกับระดับของตัวแปร



ภาพที่ 4-25 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของน้ำหล่อเย็นโดยทันที

ตารางที่ 4-15 Anova ผลกระทบของตัวแปรต่อค่า pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 7 วัน

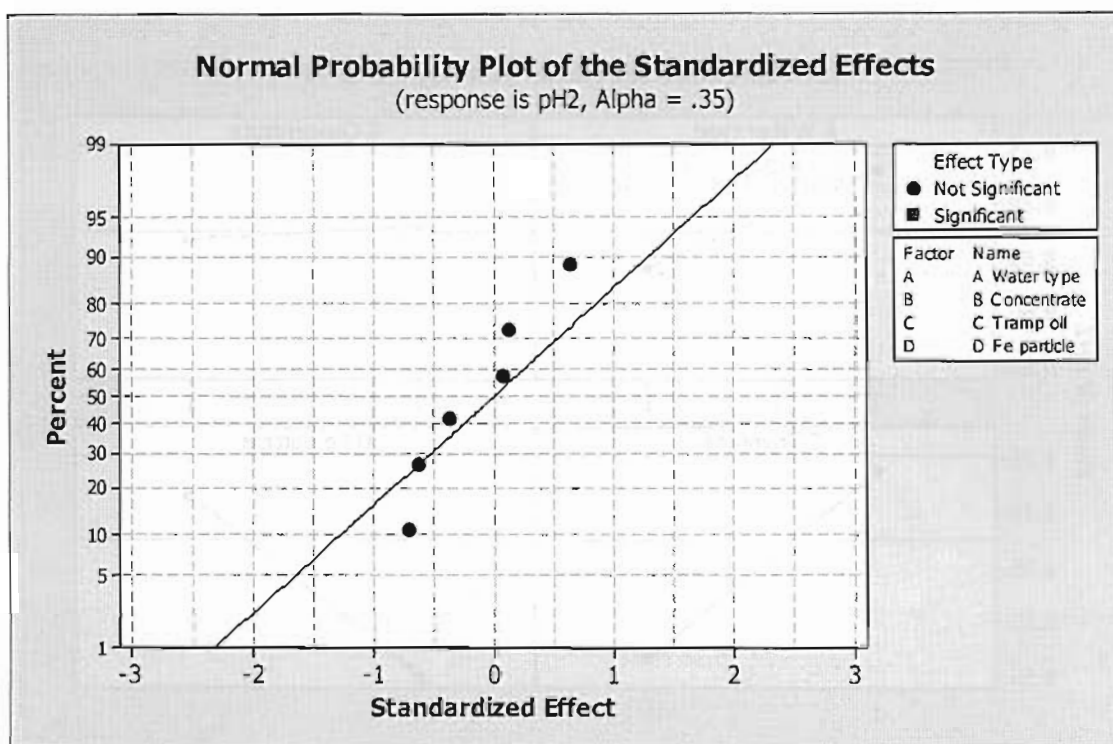
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant	8.62500	0.10607	81.32	0.008	
A Water type	-0.15000	-0.07500	0.10607	-0.71	0.608
B Concentrate	-0.07500	-0.03750	0.09922	-0.38	0.770
C แทรมพ์ออยล์	0.02500	0.01250	0.17984	0.07	0.956
D Fe particle	0.25000	0.12500	0.19843	0.63	0.642
A Water type*B Concentrate	0.02500	0.01250	0.09922	0.13	0.920
A Water type*C แทรมพ์ออยล์	-0.12500	-0.06250	0.09922	-0.63	0.642

S = 0.212132 R-Sq = 70.97% R-Sq(adj) = 0.00%

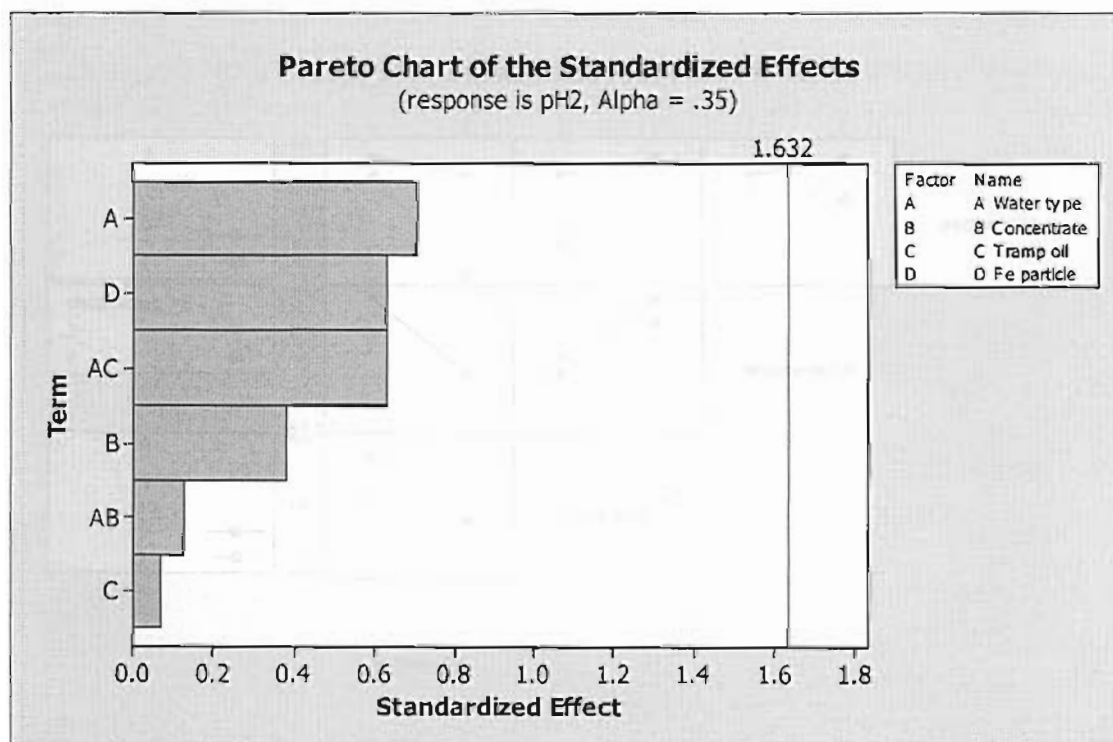
Analysis of Variance for pH2 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.08350	0.08500	0.02125	0.47	0.781
2-Way Interactions	2	0.02650	0.02650	0.01325	0.29	0.793
Residual Error	1	0.04500	0.04500	0.04500		
Pure Error	1	0.04500	0.04500	0.04500		
Total	7	0.15500				

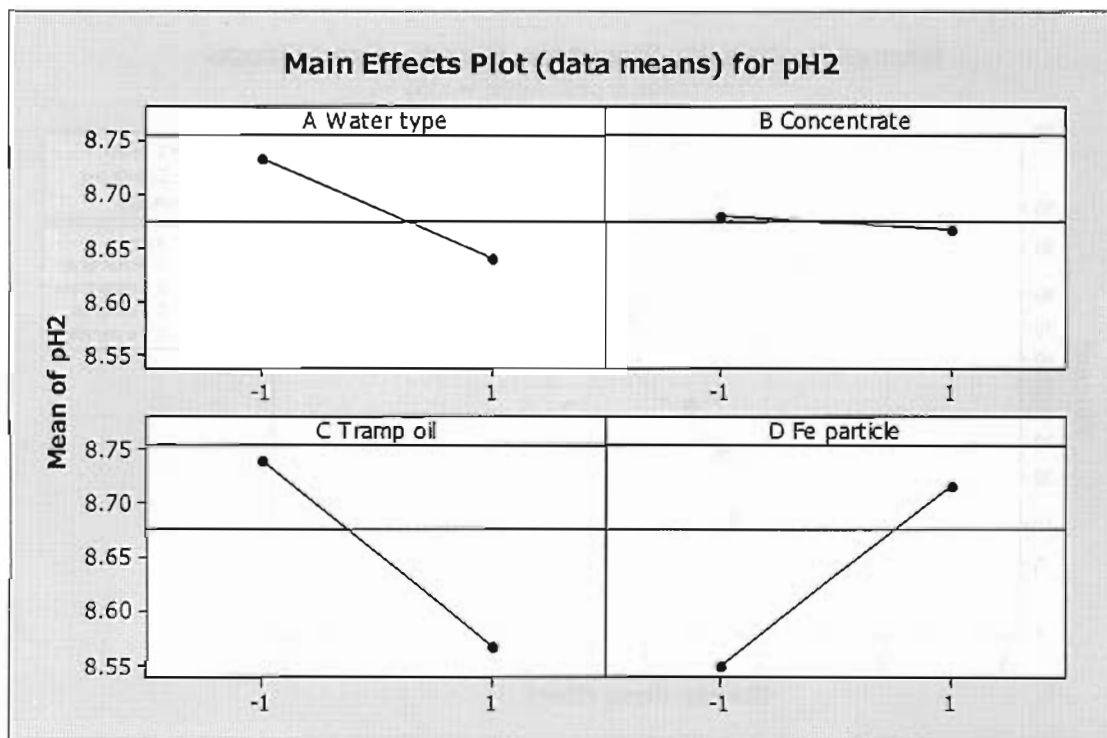
Obs	StdOrder	pH2	Fit SE	Fit Residual	St Resid	
1	1	8.70000	8.70000	0.21213	0.00000	* X
2	2	8.60000	8.75000	0.15000	-0.15000	-1.00
3	3	8.70000	8.70000	0.21213	-0.00000	* X
4	4	8.70000	8.70000	0.21213	-0.00000	* X
5	5	8.80000	8.80000	0.21213	0.00000	* X
6	6	8.40000	8.40000	0.21213	0.00000	* X
7	7	8.90000	8.75000	0.15000	0.15000	1.00
8	8	8.60000	8.60000	0.21213	0.00000	* X



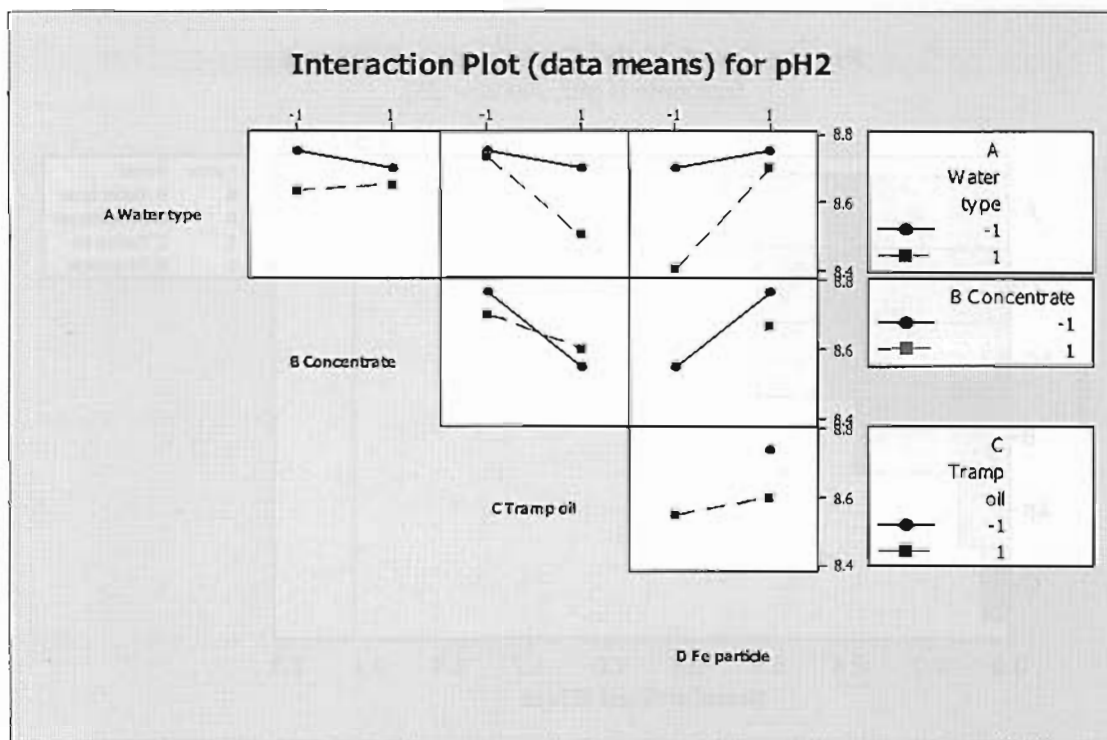
ภาพที่ 4-26 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 7 วันเสร็จ
เทียบกับค่ามาตรฐานที่ อัลฟา 0.35



ภาพที่ 4-27 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 7 วันเสร็จ
เทียบกับค่ามาตรฐานที่ อัลฟา 0.35



ภาพที่ 4-28 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 7 วัน
เทียบกับระดับของตัวแปร



ภาพที่ 4-29 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของน้ำหล่อเย็นโดยทันที

ตารางที่ 4-16 Anova ผลกระทบของตัวแปรต่อค่า pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 14 วัน

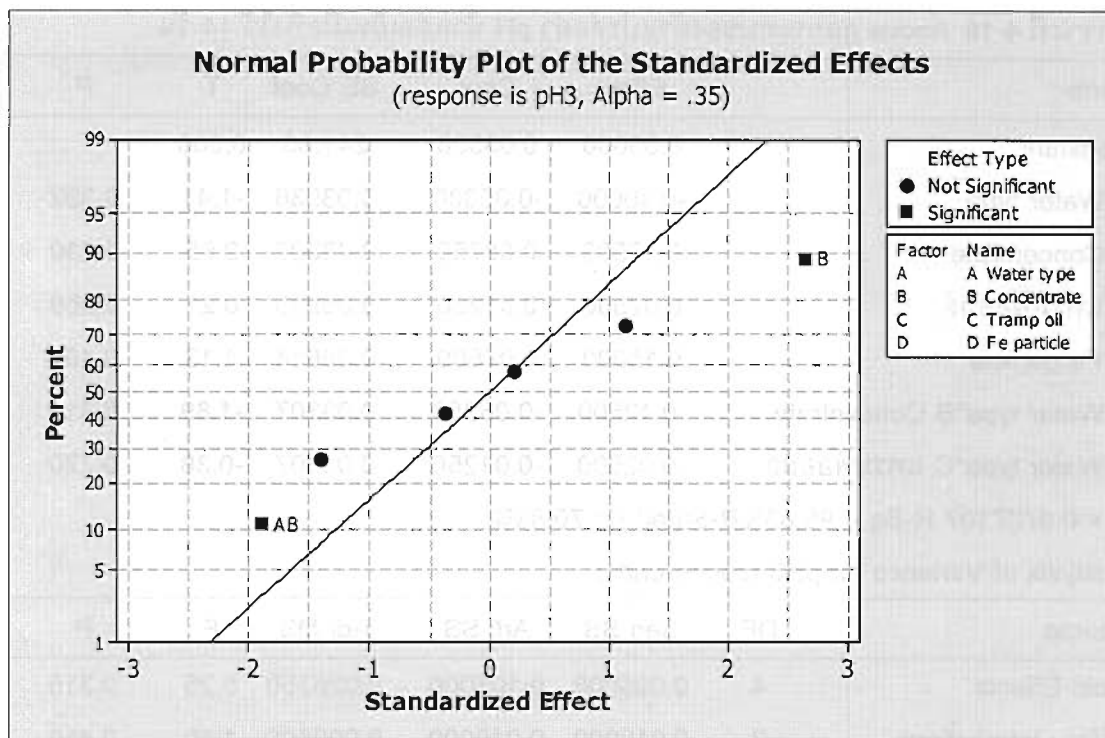
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant	8.55000	0.03536	241.83	0.003	
A Water type	-0.10000	-0.05000	0.03536	-1.41	0.392
B Concentrate	0.17500	0.08750	0.03307	2.65	0.230
C แทรมฟออยล์	0.02500	0.01250	0.05995	0.21	0.869
D Fe particle	0.15000	0.07500	0.06614	1.13	0.460
A Water type*B Concentrate	-0.12500	-0.06250	0.03307	-1.89	0.310
A Water type*C แทรมฟออยล์	-0.02500	-0.01250	0.03307	-0.38	0.770

S = 0.0707107 R-Sq = 95.83% R-Sq(adj) = 70.83%

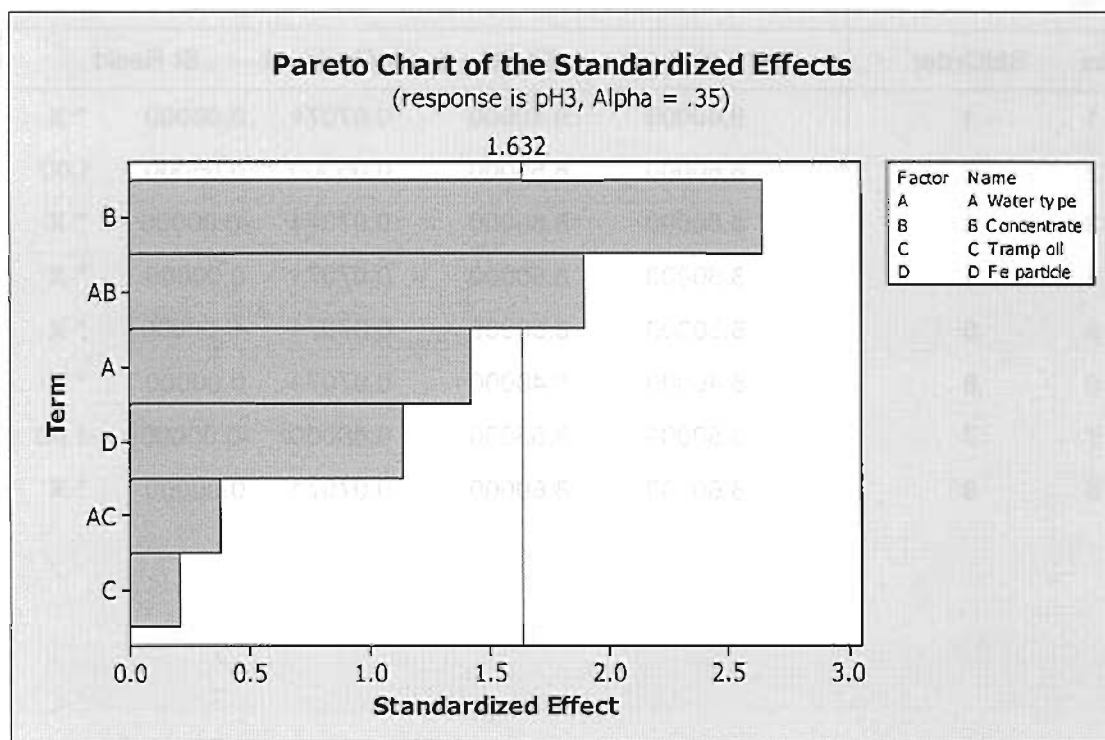
Analysis of Variance for pH3 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.096000	0.105000	0.026250	5.25	0.315
2-Way Interactions	2	0.019000	0.019000	0.009500	1.90	0.456
Residual Error	1	0.005000	0.005000	0.005000		
Pure Error	1	0.005000	0.005000	0.005000		
Total	7	0.120000				

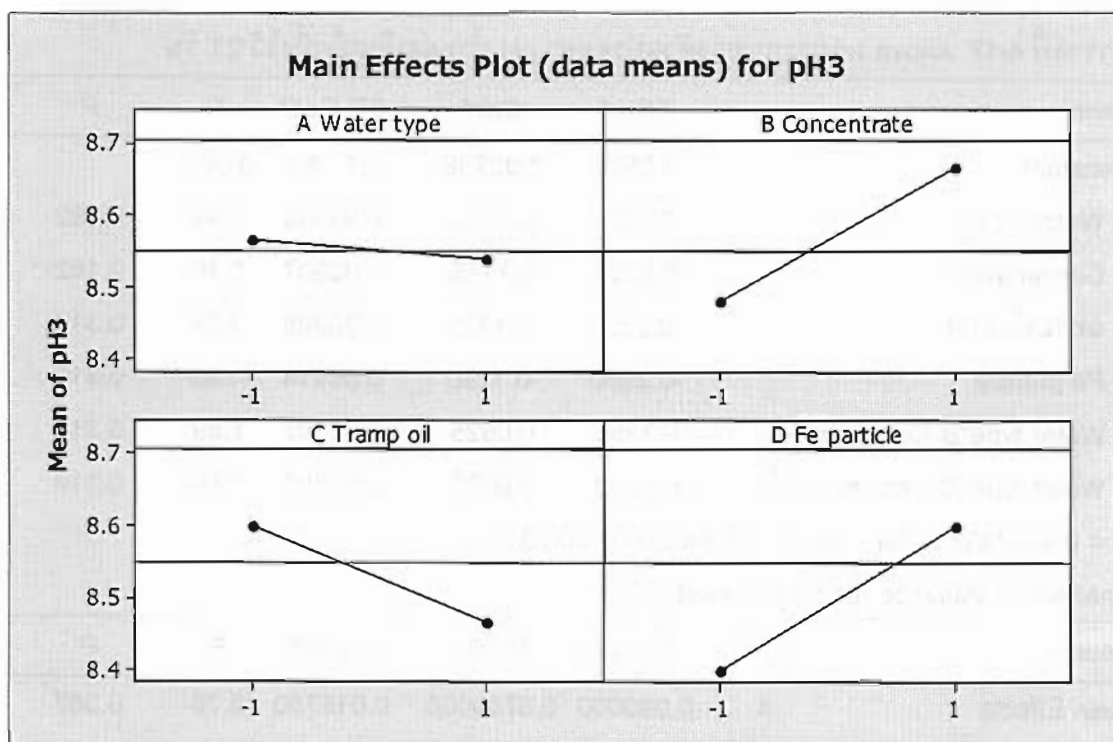
Obs	StdOrder	pH3	Fit SE	Fit Residual	St Resid	
1	1	8.40000	8.40000	0.07071	0.00000	* X
2	2	8.60000	8.55000	0.05000	0.05000	1.00
3	3	8.80000	8.80000	0.07071	-0.00000	* X
4	4	8.60000	8.60000	0.07071	0.00000	* X
5	5	8.50000	8.50000	0.07071	-0.00000	* X
6	6	8.40000	8.40000	0.07071	0.00000	* X
7	7	8.50000	8.55000	0.05000	-0.05000	-1.00
8	8	8.60000	8.60000	0.07071	0.00000	* X



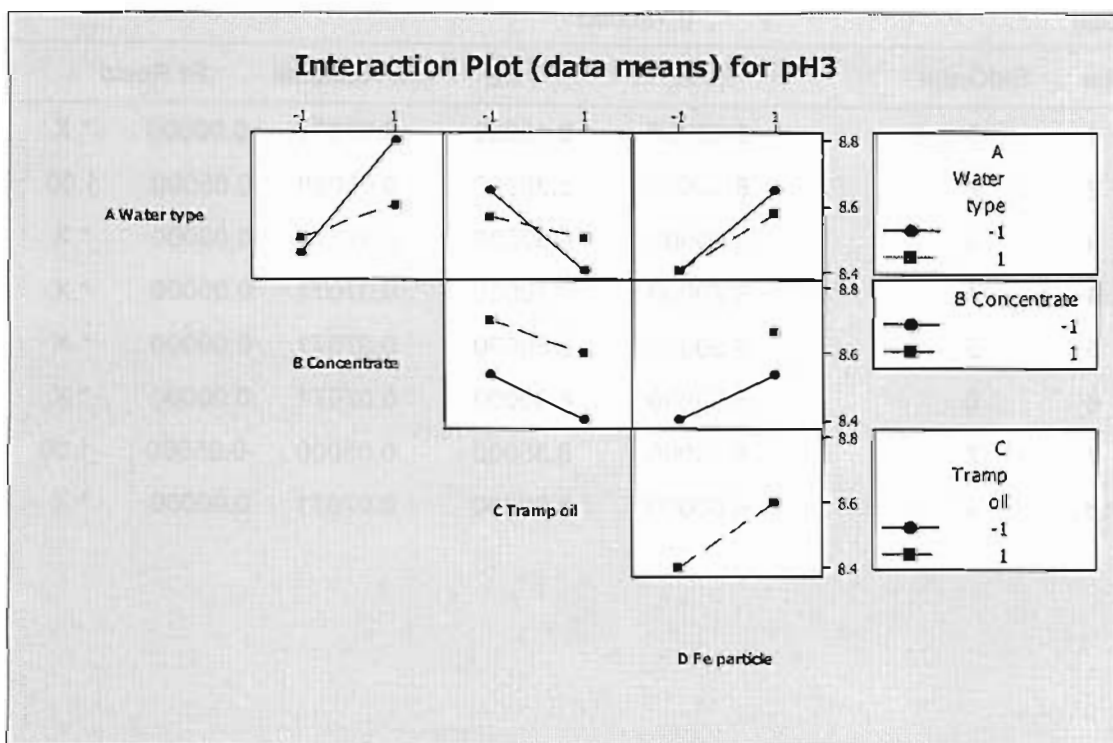
ภาพที่ 4-30 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 14 วัน
เทียบกับค่ามาตรฐานที่ อัลฟา 0.35



ภาพที่ 4-31 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 14 วันเสร็จ
เทียบกับค่ามาตรฐานที่ อัลฟา 0.35



ภาพที่ 4-32 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 14 วัน
เทียบกับระดับของตัวแปร



ภาพที่ 4-33 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 14 วัน

ตารางที่ 4-17 Anova ผลกระทบของตัวแปรต่อค่า pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วัน

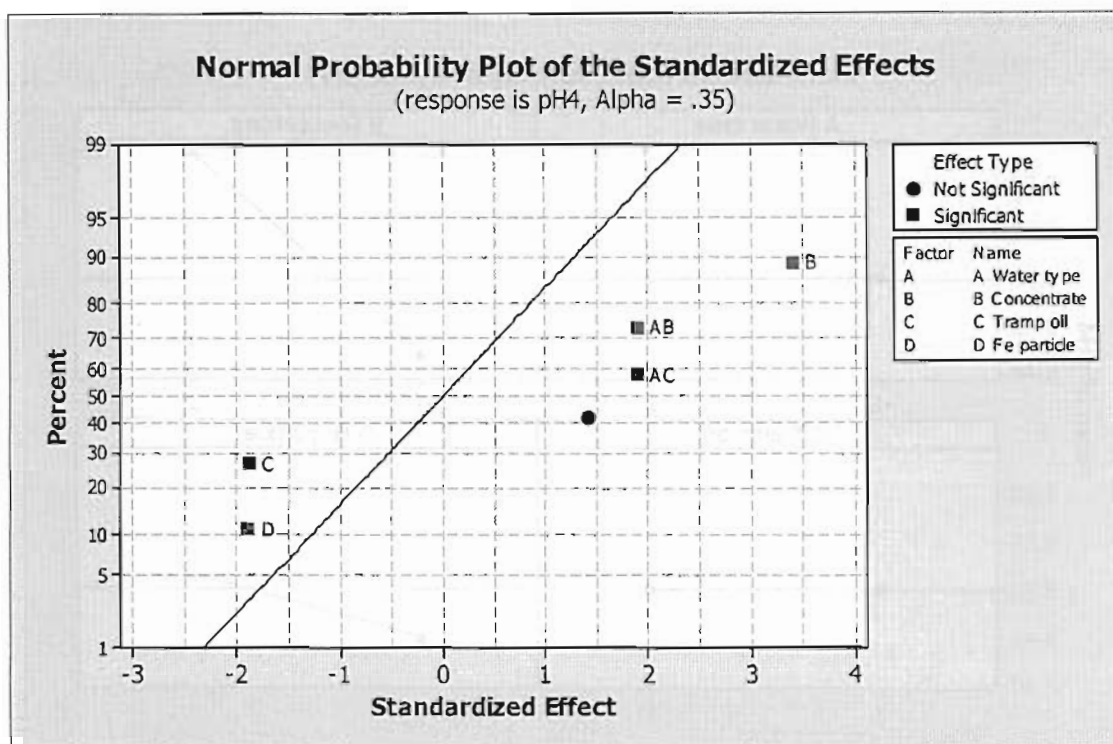
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant	8.5500	0.03536	241.83	0.003	
A Water type	0.1000	0.0500	0.03536	1.41	0.392
B Concentrate	0.2250	0.1125	0.03307	3.40	0.182
C แทรมพ์ออยล์	-0.2250	-0.1125	0.05995	-1.88	0.312
D Fe particle	-0.2500	-0.1250	0.06614	-1.89	0.310
A Water type*B Concentrate	0.1250	0.0625	0.03307	1.89	0.310
A Water type*C แทรมพ์ออยล์	0.1250	0.0625	0.03307	1.89	0.310

S = 0.0707107 R-Sq = 95.83% R-Sq(adj) = 70.83%

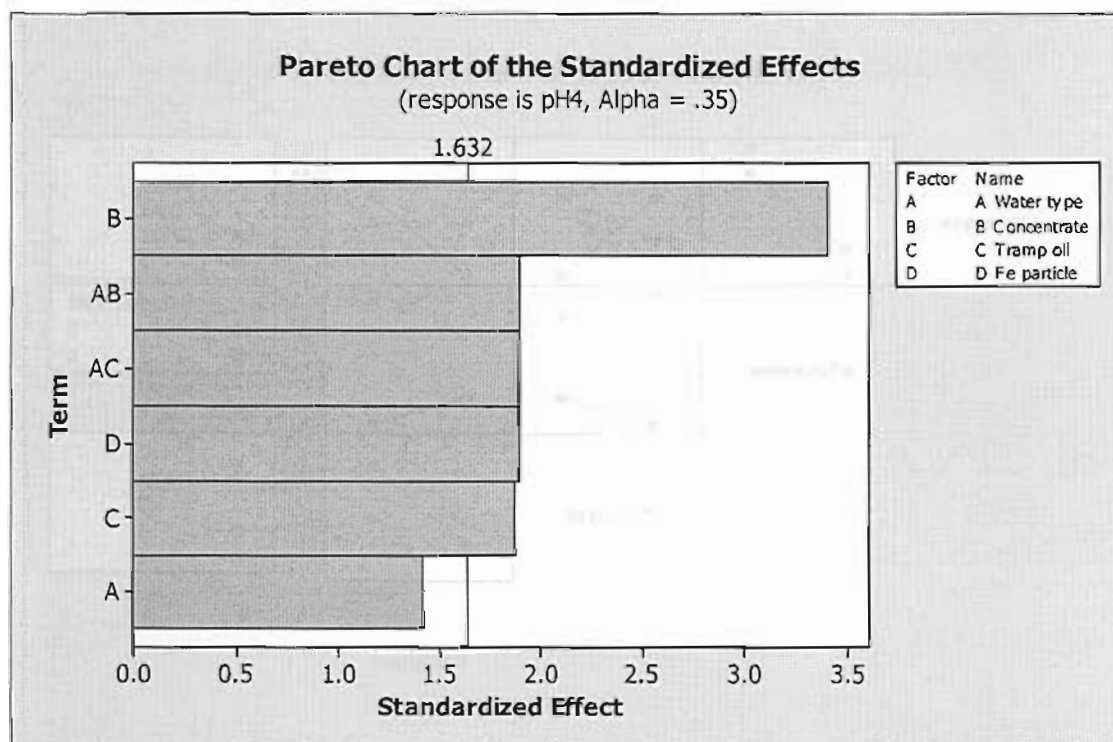
Analysis of Variance for pH4 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.090000	0.0750000	0.018750	3.75	0.367
2-Way Interactions	2	0.025000	0.0250000	0.012500	2.50	0.408
Residual Error	1	0.005000	0.0050000	0.005000		
Pure Error	1	0.005000	0.0050000	0.005000		
Total	7	0.120000				

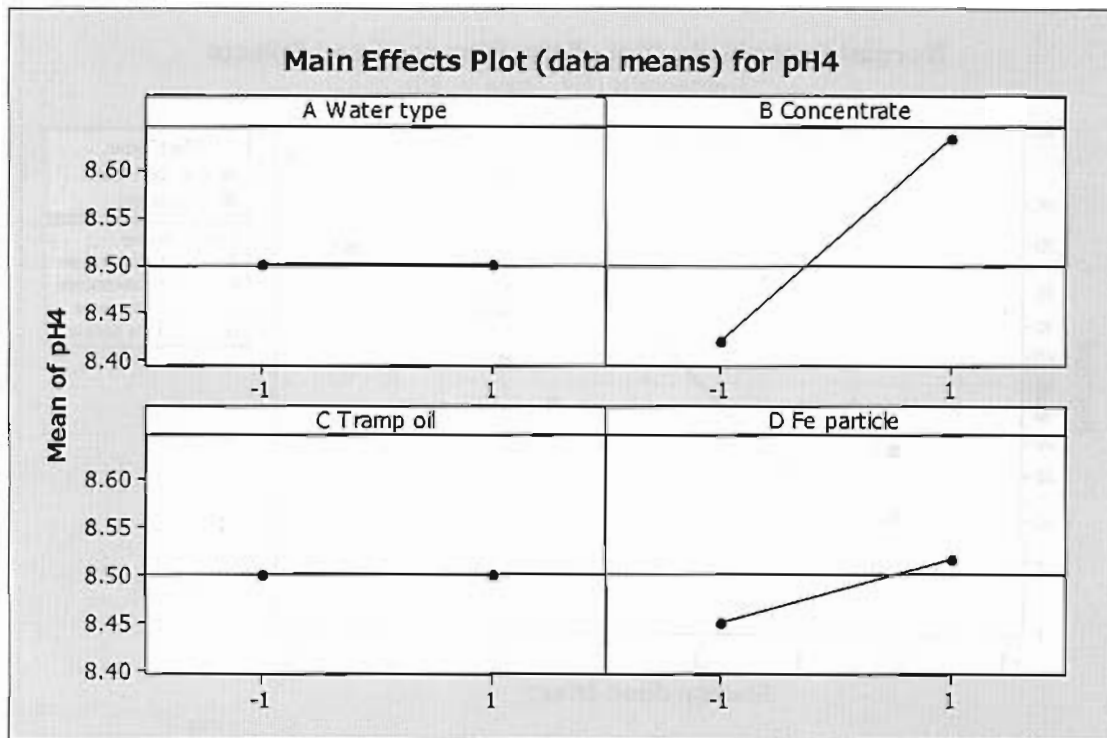
Obs	StdOrder	pH4	Fit SE	Fit Residual	St Resid	
1	1	8.40000	8.40000	0.07071	-0.00000	* X
2	2	8.40000	8.35000	0.05000	0.05000	1.00
3	3	8.60000	8.60000	0.07071	0.00000	* X
4	4	8.70000	8.70000	0.07071	0.00000	* X
5	5	8.50000	8.50000	0.07071	0.00000	* X
6	6	8.50000	8.50000	0.07071	0.00000	* X
7	7	8.30000	8.35000	0.05000	-0.05000	-1.00
8	8	8.60000	8.60000	0.07071	0.00000	* X



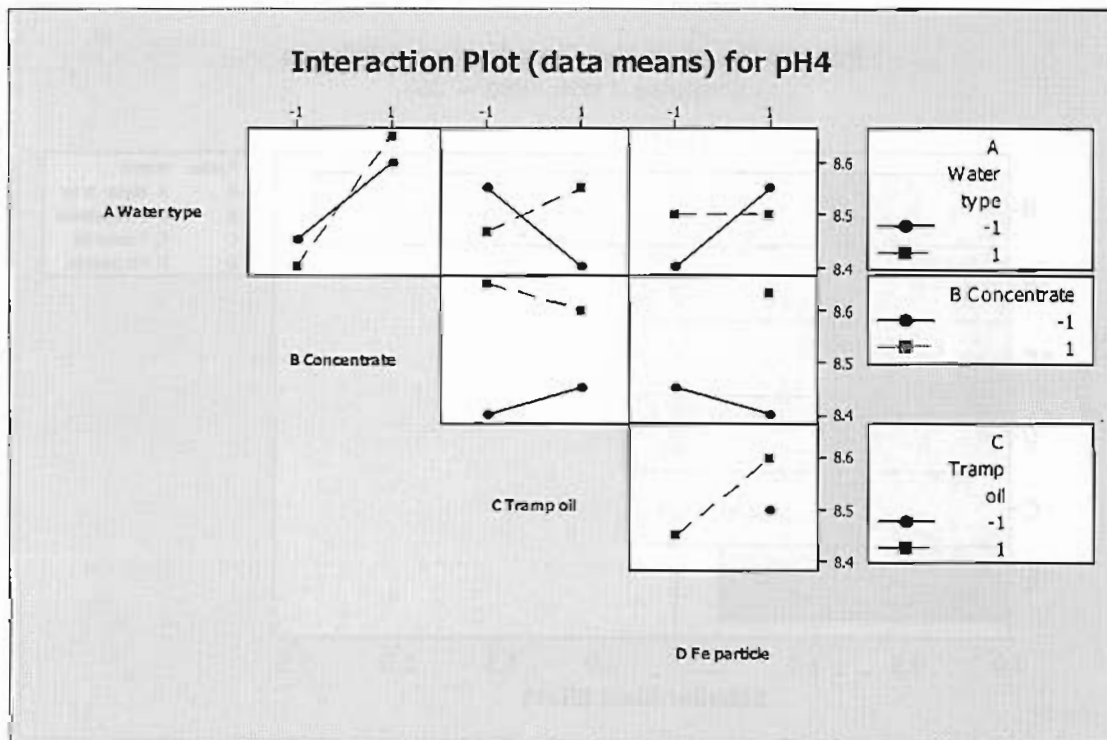
ภาพที่ 4-34 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วัน
เทียบกับค่ามาตรฐานที่ อัลฟา 0.35



ภาพที่ 4-35 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วันเสร็จ
เทียบกับค่ามาตรฐานที่ อัลฟา 0.35



ภาพที่ 4-36 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของ pH น้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วัน
เทียบกับระดับของตัวแปร



ภาพที่ 4-37 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วัน

ตารางที่ 4-18 Anova ผลกระทบของตัวแปรต่อปริมาณจุลชีวะในน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วัน
Estimated Effects and Coefficients for APC (coded units)

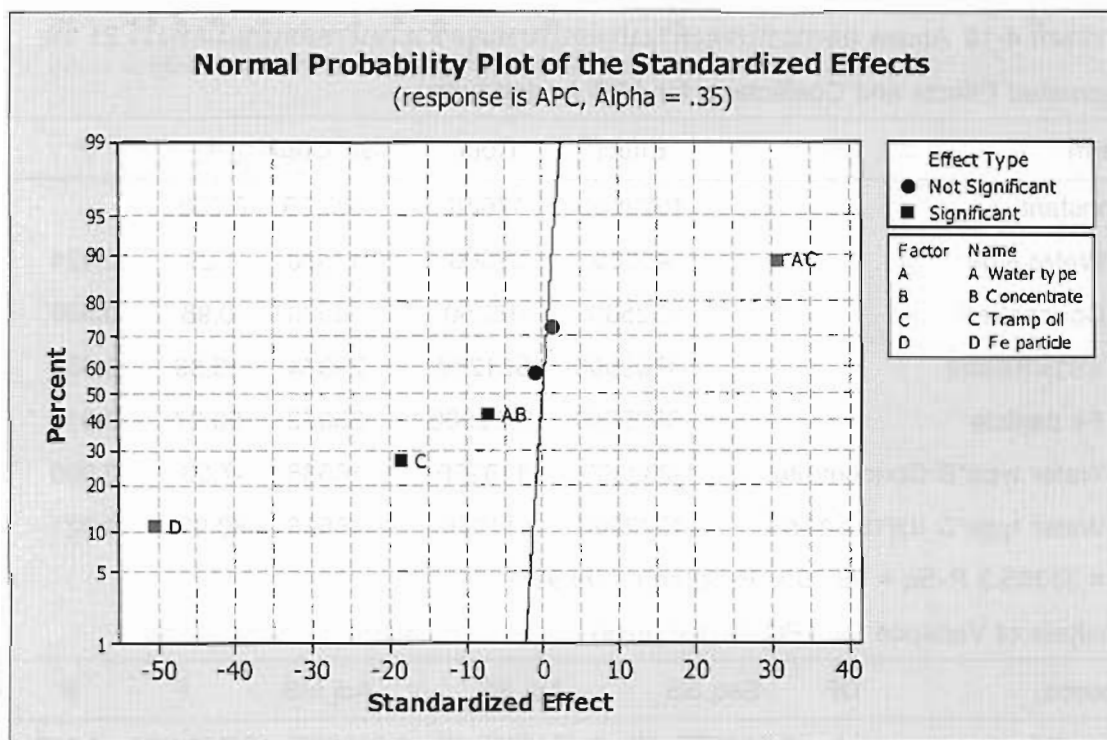
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1922500	17678	108.75	0.006	
A Water type	45000	22500	17678	1.27	0.424
B Concentrate	-32500	-16250	16536	-0.98	0.506
C แทรมพ์ออยล์	-1102500	-551250	29974	-18.39	0.035
D Fe particle	-3325000	-1662500	33072	-50.27	0.013
A Water type*B Concentrate	-232500	-116250	16536	-7.03	0.090
A Water type*C แทรมพ์ออยล์	1022500	511250	16536	30.92	0.021

S = 35355.3 R-Sq = 99.99% R-Sq(adj) = 99.92%

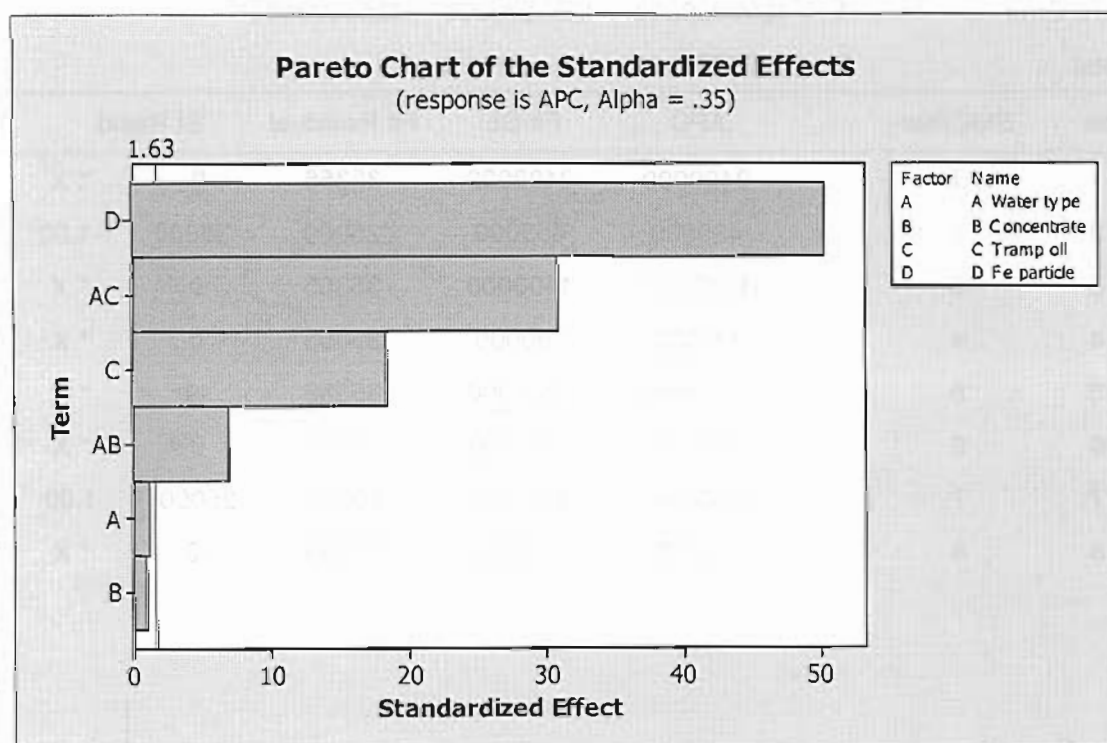
Analysis of Variance for APC (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	9.21157E+12	9.42121E+12	2.35530E+12	1884.24	0.017
2-Way Interactions	2	1.82467E+12	1.82466E+12	9.12332E+11	729.87	0.026
Residual Error	1	1250000000	1250000000	1250000000		
Pure Error	1	1250000000	1250000000	1250000000		
Total	7	1.10375E+13				

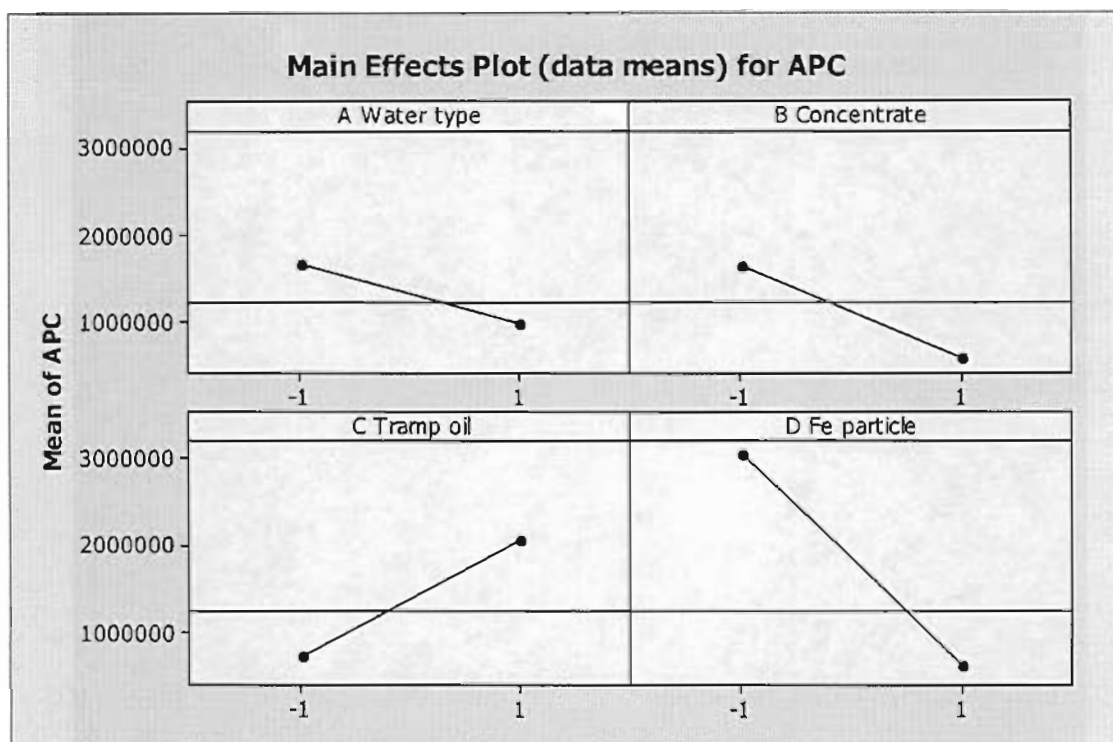
Obs	StdOrder	APC	Fit SE	Fit Residual	St Resid	
1	1	2400000	2400000	35355	0	* X
2	2	430000	455000	25000	-25000	-1.00
3	3	1400000	1400000	35355	0	* X
4	4	190000	190000	35355	0	* X
5	5	1200000	1200000	35355	-0	* X
6	6	3700000	3700000	35355	0	* X
7	7	480000	455000	25000	25000	1.00
8	8	110000	110000	35355	-0	* X



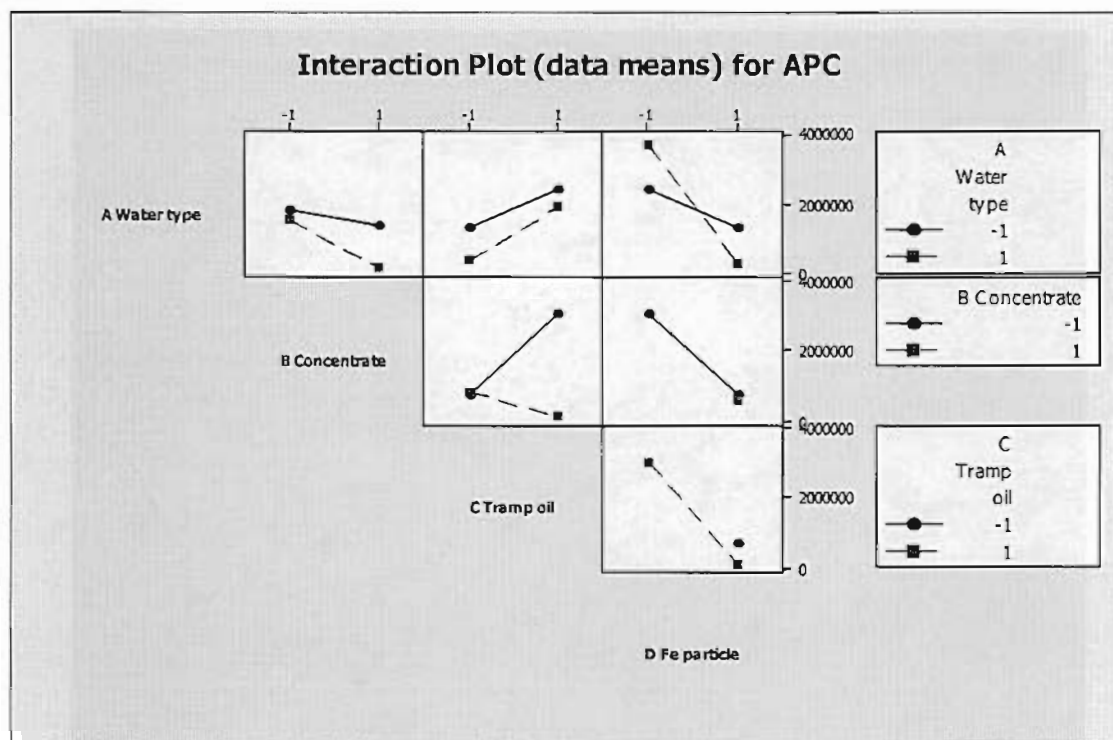
ภาพที่ 4-38 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของจำนวนของจุลชีวะที่อยู่ในน้ำหล่อเย็น
เมื่อทิ้งไว้ 21 วันเทียบกับค่ามาตรฐานที่ อัลฟา 0.35



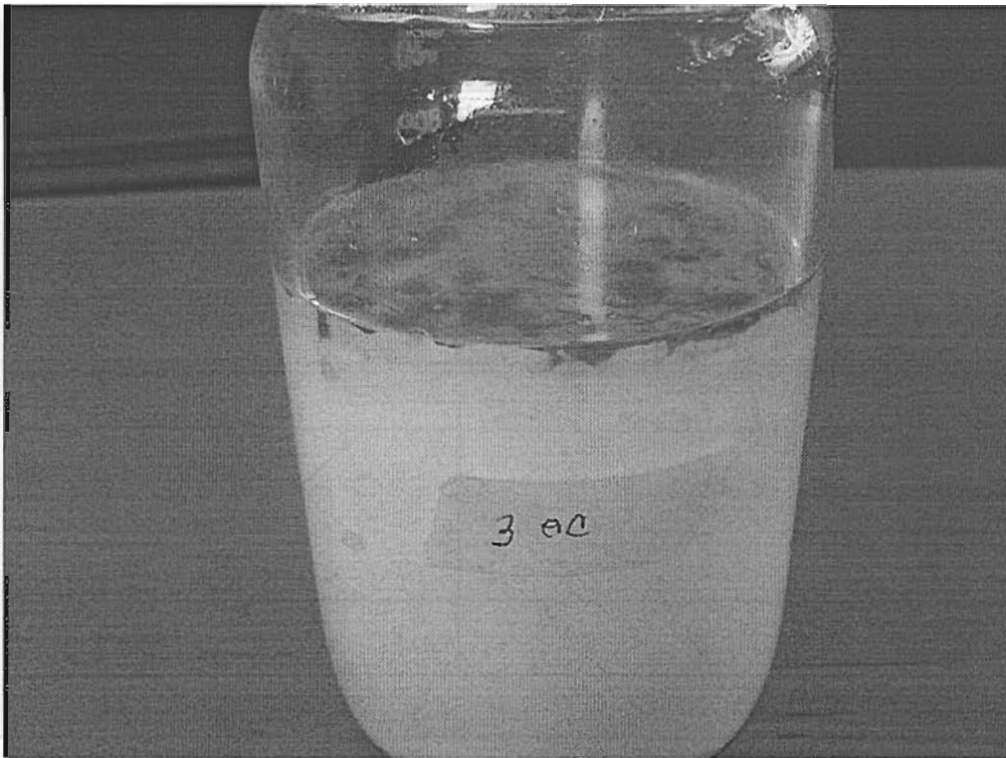
ภาพที่ 4-39 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของจำนวนของจุลชีวะที่อยู่ในน้ำหล่อเย็น
เมื่อทิ้งไว้ 21 วันเสร็จเทียบกับค่ามาตรฐานที่ อัลฟา 0.35



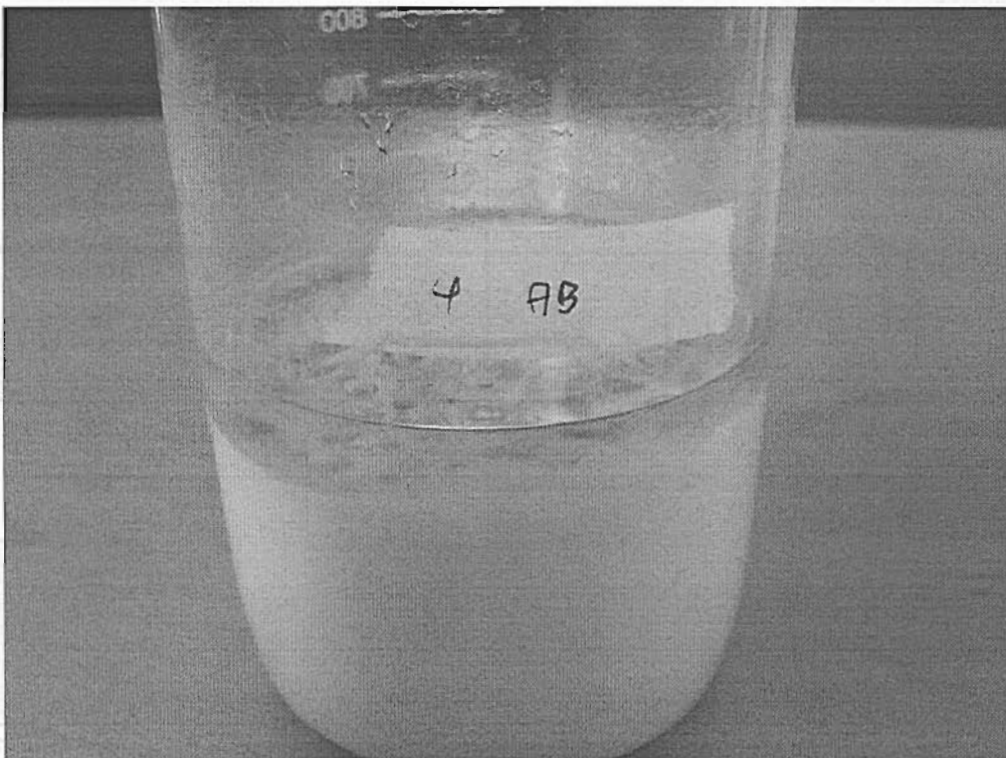
ภาพที่ 4-40 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของ จำนวนของจุลชีวะที่อยู่ในน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วันเทียบกับระดับของตัวแปร



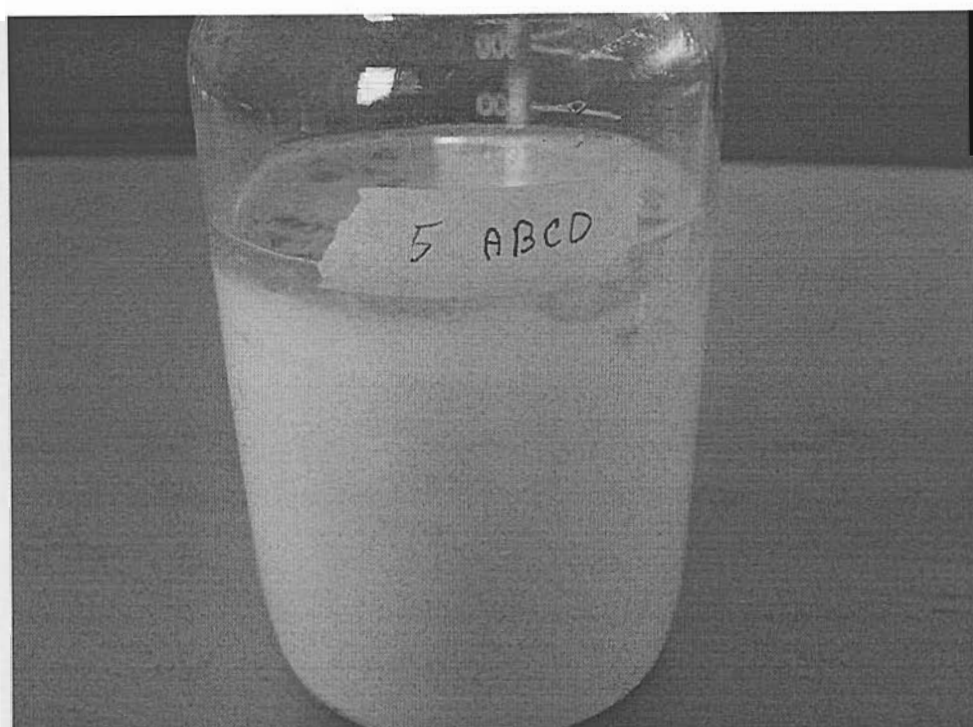
ภาพที่ 4-41 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของน้ำหล่อเย็นเมื่อทิ้งไว้ 21 วัน



ภาพที่ 4-42 สภาพทางกายภาพของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 3
ซึ่งมีปริมาณจุลชีวะ 3,700,000 CFU/MI



ภาพที่ 4-43 สภาพทางกายภาพของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4
ซึ่งมีปริมาณจุลชีวะ 190,000 CFU/MI



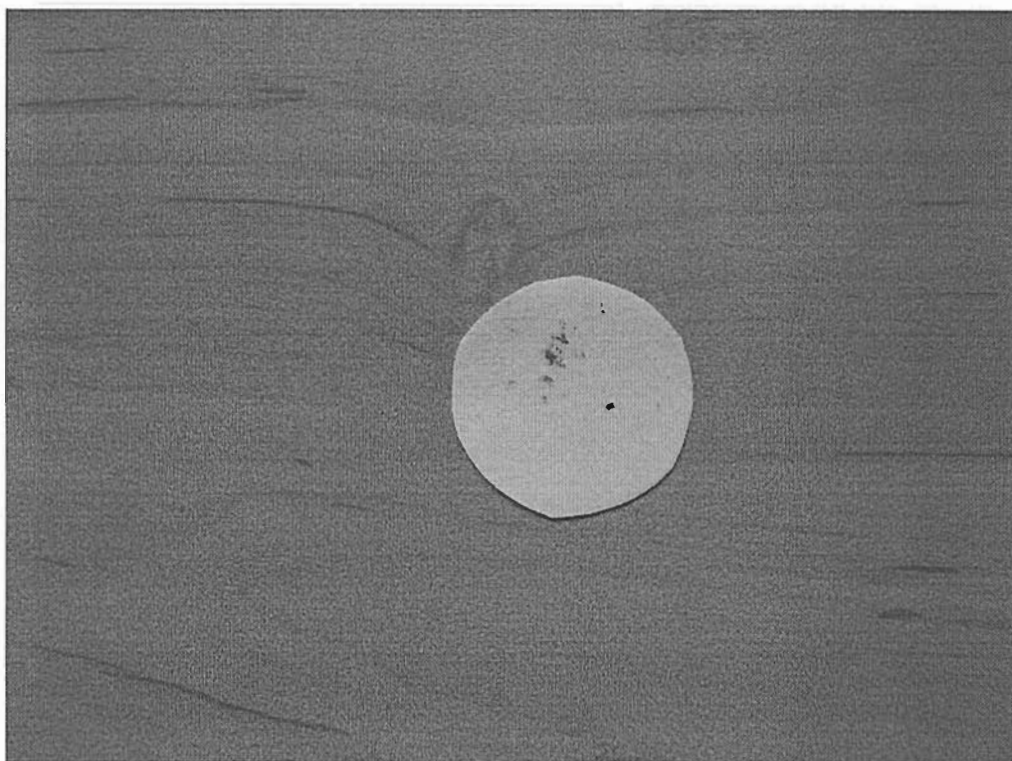
ภาพที่ 4-44 สภาพทางกายภาพของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4
ซึ่งมีปริมาณจุลชีวะ 110,000 CFU/MI

4.5 ผลการทดสอบการต้านทานการกัดกร่อนด้วยกรรมวิธี ASTM D4627

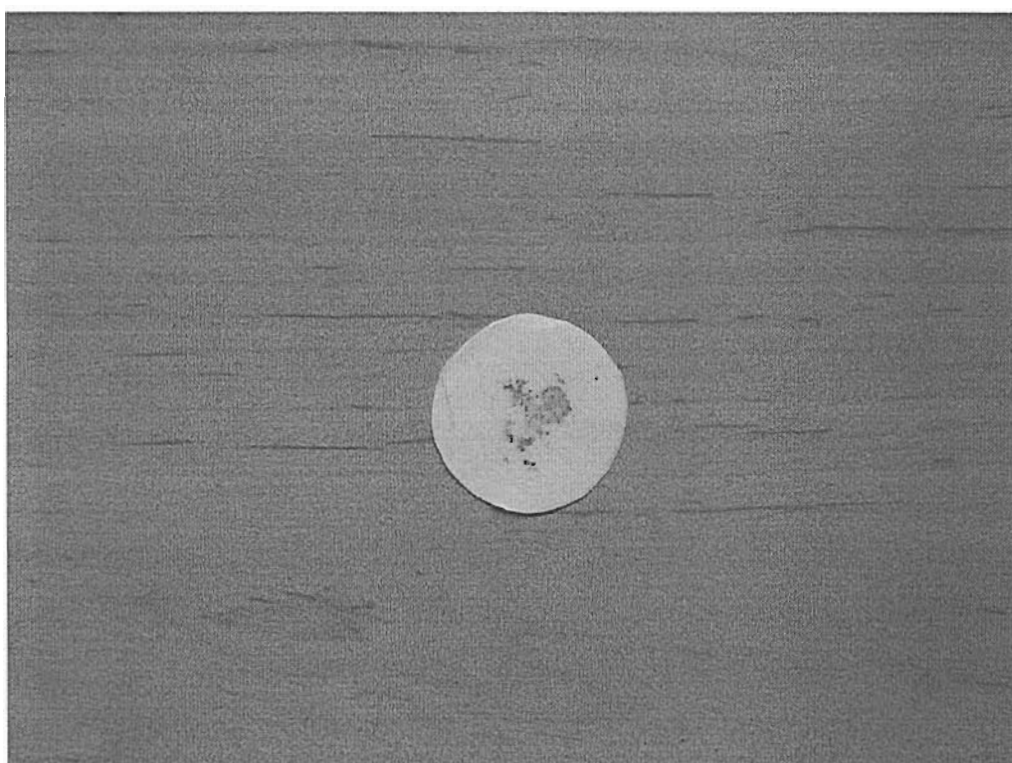
ซึ่งจะสรุปผลเป็นร้อยละของปริมาณสนิมที่ปรากฏอยู่บนแผ่นกระดาศกรอง โดยใช้ตาเปล่าดู



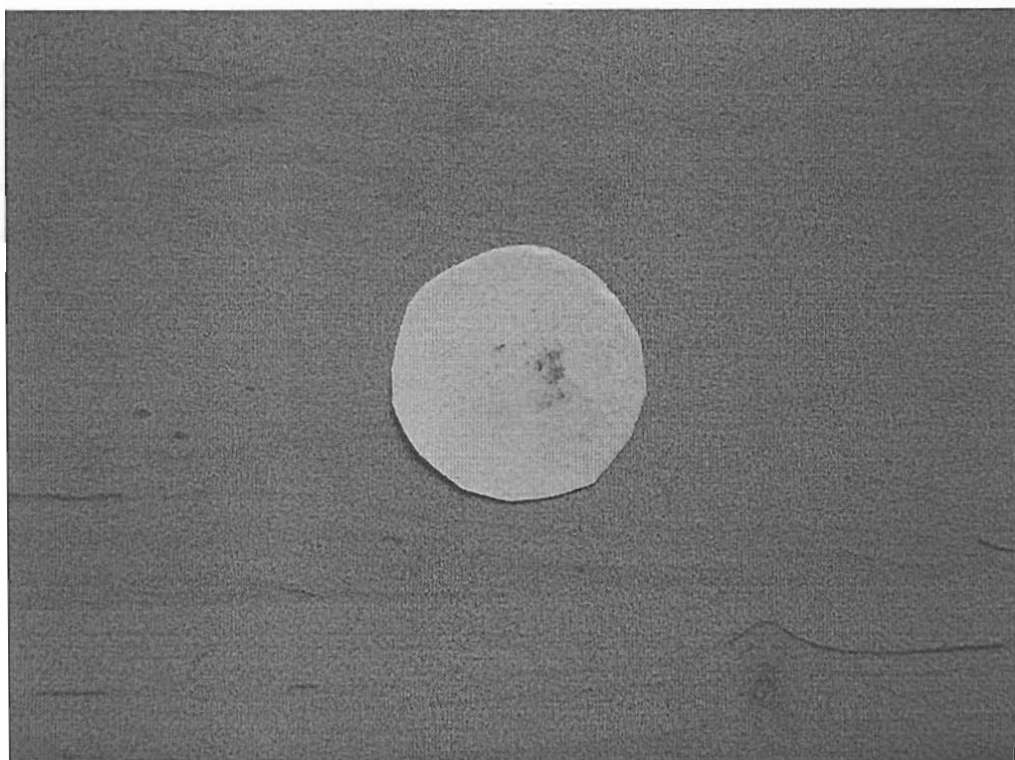
ภาพที่ 4-45 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 1 เมื่อทิ้งไว้ 14 วัน



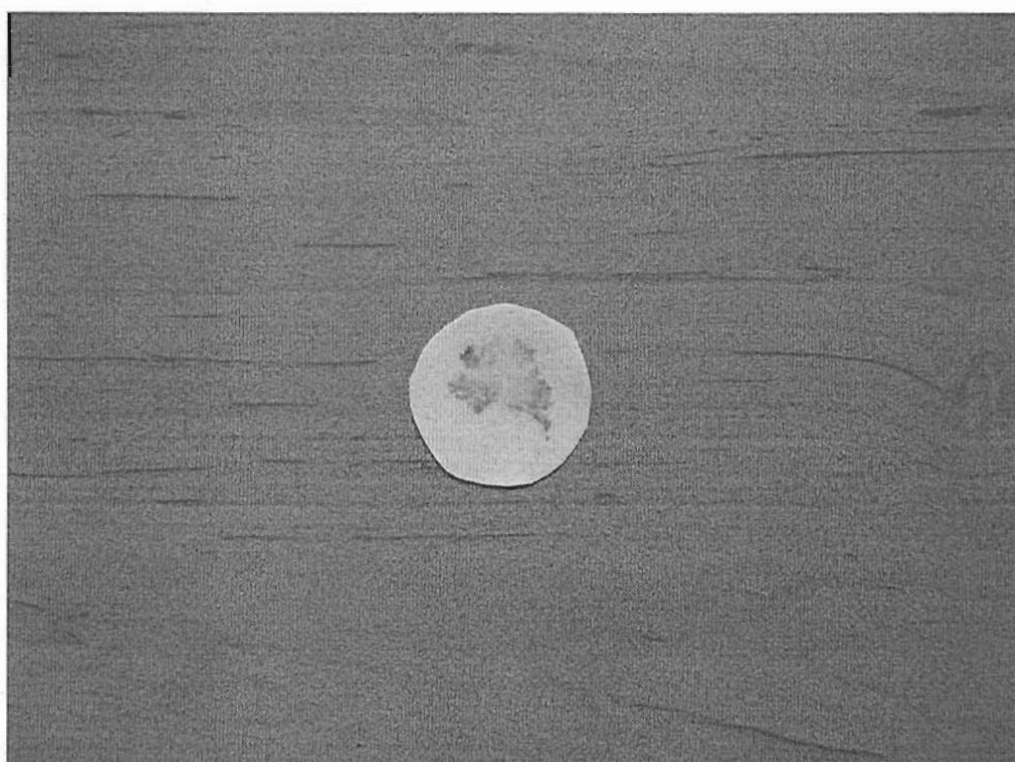
ภาพที่ 4-46 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 2 เมื่อทิ้งไว้ 14 วัน



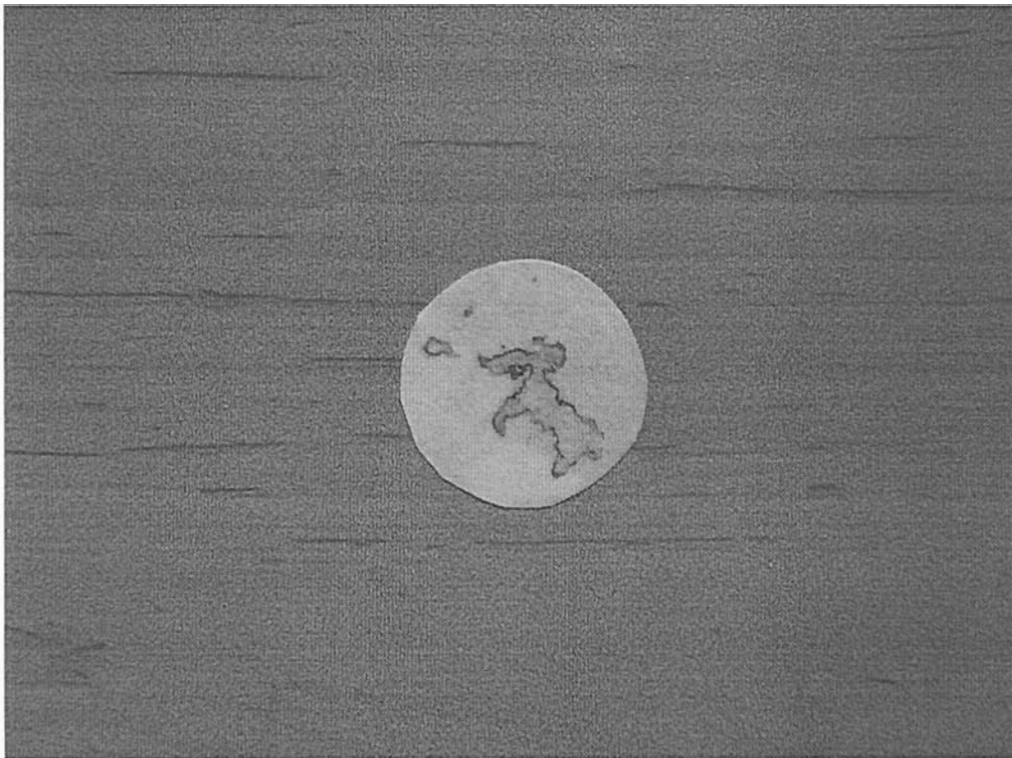
ภาพที่ 4-47 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 3 เมื่อทิ้งไว้ 14 วัน



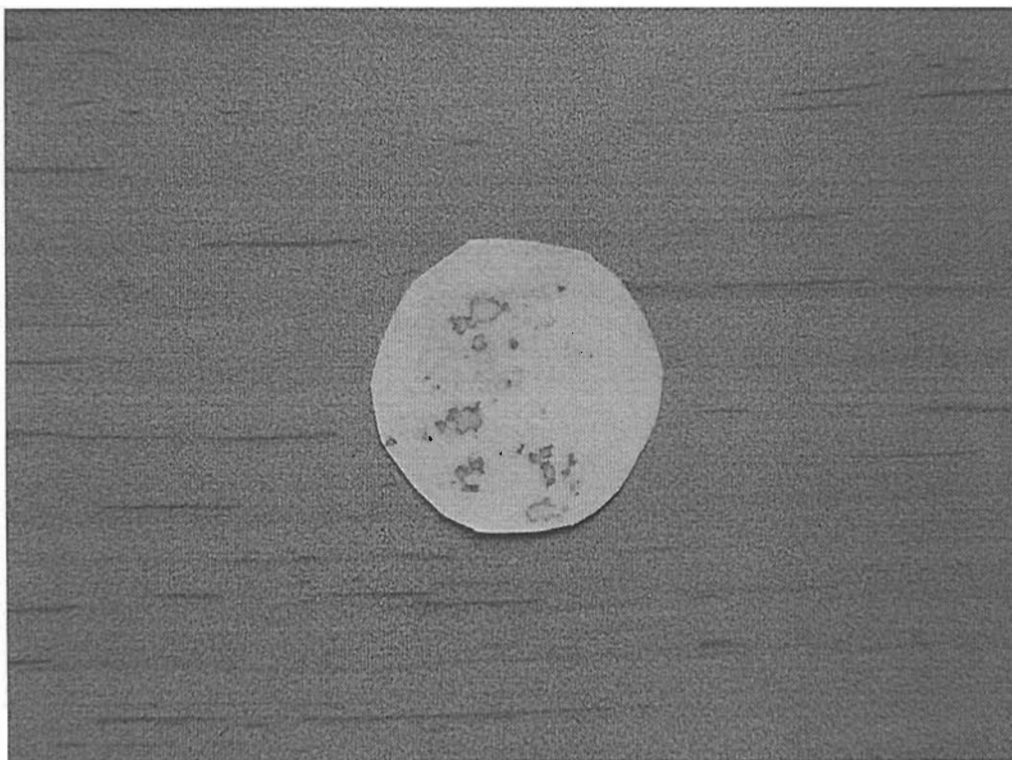
ภาพที่ 4-48 แสดงกระดามกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4 เมื่อทิ้งไว้ 14 วัน



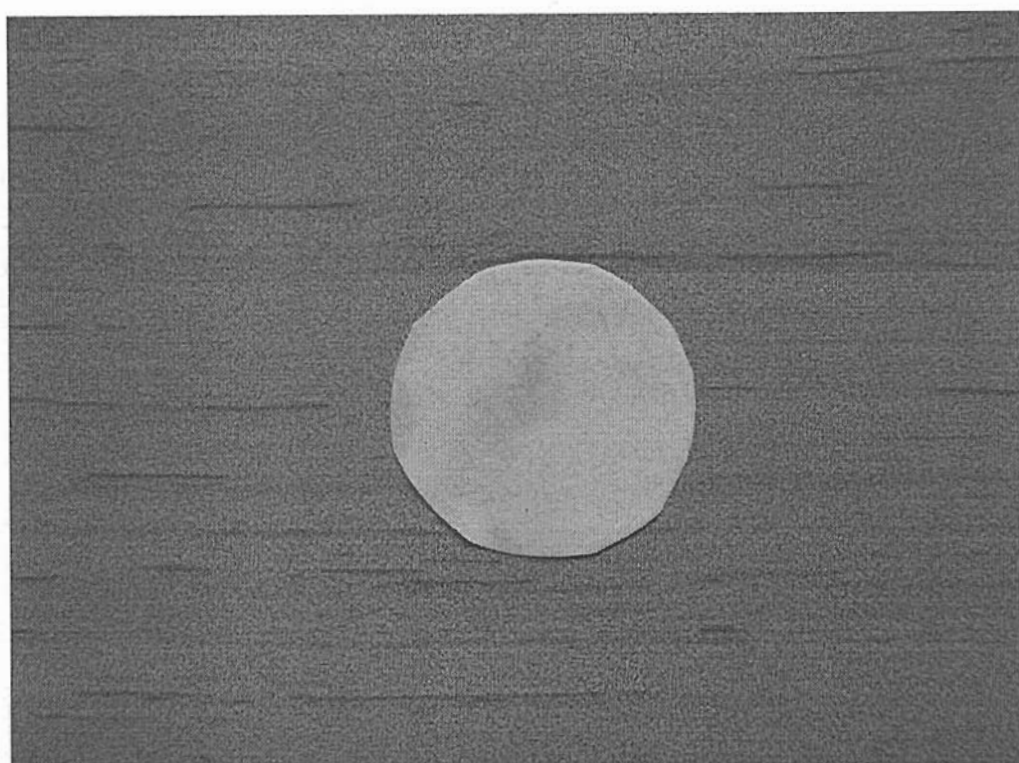
ภาพที่ 4-49 แสดงกระดามกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 5 เมื่อทิ้งไว้ 14 วัน



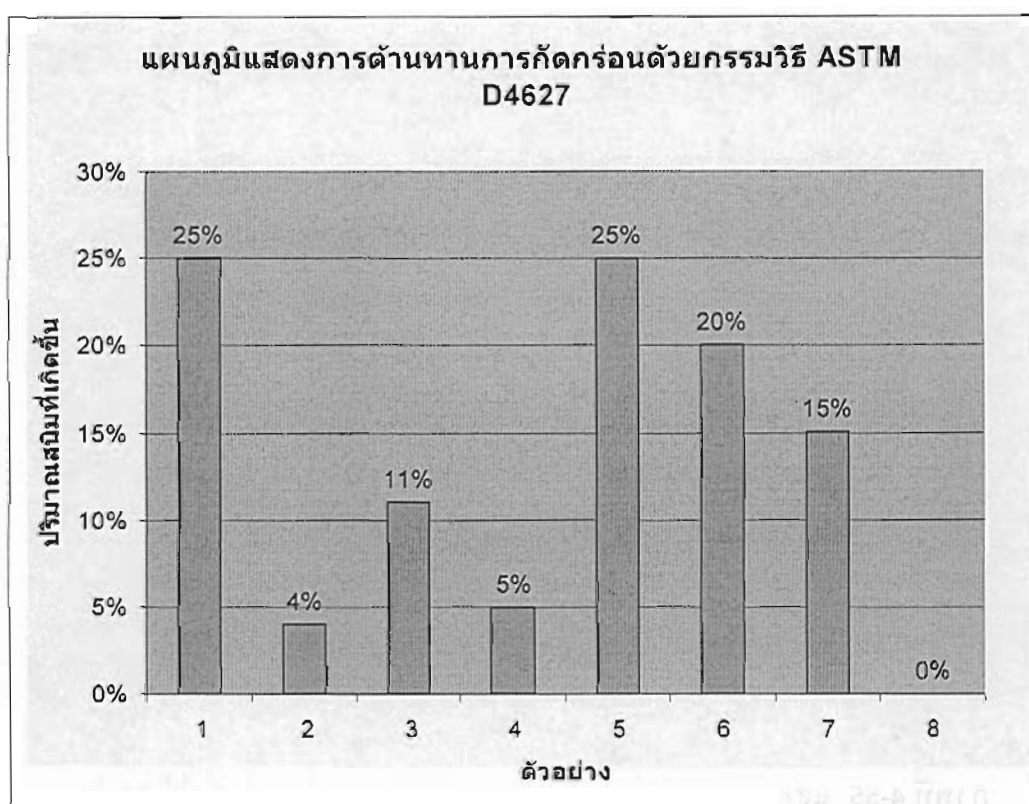
ภาพที่ 4-50 แสดงกระดากกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 6 เมื่อทิ้งไว้ 14 วัน



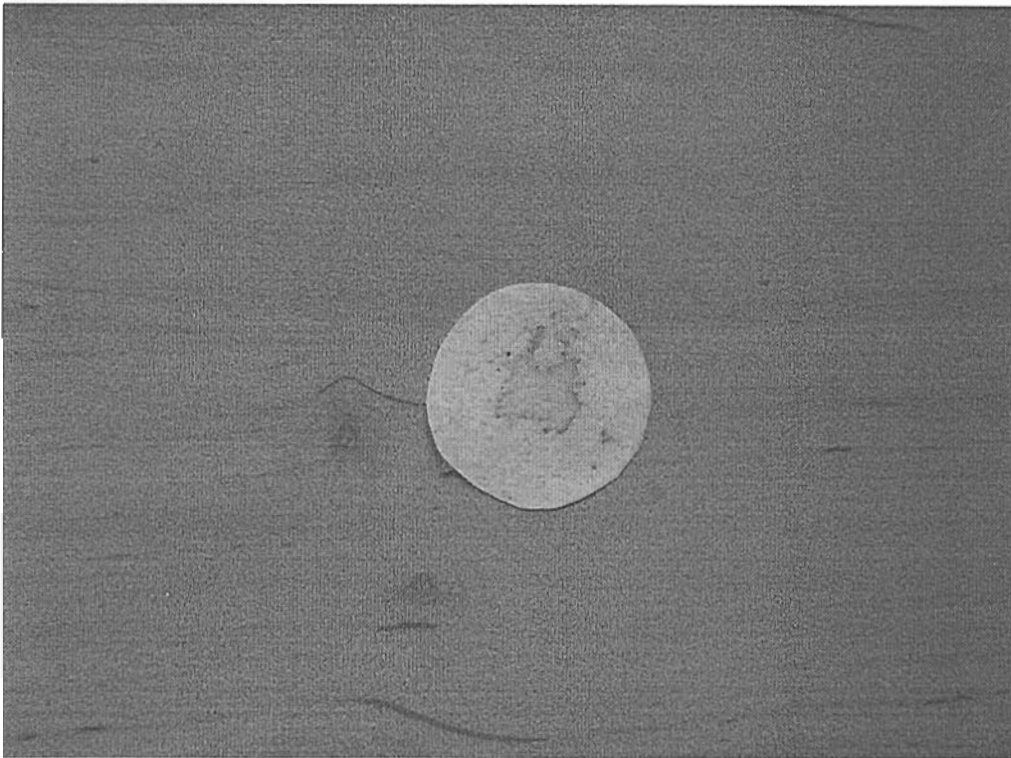
ภาพที่ 4-51 แสดงกระดากกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 7 เมื่อทิ้งไว้ 14 วัน



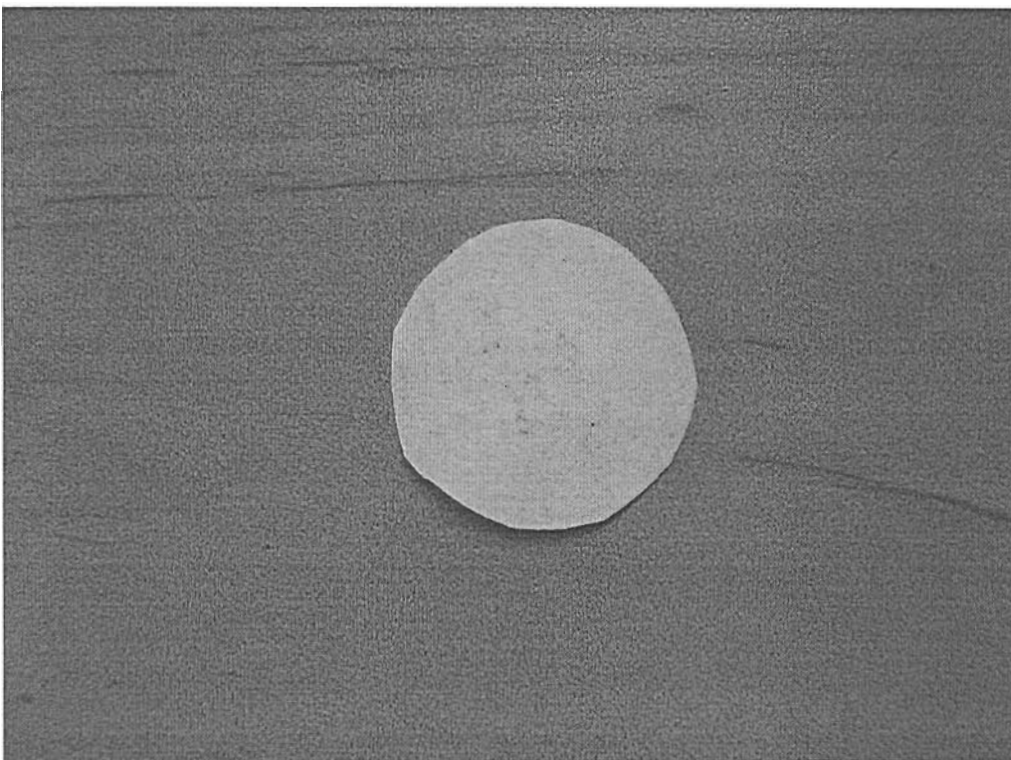
ภาพที่ 4-52 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 8 เมื่อทิ้งไว้ 14 วัน



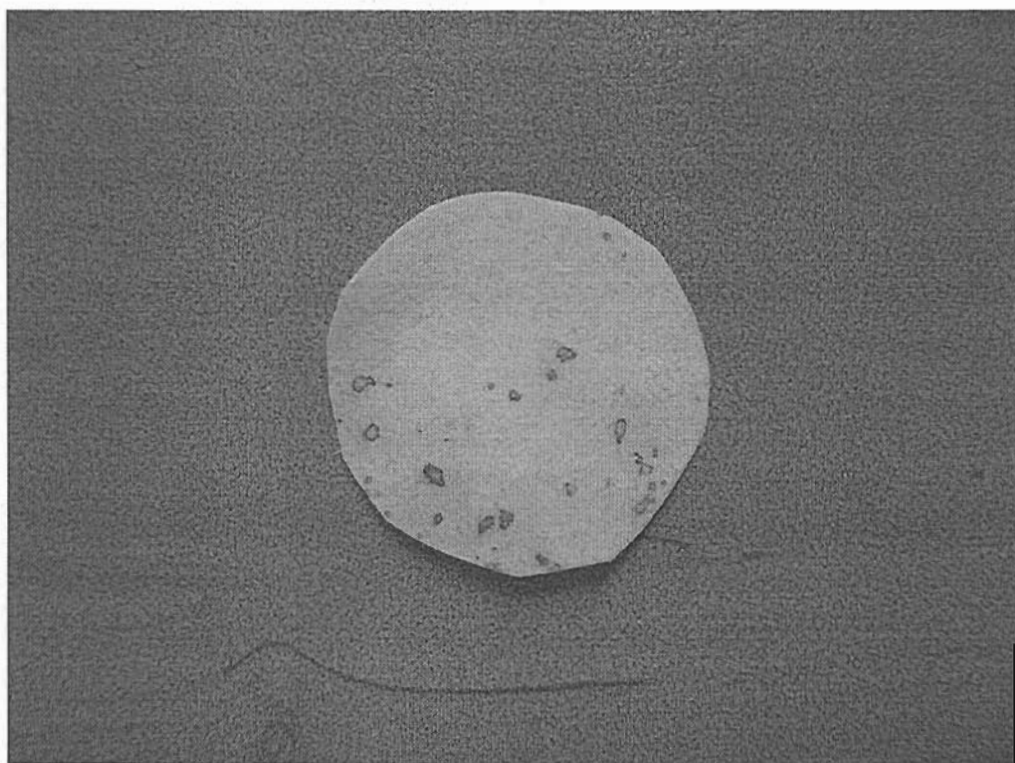
ภาพที่ 4-53 แผนภูมิแสดงการคำนวณการกัดกร่อนด้วยกรรมวิธี ASTM D4627 ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น เมื่อทิ้งไว้ 14 วัน



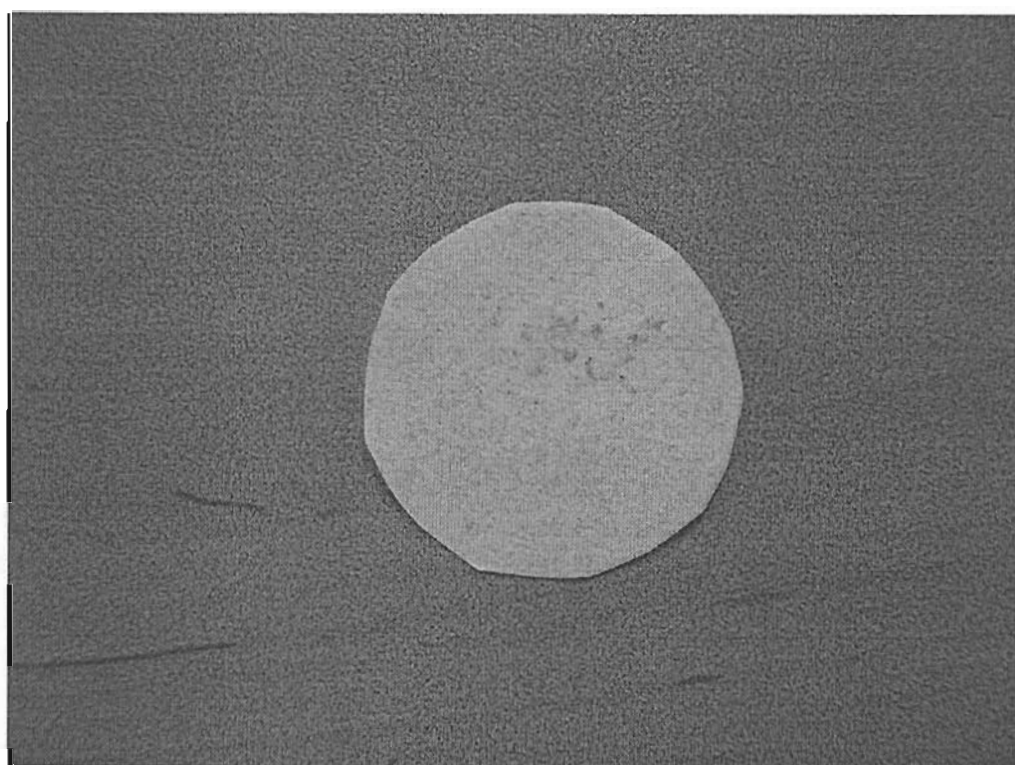
ภาพที่ 4-54 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 1 เมื่อทิ้งไว้ 21 วัน



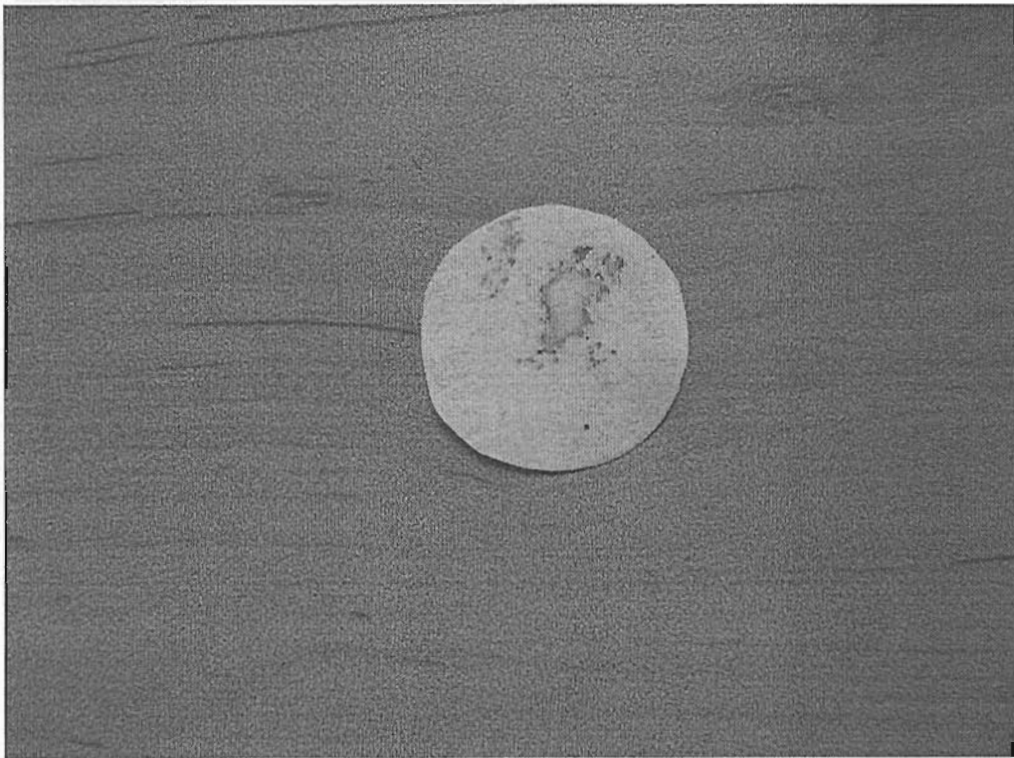
ภาพที่ 4-55 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 2 เมื่อทิ้งไว้ 21 วัน



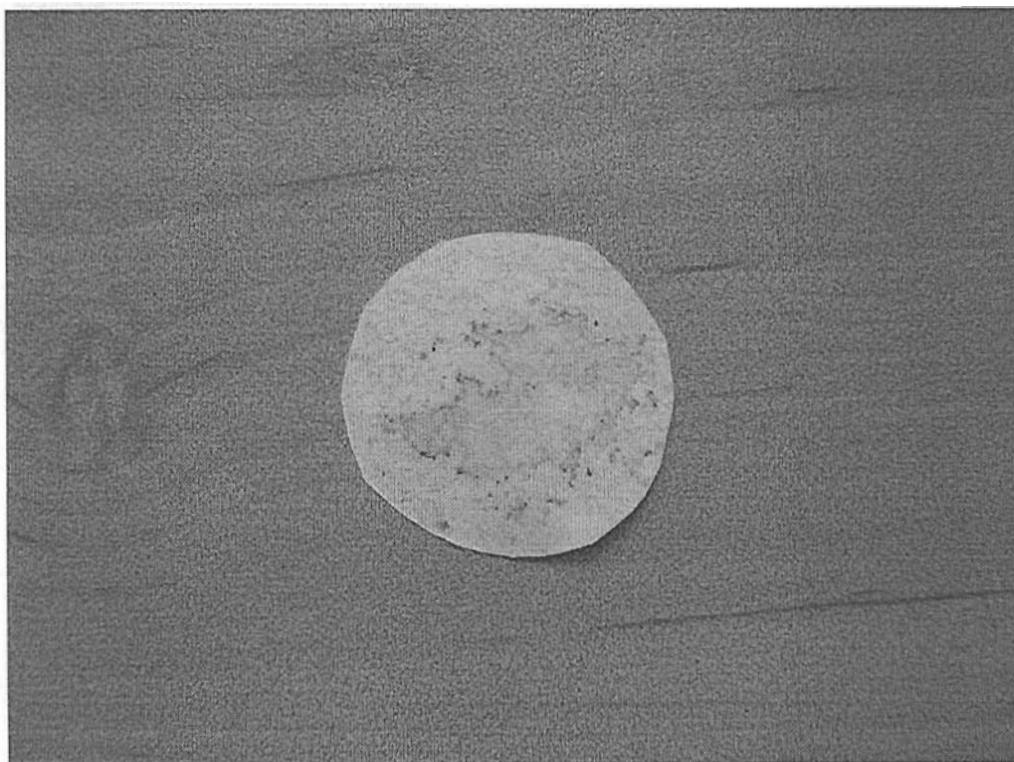
ภาพที่ 4-56 แสดงกระดาดกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 3 เมื่อทิ้งไว้ 21 วัน



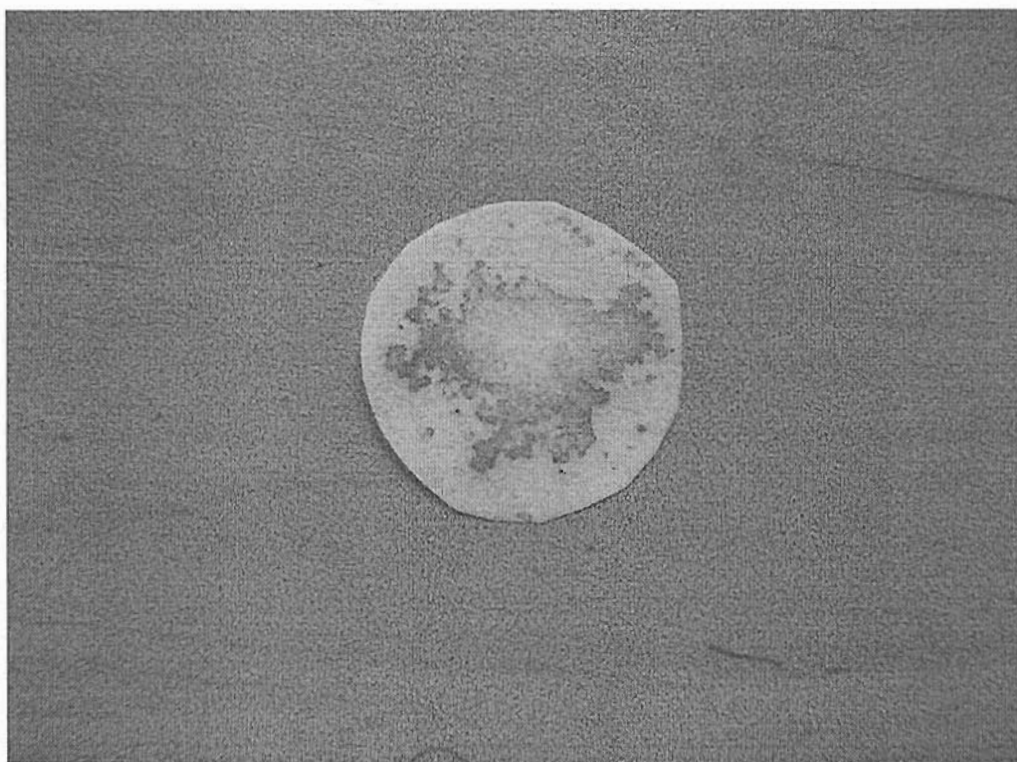
ภาพที่ 4-57 แสดงกระดาดกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4 เมื่อทิ้งไว้ 21 วัน



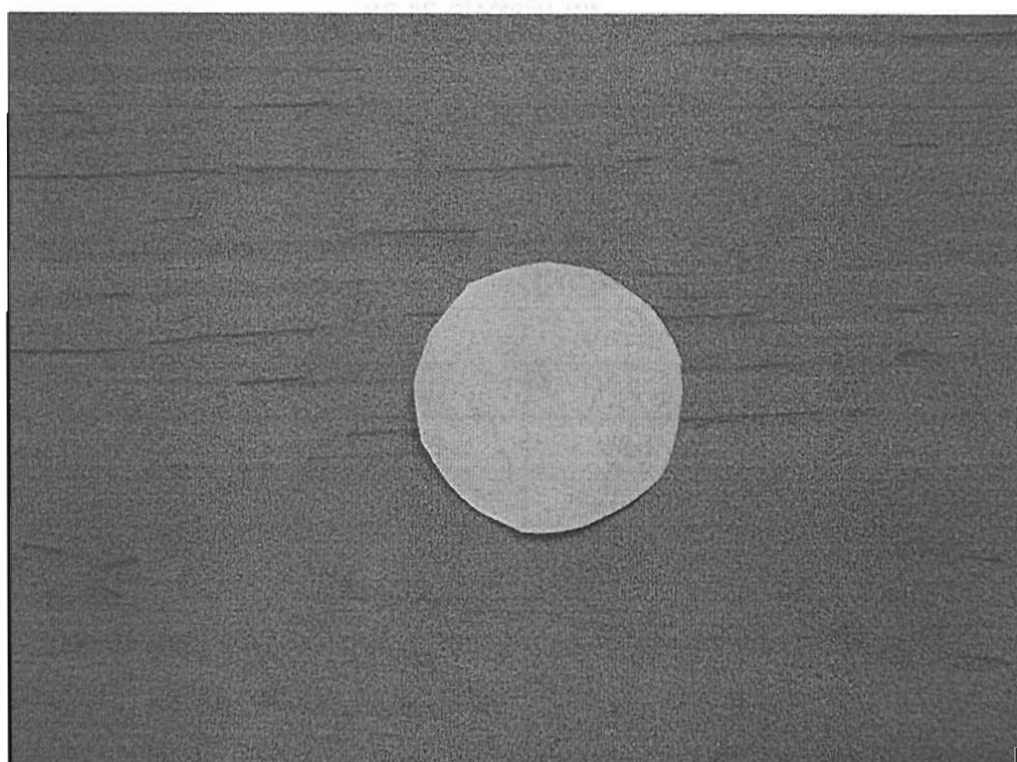
ภาพที่ 4-58 แสดงกระดาดกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 5 เมื่อทิ้งไว้ 21 วัน



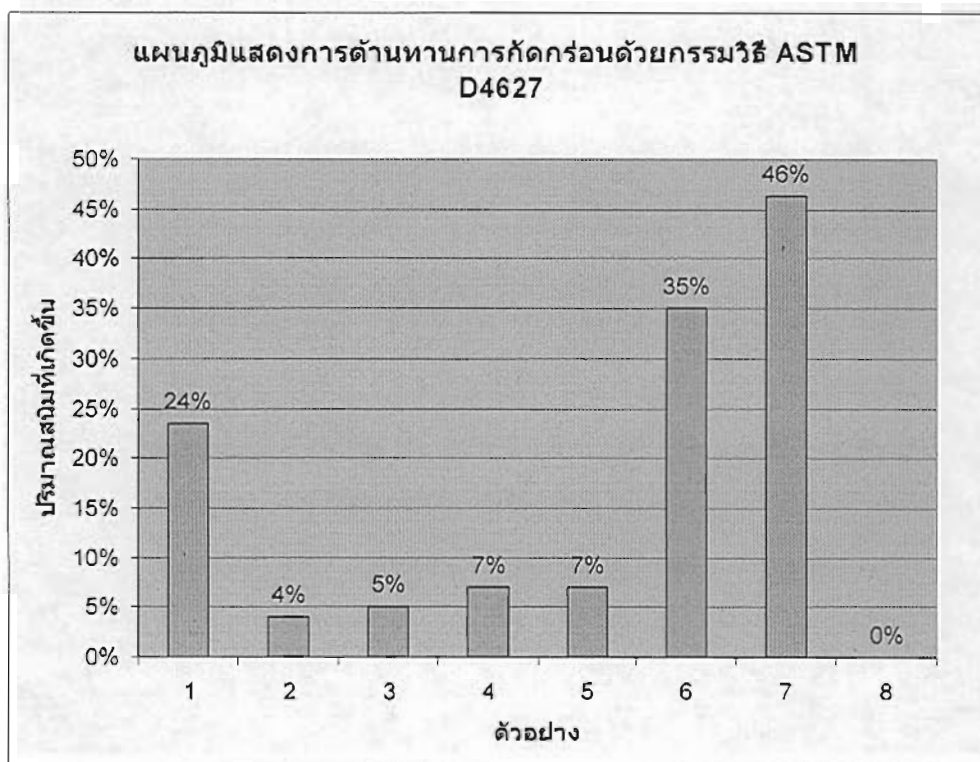
ภาพที่ 4-59 แสดงกระดาดกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 6 เมื่อทิ้งไว้ 21 วัน



ภาพที่ 4-60 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 7 เมื่อทิ้งไว้ 21 วัน



ภาพที่ 4-61 แสดงกระดาศกรองของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 8 เมื่อทิ้งไว้ 21 วัน



ภาพที่ 4-62 แผนภูมิแสดงการดำเนินการทดสอบการกัดกร่อนด้วยกรรมวิธี ASTM D4627 ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็น เมื่อทิ้งไว้ 21 วัน

4.6 ผลการใช้น้ำจริง

ค่าความหยาบผิวที่ได้จากการทดลองกลึง

ตารางที่ 4-19 แสดงค่าความหยาบผิวที่ทำการวัด

ตัวอย่าง	ค่าที่วัดได้			ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	
1	2.38	2.43	2.45	2.42
2	1.99	1.71	1.94	1.88
3	1.99	1.93	2.06	2.00
4	2.32	2.39	2.42	2.37
5	1.67	1.87	2.1	1.88
6	2.79	2.91	2.83	2.84
7	2.47	2.45	2.51	2.48
8	2.15	2.06	2.28	2.16

ตารางที่ 4-20 Anova ผลกระทบของตัวแปรต่อความเรียบผิวของชิ้นงาน

Estimated Effects and Coefficients for Ra (coded units)

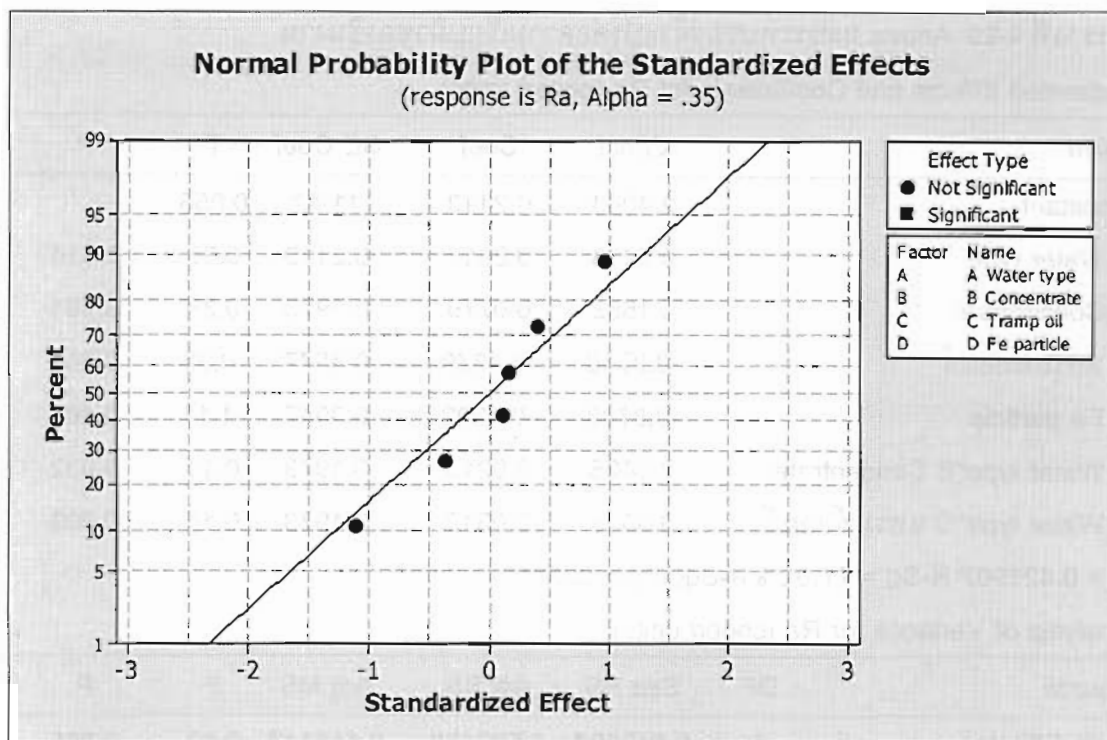
Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant	2.4083	0.2110	11.42	0.056	
A Water type	0.4033	0.2017	0.2110	0.96	0.514
B Concentrate	0.1558	0.0779	0.1973	0.39	0.761
C แทรมฟ็อยล์	-0.2758	-0.1379	0.3577	-0.39	0.766
D Fe particle	-0.8783	-0.4392	0.3947	-1.11	0.466
A Water type*B Concentrate	0.0425	0.0213	0.1973	0.11	0.932
A Water type*C แทรมฟ็อยล์	0.0625	0.0312	0.1973	0.16	0.900

S = 0.421907 R-Sq = 77.62% R-Sq(adj) = 0.00%

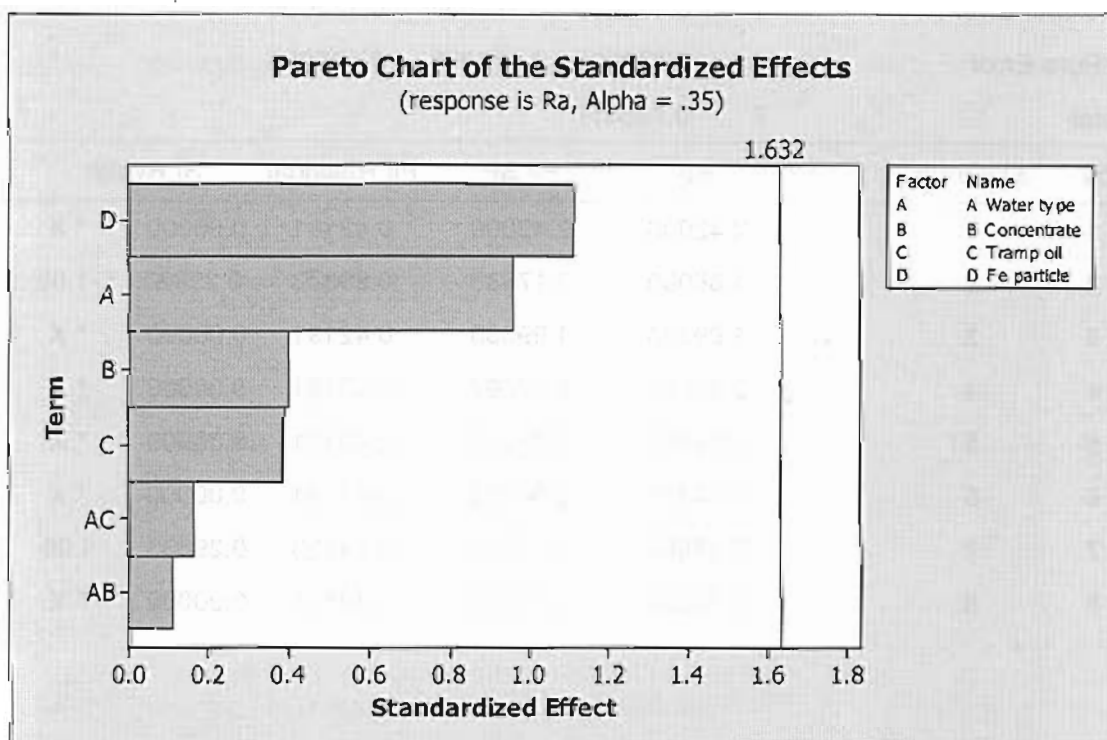
Analysis of Variance for Ra (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.612601	0.592466	0.148117	0.83	0.665
2-Way Interactions	2	0.004810	0.004810	0.002405	0.01	0.987
Residual Error	1	0.178006	0.178006	0.178006		
Pure Error	1	0.178006	0.178006	0.178006		
Total	7	0.795417				

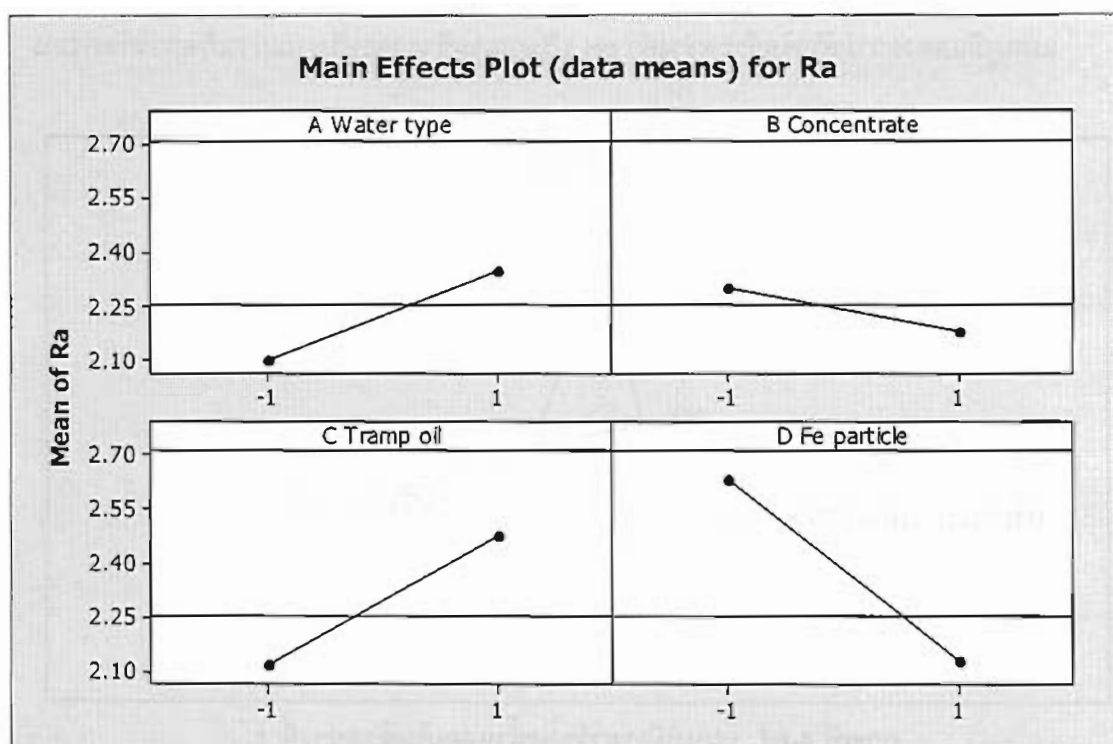
Obs	StdOrder	Ra	Fit SE	Fit Residual	St Resid	
1	1	2.42000	2.42000	0.42191	0.00000	* X
2	2	1.88000	2.17833	0.29833	-0.29833	-1.00
3	3	1.99333	1.99333	0.42191	0.00000	* X
4	4	2.37667	2.37667	0.42191	0.00000	* X
5	5	1.88000	1.88000	0.42191	0.00000	* X
6	6	2.84333	2.84333	0.42191	0.00000	* X
7	7	2.47667	2.17833	0.29833	0.29833	1.00
8	8	2.16333	2.16333	0.42191	0.00000	* X



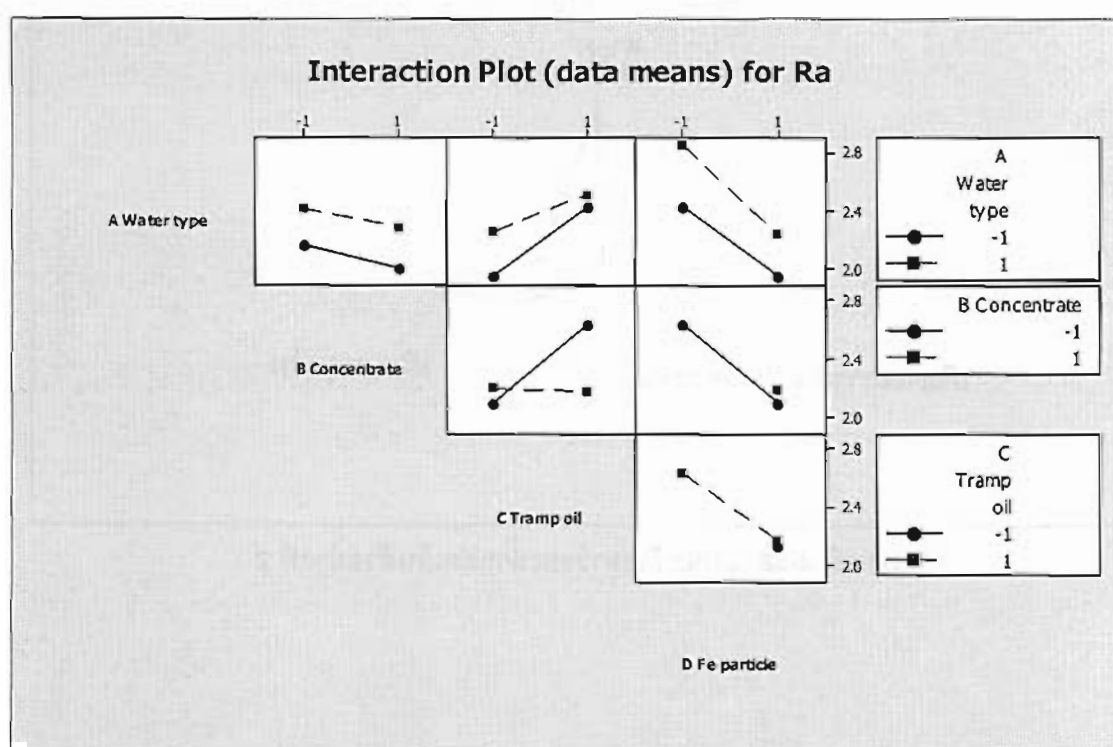
ภาพที่ 4-63 แผนภูมิแสดงความน่าจะเป็นของความเรียงผิวเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35



ภาพที่ 4-64 แผนภูมิ Pareto แสดงความน่าจะเป็นของความเรียงผิวเทียบกับค่ามาตรฐานที่อัลฟา 0.35

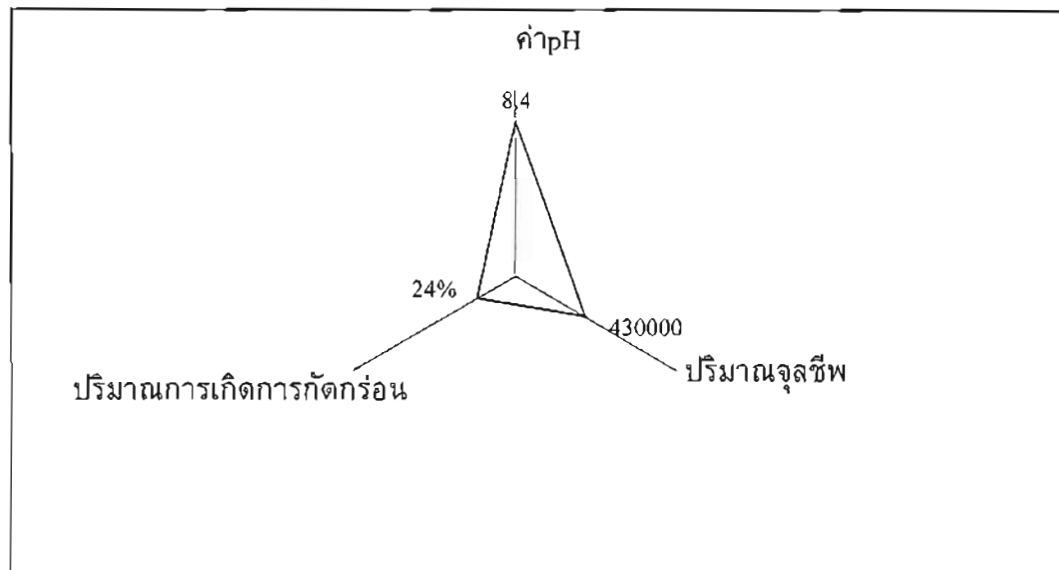


ภาพที่ 4-65 แผนภูมิแสดงผลกระทบหลักของความเรียบผิวเทียบกับระดับของตัวแปร

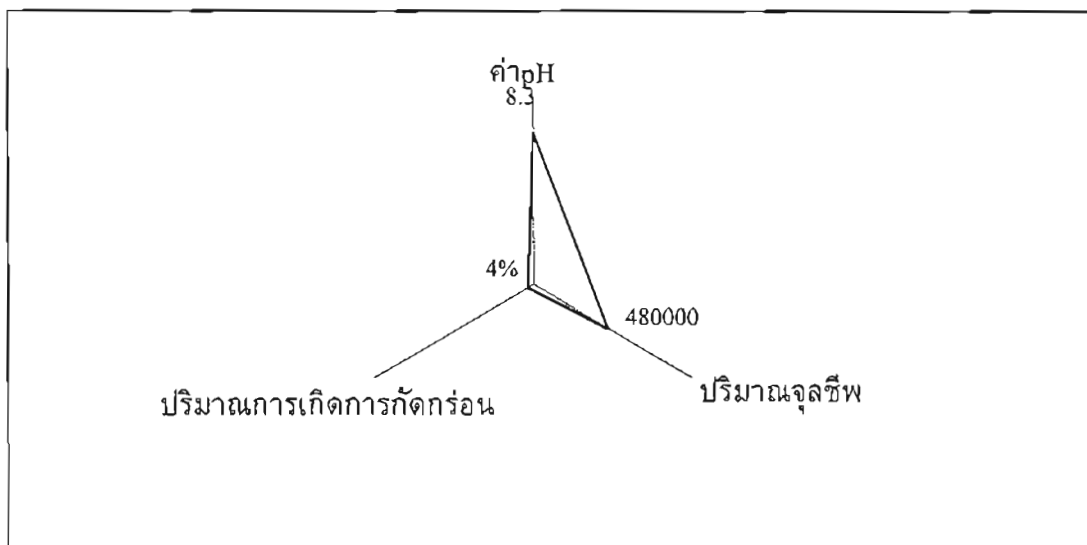


ภาพที่ 4-66 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละตัวของความเรียบผิว

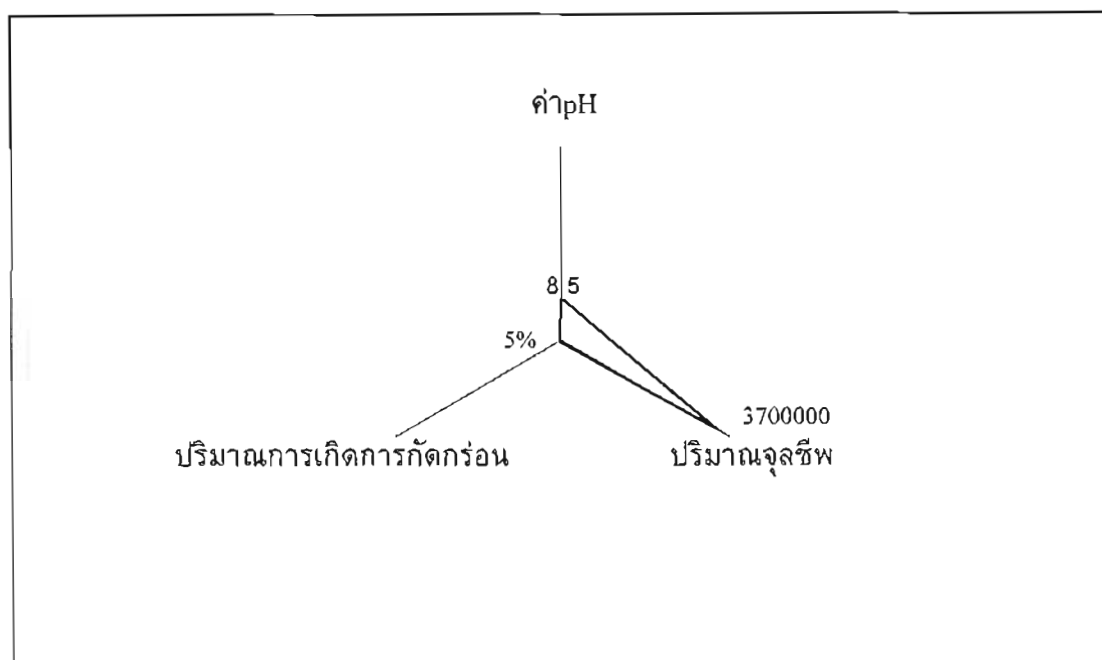
แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH ปริมาณจุลชีวะและปริมาณการเกิดการกักต้อน



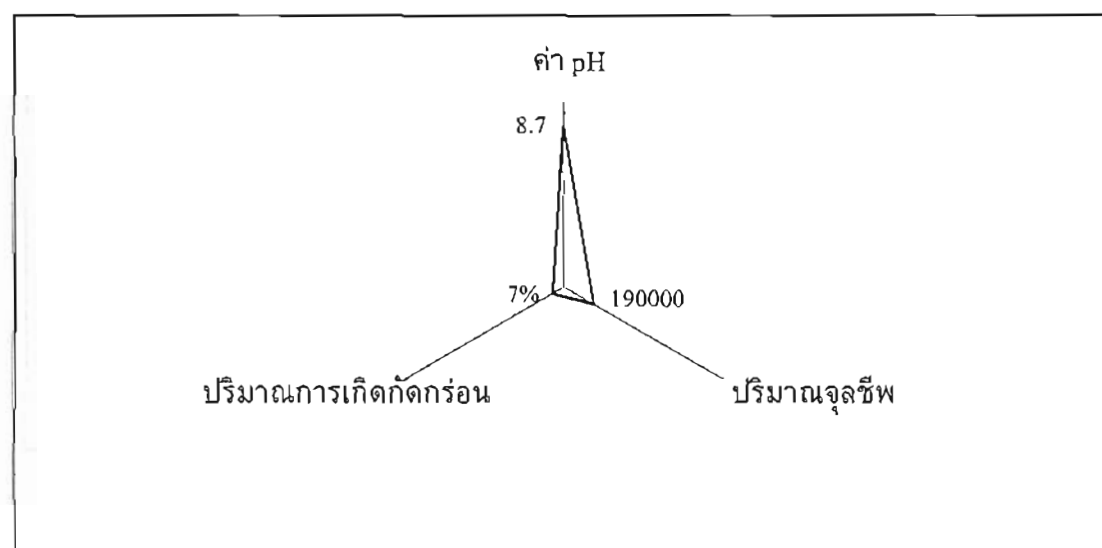
ภาพที่ 4-67 แผนภูมิเรดาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 1



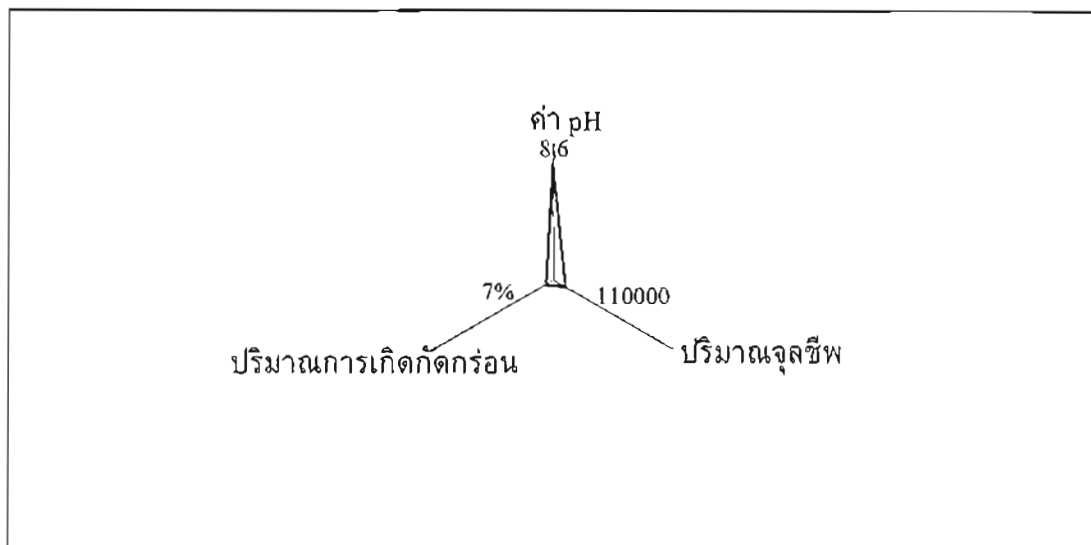
ภาพที่ 4-68 แผนภูมิเรดาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 2



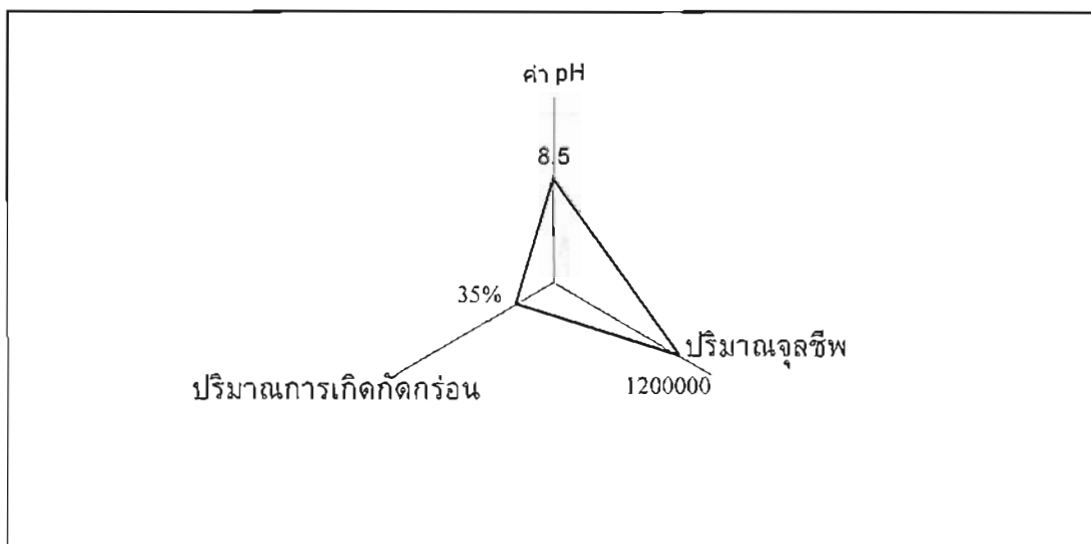
ภาพที่ 4-69 แผนภูมิเรดาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 3



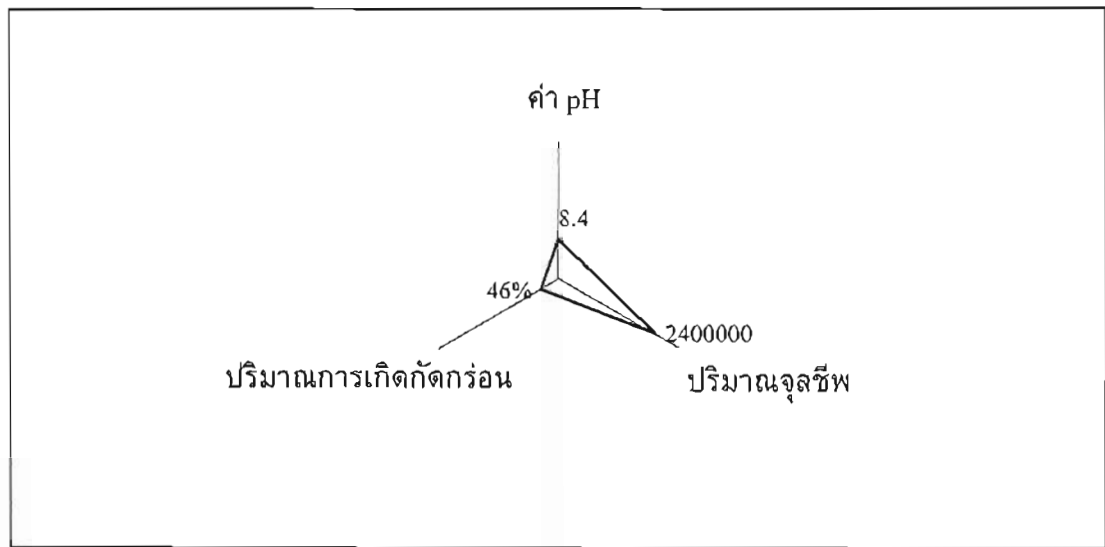
ภาพที่ 4-70 แผนภูมิเรดาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4



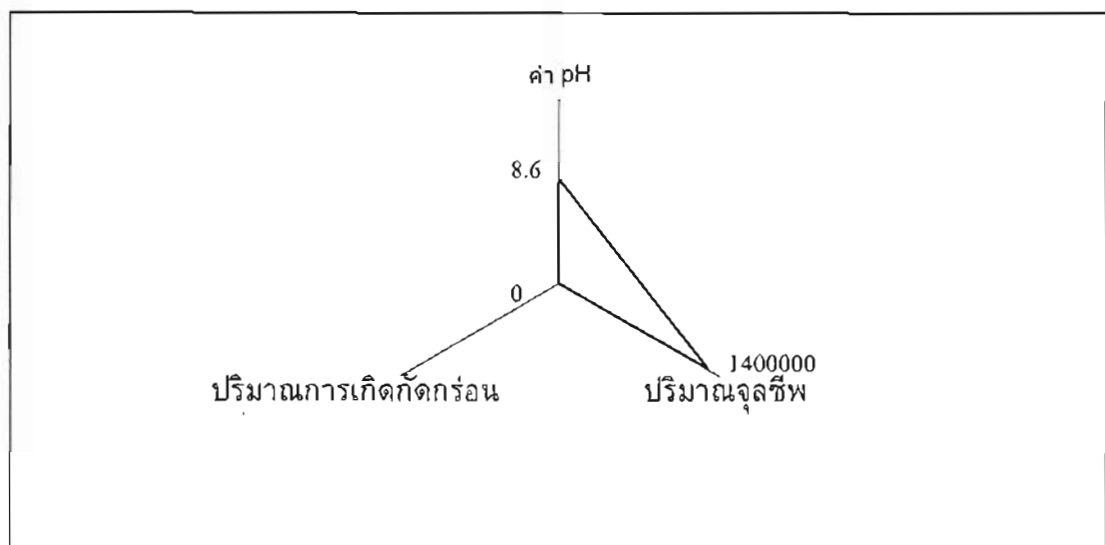
ภาพที่ 4-71 แผนภูมิเรดาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 5



ภาพที่ 4-72 แผนภูมิเรดาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 6



ภาพที่ 4-73 แผนภูมิเรดาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 7



ภาพที่ 4-74 แผนภูมิเรดาร์ของน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 8

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทำวิจัย

จากผลการทดลองสามารถสรุปเป็นแบ่งออกเป็นข้อได้ดังนี้

5.1.1 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเราพบว่าค่า pH ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นที่เพิ่งผสมเสร็จ ดังแสดงในภาพที่ 4-22 เราพบว่าพารามิเตอร์น้ำ และพารามิเตอร์ของน้ำกับแตรมฟออยล์นั้น เป็นสาเหตุหลักของการลดลงของค่า pH

5.1.2 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเราพบว่าค่า pH ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นที่ผสมทิ้งไว้ 7 วัน ดังแสดงในภาพที่ 4-26 นั้น เราไม่พบสาเหตุหลักที่ทำให้ค่า pH ของน้ำหล่อเย็นลดลง แต่เมื่อเรามาพิจารณาที่ ภาพที่ 4-29 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ ของพารามิเตอร์แต่ละตัวนั้นเราพบ แนวโน้มที่จะเกิดสาเหตุที่ทำให้ค่า pH ของน้ำหล่อเย็นลดลงโดยเฉพาะพารามิเตอร์ ชนิดของน้ำ และความเข้มข้น

5.1.3 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเราพบว่าค่า pH ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นที่ผสมทิ้งไว้ 14 วัน ดังแสดงใน ภาพที่ 4-30 เราพบสาเหตุที่ทำให้ตัวอย่างน้ำหล่อเย็นมีค่า pH ลดลง ซึ่ง ได้แก่ ความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น และ ชนิดของน้ำที่ผสมกับความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น

5.1.4 จากการวิเคราะห์ทางสถิติเราพบว่าค่า pH ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นที่ผสมทิ้งไว้ 21 วัน ดังแสดงใน ภาพที่ 4-34 เราพบพารามิเตอร์ที่ทำให้ตัวอย่างน้ำหล่อเย็นมีค่า pH ลดลง ซึ่งได้แก่ ความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น ชนิดของน้ำที่ผสมกับความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น ชนิดน้ำที่ผสมกับ ปริมาณของแตรมฟออยล์ ปริมาณเศษโลหะที่อยู่ในน้ำหล่อเย็น และปริมาณของแตรมฟออยล์นั้น ส่งผลทำให้น้ำหล่อเย็นมีค่า pH ลดลง

5.1.5 จากการวิเคราะห์ทางสถิติของปริมาณจุลชีวะที่อาศัยอยู่ในน้ำหล่อเย็นกับพารามิเตอร์ ที่เรากำหนดดังแสดงในภาพที่ 4-38 แสดงให้เห็นว่าสาเหตุที่มีผลต่อปริมาณจุลชีวะที่อาศัยอยู่ใน น้ำหล่อเย็นนั้นจะมาจากพารามิเตอร์ปริมาณเศษโลหะที่อยู่ในน้ำหล่อเย็น ชนิดของน้ำที่นำมาผสม ปริมาณแตรมฟออยล์ และความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการนำน้ำรีเวอร์ส ออสโมซิส หรือน้ำประเภทอื่นที่มีความบริสุทธิ์ที่สูงนั้น จะมีผลทำให้น้ำหล่อเย็นมีความสามารถในการต้านทานจุลชีวะลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากน้ำประเภทนี้ จะมีการกรองเอาสารคลอรีน ออกไป ซึ่งสารคลอรีนนั่นจะเป็นสารที่ไวฆ่าจุลชีวะ ทำให้มีการเจริญเติบโตของจุลชีวะสูงกว่า การใช้น้ำประปา ปริมาณของแตรมฟออยล์นั้นก็มีส่วนเป็นอย่างมากต่อการเจริญเติบโตของ จุลชีวะ ซึ่งเราจะเห็นได้จากปริมาณของจุลชีวะในตัวอย่างน้ำหล่อเย็นที่มีปริมาณแตรมฟออยล์สูง นั้นจะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างอื่นดังแสดงในตารางที่ 4-13 เนื่องจากจุลชีวะเหล่านี้จะกินแตรมฟออยล์ เป็นอาหารซึ่งจะทำให้น้ำหล่อเย็นนั้นมีปริมาณจุลชีวะสูงกว่าตัวอย่างอื่น

5.1.6 จากการวิเคราะห์ทางสถิติของความเรียบผิวกับพารามิเตอร์ที่เรากำหนด ดังแสดงในภาพที่ 4-63 แสดงให้เห็นตัวอย่างน้ำหล่อเย็นนั้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากช่วงเวลาที่ทำการทดลองนั้นสั้นเกินไปทำให้ไม่สามารถเห็นผล ที่เกิดกับชิ้นงานชัดเจน

5.1.7 หากเราต้องการที่จะเพิ่มอายุการใช้งานเราต้องคำนึงถึงปัจจัยความเข้มข้น โดยทำการติดตามสภาพของน้ำหล่อเย็นที่ใช้งานด้วยเครื่องมือวัดความเข้มข้น และเอาแตรมพ์ออกยออกจากน้ำหล่อเย็นอาจจะด้วยวิธีการดักแตรมพ์ออกยส์ที่อยู่บริเวณผิวหน้าของน้ำหล่อเย็น หรือใช้เครื่องมือที่เรียกว่าออยสกิมเมอร์ ดักเอาแตรมพ์ออกยส์ออกไป

ดังนั้นปัจจัยอายุขัยของน้ำหล่อเย็นจะขึ้นอยู่กับน้ำที่ผสม ความเข้มข้นของน้ำหล่อเย็น ปริมาณแตรมพ์ออกยส์ โดยที่ความเข้มข้นของน้ำนั้นจะส่งผลให้เห็นโดยชัดเจน โดยเฉพาะเรื่องความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อน และความสามารถในการต้านทานการเกิดจุลชีวะ

5.2 ข้อจำกัดในการทำวิจัย

เนื่องจากการทำวิจัยครั้งนี้เครื่องมือที่ใช้ในการการวัดนั้น มีค่าความเที่ยงตรงต่ำเกินไป เมื่อเรานำผลที่วัดได้ไปทำการคำนวณทางสถิตินั้น ค่าที่ได้อาจมีความคลาดเคลื่อน

5.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

การทำวิจัยควรเพิ่มในส่วนของ

5.3.1 เพิ่มพารามิเตอร์ของน้ำที่ใช้ผสมให้เป็นน้ำรีเวอร์สออสโมซิส ที่มีสารคลอรีนผสมอยู่ โดยที่ต้องมีปริมาณที่เป็นมาตรฐานน้ำอุปโภค บริโภค ซึ่งจะมีปริมาณคลอรีนอยู่ที่ 250 mg/L [5]

5.3.2 เพิ่มระดับของพารามิเตอร์อุณหภูมิเช่นเมื่อให้อุณหภูมิที่ต่ำลงจะเป็นเช่นไร

5.3.3 เพิ่มชนิดของเศษโลหะที่ทำการทดลองให้หลากหลาย

5.3.4 ในการวิเคราะห์ปริมาณจุลชีวะให้ทำการตรวจสอบของชนิดว่าเป็นชนิดไหน และมีวิธีการกำจัดอย่างไร

5.3.5 ศึกษาถึงผลที่เกิดกับเครื่องมือคมตัด

5.3.6 ศึกษาถึงความคุ้มค่าในแง่เศรษฐศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

1. Theo Mang and Wilfried Dresel. **Lubricants and Lubricationn**. Germany : Wiley-VCH Verlag GmbH, 2001.
2. J. Kendig and P. Vagts. **Machining**. [online] 2002. [cited 2007 Jan 5]. Available from : www.mfg.mtu.edu
3. Department of Health and Human Services. **Center for Food Safety and Applied Nutrition**. [online] 2007. [cited 2007 Jan 5]. Available from : www.cfsan.fda.gov
4. American National Standards Institute. **ASTM D 4627**. [online] 2007. [cited 2007 Jan 5]. Available from : www.ansi.org
5. Douglas C. Montgomery. **Design and analysis of experiment**. 5th ed. New York : John Wiley and Sons Inc., 2001.
6. กรมอนามัย. ประกาศ เรื่องเกณฑ์คุณภาพน้ำประปา ปี พ.ศ. 2543. นนทบุรี : กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2543.

ภาคผนวก ก

ใบรับรองการตรวจสอบจากห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4 ในการทดสอบครั้งที่ 1
ระยะเวลาหลังผสม 45 วัน



Analysis / Test Report

ORIGINAL

Bill to: Supa Engineering Co.,Ltd.
Report to: Supa Engineering Co.,Ltd.
165
Kubon Rd.
Kannayao, Bangkok, Thailand
10230
Attn: Supakorn Charoenprasit
Sampled By: Client
Company:

Project ID:
Name:
Location:
P.O.:
Acct. Code:
Phone: (662) 510-7543
Fax: (662) 510-7554 Email: supa_engineering@yahoo.com

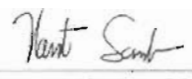
IQALaboratory Co., Ltd.
615 Jitt-Uthai Bld., Ramkhamhaeng Rd.,
Huamark
Bangkapi, Bangkok. 10240
Phone: (662) 715-8700
Fax: (662) 374-4040
Lot ID: 65145
Date Received: Jan 25, 2007 02:37PM
Date Reported: Jan 30, 2007 03:57PM
Report Number: 105001

Page: 1 of 2

IQAL Number 65145-4
Sample Date Jan 25, 2007 02:43PM
Sample Description Coolant Water Sample #4
Condition of Sample contained in three sterilized glass bottles, refrigerated

Analyte	Units	Result	Detection Limit	Guideline Limit	Guideline Comments
Microbiological Testing					
Coliforms	MPN/100 mL	<2.2	-	<2.2	Pass
E.coli	MPN/100 mL	Not Detected	-	Not Detected	Pass
Standard Plate Count	CFU/mL	1400000	1	500	Fail
Water Testing					
Total Hardness	as CaCO ₃ mg/L	57	1	No Standard	n/a

Guideline: Notification of the Ministry of Industry No. 332(B.E. 2521)

Approved by: 
Nanthawadee Somboon, B.Sc.
Scientist (2)

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report.
Guideline are provided only as a service to clients and are not part of laboratory analysis. Liability is limited to analyzed test results only.
No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory.
IQALaboratory strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

PBF

ผลการทดสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 8 ในการทดสอบครั้งที่ 1
ระยะเวลาหลังผสม 45 วัน

		ORIGINAL	
		Analysis / Test Report	
Bill to: Supa Engineering Co.,Ltd. Report to: Supa Engineering Co.,Ltd. 165 Kubon Rd. Kannayao, Bangkok, Thailand 10230 Attn: Supakorn Charoenprasit Sampled By: Client Company:		Project ID: Name: Location: P.O.: Acct. Code: Phone: (662) 510-7543 Fax: (662) 510-7554 Email: supa_engineering@yahoo.com	
		Lot ID: 65145 Date Received: Jan 25, 2007 02:37PM Date Reported: Jan 31, 2007 03:14PM Report Number: 105005	
		Page: 1 of 2	
IQA Number	65145-8		
Sample Date	Jan 25, 2007 02:43PM		
Sample Description	Coolen Water Sample #8		
Condition of Sample	contained in three sterilized glass bottles, refrigerated		

Analyte	Units	Result	Detection Limit	Guideline Limit	Guideline Comments
Microbiological Testing					
Coliforms	MPN/100 mL	<2.2	-	<2.2	Pass
E.coli	MPN/100 mL	Not Detected	-	Not Detected	Pass
Standard Plate Count	CFU/mL	7900000	1	500	Fail
Water Testing					
Total Hardness	as CaCO ₃ mg/L	85	1	No Standard	n/a

Guideline: Notification of the Ministry of Industry No. 332(B.E. 2521)


 Approved by: Nattaya Suwannawat, B.Sc.
 Scientist (1)

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report.
 Guideline are provided only as a service to clients and are not part of laboratory analysis. Liability is limited to analyzed test results only.
 No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory.
 IQA Laboratory strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

IQA Laboratory Co., Ltd. 615 Jitt-Uthai Bld., Ramkhamhaeng Rd. Huamark, Bangkok, Bangkok 10240 Tel: 66 (0) 2715-8700 Fax: 66 (0) 2374-4040 www.iqalab.com

ผลการทดสอบการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 10 ในการทดสอบครั้งที่ 1
ระยะเวลาหลังผสม 45 วัน



Analysis / Test Report

ORIGINAL

Bill to: Supa Engineering Co.,Ltd.
Report to: Supa Engineering Co.,Ltd.
165
Kubon Rd.
Kannayao, Bangkok, Thailand
10230
Attn: Supakorn Charoenprasit
Sampled By: Client
Company:

Project ID:
Name:
Location:
P.O.:
Acct. Code:
Phone: (662) 510-7543
Fax: (662) 510-7554 Email: supa_engineering@yahoo.com

IQA Laboratory Co., Ltd.
615 Jitt-Uthai Bld., Ramkhamhaeng Rd.,
Huamark
Bangkapi, Bangkok. 10240
Phone: (662) 715-8700
Fax: (662) 374-4040
Lot ID: 65145
Date Received: Jan 25, 2007 02:37PM
Date Reported: Jan 31, 2007 03:26PM
Report Number: 105007

Page: 1 of 2

IQA Number 65145-10
Sample Date Jan 25, 2007 02:43PM
Sample Description Coolen Water Sample #10
Condition of Sample contained in three sterilized glass bottles, refrigerated

Analyte	Units	Result	Detection Limit	Guideline Limit	Guideline Comments
Microbiological Testing					
Coliforms	MPN/100 mL	<2.2	-	<2.2	Pass
E.coli	MPN/100 mL	Not Detected	-	Not Detected	Pass
Standard Plate Count	CFU/mL	4400000	1	500	Fail
Water Testing					
Total Hardness	as CaCO ₃ mg/L	130	1	No Standard	n/a

Guideline: Notification of the Ministry of Industry No. 332(B.E. 2521)

Approved by:

Nattaya Suwannawat, B.Sc.
Scientist (1)

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report.
Guideline are provided only as a service to clients and are not part of laboratory analysis. Liability is limited to analyzed test results only.
No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory.
IQA Laboratory strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

PBF

ผลการทดสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 1 ในการทดสอบครั้งที่ 2
ระยะเวลาหลังผสม 21 วัน



Analysis / Test Report

ORIGINAL

IQA Laboratory Co., Ltd.
615 Jitt-Uthai Bld., Ramkhamhaeng Rd.,
Huamark, Bangkok, Bangkok. 10240

Phone: (662) 715-8700
Fax: (662) 374-4040

Lot ID: 70146

Date Received: Apr 04, 2007 04:32PM

Date Reported: Apr 10, 2007 11:52AM

Report Number: 112673

Bill to: Supa Engineering Co.,Ltd.
Report to: Supa Engineering Co.,Ltd.
165
Kubon Rd.
Kannayao, Bangkok, Thailand
10230
Attn: Supakorn Charoenprasit
Sampled By:
Company:

Project
ID:

Name:
Location:

PO:
Acct. Code:

Phone: (662) 510-7543
Fax: (662) 510-7554 Email: supa_engineering@yahoo.com

Page: 1 of 9

IQA Number 70146-1
Sample Date April 4, 2007 10:07 AM
Sample Description Cooling Water No. 1
Condition of Sample contained in one sterilized glass bottle, refrigerated
Date of Analysis April 5, 2007

Analyte	Units	Result(s)	Method
Microbiological Testing Standard Plate Count	CFU/mL	430000	APHA (2005)

Approved by: 
Tuanjai Thangklang, B.Sc.
Scientist (1)

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report.
No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory.
IQA Laboratory strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

PBF

Approved by: Tuanjai Thangklang, B.Sc.
Scientist (1)

685

ผลการทดสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 3 ในการทดสอบครั้งที่ 2
ระยะเวลาหลังผสม 21 วัน



Analysis / Test Report

ORIGINAL

IQA Laboratory Co., Ltd.
615 Jitt-Uthai Bld., Ramkhamhaeng Rd.,
Huamark, Bangkok, Bangkok. 10240

Phone: (662) 715-8700
Fax: (662) 374-4040

Lot ID: 70146

Date Received: Apr 04, 2007 04:32PM
Date Reported: Apr 10, 2007 11:52AM
Report Number: 112673

Bill to: Supa Engineering Co., Ltd.
Report to: Supa Engineering Co., Ltd.
165
Kubon Rd.
Kannayao, Bangkok, Thailand
10230
Attn: Supakorn Charoenprasit
Sampled By:
Company:

Project
ID:
Name:
Location:
PO:
Acct. Code:

Phone: (662) 510-7543
Fax: (662) 510-7554 Email: supa_engineering@yahoo.com

Page: 3 of 9

IQA Number 70146-3
Sample Date April 4, 2007 10:07 AM
Sample Description Cooling Water No. 3
Condition of Sample contained in one sterilized glass bottle, refrigerated
Date of Analysis April 5, 2007

Analyte	Units	Result(s)	Method
Microbiological Testing Standard Plate Count	CFU/mL	3700000	APHA (2005)

Approved by:

Tuanjai Thangkiang, B.Sc.
Scientist (1)

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report.
No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory.
IQA Laboratory strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

PDF

ผลการทดสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 4 ในการทดสอบครั้งที่ 2
ระยะเวลาหลังผสม 21 วัน



Analysis / Test Report

ORIGINAL

IQA Laboratory Co., Ltd.
615 Jitt-Uthai Bld., Ramkhamhaeng Rd.,
Huamark, Bangkok, Bangkok. 10240

Phone: (662) 715-8700
Fax: (662) 374-4040

Lot ID: 70146

Date Received: Apr 04, 2007 04:32PM
Date Reported: Apr 10, 2007 11:52AM
Report Number: 112673

Bill to: Supa Engineering Co.,Ltd.
Report to: Supa Engineering Co.,Ltd.
165
Kubon Rd.
Kannayao, Bangkok, Thailand
10230
Attn: Supakorn Charoenprasit
Sampled By:
Company:

Project

ID:

Name:

Location:

PO:

Acct. Code:

Phone: (662) 510-7543

Fax: (662) 510-7554 Email: supa_engineering@yahoo.com

Page: 4 of 9

IQA Number 70146-4
Sample Date April 4, 2007 10:07 AM
Sample Description Cooling Water No. 4
Condition of Sample contained in one sterilized glass bottle, refrigerated
Date of Analysis April 5, 2007

Analyte	Units	Result(s)	Method
Microbiological Testing Standard Plate Count	CFU/mL	190000	APHA (2005)

Approved by:

Tuanjai Thangklang, B.Sc.
Scientist (1)

*The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report.
No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory.
IQA Laboratory strongly recommends that this report is not reproduced except in full.*

PBF

ผลการทดสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 5 ในการทดสอบครั้งที่ 2
ระยะเวลาหลังผสม 21 วัน

IQALAB
Accredited Laboratory

Analysis / Test Report

ORIGINAL

IQA Laboratory Co., Ltd.
615 Jitt-Uthai Bld., Ramkhamhaeng Rd.,
Huamark, Bangkok, Bangkok. 10240

Phone: (662) 715-8700
Fax: (662) 374-4040

Bill to: Supa Engineering Co., Ltd.
Report to: Supa Engineering Co., Ltd.
165
Kubon Rd.
Kannayao, Bangkok, Thailand
10230

Attn: Supakorn Charoenprasit

Sampled By:

Company:

Project

ID:

Name:

Location:

PO:

Acct. Code:

Phone: (662) 510-7543

Fax: (662) 510-7554

Email: supa_engineering@yahoo.com

Lot ID: 70146

Date Received: Apr 04, 2007 04:32PM

Date Reported: Apr 10, 2007 11:52AM

Report Number: 112873

Page: 5 of 9

IQA Number 70146-5
Sample Date April 4, 2007 10:07 AM
Sample Description Cooling Water No. 5
Condition of Sample contained in one sterilized glass bottle, refrigerated
Date of Analysis April 5, 2007

Analyte	Units	Result(s)	Method
Microbiological Testing Standard Plate Count	CFU/mL	110000	APHA (2005)

Approved by:

Tuanjai Thangkiang, B.Sc.
Scientist (1)

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report.
No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory.
IQA Laboratory strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

PDF

ผลการทดสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 6 ในการทดสอบครั้งที่ 2
ระยะเวลาหลังผสม 21 วัน

		Analysis / Test Report		ORIGINAL	
Bill to: Supa Engineering Co.,Ltd. Report to: Supa Engineering Co.,Ltd. 165 Kubon Rd. Kannayao, Bangkok, Thailand 10230 Attn: Supakorn Charoenprasit Sampled By: Company:		Project ID: Name: Location: PO: Acct. Code: Phone: (662) 510-7543 Fax: (662) 510-7554 Email: supa_engineering@yahoo.com		Lot ID: 70146 Phone: (662) 715-8700 Fax: (662) 374-4040 Date Received: Apr 04, 2007 04:32PM Date Reported: Apr 10, 2007 11:52AM Report Number: 112673	
Page: 6 of 9					
IQA Number 70146-6 Sample Date April 4, 2007 10:07 AM Sample Description Cooling Water No. 6 Condition of Sample contained in one sterilized glass bottle, refrigerated Date of Analysis April 5, 2007					
Analyte	Units	Result(s)	Method		
Microbiological Testing Standard Plate Count	CFU/mL	1200000	APHA (2005)		

Approved by: 
 Tuanjai Thangklang, B.Sc.
 Scientist (T)

*The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report.
 No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory.
 IQA Laboratory strongly recommends that this report is not reproduced except in full.*

PBF

ผลการทดสอบการปนเปื้อนจุลชีวะของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 7 ในการทดสอบครั้งที่ 2
ระยะเวลาหลังผสม 21 วัน



Analysis / Test Report

ORIGINAL

IQALaboratory Co., Ltd.
615 Jitt-Uthai Bld., Ramkhamhaeng Rd.,
Huamark, Bangkok, Bangkok. 10240

Phone: (662) 715-8700
Fax: (662) 374-4040

Bill to: Supa Engineering Co.,Ltd.
Report to: Supa Engineering Co.,Ltd.
165
Kubon Rd.
Kannayao, Bangkok, Thailand
10230
Attn: Supakorn Charoenprasit
Sampled By:
Company:

Project
ID:
Name:
Location:

PO :
Acct. Code:

Phone: (662) 510-7543
Fax: (662) 510-7554 Email: supa_engineering@yahoo.com

Lot ID: 70146

Date Received: Apr 04, 2007 04:32PM
Date Reported: Apr 10, 2007 11:52AM
Report Number: 112673

Page: 7 of 9

IQAL Number 70146-7
Sample Date April 4, 2007 10:07 AM
Sample Description Cooling Water No. 7
Condition of Sample contained in one sterilized glass bottle, refrigerated
Date of Analysis April 5, 2007

Analyte	Units	Result(s)	Method
Microbiological Testing Standard Plate Count	CFU/mL	2400000	APHA (2005)

Approved by:

Tuanjai Thangklang, B.Sc.
Scientist (1)

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report.
No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory.
IQALaboratory strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

PBF

ผลการทดสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของตัวอย่างน้ำหล่อเย็นตัวอย่างที่ 8 ในการทดสอบครั้งที่ 2
ระยะเวลาหลังผสม 21 วัน



Analysis / Test Report

ORIGINAL

IQA Laboratory Co., Ltd.
615 Jitt-Uthai Bld., Ramkhamhaeng Rd.,
Huamark, Bangkok, Bangkok. 10240

Phone: (662) 715-8700
Fax: (662) 374-4040

Lot ID: 70146

Date Received: Apr 04, 2007 04:32PM
Date Reported: Apr 10, 2007 11:52AM
Report Number: 112673

Bill to: Supa Engineering Co., Ltd.
Report to: Supa Engineering Co., Ltd.
165
Kubon Rd.
Kannayao, Bangkok, Thailand
10230
Attn: Supakorn Charoenprasit
Sampled By:
Company:

Project

ID:

Name:

Location:

PO:

Acct. Code:

Phone: (662) 510-7543

Fax: (662) 510-7554 Email: supa_engineering@yahoo.com

Page: 8 of 9

IQA Number 70146-8
Sample Date April 4, 2007 10:07 AM
Sample Description Cooling Water No. 8
Condition of Sample contained in one sterilized glass bottle, refrigerated
Date of Analysis April 5, 2007

Analyte	Units	Result(s)	Method
Microbiological Testing Standard Plate Count	CFU/mL	1400000	APHA (2005)

Approved by:

Tuanjai Thangklang, B.Sc.
Scientist (1)

The above results are valid only for the analyzed/tested sample(s) as indicated in this report.
No part of this report or certificate may be reproduced in any form without written consent from the Laboratory.
IQA Laboratory strongly recommends that this report is not reproduced except in full.

PM

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายศุภกร เจริญประสิทธิ์
 ชื่อวิทยานิพนธ์ : การยืดอายุขัยการใช้น้ำหล่อเย็นชนิดน้ำมันแร่ผสมน้ำ
 สาขาวิชา : วิศวกรรมการผลิต

ประวัติ

ประวัติส่วนตัว เกิดเมื่อวันที่ 13 เมษายน พ.ศ. 2521 ที่อยู่ปัจจุบันเลขที่ 165 ถนนคูบอน แขวงคันนายาว เขตคันนายาว จังหวัดกรุงเทพมหานคร เป็นบุตรคนเดียว ของนายศุภชัย และนางอุษา เจริญประสิทธิ์

ประวัติการศึกษา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนเบญจมินทร์ กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2535 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2538 และสำเร็จการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2544