

รายการอ้างอิง



1. Chen, R.Y., and Yuen, W.Y.D. Effects of finishing and coiling temperatures on the scale structure and picklability of hot rolled strip, 41st MWSP Conf. Proc., 37 (1999): 697-705.
2. Chen, R.Y., and Yuen, W.Y.D. A study of the scale structure of hot-rolled steel strip by simulated coiling and cooling, Oxidation of Metals 53 (2000): 539-559.
3. Chen, R.Y. and Yuen, W.Y.D. Oxide-scale structures formed on commercial hot-rolled steel strip and their formation mechanisms, Oxidation of Metals 56 (2001): 89-118.
4. Chen, R.Y., and Yuen, W.Y.D. Oxidation of low-carbon, low-silicon mild steel at 450-900°C under conditions relevant to hot-strip processing, Oxidation of Metals 57 (2002): 53-79.
5. Chen, R.Y. and Yuen, W.Y.D. On the pickling mechanisms of hot-rolled steel strip, 44th MWSP Conf. Proc., 40 (2002): 1077-1089.
6. Chen, R.Y. and Yuen, W.Y.D. Review of the high-temperature oxidation of iron and carbon steels in air of oxygen, Oxidation of Metals 59 (2003): 433-468.
7. Chen, R.Y., Yuen, W.Y.D., and Hull, R. Effects of hot rolling conditions and scale breaking on the pickling performance of hot-rolled steel strip, SEAIQ Quarterly 29(2003) : 68-82.
8. Chen, R.Y., Yuen, W.Y.D., and Mak, T. Oxide scale growth and its pickling characteristics of hot-rolled steel strip, 43rd MWSP Conf. Proc., 39 (2001): 287-299.
9. Evans, J.W. and DeJonghe, L.C. The production of inorganic materials. New York : Macmillan publishing company, 1991.
10. Gines, M.J.L., et al. Study of the picklability of 1.8 mm hot-rolled steel strip in hydrochloric acid, Latin American Applied Research 32 (2002): 281-288.
11. Hudson, R.M. Pickling and Descaling, ASM Handbook 9th edition, 5 (1982): 68-82.
12. Kizu, T., et al. Effects of chemical composition and oxidation temperature on the adhesion of scale in plain carbon steels, ISIJ International 41(2001): 1494-1501

13. Khanna, A.S. Introduction to high temperature oxidation and corrosion. 2nd edition, Ohio: ASM International, (2004).
14. Laidler, K.J. Chemical kinetics. 3rd edition, New York: McGraw-Hill, 1965.
15. Okada, H., et al. Prevention of red scale formation during hot rolling of steels, ISIJ International 35 (1995): 886-891.
16. Yamaguchi, S., Yoshida, T., and Saito, T. Improvement in descaling of hot strip by hydrochloric acid, ISIJ International 34(1994): 670-678.
17. Jackson school of geosciences, The University of Texas at Austin. Geochemical kinetic [Online]. (2005). Available from: <http://www.geo.utexas.edu>
18. บริษัท สหวิริยาอินดัสตรี จำกัด (มหาชน). ผลิตภัณฑ์ และการผลิต [Online]. (2004).
แหล่งที่มา : <http://www.ssi-steel.com/th/prdct/htclindex.html>



บรรณานุกรม

1. Chattopadhyay, A., et al. Oxide scale characterization of hot rolled coils by Raman spectroscopy technique, Scripta Materialia 52 (2005): 211-215.
2. Chen, R.Y., and Yuen, W.Y.D. Improvement of pickling characteristics of hot-rolled strip through heat treatment of the oxide scale, 44th MWSP Conf. Proc., 40 (2002): 1057-1065.
3. Chen, R.Y. and Yuen, W.Y.D. Examination of oxide scales of hot rolled steel products, ISIJ International 45 (2005): 52-59.
4. Park, R., and Sug-Kyu Lee. Effect of pickling inhibitors on surface properties of steel sheets, 42nd MWSP Conf. Proc., 38 (2000): 321-325.
5. Popova, A., Veleva, S. and Raicheva, S. Kinetic approach to mild steel corrosion, React. Kinet. Catal. Lett. 85 (2005): 99-105.
6. Skoog, D.A., et al. Fundamentals of analytical chemistry, 8th edition. California: Brooks/Cole –Thomson Learning, 2005.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สภาวะในถังกรด

ตารางที่ 1ก สภาวะในถังกรดจากกระบวนการกักตุนจริงของบริษัท สหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน)

ถังกรด	ความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริก (% w/v)	ความเข้มข้นของเหล็ก (% w/v)	อุณหภูมิ (°C)
ถังที่ 1	3 - 6	10 - 12	82 - 90
ถังที่ 2	6 - 9	8 - 10	79 - 85
ถังที่ 3	9 - 12	5 - 8	79 - 85
ถังที่ 4	12 - 16	2 - 5	79 - 85

ตารางที่ 2ก ความเร็วและเวลาที่เหล็กแผ่นผ่านถังกรดจากกระบวนการกักตุนจริง

ความหนา (มม.)	ความเร็ว (เมตรต่อนาที)
1.20 - 1.50	153 - 156
1.51 - 2.00	148 - 153
2.01 - 2.50	143 - 148
2.51 - 3.50	133 - 143
3.51 - 4.00	128 - 133
4.01 - 5.00	101 - 128
5.01 - 6.00	92 - 101

หมายเหตุ : ความยาวของถังกรด 13.7 เมตร

ภาคผนวก ข

EPIGEN 4029

คุณสมบัติ : เป็นสารอีพ็อกซีเซรามิกชนิดสองส่วนผสมกัน (A และ B) เหมาะสำหรับเคลือบพื้นผิวโลหะ เพื่อป้องกันการกัดกร่อนจากสนิม ความชื้น น้ำเค็ม และสารเคมีได้ดี

อัตราส่วนผสม : โดยน้ำหนัก A : B = 2 : 1 (ส่วน A = Resin และส่วน B = Hardener)

ส่วนผสมหลักของ Resin "A"

Epoxy Phenol Novalac Resin <50%

Alkyl Glycidyl Ether <3%

ส่วนผสมหลักของ Hardener "B"

Formaldehyde polymer with TETA >50%

Triethylenetetramine <10%

วิธีการผสมสาร

1. กวนส่วน A และ B ให้สารที่นอนกันกระจายให้ทั่ว
2. แบ่งชั่งหรือตวงส่วน A และ B ออกมาในภาชนะต่างหาก โดยแยกส่วนละภาชนะ ตามปริมาณที่ต้องการใช้
3. เทส่วน A และ B ลงในภาชนะอีกใบหนึ่งสำหรับผสม และกวนให้ทั่วจนเข้ากันดี
4. ใช้แปรงหรือลูกกลิ้งทาสารลงพื้นผิวที่เตรียมแล้ว
5. สารที่ผสมแล้วแต่ละครั้งควรใช้ให้หมดภายใน 10 นาที (ไม่ควรเกิน 15 นาที)
6. ล้างแปรงหรือลูกกลิ้ง และภาชนะด้วยทินเนอร์

* ถ้าสารที่ผสมแล้วหนืดเกินไปให้เติมทินเนอร์ได้ โดยเติมหลังจากผสม A และ B จนเข้ากันดีแล้ว (เติมไม่เกิน 10%)

ขั้นตอนการทำงาน

1. การเตรียมพื้นผิว

- 1.1 ทำความสะอาดพื้นผิว ให้ปราศจากคราบไขมันและสิ่งสกปรก
- 1.2 ผิวโลหะ : ขจัดสนิมแผ่นหรือสีเก่าที่กำลังจะหลุดร่อนออก
- 1.3 เตรียมผิวให้มีความหยาบโดยใช้เครื่องขัดเจียร
- 1.4 ทำความสะอาดและกำจัดฝุ่นออกให้หมด

2. การทาสาร

ทาสาร EPIGEN 4029 จำนวน 1-2 ชั้นตามความเหมาะสม โดยใช้แปรงหรือลูกกลิ้ง การทาแต่ละชั้นควรรอให้ชั้นแรกแห้งสัมผัสได้ ประมาณ 4-6 ชั่วโมง (Tack Free)

หมายเหตุ

1. ควรแบ่งผสมต่อครั้งในปริมาณที่พอเหมาะเพื่อให้สารที่ผสมแล้วถูกใช้ให้หมด ก่อนที่สารจะแห้งหรือแข็งตัว
2. สารที่ผสมแล้วควรเคลงในภาชนะที่แผ่กว้างจะช่วยให้สารแห้งหรือแข็งตัวช้ากว่าในภาชนะทรงแคบสูง ทำให้มีเวลาในการทาสารได้นานขึ้น

ภาคผนวก ค

เครื่องมือ Inductively Coupled Plasma emission spectrometer *

1. ชนิดของธาตุที่วิเคราะห์ได้: วิเคราะห์ได้ประมาณ 60 ธาตุ ยกเว้นธาตุในกลุ่มที่เป็นก๊าซ เช่น He, Ar, N₂, H₂, O₂ เป็นต้น และธาตุในกลุ่มฮาโลเจน เช่น Cl, Br, I
2. ชนิดของตัวอย่าง: ตัวอย่างทั่วไปที่ต้องการหาปริมาณธาตุ
3. ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่าง: ต้องอยู่ในรูปของสารละลายใสไม่มีตะกอน และต้องอยู่ในสารละลายที่เป็นน้ำ สารตัวอย่างที่อยู่ในกลุ่มของสารอินทรีย์ เช่น น้ำมัน โพลีเมอร์ อาหาร จะต้องมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ออกไปก่อน
4. ข้อมูลของตัวอย่างที่ต้องการ: ประเภทของตัวอย่าง ลักษณะการนำไปใช้งาน องค์ประกอบคร่าวๆ ของตัวอย่าง ลักษณะการเตรียมตัวอย่าง ความเข้มข้นและชนิดของกรด-ด่างที่ใช้ ความเสถียรของตัวอย่าง สภาพะการเก็บรักษา และระบุนาตุที่ต้องการวิเคราะห์
5. ปริมาณของตัวอย่าง:
 - ประมาณ 10 มิลลิลิตรต่อการวิเคราะห์ 1 ธาตุ
 - ประมาณ 25 – 50 มิลลิลิตรต่อการวิเคราะห์ 5 – 7 ธาตุ
6. ภาชนะบรรจุตัวอย่าง: ขวดแก้วหรือขวดพลาสติกที่สะอาด
7. ระยะเวลาการออกผลนับจากวันรับตัวอย่าง:
 - ระยะเวลาวิเคราะห์ขึ้นอยู่กับจำนวนตัวอย่างที่ส่งวิเคราะห์ และจำนวนธาตุที่ต้องการวิเคราะห์
 - โดยทั่วไปถ้าจำนวนตัวอย่างประมาณ 10 – 20 ตัวอย่าง ธาตุที่จะวิเคราะห์ประมาณ 3 – 5 ธาตุ จะใช้เวลาในการออกผลได้ประมาณ 10 – 15 วันทำการ
8. ระยะเวลาโดยประมาณในการวิเคราะห์ต่อ 1 ตัวอย่าง: 1 ธาตุ 1 ตัวอย่าง ประมาณ 2 – 3 ชม. (รวมเวลาในการ warm up และการเตรียมสารมาตรฐานด้วย)
9. รายละเอียดเพิ่มเติม:
 1. การวิเคราะห์โดยเครื่องมือนี้จะไม่วิเคราะห์ในเชิงคุณภาพ ระดับธาตุที่สามารถวิเคราะห์ได้จะอยู่ในช่วง 0.01 – 1000 ppm
 2. การวิเคราะห์จะไม่ทำในลักษณะที่เป็นการหาความบริสุทธิ์ของธาตุโดยวิเคราะห์จากปริมาณธาตุนั้นโดยตรง
 3. ความเข้มข้นของกรดในตัวอย่างไม่ควรเกิน 10%

* รายละเอียดตัวอย่างของเครื่องมือในศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาฯ โดย วรธนา ศรีรินทร์นุช

ภาคผนวก ง

การคำนวณหาความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก

วิธีหาความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริกที่เวลาต่างๆ

1. จากปริมาณเหล็กที่ตรวจวัดได้นั้นมีหน่วยเป็น ppm หรือ mg/l ในทุกๆการทดลองเราจะใช้ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกคงที่คือ 500 มิลลิลิตรหรือ ml นำมาคำนวณหาปริมาณเหล็กทั้งหมดในสารละลายเป็นจำนวนกรัม (g)

$$g(\text{Fe}) = \text{Fe} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] \times 0.5[\text{l}] \times \frac{1}{1000} \left[\frac{\text{g}}{\text{mg}} \right] \quad (1\text{ง})$$

2. แปลงจากกรัมของเหล็กให้เป็นโมล (mole) หารด้วยมวลอะตอมของเหล็ก (55.85 g)

$$\text{mole}(\text{Fe}) = \frac{g(\text{Fe})}{55.85\text{g}} \quad (2\text{ง})$$

กำหนดให้สเกลบนผิวชิ้นงานมีเพียงแมกนีไตต์เพียงชนิดเดียว นำ mole ของเหล็กที่ได้ไปเทียบในปฏิกิริยาระหว่างแมกนีไตต์กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เพื่อหา mole ของไฮโดรคลอริกที่ทำปฏิกิริยาจนได้ปริมาณเหล็กที่เราตรวจวัดได้ ในที่นี้สามารถนำเฉพาะปริมาณเหล็กมาคำนวณได้ เนื่องจาก

$$\text{mole}(\text{FeCl}_2) = \frac{g(\text{FeCl}_2)}{(55.85 + 71)\text{g}} = \frac{g(\text{Fe})}{55.85\text{g}} = \text{mole}(\text{Fe}) \quad (3\text{ง})$$

mole ของเฟอร์ริสคลอไรด์คือ กรัมของเฟอร์ริสคลอไรด์หารด้วยมวลโมเลกุลคือ 126.85 g ซึ่งจะเทียบเท่ากับ mole ของเหล็ก

3. จาก (2.3) พบว่าสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 8 mole จะทำปฏิกิริยากับสเกลและเนื้อเหล็กทั้งหมด ได้เป็นเฟอร์ริสคลอไรด์หรือในที่นี้คือได้เหล็กทั้งหมด 4 mole จึงนำค่า mole ของเหล็กมาคำนวณเป็น mole ของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไปในการทำปฏิกิริยา คือ

$$\text{mole}(\text{HCl}) = \frac{8}{4} \text{mole}(\text{Fe}) = 2\text{mole}(\text{Fe}) \quad (4\text{ง})$$

4. เนื่องจากจำนวน mole ที่ได้จาก (4ง) นั้นคิดจากปริมาตรสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 500 มิลลิลิตร หรือ 0.5 ลิตร ถ้าคิดจากปริมาตรสารละลาย 1 ลิตรก็จะได้เป็นความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกที่ทำปฏิกิริยากับชิ้นงาน

$$\text{mol/l}(\text{HCl}) = 2\text{mole}(\text{HCl}) \quad (5\text{ง})$$

5. นำค่าที่คำนวณได้ไปลบออกจากความเข้มข้นตั้งต้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก จะได้ความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่เวลาต่างๆหลังการกักผิว ความเข้มข้นตั้งต้นของแต่ละสภาวะ

$$40 \text{ g HCl/l} \quad 40 \left[\frac{\text{gHCl}}{\text{l}} \right] \times \frac{1}{36.5} \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right] = 1.0959 \text{ mol/l}$$

$$70 \text{ g HCl/l} \quad 70 \left[\frac{\text{gHCl}}{\text{l}} \right] \times \frac{1}{36.5} \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right] = 1.9178 \text{ mol/l}$$

$$100 \text{ g HCl/l} \quad 100 \left[\frac{\text{gHCl}}{\text{l}} \right] \times \frac{1}{36.5} \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right] = 2.7397 \text{ mol/l}$$

$$130 \text{ g HCl/l} \quad 130 \left[\frac{\text{gHCl}}{\text{l}} \right] \times \frac{1}{36.5} \left[\frac{\text{mol}}{\text{l}} \right] = 3.5616 \text{ mol/l}$$

ผลการคำนวณน้ำหนักเหล็กในสารละลาย และความเข้มข้นของสารละลายกรดไฮโดรคลอริกหลังการกักผิวแสดงในตาราง 1ง และ 2ง

ตารางที่ 1ง น้ำหนักของเหล็กที่คำนวณได้จากผลวิเคราะห์

ความเข้มข้นกรดตั้งต้น	เวลาการกัดผิว (วินาที)	น้ำหนักของเหล็กในสารละลาย (g)		
		อุณหภูมิ 70°C	อุณหภูมิ 80°C	อุณหภูมิ 90°C
40 g HCl/l 1.0959 mol/l	5	0.0055	0.0070	0.0115
	10	0.0120	0.0175	0.0260
	15	0.0205	0.0290	0.0460
	20	0.0240	0.0435	0.0605
	30	0.0415	0.0675	0.0860
70 g HCl/l 1.9178 mol/l	5	0.0090	0.0090	0.0260
	10	0.0195	0.0295	0.0520
	15	0.0320	0.0465	0.0855
	20	0.0430	0.0620	0.0980
	30	0.0610	0.0810	0.1080
100 g HCl/l 2.7397 mol/l	5	0.0125	0.0195	0.0270
	10	0.0310	0.0530	0.0735
	15	0.0520	0.0780	0.0965
	20	0.0695	0.0885	0.1000
	30	0.0900	0.0975	0.1090
130 g HCl/l 3.5616 mol/l	5	0.0165	0.0235	0.0390
	10	0.0385	0.0670	0.0960
	15	0.0665	0.0940	0.1055
	20	0.0865	0.0980	0.1170
	30	0.1000	0.1055	0.1275

ตารางที่ 2 ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกหลังการก่อกวนที่ได้จากการคำนวณ

ความเข้มข้นกรดตั้งต้น	เวลาการก่อกวน (วินาที)	ความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริกที่คำนวณได้ (mol/l)		
		อุณหภูมิ 70°C	อุณหภูมิ 80°C	อุณหภูมิ 90°C
40 g HCl/l 1.0959 mol/l	5	1.0955	1.0954	1.0951
	10	1.0950	1.0946	1.0940
	15	1.0944	1.0938	1.0926
	20	1.0942	1.0928	1.0916
	30	1.0929	1.0911	1.0897
70 g HCl/l 1.9178 mol/l	5	1.9171	1.9172	1.9160
	10	1.9164	1.9157	1.9141
	15	1.9155	1.9145	1.9117
	20	1.9147	1.9134	1.9108
	30	1.9139	1.9120	1.9101
100 g HCl/l 2.7397 mol/l	5	2.7388	2.7383	2.7378
	10	2.7375	2.7359	2.7345
	15	2.7360	2.7341	2.7328
	20	2.7347	2.7334	2.7326
	30	2.7333	2.7333	2.7319
130 g HCl/l 3.5616 mol/l	5	3.5605	3.5600	3.5589
	10	3.5589	3.5568	3.5548
	15	3.5569	3.5549	3.5541
	20	3.5554	3.5546	3.5533
	30	3.5545	3.5541	3.5525

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ - นามสกุล	นางสาว ยุบลรัตน์ จตุภาคสัมพันธ์
วัน เดือน ปีเกิด	22 มิถุนายน 2526
ที่อยู่	6/159 หมู่ 10 ซ.โชคชัย 4 ลาดพร้าว กทม. 10230
ประวัติการศึกษา	ประถมศึกษา โรงเรียนเศรษฐบุตรอุปถัมภ์ ปี 2538 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสตรีวิทยา 2 ปี 2541 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสตรีวิทยา 2 ปี 2544 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาโลหการ ปี 2547
โทรศัพท์	0-2538-5646

