

Raw material foresight

Solar Panel : Recycle to Reborn ตอนที่ 2

นายณัฐสิทธิ์ ศิลปอนันต์

ตอนที่ 1 ได้กล่าวถึงภาพรวมของการจัดการซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์หลังสิ้นสุดการใช้งานกันไปแล้ว ในตอนที่ 2 นี้ จะเป็นรายละเอียดกระบวนการในการรีไซเคิลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ที่พัฒนาโดย กพร. ในกระบวนการที่ (1) การคัดแยกแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การถอดแยกเบื้องต้น กระบวนการคัดแยกด้วยความร้อน และกระบวนการคัดแยกทางกายภาพ โดยรายละเอียดการคัดแยกในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

กระบวนการคัดแยกแผงเซลล์แสงอาทิตย์

ขั้นตอนที่ 1 การถอดแยกเบื้องต้น

เมื่อได้แผงเซลล์แสงอาทิตย์มาแล้ว สิ่งแรกที่ต้องทำคือการถอดแยกชิ้นส่วนเบื้องต้นออกก่อน ได้แก่ Junction Box และสายไฟ ที่อยู่ด้านหลังของแผงเซลล์แสงอาทิตย์ โดย Junction Box ส่วนมากเป็นพลาสติก ในขณะที่สายไฟจะมีส่วนผสมของทองแดงเป็นหลัก ซึ่งทั้งสองส่วนสามารถนำไปรีไซเคิลต่อได้ อย่างไรก็ตาม การรีไซเคิลสายไฟจะต้องทำอย่างถูกวิธี โดยเฉพาะการจัดการพลาสติกที่หุ้มสายไฟทองแดงอยู่ ต้องห้ามนำไปเผาในที่โล่งเนื่องจากจะก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศรวมทั้งเกิดสารก่อมะเร็ง ส่งผลกระทบต่อทั้งสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนอีกด้วย

ขั้นตอนที่ 2 การคัดแยกด้วยความร้อน

ภายหลังจากที่ทำการถอดแยกเบื้องต้นแล้ว ให้นำแผงเซลล์แสงอาทิตย์ไปอบทั้งแผงในเตาที่อุณหภูมิประมาณ 500 °C ซึ่งในกระบวนการนี้เองจะทำให้แผ่น Backsheet และกาว EVA ที่ยึดติดกระจกกับแผงซิลิกอนไว้ด้วยกันสลายตัว ส่งผลให้กระจก แผ่นซิลิกอน และลวดนำไฟฟ้า แยกเป็นชิ้นเล็ก ๆ และหลุดออกจากกรอบอะลูมิเนียม จากนั้นทำการแยกกรอบอะลูมิเนียมออกจากกระจกและแผงซิลิกอน ทั้งนี้กรอบอะลูมิเนียมสามารถนำไปขายเพื่อทำการรีไซเคิลต่อไปได้ แต่สำหรับ กพร. ได้นำกรอบอะลูมิเนียมที่ได้มาเพิ่มมูลค่า ซึ่งจะกล่าวถึงในตอนถัดไป



ภาพจาก <https://www.facebook.com/urbanore/photos/pcb.2745263098836018/2745262932169368/>

เมื่อทำการแยกกรอบอะลูมิเนียมออกแล้ว พบว่าสัดส่วนโดยประมาณขององค์ประกอบที่ได้คิดตามน้ำหนักสรุปได้ดังในตารางที่ 1

องค์ประกอบ	ร้อยละ (โดยประมาณ)
เศษกระจก	90
แผ่นซิลิกอน	7
ลวดนำไฟฟ้า (PV Ribbon)	2
แก้ว และ อื่น ๆ	1

ขั้นตอนที่ 3 การคัดแยกทางกายภาพ

เมื่อทำการแยกกรอบอะลูมิเนียมออกแล้ว จะนำเศษที่เหลือมาทำการคัดแยกโดยประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านการแต่งแร่ (Mineral Processing) ได้ เนื่องจากวิธีการแต่งแร่จะอาศัยความแตกต่างของคุณลักษณะทางกายภาพของแร่แต่ละชนิด เช่น ฮัมฟรีย์สไปรัล (Humphrey Spiral) สำหรับใช้แยกดีบุกออกจากทรายโดยอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะของดีบุกที่สูงกว่าทราย หรือการใช้แม่เหล็กไฟฟ้าในการแยกแร่เหล็กออกจากหินโดยอาศัยคุณสมบัติการติดแม่เหล็กของแร่เหล็ก เป็นต้น ทั้งนี้ หากพิจารณาลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของแผงเซลล์พลังงานแสงอาทิตย์ได้ ก็จะสามารถเลือกใช้เครื่องมือแต่งแร่ที่เหมาะสมเข้ามาคัดแยกได้เช่นเดียวกัน

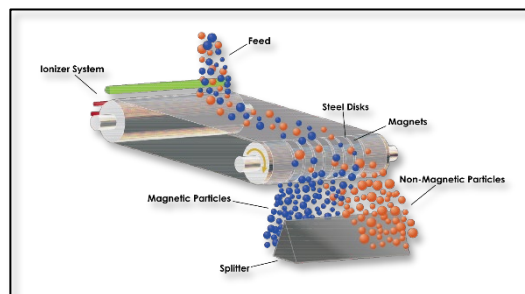


Humphrey Spiral

ที่มา Humphrey spiral <https://z4y6y3m2.rocketcdn.me/blog/wp-content/uploads/2016/03/spiral-concentrator.jpeg>



Magnetic Separator



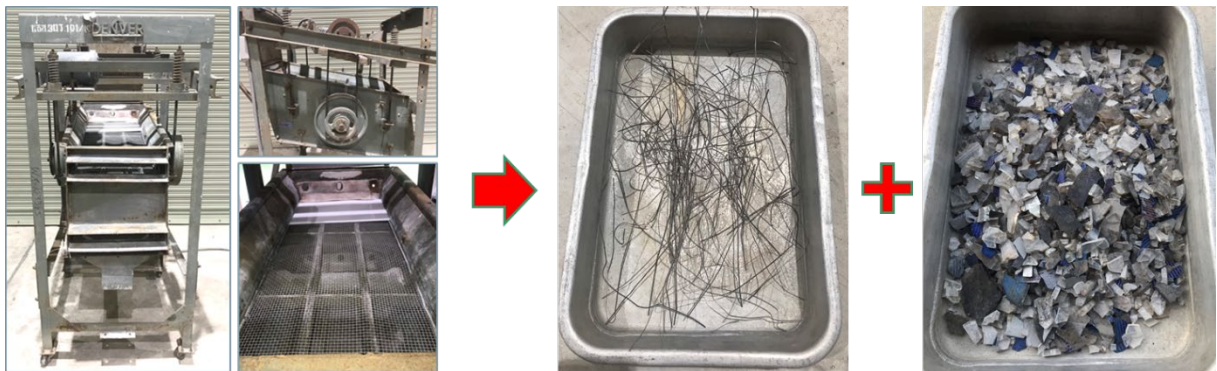
Magnetic Separation Diagram

ที่มา Magnetic Separator <https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5a7c53a2fe54ef417c92ef91/1546721551350-BML7Q3N246MGRSAM1KQJ/RARE-EARTH-ROLL-OPERATION-PRINCIPLE-IMSC-GROUP.png?format=2500w> และ <https://www.goudsmitmagnets.com/dam/jcr:70d51ab0-a5a2-465a-928b-93804e43fded/High-gradient-magnet.jpg>

ดังนั้น กพร. ได้ทำการพัฒนากระบวนการคัดแยกทางกายภาพสำหรับคัดแยกซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell Waste Particle Separation) ขึ้น ซึ่งสามารถคัดแยกและเก็บกระจกกลับคืนได้มากถึง 90% สามารถนำกลับไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมแก้วโฟลท์ (Float Glass) หรือฟริต (Frit) ซึ่งเป็นสารเคลือบในเซรามิกได้ ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถคัดแยกแผ่นซิลิกอนสะอาดที่ไม่มีกระจกหรือเศษลวดนำไฟฟ้าปน คืนได้ถึง 50% ซึ่งจะสามารถนำไปรีไซเคิลด้วยกระบวนการทางโลหวิทยาได้

ทั้งนี้ กระบวนการคัดแยกทางกายภาพมีรายละเอียดดังนี้

1. คัดแยกลวดไฟฟ้าออกโดยใช้ตะแกรงสั่น เนื่องจากลวดมีลักษณะเป็นเส้นตรง ในขณะที่กระจกมีลักษณะเป็นเม็ด แผ่นซิลิกอนเป็นแผ่น และถ้าเป็นผงละเอียด ตามลำดับ ที่มีขนาดโดยรวมเล็กกว่า 0.5 นิ้ว ดังนั้นการออกแบบตะแกรงคัดแยกจะต้องปรับให้ตะแกรงสั่นมีระยะชัก (Amplitude of Throw) ที่ต่ำ เพื่อลดโอกาสที่ลวดจะถูกโยนขึ้นแล้วตกลงผ่านรูตะแกรง และเลือกใช้แผ่นตะแกรงแบบเรียบ หรือตะแกรงเหล็กเจาะรู (Perforated) ขนาดรูตะแกรงประมาณ 1 นิ้ว



2. นำวัตถุดิบที่ไม่มีลวดนำไฟฟ้ามาคัดขนาดด้วยตะแกรงสั่น (Vibrating Screen) เพื่อแยกวัตถุดิบเป็น 3 ส่วน ดังนี้ กระจกสะอาดขนาดใหญ่กว่า 4.7 มิลลิเมตร (65%) กระจกปนแผ่นซิลิกอน ขนาด 2.4-4.7 มิลลิเมตร (30%) และกระจกปนแผ่นซิลิกอนขนาดเล็กกว่า 2.4 มิลลิเมตร (5 %) ซึ่งการกำหนดขนาดของตะแกรงเช่นนี้ มาจากผลการทดสอบการกระจายตัวของขนาด (Sieve Analysis) ของเศษกระจกปนแผ่นซิลิกอนที่ผ่านกระบวนการคัดแยกด้วยความร้อน ซึ่งพบว่า ที่ช่วงขนาดใหญ่กว่า 4.7 มิลลิเมตรขึ้นไป ไม่พบว่ามีแผ่นซิลิกอนปนอยู่กับเศษกระจกเลย และในช่วงขนาดระหว่าง 2.4 - 4.7 มิลลิเมตร แผ่นซิลิกอนกับเศษกระจกที่ปนกันยังมีรูปร่างและขนาดแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการคัดแยกในขั้นตอนสุดท้าย



กระจก
>4.7 mm.

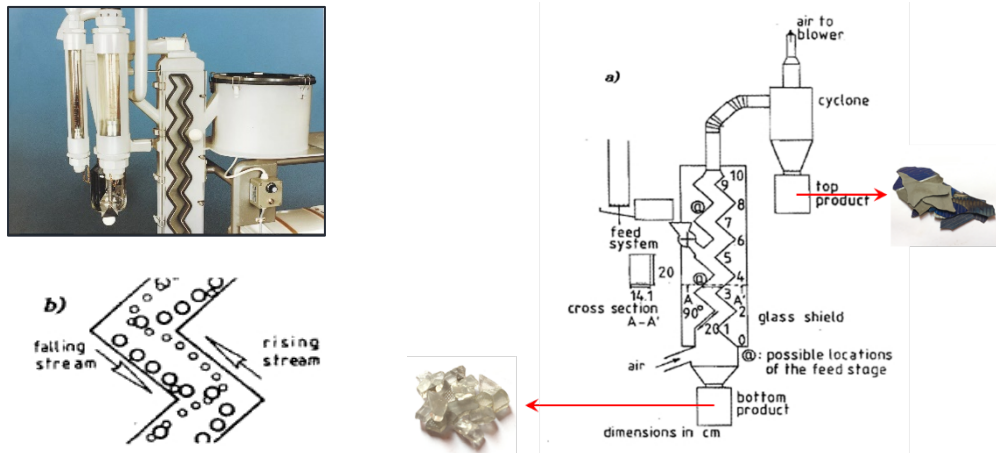


กระจก+silicon
2.4-4.7 mm.



กระจก+silicon
<2.4 mm.

3. คัดแยกกระจก (Cullet) และแผ่นซิลิกอน (Silicon Wafer) ที่เหลือออกจากกัน ด้วยเครื่องคัดแยกด้วยลมชนิดรางซิกแซก (Air Zigzag Classifier) ซึ่งเครื่องมือนี้อาศัยหลักการแยกวัสดุที่มีน้ำหนักหรือรูปทรงแตกต่างกันอย่างชัดเจนด้วยลมดูดที่สร้างขึ้นด้วยเครื่องดูดผ่านไซโคลนและรางซิกแซก โดยวัสดุจะถูกป้อนลงสวนทิศทางกับลมดูดขึ้นด้านบนของรางซิกแซก สำหรับวัสดุที่เบาหรือเป็นแผ่นบางจะเคลื่อนที่ขึ้นไปตามแรงดูด ส่วนที่หนักและมีรูปร่างกลมมนกว่าจะตกลงด้านล่างของรางซิกแซก



หลักการทำงานของ Air Zigzag Classifier

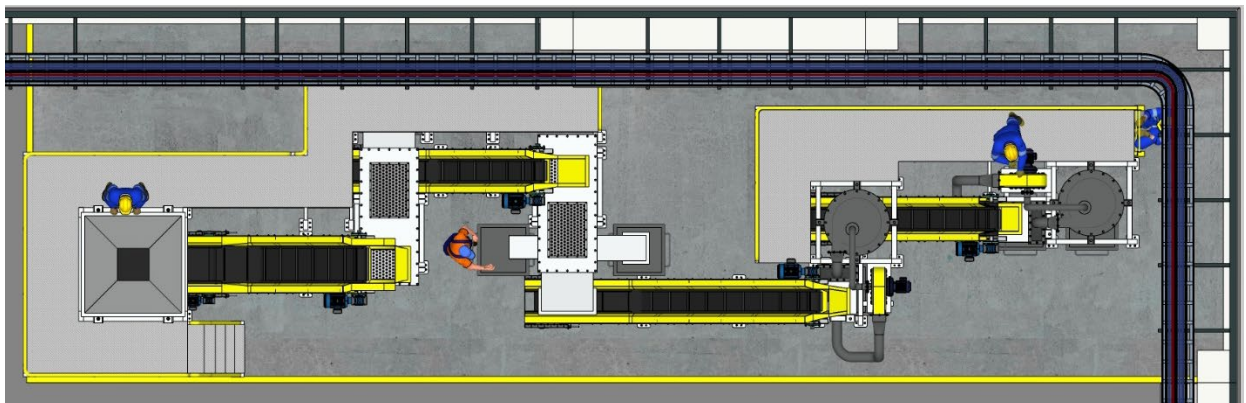
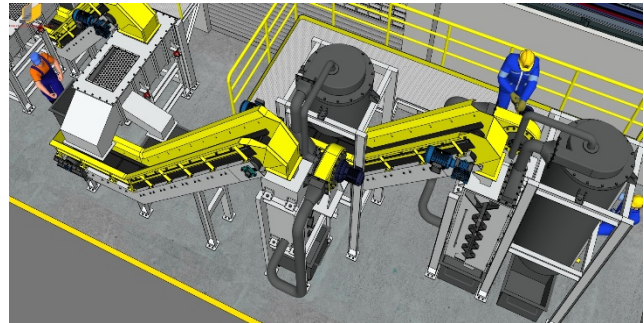
ที่มา <https://research.tue.nl/en/publications/the-separation-performance-and-capacity-of-zigzag-air-classifiers>

เนื่องจากแผ่นซิลิกอน ขนาด 2.4-4.7 มิลลิเมตร จะมีลักษณะรูปทรงเป็นแผ่นบาง ซึ่งจะแตกต่างจากเศษกระจกที่มีลักษณะเป็นเม็ดอย่างชัดเจน จึงเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการนำมาคัดแยกด้วย Air Zigzag Classifier สามารถคัดแยกกระจกที่มีความสะอาดได้ 100% (ไม่มีแผ่นซิลิกอนปน) คิดเป็นอัตราการเก็บกลับคืนกระจกได้มากถึง 90% สำหรับส่วนที่เหลือยังสามารถนำมาคัดแยกซ้ำด้วย Air Zigzag Classifier ได้ ซึ่งสามารถและเก็บกลับคืนแผ่นซิลิกอนเพิ่มได้อีกไม่น้อยกว่า 50%

เครื่องคัดแยกซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ต้นแบบระดับ Pilot

ปัจจุบัน กพร. อยู่ระหว่างดำเนินการออกแบบและคัดเลือกเครื่องจักรและอุปกรณ์แต่งแร่สำหรับการคัดแยกซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ในระดับโรงงานต้นแบบ (Pilot Scale) ที่มีกำลังการผลิต 1 ตัน ป้อนต่อชั่วโมง เพื่อติดตั้ง ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีรีไซเคิล กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ อำเภอลำปาง จังหวัดลำปาง เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการสาธิตและถ่ายทอดเทคโนโลยีทั้งภาคทฤษฎี และภาคปฏิบัติแก่ผู้ประกอบการนักลงทุนและผู้สนใจ สนับสนุนการขับเคลื่อนเศรษฐกิจหมุนเวียนของประเทศด้วยการทำเหมืองแร่ในเมือง (Urban Mining) เพื่อเปลี่ยนขยะเป็นทรัพยากรทดแทน

รายการเครื่องจักร
1. ถังป้อนตัวอย่าง
2. สายพานลำเลียง
3. ตะแกรงสั่นคัดแยกถั่ว
4. ตะแกรงสั่นคัดขนาด
5. Air Zigzag Classifier แยกกระจุก
6. Air Zigzag Classifier แยกแผ่นซิลิกอน



เครื่องจักรและอุปกรณ์แต่งแร่สำหรับการคัดแยกซากแผงเซลล์แสงอาทิตย์

จากกระบวนการที่ (1) การคัดแยกนี้ จะสามารถคัดแยกกระจุกที่มีความสะอาดสูงและนำไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในอุตสาหกรรมผลิตแก้วโฟลท (Float Glass) หรือสารเคลือบในเซรามิก (Frit) ได้ ทั้งนี้ สำหรับกรอบอะลูมิเนียม สามารถนำไปขายได้ทันที แต่ กพร. ได้นำกรอบอะลูมิเนียมมาใช้ร่วมกับซิลิกอนที่ได้จากการรีไซเคิลเพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมยานยนต์และก่อสร้าง ซึ่งจะกล่าวถึงในตอนต่อไป (สุดท้าย)

สำหรับในตอนหน้า จะเป็นตอนสุดท้ายอธิบายถึงรายละเอียดกระบวนการที่ (2) การรีไซเคิลแผงเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยกระบวนการทางโลหวิทยาที่พัฒนาโดย กพร. ซึ่งจะเป็นสามารถรีไซเคิลโลหะมีค่า เช่น เงิน ทองแดง และซิลิกอนกลับคืนได้ รวมถึงสารประกอบอื่น ๆ ที่สามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่อไปได้ อย่าลืมติดตามตอนจบกันนะ