

การแยกมลทินเหล็กออกจากดินขาว โดยวิธีผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์¹

สมรรัตน์ วัฒนธรรม¹ และ ชัยรัตน์ สุวรรณประเสริฐ²

บทคัดย่อ สมรรัตน์ วัฒนธรรม และ ชัยรัตน์ สุวรรณ-
ประเสริฐ. 2526. การแยกมลทินเหล็กออกจากดินขาวโดยวิธี
ผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์. ว.สงขลานครินทร์ 5: 119-123.

การชะล้างเหล็กออกจากแร่ดินขาวด้วยการผ่านแก๊สไฮโดรเจน-
ซัลไฟด์ ในสารละลายกรดกำมะถันที่พีเอช 2-4 เป็นการเปลี่ยนเหล็ก
(III) ออกไซด์ ที่มีอยู่ในแร่ให้ออกมาอยู่ในสภาพสารละลายเหล็ก (II)
ซัลเฟต ซึ่งตรวจสอบหาปริมาณด้วยวิธี 1, 10-ฟีแนนโทรีน พบว่าวิธี
การนี้ชะล้างเหล็กได้ดีกว่าการแช่ดินขาวในกรดเกลือเจือจางประมาณ
2 เท่า ประสิทธิภาพการชะล้างที่ดีขึ้นนี้ คาดว่าเกิดจากการที่เหล็ก (II)
ซัลเฟตละลายได้ดีกว่าเหล็ก (III) ซัลเฟต สมดุลเคมีจะเลื่อนไปทาง
ขวา ทำให้ชะล้างเหล็กออกไปได้มากขึ้น ผลจากการล้างดินขาวด้วยวิธีนี้
พบว่าถ้าใช้ออกซิเจนจะแยกเหล็กออกจากดินขาวถึงร้อยละ 76 ของเหล็ก
ที่มีอยู่ แต่ต้องทำซ้ำถึง 37 ครั้ง จากการทดสอบประสิทธิภาพการชะล้าง
พบว่าแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์อัตราเดียวกัน สามารถล้างเหล็กออกจาก
ดินขาวตัวอย่างที่ต่ออนุกรมกันหกตัวอย่าง ได้ดีเท่ากับการชะล้างตัวอย่าง
เดี่ยว ทั้งนี้ได้ทดลองที่อุณหภูมิห้องทั้งสิ้น

ดินขาว (kaolin) หรือ “China Clay” เป็นแร่ตาม
ธรรมชาติจำพวกดิน (clay) ที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น
Kaolinite, $[Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O]$ ดินขาวเป็นวัตถุดิบ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยา-
เขตหาดใหญ่ ประเภทโครงการของนักศึกษา พ.ศ. 2525

Ph.D. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ นักศึกษา
วิชาเอกเคมี ปีที่ 4 พ.ศ. 2525 ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่
รับลงพิมพ์. มีนาคม. 2526.

ที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น เครื่องปั้น
ดินเผา กระดาษ สี ยาง ปูนซีเมนต์ ฯลฯ อุตสาหกรรมเหล่านี้
มีอยู่ในประเทศไทยทั้งสิ้น แหล่งดินขาวในประเทศไทยมี
กระจายอยู่ทั่วไปทุกภาค เช่น จังหวัดเชียงใหม่ พะเยา แพร่
สระบุรี นครราชสีมา ปราจีนบุรี ชลบุรี ตราด ระนอง สุราษฎร์-
ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา นราธิวาส ดินขาวจากแต่ละ
แหล่งมีสมบัติทางกายภาพและเคมีแตกต่างกัน เป็นต้นว่า
ความขาวสว่าง ความทึบแสง ขนาดของเม็ดดิน ความคม
การคงรูป การทนไฟ ความพรุน การดูดซึมน้ำ สีหลังเผา
องค์ประกอบทางเคมี ความมุ่งหมายแรกเริ่มของการวิจัย
โครงการนี้ เน้นที่ประโยชน์ของดินขาวในอุตสาหกรรมกระดาษ
ที่ใช้ดินขาวผสมลงในเยื่อกระดาษ (filler grade) เพื่อช่วย
ให้กระดาษขาว เรียบ ดูดหมึกได้ดี ทึบแสง ซึ่งต้องการดินขาว
ที่มีความขาวสว่างไม่น้อยกว่าร้อยละ 80⁽¹⁾

จากการที่พบว่า ปริมาณเหล็กมากกว่าร้อยละหนึ่ง จะ
ทำให้เครื่องปั้นดินเผาเกิดสีได้⁽¹⁾ จึงเชื่อกันว่า การที่ดินขาว
ผสมกระดาษมีความขาวสว่างไม่ถึงมาตรฐาน เนื่องจากมี
เหล็กมากเกินไป ทำให้ดินขาวมีสีออกเหลืองหรือสีคล้ำ เรา
จึงได้พยายามหาวิธีการที่จะแยกมลทินเหล็กออกจากดินขาว
โดยเริ่มจากวิธีการชะล้างง่าย ๆ ในสารละลายกรดต่าง หรือสกัด
ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ แล้วติดตามปริมาณมลทินเหล็ก
ที่แยกได้ ผลที่ได้⁽²⁾ เมื่อแช่ดินขาวในตัวทำละลายปิโตรเลียม-
อีเทอร์, เฮกเซน, เบนซีน, คลอโรฟอร์ม, อะซีโตน, เอทานอล,
กรดอะซีติกนาน 14 วัน พบว่า ตัวทำละลายอินทรีย์ไม่สามารถ

สกัดแยกมลทินเหล็กออกจากดินขาวได้ และตัวทำละลายบางชนิด เช่น เบนซีน ยังทำให้ดินขาวเสียสภาพกลายเป็นลักษณะขุ่นไปด้วย จึงได้มุ่งประเด็นไปที่การชะล้างด้วยสารละลายอินทรีย์⁽²⁾ เช่น กรด ต่าง ปรากฏว่าไม่ได้ผลดี จึงได้เปลี่ยนมาศึกษาวิธีการล้างโดยการผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S)⁽¹⁾ ทั้งนี้ได้พยายามเลือกใช้ภาวะที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเอื้ออำนวยในการประยุกต์กับปัญหาที่ประสบจริงในอุตสาหกรรม

วัตถุประสงค์ และวิธีการ

ดินขาวตัวอย่างเก็บจากแหล่ง ตำบลโตะเต็ง อำเภอสุโขทัย จังหวัดนครราชสีมา สารเคมีที่ใช้เป็นชนิดเกรดธรรมดา ยกเว้นรีเอเจนต์เกี่ยวกับสเปกโตรสโคปี จะเป็นเกรดวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้มี Kipp gas generator ขนาด 1,000 มิลลิลิตร Spectrophotometer โมเดล 21 ของบริษัท Beckman, สหรัฐอเมริกา crucible ที่ใช้วิเคราะห์ปริมาณได้ใช้ชนิดเกิด crucible แทนแพลตตินัม crucible ทั้งสิ้น

1. การวิเคราะห์องค์ประกอบสำคัญของดินขาว

ได้วิเคราะห์องค์ประกอบหลักคือ SiO₂, Al₂O₃ และมลทินเหล็กในสภาพ Fe (III) ดังนี้

ก. การหาปริมาณ SiO₂⁽⁴⁾ ใช้วิธีหลอม (fuse) ดินขาวกับ sodium carbonate ล้างด้วยกรด แล้วซึ่งตะกอน SiO₂ ที่เหลืออยู่

ข. การหาปริมาณ Al₂O₃⁽³⁾ หากจากสารละลายที่กรองได้จาก ก. นำมาเติม cufferon* เพื่อเปลี่ยนเหล็กเป็นคอมเพล็กซ์ iron cufferate สกัดออกไปด้วยคลอโรฟอร์มแล้วตกตะกอนอะลูมิเนียมด้วยสารละลาย 8-hydroxyquinoline เป็น [Al (C₉H₆ON)₃] ซึ่งมี Al₂O₃ อยู่ร้อยละ 11.10 ตามสูตรเคมี

ค. การหาปริมาณเหล็กทั้งหมด⁽⁵⁾ การหามลทินเหล็กที่มีในดินขาวได้กระทำโดยหลอมแร่ด้วย sodium peroxide ล้างด้วยกรด ออกซิไดส์ด้วยสารละลายเจือจางของ potassium permanganate ให้อยู่ในรูปเหล็ก (III) ทั้งหมด แล้วหาปริมาณเหล็กด้วยสารละลาย potassium thiocyanate (หัวข้อ 1จ.)

ง. การหาปริมาณเหล็ก (II)⁽⁵⁾ ใช้วิธี 1, 10-phenanthroline วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 510 นาโนเมตร โดยเทียบความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานที่เตรียมจากลวดเหล็กบริสุทธิ์ ละลายในกรดกำมะถัน 4 โมลต่อลิตร จนได้ความเข้มข้น 200 ส่วนในล้านส่วน แล้วทำให้เจือจางเป็น 25, 20, 15, 10, 5 ส่วนในล้านส่วนของเหล็ก (II) ตามลำดับ

จ. การหาปริมาณเหล็ก (III)⁽⁵⁾ ใช้วิธี thiocyanate วัดค่าการดูด

กลืนแสงที่ 480 นาโนเมตร โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานที่สร้างจาก ammonium ferric sulfate

2. การชะล้างมลทินเหล็กออกจากดินขาวด้วยสารละลายกรดเกลือเจือจาง

ก. โดยการแช่ใน 5% HCl ซึ่งดินขาวที่แห้งสนิทหนัก 1.000 กรัม และ 5.0000 กรัม บรรจุในพลาสติก เติม 5% HCl จำนวน 1 มิลลิลิตร และ 50 มิลลิลิตร ตามลำดับ อย่างละหลายๆตัวอย่าง ปิดฝา แผ่นบางอะลูมิเนียมตั้งทิ้งไว้ แล้วตรวจสอบหาปริมาณเหล็ก (III) ที่ถูกชะล้างออกมาเมื่อเวลาผ่านไป ด้วยวิธีไทโอไซยาเนท (1จ.) ผลแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณมลทินเหล็กที่แยกได้จากดินขาว⁽²⁾ ด้วยวิธีแช่ 5% HCl ก) โกลนดินขาวตัวอย่าง 1 กรัมในตัวทำละลาย 10 มิลลิลิตร และ ข) 5 กรัม ต่อ 50 มิลลิลิตร อุณหภูมิห้อง

ก		ข	
เวลาที่แช่ ชั่วโมง	มลทินเหล็กที่แยกได้ ร้อยละ × 10 ²	เวลาที่แช่ ชั่วโมง	มลทินเหล็กที่แยก ร้อยละ × 10 ¹
3	1.15	1	0.25
5	1.30	12	0.40
11	1.75	18	0.55
15	2.00	24	0.59
23	2.65	27	0.65
29	2.55	34	0.79
38	2.15	40	0.85
44	3.00	44	1.15
48	2.65	68	1.40
68	3.00	86	1.65
86	3.10	167	2.20
167	3.05	194	2.45
194	3.90	216	2.55
238	4.85	286	3.6
264	5.5	339	4.15

† ร้อยละ หมายถึง ปริมาณเหล็กที่แยกได้จากดินขาวตั้งต้น 100 กรัม

ข. โดยวิธีรีฟลักซ์ใน 5% HCl เตรียมดินขาวหลายๆตัวอย่าง 5.0000 กรัม รีฟลักซ์ด้วย 5% HCl 50 มิลลิลิตร ตรวจสอบปริมาณเหล็ก (III) ที่ถูกชะล้างออกมาด้วยวิธีไทโอไซยาเนทเช่นเดียวกัน ผลแสดงไว้ในตารางที่ 2

3. การแยกมลทินเหล็กออกจากดินขาวด้วยการผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์

เตรียมตัวอย่างดินขาวทดลอง โดยการชั่งดินขาวที่อบแห้งสนิท

* เกลือแอมโมเนียมของ N-nitroso-N-phenylhydroxylamine

ตารางที่ 2 มลทินเหล็กที่แยกได้จากดินขาว⁽²⁾ ด้วยวิธีรีฟลักซ์ดินขาว 5 กรัม ใน 5% HCl 50 มิลลิลิตร

เวลาที่รีฟลักซ์ ชั่วโมง	มลทินเหล็กที่แยกได้ ร้อยละ $\times 10^2$
1	3.25
2	2.65
3	4.7
4	5.0
5	5.2
7	5.2

แล้ว 5.0000 กรัม บรรจุในพลาสติก เติมน้ำแล้วปรับให้เป็นพีเอช 3 ด้วย 4M H₂SO₄ จนได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นำพลาสติกบรรจุโคลนดินขาวตัวอย่าง มาผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ที่ผลิตจาก Kipp generator ด้วย FeS และ 50% HCl) นานตามเวลาที่ต้องการ กรอง นำสารละลายที่ได้มาหาปริมาณเหล็ก (II) ด้วยวิธี 1, 10-พีนานโทโรสีน ดินขาวที่กรองได้นำมาอบแห้ง เพื่อเตรียมเป็นสิ่งตัวอย่างสำหรับทดลองผ่านแก๊สซัลไฟด์อีก กระทำเช่นนี้รวม 37 ครั้ง ดังผลที่แสดงไว้ในตารางที่ 3

เพื่อเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพของการผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ จึงเตรียมพลาสติกบรรจุดินขาว 0.50 กรัม ในสารละลาย 50 มิลลิลิตร หลายๆพลาสติกมาเรียงต่อกันแบบอนุกรมให้แก๊สผ่านดินขาวตัวอย่างในพลาสติกแรก ผ่านออกไปยังพลาสติกที่สอง และสามเรื่อยๆไป ตามลำดับ ได้ต่ออนุกรมรวมสองชุด จำนวน 6 พลาสติก และ 8 พลาสติก ทดลองผ่านแก๊สนาน 30 นาที ผลที่ได้ชุดแรก สามารถแยกเหล็กได้ 6.10, 5.58, 5.70, 5.60, 5.60, 5.60 $\times 10^{-2}$ กรัม จากดินขาว 100 กรัม จากพลาสติกที่ 1 ถึง 6 ตามลำดับ ส่วนชุดที่สองจำนวน 8 พลาสติก แยกเหล็กออกได้ 3.52, 3.92, 3.00, 2.60, 2.51, 2.01, 1.60, 2.01 $\times 10^{-2}$ กรัมจากดินขาว 100 กรัม ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังได้ทดลองหาพีเอชที่เหมาะสมที่สุดในการแยกเหล็กออกจากดินขาวด้วยวิธีนี้ โดยตั้งต้นด้วยดินขาว 1 กรัมในสารละลาย 100 มิลลิลิตร จำนวน 7 ตัวอย่าง ทดลองเปลี่ยนพีเอชในช่วง 2-10 ผลที่ได้พบว่าที่พีเอช 2.0, 3.1 และ 4.1 จะแยกเหล็กออกจากดินขาวได้ดีเทียบกันด้วยค่า 13.37, 11.47 และ 12.8 $\times 10^{-2}$ หรือเฉลี่ย 12.6 $\times 10^{-2}$ กรัมต่อดินขาว 100 กรัม และเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้น จะแยกเหล็กออกมาได้น้อยลงตามลำดับ กล่าวคือ ที่พีเอช 4.9, 7.0, 7.8 และ 10.0 แยกเหล็กออกมาได้ 8.8, 3.0, 4, 1.3 $\times 10^{-2}$ กรัมต่อดินขาว 100 กรัม ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์

ผลวิเคราะห์ห่องค์ประกอบหลักของดินขาวตัวอย่างที่

ตารางที่ 3 ปริมาณมลทินเหล็กที่แยกออกมาได้จากดินขาว โดยวิธีการผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ โคลนดินขาวตัวอย่าง 5 กรัม ในตัวทำละลาย 100 มิลลิลิตร พีเอช 3 อุณหภูมิห้อง

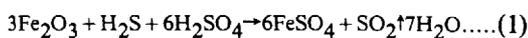
การชะล้าง ครั้งที่	เวลาที่ผ่านแก๊ส H ₂ S ชั่วโมง	มลทินเหล็กที่แยกได้ ร้อยละ $\times 10^2$	มลทินเหล็กสะสม ร้อยละ $\times 10^2$
1	1	5.56	5.56
2	1	5.48	11.04
3	1	4.90	15.94
4	1	4.62	20.56
5	1	4.36	24.92
6	1	4.32	29.24
7	1	4.40	33.64
8	1	4.24	37.88
9	1	4.04	41.92
10	1	3.82	45.74
11	1	3.48	49.22
12	1	3.36	52.58
13	1	3.34	55.92
14	1	3.20	59.12
15	1	1.78	60.90
16	1	3.10	64.00
17	1	3.46	67.46
18	1.5	3.14	70.60
19	1.5	2.68	73.28
20	1.5	1.68	74.96
21	1.5	1.56	76.52
22	1.5	1.40	77.92
23	1.5	1.08	79.00
24	1.5	0.98	79.98
25	1.5	0.84	80.82
26	1.5	0.48	81.30
27	3.5	2.80	84.10
28	1	1.56	85.66
29	1	1.31	86.97
30	1	1.09	88.06
31	1	1.10	89.16
32	1.5	0.99	90.15
33	1.5	0.84	90.99
34	1.5	0.82	91.81
35	1.5	0.95	92.76
36	2	0.90	93.66
37	2	0.71	94.37

† ร้อยละหมายถึงปริมาณเหล็กที่แยกได้

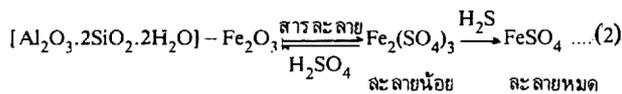
ใช้ศึกษา พบว่า ประกอบด้วย SiO_2 ร้อยละ 52.7, Al_2O_3 ร้อยละ 27.0 และมลทินเหล็ก, Fe(III) ร้อยละ 1.24 หรือ Fe_2O_3 ร้อยละ 1.77 ความขาวสว่างร้อยละ 77.5* ใกล้เคียงกับค่าที่เคยมีผู้รายงานไว้⁽¹⁾ ** ค่าตามทฤษฎีของ Kaolinite มีร้อยละของ SiO_2 46.5, Al_2O_3 39.5, H_2O 14.0

เมื่อเปรียบเทียบการชะล้างเหล็กออกจากดินขาวด้วยวิธีแช่ หรือรีฟลักซ์ในกรด กับการผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะเห็นว่า จะต้องแช่ในกรดนาน 14 วัน จึงจะชะล้างเหล็กออกได้ปริมาณใกล้เคียงกับการรีฟลักซ์นาน 5 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าเท่ากับ การชะล้างด้วยแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์นาน 1 ชั่วโมง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ได้ว่าวิธีการผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะให้ผลการแยกเหล็กออกจากดินขาวได้ดีกว่าวิธีการแช่ในกรดประมาณ 22 เท่าตัวที่อุณหภูมิห้อง

วิธีการผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ลงในสารตัวอย่าง ลักษณะน้ำโคลนดินขาวที่ปรับให้เป็นพีเอช 3 ด้วยกรดกำมะถัน นั้น เป็นการเปลี่ยนมลทินเหล็กจาก Fe_2O_3 ไปเป็น FeSO_4 ⁽¹⁾ การติดตามผลปริมาณเหล็กที่ถูกชะล้างออกมา ได้ใช้วิธีทำให้เกิดเป็นคอมเพล็กซ์กับ 1, 10-ฟีแนนโทรีน วัดการดูดกลืนแสง เทียบหาปริมาณจากกราฟมาตรฐานของเหล็ก II คาดว่าปฏิกิริยาการลดเลขออกซิเดชันของเหล็กที่มีในดินขาว จาก +3 เป็น +2 น่าจะเป็น

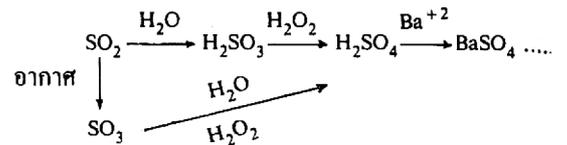


การที่แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์สามารถแยกเหล็กออกจากดินขาวได้มากกว่าการชะล้างด้วยสารละลายกรด น่าจะเป็นเพราะผลิตภัณฑ์ FeSO_4 ที่ได้ละลายได้ดีกว่า $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ตั้งต้น ประสิทธิภาพการชะล้างที่ดีกว่า จึงอธิบายได้ด้วยการเคลื่อนสมมูลไปทางขวา ทำให้เหล็ก (III) ถูกชะล้างแยกออกไปได้มากขึ้น

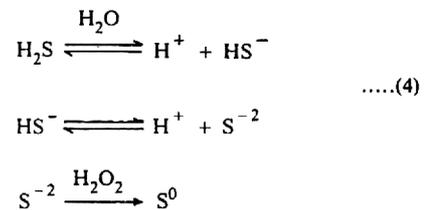


* วิเคราะห์ที่กรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยนายจรวัย ชงไชย, มีนาคม 2528.
** ผลวิเคราะห์ดินขาวจากตำบลโต๊ะเต็ง บริษัทสยามเคลย์ มีร้อยละของ SiO_2 61.24, Al_2O_3 28.81, Fe_2O_3 1.28 และยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ อีก ความขาวสว่างร้อยละ 74.7 เป็นแร่ชนิด Kaolinite ที่มี Illite และ Quartz ปน วิเคราะห์ผลโดย นิดา จุลจาริตต์ กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี

เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าปฏิกิริยา (1) ที่เสนอไว้นี้สมผล จึงได้ตรวจหาผลิตภัณฑ์แก๊ส SO_2 ที่ผ่านออกจากขบวนการปฏิกิริยาด้วยการจับแก๊สไว้ในน้ำที่มีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) อยู่ด้วย โดยคาดว่า จะเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแก๊ส SO_2 ไปเป็นกรด H_2SO_4



นอกจากนั้นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่มากเกินไปและหนีออกมาจากปฏิกิริยา น่าจะเปลี่ยนกลับมาเป็นกำมะถันบริสุทธิ์ที่ดังสมการ



จากการทดลอง สามารถตรวจสอบตะกอน BaSO_4 และหมักกลับ S^0 ได้จากน้ำจับแก๊สที่เหลือจากขบวนการปฏิกิริยา ซึ่งเป็นการช่วยสนับสนุนปฏิกิริยา (1) ที่เสนอแนะไว้ และกำมะถันบริสุทธิ์ที่นำกลับได้ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น เตรียมเป็น H_2S หรือ H_2SO_4

จากตารางที่ 3 พบว่าวิธีผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์สามารถแยกเหล็กออกจากดินขาวสูงถึงร้อยละ 76 ของมลทินเหล็กที่มีอยู่ แต่ต้องชะล้างซ้ำถึง 37 ครั้ง และผลปรากฏการล้างครั้งที่ 37 ก็ยังแยกเหล็กออกมาได้ร้อยละ 0.0071 เท่ากับการแช่ดินขาวในกรดเกลือเจือจางนานถึง 34 ชั่วโมง ดังนั้นคาดว่าถ้าได้ผ่านแก๊สซ้ำต่อไปอีก ก็มีโอกาสที่เหล็กจะถูกกำจัดออกจนหมดหรือเกือบหมดได้ อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองที่เสนอไว้นี้ ได้จากเครื่องมือแบบมูลฐาน ซึ่งไม่ได้ควบคุมอัตราการไหลของแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่กำเนิดขึ้นให้สม่ำเสมอและรู้อัตราที่แน่นอน ทำให้เวลาที่แสดงไว้ในตารางที่ไม่อาจสะท้อนถึงผลการชะล้างได้แม่นยำนัก กระนั้นก็ตามเชิงคุณภาพที่ได้ครั้งนี้ ก็พอเพียงที่จะใช้เป็นตัวชี้ให้เห็นได้ว่าการชะล้างดินขาวด้วยการผ่านแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์เป็นวิธีที่สามารถแยกมลทินเหล็กออกได้ดีวิธีหนึ่ง สำหรับปรับปรุงเกี่ยวกับความขาวสว่างของดินขาวภายหลังการล้าง