

Védekezés a sztatikus töltések ellen

A sztatikus töltések kialakulása sok műanyag-feldolgozási és nyomtatási folyamatot zavar, ezért kiküszöbölésük javítja a termékek minőségét és csökkenti az üzemzavarok számát. Jelen cikkben a különböző feldolgozási módoknál jelentkező problémákat, azok kiküszöbölésének módját, néhány, ezen a területen bevezetett újdonságot ismertetünk és végül a kémiai antisztatikumok különböző típusait ismertetjük.

Tárgyszavak: fóliagyártás, fröccsöntés, anyagszállítás, sztatikus töltések, ionizátor, koronakezelés, antisztatikumok

A triboelektromos folyamatok során, amikor két eltérő anyag érintkezik egymással, és még inkább, ha folyamatosan súrlódik egymáson, töltések kerülnek át az egyik anyagról a másikra, és ha egyik anyag sem jó vezető és nincs földelve, a töltések helyben maradnak és komoly potenciáskülönbség alakul ki az érintkező felületek között. Az ellentétes töltésű felületek vonzzák egymást, ami pl. fólia-összetapadást okozhat, vagy megzavarhatja a nyomtatás folyamatát (elmosódott mintázat stb.). Ha a dolgozók szigetelő talpú cipőt használnak, a sztatikusan töltött felülethez közelítve áramütést szenvedhetnek, ami ugyan nem életveszélyes (a sztatikus kisülés jellemzője a nagy feszültség és a rövid idejű, kis áram), de kellemetlen és akár munkahelyi balesetet is okozhat. Emiatt nagy energiát fordítanak a sztatikus töltés kialakulásának elkerülésére és a már kialakult töltések elvezetésére vagy semlegesítésére.

Sztatikus töltések kialakulása és semlegesítése különböző műanyagipari műveletek esetében

A Brit Műanyag szövetség (BPF) egy, a sztatikus töltések kiküszöbölésével foglalkozó **Meech** nevű cég által szponzorált online brosúrában nagyon jó áttekintést ad azokról a területekről, ahol a sztatikus töltések komoly zavarokat okozhatnak. Ezek jellegükben három csoportba oszthatók: a por rátapadása a felületre, folyamatszabályozási és minőségi problémák, és a dolgozókat érő áramütések. Ami az érintett feldolgozási területeket illeti, az extrúzió mellett ott van a fröccsöntés, az üreges test fűvás, a termoformálás, a rotációs öntés, az anyagszállítás és begyűjtés, valamint az összeszerelés is.

A por felületre tapadása a szigorodó minőségi követelmények miatt egyre nagyobb problémát jelent a nagy selejtszázalék miatt, különösen az élelmiszeriparban, az orvostechikában, a gépkocsik és a fehérárúk festésénél. Az élelmiszercsomagolásnál az utóbbi időben az ionárammal történő semlegesítésnél a levegő használatát is korlátozták, nehogy az áramló levegő más idegen szennyezést sodorjon a semlegesítendő területre.

Ami a folyamatszabályozási problémákat illeti, a sztatikus töltések által okozott összetapadások működési zavarokat okozhatnak, és adott esetben a feldolgozó vagy szállító eszközöket jóval lassabban kell működtetni, mert a nagyobb sebességű érintkezés növeli a sztatikus töltések kialakulásának veszélyét.

Ezután röviden tekintsük át, hogy milyen problémákat okozhat a sztatikus töltés az egyes feldolgozási módszerek esetében. A fröccsöntésnél, ha kis tárgyakat fröccsöntünk, a termék a sztatikus töltések által okozott vonzás miatt rátapadhat a szerszámba, ami újra zárásakor gondot okoz vagy akár meg is kell szakítani a folyamatot a darab eltávolításához. Megoldást jelenthet, ha ionizált levegőt áramoltatunk át a szerszám felületén vagy a két szerszámfél között.

Az üreges test fűvásnál, ha több extrudált előformát (parison) ejtünk párhuzamosan elhelyezett szerszámokba, az azonos sztatikus töltést hordozó darabok taszítják egymást, és nem teljesen függőlegesen jutnak be a szerszámokba, ha pedig csak egy előformát használunk, az hozzátapadhat a szerszámhoz. Pulzáló

egyenáramú ionizátort használva légáram nélkül is jól lehet semlegesíteni a sztatikus töltéseket – ez különösen vékony falú előformák esetében fontos, amelyek a legcsekélyebb légram hatására is deformálódhatnak.

A rotációs öntést, amely műanyagporokból indul ki és a forgó szerszám falán történik az olvadás és alakadás, elsősorban nagy üreges testek (szemeteskukák, kerti bútorok, szabad téri játékok stb.) előállítására használják. A nagy felületek miatt a sztatikus töltődés veszélye komoly és a kész darab eltávolításakor fájdalmas kisülések keletkezhetnek. A megoldást itt is vagy egy megfelelően nagy teljesítményű ionizáló légbefúvó, vagy ionizáló levegőpárna alkalmazása jelenti.

A vákuum és termoformázásnál a feldolgozott fólia letekerésekor is felgyűlik a sztatikus elektromosság, ami port vonz magához a levegőből és az rögzül a feldolgozott minta felszínén. Ezen az oldalon ionizált levegő áramoltatása ajánlott. A megformázott elemeken is lehet sztatikus töltés, amelynek semlegesítésére pulzált egyenáramú rudak használhatók.

Ha a kész műanyag tárgyakat szállítószalagon továbbítjuk és hűtjük, a súrlódás miatt megint komoly sztatikus töltés felhalmozódásra számíthatunk – mind a szállítás során, mind, amikor a lehűlt darabokat eltávolítjuk és egy gyűjtőedénybe vagy kocsiba helyezük. Ez nemcsak áramütést okozhat, de a por adhéziója is esztétikai és egyéb problémákat okoz. A töltött termékek hajlamosak hozzátapadni a szállítószalaghoz, és nem a kívánt helyre esnek. Itt is pulzált egyenáramú rudak vagy ionizált levegő fúvókák használhatók. Hasonló megoldás javasolható olyan szállítószalagok esetében, amelyekkel műanyag palackokat továbbítunk pl. csomagoláshoz, töltéshez. Az ionizálók arra is alkalmasak, hogy a szállítószalag mellett dolgozó munkások ruházatát semlegesítsék.

A pulzált egyenáramú rudakat javasolják olyan szerelőszalagok esetében is, ahol kis műanyag alkatrészeket szerelnek össze, hogy megakadályozzák az alkatrészek egymáshoz és a szerelőszalaghoz való tapadását.

A vibrációs elven működő por- vagy granulátumadagoló egységek esetében is fokozottan fennáll a sztatikus töltődés, eltömődés, pontatlan és ingadozó adagolás veszélye, ahol ismét a pulzált egyenáramú rúd vagy az ionizált levegőfúvó egységek alkalmazása javasolt.

A szerszámon belüli fóliával történő dekorálásnál a dekorfólia fel tud töltődni, és esetenként nem megfelelően tapad fel a szerszám falára még akkor sem, ha vákuum-rásegítést alkalmazunk. Erre megoldást jelenthet, ha egy robottal vesszük fel a fóliát és azt a behelyezés során egy ionizált téren visszük keresztül.

Extrudált termékek esetében a forró, extruderből kijövő termék (sokszor még a hűtés után is) erősen töltött, ami por és sorjaszennyeződést okoz, amit megfelelően elhelyezett ionizált levegőfúvók alkalmazásával lehet csökkenteni.

Az újrafeldolgozás során is gyakran kell műanyag darabokat pneumatikusan továbbítani pl. feldolgozó gépekhez, gyűjtőkhöz, ahol a fallal való súrlódás miatt erős töltődés várható. Ez beboltozódást, csökkenő átmérőt, eltömődést okozhat. Ilyenkor olyan csőszakaszokat szoktak alkalmazni azok előtt a helyek előtt, ahol az eltömődés tipikusan kialakul, amelyekben erős helyi ionizációt alakítanak ki a felületi töltések semlegesítésére.

A festés vagy bevonás előtt a műanyag alkatrészeket levegőárammal szokták a portól megtisztítani, ami kisebb tárgyak esetében működik is, nagyobb tárgyak esetében azonban irányított ionizált levegőáram alkalmazása javasolt.

Újdonságok a sztatikus töltések elleni védelem területén

Az amerikai **LMI Packaging** cég, amely nyomásérzékeny ragasztóval ellátott felületű dekorfóliákat gyárt, a **Vetaphone** cég által gyártott koronakisüléses kezelőegységeket használ a megfelelő minőség biztosítására. A dekorálásra egy flexográfás nyomtatót használnak, amelyben akár 11 szint is használnak szigorúan meghatározott feltételek mellett. A cég tapasztalata szerint a korábban alkalmazott antisztatizáló eszköz nem volt 100%-osan megbízható, különösen nyáron, amikor nagy volt a levegő nedvességtartalma. A karbantartás sem volt könnyű, nehezen lehetett hozzáférni a tisztítandó területhez. A **Vetaphone** berendezései megbirkóznak a nedves levegővel is. A tápegység elkülönül a kezelőegységtől, és a beindítást

is lassan végzik az *iCorona* generátoron, ezért az esetleges kicsapódás sem okoz leállást vagy korróziós problémákat. A koronakezelő egységeket hozzáigazították a flexográfás nyomtatóhoz, ezért könnyebbé vált a berendezések cseréje, tisztítása, karbantartása is (1. ábra). A berendezés egyaránt alkalmazható bizonyult PET és BOPP fóliákhoz.

Ahhoz, hogy hatékonyan védekezzünk sztatikus töltések ellen, meg kell határozni a töltődés helyét és mértékét. Erre szolgált többek között az **Exair** cég 7905 típusú digitális, kézi töltésmérő berendezése. A műszer ± 20 kV feszültséget tud kimutatni kb. 2,5 cm (1 hüvelyk) távolságból. Mérés előtt a műszert nullázni kell, majd fokozatosan közelíteni a vizsgálni kívánt területhez. A mért értéket egy LED kiejelő mutatja. A mérés pontosságát a Mérésügyi Hivatal igazolja, és CE minősítése is van.

Vannak esetek, amikor direkt hoznak létre sztatikus töltéseket, pl. szerszámon belüli fóliadiszításhoz vagy tasakgyártásnál, ahol ideiglenesen akarnak egy fóliát adott felületen rögzíteni. Erre szolgál a **Fraser Anti-Static Techniques Ionfix** sztatikus töltés generátorai. Az *Ionfix Compact* egy 30 kV-os generátor 20 W teljesítménnyel, a feszültségtartomány 20 és 30 kV között állítható. 24 V-os egyenáramú és 250 V-os 50 vagy 60 Hz hálózati feszültségen működő váltóáramú változat is kapható belőle. Ezt az ideiglenes rögzítési módot egyre gyakrabban használják, mert gyors, egyszerű és megbízható.

A holland **Simco** cég antisztatizálóval egybeépített légekéseket (air knife) gyárt, amelyek egyszerre tisztítanak és antisztatizálnak. A *Performax IQ Easy* olyankor tesz jó szolgálatot, ha légekésnek mozgathatónak kell lenni (pl. robothoz kapcsolt egység). A berendezés 24 V feszültséggel működik, és többféle hosszúságban rendelhető: 150, 310, 460 és 610 mm, de egyedi kérésre ennél nagyobbakat is gyártanak. A maximális munkatávolság 3000 mm, ezen belül képes a por és egyéb szennyezések eltávolítására és a sztatikus töltések semlegesítésére. A K 2022 kiállításon a cég bemutatta *Typhoon* típusú légekését is *EP-Sh-N* és *P-Sn-N-Ex* antisztatizáló rúddal kombinálva (2. ábra). A légekések extrudált alumíniumból készülnek, amelybe szerelőhornyokat marnak.



1. ábra. A Vetaphone koronás kezelőegysége az LMI Packaging cég flexográfás nyomtatógépén (Forrás: Vetaphone).



2. ábra. A Simco cég által gyártott légekés (Forrás: Simco).

Ez lehetővé teszi, hogy a kés teljes szélességében egyenletes légáramot biztosítsanak. Az *EP-Sh-N* antisztatikus rúddal kombinált *Typhoon* légkéshez *A2A7M* típusú tápegységet adnak, amelyben van egy további 12 V-os feszültségforrás a légnyomás érzékelő csatlakoztatásához. Veszélyes környezetben a *Typhoon* légkéshez a *P-Sh-N-Ex* antisztatikus rudat ajánlják.

A **Baldwin** cég a K 2022 kiállításon többféle koronakezelő és felülettisztító technológiáját is bemutatta, közte a *Film Cylinder Cleaner* (fóliahenger tisztító) és a *Corona Slim/Extrude* (koronakezelő extruderhez) berendezéseket. Az első a fóliaextrúziónál használt hengereket tisztítja egy textilhenger segítségével, amely megnöveli az extrúzió szélességét. Ehhez csatlakozik egy automatikus tisztítószer adagoló egység, amely a megfelelő mennyiségű tisztítószerrel juttatja a textilhenger felületére. A 3000 és 6000 mm szélességben kapható tisztítóberendezés érintőképernyős vezérléssel érkezik, ami megkönnyíti a kezelést eltérő tisztítási módok esetén is. A tisztítás automatizálása csökkenti annak a veszélyét, hogy a henger megsérüljön, növeli a működtetők biztonságát, javítja munkaegészségügyi helyzetüket és csökkenti az állásidőt is. A **Baldwin** az **Ahlbrandt Corona Slim/Extrude** berendezést is bemutatta, amely egy koronakezelő egység, és a fóliák felületének felületi energiáját növeli. Az **Ahlbrandt** rendszereit más feldolgozó és nyomtatási műveletekben is használják, mind műanyagfóliák, mind fémbevonatú műanyagfóliák esetében. Az **Ahlbrandt** berendezések négy elektródot használnak a szokásos kettő helyett, ezért az elektródok cseréje gyorsan, egyszerűen megoldható (3. ábra). A **Baldwin** rotációs permetezést alkalmaz folyadékok felhordására, ami nagyon egyenletes eloszlást eredményez, legyen szó antisztatikumokról, vagy páragátló bevonatokról, amelyek a fólia mindkét oldalára felhordhatók, akár úgy is, hogy a fólia két oldalára két eltérő folyadék kerül.



3. ábra. A Baldwin Ahlbrandt koronakezelő egysége. (Forrás: Baldwin).

Ugyancsak a K 2022 kiállításon mutatta be az **Eltex Elektrostatik GmbH** megoldásait, amivel a sztatikus töltések kiküszöbölhetők. Ezek egyike a *Eltex Static Combi Cleaner SCC-C* (4. ábra).

A berendezések mellett az **Eltex** cég szolgáltatásokat is nyújt a helyzet felmérésére és a megfelelő megoldások, berendezések kiválasztására – legyen szó akár tudatos töltés-kialakításról, annak eltávolításáról vagy földelési problémák megoldásáról. A megoldások egyediek, és alkalmazkodnak az adott



4. ábra. Az Eltex Static Combi Cleaner SCC-C tisztítóegység (Forrás: Eltex).

iparág igényeihez. A műanyagiparon belül a leggyakrabban a síkfólia és a fűvott fólia gyártásban kéri a segítségüket, beleértve a fóliatekeréscselés kényes technológiáját is, de a fröccsöntésben is gyakran használják berendezéseiket. A kész tárgyak kivétele is okozhat sztatikus töltődést és porszennyeződést, ezért a töltést először semlegesíteni kell, majd a porszennyezést le kell fújni a felületről. Vannak pontszerű fűvókái is lokális tisztításra, míg a *Static Combi Cleaner SSC* a nagyobb termékekhez való, és forgó fűvókái miatt nagyobb tisztítási hatékonyság érhető el vele. Ez a berendezés különösen jól használható az elektronikai iparban a nyomtatott áramkör eltávolító gépek tisztításához. Vannak kézi tisztító egységek is kisebb és nagyobb 3D termékek tisztításához is.

Áttekintés az antisztatikumokról

Az **Europlas** nevű, de vietnami székhelyű cég, amely honlapján magát a világ legnagyobb mesterkeverék gyártójaként azonosítja, blogjában egy friss áttekintést kínál az elérhető antisztatikumok típusairól – amelyeket nyilván saját mesterkeverékeiben is hasznosít.

Tekintettel a műanyagok nagy fajlagos felületi ellenállására, amely a 10^{12} – 10^{14} Ω nagyságrendben mozog, nem képesek a felületükön képződő sztatikus töltések levezetésére. A műanyagokhoz adagolt antisztatikumok szerepe az, hogy eleve megakadályozzák a sztatikus töltések felhalmozódását, amelyek egymáson sűrűlő felületek egymás közti elektron-átadásából származnak. Az így kialakuló feszültségek igen nagyok is lehetnek, tipikusan a 6–35 kV tartományban. A felületek eltávolításakor az elektrontöbblet, illetve hiány megmarad, földelt helyhez történő érintkezéskor kisülés lép fel, ami robbanást is okozhat, de hozzájárul a feldolgozási problémákhoz, selejtképződéshez, károsíthatja a környezetében levő elektronikai áramköröket.

Az antisztatikumok szerepe az, hogy segítsen elvezetni vagy semlegesíteni a kialakult sztatikus töltéseket. Az antisztatizált műanyagokból készült termékek könnyebben eltávolíthatók a szerszámból, és általában az antisztatikumok egyfajta kenőanyag szerepét is betöltik. A vegyi antisztatikumok csoportosítása egyrészt aszerint történik, hogy csak a felületre korlátozódnak-e (külső antisztatikumok) vagy az anyag belsejében található és a felületre csak migrációval jutnak ki (belső antisztatikumok). Sok antisztatikum egyszerűen azáltal hat, hogy higroszkópos, vagyis vizet köt meg a környező levegőből. Az így kialakuló adszorbált vízréteg vezetőképessége általában jócskán meghaladja a műanyagét, így könnyebben meg a töltésfelesleg elvezetése vagy semlegesítése. Ezek az adalékok azonban száraz környezetben (ha a levegő relatív páratartalma kicsi) nem túl megbízhatóan működnek.

A külső antisztatikumokat a feldolgozott műanyag tárgy felületére hordják fel szórással, nedves bedörzsöléssel vagy mártással. Mivel ezek a vegyületek nincsenek kitéve a feldolgozás során fellépő nyomásnak és hőmérsékletnek, a kémiai összetétel széles skálája áll rendelkezésre. A leggyakrabban alkalmazott ilyen vegyületek kvaterner ammónium sók, amelyeket vizes vagy alkoholos oldatból visznek fel. Ilyen vegyületeket belső antisztatikumként általában nem alkalmazunk, mert maguk sem túl stabilak a feldolgozási körülmények között és elreagálhatnak magával a műanyaggal is, degradációt okozva. Rövid idejű felületi antisztatizálásra azonban alkalmasak (pl. kiállított műanyag tárgyakon megakadályozzák a por lerakódását). Hosszabb távon nem használhatók, mert viszonylag könnyen eltávolíthatók a műanyag felületéről. Ilyen célokra belső antisztatikumot kell használni.

A belső antisztatikumok egy része migráló jellegű, tehát folyamatosan kijut a felszínre, és ott fejt ki a hatását, más részük viszont a műanyag belsejében marad. A migráló antisztatikumok általában hidrofil és hidrofób csoportokat is tartalmaznak, aminek eredményeképpen csak részlegesen összeférhetők a polimer mátrixszal és spontán a felületre vándorolnak. A hidrofób alkatrész biztosítja, hogy a fázisszeparáció ne következzen be nagy mértékben a bekeverés során, a hidrofil alkatrész pedig azt, hogy ha kivándorol a felszínre (és a hidrofób elem révén ott rögzül) akkor megkösse a felületi vízmolekulákat és csökkentse a felületi ellenállást. Ha felületet letöröljük, vagy lemossuk az antisztatikus hatás átmenetileg gyengül, de aztán a migráció révén fokozatosan helyreáll. Nagyon hosszú idő után a tartalék kifogyhat, de ez rendszerint meghaladja a termék felhasználásának időtartamát. A migráló antisztatikumok lehetnek kationosak, anionosak vagy nemionosak (akárcsak a tenzidek, hiszen ezeket az anyagokat a tenzidek

közül választják). A kationos antisztatikumok kvaterner ammónium, foszfónium, szulfónium sók, például klorid ellenionokkal. Közepesen vagy erősen poláris műanyagokban viselkednek jól, de általában rontják a gyanta termikus stabilitását. Az ilyen antisztatikumokat általában nem engedélyezik élelmiszerrel érintkező alkalmazásokban. A másik ok a ritka használatukra az, hogy vannak olyan nemionos tenzidek, amelyekből jóval kevesebb is elég azonos hatás eléréséhez. Az anionos antisztatikumok szulfonsav, foszforsav, vagy ditiokarbamát savak alkáli sói. Hatékonyságuk hasonló a kationos antisztatikumokéhoz. A nátrium-alkilszulfonátokat sztirol, PVC, PET és PC mátrixokban használják leggyakrabban. A nemionos antisztatikumok általában alkilezett zsírsav aminok, vagy amidok, amelyekből a legtöbbször áll rendelkezésre. Széles körben használják őket PE, PP, ABS és más sztirol tartalmú polimerekben. Az alkilcsoportok hossza és telítetlensége különböző lehet. Az etoxilezett zsírsav aminok kis koncentrációban és alacsony relatív nedvességtartalom mellett is hosszú ideig hatékonyak. Sok közülük FDA engedéllyel rendelkezik élelmiszerekkel közvetetten érintkező anyagok esetében. Ebbe a csoportba tartozik a glicerin monosztearát (GMS) is, de az etoxilezett laurilamint is sokan használják. A GMS csak a feldolgozás során antisztatizál, és noha gyorsan a felületre migrál, nem biztosít olyan hosszú távú antisztatikus hatást, mint az etoxilezett alkil aminok vagy amidok.

A migráló antisztatikumok optimális mennyisége függ a polimertől, a feldolgozás módjától és körülményeitől, az egyéb adalékok jelenlététől, a relatív páratartalomtól és a műanyag termék felhasználási módjától. Az antisztatikus hatás kialakulása gyorsítható és tartóssága növelhető, ha növeljük az adalék koncentrációját. Ennek is van azonban határa, mert a túl sok adalék „zsíros” felületet eredményez és rontja pl. a nyomtathatóságot vagy a ragaszthatóságot. A nem felületkezelt töltőanyagok és pigmentek felületükön adszorbeálni tudják az antisztatikumokat, így csökkentve azok hatékonyságát. Ezt ellensúlyozni lehet az antisztatikum koncentrációjának növelésével. Az FDA szabályozza az élelmiszerekkel érintkező alkalmazásokban az antisztatikum maximális mennyiségét.

Léteznek nem migráló, úgynevezett permanens antisztatikumok is, amelyek ennek az anyagsopornak a legújabb osztályát alkotják. Ezek rendszerint maguk is polimerek, de vezetőképesek, vagy anyagukban hidrofilek és a műanyag mátrixba kell kompaundálni őket. Működésükhöz sem nedvességre, sem migrációra nincs szükség, ezért nem érzékenyek a relatív nedvességre, nem szennyeznek a velük érintkező anyagokat, nem bocsátanak ki illékony komponenseket, sokszor átlátszóak a színtelenek. Ma-napság leginkább a hidrophil polimer adalékokat alkalmazzák, többnyire ütésálló polisztirolban és ABS-ben. Az úgynevezett inherensen (szerkezetükből adódóan) vezető polimerek (ICP) fejlesztése még folyamatban van, a leggyakrabban alkalmazott típus a polianilin, amelyet a **Zipperling-Kessler** és a **Neste** cégek forgalmaznak. A polianilin anilinból készül oxidációval, amely egy polikonjugált sóvá alakul, néha „szerves fémnek” is szokták nevezni. További említendő típusok a **Kenrich** cég neoalkoxi cirkonátjai vagy a **Bayer** cég politiofén vegyületei. Ahhoz, hogy ezek a vegyületek kereskedelmileg is sikeresse váljanak, növelni kell magas hőmérsékletű stabilitásukat és csökkenteni előállításuk költségeit. Úgy tűnik, hogy ezek a polimerek nem a hagyományos kémiai antisztatikumok versenytársai lesznek, hanem a korom vagy más vezető adalékoké. A korommal növelt vezetőképeségű kompaundok már régen ismertek, de itt korlátozó tényezőként jelentkezik a fekete szín. A részecske alakú töltőanyagok adott esetben ronthatják a mechanikai tulajdonságokat is, és pl. elektronikában problémát okozhat a koromrészecskék „kiporlása” az anyagból, ami a mikroelektronikai áramkörökben rövidzárlatot okozhat.

Összeállította: dr. Bánhegyi György

https://www.bpf.co.uk/plastipedia/processes/Anti_Static_Control_Problems_in_the_Plastics_Industry.aspx

Charge Sheet: Advances in Static Control = Film and Sheet Extrusion, 2022 december, p. 23-25

<https://www.coating-converting.com/news/control-test-measurement/Eltex-Elektrostatik-GmbH-K-2022-More-sustainable-and-safer-processes-27576>

Antistatic Agents Overview (2022)

<https://europas.com.vn/en-US/antistatic-agents-overview-2022> , letöltve 2023.02.02