

## Porbevonatok és a körkörös gazdaság

A cikkben a porbevonatok felhordása közben keletkező hulladékok képződését, újrahasznosítási lehetőségeit ismertetjük konkrét példákon.

*Tárgyszavak: porbevonat, gyártásközi hulladék hasznosítása, rPET, regranolás, szitálás, elektrosztatikus jellemzők, szemcseméret eloszlás*

### A porbevonat hulladék hasznosítása része a mikroműanyag szennyezés elleni küzdelemnek

A mikro- és a nanoműanyag hulladékok elleni küzdelem már régóta a figyelem központjába került, de eddig főleg a levegőben és vizekben levő szennyezésekkel foglalkoztak, a talajszennyezéssel kevésbé. Nemcsak az élettelen környezetben, de növényekben, állatokban, élelmiszerekben is kimutathatók. A mikroműanyagok eredete változatos, jöhetnek nagyobb műanyag tárgyak, textilek, gumik kopásából, de adalékként is szerepelnek sok termékben. Egy európai felmérés szerint évi 60 000–430 000 tonna mikroműanyag kerül a talajba, egy közös európai és észak-amerikai felmérés még nagyobb számokat mutat (110 000–730 000 tonna/év). Ennek a hulladékáramnak része (eddig nagyrészt fel nem tárt része) a porbevonatok hulladéka – amely egyébként önmagában nem toxikus. A probléma elhanyagolása részben annak köszönhető, hogy ezt a hulladékot többnyire a lerakókban helyezték el, mert azt feltételezték, hogy szivárgásveszély nincsen. Azonban ezek a műanyag szemcsék nem degradálódnak évszázadok alatt sem, és a lerakók záróképességét nem ilyen időtartamokra tervezték. Ez azt jelenti, hogy ez a mikroműanyag típus is akkumulálódik és idővel kiszabadul a lerakókból a környezetbe.

Az ausztráliai **Monash** egyetem munkatársai megvizsgálták a mikroműanyag szennyeződés jellegét és mértékét a talajban, valamint a talajszennyezés hatását magára a talajra és az élővilágra. A vizsgálat különös gondot fordított a hulladéklerakókból származó talajmintákra, a legszennyezettebb minta kb. 7% mikroműanyagot tartalmazott. A por alakú szennyezés 40–50% műanyagot tartalmazott, a többi nagyrészt ásványi anyag volt (pl.  $\text{TiO}_2$  vagy bárium-szulfát). A modern porbevonatok mérettartománya 2–50  $\mu\text{m}$ . A műanyag port fém szerkezetek felületére szórják, majd megolvastják, hogy egyenletes bevonatot alkosson. Természetesen a szórás során nem minden szemcse marad meg a tárgy felszínén, és töredékek is képződnek – le egészen mikron alatti vagy nano-méretekig. A lerakókba juttatott hulladék kevésbé lenne veszélyes, ha hőkezeléssel a porszemcséket összetapasztanák, de mivel ez többletköltséget jelent, a legtöbb felhasználó magát a porszennyeződést adja le hulladékként. Az iparág becslése szerint 2020-ban világszerte mintegy 800 000 tonna ilyen finomszemcsés hulladék keletkezett. Jó okunk van feltételezni, hogy a kültéri körülményekre optimalizált összetételű porbevonatok hulladékai még hosszabb ideig változatlanok maradnak a környezetben, mint az egyéb, általános célú műanyagok. Ha a lerakók fala megsérül, ezek a porok is kikerülnek a környezetbe és pl. a vizek mentén sokkal távolabbra is eljuthatnak. Az ausztráliai kutatás azt mutatja, hogy pl. már csak a  $\text{TiO}_2$  tartalom miatt is érdemes begyűjteni és újrahasznosítani ezeket a hulladékokat.

## **A Powdura ECO cég újrahasznosított PET port használ bevonataiban**

A porbevonás jelentős helyet foglal el a felületkezelésben. Nem használ oldószert (nincs VOC = illékony szerves anyag), kicsi az energiaigény, és a fel nem szórt felesleg viszonylag könnyen begyűjthető és hasznosítható. Sherwin Williams, a **Powdura ECO** cég tulajdonosa most azzal próbálja meg tovább javítani a porbevonatok környezetbarát jellegét, hogy reciklált PET-et (rPET) von be a porbevonat formulázásába. Egy kilónyi porbevonatba kb. 30 vizes palacknak megfelelő reciklátum épül bele, ami különben a környezetet szennyezné. Pontosán meghatározták, hogy mennyi adalékot visel el a termék anélkül, hogy a szabványokban előírt jellemzői romlanának, és ezt 25%-nak találták. Ilyen adalékmennyiség mellett a színtartósság és oldószerállóság megfelelő. A piacra hozott termékek között van olyan, amely poliészter triglicidil izociananurátot (TGIC) tartalmaz, és van olyan is, amelyik nem, de vannak epoxi-poliészter hibrid formulák is. Az összetételeket úgy választották meg, hogy a felhasználóknak ne kelljen semmit változtatni a feldolgozó berendezéseken, vagyis a hagyományos poliészter alapú porbevonatokat használó cégek könnyen átállhatnak a környezetkímélőbb rendszer felhasználására. A termékeket mind a nagy OEM felhasználók, mind a kisebb műhelyek könnyen alkalmazhatják. Belső és külső alkalmazások egyaránt számításba jönnek, mint pl. kerti bevonatok, közlekedés, különböző használati tárgyak és építőipari termékek, gyakorlatilag bármilyen fémalkatrész bevonására. Kültéren is legalább egy évig megtartják színüket. Az epoxi-poliészter kombinációk nagyobb berendezések, hivatali bútorok vagy raktári berendezések bevonására alkalmasabbak. A környezetbarát nyersanyagok felhasználása azoknak a cégeknek is előnyös, akik termékeiket vásárolják, mert ezzel különböztethetik meg magukat és szerezhetnek versenyelőnyt. A végfelhasználók is egyre környezettudatosabbak, ezért szívesen vesznek olyan terméket, amely megkülönböztető jelzést, tanúsítványt visel.

## **Az Innovakote cég támogatást kap 2500 tonna porbevonat újrahasznosítására**

A 2020-ban alapított **Innovakote** cég (Michigan állam, USA) 273 000 USD támogatást kapott a helyi környezetvédelmi hatóságoktól, hogy több ezer tonna, eddig lerakóban elhelyezett vagy elégetett porbevonat hulladékot hasznosítson. A pénzt egy olyan berendezés megépítésére fordítják, amely a begyűjtött hulladékot 100%-ban új porbevonat alapanyaggá konvertálja. Ezzel nemcsak a hulladék mennyisége csökken, hanem a karbonlábnyom is, hiszen nem kell annyi nem megújuló nyersanyagot felhasználni a bevonatokhoz – ezzel támogatva a körkörös gazdálkodás megvalósítását. A vállalkozás helyi munkaerőt foglalkoztat, és a hasznosítási hányad a kiindulási 15%-ról 2025-re 30%-ra, később 45%-ra növelhető.

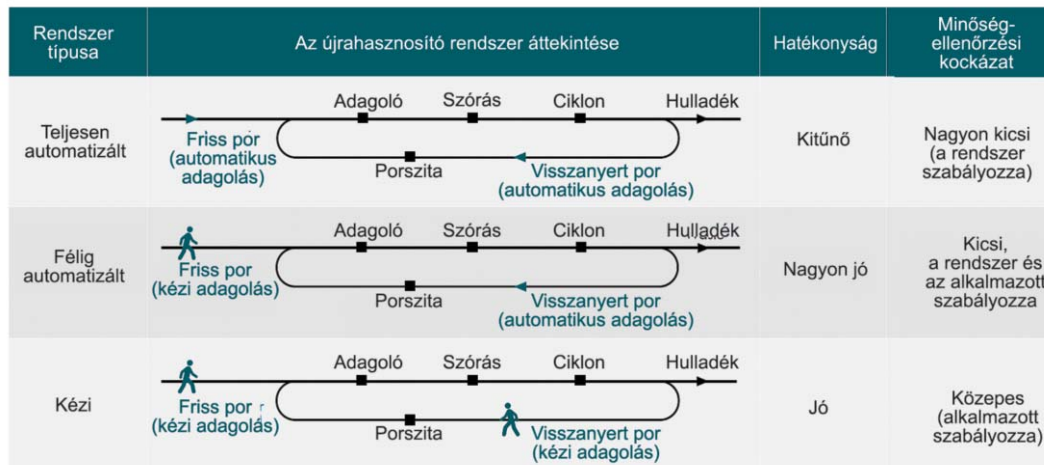
A cég technológiája arra alapul, hogy a porbevonat hulladékát újra extrudálja és a vevők igényeinek megfelelő tulajdonságú és színű terméket készít belőle. A cél az, hogy lehetőleg semmilyen porbevonat hulladék ne kerüljön a lerakókba. Egy 2020-as becslés szerint globálisan mintegy 900 000 tonna porbevonat hulladék került lerakókba, csak az USA-ban kb. 150 000 tonna. Ennek eredete különböző lehet: a szórás során keletkező felesleg, lejárt, selejtnek minősülő vagy egyéb anyagok. Az újrahasznosítás előtt ezeket a hulladékokat megvizsgálják, tisztítják és vevői specifikációknak megfelelő mennyiségben használják fel az új termékek gyártásánál. A cél természetesen a minél nagyobb reciklátum tartalom, ami 95%-ot is elérhet. A kezelés jellege és mértéke függ attól, hogy milyen a bejövő anyag minősége. A legegyszerűbb eset az, amikor egyszínű hulladék van, amit az eredeti színné akarnak feldolgozni. Ilyenkor elég szitálni, ez után jön a keveréssel történő homogénizálás, az újraextrudálás, majd porrá őrlés és méret szerinti

osztályozás (szitálás). Ha azonban változtatni kell a színben, a felületi fényességen, a felület textúráján, akkor más anyagokkal is kell keverni és úgy visszaküldeni a gyártási láncba, amelyet fentebb ismertettünk. A legtöbb esetben az Innovakote-hoz érkező hulladék többféle komponensből áll (többféle szín, többféle felületi textúra). Ha csak így szórnák fel őket újra, a bevonat foltos lenne. Az újrafeldolgozás során alkalmazott homogenizálási eljárásokkal ezek a foltok eltüntethetők. A legjobban eladható termékek természetesen azok, ahol az eredeti színben az eredeti célra használják fel a reciklált terméket. Az ilyen komponensek beépítése a termékbe a végterméket árusító cégeknek is fontos, mert jelzi a vevők felé környezettudatosságukat. Az, hogy adott terméket hányszor lehet ilyen módon újra hasznosítani, függ az anyag összetételétől és az alkalmazás jellegétől, de általában többször. Noha vannak olyan cégek, amelyek maguk is használnak berendezéseket a házon belüli gyártásközi hulladék begyűjtésére és hasznosítására, de ha pl. sokszor kell színt váltani és lassan ürül ki a régi szín a tárolóban, vagy ha a szórás során a bevonat olyan változásokat szenved, hogy már nem esik bele a specifikációba, akkor az adott vállalat szívesebben bízna a hasznosítást más, erre specializálódott cégekre.

### A Dulux cég tanácsai az üzemben belüli gyártásközi hulladék hasznosítására

A főként Ausztráliában és Új-Zélandon tevékenykedő porbevonat gyártó, a **Dulux Powder Coatings** egy brosúrát bocsátott ki azzal kapcsolatban, hogy hogyan lehet a gyártásközi hulladékot hasznosítani. A porbevonatok egyik előnye más festékekkel, bevonatokkal szemben az, hogy a szórás során az első körben nem tapadó bevonat akár 95%-a is begyűjthető és hasznosítható, ha a rendszert erre felkészítjük és optimalizáljuk.

Az 1. ábra mutatja változatosan a különböző mértékben automatizált megoldásokat.



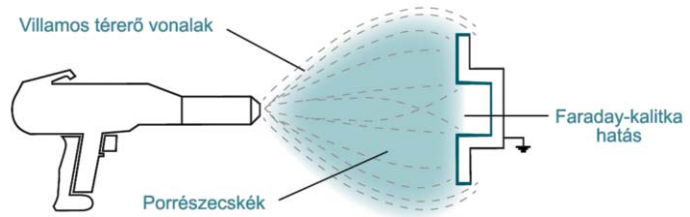
1. ábra. A különböző mértékben automatizált megoldások a porbevonat szórásnál keletkező hulladék hasznosítására. (Forrás: Dulux Powder.)

Tekintettel arra, hogy a visszanyert por szemcsemérete kisebb, mint a kiindulási anyagé, vigyázni kell arra, hogy a friss és a visszanyert anyag megfelelő arányban kerüljön felhasználásra és ellenőrizni kell a szemcseméret eloszlást. A kisebb méretű por elektrosztatikus jellemzői mások, ezért, ha túl sok visszanyert port teszünk a friss mellé, a bevonat kinézete negatívan változhat a beállított technológiához képest. Teljesen automatizált rendszerek esetében ez nem jelent problémát, de ha kézi adagolást alkalmazunk, ügyelni kell arra, hogy szabályozott időközönként adjuk a rendszerhez az újrahasznosított port és annak aránya a frisshez képest nem lehet nagyobb, mint 1:4.

Ha túl sok újrahasznosított port adunk a rendszerhez, a következő problémák léphetnek fel:

*A por nem hatol be a mélyedésekbe*

Ezt Faraday-kalitka effektusnak is nevezik, amikor a töltött részecskék megtelepednek a mélyedés szélén statikus teret képeznek és meggátolják a többi részecske behatolását az üreg belsejébe (lásd a 2. ábrát).



2. ábra. A Faraday-kalitka hatás kialakulása elektrosztatikus szórásnál, ami megakadályozza a por behatolását bemélyedésekbe, üregekbe.

*Csökkenő tapadás*

Normál esetben az elektrosztatikusan a fémfelületre szórt por elég erős adhéziót mutat a szubsztátumhoz ahhoz, hogy ne hulljon le róla, amíg odaviszik a beégető kemencéhez, ahol a műanyag-szemcsék összeolvadnak, és egyenletes, erősen tapadó bevonatot képeznek. Ha túl sok a finomszemcsés por, előfordulhat, hogy a bevonat egy része lehullik, mielőtt még beteszik a kemencébe.

*Csökkenő hatékonyság*

Általában a felszórt por mintegy 70%-a rátapad a bevonandó tárgyra, ha a szórás körülményei jól vannak beállítva. Ha azonban az újrahasznosított por aránya túl nagy, ez a hatékonyság az eltérő elektrosztatikus viselkedés miatt romolhat.

Mindezek eredményeként előfordulhat, hogy a mélyedésekbe nem hatol be a por, vékonyabb és egyenetlenebb bevonat képződik. Az is előfordulhat, hogy az újrahasznosított porban levő nagyobb szennyezések látható hibákat okoznak a bevonaton – de ennek veszélyét jelentősen csökkenteni lehet, ha a begyűjtött gyártásközi hulladékot gondosan szitálják (a javasolt szita lyukátmérő 150 µm).

*Gyöngyház fényű bevonatok újrahasznosítására vonatkozó tanácsok*

Különösen oda kell figyelni az újrahasznosított por visszaadagolására gyöngyház fényű bevonatok esetében. A 3. ábra mutatja be a különböző bevonatok viselkedését.

A kevert típusú bevonatok esetében azért van szükség különös gondosságra, mert az újrahasznosított por általában a megszokottnál több gyöngyház fényű pigmentet tartalmaz. A ciklon

Összetétel	Állandó fényű bevonat	Gyöngyház fényű – kötött/kinetikus	Gyöngyház fényű – kevert
Leírás	Az állandó fényű bevonatok nem tartalmaznak gyöngyház fényű vagy fémes pigmentet	A kötött vagy kinetikus bevonatok tartalmaznak gyöngyház fényű és/vagy fémes pigmentet, amelyek hozzá vannak kötve a porrészecskékhez	A kevert porbevonatok esetében az állandó fényű bevonathoz gyöngyház fényű és/vagy fémes pigmentet adnak majd egy bolygó keverőben (tumbler) alakítanak ki olyan keveréket, amely gyöngyházfény hatást mutat
Minőségellenőrzési kockázat	Kicsi	Kicsi - közepes	Nagy
Újrahasznosítási tanács	A gyártásközi hulladék por maximális mennyiségben hozzáadható a friss porhoz	A gyártásközi hulladék por kötött bevonatok esetében általában maximális mennyiségben hozzáadható a friss porhoz	A gyártásközi hulladék por a kevert bevonatok esetében csak nagy óvatossággal használható fel

3. ábra. A különböző porbevonatok viselkedésének összehasonlítása.

hajlamos arra, hogy a finom gyöngyház fényű pigment szemcséket jobban eltávolítsa – ezért az effektus megváltozása minőségi problémákat okozhat.

Összeállította: Dr. Bánhegyi György

Gianello R., Bhattacharya S.: Powder coating: an unacknowledged waste stream = Sustainability matters, 2020. augusztus,

<https://www.sustainabilitymatters.net.au/content/waste/article/powder-co...>

Pasion C.: Powder Coating with Recycled Plastic = Plastics Technology, 2022. május,

<https://www.ptonline.com/blog/post/powder-coating-with-recycled-plastic-2>

A Circular Solution for the Powder Coatings Industry = PCI Magazine, 2020 március,

<https://www.pcimag.com/articles/107138-a-circular-solution-for-the-pow...>

Innovakote Receives Grant to Recycling 5M Lbs. of Powder Coating = Finishing and Coating, 2021. március,

<https://finishingandcoating.com/index.php/powder-coat/572-innovakote-...>

Recycling (reclaiming) Powder Coat Overspray,

[https://duluxpowders.com.au/wp-content/uploads/2021/04/Dulux\\_Powder\\_Technical\\_Advice\\_Brochure\\_Recycling\\_Powder\\_Coat\\_Overspray\\_03\\_21.pdf](https://duluxpowders.com.au/wp-content/uploads/2021/04/Dulux_Powder_Technical_Advice_Brochure_Recycling_Powder_Coat_Overspray_03_21.pdf)