

# ภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนตะกั่วในน้ำเสีย จากโรงงานแบตเตอรี่

## An Optimum Condition For Precipitating Lead From Battery Wastewaters

วีระวัฒน์ เตชะสุนทรโรวาท\*, มนัสกร ราชากรกิจ\*, สร้างสรรค์ กิตติชัยกุลกิจ\* และ ธงชัย พรธณสวัสดิ์\*\*

Weerawat Tachasuntarowart\*, Manaskorn Rachakornkij\*, Sangson Kittichaikulkit\*  
and Thongchai Panswad\*\*

### บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นสรุปผลการศึกษาเกี่ยวกับภาวะที่เหมาะสมในการตกตะกอนตะกั่วในน้ำเสียโรงงานแบตเตอรี่ โดยใช้ปูนขาว, ปูนขาวร่วมกับโพลีเมอร์, ปูนขาวร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์, โซดาไฟ, และโซดาไฟร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์ พารามิเตอร์ที่ใช้ในการควบคุมคือ พีเอชและความเข้มข้นของสารเคมี

ภาวะที่เหมาะสมที่สุดคือการใช้ปูนขาวปรับพีเอชให้ได้ 10.5 ส่วนการเติมโพลีเมอร์ไม่ได้ช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วดีขึ้นเลย และยังทำให้ปริมาตรตะกอนมีมากขึ้นอันเป็นการเพิ่มภาระในการกำจัดต่อไปอีกด้วย

การใช้โซดาไฟเพื่อตกตะกอนตะกั่วให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งนั้น จะต้องปรับพีเอชให้สูงถึง 10.5 แล้วทำการบำบัดด้วยโซเดียมซัลไฟด์ที่ความเข้มข้น 100 มก./ล. เป็นการเพิ่มความยุ่งยากให้กับระบบ และยังให้ประสิทธิภาพการกำจัดสู่การใช้ปูนขาวไม่ได้ ดังนั้นการใช้ปูนขาวจึงมีความเหมาะสมมากกว่า

### ABSTRACT :

Lead is a refractory pollutant and is fatal to life. The wastewater contaminated with lead as discharged from the battery-manufacturing process is not fit for disposal to public water sources. Consequently, treatments are required to lower the lead concentration to meet the MOI Standards before disposal. Many methods are used in the treating of the lead-containing wastewater; and chemical treatment is however mostly used. This study also used this approach of treatment, namely, coagulation and precipitation.

The optimum condition for lead treatment in this study was the lime-addition process to get the final pH of 10.5. Adding polymer is not only unuseful but also troublesome (more sludge volume is produced).

The optimum condition of the caustic soda process requires pH of 10.5 and an addition of 100 mg/l of sodium sulfide. This makes the method more complicated and less efficient. As a result, the lime process is found to be more applicable for this objective.

\* นิสิตชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

\*\* ศาสตราจารย์ ภาควิชาเดียวกัน



## 1. บทนำ

ตะกั่วเป็นสารมลพิษที่ไม่สลายตัวเองตามธรรมชาติ และถูกระบายออกมาเป็นน้ำเสียโดยการชะล้าง ตะกั่วที่ตกค้างจากการผลิตในโรงงานแบตเตอรี่ เนื่องจากการจัดได้ว่าเป็นสารพิษ ถ้าได้รับในปริมาณสูง ก็จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น จึงต้องมีกระบวนการบำบัดน้ำเสียที่มีตะกั่วผสมอยู่ ก่อนที่จะปล่อยทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะต่อไป และการกำจัดตะกั่วโดยวิธีทางเคมีในงานศึกษานี้ใช้กระบวนการ CHEMICAL COAGULATION ผลสมผสานกับกระบวนการ FLOCCULATION และ SEDI-MENTATION

## 2. วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการใช้สารเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจากโรงงานแบตเตอรี่โดยวิธีการตกตะกอนทางเคมี ตลอดจนหาประสิทธิภาพในการกำจัด ซึ่งอาจจะให้ได้ข้อมูลอันสามารถนำไปออกแบบและเดินระบบกำจัดตะกั่วได้อย่างมีประสิทธิภาพ ประหยัดค่าใช้จ่ายแก่โรงงานอุตสาหกรรม เพื่อที่จะได้ลดปัญหาตะกั่วในสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

## 3. ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

### 3.1 การกำจัดตะกั่วโดยใช้ปูนขาว

ตะกั่วในน้ำเสียจะถูกกำจัดออกมาในรูปของตะกั่วไฮดรอกไซด์ ( $Pb(OH)_2$ ) หรือ  $Pb(OH)_4$  ซึ่งเป็นของแข็งที่สามารถแยกออกได้ง่าย รูปที่ 1 แสดงผลของการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียจากโรงงานแบตเตอรี่โดยใช้ปูนขาว จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

ก. เมื่อปรับพีเอชให้สูงขึ้นการตกตะกอนของตะกั่วจะดีขึ้น แต่เมื่อถึงค่าพีเอช 11 การตกตะกอนของตะกั่วจะเริ่มเลวลง

ข. ค่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งคือพีเอช 10 ถึง 10.5

ค. เมื่อปรับพีเอชให้สูงขึ้นค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งจะสูงขึ้นด้วย

### 3.2 การกำจัดตะกั่วโดยใช้ปูนขาวร่วมกับโพลีเมอร์

การใช้โพลีเมอร์เป็น FLOCCULANT AIDS ทำให้อนุภาคของแข็งที่มีขนาดเล็กและแขวนลอยรวมตัวกันเป็นอนุภาคใหญ่ขึ้น และตกตะกอนได้ง่ายขึ้น การทดลองนี้ใช้โพลีเมอร์ที่ความเข้มข้น 0.5 มก./ล. รูปที่ 2 แสดงผลการกำจัดตะกั่วด้วยวิธีดังกล่าวซึ่งสรุปได้ดังนี้

ก. สารโพลีเมอร์ช่วยให้การตกตะกอนของอนุภาคต่าง ๆ ในน้ำเสียดีขึ้น ค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งมีค่าลดลงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียว

ข. สารโพลีเมอร์ไม่ได้ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่ว

ค. ค่าพีเอชที่ให้ผลการกำจัดตะกั่วได้ดีที่สุดคือ พีเอช 10.5 ซึ่งเหมือนกับวิธีใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียว

### 3.3 การกำจัดตะกั่วโดยใช้ปูนขาวร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์

การใช้โซเดียมซัลไฟด์ทำปฏิกิริยากับตะกั่วที่เหลือจากการใช้ปูนขาวตกตะกอนในขั้นแรก เพื่อกำจัดตะกั่วที่เหลือนั้นให้ออกไปในรูปของตะกั่วซัลไฟด์ ( $PbS$ ) ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดเพิ่มขึ้นได้ การทดลองนี้ใช้โซเดียมซัลไฟด์ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ กันคือ 50, 100, 250, 500 และ 1,000 มก./ล. ผลการทดลองแสดงในรูปที่ 3 อันสรุปได้ว่า

ก. ที่พีเอชคงที่ค่าหนึ่ง ผลของความเข้มข้นของโซเดียมซัลไฟด์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วมีรูปแบบที่ไม่แน่นอน ทั้งนี้เนื่องจากน้ำเสียที่ผ่านขบวนการกำจัดด้วยปูนขาวมาแล้ว จะมีปริมาณตะกั่วเหลืออยู่ต่ำ การเติมซัลไฟด์ลงไปเพื่อให้ได้ตะกั่วซัลไฟด์จึงไม่ให้ผลเท่าที่ควรในทางปฏิบัติ

ข. ที่ความเข้มข้นของโซเดียมซัลไฟด์คงที่ค่าหนึ่ง ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วจะสูงขึ้นเมื่อปรับพีเอชให้สูงขึ้นจนถึงค่าพีเอช 10.5 ประสิทธิภาพการกำจัดจะสูงที่สุด และจะเริ่มลดลงเมื่อพีเอชสูงกว่า

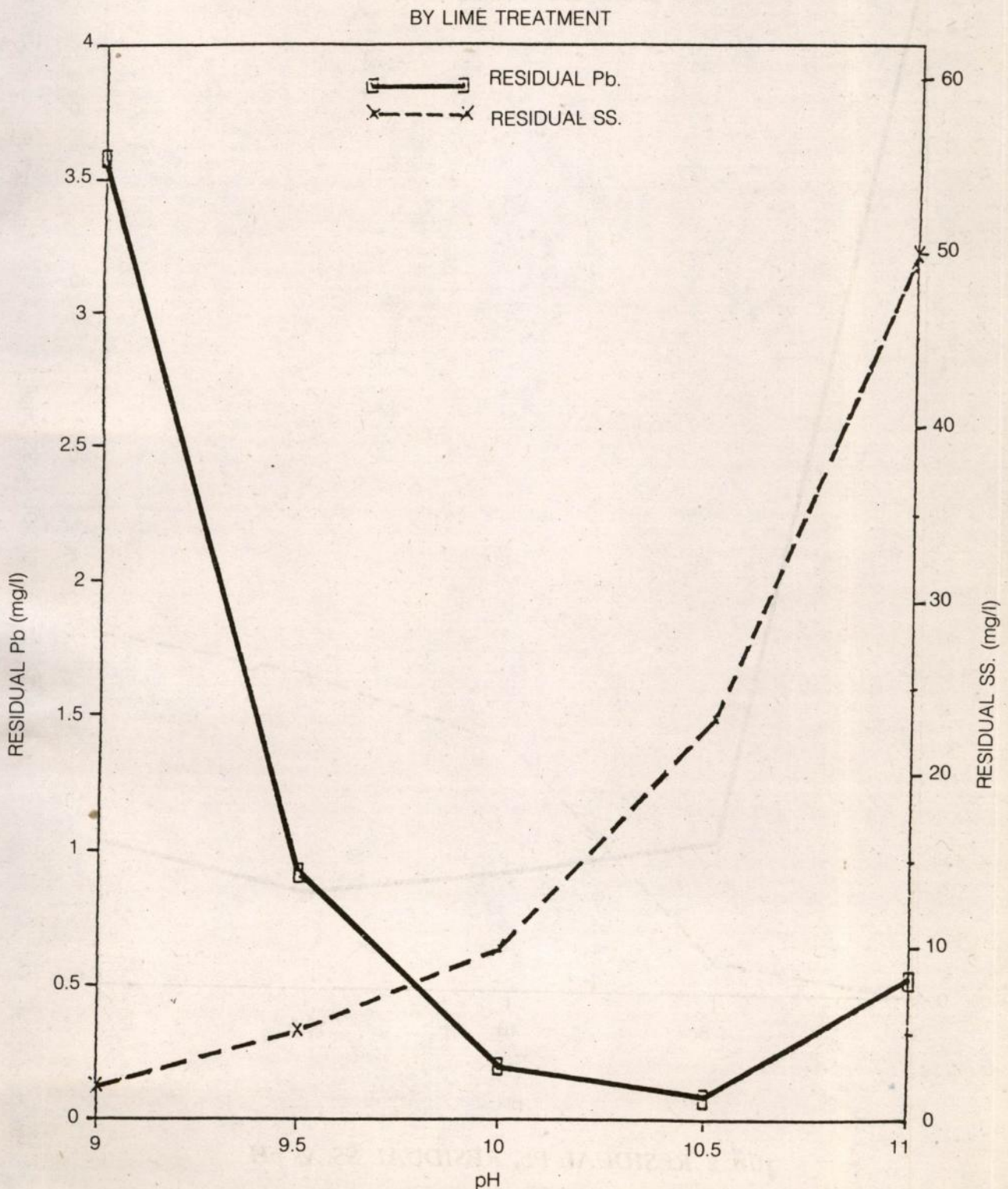


10.5 (ยกเว้นที่ความเข้มข้นของโซเดียมซัลไฟด์ 1,000 มก./ล. ซึ่งพีเอชที่ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงสุดคือ 9.5)

ค. ภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดตะกั่วด้วยวิธีนี้คือที่พีเอช 10.5 และไม่ต้องเติมโซเดียมซัลไฟด์

3.4 เปรียบเทียบผลการกำจัดตะกั่วโดยวิธีใช้ปูนขาว, ปูนขาวร่วมกับโพลีเมอร์ และปูนขาวร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์

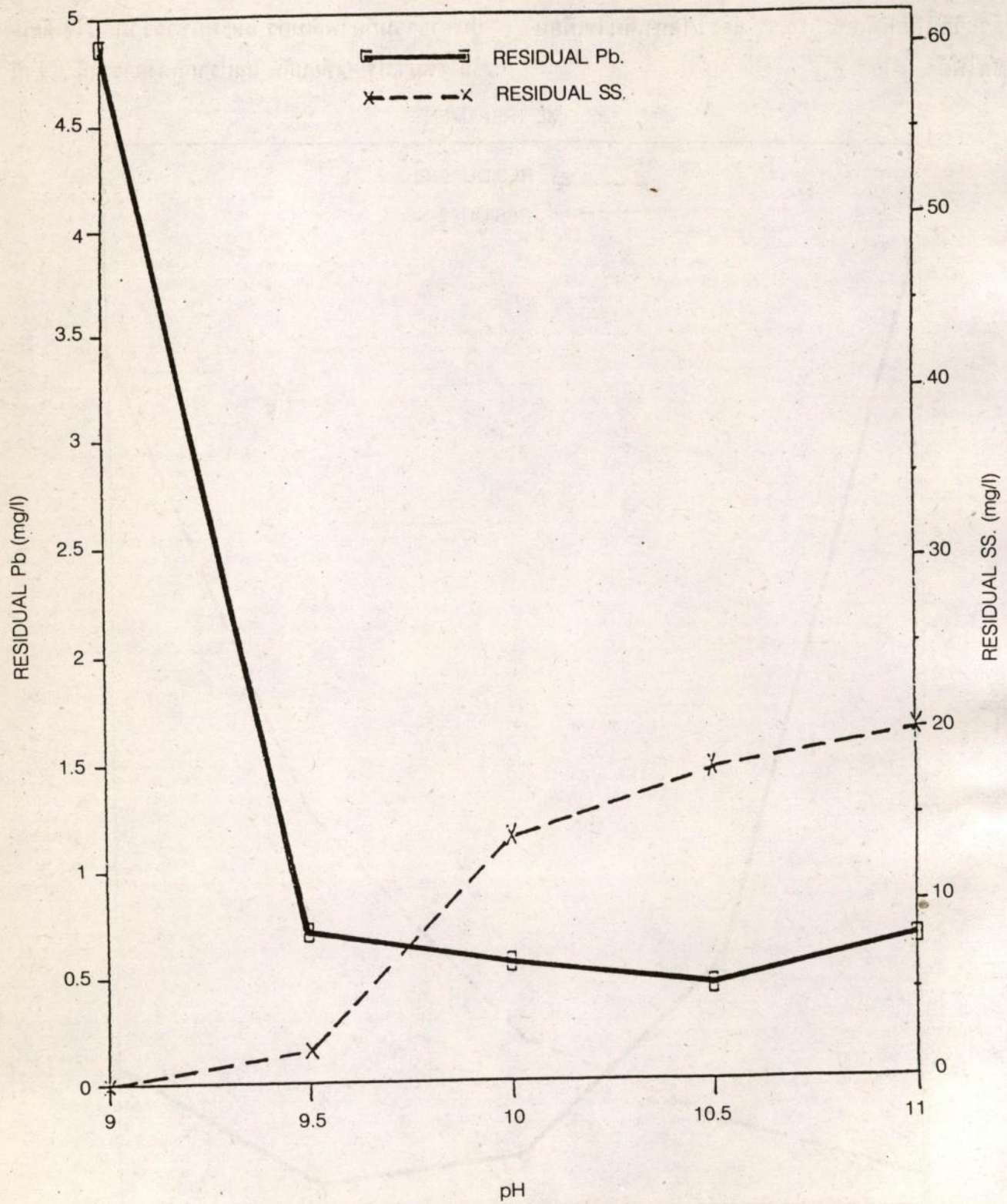
เมื่อนำผลการกำจัดตะกั่วโดยวิธีใช้ปูนขาว, ปูนขาวร่วมกับโพลีเมอร์ และปูนขาวร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์มาเปรียบเทียบกัน ผลปรากฏดังตารางที่ 1 ดังนี้



รูปที่ 1 RESIDUAL Pb, RESIDUAL SS. vs pH



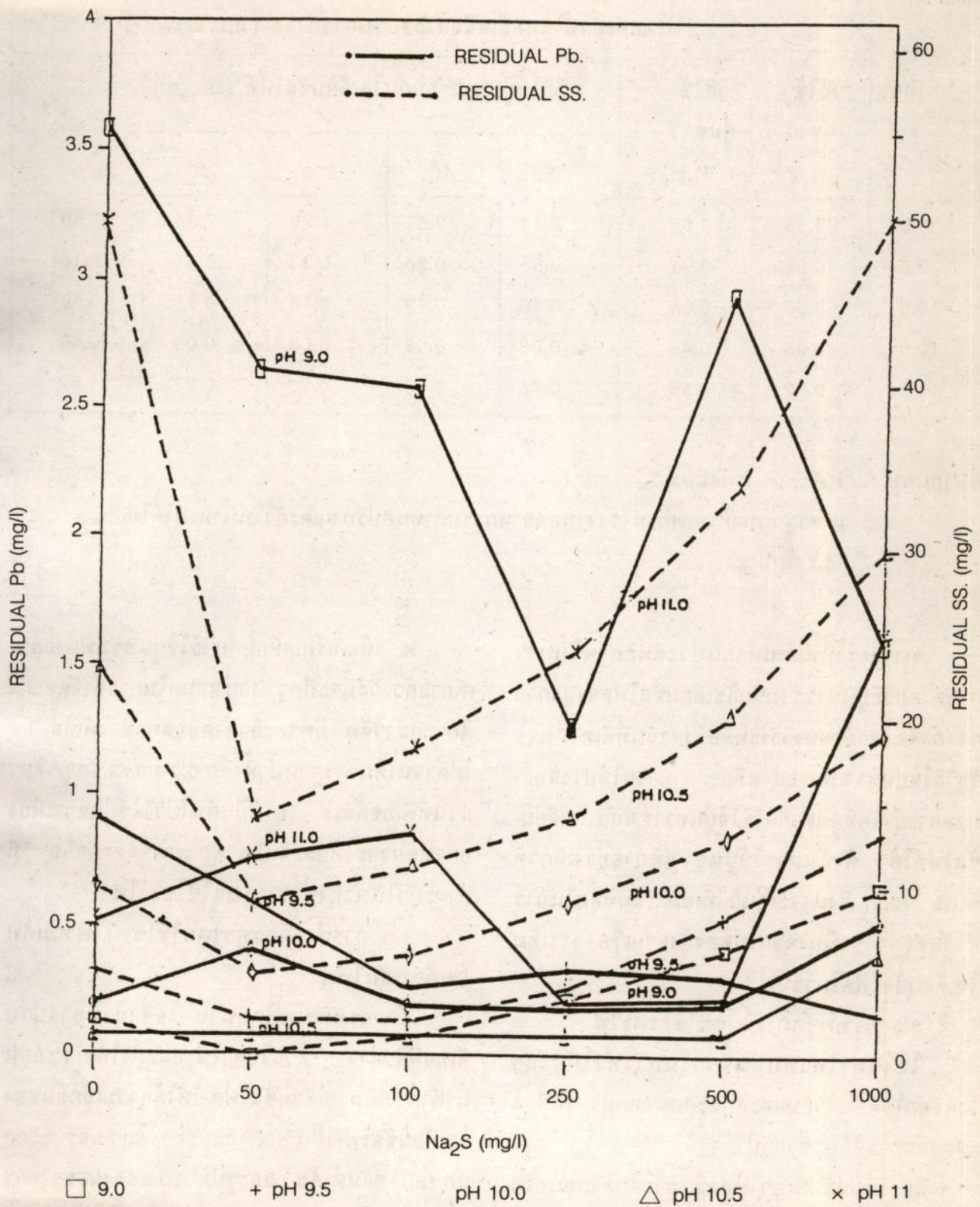
BY LIME AND 1 mg/l POLYMER TREATMENT



รูปที่ 2 RESIDUAL Pb, RESIDUAL SS. vs pH



# BY LIME AND SULFIDE TREATMENT



รูปที่ 3 RESIDUAL Pb, RESIDUAL SS. vs Na<sub>2</sub>S doses at varied pH



ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียโดยวิธีปูนขาว, ปูนขาวร่วมกับโพลีเมอร์ และ ปูนขาวร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์

| พีเอช | ปริมาณตะกั่วทั้งหมดที่เหลือจากขบวนการกำจัด (มก./ล.) |                             |                                             |        |        |        |      |
|-------|-----------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|--------|--------|--------|------|
|       | วิธีใช้<br>ปูนขาว                                   | วิธีใช้<br>ปูนขาว<br>+ P.E. | วิธีใช้ปูนขาวร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์ (มก./ล.) |        |        |        |      |
|       |                                                     |                             | 50                                          | 100    | 250    | 500    | 1000 |
| 9.0   | 3.58                                                | 4.86                        | 2.64                                        | 2.57   | 1.26   | 2.94   | 1.58 |
| 9.5   | 0.92                                                | 0.71                        | 0.58                                        | 0.26   | 0.33   | 0.31   | 0.15 |
| 10.0  | 0.20                                                | 0.56                        | 0.40                                        | 0.19   | 0.18   | 0.21   | 0.52 |
| 10.5  | < 0.08                                              | 0.45                        | < 0.08                                      | < 0.08 | < 0.08 | < 0.08 | 0.40 |
| 11.0  | 0.52                                                | 0.56                        | 0.76                                        | 0.85   | 0.20   | 0.22   | 1.62 |

หมายเหตุ 1. P.E. = โพลีเมอร์

2. มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดปริมาณตะกั่วในน้ำทิ้งมิได้ไม่เกิน 0.2 มก./ล.

จะเห็นว่าที่พีเอชเท่ากันประสิทธิภาพในการกำจัดโดยวิธีปูนขาวร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์จะสูงกว่าการกำจัดโดยอีกสองวิธีที่เหลือ ยกเว้นที่พีเอช 10.5 ซึ่งวิธีใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียวก็สามารถให้ประสิทธิภาพการกำจัดที่สูงเท่ากับวิธีใช้ปูนขาวร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์ได้ ดังนั้นการใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียวที่พีเอช 10.5 จึงน่าจะเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดตะกั่ว เนื่องจากไม่ต้องยุ่งยากเรื่องการเติมโซเดียมซัลไฟด์ในระบบ

### 3.5 การกำจัดตะกั่วโดยใช้โซดาไฟ

ใช้โซดาไฟแทนปูนขาวในการทำให้ตะกั่วไฮดรอกไซด์จับตัวกันและตกตะกอนออกมา รูปที่ 4 แสดงผลการศึกษาซึ่งสรุปได้ว่า

ก. เมื่อปรับพีเอชให้สูงขึ้นการตกตะกอนของตะกั่วจะดีขึ้น และจะเลวลงเมื่อพีเอชสูงถึง 11

ข. ค่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดตะกั่วเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งคือ พีเอช 10.5

ค. เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียวแล้ว วิธีนี้จะมีความสม่ำเสมอในการกำจัดตะกั่วดีกว่ากล่าวคือ มีค่าตะกั่วต่ำตลอดทุกช่วงพีเอช แต่ไม่ต่ำจนได้มาตรฐานน้ำทิ้งคือ 0.2 มก./ล. ลักจุดเดียวส่วนที่พีเอชตั้งแต่ 10 เป็นต้นไปวิธีใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียวจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดดีกว่าคือ มีค่าตะกั่วในน้ำทิ้งต่ำกว่ากรณีใช้โซดาไฟ

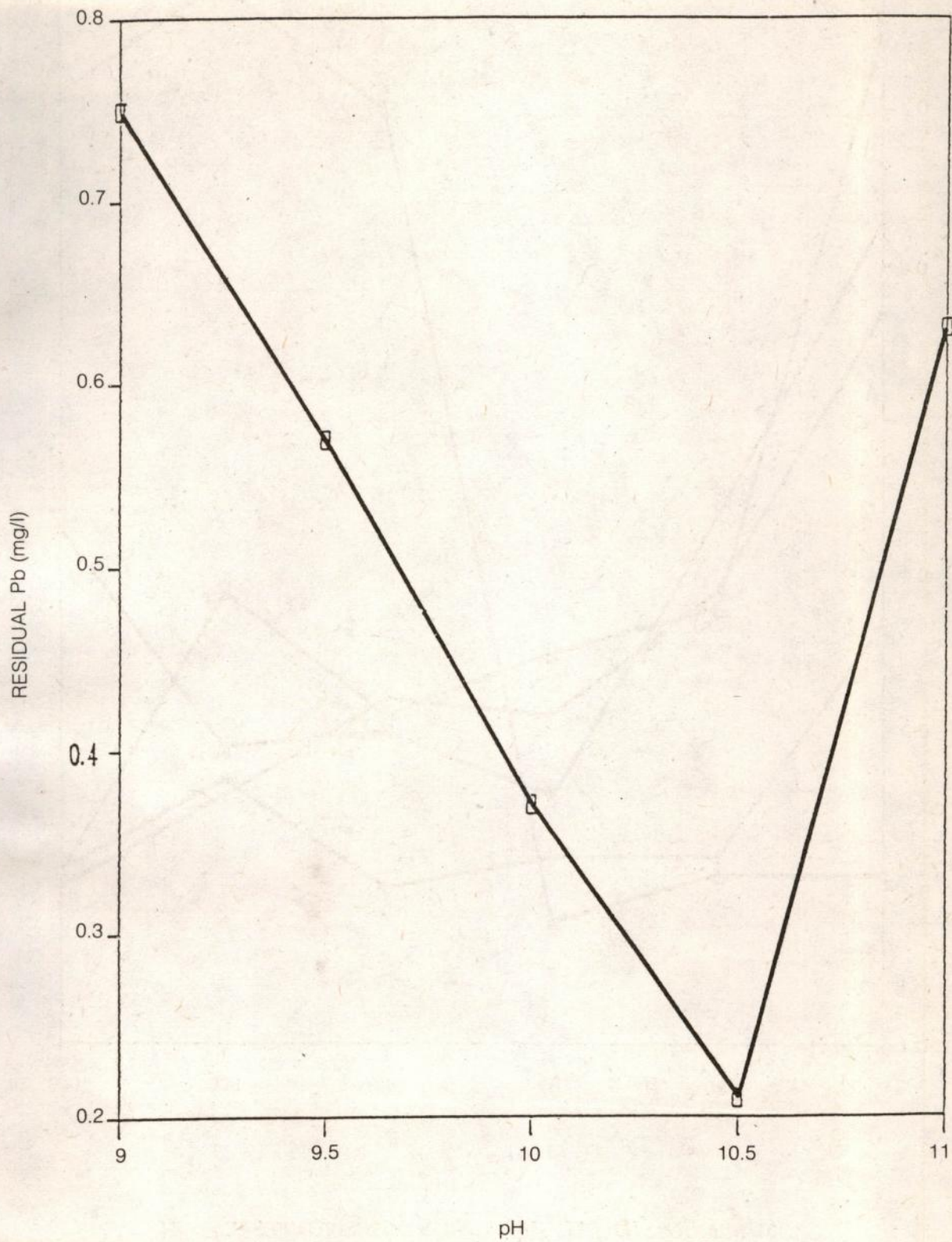
### 3.6 การกำจัดตะกั่วโดยใช้โซดาไฟร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์

ทำการทดลองโดยนำน้ำเสียซึ่งผ่านการปรับพีเอชที่ค่าต่าง ๆ ด้วยโซดาไฟ และทิ้งให้ตกตะกอนมาทำการเติมโซเดียมซัลไฟด์ ให้ได้ความเข้มข้นของโซเดียมซัลไฟด์เป็น 50, 100, 250, 500 และ 1,000 มก./ล. ตามลำดับ และรูปที่ 5 แสดงผลของการกำจัดตะกั่วโดยวิธีการดังกล่าว ซึ่งสรุปได้ดังนี้

ก. ที่พีเอชไม่เกิน 10 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ  $\text{Na}_2\text{S}$

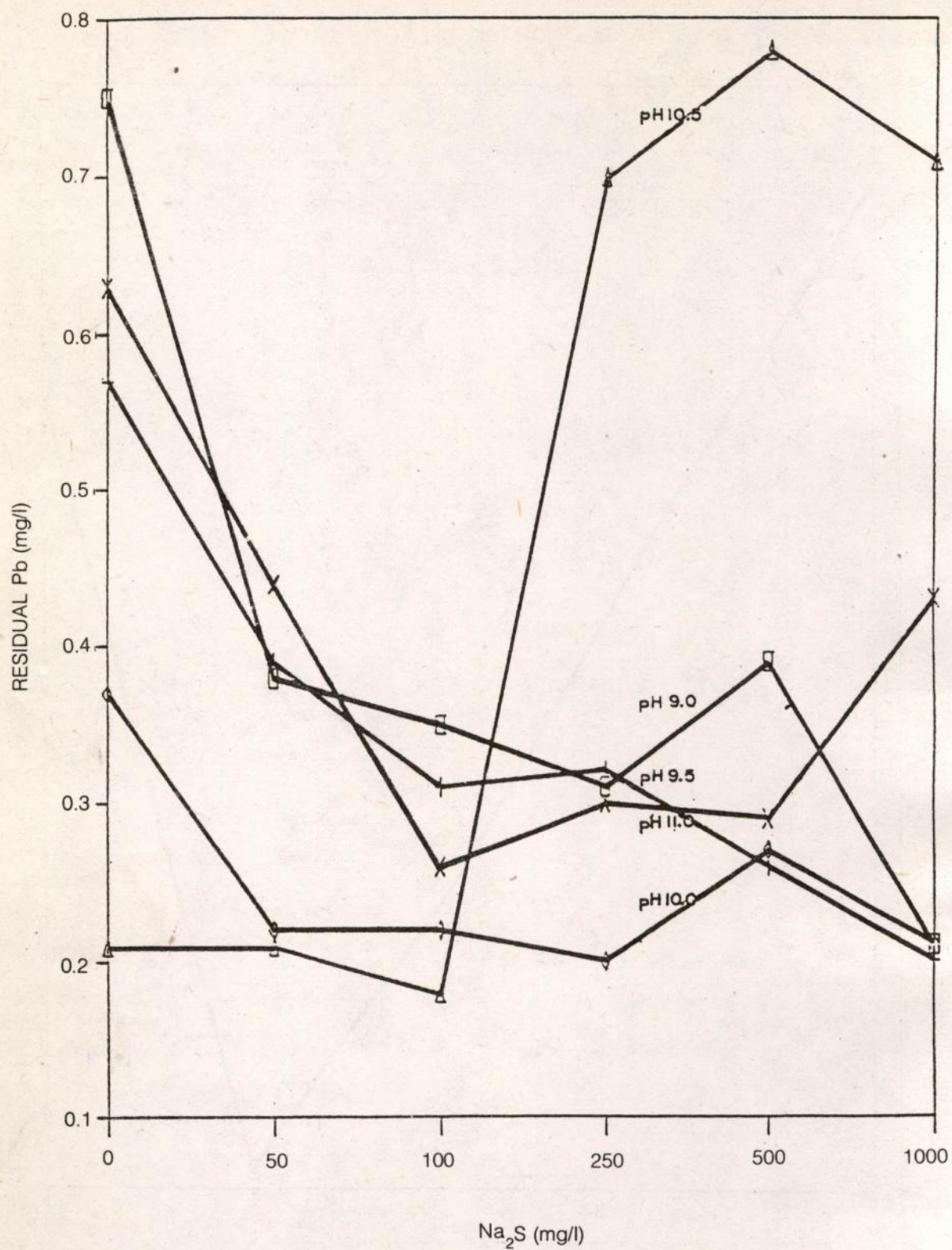


BY NaOH TREATMENT



รูปที่ 4 RESIDUAL TOTAL Pb vs pH





รูปที่ 5. RESIDUAL Pb vs Na<sub>2</sub>S DOSE AT DIFFERENT pH



ข. ที่พีเอชมากกว่า 10 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วจะดีที่สุด ที่ความเข้มข้น  $\text{Na}_2\text{S}$  100 มก./ล. แล้วจะเริ่มลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ  $\text{Na}_2\text{S}$  ขึ้นไปอีก

ค. เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีใช้ปูนขาวร่วมกับโซเดียมซัลไฟด์แล้ว วิธีนี้จะให้ประสิทธิภาพการ

กำจัดดีกว่า ยกเว้นที่พีเอช 10.5 ซึ่งได้ข้อสรุปเป็นไปในทางตรงข้าม

3.7 เปรียบเทียบผลการกำจัดตะกั่วโดยวิธีใช้ปูนขาวและวิธีใช้โซดาไฟเพียงอย่างเดียว

เมื่อนำผลการกำจัดตะกั่วโดยวิธีใช้ปูนขาวเพียงอย่างเดียว และวิธีใช้โซดาไฟเพียงอย่างเดียวมาเปรียบเทียบกัน ผลปรากฏดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลการกำจัดตะกั่วในน้ำเสียโดยวิธีปูนขาวและโซดาไฟ

| พีเอช | ปริมาณตะกั่วทั้งหมดที่เหลือจากขบวนการกำจัด (มก./ล.) |               |
|-------|-----------------------------------------------------|---------------|
|       | วิธีใช้ปูนขาว                                       | วิธีใช้โซดาไฟ |
| 9.0   | 3.58                                                | 0.75          |
| 9.5   | 0.92                                                | 0.57          |
| 10.0  | 0.20                                                | 0.37          |
| 10.5  | < 0.08                                              | 0.21          |
| 11.0  | 0.52                                                | 0.63          |

หมายเหตุ มาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดปริมาณตะกั่วในน้ำทิ้งมิได้ไม่เกิน 0.2 มก./ล.

จะเห็นว่าที่พีเอชต่ำกว่า 10 วิธีใช้โซดาไฟจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดดีกว่า แต่ยังไม่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดไว้ ส่วนวิธีใช้ปูนขาวจะให้ประสิทธิภาพการกำจัดดีกว่า เมื่อพีเอชสูงกว่า 9.5 ขึ้นไปและที่เหมาะสมที่สุดคือพีเอช 10.5

#### 4. บทสรุป

1. ในการกำจัดตะกั่วให้เหลือความเข้มข้นไม่เกิน 0.2 มก./ล.ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกระทรวงอุตสาหกรรมนั้น สามารถทำได้โดยปรับพีเอชให้เป็น 10.0-10.5 ด้วยปูนขาวเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะให้ค่าตะกั่วทั้งหมดที่เหลือจากขบวนการกำจัดเท่ากับ 0.2 และ 0.08 มก./ล. ตามลำดับ

2. การเติมโพลีเมอร์ไม่ได้ช่วยให้ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วดีขึ้นเลย ซ้ำยังทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้วิธีนี้ในการกำจัดตะกั่ว

ในน้ำเสียจากโรงงานแบตเตอรี่

3. ในการใช้โซดาไฟแทนปูนขาว เพื่อตกตะกอนตะกั่วออกจากน้ำเสียให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งนั้น จะต้องปรับพีเอชให้สูงถึง 10.5 แล้วตามด้วยโซเดียมซัลไฟด์ซึ่งเป็นการเพิ่มความยุ่งยากให้กับระบบยิ่งขึ้น และยังให้ประสิทธิภาพการกำจัดการใช้ปูนขาวไม่ได้ ดังนั้นการใช้ปูนขาวจึงมีความเหมาะสมมากกว่า

#### เอกสารอ้างอิง :

1. ธงชัย พรรณสวัสดิ์; คู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้ง, สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525
2. ธงชัย พรรณสวัสดิ์; รายงานการศึกษาเรื่อง "ภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย" บริษัทผาแดงอินดัสตรี จำกัด, 2528
3. สุทธิรักษ์ สุจิตตานนท์, บุญจง ดำรงนิทย์; รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการ "การกำจัดตะกั่วในน้ำเสียโดยระบบแอกติเวตเต็ดสลัดจ์", 2527