

A HULLADÉKKÁ VÁLT NAPELEMPANELEK REINKARNÁCIÓJA

SZERZŐ: **VIDA ÁDÁM**, BAY ZOLTÁN KUTATÓINTÉZET, IPARI ANYAGTECHNOLÓGIAI OSZTÁLY



AZ EGYÁLTALÁN NEM BIZTATÓ JÖVŐ...

Bár esetenként még találkozni heves ellenvéleményekkel, mára túlnyomórészt elfogadott az a nézet, hogy bolygónk klímahelyzete valós idejű kérdés. Az egyik legfontosabb és leginkább komolyan veendő felismerés, hogy a lassacskán nyolcmilliárd főre hízó földi lakosság energia-, táplálék- és nyersanyagigényét a jelenlegi elrendezés nem tudja kiszolgálni; legalábbis fenntartható módon biztosan nem.

Gyakran találkozhatunk a kifejezéssel, miszerint feléljük és megöljük a bolygót a mindennapi tevékenységünkkel.

A helyzet komolyságának szemléltetése okán a média és egyes közszereplők olyan tartalmakat osztanak meg egyre nagyobb gyakorisággal, amelyekben szeméthegek, meleg víztől elpusztult állatok, égő kontinensek köszönnek vissza. Mindezek az egyénből jó esetben együttérzést, sajnálatot, esetleg dühöt váltanak ki, a kollektív tudat azonban még mindig nem elég érett ahhoz, hogy csoportszintű magatartássá formálja az egyének konkrét tetteit. Pedig erre lenne szükség, mert a tudomány jelenlegi állása szerint nagyon közel állunk a visszafordíthatatlanhoz.

...ÉS A LEHETSÉGES MEGOLDÁSOK

Természetesen jobbnál jobb próbálkozások és módszerek közül választhatunk, hogy a fent leírt forgatókönyvet fajunk szempontjából pozitív irányba átírjuk. Ezek jó áthidalást nyújthatnak arra az időszakra, amíg a szintén vázolt kollektív új magatartásforma kialakulhat – hiszen anélkül minden hiába.

Azonban az újító megoldásokról megfelelő hatásvizsgálatok szükségese annak mérlegelésére, hogy vajon segítenek vagy rontanak a helyzeten. A Földnek arra van szüksége, hogy csökkenjen az emberi létezés által termelt károsanyag-kibocsátás, ezért mérsékelni kell a fosszilis energiahordozókon alapuló energiatermelés mértékét, csökkenteni kell a belső égésű motorok emisszióján (akár azzal, hogy nem belső égésű motorra alapozzuk a jövőt), illetve lakossági szemléletformálást kell végezni az élelmiszer-gazdálkodás javaslatait követve, ami agrár- és vízgazdálkodási reformot is követel.

A Bay Zoltán-kutatóközpont munkatársai lassan egy évtizede foglalkoznak ezen kérdéskörökkel az életciklus-analízis, illetve a körforgásos gazdaság tematikáján belül. Ennek kapcsán több olyan európai uniós projektben is részt vesznek, amely hulladékkezeléssel, kritikusnyersanyag-kinyeréssel foglalkozik.

NAPELEM – ÉS AMIVÉ VÁLIK

Mivel a napenergia az egyik legkönnyebben implementálható megújulóenergia-forrás, a házakra szerelhető, illetve ipari napelemparkok mennyisége az előző évtizedben rohamosan nőtt. A technológia alapjául szolgáló szilícium a Föld egyik leggyakoribb eleme, így bőségesen megtalálható, a panelek hatásfokát pedig folyamatosan javítják, élettartamuk jól számolható és magas



(több mint húsz év). Azonban a körforgásos gazdaság kritikus nyersanyagokat érintő, illetve a hulladékgazdálkodással kapcsolatos kérdéseit feszegetve hamar felmerül a kérdés, mi lesz egy panelből az életciklusa végén.

Hogy ezt megértsük, vizsgáljunk meg egy átlagos napelempanelt a nyersanyagok és azok kinyerése szempontjából.

Az elhasználódás után begyűjtött panelekről lefejtik az alumíniumvázat, és megkezdődik a részegységek szétbontása. A részegységek négy csoportba sorolhatók:

- » védőüveg,
- » polimer,
- » fémek (elektromos csatlakozások, hővezetők stb.),
- » szilícium.

A hulladékfeldolgozás szempontjából ezt a négy alkotót külön kell kezelni, és törekedni kell arra, hogy a lehető legjobban szeparálni lehessen őket egymástól.

A panelek szétbontásának több technikája is megjelent már a szakirodalomban, azonban működő és gazdaságilag fenntartható modellt egyelőre nem sikerült felállítani, mert a feldolgozócégek többnyire a négy megjelenő anyagcsoportból csak egyre, ritkábban kettőre koncentrálnak.

A ReSiELP (**R**ecovery of **S**ilicon and other materials from **E**nd of **L**ife **P**hotovoltaic Panels) egy Horizon 2020-projekt, amelyben a Bay Zoltán-kutatóközpont is konzorciumi tag. Azt vizsgálja, hogyan lehet létrehozni egy olyan szétbontási technológiát, amely a zero

waste elvet követve a teljes beérkező panelt kezeli, és értékesíti a belőle kinyert anyagokat.

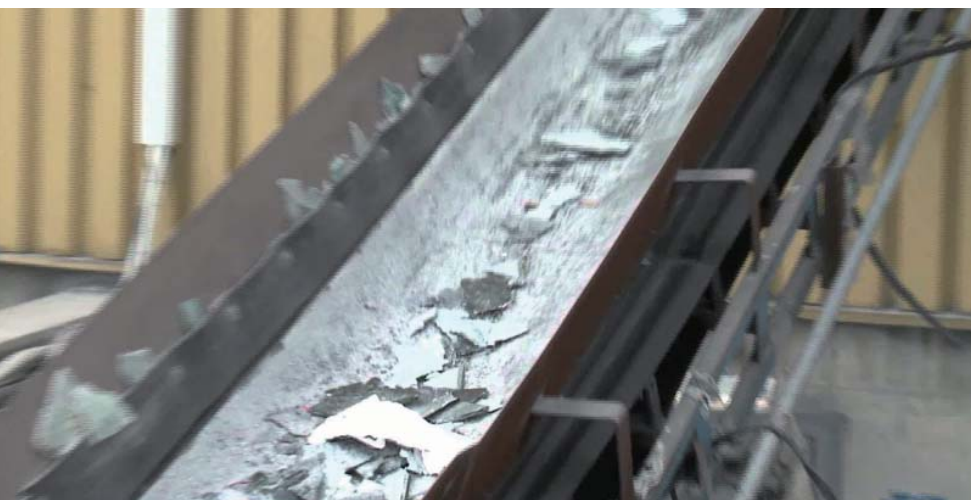
A projekt nemzetközi összefogással működik, amelyben olasz, osztrák és francia partnerek segítségével bontjuk darabjaira a begyűjtött, húsz évnél idősebb paneleket. A mi feladatunk kifejezetten a szilícium tisztítása, lehetőleg 6N, azaz 99,9999 százalékos tisztasági fokig (az ilyen szilícium újra napelemmé alakítható).

De mégis hogyan lehet egy húszéves, töredezett és koszos panelt ilyen tisztává tenni, és mi lesz a maradék három anyagcsaláddal? Vegyük végig pontról pontra, mi történik!

Az alumíniumkeret eltávolítása után egy speciálisan beállított hőmérsékletű és atmoszférájú kemencébe kerülnek a táblák, ahol adott időt töltenek el. A hőkezelés végén a kötő- és támaszanyagként használt polimer elég, az üveg elválik a szilíciumlapoktól, és a réz áramvezetékek is különálló egységként szeparálhatók.

Elsőként a rezet távolítják el, majd a polimer által hátrahagyott hamut kell eliminálni. Miután ez megtörtént, az üveg (szilícium-oxid) és a szilícium kettéválasztása következik. Mivel a két anyag sűrűsége, mérete és alakja nagyon hasonló, szeparálásuk nagy kihívást jelent a szakembereknek. A probléma megoldása több hónapot vett igénybe.

A kiválogatott üveget az olasz partner továbbadja a konzorcium másik tagjának, amely őrli és építőipari hasznosítást vizsgál, ezzel csökkentve az új anyagok szükségletét a szóban forgó iparágban. A szilíciumlapok felülete a következő front, amelyen dolgozni kell. Egyrészt a lapokon rengeteg a kritikus nyersanyag és nemesfém (réz és ezüst), de van rajtuk ón és ólom is, nem beszélve a számottevő alumíni-



umról. Ezeket kémiai módszerekkel távolítjuk el, majd az oldatban lévő féme- ket igyekszünk a legnagyobb hatásfok- kal visszanyerni és újrahasználni.

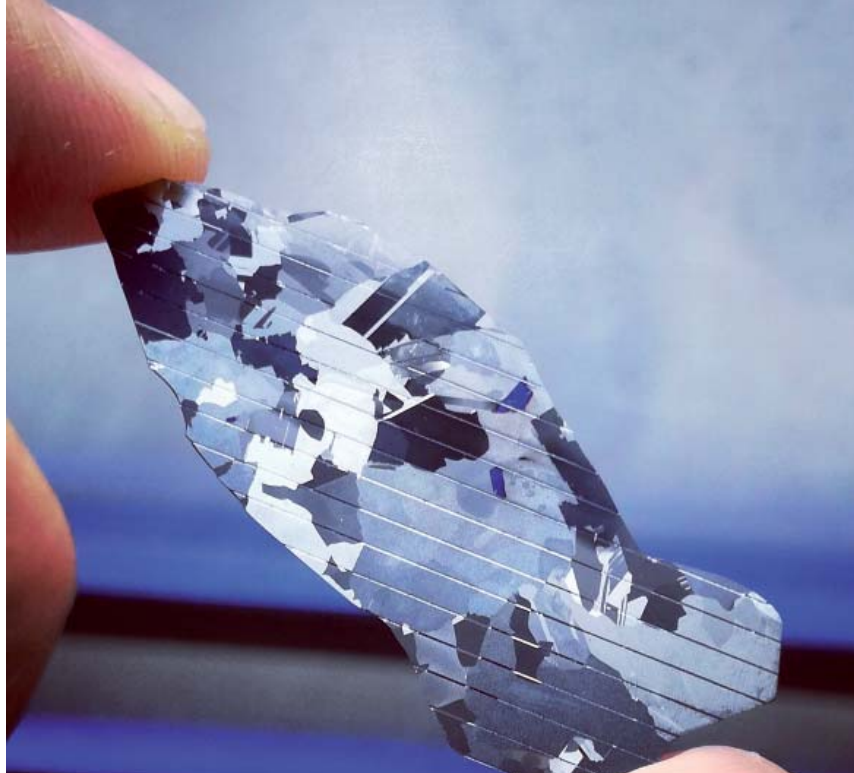
Ezen a ponton a panel darabjaira hul- lott, az üveg beépült egy következő iparágba, a féme- ket visszanyertük, a polimert pedig kontrollált és biztonság- os körülmények között elbontottuk, porát kitisztítottuk. Fókuszunk innentől az egyszeresen kezelt szilíciumlapra irányul, amely elvi síkon három részre bontható:

- » antireflexiós rétegre (főleg Si_3N_4),
- » szennyezett rétegre (P vagy B szennyezés),
- » tömbi szilíciumra (nagy tiszta- ságú).

Sajnos tisztítás nélkül ezt a szendvi- cset összeolvasztani nem tanácsos, hiszen a szennyezett rétegből száma- zó foszfor- (P) és bór- (B) tartalom túl magas ahhoz, hogy ebben az állapotá- ban újra napelem-minőségű szilícium legyen belőle.

Tisztítási procedúránk az évek alatt sokat fejlődött, hiszen hajdanán egy salakképzésen alapuló metallurgiai el- járással szerettük volna elérni a kívánt tisztasági fokot, viszont ma már egy nedves kémiai eljárással dolgozunk, amely során két lépésben kezeljük a lapkát. Az első lépésben az antireflexiós réteget kell eliminálni, hiszen alatta ta- lálható a szennyezett rész, ami az igazi problémát okozza. Bár ez technikailag kivitelezhető, mivel az Si_3N_4 a világ egyik legstabilabb vegyülete, ezért nem egyszerű rávenni a bomlásra. A fenti képen egy kezelt lapka törete látható, ahol a kék színű antireflexiós réteg már majdnem teljesen elbomlott, alatta pedig kirajzolódnak a szilícium- kristallitok.

A napelempanelkekhez használt szilí- ciumlapkák egy- vagy polikristályok le- hetnek, illetve van egy egykristálysze-



Egy kezelt lapka törete

rűnek nevezett változat is. Mivel a nitridbontás után a szennyezett réteg eltávolítása következik, a kristályálla- pot kérdése reflektorfénybe kerül. De miért is?

Ahhoz, hogy a szennyezett réteget eltávolítsuk, meg kell maratnunk a lap- kákat, azonban a szilícium esetében erős szelektív marást tapasztalunk a kristályorientáció függvényében. Ez azt jelenti, hogy bizonyos területek gyo- rábban, mások kevésbé maródnak az adott töménységű és hőmérsékletű marószert hatására. Ez a hatás akár tíz- ezerszeres különbséget is okozhat. Ez a kívánt kihozatal szempontjából nem jó hír; jelenleg is azon dolgozunk, hogy a szelektív marás hatását minimálisra csökkentsük.

Természetesen a tisztítóeljárások során több öblítést és desztillált vizes mosást alkalmazunk, fokozottan ügye- lünk a tisztaság megőrzésére, így igyekszünk elérni a kívánt 99,9999 szá- zalékos tisztasági fokot. A megtisztít- ott mintákat ezután továbbküldjük a következő partnernek, aki újraolvasztja, és egykristályt növeszt a néhai elhasz- nált lapkákból. Ez a tömb – a megfele-

lő minőség-ellenőrző lépések pozitív záródása után – a szeletelőbe kerül, és a szilícium újabb húsz-huszonöt évig szolgálhat egy következő panelben.

Így a történet önmagába zárul, his- zen a beérkezett elhasznált napelem- ből minden kinyerhetőt kivettünk, a ne- mesféme- ket, az üveget, a féme- ket érté- kesítettük, a szilíciumot megtisztítot- tuk, és továbbadtuk egy olyan gyárnak, amely a használt anyagból állítja elő az új lapkákat.

A problémakör ilyen komplex kezelé- se esetén az újrahasznosítási techno- lógia pozitív gazdasági szempontból, és megalapozhatja a jövőjét egy kelet- től nem függő új iparágban, amelynek vásárlói már a cikk elején említett kol- lektív tenni akarás szellemiségében vá- laszthatják ki új napelemüket.