

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 เจือไนท์ที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์

การศึกษาเจือไนท์ที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยทดลองแปรเจือไนท์ พีเอช และ อุณหภูมิ ต่าง ๆ เจือไนท์ที่แปรคือ พีเอช 9, 10, 11 อุณหภูมิ 60, 65, 70 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาการกำจัดโครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ทุก ๆ เจือไนท์โดยการบันทึกการเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential (ORP) ขณะเป่าอากาศเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ค่า ORP เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันขณะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในการทดลอง (reaction vessel) และ ORP มีค่าคงที่เมื่อปฏิกิริยาออกซิเดชันสิ้นสุดลงจึงหยุดเป่าอากาศและบันทึกสีตะกอน ลักษณะตะกอน ที่สังเคราะห์ได้จากกระบวนการเฟอร์ไรท์ ทำการกรองแยกตะกอนและน้ำส่วนใสออกจากกัน

นำน้ำส่วนใสไปทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม โดยวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมที่อาจหลงเหลืออยู่ด้วยวิธีวิเคราะห์ Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) จากผลการทดสอบหาโครเมียม ในน้ำส่วนใส พบว่า ทุกเจือไนท์ (พีเอช 9 ถึง 11, อุณหภูมิ 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส) ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักโครเมียม 100 % คือ ตรวจไม่พบโครเมียมในน้ำส่วนใส ผลการทดสอบได้แสดงรายละเอียด ในตารางที่ 4.1

นำตะกอนที่กรองแยกจากน้ำส่วนใส ซึ่งสังเคราะห์ได้จากกระบวนการเฟอร์ไรท์ ทุกเจือไนท์ไปหาคุณสมบัติความเป็นสารแม่เหล็กด้วยวิธีวิเคราะห์ X-ray powder diffraction ผลการวิเคราะห์ พบว่า เจือไนท์ที่ให้ตะกอนที่มีความเป็นแม่เหล็กสูงคือ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่เจือไนท์ดังกล่าวให้

X-ray diffraction pattern ที่มีความสูงของ X-ray diffraction peak ที่ $2\theta = 35.4$ ซึ่งเป็น peak ของ 100 % แมกนีไทต์ (magnetite, $\text{Fe}^{2+}\text{O}\cdot\text{Fe}^{3+}\text{O}_2$) มีค่าเป็น 2.3 หน่วย และ 2.35 หน่วยตามลำดับ และที่เงื่อนไขนี้จะให้เกอไธต์ (Goethite, FeOOH) ปรากฏน้อยที่สุด (peak Goethite แสดงดังลูกศรในรูปที่ 4.1) ผลการวิเคราะห์ด้วย X-ray powder diffraction แสดงในตารางที่ 4.1 รูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2

ในการศึกษาคั้งนี้พบว่าทุกเงื่อนไข (พีเอช 9 ถึง 11, อุณหภูมิ 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส) ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักโครเมียม 100 % โดยที่เงื่อนไข พีเอช 9 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเงื่อนไขที่ใช้ปริมาณสารเคมี NaOH ในการปรับพีเอชของปฏิกิริยาในกระบวนการเฟอร์ไรต์ต่ำกว่าเงื่อนไขที่พีเอช 10 และ 11 และใช้ความร้อนในการปรับอุณหภูมิของปฏิกิริยาต่ำกว่าเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 65 และ 70 องศาเซลเซียส แต่ตะกอนที่สังเคราะห์ได้จากเงื่อนไข พีเอช 9 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความเป็นสารแม่เหล็กต่ำกว่า (แสดงว่าได้สารประกอบอื่น นอกเหนือจากตะกอนเฟอร์ไรต์, Fe_3O_4)

ตะกอนที่สังเคราะห์จากเงื่อนไข พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นแม่เหล็กของตะกอนมีค่าสูง จึงทำให้มีประโยชน์ในการแยกตะกอนออกจากส่วนใส โดยใช้รางแม่เหล็กได้ง่ายและรวดเร็ว นอกจากนี้ ความเป็นแม่เหล็กของตะกอนยังมีคุณค่าและคุณประโยชน์ในเชิงวัสดุศาสตร์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้อีก

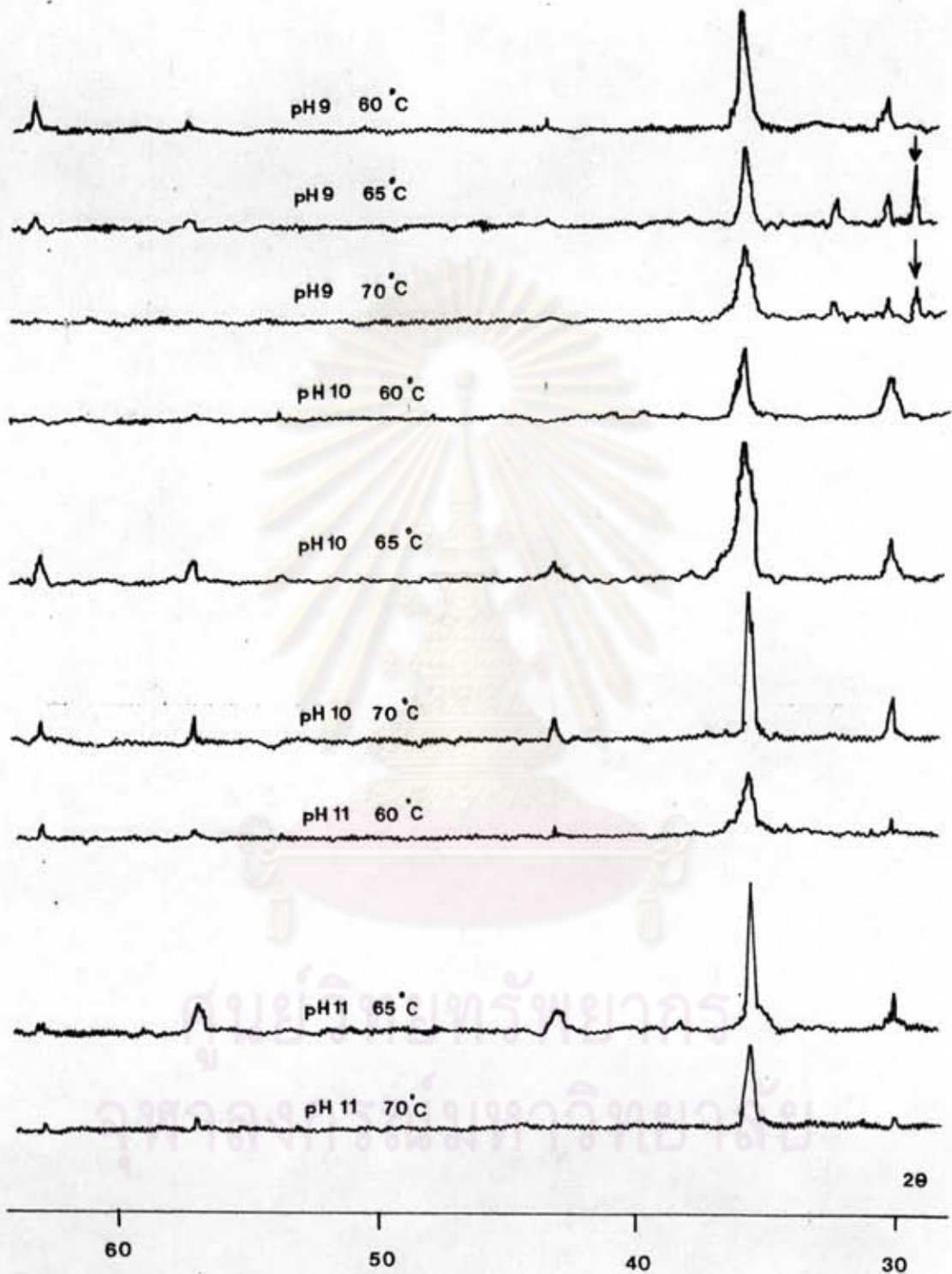
ดังนั้นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยกระบวนการเฟอร์ไรต์คือ เงื่อนไขที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นเงื่อนไขที่ให้ตะกอนเฟอร์ไรต์สูงที่สุด โดยที่ไอออนโลหะหนัก Cr^{3+} เข้าไปแทนที่ไอออนเหล็กในสารประกอบ $\text{Fe}^{2+}\text{O}\cdot\text{Fe}^{3+}\text{O}_2$ ในโครงสร้างผลึกได้สไปเนลเฟอร์ไรต์ ซึ่งเป็นตะกอนที่เสถียรมากในสภาพธรรมชาติ และยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก (waste utilization)

ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงค่า ORP ของการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์โครเมียม 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ที่เงื่อนไข พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 4.2 รูปที่ 4.3 และตารางที่ 4.3 รูปที่ 4.4

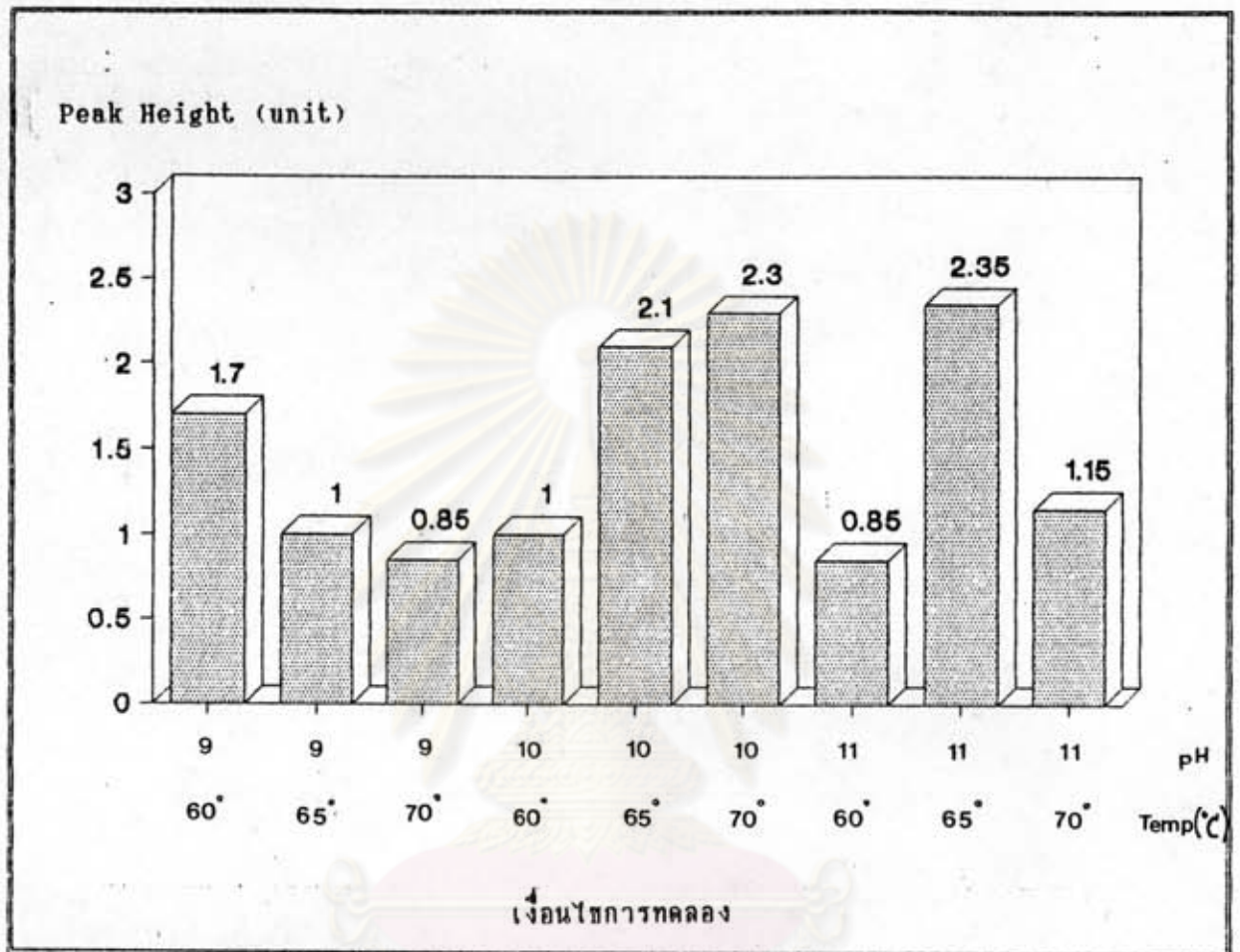
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการกำจัดโครเมียมความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ด้วยกระบวนการเพอร์ไรท์ที่เงื่อนไขต่างๆ

พีเอช	อุณหภูมิ (°C)	ORP (มิลลิโวลต์)	เวลาดักเก็บ (นาที)	สีตะกอน	ลักษณะตะกอน	ความสูงของพีคใน X-ray (หน่วย)	ความเข้มข้นหลังกำจัด (มก./ลบ.คม.)	ประสิทธิภาพการกำจัด (%)
9	60	-895 ถึง -430	17	ดำ	หนัก	1.7	0	100
9	65	-639 ถึง - 76	7	ดำ	หนัก	1.0	0	100
9	70	-840 ถึง -450	19	ดำ	หนัก	0.85	0	100
10	60	-612 ถึง -144	11	ดำ	หนัก	1.0	0	100
10	65	-557 ถึง - 98	13	ดำ	หนัก	2.1	0	100
10	70	-607 ถึง -236	19	ดำ	หนัก	2.3	0	100
11	60	-735 ถึง -239	11	ดำ	หนัก	0.85	0	100
11	65	-659 ถึง -245	11	ดำ	หนัก	2.35	0	100
11	70	-740 ถึง -408	16	ดำ	หนัก	1.15	0	100

หมายเหตุ เวลาดักเก็บ (retention time) หมายถึง ช่วงเวลาดังกล่าวตั้งแต่จุดเริ่มต้นทำปฏิกิริยาจนกระทั่งถึงจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน
 ORP หมายถึง Oxidation Reduction Potential
 ความสูงของพีคใน X-ray หมายถึง ความสูงของพีคใน X-ray Diffraction patterns ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$



รูปที่ 4.1 X-ray Diffraction Patterns ของตะกอนจากการกำจัดโครเมียม ด้วยกระบวนการเพอร์ไรท์ที่เงื่อนไขต่าง ๆ



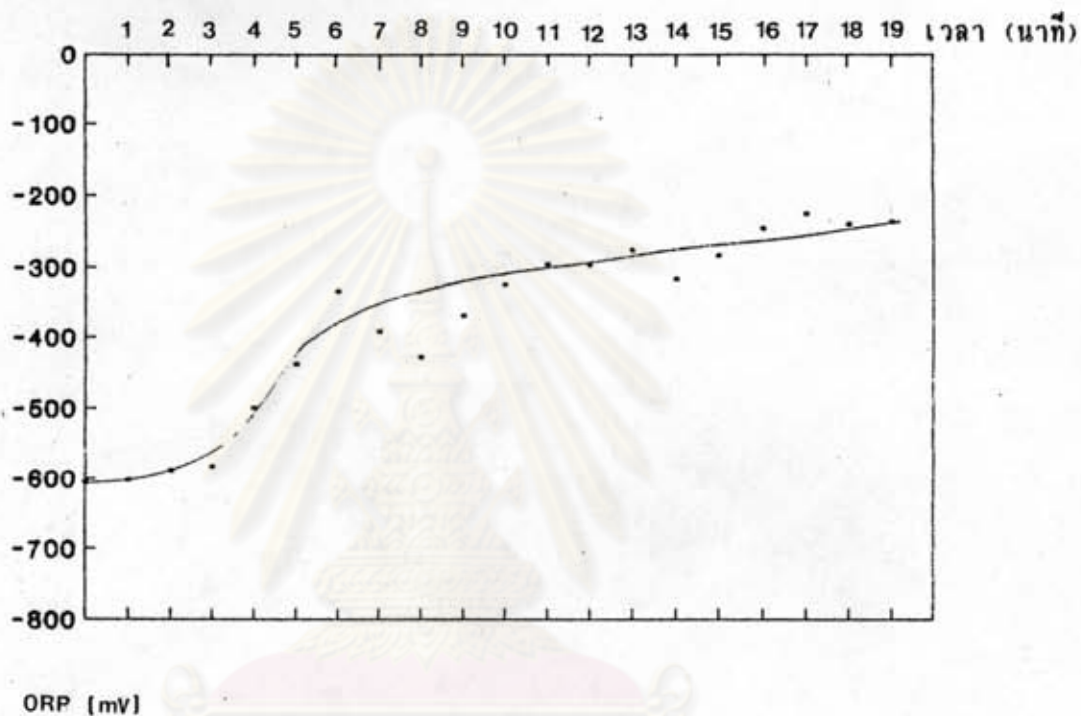
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 ความสูงของ X-ray Diffraction Peak ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$

ของตะกอนจากการกำจัดโครเมียมด้วยกระบวนการเพอร์ไรท์ที่เงื่อนไขต่าง ๆ

ตารางที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
 ไตรเม็ทม 100 มก./ลบ.คม. ที่พีเอช 10, อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส,
 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม

Time (min)	ORP (mV)	pH
0	-607	10.15
1	-604	10.15
2	-590	10.16
3	-584	10.17
4	-500	10.15
5	-440	10.11
6	-335	10.08
7	-392	10.07
8	-429	10.04
9	-370	10.00
10	-325	9.99
11	-295	9.98
12	-297	9.97
13	-276	9.97
14	-317	9.98
15	-284	9.97
16	-245	9.95
17	-226	9.95
18	-239	9.94
19	-236	9.92

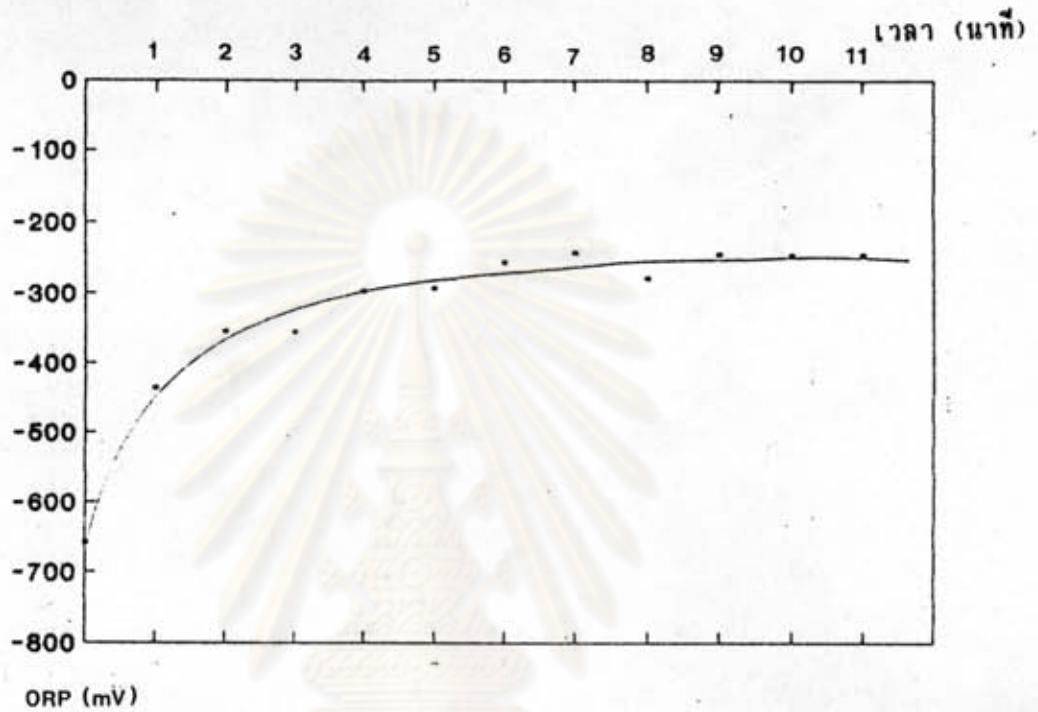


รูปที่ 4.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการทำจัด
 โตรเมียม 100 มก./ลบ.คม. ด้วยกระบวนการเฟอไรท์ที่ พีเอช10 อุณหภูมิ 70°C

ตารางที่ 4.3 การเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
โครเมียม 100 มก./ลบ.คม. ที่พีเอช 11, อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส,
 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม

Time (min)	ORP (mV)	pH
0	-659	11.25
1	-437	11.23
2	-355	11.20
3	-356	11.27
4	-297	11.25
5	-292	11.22
6	-257	11.21
7	-242	11.20
8	-279	11.17
9	-244	11.16
10	-246	11.15
11	-245	11.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
โครเมียม 100 มก./ลบ.คม. ด้วยกระบวนการเฟอร์ไรท์ที่ พีเอช 11 อุณหภูมิ 65°C

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 เงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดนิเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์

การศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดนิเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยทดลองแปรเงื่อนไข พีเอช และ อุณหภูมิ ต่าง ๆ เงื่อนไขที่แปรคือ พีเอช 9, 10, 11 อุณหภูมิ 60, 65, 70 องศาเซลเซียส ทำการศึกษา การกำจัดนิเกิล 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ทุก ๆ เงื่อนไข โดยการบันทึกการ เปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential (ORP) ขณะเป่าอากาศเนื่องจาก ปฏิกริยาออกซิเดชัน ค่า ORP เปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลันขณะเกิดปฏิกริยาออกซิเดชันในการทดลอง (reaction vessel) และ ORP มีค่าคงที่เมื่อปฏิกริยาออกซิเดชันสิ้นสุดลงจึงหยุดเป่าอากาศ และบันทึกสีตะกอน ลักษณะตะกอน ที่สังเคราะห์ได้จากกระบวนการเฟอร์ไรท์ ทำการกรอง แยกตะกอนและนำส่วนใสออกจากกัน

นำน้ำส่วนใสไปทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดนิเกิล โดยวิเคราะห์หาปริมาณ นิเกิลที่อาจหลงเหลืออยู่ด้วยวิธีวิเคราะห์ Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) จากผลการทดสอบหานิเกิล ในน้ำส่วนใส พบว่า ทุกเงื่อนไข (พีเอช 9 ถึง 11, อุณหภูมิ 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส) ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักนิเกิล 100 % คือ ตรวจไม่พบนิเกิลในน้ำส่วนใส ผลการทดสอบได้แสดงรายละเอียด ในตารางที่ 4.4

นำตะกอนที่กรองแยกจากน้ำส่วนใส ซึ่งสังเคราะห์ได้จากกระบวนการเฟอร์ไรท์ ทุกเงื่อนไขไปหาคุณสมบัติความเป็นสารแม่เหล็กด้วยวิธีวิเคราะห์ X-ray powder diffraction ผลการวิเคราะห์ พบว่า เงื่อนไขที่ให้ตะกอนที่มีความเป็นแม่เหล็กสูงคือ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากที่เงื่อนไขดังกล่าวให้ X-ray diffraction pattern ที่มีความสูงของ X-ray diffraction peak ที่ $2\theta = 35.4$ ซึ่งเป็น peak ของ 100 % แมกนีไทต์ (magnetite, $Fe^{2+}O \cdot Fe^{3+}O_3$) มีค่าเป็น 2.05 หน่วย และ 2.2 หน่วยตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ด้วย X-ray powder diffraction แสดงในตารางที่ 4.4 รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าทุกเงื่อนไข (พีเอช 9 ถึง 11, อุณหภูมิ 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส) ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนักนิกเกิล 100 % โดยที่เงื่อนไข พีเอช 9 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเงื่อนไขที่ใช้ปริมาณสารเคมี NaOH ในการปรับพีเอชของปฏิกิริยาในกระบวนการเฟอร์ไรท์ต่ำกว่าเงื่อนไขที่พีเอช 10 และ 11 และใช้ความร้อนในการปรับอุณหภูมิของปฏิกิริยาต่ำกว่าเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 65 และ 70 องศาเซลเซียส แต่ตะกอนที่สังเคราะห์ได้จากเงื่อนไข พีเอช 9 อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีความเป็นสารแม่เหล็กต่ำกว่า

ตะกอนที่สังเคราะห์จากเงื่อนไข พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ค่าความเป็นแม่เหล็กของตะกอนมีค่าสูง จึงทำให้มีประโยชน์ในการแยกตะกอนออกจากส่วนใส โดยใช้รางแม่เหล็กได้ง่ายและรวดเร็ว นอกจากนั้น ความเป็นแม่เหล็กของตะกอนยังมีคุณค่าและคุณประโยชน์ในเชิงวัสดุศาสตร์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้อีก

ดังนั้นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดนิกเกิล ในน้ำเสียสังเคราะห์ ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยกระบวนการเฟอร์ไรท์คือ เงื่อนไขที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นเงื่อนไขที่ให้ตะกอนเฟอร์ไรท์สูงที่สุด โดยที่ไอออนโลหะหนัก Ni^{2+} เข้าไปแทนที่ไอออนเหล็กในสารประกอบ $Fe^{2+}O \cdot Fe^{3+}O_2$ ในโครงสร้างผลึกได้เข้าไปแทนเฟอร์ไรท์ ซึ่งเป็นตะกอนที่เสถียรมากในสภาพธรรมชาติ และยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก (waste utilization)

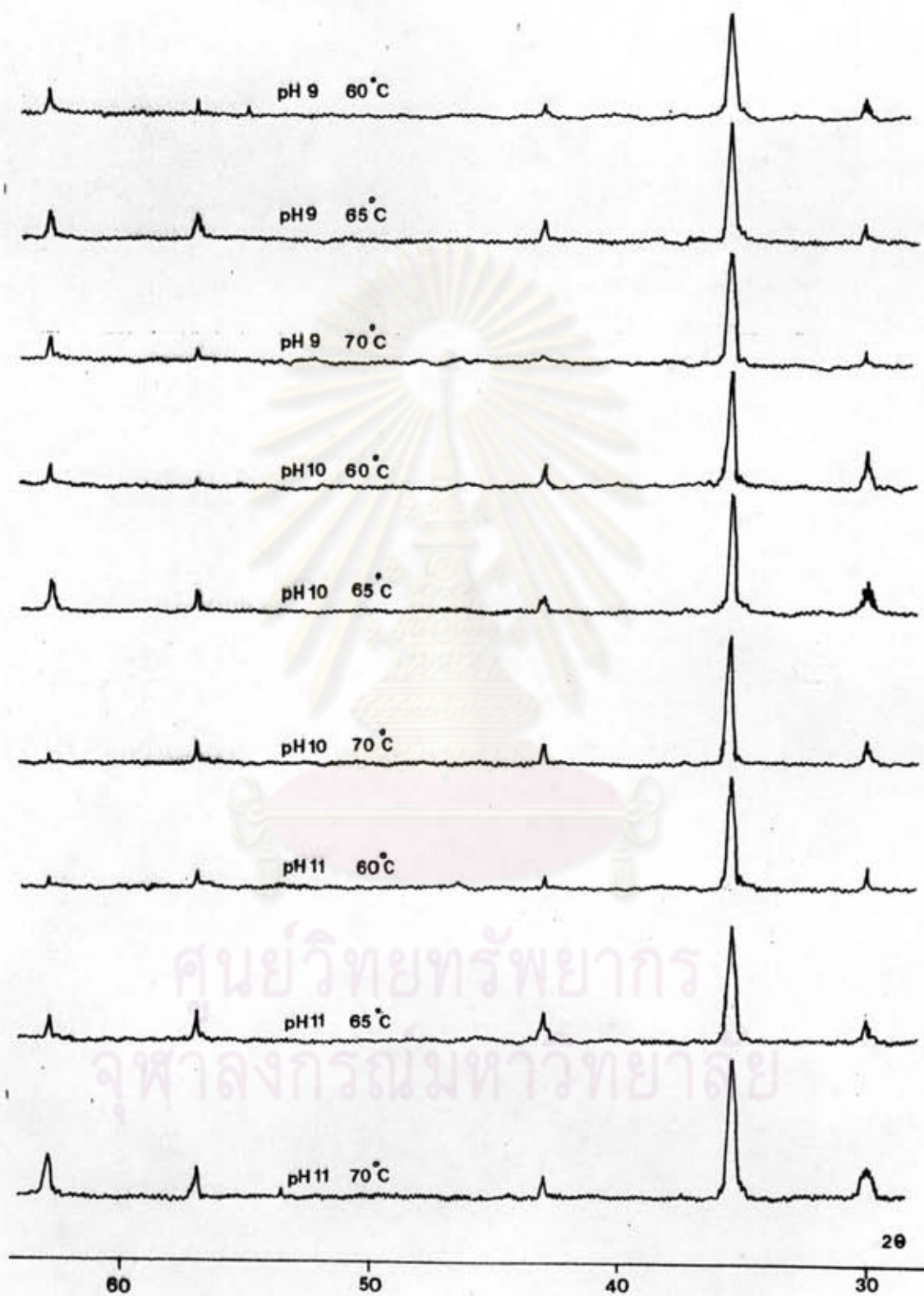
ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงค่า ORP ของการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ที่เงื่อนไข พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แสดงในตารางที่ 4.5 รูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.6 รูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.4 สรุปผลการกำจัดนิเกิลความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ด้วยกระบวนการเพอร์ไรท์ที่เงื่อนไขต่างๆ

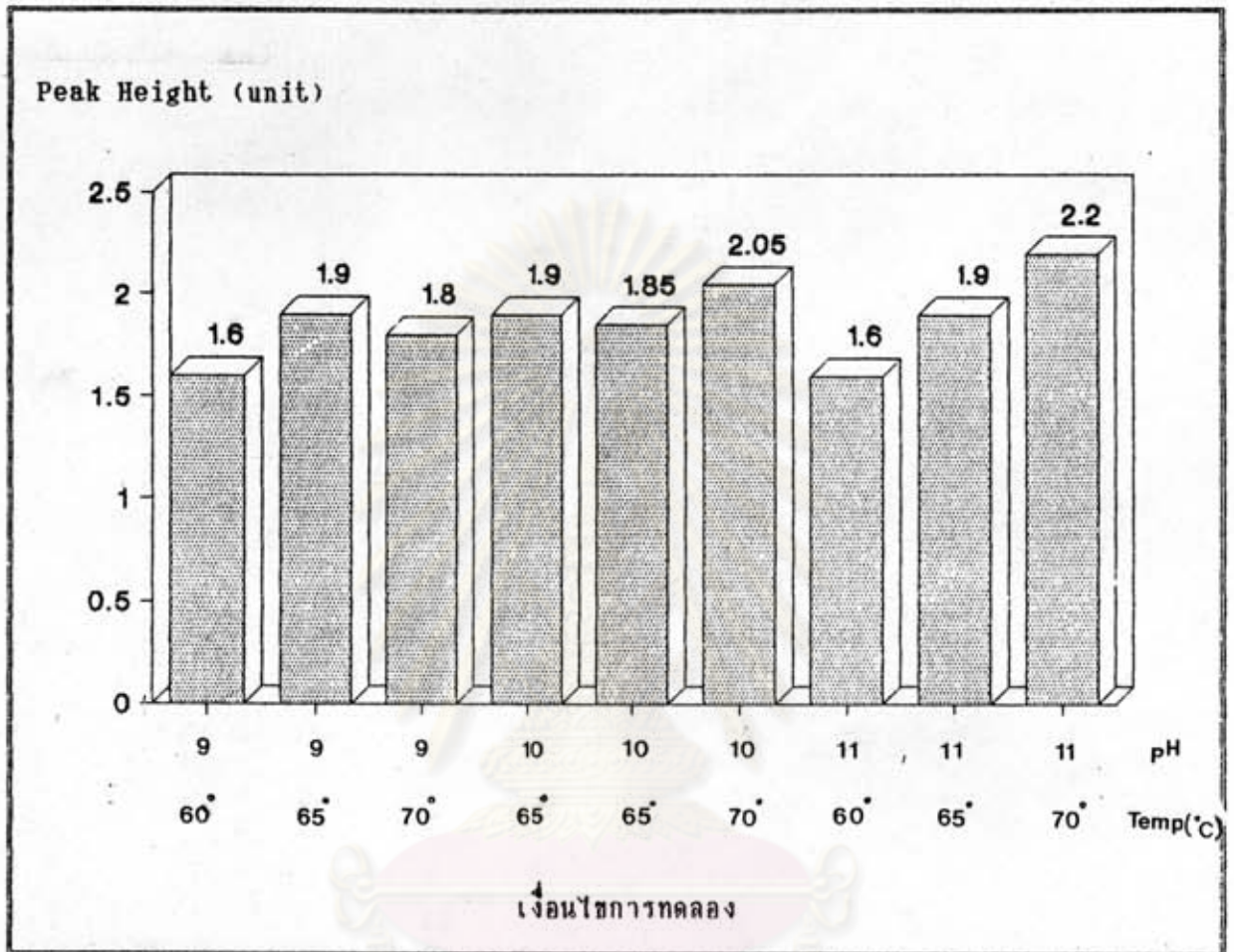
พีเอช	อุณหภูมิ (°C)	ORP (มิลลิโวลต์)	เวลาดักเก็บ (นาที)	สี ตะกอน	ลักษณะ ตะกอน	ความสูงของพีคใน X-ray (หน่วย)	ความเข้มข้นหลังกำจัด (มก./ลบ.คม.)	ประสิทธิภาพ การกำจัด(%)
9	60	-679 ถึง -442	11	ดำ	หนัก	1.6	0	100
9	65	-709 ถึง -144	13	ดำ	หนัก	1.9	0	100
9	70	-787 ถึง - 5	8	ดำ	หนัก	1.8	0	100
10	60	-756 ถึง -206	11	ดำ	หนัก	1.9	0	100
10	65	-766 ถึง -260	13	ดำ	หนัก	1.85	0	100
10	70	-697 ถึง -125	10	ดำ	หนัก	2.05	0	100
11	60	-645 ถึง -359	13	ดำ	หนัก	1.6	0	100
11	65	-788 ถึง -270	9	ดำ	หนัก	1.9	0	100
11	70	-773 ถึง -141	10	ดำ	หนัก	2.2	0	100



หมายเหตุ เวลาดักเก็บ (retention time) หมายถึง ช่วงเวลาดังแต่จุดเริ่มต้นทำปฏิกิริยาจนกระทั่งถึงจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน
 ORP หมายถึง Oxidation Reduction Potential
 ความสูงของพีคใน X-ray หมายถึง ความสูงของพีคใน X-ray Diffraction patterns ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$



รูปที่ 4.5 X-ray Diffraction Patterns ของตะกอนจากการก้ำจัดนิเกิดด้วย
กระบวนการเพอร์ไรท์ที่เงื่อนไขต่าง ๆ

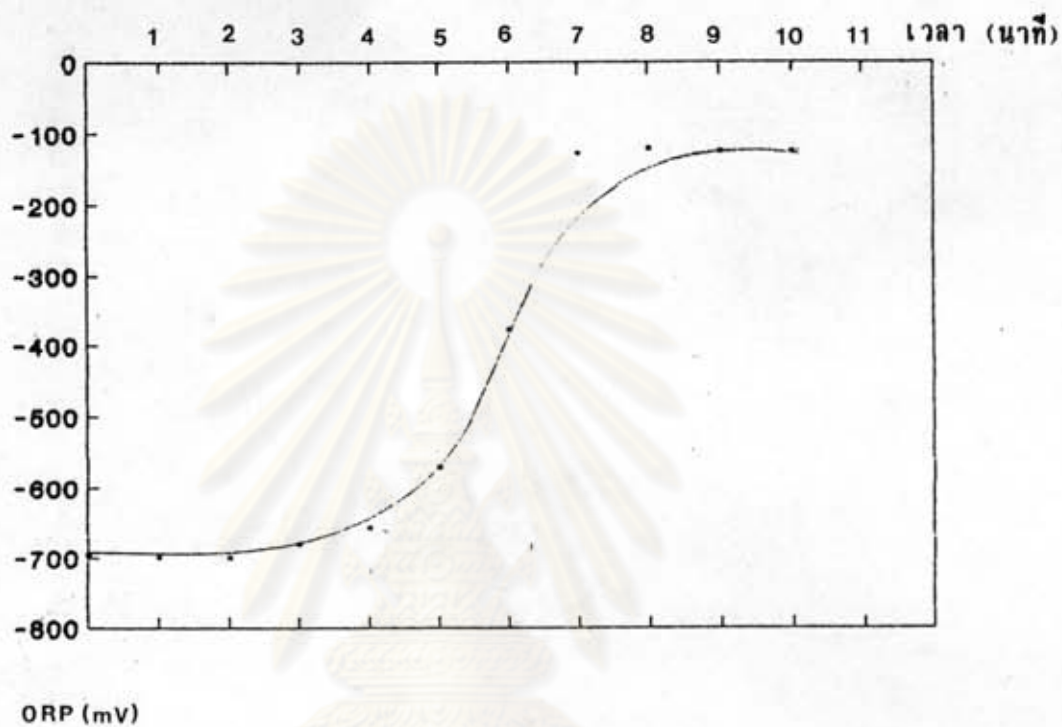


รูปที่ 4.6 ความสูงของ X-ray Diffraction Peak ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$
ของตะกอนจากการกำจัดนิเกิลด้วยกระบวนการเฟอโรไรท์ที่เงื่อนไขต่าง ๆ

ตารางที่ 4.5 การเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
 นิเกิล 100 มก./ลบ.คม. ที่พีเอช 10, อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส,
 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม

Time (min)	ORP (mV)	pH
0	-697	10.40
1	-700	10.40
2	-701	10.36
3	-680	10.35
4	-658	10.32
5	-571	10.30
6	-378	10.25
7	-127	10.23
8	-122	10.20
9	-125	10.21
10	-125	10.18

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

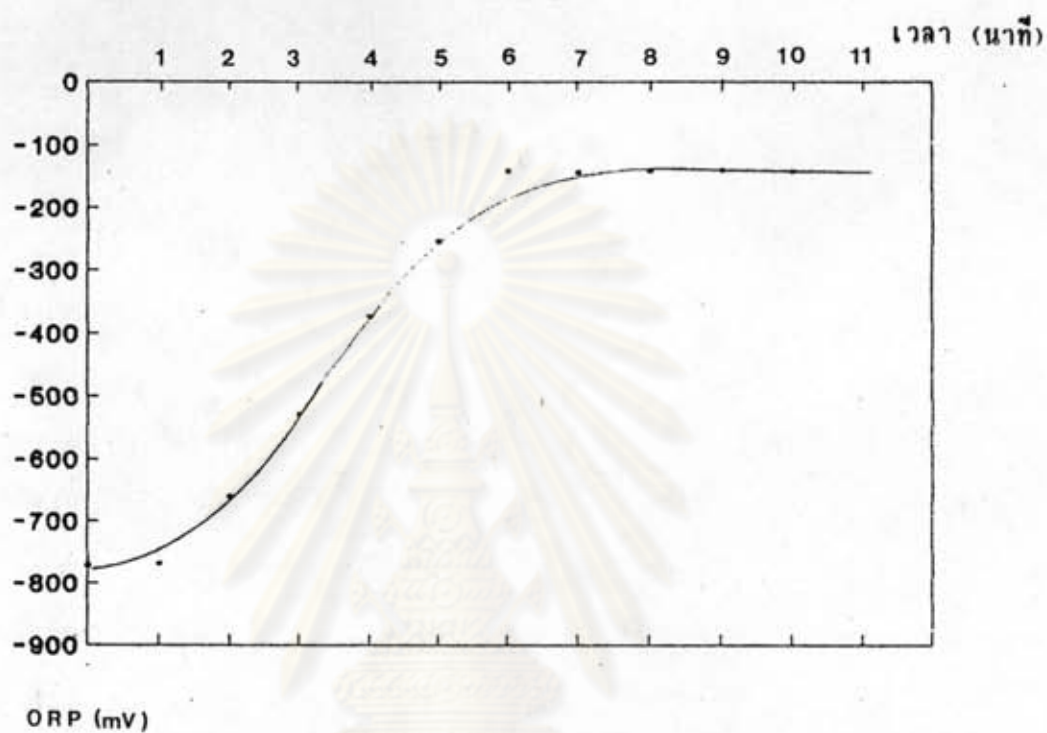


รูปที่ 4.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
 นิเกิล 100 มก./ลบ.คม. ด้วยกระบวนการเฟอร์ไรท์ที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70°C.

ตารางที่ 4.6 การเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
 นิเกิล 100 มก./ลบ.คม. ที่พีเอช 11, อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส,
 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม

Time (min)	ORP (mV)	pH
0	-773	11.20
1	-770	11.20
2	-660	11.19
3	-528	11.18
4	-376	11.19
5	-254	11.17
6	-141	11.16
7	-144	11.16
8	-141	11.15
9	-140	11.16
10	-141	11.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
 นิเกิล 100 มก./ลบ.คม. ด้วยกระบวนการเฟอร์ไรท์ที่ พีเอส 11 อุณหภูมิ 70°ซ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

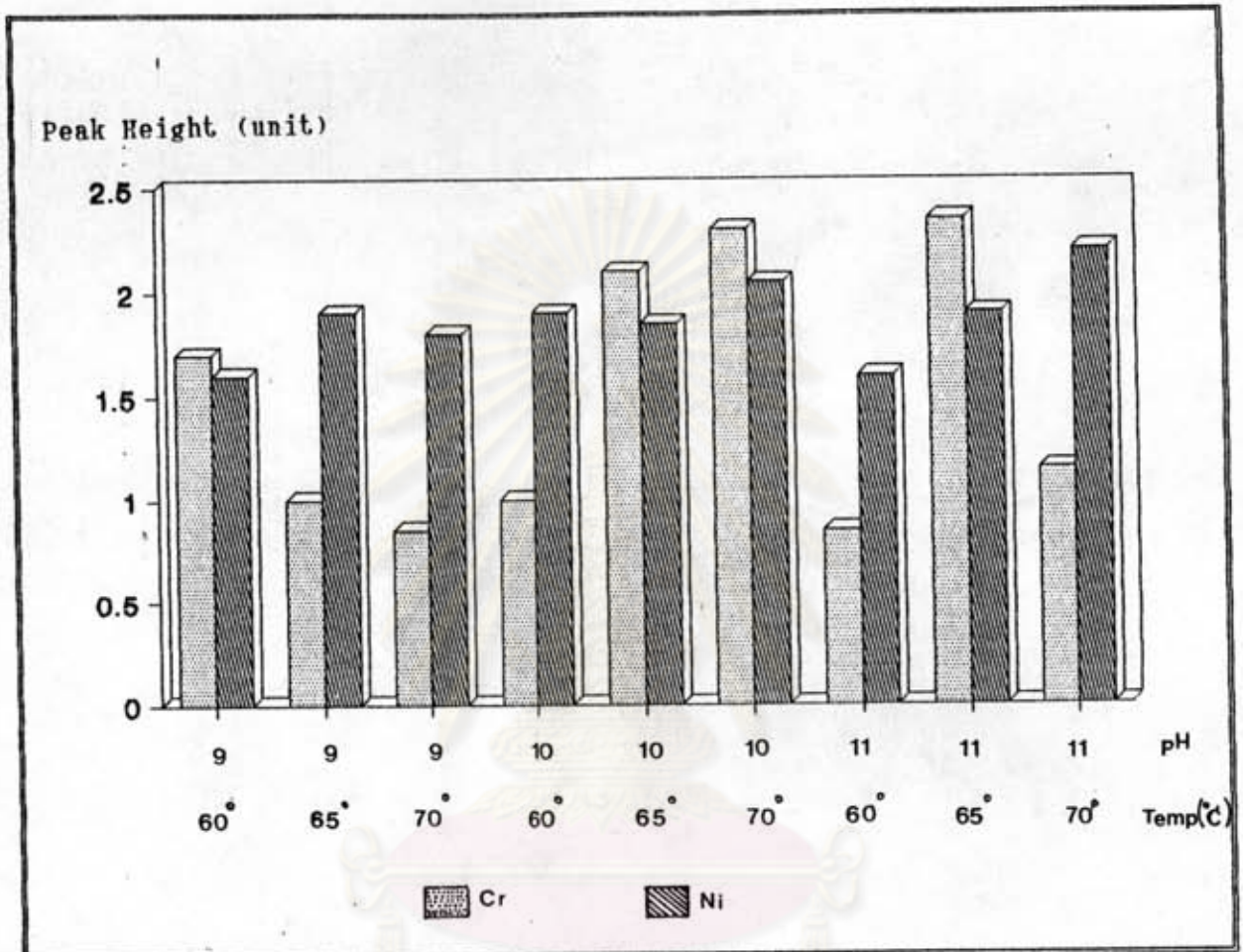
4.3 การศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับกำจัดโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์

จากผลการศึกษาที่แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า เงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมชนิดเด็ชว คือ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จากผลการศึกษาที่แสดงตารางที่ 4.4 พบว่า เงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดนิกเกิลชนิดเด็ชวคือพีเอช 10 ถึง 11 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เมื่อพิจารณาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดโครเมียมกับกำจัดนิกเกิลพร้อมกัน คือ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เพื่อที่จะได้กำจัดโครเมียมและนิกเกิลพร้อม ๆ กันได้ดี

ผลการเปรียบเทียบ X-ray diffraction peak ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$ ระหว่างตะกอนที่สังเคราะห์จากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีโครเมียมความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร กับตะกอนที่สังเคราะห์จากน้ำเสียสังเคราะห์ที่มีนิกเกิล ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร แสดงในรูปที่ 4.9

สำหรับผลการทดลองกำจัดโครเมียมและนิกเกิลที่ผสมกันอยู่ชนิดละ 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 รูปที่ 4.12 เมื่อศึกษาความเป็นสารแม่เหล็กของตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้ที่เงื่อนไขดังกล่าวด้วย X-ray powder diffraction เทียบกับตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้จากแบลนด์ (Blank) พบว่าพีคของตะกอนปรากฏที่เดียวกันและมีความสูงเท่ากัน และไม่พบเกอไตต์เลย ดังรูปที่ 4.11

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบความสูงของ X-ray Diffraction Peak ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$ ของตะกอนจากการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลด้วยกระบวนการเฟอร์ไรท์ที่เงื่อนไขต่าง ๆ

4.4 อัตราส่วนโมลที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์

การหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้เงื่อนไขจากข้อ 4.3 คือใช้เงื่อนไขที่พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำการศึกษาโดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ ที่มีความเข้มข้นของโครเมียมและนิกเกิลต่าง ๆ กัน โดยทำการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายผสมโครเมียมและนิกเกิลดังนี้ 1000, 100, 10, 5, 1, 0.5, 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร การทดลองครั้งนี้ใช้ปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์ คงที่คือ 800 มิลลิลิตร และเปลี่ยนแปลงปริมาณ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ที่ใช้ในการทดลองดังนี้ 3.6, 7.2, 14.4, 28.8 กรัม ทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างอัตราส่วนโมลต่าง ๆ กับ แบลงค์ (Blank)

การคำนวณหาอัตราส่วนโมล ใช้สูตรต่อไปนี้

$$A = 4.2774 \times 10^{-3} \quad Y/X$$

$$B = 3.7882 \times 10^{-3} \quad Z/X$$

เมื่อ A คือ อัตราส่วนโมลของ $\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$

B คือ อัตราส่วนโมลของ $\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$

X คือ ปริมาณ $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ เป็นกรัม ที่เติมลงไปในการละลายเริ่มต้น

Y คือ ความเข้มข้นของโครเมียมในสารละลายเริ่มต้นเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

Z คือ ความเข้มข้นของนิกเกิล ในสารละลายเริ่มต้นเป็น มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ผลการศึกษ้อัตราส่วนโมลแสดงในตารางที่ 4.7 พบว่าอัตราส่วนโมลของ $\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$ ตั้งแต่ 29.70×10^{-3} ขึ้นไป และ $\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$ ตั้งแต่ 26.31×10^{-3} ขึ้นไป ตะกอนที่ได้จากการกำจัดด้วยกระบวนการนี้จะมีลักษณะเป็นตะกอนเบาที่มีสีน้ำตาล และไม่เป็นสารแม่เหล็ก แต่ถ้าอัตราส่วนโมลต่ำกว่านั้นจะให้ตะกอนที่มีสีดำสนิท มีลักษณะเป็นตะกอนหนักและมีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก อัตราส่วนโมลที่พอเหมาะที่สุดจากการศึกษานี้จะพบว่า

$$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 14.85 \times 10^{-3} \quad \text{และ} \quad \text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 13.15 \times 10^{-3}$$

มีประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม 100% และกำจัดนิกเกิล 100% ตะกอนที่ได้ถูกคลุกได้ด้วยอำนาจแม่เหล็ก ทำให้สะดวกในการแยกออกจากสารละลาย

ตารางที่ 4.7 สรุปผลการศึกษาอัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total}$ และ $Ni^{2+}/Iron_{total}$ ที่เหมาะสมในการกำจัดสารละลายผสมของ โครเมียมและนิกเกิลด้วยกระบวนการเพอร์ไรท์ ที่เลข 10 อุณหภูมิ $70^{\circ}C$

ปริมาณ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (กรัม)	ความเข้มข้น(มก./ลบ.คม.)			ประสิทธิภาพ		อัตราส่วนโมล ($\times 10^{-3}$)		สี	ลักษณะ	ความสูง ของพีคใน X-ray	ORP (มิลลิโวลต์)	เวลาที่เก็บ (นาที)	
	ก่อนกำจัด		หลังกำจัด		การกำจัด(%)		$Cr^{3+}/$						$Ni^{2+}/$
	Cr^{3+}, Ni^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	$Iron_{total}$	$Iron_{total}$						
14.4	0	-	-	-	-	0	0	ดำ	หนัก	1.5	-980 ถึง -250	11	
14.4	1000	0	0	100	100	297.04	263.07	น้ำตาล	เบา	-	-669 ถึง -213	19	
28.8	1000	0	0	100	100	148.52	131.54	น้ำตาล	เบา	0.7	-782 ถึง -245	19	
3.6	100	0.6	0.05	99.4	99.95	118.82	105.23	น้ำตาล	เบา	0.2	-666 ถึง - 2	20	
7.2	100	0.2	0	99.8	100	59.41	52.61	น้ำตาล	เบา	0.4	-734 ถึง - 75	18	
14.4	100	0.02	0	99.98	100	29.70	26.31	น้ำตาล	เบา	0.4	-687 ถึง -125	14	
28.8	100	0	0	100	100	14.85	13.15	ดำ	หนัก	1.5	-742 ถึง -164	15	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 (ต่อ)

ปริมาณ FeSO ₄ ·7H ₂ O (กรัม)	ความเข้มข้น(มก./ลบ.คม.)			ประสิทธิภาพ		อัตราส่วนโมล (x10 ⁻³)		สี	ลักษณะ ตะกอน	ความสูง ของพีคใน X-ray	ORP (มิลลิโวลต์)	เวลาดักเก็บ (นาที)	
	ก่อนกำจัด		หลังกำจัด		การกำจัด(%)		Cr ³⁺ /						Ni ²⁺ /
	Cr ³⁺ ,Ni ²⁺	Cr ³⁺	Ni ²⁺	Cr ³⁺	Ni ²⁺	Iron _{0.001}	Iron _{0.001}						
14.4	0	-	-	-	-	0	0	ดำ	หนัก	1.5	-980 ถึง -250	11	
28.8	100	0	0	100	100	14.85	13.15	ดำ	หนัก	1.5	-742 ถึง -164	15	
14.4	10	0	0	100	100	2.97	2.63	ดำ	หนัก	1.2	-725 ถึง - 47	16	
14.4	5	0	0	100	100	1.49	1.31	ดำ	หนัก	1.2	-787 ถึง -161	15	
14.4	1	0	0	100	100	0.297	0.26	ดำ	หนัก	1.3	-945 ถึง - 80	15	
14.4	0.5	0	0	100	100	0.149	0.13	ดำ	หนัก	1.3	-830 ถึง -163	13	
14.4	0.1	0	0	100	100	0.028	0.03	ดำ	หนัก	1.3	-570 ถึง -183	17	

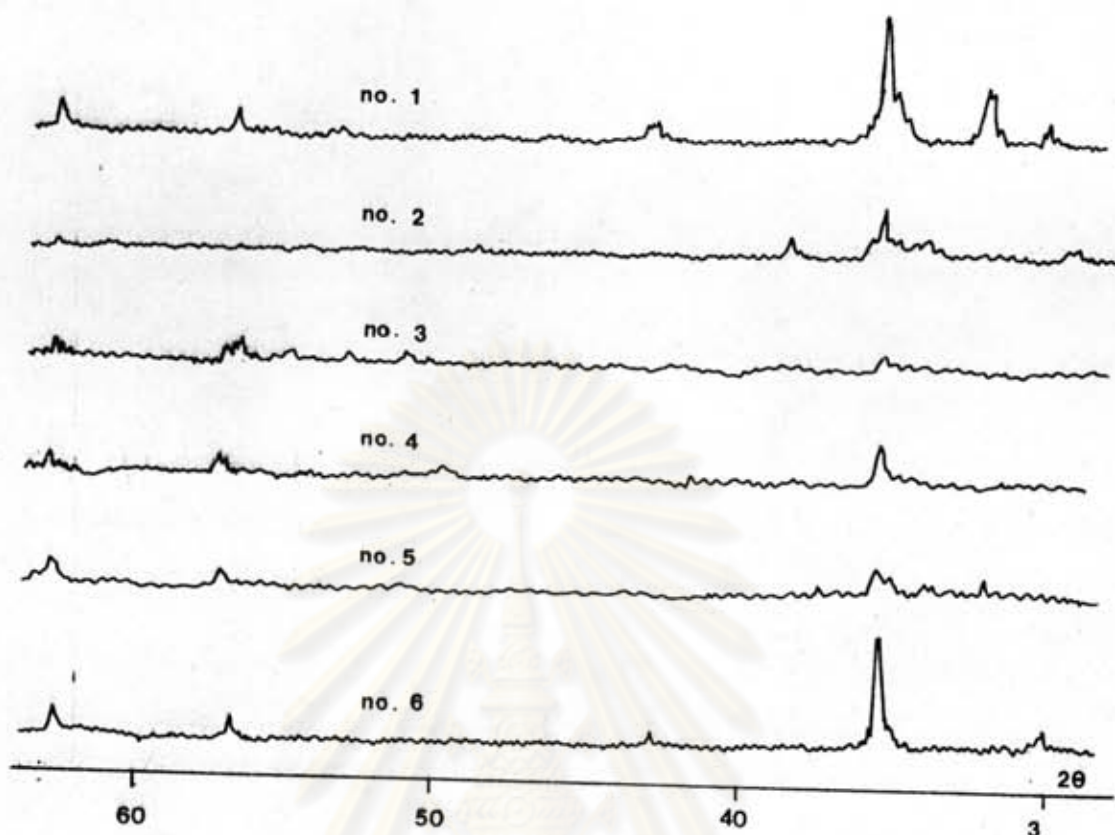
หมายเหตุ เวลาดักเก็บ (retention time) หมายถึง ช่วงเวลาดังกล่าวจุดเริ่มต้นทำปฏิกิริยาจนกระทั่งถึงจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน

ORP

หมายถึง Oxidation Reduction Potential

ความสูงของพีคใน X-ray

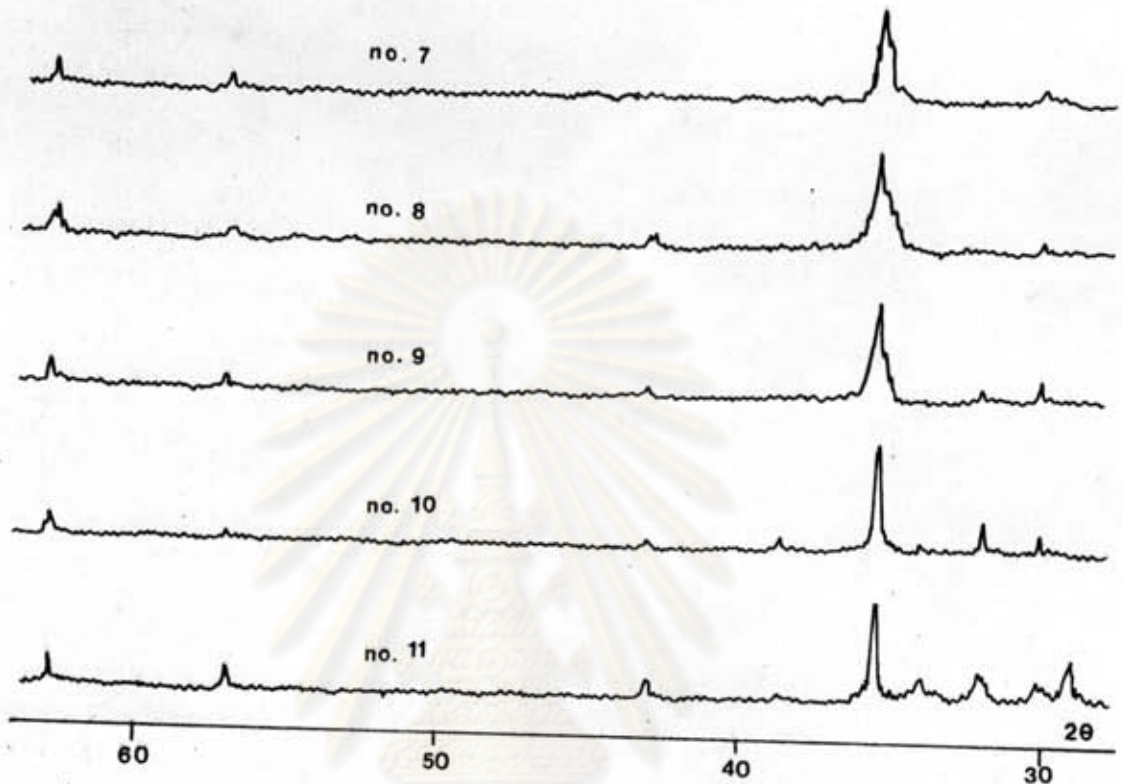
หมายถึง ความสูงของพีคใน X-ray Diffraction patterns ที่ตำแหน่ง 2θ = 35.4



รูปที่ 4.10 X-ray Diffraction Patterns ของตะกอนจากการกำจัดสารพิษที่เกิดและ
 โครเมียม ด้วยกระบวนการเฟอโรไทท์ฟิเคชัน 10 อุดหนุ่ 70° ซ. ที่อัตราส่วนโมล
 ต่าง ๆ

หมายเหตุ

No. 1 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0,$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0$
No. 2 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 148.52 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 131.54 \times 10^{-3}$
No. 3 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 118.82 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 105.23 \times 10^{-3}$
No. 4 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 59.41 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 52.61 \times 10^{-3}$
No. 5 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 29.70 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 26.31 \times 10^{-3}$
No. 6 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 14.85 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 13.15 \times 10^{-3}$

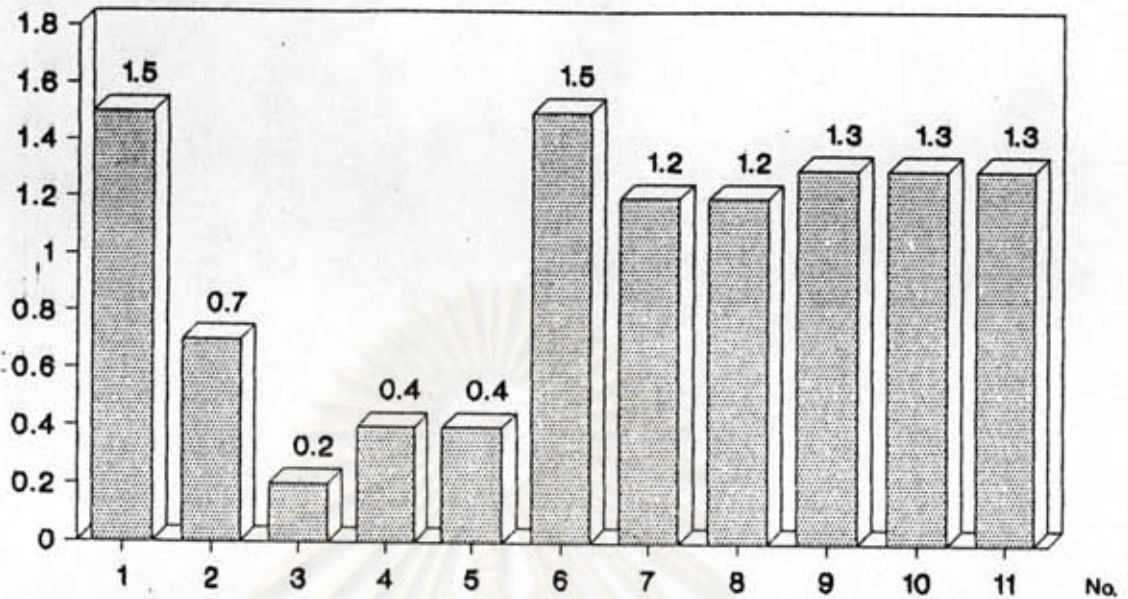


รูปที่ 4.10 X-ray Diffraction Patterns ของตะกอนจากการกำจัดสารผสมนิกเกิลและโครเมียม ด้วยกระบวนการเพอร์ไรท์ที่พีเอช 10 อุณหภูมิ 70° ซ. ที่อัตราส่วนโมลต่าง ๆ

หมายเหตุ

No. 7 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 2.97 \times 10^{-3}$,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 2.63 \times 10^{-3}$
No. 8 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.49 \times 10^{-3}$,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.31 \times 10^{-3}$
No. 9 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.297 \times 10^{-3}$,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.26 \times 10^{-3}$
No.10 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.149 \times 10^{-3}$,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.13 \times 10^{-3}$
No.11 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.028 \times 10^{-3}$,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.03 \times 10^{-3}$

Peak Height (unit)



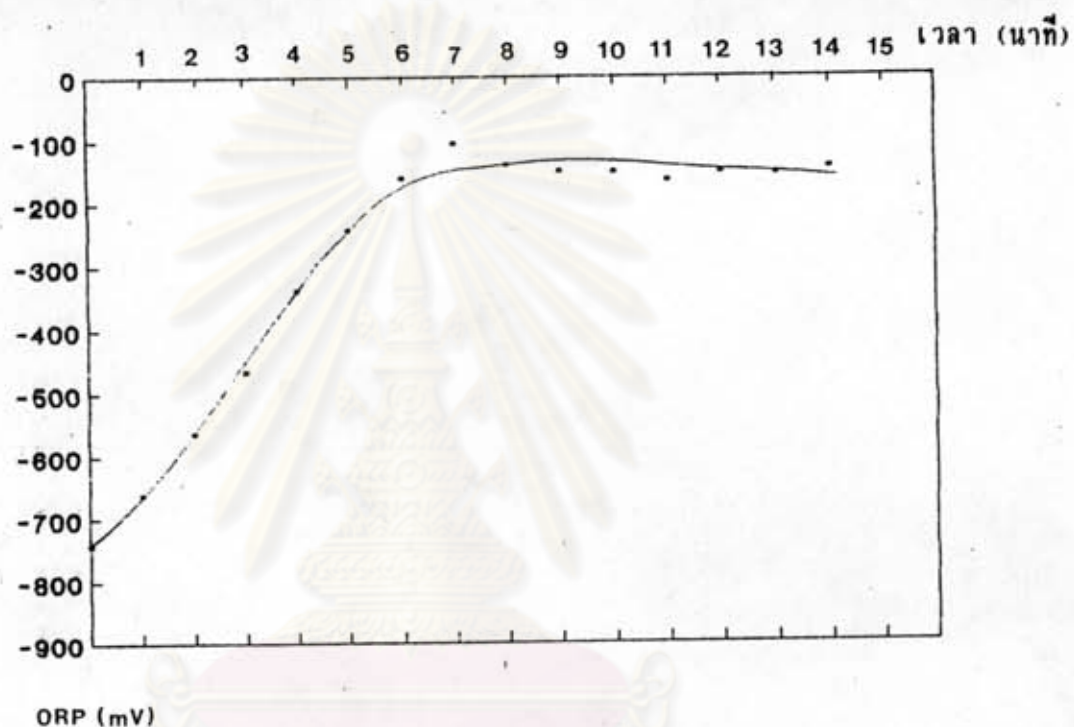
รูปที่ 4.11 ความสูงของ X-ray Diffraction Peak ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$ ของตะกอนจากการกำจัดสารผสมนิกเกิลและโครเมียมด้วยกระบวนการเพอร์ไรท์ ที่พีเอช 10 อุณหภูมิ 70°C . ที่อัตราส่วนโมลต่าง ๆ

หมายเหตุ

No. 1 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0,$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0$
No. 2 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 148.52 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 131.54 \times 10^{-3}$
No. 3 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 118.82 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 105.23 \times 10^{-3}$
No. 4 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 59.41 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 52.61 \times 10^{-3}$
No. 5 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 29.70 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 26.31 \times 10^{-3}$
No. 6 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 14.85 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 13.15 \times 10^{-3}$
No. 7 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 2.97 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 2.63 \times 10^{-3}$
No. 8 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.49 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.31 \times 10^{-3}$
No. 9 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.297 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.26 \times 10^{-3}$
No.10 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.149 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.13 \times 10^{-3}$
No.11 ;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.028 \times 10^{-3},$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.03 \times 10^{-3}$

ตารางที่ 4.8 การเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
สารผสมโครเมียมและนิกเกิล 100 มก./ลบ.คม. ที่พีเอช 10,
อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 28.8 กรัม

Time (min)	ORP (mV)	pH
0	-742	10.29
1	-663	10.28
2	-565	10.23
3	-468	10.20
4	-340	10.20
5	-242	10.18
6	-160	10.15
7	-105	10.13
8	-140	10.14
9	-150	10.15
10	-152	10.15
11	-165	10.16
12	-152	10.15
13	-155	10.15
14	-145	10.14
15	-164	10.15



รูปที่ 4.12 แสดงการเปลี่ยนค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
 นิเกิลและโครเมียม 100 มก./ลบ.คม. ด้วยกระบวนการเพอร์ไรท์
 พีเอส 10 อุณหภูมิ 70°C FeSO₄·7H₂O 14.4 กรัม.

หมายเหตุ $Cr^{3+}/Iron_{total} = 14.85 \times 10^{-3}$, $Ni^{2+}/Iron_{total} = 13.15 \times 10^{-3}$

4.5 การศึกษาคิวอย่างน้ำเสียโรงชุบโลหะหนักที่เก็บจากศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียโรงชุบโลหะหนัก จากศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม ตัวอย่างน้ำเสียโรงชุบโลหะที่ทำการศึกษามี 2 ประเภท คือ

1. น้ำเสียโรงชุบโลหะที่ไม่มีโซลยไนต์
2. น้ำเสียโรงชุบโลหะที่มีโซลยไนต์

นำน้ำเสียตัวอย่างทั้ง 2 ประเภท มาวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณโลหะหนักที่คาดว่า มีในน้ำเสีย เช่น โครเมียม, นิกเกิล, ทองแดง, แมงกานีส, สังกะสี, ตะกั่ว, เหล็ก, และ แคดเมียม โดยวิธีวิเคราะห์ Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)

ผลการวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียโรงชุบโลหะทั้ง 2 ประเภท แสดงใน ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์โดย AAS พบว่า

1. ตัวอย่างน้ำเสียโรงชุบโลหะที่ไม่มีโซลยไนต์ (ค่าพีเอชวัดได้ 6.1) มีปริมาณโลหะหนัก โครเมียม 337.5 มก./ลบ.คม., นิกเกิล 213.4 มก./ลบ.คม., มีเหล็กสูงถึง 1595 มก./ลบ.คม. และโลหะหนักอื่น ๆ น้ำเสียตัวอย่างนี้มีโลหะหนักรวมทั้งสิ้น 2349.8 มก./ลบ.คม. น้ำเสียมีตะกอนสีส้มคล้ายสีสนิมเหล็กประมาณ 3 ใน 4 ของปริมาตรทั้งหมด

เมื่อทำการคำนวณหาปริมาณ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิล ในกรณีที่น้ำเสียมีแต่โครเมียมและนิกเกิลเท่านั้น โดยใช้อัตราส่วนโมลที่เหมาะสมจากหัวข้อ 4.4 ได้ปริมาณ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ เท่ากับ 111.28 กรัม คือน้ำเสียปริมาตร 1000 ลูกบาศก์เดซิเมตร

2. ตัวอย่างน้ำเสียโรงชุบโลหะที่มีโซลยไนต์ (ค่าพีเอชวัดได้ 3.4) มีปริมาณโลหะหนัก โครเมียม 42.5 มก./ลบ.คม., นิกเกิล 19.3 มก./ลบ.คม., มีสังกะสีสูงถึง 296.3 มก./ลบ.คม., มีเหล็ก 181.0 มก./ลบ.คม. และโลหะหนักอื่น ๆ น้ำเสียตัวอย่างนี้มีโลหะหนักรวมทั้งสิ้น 361.9 มก./ลบ.คม. ตัวอย่างน้ำเสียมีสีเขียวขุ่น

เมื่อทำการคำนวณหาปริมาณ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิล ในกรณีที่น้ำเสียมีแต่โครเมียมและนิกเกิลเท่านั้น โดยใช้อัตราส่วนโมลที่เหมาะสมจากหัวข้อ 4.4 ได้ปริมาณ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ เท่ากับ 54.84 กรัม คือน้ำเสียปริมาตร 1000 ลูกบาศก์เดซิเมตร

ตารางที่ 4.9 ชนิดและปริมาณโลหะหนัก ในน้ำเสียโรงชุบโลหะหนักที่มีโซดาไนด์ และน้ำเสียโรงชุบโลหะหนักที่ไม่มีโซดาไนด์ เก็บจากศูนย์บริการกำจัดกาก

โลหะหนัก	น้ำเสียที่ไม่มีโซดาไนด์	น้ำเสียที่มีโซดาไนด์
	มก./ลบ.คม.	มก./ลบ.คม.
โครเมียม	337.5	42.5
นิกเกิล	213.4	19.3
ทองแดง	25.0	19.6
แมงกานีส	5.7	3.1
สังกะสี	171.3	296.3
ตะกั่ว	1.9	0
เหล็ก	1595.3	181.0
แคดเมียม	0	0
รวม	2349.8	561.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6 การศึกษาการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียโรงชุบโลหะหนักที่เก็บจากศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม (ไม่มีโซธานีน)

การศึกษาการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียโรงชุบโลหะหนักที่ไม่มีโซธานีน โดยใช้เงื่อนไขที่เหมาะสมจาก ข้อ 4.3 คือ เงื่อนไขที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และใช้อัตราส่วนโมลที่เหมาะสมจาก ข้อ 4.4 ในการคำนวณหาปริมาณ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (กรัม) ที่เหมาะสมในการกำจัด โครเมียม 337.5 มก./ลบ.คม. และนิกเกิล 213.4 มก./ลบ.คม. คือ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 111.28 กรัม ค่อน้ำเสีย 1000 มิลลิลิตร

แต่น้ำเสียตัวอย่างนี้มีโลหะหนักอื่น ๆ นอกเหนือจาก โครเมียมและ นิกเกิล เช่น ทองแดง, แมงกานีส, สังกะสี, ตะกั่ว, เหล็ก รวมมีโลหะหนักทั้งสิ้น 2349.8 มก./ลบ.คม. ทำให้ไม่สามารถใช้ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 111.28 กรัม ค่อน้ำเสีย 1000 มิลลิลิตร ในการกำจัด น้ำเสียดังกล่าว เนื่องจากกระบวนการเพอร์ไรท์สามารถกำจัดโลหะหนักที่กล่าวมาได้ทุกตัว

จึงทดลองหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียตัวอย่างนี้ โดยให้ปริมาณ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ คงที่ คือ 14.4 กรัม และทำการแปรปริมาณน้ำเสียโรงชุบโลหะหนัก โดยใช้ ปริมาณน้ำเสีย 20, 25, 30, 35, 40, 50 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับน้ำกลั่นจนปริมาณ เป็น 800 มิลลิลิตร ทำการทดลองกำจัดน้ำเสียที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำการทดลองกำจัดซ้ำ 3 ครั้งและเฉลี่ยค่าที่ทดลอง ผลการทดลองสรุปในตารางที่ 4.10

จากผลการทดลอง พบว่า ตะกอนเพอร์ไรท์เกิดได้ดีเมื่อนำน้ำเสียมา 20 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่นทำให้มีปริมาตร 800 มิลลิลิตร ใช้ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม เมื่อนำมา คำนวณหาอัตราส่วนโมลที่พอเหมาะที่สุดกับตัวอย่างน้ำเสียตัวอย่างนี้ มีค่าดังนี้

$$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 2.51 \times 10^{-3} \quad \text{และ} \quad \text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.4 \times 10^{-3}$$

อัตราส่วนโมลในน้ำเสียโรงชุบโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ เกิดจากการ ที่มีโลหะหนักตัวอื่นปนมาด้วยทำให้ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม เกิดตะกอนเพอร์ไรท์กับโลหะหนัก ตัวอื่นด้วย ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม 100 % ประสิทธิภาพในการกำจัดนิกเกิล 100 % ตะกอนที่ได้มีความเป็นสารแม่เหล็กด้วยดังปรากฏในพีค X-ray Diffraction Patterns รูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 ตัวอย่างผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า ORP ที่อัตราส่วนโมล ดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 4.11 รูปที่ 4.15

ตารางที่ 4.10 สรุปผลการศึกษาอัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total}$ และ $Ni^{2+}/Iron_{total}$ ที่พอเหมาะในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิล
 ในน้ำเสียโรงชุบโลหะที่ไม่มีโซเดียมด้วยกระบวนการเพอร์ไรท์ พีเอช 10, อุณหภูมิ 70° ซ, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 14.4 gm

น้ำเสีย (ml)	ความเข้มข้น (มก./ลบ.คม.)				ประสิทธิภาพ		อัตราส่วนโมล ($\times 10^{-3}$)		สี	ลักษณะ	ความสูง ของพีคใน X-ray	ORP (มิลลิโวลต์)	เวลาดักเก็บ (นาที)
	ก่อนกำจัด		หลังกำจัด		การกำจัด(%)		$Cr^{3+}/$	$Ni^{2+}/$					
	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	$Iron_{total}$	$Iron_{total}$					
20	6.75	4.27	0	0	100	100	2.51	1.40	ดำ	หนัก	1.1	-705 ถึง -350	16
25	8.44	5.34	.05	0	99.41	100	3.13	1.75	ดำ	เบา	0.9	-800 ถึง -280	16
30	10.12	6.40	.10	.09	99.01	98.59	3.76	2.11	ดำ	เบา	0.9	-548 ถึง -310	13
35	11.81	7.47	.10	.22	99.15	97.05	4.39	2.46	น้ำตาล	เบา	0.9	-490 ถึง -335	17
40	13.50	8.54	.15	.22	98.89	97.42	5.01	2.81	น้ำตาล	เบา	0.9	-444 ถึง -250	15
50	16.88	10.67	.25	.49	98.51	95.41	6.27	3.51	น้ำตาล	เบา	0.3	-735 ถึง -190	17

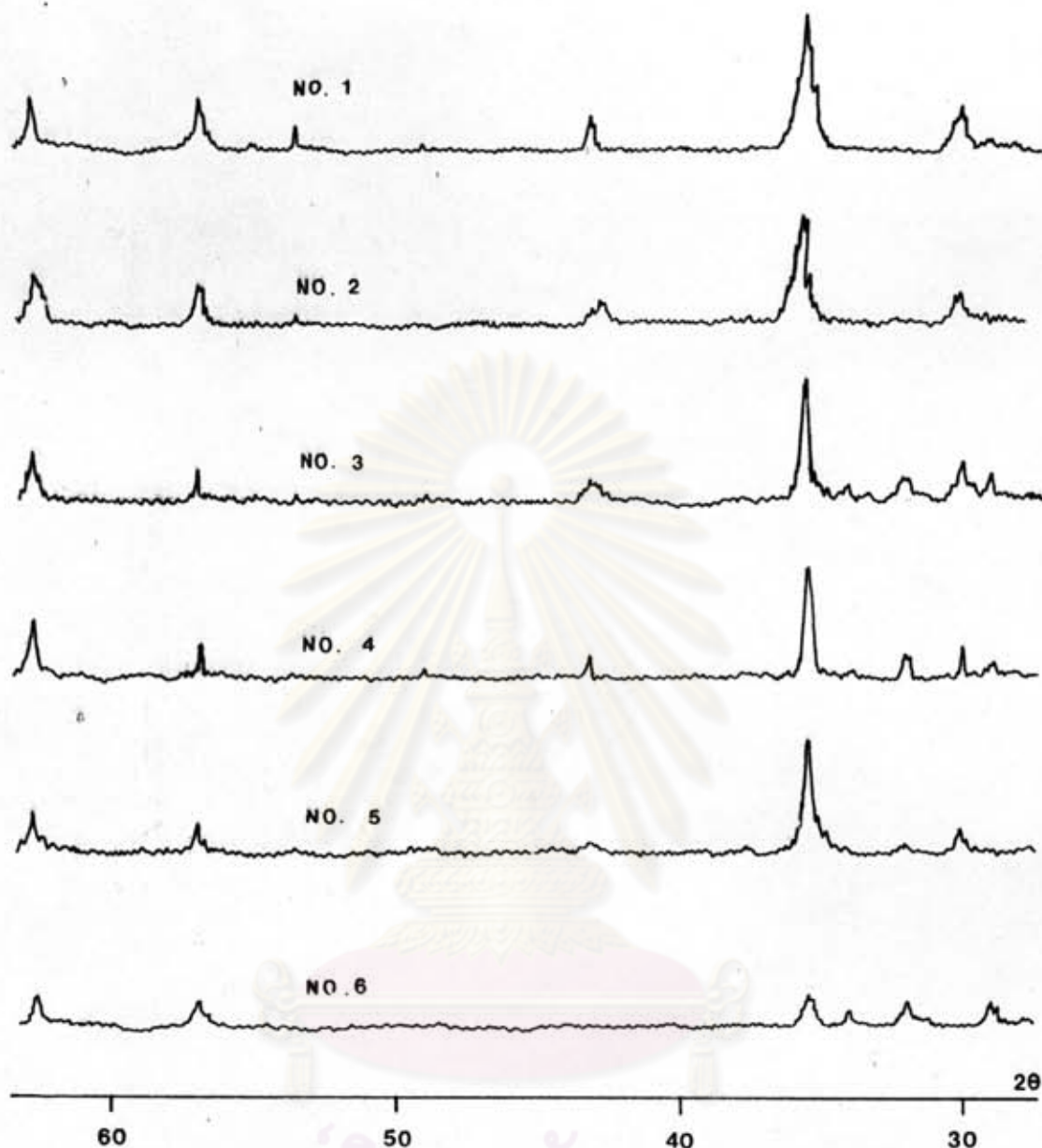
หมายเหตุ เวลาดักเก็บ (retention time) หมายถึง ช่วงเวลาดังกล่าวจุดเริ่มต้นทำปฏิกิริยาจนกระทั่งถึงจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน

ORP

หมายถึง Oxidation Reduction Potential

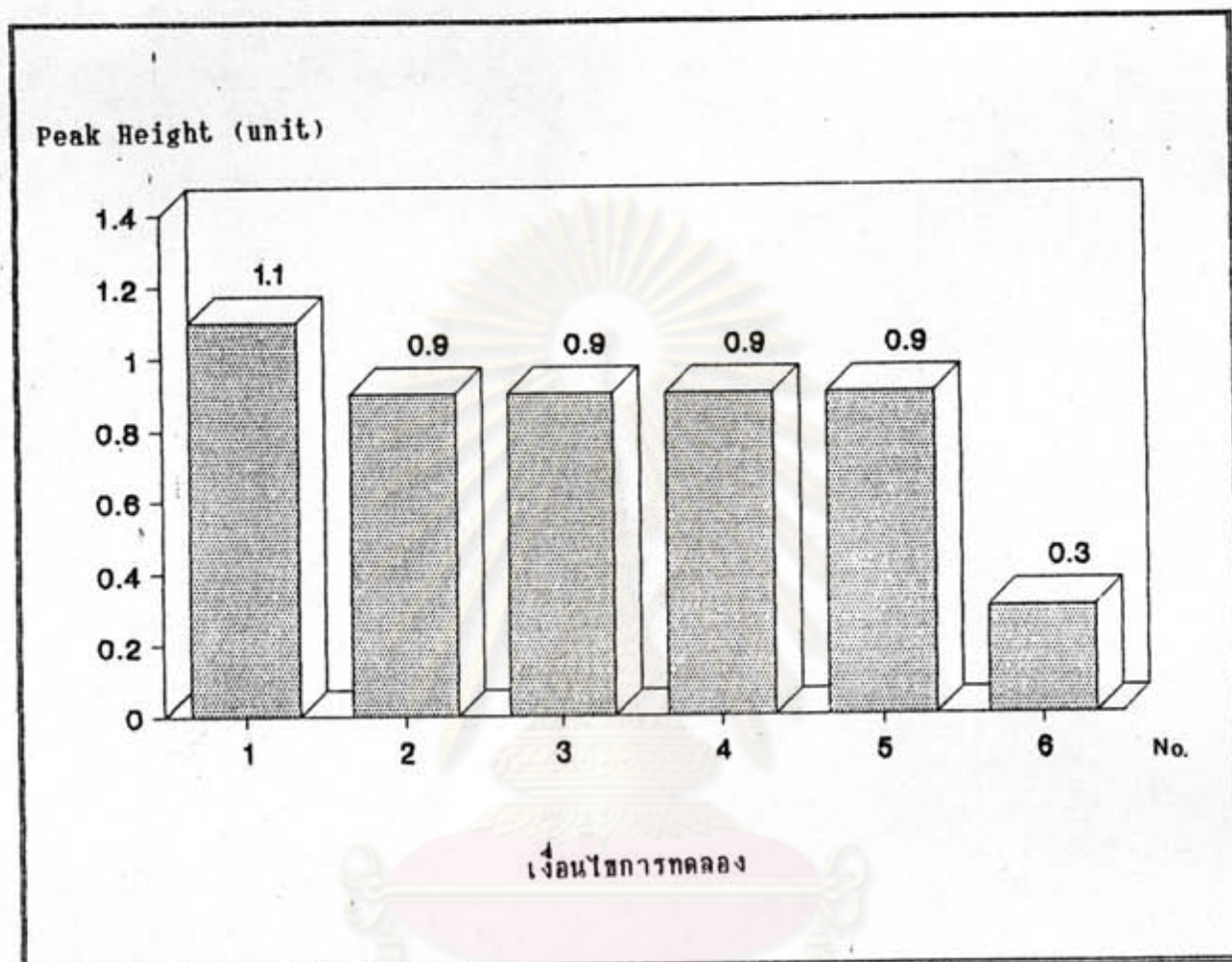
ความสูงของพีคใน X-ray

หมายถึง ความสูงของพีคใน X-ray Diffraction patterns ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$



รูปที่ 4.13 X-ray Diffraction Patterns ของตะกอนจากการกำจัดน้ำเสียที่ไม่มีไซยาไนด์
ที่พีเอช 10 อุณหภูมิ 70° ซ. ที่อัตราส่วนโมลต่าง ๆ

หมายเลข	No.1	;	$Cr^{3+}/Iron_{total}$	=	2.51×10^{-3} ,	$Ni^{2+}/Iron_{total}$	=	1.40×10^{-3}
	No.2	;	$Cr^{3+}/Iron_{total}$	=	3.13×10^{-3} ,	$Ni^{2+}/Iron_{total}$	=	1.75×10^{-3}
	No.3	;	$Cr^{3+}/Iron_{total}$	=	3.76×10^{-3} ,	$Ni^{2+}/Iron_{total}$	=	2.11×10^{-3}
	No.4	;	$Cr^{3+}/Iron_{total}$	=	4.39×10^{-3} ,	$Ni^{2+}/Iron_{total}$	=	2.46×10^{-3}
	No.5	;	$Cr^{3+}/Iron_{total}$	=	5.01×10^{-3} ,	$Ni^{2+}/Iron_{total}$	=	2.81×10^{-3}
	No.6	;	$Cr^{3+}/Iron_{total}$	=	6.27×10^{-3} ,	$Ni^{2+}/Iron_{total}$	=	3.51×10^{-3}

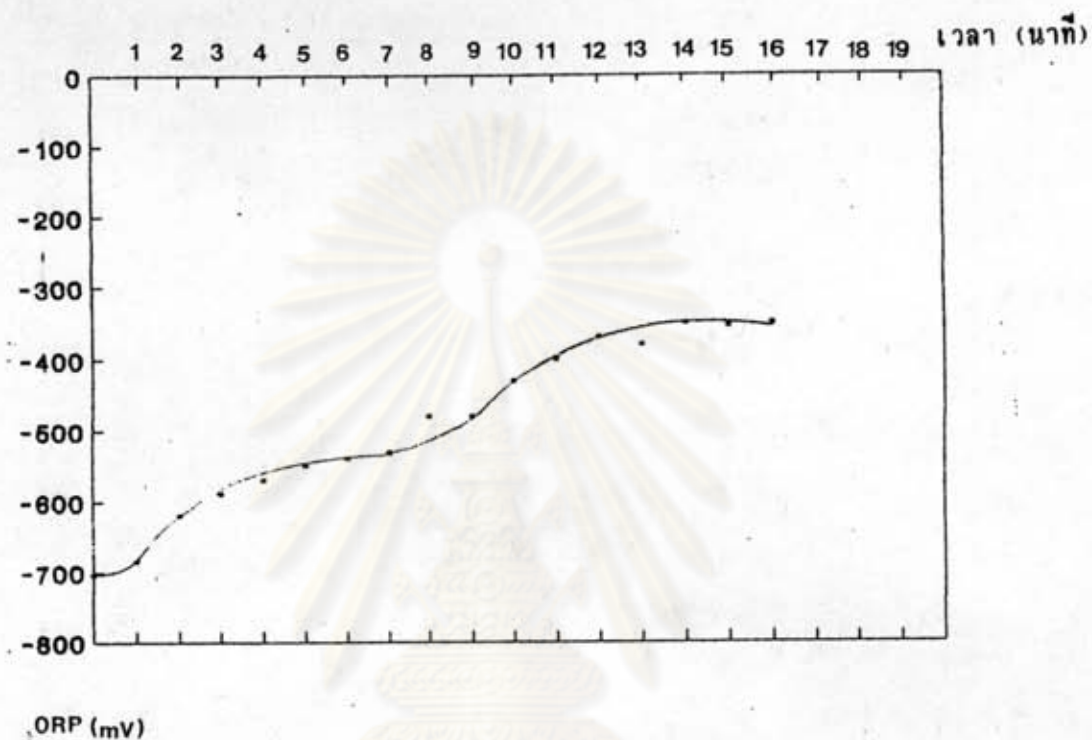


รูปที่ 4.14 ความสูงของ X-ray Diffraction Peak ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$ ของตะกอนจากการกำจัดน้ำเสียที่ไม่มีไซยาไนด์ ที่อัตราส่วนโมลต่าง ๆ

หมายเลข	No.1	;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	2.51×10^{-3} ,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	1.40×10^{-3}
	No.2	;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	3.13×10^{-3} ,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	1.75×10^{-3}
	No.3	;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	3.76×10^{-3} ,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	2.11×10^{-3}
	No.4	;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	4.39×10^{-3} ,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	2.46×10^{-3}
	No.5	;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	5.01×10^{-3} ,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	2.81×10^{-3}
	No.6	;	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	6.27×10^{-3} ,	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	=	3.51×10^{-3}

ตารางที่ 4.11 การเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
น้ำเสียจากโรงชุบโลหะที่ไม่ปนเปื้อนด้วยไซยาไนด์โดยใช้น้ำเสียมา
20 มิลลิลิตร ที่พีเอช 10, อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส,
 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม

Time (min)	ORP (mV)	pH
0	-705	10.30
1	-685	10.30
2	-620	10.29
3	-590	10.26
4	-570	10.26
5	-550	10.26
6	-540	10.25
7	-530	10.25
8	-480	10.24
9	-480	10.23
10	-430	10.20
11	-400	10.18
12	-370	10.17
13	-380	10.17
14	-350	10.16
15	-355	10.16
16	-350	10.16



รูปที่ 4.15 แสดง การเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการทำจืด
น้ำเสียโรงชุบโลหะที่ไม่มีไซยาไนด์ 20 มิลลิลิตร $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม.

หมายเหตุ $\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 2.51 \times 10^{-3}$, $\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.4 \times 10^{-3}$

4.7 การศึกษาการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียโรงชุบโลหะหนักที่เก็บจากศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม (มีโซนาไนต์)

การศึกษาการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลในน้ำเสียโรงชุบโลหะที่มีโซนาไนต์ โดยใช้เงื่อนไขที่เหมาะสมจาก ข้อ 4.3 คือ เงื่อนไขที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และใช้อัตราส่วนโมลที่เหมาะสมจาก ข้อ 4.4 ในการคำนวณหาปริมาณ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (กรัม) ที่เหมาะสมในการกำจัด โครเมียม 42.5 มก./ลบ.คม. และนิกเกิล 19.3 มก./ลบ.คม. คือ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 54.84 กรัม ค่อน้ำเสีย 1000 มิลลิลิตร

แต่น้ำเสียตัวอย่างนี้มีโลหะหนักอื่น ๆ นอกเหนือจาก โครเมียมและ นิกเกิล เช่น ทองแดง, แมงกานีส, สังกะสี, ตะกั่ว, เหล็ก รวมมีโลหะหนักทั้งสิ้น 561.9 มก./ลบ.คม. ทำให้ไม่สามารถใช้ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 54.84 กรัม ค่อน้ำเสีย 1000 มิลลิลิตร ในการกำจัดน้ำเสียดังกล่าว เนื่องจากกระบวนการเฟอร์ไรท์สามารถกำจัดโลหะหนักที่กล่าวมาได้ทุกตัว

จึงทดลองหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียตัวอย่างนี้ โดยใช้ปริมาณ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ คงที่ คือ 14.4 กรัม และทำการแปรปริมาณน้ำเสียโรงชุบโลหะหนัก โดยใช้ปริมาณน้ำเสีย 120, 125, 150, 175, 200 มิลลิลิตร เปรียบเทียบกับน้ำกลั่นจนปริมาตรเป็น 800 มิลลิลิตร ทำการทดลองกำจัดน้ำเสียที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทำการทดลองกำจัดซ้ำ 3 ครั้งและเฉลี่ยค่าที่ทดลอง ผลการทดลองสรุปในตารางที่ 4.12

จากผลการทดลอง พบว่า ตะกอนเฟอร์ไรท์เกิดได้ดีเมื่อนำน้ำเสียมา 120 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่นทำให้มีปริมาตร 800 มิลลิลิตร ใช้ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม เมื่อนำมาคำนวณหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมที่สุดกับตัวอย่างน้ำเสียตัวอย่างนี้ มีค่าดังนี้

$$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.8 \times 10^{-3} \quad \text{และ} \quad \text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.76 \times 10^{-3}$$

อัตราส่วนโมลในน้ำเสียโรงชุบโลหะหนักมีค่าต่ำกว่าน้ำเสียสังเคราะห์ เกิดจากการที่มีโลหะหนักตัวอื่นปนมาด้วยทำให้ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม เกิดตะกอนเฟอร์ไรท์กับโลหะหนักตัวอื่นด้วย ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม 100 % ประสิทธิภาพในการกำจัดนิกเกิล 98.27 % ตะกอนที่ได้มีความเป็นสารแม่เหล็กด้วยดังปรากฏในพีค X-ray Diffraction Patterns รูปที่ 4.16 และรูปที่ 4.17 ตัวอย่างผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่า ORP ที่อัตราส่วนโมลดังกล่าวแสดงไว้ในตารางที่ 4.13 รูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.12 สรุปผลการศึกษาอัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total}$ และ $Ni^{2+}/Iron_{total}$ ที่พอเหมาะในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิล
 ในน้ำเสียโรงชุบโลหะที่มีไซยาไนด์ด้วยกระบวนการเฟอร์ไรท์ พีเอช 10, อุณหภูมิ 70° ซ, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 14.4 กรัม

น้ำเสีย (ml)	ความเข้มข้น (มก./ลบ.คม.)				ประสิทธิภาพ		อัตราส่วนโมล ($\times 10^{-3}$)		สี	ลักษณะตะกอน	ความสูง ของพีคใน X-ray	ORP (มิลลิโวลต์)	เวลาดักเก็บ (นาที)
	ก่อนกำจัด		หลังกำจัด		การกำจัด(%)		$Cr^{3+}/$	$Ni^{2+}/$					
	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	Cr^{3+}	Ni^{2+}	$Iron_{total}$	$Iron_{total}$					
120	5.10	2.31	0	.04	100	98.27	1.87	.76	ดำ	หนัก	1.1	-610 ถึง -154	16
125	5.31	2.41	0	.13	100	94.60	1.97	.79	ดำ	หนัก	0.9	-622 ถึง -142	15
150	6.38	2.89	0	.18	100	93.77	2.37	.95	ดำ	เบา	0.9	-452 ถึง -141	19
175	7.44	3.37	0	.20	100	94.07	2.76	1.11	น้ำตาล	เบา	0.9	-425 ถึง -120	19
200	8.50	3.85	0	.27	100	92.99	3.16	1.27	น้ำตาล	เบา	0.9	-685 ถึง -151	19



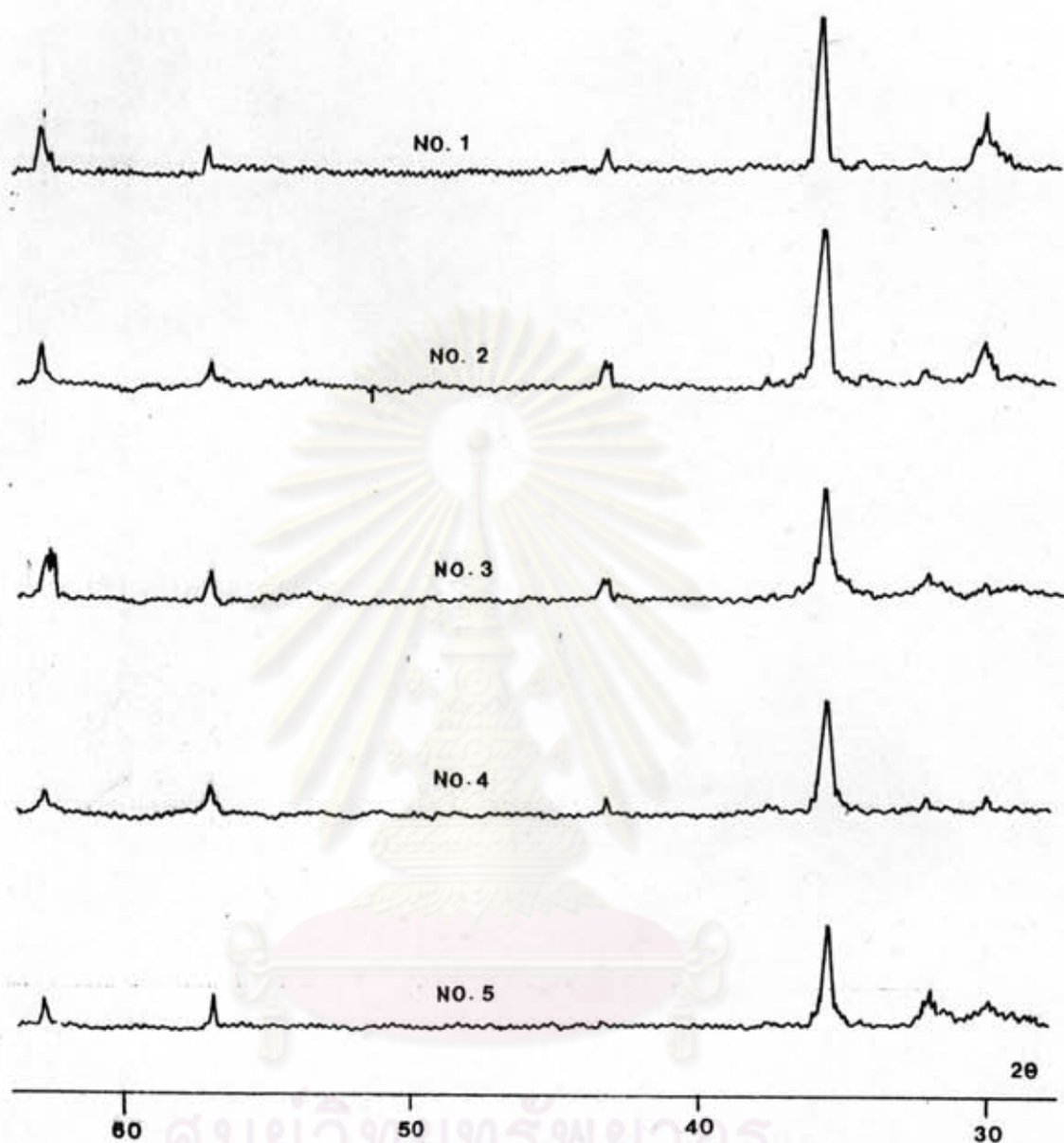
หมายเหตุ เวลาดักเก็บ (retention time) หมายถึง ช่วงเวลาตั้งแต่จุดเริ่มต้นทำปฏิกิริยาจนกระทั่งถึงจุดที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน

ORP

หมายถึง Oxidation Reduction Potential

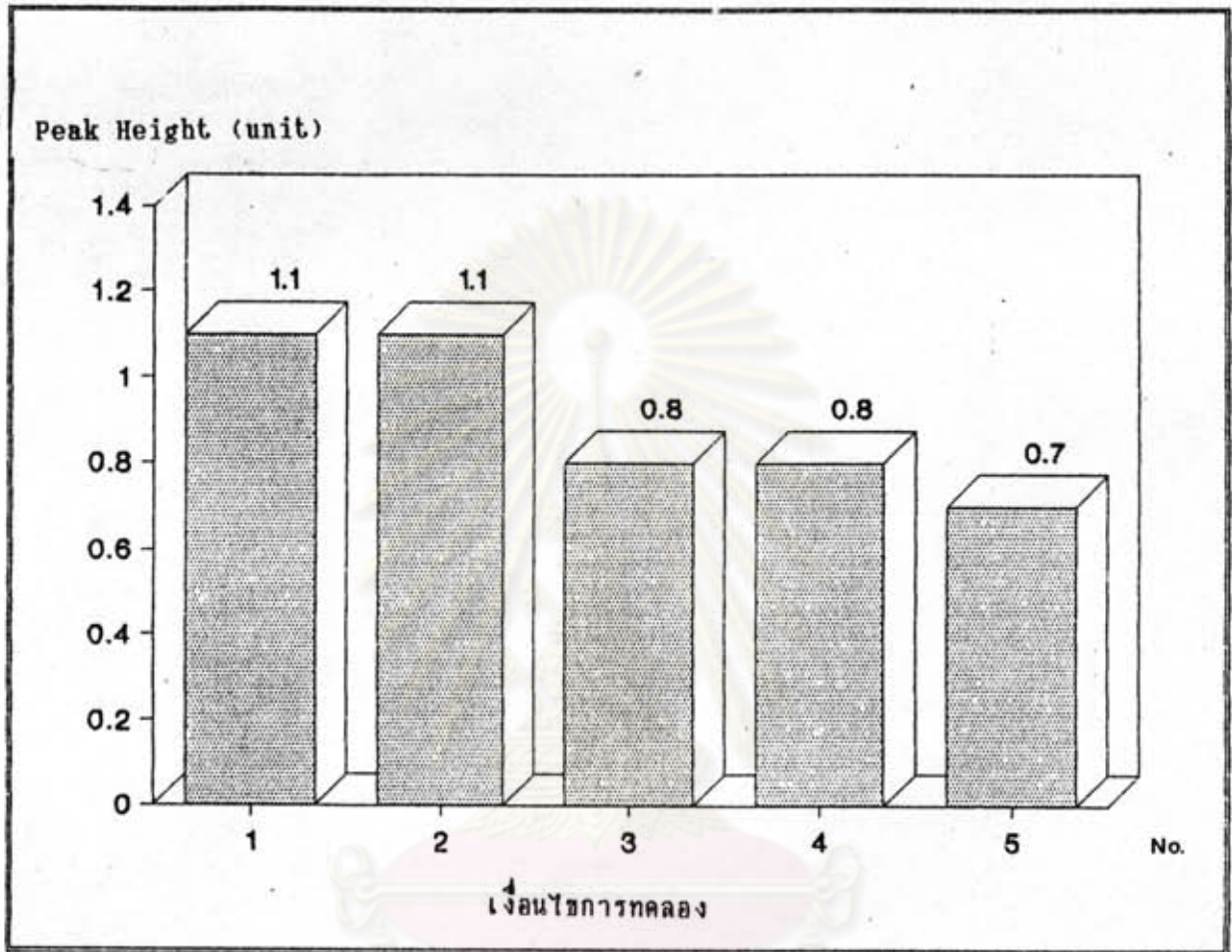
ความสูงของพีคใน X-ray

หมายถึง ความสูงของพีคใน X-ray Diffraction patterns ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$



รูปที่ 4.16 X-ray Diffraction Patterns ของตะกอนจากการกำจัดน้ำเสียที่มีโซดาในด
ที่พีเอช 10 อุณหภูมิ 70° ซี. ที่อัตราส่วนโมลต่าง ๆ

หมายเลข	No.1	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	$= 1.87 \times 10^{-3}$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	$= 0.76 \times 10^{-3}$
	No.2	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	$= 1.97 \times 10^{-3}$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	$= 0.79 \times 10^{-3}$
	No.3	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	$= 2.37 \times 10^{-3}$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	$= 0.95 \times 10^{-3}$
	No.4	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	$= 2.76 \times 10^{-3}$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	$= 1.11 \times 10^{-3}$
	No.5	$\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	$= 3.16 \times 10^{-3}$	$\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}}$	$= 1.27 \times 10^{-3}$

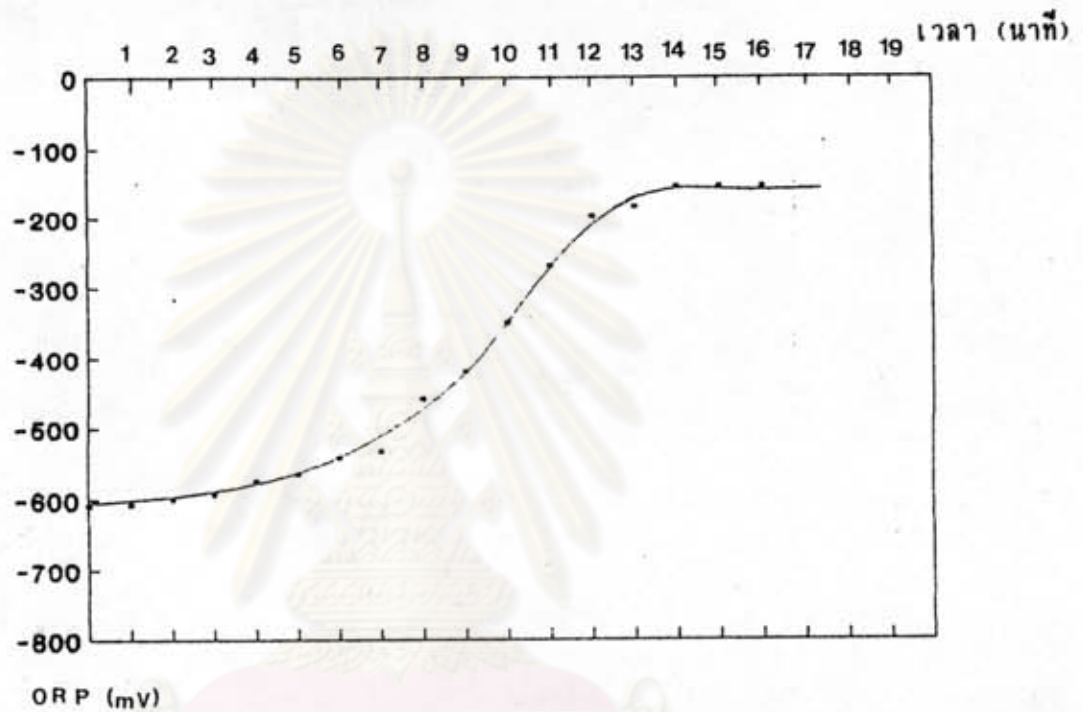


รูปที่ 4.17 ความสูงของ X-ray Diffraction Peak ที่ตำแหน่ง $2\theta = 35.4$
ของตะกอนจากการกำจัดน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ ที่อัตราส่วนโมลต่าง ๆ

หมายเหตุ No.1 ; $\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.87 \times 10^{-3}$, $\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.76 \times 10^{-3}$
 No.2 ; $\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.97 \times 10^{-3}$, $\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.79 \times 10^{-3}$
 No.3 ; $\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 2.37 \times 10^{-3}$, $\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.95 \times 10^{-3}$
 No.4 ; $\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 2.76 \times 10^{-3}$, $\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.11 \times 10^{-3}$
 No.5 ; $\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 3.16 \times 10^{-3}$, $\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.27 \times 10^{-3}$

ตารางที่ 4.13 การเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
น้ำเสียจากโรงชุบโลหะที่ปนเปื้อนด้วยไซยาไนด์ โดยนำน้ำเสียมา
120 มิลลิลิตร ที่พีเอช 10, อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส,
 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม

Time (min)	ORP (mV)	pH
0	-610	10.15
1	-608	10.15
2	-600	10.15
3	-595	10.12
4	-575	10.10
5	-565	10.10
6	-542	10.07
7	-533	10.05
8	-460	10.00
9	-420	10.01
10	-350	10.01
11	-270	9.95
12	-198	9.98
13	-185	9.94
14	-155	9.90
15	-155	9.87
16	-154	9.88



รูปที่ 4.18 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า Oxidation Reduction Potential ของการกำจัด
น้ำเสียโรงชุบโลหะที่มีไซยาไนด์ 120 มิลลิลิตร $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 14.4 กรัม.

หมายเหตุ $\text{Cr}^{3+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 1.8 \times 10^{-3}$, $\text{Ni}^{2+}/\text{Iron}_{\text{total}} = 0.76 \times 10^{-3}$

4.8 การศึกษาความเสถียรของกากตะกอนที่สังเคราะห์ได้จากกระบวนการเฟอร์ไรท์

ผลการศึกษาความเสถียรของกากตะกอนที่สังเคราะห์ได้จากกระบวนการเฟอร์ไรท์วิธี leaching test โดยแปรเงื่อนไขพีเอช 3, 4, 5, 5.8 เวลา 6, 24 ชั่วโมง แสดงในตารางที่ 4.14 และ 4.15

จากตารางที่ 4.14 พบว่าตะกอนเฟอร์ไรท์ที่สังเคราะห์จาก น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีโครเมียมความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร น้ำเสียสังเคราะห์โครเมียมและนิเกิลความเข้มข้น 100 มก./ลบ.คม. : อัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total} = 14.85 \times 10^{-3}$
 น้ำเสียโรงชุบโลหะที่ไม่มีไซยาไนด์ 20 มล. : อัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total} = 2.51 \times 10^{-3}$
 น้ำเสียโรงชุบโลหะที่มีไซยาไนด์ 120 มล. : อัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total} = 1.87 \times 10^{-3}$

ตะกอนเฟอร์ไรท์ที่สังเคราะห์ได้จากอัตราส่วนโมลข้างต้นที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70°C. และกากตะกอนที่ผ่านการกำจัดโลหะหนักโดยวิธีของกรมโรงงาน เก็บจากศูนย์บริการกำจัดกากมีความเสถียรทุกเงื่อนไขที่ทำการทดสอบ leaching test คือตรวจไม่พบโครเมียมในสารละลาย

จากตารางที่ 4.15 พบว่าตะกอนเฟอร์ไรท์ที่สังเคราะห์ที่ พีเอช 10 70°C. จากน้ำเสียโรงชุบโลหะที่ไม่มีไซยาไนด์ 20 มล. : อัตราส่วนโมล $Ni^{2+}/Iron_{total} = 1.4 \times 10^{-3}$
 น้ำเสียโรงชุบโลหะที่มีไซยาไนด์ 120 มล. : อัตราส่วนโมล $Ni^{2+}/Iron_{total} = 0.76 \times 10^{-3}$
 มีความเสถียรทุกเงื่อนไขที่ทำการทดสอบ leaching test คือตรวจไม่พบนิเกิลในสารละลาย น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีนิเกิลความเข้มข้น 100 มก./ลบ.คม. มีความเสถียรที่เวลา 6 ชั่วโมง น้ำเสียสังเคราะห์โครเมียมและนิเกิลความเข้มข้น 100 มก./ลบ.คม. อัตราส่วนโมล $Ni^{2+}/Iron_{total} = 13.14 \times 10^{-3}$ ไม่มีความเสถียรที่เงื่อนไข พีเอช 3 เวลาทดสอบ 24 ชั่วโมง และกากตะกอนที่ผ่านการกำจัดโลหะหนักโดยวิธีของกรมโรงงาน เก็บจากศูนย์บริการกำจัดกากมีความเสถียรที่เวลาในการทดสอบ 6 ชั่วโมง แต่ไม่เสถียรเมื่อทำ leaching test เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กล่าวคือ พบว่ามีนิเกิลละลายออกมา 10 มก./ลบ.คม. ในเวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 4.14 สรุปผลความเข้มข้นของโครเมียม (มก./ลบ.คม.) ภายหลังจากทำ leaching test ของกากตะกอนภายใต้เงื่อนไขต่างๆ

pH	hrs	Cr	Ni+Cr	ศูนย์ฯ	A	B
3	6	0	0	0	0	0
4	6	0	0	0	0	0
5	6	0	0	0	0	0
5.8	6	0	0	0	0	0
3	24	0	0	0	0	0
4	24	0	0	0	0	0
5	24	0	0	0	0	0
5.8	24	0	0	0	0	0

Cr ; กากตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้จากการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์โครเมียม 100 มก./ลบ.คม.

Ni+Cr; กากตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้จากการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลและโครเมียม

อัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total} = 14.85 \times 10^{-3}$, $Ni^{2+}/Iron_{total} = 13.15 \times 10^{-3}$

ศูนย์ฯ; กากตะกอน จากการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยวิธีตกตะกอนของกรมโรงงาน

เก็บจากศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม

A ; กากตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้จากการสังเคราะห์น้ำเสียโรงชุบโลหะที่ไม่มีไซยาไนด์

อัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total} = 2.51 \times 10^{-3}$, $Ni^{2+}/Iron_{total} = 1.4 \times 10^{-3}$

B ; กากตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้จากการสังเคราะห์น้ำเสียโรงชุบโลหะที่มีไซยาไนด์

อัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total} = 1.8 \times 10^{-3}$, $Ni^{2+}/Iron_{total} = 0.76 \times 10^{-3}$

ตารางที่ 4.15 สรุปผลความเข้มข้นของนิกเกิล (มก./ลบ.คม.)

ภายหลังการทำ leaching test ของกากตะกอนภายใต้เงื่อนไขต่างๆ

pH	hrs	Ni	Ni+Cr	ศูนย์ฯ	A	B
3	6	.05	0	0	0	0
4	6	0	0	0	0	0
5	6	0	0	0	0	0
5.8	6	0	0	0	0	0
3	24	.20	10	10	0	0
4	24	.15	0	10	0	0
5	24	.10	0	10	0	0
5.8	24	.10	0	10	0	0

Ni ; กากตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้จากการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิล 100 มก./ลบ.คม.

Ni+Cr; กากตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้จากการกำจัดน้ำเสียสังเคราะห์นิกเกิลและโครเมียม

อัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total} = 14.85 \times 10^{-3}$, $Ni^{2+}/Iron_{total} = 13.15 \times 10^{-3}$

ศูนย์ฯ; กากตะกอน จากการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยวิธีตกตะกอนของกรมโรงงาน

เก็บจากศูนย์บริการกำจัดกากอุตสาหกรรม

A ; กากตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้จากการสังเคราะห์น้ำเสียโรงชุบโลหะที่ไม่มีไซยาไนด์

อัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total} = 2.51 \times 10^{-3}$, $Ni^{2+}/Iron_{total} = 1.4 \times 10^{-3}$

B ; กากตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้จากการสังเคราะห์น้ำเสียโรงชุบโลหะที่มีไซยาไนด์

อัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total} = 1.8 \times 10^{-3}$, $Ni^{2+}/Iron_{total} = 0.76 \times 10^{-3}$