บทที่ 2
สังกะสี

ได้มีการค้นพบสังกะสีในปี ค.ศ.1520 แต่เคยพบมีการทำสร้อยข้อมือซึ่งมีสังกะสีเป็นส่วนประกอบในบริเวณซากสลักหักพังซึ่งถูกเผาที่ Cameros เมื่อ 500ปี ก่อนคริสตศักราช พวกกรีกและโรมันได้ใช้สังกะสีในการทำโลหะผสมที่เรียกว่าทองเหลือง (Brass) โดยบังเอิญขณะที่หลอมทองแดงและสมิทโซไนท์ (Smithsonite) ด้วยกันได้โลหะผสมออกมา มีสีเหลืองกว่าสีบรอนซ์ (Bronze) ในศตวรรษที่ 16 ได้มีการผลิตแร่ในประเทศอินเดียและจีนแล้วส่งไปขายยังประเทศในยุโรป ต่อมาจึงเริ่มมีการทำเหมืองในทวีปอเมริกาได้เริ่มจากทางอเมริกาใต้ คือประเทศโบลิเวียและเปรู เริ่มมีการทำเหมืองสังกะสีในประเทศอเมริกาเป็นครั้งแรกที่มลรัฐมิสซูรีในปี ค.ศ. 1720

2.1 คุณสมบัติทั่วไปของสังกะสี

สังกะสีเป็นธาตุในกลุ่มที่ IIB ตามตารางพิริออดิค มีสีขาวแววววาวมีน้ำหนักอะตอม 65.37 ความหนาแน่น 7.13 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรมีจุดหลอมเหลวและจุดเดือดที่ 419.6 องศาเซลเซียส และ 907 องศาเซลเซียสตามลำดับ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสังกะสีดังแสดงในตารางที่ 2.1 สังกะสีจะทำปฏิกริยาทางเคมีกับโลหะอื่นเกิดเป็นโลหะผสม คุณสมบัติดังกล่าวถูกนำมาใช้มากในงานอุตสาหกรรมโลหะผสมสังกะสี โลหะผสมสังกะสีอลูมิเนียมจะให้ความแข็งแรงสูงมากสามารถนำไปใช้ในงานหล่อได้เป็นอย่างดี โลหะผสมสังกะสีทองแดงและสังกะสีติเตเนียมจะเพิ่มความต้านทานการร้าวของแผ่นโลหะผสมที่นำไปรีด

สังกะสีถูกนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมหลักต่าง ๆ ดังนี้ คือ

1. ใช้เคลือบแผ่นเหล็ก (Galvanizing)
2. ใช้เคลือบท่อเหล็กลวดเพื่อป้องกันการสึกกร่อนของท่อน้ำ
3. สังกะสีออกไซด์ถูกนำไปใช้มากในอุตสาหกรรมยาง ทำสี เซรามิค
4. ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากทองเหลือง (ทองแดง + สังกะสี) ท่อ ก๊อกน้ำ
5. ใช้ในการทำยา
6. ใช้ในการทำฟิล์มถ่ายรูปสำหรับเครื่องถ่ายสำเนาเอกสารใช้ในสำนักงาน

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของสังกะสี

(จาก Zinc in the Environment Part I)

Atomic number: 30
Atomic weight: 65.38
Stable isotopes, relative abundance:

Mass number	64	66	67	68	70
Per cent	48.89	27.81	4.07	18.61	0.62

Radioactive isotopes:

Mass number:	62	63	65	69	72	73
Half life:	9.5 hr	38.3 min	250 days	57 min	2.1 days	<2 min
Decay particles or process:*	K, β^+	β^+, K	K, β^+	β^-	β^-	β^-

Crystal structure and orientation:
Hexagonal close-packed, $a = 2.664$Å, $c = 4.9469$Å, $c/a = 1.856$
Glide Plane (0001); glide direction [11$\bar{2}$0]
Twinning plane (10$\bar{1}$2)
Atomic sizes:
Metallic radius (12-coordinated), 1.38Å
Tetrahedral covalent radius, 1.31Å
Ionic radius (Zn^{++}), 0.74Å
Density:
solid at 25°C, 7.133 g/cm³
solid at 419.5°C, 6.83 g/cm³
liquid at 419.5°C, 6.62 g/cm³
liquid at 800°C, 6.25 g/cm³
Melting point: 419.5°C (692.7°K)
Boiling point (1 atm): 907°C (1180°K)
Heat capacity:
solid — $Cp = 5.35 + 2.40 \times 10^{-3}$ T (298 — 692.7°K.) cal/mol
liquid — Cp = 7.50 cal/mol
gas (monatomic) — Cp = 4.969 cal/mol
Heat of fusion: 1765 cal/mol at 419.5°C
Heat of vaporization: 27,430 cal/mol at 907°C
Linear coefficients of thermal expansion:
polycrystalline (20 — 250°C), 39.7×10^{-6} per °C
a-axis (20 — 100°C), 14.3×10^{-6} per °C
c-axis (20 — 100°C), 60.8×10^{-6} per °C
Volume coefficient of thermal expansion (20 — 400°C): 8.9×10^{-5} per °C
Thermal conductivity:
solid (18°C) 0.27 cal/sec cm°C
solid (419.5°C) 0.23 cal/sec cm °C
liquid (419.5°C) 0.145 cal/sec cm °C
liquid (750°C) 0.135 cal/sec cm °C
Modulus of elasticity:
10 to 20 $\times 10^6$ psi (actually no region of strict proportionality between stress and strain in polycrystalline zinc)
Surface tension (liquid): $\gamma = 758 - 0.09(t - 419.5°C)$ dynes/cm
Electrical resistivity:

polycrystalline (t = 0–100°C)	$R = 5.46(1 + 0.0042t)$ microhms/cm³
along *a*-axis (20°C)	5.83 microhms/cm³
along *c*-axis (20°C)	6.16 microhms/cm³
liquid (423°C)	36.955 microhms/cm³

Magnetic susceptibility (diamagnetic):
polycrystalline (20°C) — 0.139×10^{-6} cgs electromagnetic units
along *a* — axis (20°C) — 0.124×10^{-6} cgs electromagnetic units
along *c* — axis (20°C) — 0.169×10^{-6} cgs electromagnetic units

* β^+ refers to positrons; β^- to negative electrons; K to capture of orbital electron by the nucleus.

7. ใช้ประโยชน์อื่น เช่น การผลิตปุ๋ย อาหารบางอย่างซึ่งสังกะสีมีส่วนผสมอยู่

8. ใช้ในการผลิตโลหะอื่น ๆ เช่น แคดเมียม ทองแดง เงิน และโลหะหายากอื่น ๆ ใช้ผงสังกะสี (Zinc Dust)

เนื่องจากอุตสาหกรรมต่าง ๆ มีความต้องการใช้สังกะสีเพิ่มขึ้น ทำให้ต้องสั่งสังกะสีเข้าประเทศเพิ่มขึ้นไม่ว่าจะเป็นแร่สังกะสีหรือโลหะสังกะสี ตารางที่ 2.2 แสดงถึงทรัพยากรสังกะสีในแหล่งต่าง ๆ ของโลก

ตารางที่ 2.2 แสดงถึงทรัพยากรสังกะสีในแหล่งต่าง ๆ ของโลก,หน่วย 1,000,000 เมตริกตัน (จาก Zinc in the Environment Part I)

Country	Reserves[b]	Other[c]	Total
Australia	19	21	40
Brazil	5	6	11
Canada	28	28	56
China, People's Republic of	1	4	5
India	3	1	4
Iran	4	2	6
Ireland	8	1	9
Japan	5	2	7
Mexico	3	1	4
Peru	7	4	11
South Africa, Republic of	4	13	17
Spain	5	5	10
United States	22	23	45
USSR	11	11	22
Yugoslavia	2	2	4
Zaire	1	1	2
Other	22	15	37
World total	150	140	290

[a] Derived in collaboration with U.S. Geological Survey.
[b] Includes only "measured" and "indicated" or demonstrated quantities.
[c] Includes "inferred" reserves, hypothetical economic resources in known districts, and some identified subeconomic resources.

*A metric ton = 2204 lb.

ตารางที่ 2.3 แสดงถึงปริมาณแร่สังกะสี และโลหะสังกะสีที่ผลิตได้ของโลกในปี ค.ศ.1977 เทียบกับปี 1982,หน่วย 1,000 เมตริกตัน (จาก Zinc in the Environment Part I)

Continent and Country	Mine Capacity		Smelter Capacity	
	1977	1982	1977	1982
North America				
Canada	1569	1625	630	657
Mexico	336	420	197	240
United States	490	585	634	714
Other	50	60	–	–
Total	2445	2690	1461	1577
South America				
Peru	540	540	75	190
Other	199	199	104	134
Total	739	739	179	324
Europe				
Finland	64	64	150	150
Greenland	109	109	–	–
Ireland	281	350	–	–
Italy	100	100	246	266
Poland	236	236	279	339
Spain	175	295	239	239
Sweden	146	146	–	–
USSR	717	717	748	748
West Germany	154	154	434	434
Yugoslavia	139	150	131	146
Other	319	327	1188	1223
Total	2440	2648	3415	3545
Africa				
South Africa, Republic of	127	145	75	75
Zaire	109	109	68	68
Zambia	91	91	67	67
Other	118	130	36	36
Total	445	475	246	246
Asia				
China, People's Republic of	109	109	109	109
Iran	101	170	–	–
Japan	345	360	983	987
Korea, North	181	181	140	140
Other	271	320	132	214
Total	1007	1140	1364	1450
Oceania				
Australia	552	624	324	324
New Zealand	1	1	–	–
Total	553	625	324	324
World total	7629	8317	6989	7500

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แหล่งแร่สังกะสีที่พบในประเทศไทยมักเกิดร่วมกับตะกั่วเสมอ แหล่งแร่สังกะสีใหญ่แห่งแรกของประเทศไทย คือ ที่บริเวณ ตำบลผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก สถิติแร่สังกะสีที่ผลิตได้และส่งออกของประเทศไทยดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงสถิติแร่สังกะสีที่ผลิตได้และส่งออกของประเทศไทย

แหล่งที่ผลิตและส่งออก	1975	1976	1977
PROD			
TAK	14,000/15.3	-	-
EXPORT			
AUSTRALIA	17,000	-	-
GER.WEST	-	-	19,462
U.S.A.	-	-	5,740
	17,000/20.2		25,202/47.0

2.2 การละลายของสังกะสี

ผลการละลายของ $Zn(OH)_2$

$$Zn(OH)_2 \longrightarrow Zn^{2+} + 2\ OH^-$$

สารประกอบเชิงซ้อนของสังกะสีในน้ำบริสุทธิ์

$$Zn^{2+} + OH^- \longrightarrow ZnOH^+$$

$$ZnOH^+ + OH^- \longrightarrow Zn(OH)_2$$

$$Zn(OH)_2 + OH^- \longrightarrow Zn(OH)_3^-$$

$$Zn(OH)_3^- + OH^- \longrightarrow Zn(OH)_4^{2-}$$

การแตกตัวของน้ำ

$$H_2O \longrightarrow H^+ + OH^-$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสัมพันธ์ของสารละลายสังกะสีในสภาวะสมดุลย์

$$[Zn^{2+}][OH^-] = K_{sp} = 8 \times 10^{-18}$$

$$[ZnOH^+] / [Zn^{2+}][OH^-] = K_1 = 1.4 \times 10^4$$

$$[Zn(OH)_2] / [ZnOH^+][OH^-] = K_2 = 1 \times 10^6$$

$$[Zn(OH)_3^-] / [Zn(OH)_2][OH^-] = K_3 = 1.3 \times 10^4$$

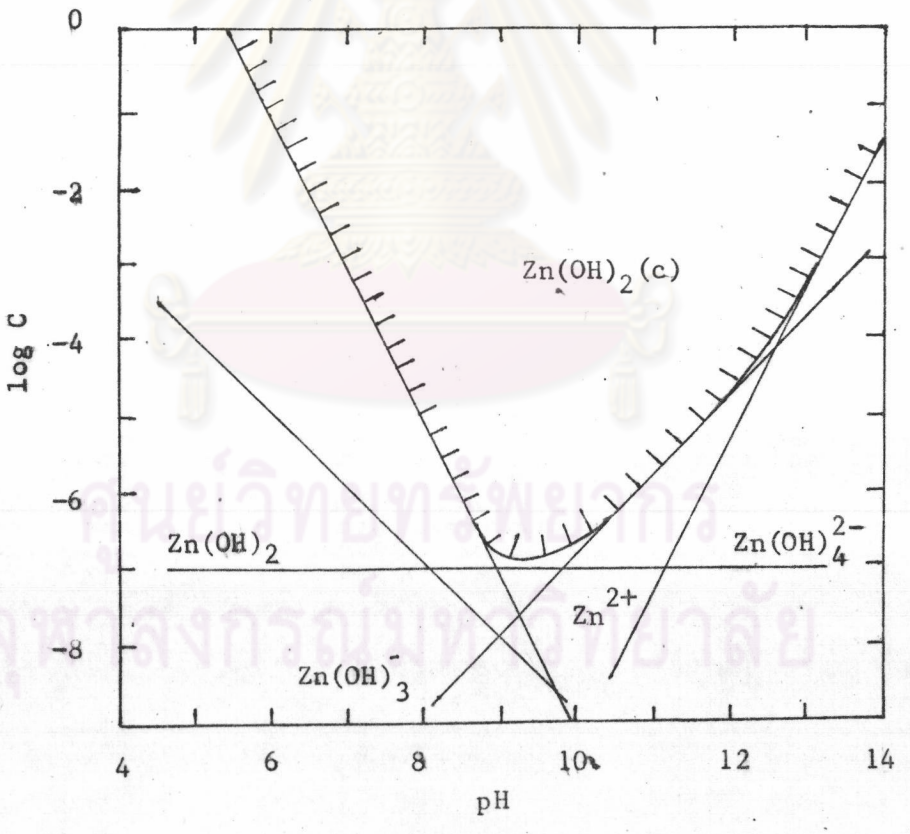
$$[Zn(OH)_4^{2-}] / [Zn(OH)_3^-][OH^-] = K_4 = 1.8 \times 10$$

$$[H^+][OH^-] = K_w = 1 \times 10^{-14}$$

ปริมาณสังกะสีในน้ำ

$$C = Zn^{2+} + ZnOH^+ + Zn(OH)_2 + Zn(OH)_3^- + Zn(OH)_4^{2-}$$

ความสัมพันธ์ของการละลายของ $Zn(OH)_2$ ในน้ำบริสุทธิ์กับ pH แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการละลายของ $Zn(OH)_2$ ในน้ำบริสุทธิ์กับpH

(จาก Chemistry for Environmental Engineering)

2.3 สังกะสีในน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม

ความเข้มข้นของสังกะสีในแหล่งรับน้ำเสียขึ้นกับชนิดและปริมาณของน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมที่ทิ้งลงมาในแหล่งรับน้ำเสีย ส่วนประกอบของน้ำเสียจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรม เปลี่ยนแปลงไปตามขบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม

สังกะสีถูกนำมาใช้ในงานทางอุตสาหกรรมด้านเคลือบผิวโลหะ เพื่อป้องกันการกัดกร่อน และในโลหะผสม เช่น ทองเหลืองและบรอนซ์ โลหะที่เคลือบผิวถูกนำมาใช้ในงานก่อสร้าง การขนส่ง และทำเครื่องมือทางอุตสาหกรรม ตามอาคารบ้านเรือนมักจะใช้ระบบท่อที่เคลือบผิว เพื่อป้องกันการกัดกร่อนในการประปา ซึ่งเป็นแหล่งหนึ่งที่ทำให้เกิดสังกะสีในน้ำเสีย นอกจากนั้นสังกะสีและสารประกอบยังถูกนำไปใช้ในการทำภาชนะ เครื่องสำอาง ส่วนประกอบในการทำยา กาว ไม้ขีดไฟ สีน้ำมัน น้ำมันชักเงา ยางรถยนต์

เนื่องจากสังกะสีถูกนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย ซึ่งทำให้ปริมาณสังกะสีในน้ำเสียมีค่าแปรเปลี่ยนตามปริมาณน้ำที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมนั้น ๆ ตารางที่ 2.5 แสดงถึงค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของสังกะสีจากโรงบำบัดน้ำเสีย และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าสังกะสีส่วนใหญ่ในน้ำเสียนั้นจะอยู่ในรูปของอนุภาค ซึ่งสามารถกำจัดออกโดยการกรอง การตกตะกอนโดยใช้แรงเหวี่ยง การจมตัว (Chen etal,1974, Oliver and Cosgrove,1974 ; Argo and Culp,1972 : U.S. Public Health Service,1965) Oliver and Cosgrove.(1974) รายงานไว้ว่า สังกะสี ทองแดง แมงกานีส และนิเกิ้ล ในน้ำเสียที่ผ่านการกำจัดแล้ว จะอยู่ในรูปของสารละลายจึงจำควรที่จะต้องมีกำจัดสารดังกล่าวต่อไปอีก

McDermott et al. (1962) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการกำจัดสังกะสีในการกำจัดขั้นต้นและในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย พบว่าการกำจัดขั้นต้นนั้นจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีที่อยู่ในสถานะที่ละลายน้อยมาก ซึ่งเมื่อเทียบกับในระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอยซึ่งสามารถมีประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีที่อยู่ในสถานะที่ละลายได้ถึง 74 และ 95 เปอร์เซนต์ ที่ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำเสีย 20 และ 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

ตารางที่ 2.5 แสดงถึงค่า เฉลี่ยความ เข้มข้นของสังกะสีจากโรงบำบัดน้ำ เสียและ โรงงานอุตสาหกรรม (จาก Zinc in the Environment Part I)

Source	Influent	Primary Effluent	Percent Removal	Final Efflu-uent	Percent Removal
Sewage treatment plant					
Grand Rapids, Mich.[a]	1.5	1.0	33	0.8	46.7
Richmond, Ind.[a]	0.3	0.4	-33	0.1	66.0
Rockford, Ill.[a]	2.7	2.0	26	1.3	51.9
New York, N.Y.[b]	0.41	0.26	36	–	–
Ontario, Canada[c]	2.40	1.13	53	0.6	75.0
Industrial wastes[d]					
Pickling dipping	10–35	–	–	–	–
Automatic plating of zinc base die castings	3–8	–	–	–	–
Vulcanized fiber	200–300	–	–	–	–
Cold steel finishing with galvanizing	2–88	–	–	–	–

[a] U.S. Public Health Service (1965).
[b] Klein et al. (1974).
[c] Oliver and Cosgrove (1974).
[d] Patterson and Minear (1975).

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย