โครงสร้างของเรซินแลกเปลี่ยนไอออน

- โครงสร้างที่ไม่มีประจุไฟฟ้า
  - ต.ย. เช่น DVB + Styrene
- หมู่ไอออนที่มีประจุไฟฟ้า
  - ต.ย. เช่น หมู่ซัลโฟนิค ($-SO_3^-$), หมู่คาร์บอกซิลิก ($-COO^-$), หมู่อามีน ($-NR_2H^+$)

Degree of Crosslinkage

- ต.ย. เช่น DVB 8-12% (ถ้าใช้ค่า DVB สูง โครงสร้างจะแข็ง ทึบ แตกหักง่าย การบวมหรือพองน้ำต่ำ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนต่อปริมาตรสูง)

การจำแนกประเภทของเรซิน

- เรซินชนิดประจุบวก-กรดแก่ (Strong Acid Cation Resin, SA) หมู่ $-SO_3^-$
- เรซินชนิดประจุบวก-กรดอ่อน (Weak Acid Cation Resin, WC) หมู่ $-COO^-$
- เรซินชนิดประจุลบ-ด่างแก่ (Strong Base Anion Resin, SB) หมู่ $-CH_2N(CH_3)_3$
- เรซินชนิดประจุลบ-ด่างอ่อน (Weak Base Anion Resin, WB) หมู่ $-N(CH_3)_2H^+$

SA

ข้อดี

- ใช้ได้ดีกับน้ำที่มี pH ทุกระดับ
- สามารถแยก Na^+ จากเกลือแกงได้
- เกิดการรั่วออกของไอออนบวกที่ต้องการกำจัดน้อย
- สามารถแลกเปลี่ยนได้รวดเร็ว
- มีความคงทน (ประมาณ 20 ปี)
- การเปลี่ยนรูปของ Na^+ในเรซินให้เป็น H+ ทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นเพียง 7% (พองน้ำ)
- เหมาะสำหรับใช้กำจัดความกระด้างหรือในการทำน้ำบริสุทธิ์

ข้อเสีย

- ประสิทธิภาพในการรีเจนเนอเรชันต่ำ

WC

ข้อดี

- ประสิทธิภาพในการรีเจนเนอเรชันสูง
- ความสามารถในการแลกเปลี่ยนสูง

ข้อเสีย

- ไม่สามารถใช้แลกเปลี่ยนไอออน ให้กับเกลือที่ได้จากกรดแก่
- มีการรั่วของ Na^+ มาก
- การเปลี่ยนรูปของ Na^+ในเรซินให้เป็น H^+ ทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นสูง

ลำดับความชอบไอออนของเรซิน

ไอออนบวก

$Fe^{3+} > Al^{3+} > Zn^{2+} > Cu^{2+} > Fe^{2+} > Mn^{2+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^{+} > NH^{4+} > Na^{+} > H^{+}$

ไอออนลบ

$CrO_4^{2-} > SO_4^{2-} > CNO^{-} > NO_3^{-} > NO_2^{-} > Cl^{-} > CN^{-} > HCO_3^{-} > OH^{-} > F^{-}$

คุณสมบัติทั่วไปของเรซิน

- ความชื้นของเรซิน (Moisture)
- ความหนาแน่น (Bulk Density)
- ขนาดสัมฤทธิ์ (Effective Size)
- ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Capacity)

ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน **(Ion Exchange Capacity)**

ก) หน่วยสมมูลต่อปริมาตรของเรซิน เช่น **meq/mL, eq/L**

ข) หน่วยสมมูลต่อน้ำหนักของเรซิน เช่น **meq/g**

ค) หน่วยน้ำหนัก (ในเทอมหินปูน ต่อปริมาตรของเรซิน เช่น กิโลเกรนต่อลิตร)

การเปลี่ยนหน่วยสมมูลให้เป็นหน่วยของหินปูน ($CaCO_3$)

- 0.26 eq = 0.26x50 = 13 g $CaCO_3$

- 0.68 eq/L = 0.68x50 = 34 g $CaCO_3$/L

- 2.82 meq/L = 2.82x50 = 141 mg $CaCO_3$/L

ต.ย. จงคำนวณหา **Ion Exchange Load** สำหรับระบบแลกเปลี่ยนไอออนแบบต่างๆ สำหรับน้ำดิบที่มีลักษณะดังต่อไปนี้ (หน่วย **mg$CaCO_3$/L**)

Ca^{2+}	210	HCO_3^-	200
Mg^{2+}	40	SO_4^{2-}	85
Na^+	120	Cl^-	70
K^+	5	NO_3^-	20
SiO_2	10	CO_2	15

1) กำจัดความกระด้าง (ใช้ SC)

Ion Exchange Load = Total Hardness

= Ca+Mg

= 250 mg$CaCO_3$/L

= 5 meq/L

กำหนดให้ปริมาณน้ำเท่ากับ 1 m^3/hr x 8 hr

ดังนั้น Total Ion Exchange Load = 40 eq/cycle

ถ้า SC มีความสามารถในการแลกเปลี่ยน เท่ากับ 1 eq/L

ต้องการ SC เท่ากับ 40 L

2) ผลิตน้ำบริสุทธิ์ (ใช้ SC+SB)

2.1 Ion Exchange Load for SC

= Ca+Mg+Na+K

= 375 mg$CaCO_3$/L

= 7.5 meq/L

กำหนดให้ปริมาณน้ำเท่ากับ 1 m^3/hr x 8 hr

ดังนั้น Total Ion Exchange Load = 60 eq/cycle

ถ้า SC มีความสามารถในการแลกเปลี่ยน เท่ากับ 1 eq/L

ต้องการ SC เท่ากับ 60 L

2.1 Ion Exchange Load for SB

= ไอออนลบทั้งหมด+CO_2+SiO_2

= 400 mg$CaCO_3$/L

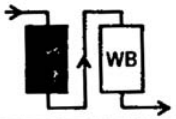
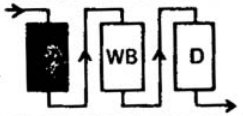
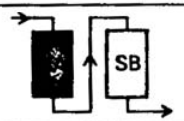
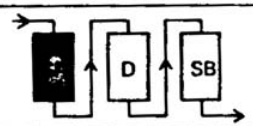
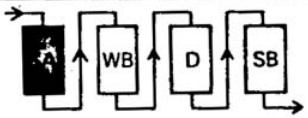
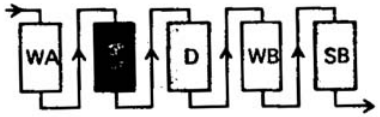
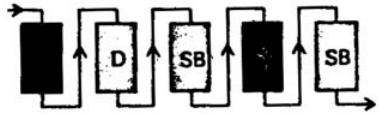
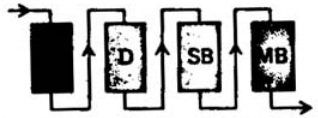
= 8 meq/L

กำหนดให้ปริมาณน้ำเท่ากับ 1 m^3/hr x 8 hr

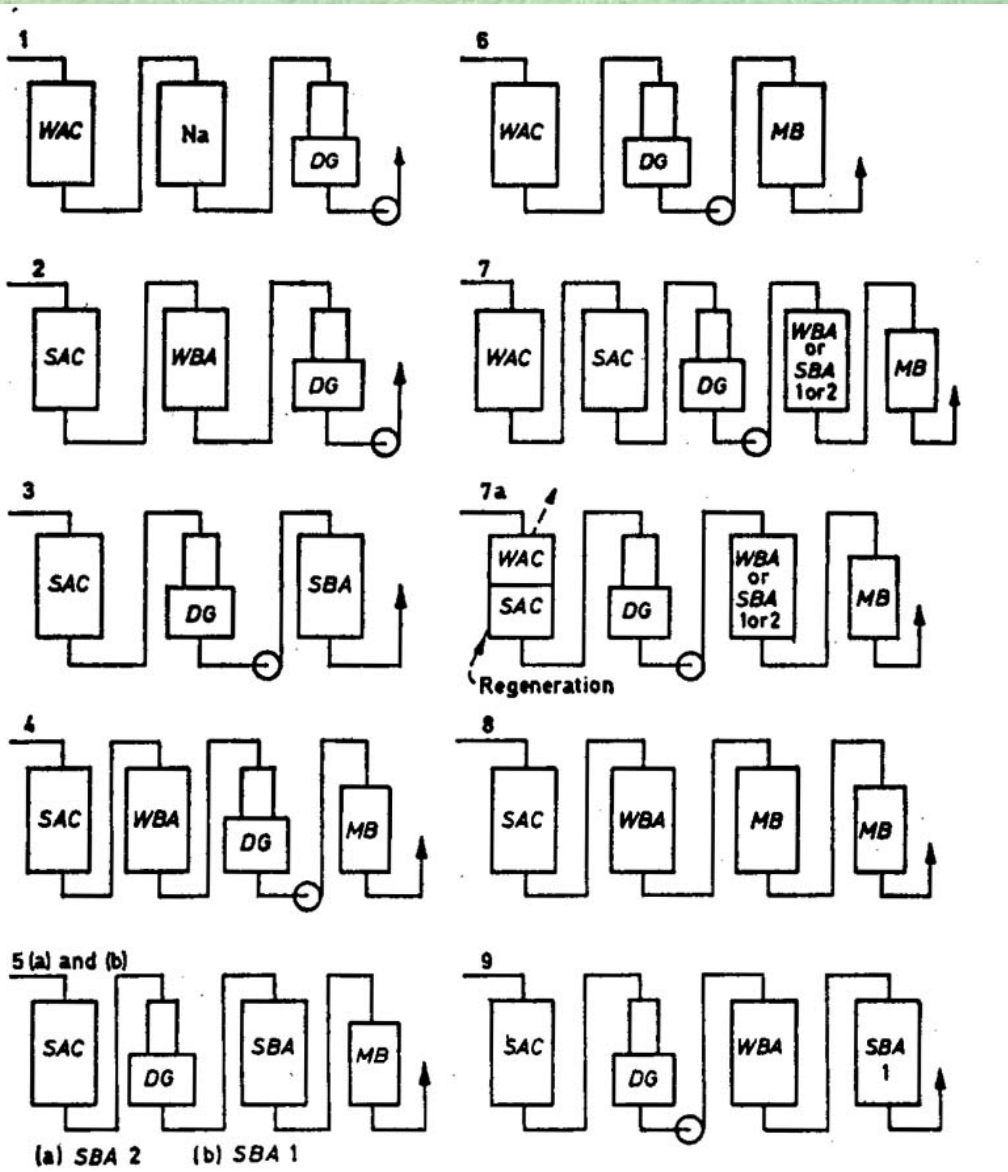
ดังนั้น Total Ion Exchange Load = 64 eq/cycle

ถ้า SB มีความสามารถในการแลกเปลี่ยน เท่ากับ 0.8 eq/L

ต้องการ SB เท่ากับ 80 L

ระบบ	การใช้งาน	คุณภาพน้ำ	ข้อได้เปรียบเสียเปรียบ
	ไม่มีปัญหาถ้ามีซิลิกาและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำ	ความนำไฟฟ้าจำเพาะ 10 - 30 ไมโครไมซิลิกาไม่เปลี่ยนแปลงมีเท่ากับในน้ำดิบ	ค่าลงทุนในอุปกรณ์ต่ำ ค่าใช้จ่ายในการล้างเรซินต่ำ
	ไม่มีปัญหาถ้ามีซิลิกาในน้ำ แต่ต้องการขจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	ความนำไฟฟ้าจำเพาะ 10 - 20 ไมโครไม ปริมาณซิลิกาไม่เปลี่ยนแปลงมีเท่าเดิม	ค่าใช้จ่ายในการล้างเรซินต่ำ แต่ต้องใช้ปั๊มเพิ่มเพื่อปั๊มเข้าหอไล่ก๊าซ
	ถ้าน้ำดิบมีความเป็นด่างต่ำ ต้องการขจัดซิลิกา	ความนำไฟฟ้าจำเพาะ 5 - 15 ไมโครไม ซิลิกา 0.02 - 0.10 พีพีเอ็ม	ค่าลงทุนในอุปกรณ์ต่ำ ไม่ต้องติดปั๊มเพิ่ม เสียค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีล้างเรซินสูง
	น้ำดิบมีความเป็นด่างสูง ต้องการขจัดซิลิกา	ความนำไฟฟ้าจำเพาะ 5 - 15 ไมโคร ซิลิกา 0.02 - 0.10 พีพีเอ็ม	ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีต่ำ ต้องติดปั๊มเพิ่ม
	น้ำดิบมีความเป็นด่าง ซัลเฟต และคลอไรด์สูง ต้องการขจัดซิลิกา	ความนำไฟฟ้าจำเพาะ 5 - 15 ไมโครไม ซิลิกา 0.02 - 0.10 พีพีเอ็ม	ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีต่ำ ค่าลงทุนในอุปกรณ์สูง ต้องติดปั๊มเพิ่ม
	น้ำดิบมีความกระด้าง ความเป็นด่าง ซัลเฟต และคลอไรด์สูง ต้องการขจัดซิลิกา	ความนำไฟฟ้าจำเพาะ 5 - 15 ไมโครไม ซิลิกา 0.02 - 0.10 พีพีเอ็ม	ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีต่ำ ค่าลงทุนในอุปกรณ์สูง ต้องติดปั๊มเพิ่ม
	น้ำดิบมีความเป็นด่างและโซเดียมสูง ต้องการคุณภาพน้ำที่บริสุทธิ์มาก	ความนำไฟฟ้าจำเพาะ 1 - 5 ไมโครไม ซิลิกา 0.01 - 0.05 พีพีเอ็ม	ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีต่ำ ค่าลงทุนในอุปกรณ์สูง ต้องติดปั๊มเพิ่ม
	น้ำดิบมีสารละลายน้ำต่ำ ต้องการคุณภาพน้ำที่บริสุทธิ์มาก	ความนำไฟฟ้าจำเพาะมีค่าน้อยกว่า 1 ไมโครไม ซิลิกา 0.01 - 0.05 พีพีเอ็ม	ค่าลงทุนในอุปกรณ์ต่ำ ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีสูง
	น้ำดิบมีความเป็นด่างและสารละลายน้ำสูง ต้องการคุณภาพน้ำที่บริสุทธิ์มาก	ความนำไฟฟ้าจำเพาะมีค่าน้อยกว่า 1 ไมโครไม ซิลิกา 0.01 - 0.05 พีพีเอ็ม	ค่าลงทุนในอุปกรณ์สูง ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีต่ำ ต้องติดปั๊มเพิ่ม

KEY



SAC = Strong Acid Cation
SBA = Strong Base Anion
MB = Mixed-Bed
WAC = Weak Acid Cation
WBA = Weak Base Anion
DG = Degasifier

ตารางที่ 12.8 ตัวอย่างคำแนะนำสำหรับควบคุมถังเรซินแบบกรดแก่*

	Sodium Cycle	**Hydrogen Cycle**
pH	1.0 to 14.0	1.0 to 14.0
Maximum Temperature	250°F.	250°F.
Minimum Bed Depth	24 inches	24 inches
Backwash Flow Rate	6 gal./(ft.^{2})(min.) @ 72°F	6 gal./(ft.^{2})(min.) @ 72°F.
Regenerant Concentration	10% NaCl	10% HCl or 1 to 5% H_2SO_4
Regeneration Flow Rate	1 gal./(ft.^{3})(min.)	0.5 to 0.75 gal./(ft.^{3})(min.)
Regeneration Level	See Page 8	See Pages 9 to 13
Rinse Flow Rate	1.0 gal./(ft.^{3})(min.) initially then 1.5 gal./(ft.^{3})(min.)	0.5 to 0.75 gal./(ft.^{3})(min.) initially then 1.5 gal./(ft.^{3})(min.)
Rinse Water Requirements	25-50 gals./ft.^{3}	25-50 gals./ft.^{3}
Service Flow Rate	2 gal./(ft.^{3})(min.)	2 gal./(ft.^{3})(min.)
Exchange Capacity	See Page 8	See Pages 9 to 13

* ที่มา : Technical Bulletin ของผู้ผลิตเรซินแห่งหนึ่ง

ตารางที่ 12.10 ตัวอย่างข้อแนะนำสำหรับควบคุมถังเรซินแบบด่างแก่ประเภท 1
(ที่มา : Technical Bulletin ของผู้ผลิตเรซินแห่งหนึ่ง)

pH Limitation	None
Minimum Bed Depth	24 inches
Backwash Flow Rate	2 to 3 gal./sq.ft./minute at 70°F
Regenerant Concentration	4% NaOH
Regenerant Flow Rate	0.25 to 1.0 gal./cu.ft./minute
Regeneration Level	See Text
Rinse Flow Rate	0.25 to 0.5 gal./cu.ft./minute initially, to displace regenerant then 1.5 gal./cu.ft.per minute
Rinse Water Requirements	40 to 90 gal./cu.ft.
Service Flow Rate	2 to 5 gal./cu.ft./minute
Total Exchange Capacity	
(a) Volumetric	1.4 meq./ml., minimum 30.5 kgr./cu.ft., as $CaCO_3$ 4.4 lb.-eq./cu.ft. as $CaCO_3$
(b) Weight	3.8 meq./g. of dry resin in chloride form, minimum
Working Exchange Capacity	See Technical Bulletin

หมายเหตุ 1 kgr.$CaCO_3$/ft.^{3} = 2290 mg.$CaCO_3$/1 of resin

วัฏจักรการทำงานของระบบแลกเปลี่ยนไอออน

- การแลกเปลี่ยนไอออน (Service)
- การล้างย้อน (Backwash)
- การรีเจนเนอเรชัน (Regeneration)
- การชะล้าง (Rinse)

ปัจจัยต่างๆที่มีอิทธิพลต่อการแลกเปลี่ยนไอออน

- ปริมาณรีเจนเนอแรนต์
- ความเข้มข้นของรีเจนเนอแรนต์
- เวลาสัมผัสระหว่างเรซินและรีเจนเนอแรนต์
- ความลึกของชั้นเรซิน
- อัตราการไหล
- แร่ธาตุในน้ำดิบ

ส่วนประกอบของถังแลกเปลี่ยนไอออน

- ตัวถังบรรจุเรซิน
- ชั้นรองรับเรซิน
- ระบบกระจายน้ำเข้าและออก
- ท่อน้ำเข้าและท่อน้ำออก
- ท่อสำหรับรีเจนเนอเรชัน
- ช่องว่างเหนือชั้นเรซิน