

## 3.2 | Műanyag-granulátumok feldolgozás előtti 3.18 | előkészítése 1.3

*Tárgyszavak: műanyag-feldolgozás; fröccsöntés; anyag-előkészítés; szárítás; szárítási módszerek; berendezések; portalanítás.*

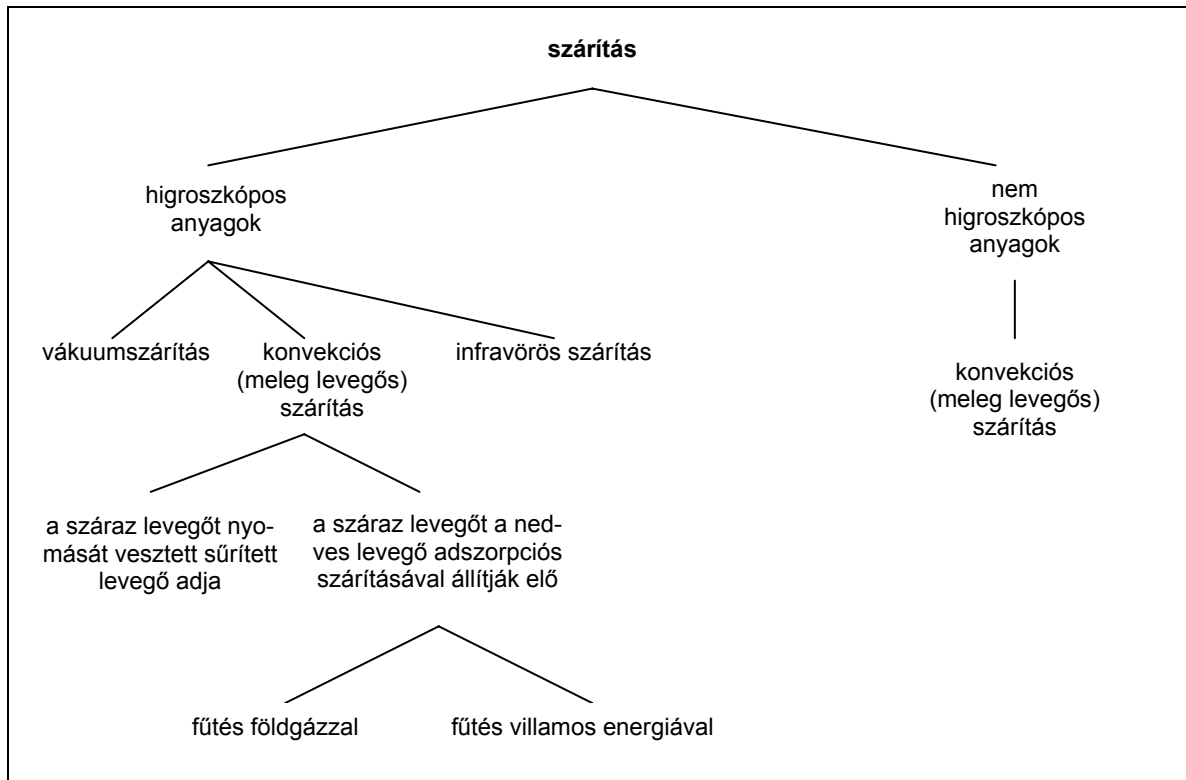
### A szárítás fontossága

Az értékesebb műszaki műanyagok feldolgozásakor az alapanyag nedvességtartalma erősen befolyásolja a feldolgozás megbízhatóságát és a termék minőségét. Ha túl nagy a nedvességtartalom, a termékben habosodás indulhat meg, ami megnehezíti a darab kivételét, és hatására a feldolgozási paraméterek is nagyobb szórást mutatnak a viszkozitás ingadozása miatt. A termék minősége romlik a felfúvódások, felületi mintázatok, üregek megjelenése és a gyöngébb hegedési varratok miatt. Az elégtelen szárítás negatív hatással lehet a mechanikai szilárdságra vagy a villamos átütési szilárdságra, de kedvezőtlenül befolyásolja az utófeldolgozási műveleteket is (galvanizálás, lakkozás). A nem kielégítő szárítás ellentéte a túlszáritás, aminek eredménye elszíneződés, viszkozitásnövekedés és bizonyos fizikai jellemzők romlása lehet.

A szárítóberendezés megválasztásakor az anyag viselkedése a döntő. A műanyag-granulátumok lehetnek higroszkóposak és nem higroszkóposak. A nem higroszkópos anyagok csak a felületükön adszorbeálnak nedvességet, míg a higroszkóposak a vizet molekulárisan, az anyag belsejében kötik meg. Egy eredetileg nem higroszkópos anyag is higroszkópossá válhat pl. a hozzáadott töltő- vagy erősítőanyag révén.

A nem higroszkópos anyagokat légcirkulációs szekrényben is meg lehet szárítani, mert a nedvesség viszonylag laza kohéziós kötással tapad a polimerhez, amelyet viszonylag könnyű felszakítani. A higroszkópos anyagok szárításának három szakasza van. Az elsőben a felületről párolog el a nedvesség. A második szakaszban a párolgás már az anyag belsejére is kiterjed, a párolgási sebesség csökken, a szárított anyag hőmérséklete nő. Az utolsó szakaszban kialakul a higroszkópos egyensúly a szárító levegő és a szárított anyag között, a parciális gőznyomások és a hőmérsékletek kiegyenlítődnek. A folyamat végén az anyag már nem ad le vizet, de ez nem azt jelenti, hogy nincs benne nedvesség, csak azt, hogy beáll a kicserélődési egyensúly az

anyag és környezete között. A higroszkópos anyagok szárításához meleg levegős, infravörös és vákuumos szárítórendszereket használnak. A szárítási módszerekről az 1. ábra nyújt áttekintést. Ha az anyag nedvességérzékenységet a tárolás során figyelembe veszik, a szárítást sokkal gazdaságosabban el lehet végezni, adott esetben el is lehet tekinteni tőle.



1. ábra A szárítási módszerek áttekintése

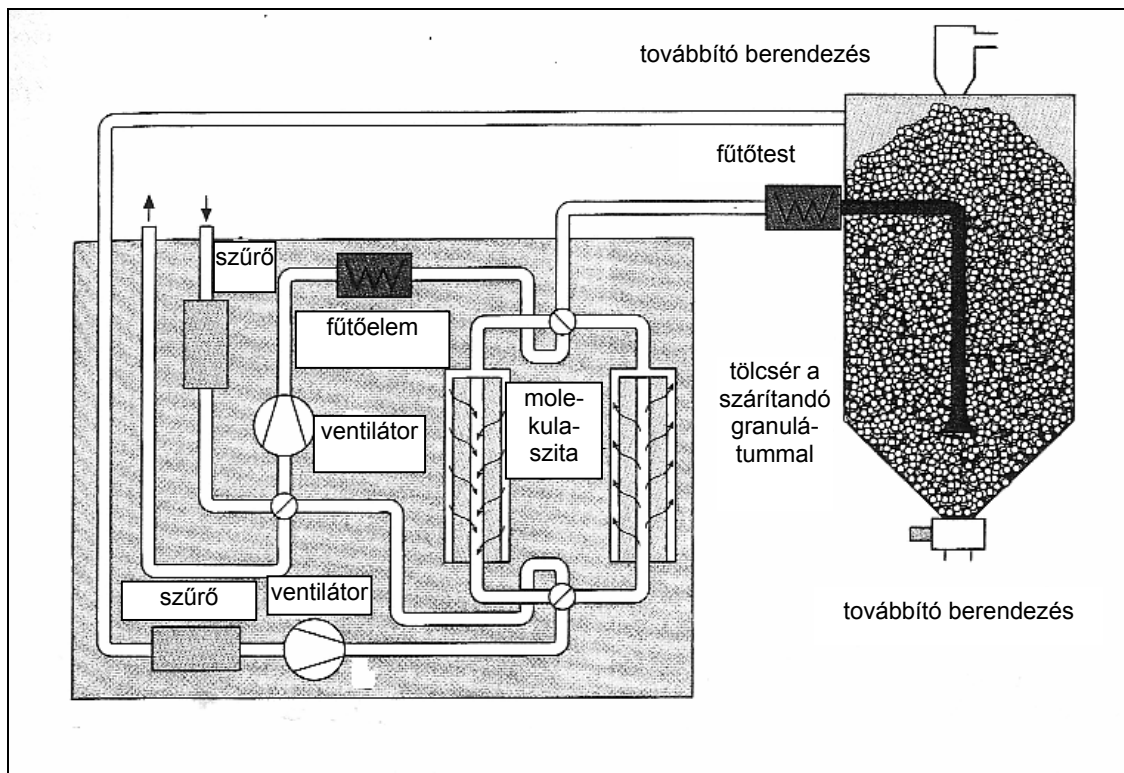
## Gondos tárolás, kisebb költségek

Az anyag nedvességtartalma a tárolásánál is fontos szempont. Az erős hőmérséklet-különbség nedvességkicsapódást okoz a nem higroszkópos granulátum felszínén. Ha az anyagot pl. egy hideg külső silóban tárolják, majd beviszik egy melegebb helyiségbe, a légnedvesség könnyen kondenzál rajta, ami a korábban részletezett hátrányokkal jár. A jelenség elkerülhető, ha az anyagnak elegendő időt adnak ahhoz, hogy a környezeti hőmérsékletet felvegye, pl. úgy, hogy az épületben létesített tárolóba hordják be a napi anyagszükségletet. Ha nagyon nagy a hőmérséklet-különbség, ezekbe a napközi tárolókba külön szárító levegőt lehet bevezetni, hogy megakadályozzák a nedvesség behatolását.

A higroszkópos anyagok nedvességfelvételének megakadályozására is különféle megelőző rendszabályokat lehet foganatosítani. A tartálykocsikban

érkező anyag nedvességtartalma általában csekély, az anyag inkább a tárolás során vesz fel nedvességet. Ez azonban nem áll meg az anyag felszínén, hanem behatol annak belsejébe. Ilyen esetekben energiaigényes szárítási eljárásra van szükség. Hatékony védelmet ad a silók átöblítése szárító levegővel, amivel fenn lehet tartani a szállításkor fennálló alacsony nedvességtartalmat. A silók klimatizálásával igen magas követelményszint mellett is nagymértékben lehet egyszerűsíteni az utólagos szárítási műveleteket. Ezek a magas szintű védekezési módszerek azonban még nem terjedtek el, és a gyakorlatban a feldolgozást megelőző szárítás szavatolja a termék jó minőségét.

A szárítóberendezések több alegységből állnak. Ilyen a tölcsér, amelybe a szárítandó anyag kerül; valamint a nedvességmentesítő egység, amelyben a szárító levegő áramlik; továbbá az az egység, amely a szárító levegőből kivonja a nedvességet, és száraz levegőt állít elő. Száraz levegőt kétféle módszerrel lehet szolgáltatni.



2. ábra A kétkamrás adszorpciós szárítóberendezés működési elve

## A szárító ellátása száraz levegővel

A levegő szárításának legelterjedtebb módszere az *adszorpciós szárítás*. A szárítóegység két vagy több tartályból áll, amelyeket nedvszívó adszorbenssel töltenek meg (2. ábra). A granulátum szárítására szolgáló szárító levegőt

az egyik adszorbenssel töltött tartályon vezetik át, ahol a nedvesség a töltettel érintkezve megkötődik. Az adszorbens egy idő után telítődik a levegőből felvett nedvességgel. Mielőtt a telítődés bekövetkezne, a légáramot átirányítják egy másik, regenerált adszorbenssel megtöltött tartályba. Eközben a már telítődött adszorbent meleg levegővel átfúvatják és regenerálják. Ennek során a már megkötött víz deszorbeálódik és eltávozik a meleg levegővel.

A száraz levegő előállításának másik módszerénél azt használják ki, hogy a levegő sűrítése és lehűtése során a nedvesség kicsapódik. Az eljárás során a levegőt 6–15 bar-ra nyomják össze és 3–6 °C-ra hűtik le. Az ezt követő nyomáscsökkenéskor a harmatpont –20 és –28 °C közötti hőmérsékletre csökken. A további harmatpont-csökkentéshez pótlólagos szárítást kell alkalmazni, pl. üreges szálas membránszárítóban vagy adszorpciós szárítóban.

Az ezen az elven működő szárítókat nagy nyomású levegővel látják el, a szárított levegőt előállító berendezések helyett sűrített levegőt előállító kompresszorról kell gondoskodni. Megfelelő méretezés esetén a szárítótölcsért közvetlenül rá lehet kötni a nagy nyomású hálózatra, ezzel is csökken az igénybe vett terület.

Mivel a nagy nyomású levegő harmatpontja nem ingadozik, a szárítási idő állandó marad, és ez jó hatással van a minőségre. A kereskedelemben rugalmasan alkalmazható berendezések kaphatók. Ha a szárítót közvetlenül a feldolgozógépen helyezik el, az nem foglal el külön helyet, ezért központi levegőellátással csökkennek a költségek.

## **A szárítási folyamat jellemzői**

A szárító levegő legfontosabb jellemzői a hőmérséklet, a térfogatáram, a szárított levegő harmatpontja, valamint a szárítási idő. A szárítási hőmérséklet a szárítótölcsérbe belépő levegő hőmérséklete, amelyet az anyagtól függő értékre kell beállítani. A levegőáram befolyásolja a szárítótölcsérben kialakuló hőmérséklet-eloszlást és az anyag tartózkodási idejét a megfelelő hőmérsékleti zónákban. A szükséges levegő mennyisége függ a szárítandó anyagtól. 1 kg granulátum kiszárításához általában 1,5–3 m<sup>3</sup> levegőre van szükség. A szárítóberendezés gyártói között állandó vita tárgyát képezi a harmatpont. A legtöbb alkalmazáshoz a –20 és –30 °C közötti harmatpont elegendő. A szárító levegő harmatpontját amennyire lehet, állandóan kell tartani, hogy ne lépjenek fel ingadozások a visszamaradó nedvesség mennyiségében. A szárítási idő függ a szárítandó anyagtól és a kiindulási nedvességtartalomtól. Erre nézve az alapanyaggyártótól lehet adatokat kapni. Az anyagtól és a körülményektől függően a szárítási idő általában 2–6 h. A megadottnál tovább szárított anyag károsodhat. A végtermék állandó minőségének biztosítására szakszerű előkezelést kell végezni, hogy a feldolgozóberendezésbe mindig azonos kiindulási minőségű anyag kerüljön.

## Fejlesztések a szárításban

A szárítás energiaigényes folyamat. Az alkalmazási területtől függően vannak lehetőségek a hő egy részének visszanyerésére és így energiamegtakarításra. A *főlgázzal fűtött berendezések* az energiahordozó alacsonyabb ára miatt gazdaságosabbak, mint a villamos fűtésűek. Ilyenek a Motan GmbH berendezései, amelyek magas szárítási hőmérséklet és nagy teljesítményű szárítás esetén jelentős megtakarítást tesznek lehetővé.

Különösen a központi szárítóberendezéseken általában *túlméretezik a szárítótölcsért* a granulátummennyiséghez képest, hogy a lehető legnagyobb anyagárammal dolgozhassanak. Ha kisebb a granulátumfelhasználás, az anyag hosszabb ideig tartózkodik a szárítótölcsérben. A szárítási paramétereket hozzáigazítják a változó igényekhez, amire különféle megoldások vannak. Az egyik legegyszerűbb megoldás a levegőáram szabályozása egy tolattyú segítségével. A fejlettebb rendszerek mérik a szárítási paramétereket, és automatikusan változtatják a szükséges levegőmennyiséget és hőmérsékletet.

Az *infravörös szárítás* alapelvét a Siac GmbH ismertette a K'98 kiállításán. A műanyag-granulátumot egy forgó csőben infravörös (IV) sugárzással szárítják. A gyártó szerint az IV sugárzás egyenesen a nedvességre hat, ezért a műanyag kis hővezető képessége miatti melegedéstől nem kell tartani. A szelektív melegítés kevesebb energiát igényel, mint a konvektív fűtés. Az eddigi műszaki tapasztalatokkal ellentétben a kizárólag sugárzásos fűtés kombinációja hideg vivőgázzal rövidebb szárítási időt eredményez, mint a meleg levegővel való szárítás.

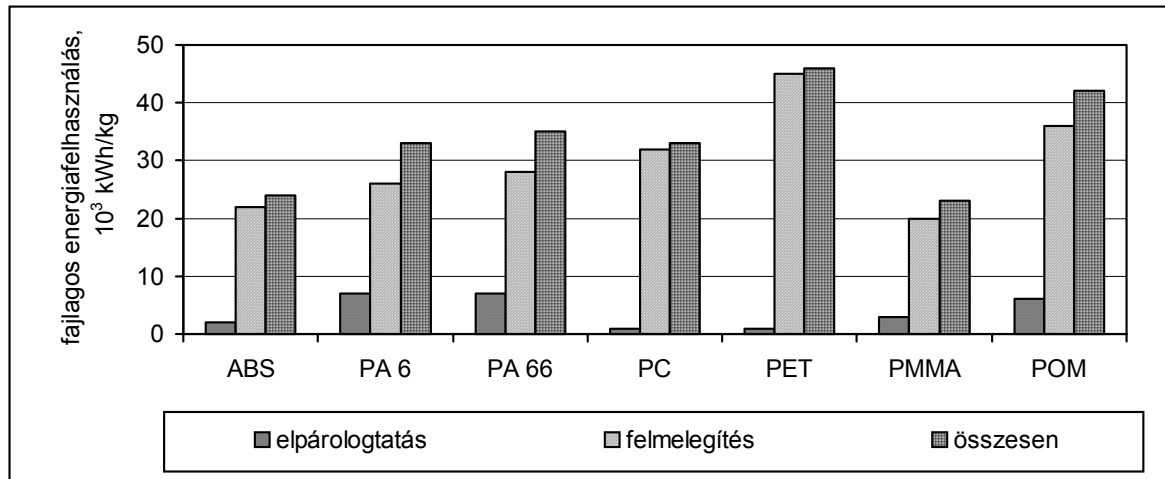
Az amerikai Maguire Products Inc. által gyártott *vákuumszárító* újabb választási lehetőséget kínál a feldolgozóknak. Maga a vákuumszárítás nem új eljárás, még a műanyagiparban sem. Már 1970-ben alkalmaztak folyamatos vákuumszárítót, de a berendezés bonyolultsága miatt inkább csak az alapanyaggyártó cégeknél.

A vákuumszárításnál azt a ténytet használják ki, hogy a forráspont nyomásfüggő. A víz pl. 156 mbar nyomásnál már 56 °C-on felforr. A szárító 3 tartályból áll. Az 1. tartályba betöltik és itt felmelegítik a granulátumot, a 2. tartályban rákapcsolják a vákuumot, és a 3. tartályból egyenesen a feldolgozógépre juttatják. Egy-egy tartályban az anyag a körülményektől függően 20–60 percet tölt el.

## Energiaszükséglet

Attól függetlenül, hogy meleg levegős, száraz levegős vagy vákuumszárító berendezésről van szó, a szárításhoz szükséges fajlagos energiaszükséglet elméletileg számítható. Ennek nagyságát befolyásolja az anyag hőkapacitása, a belépő és kilépő anyag hőmérséklet-különbsége, a víz párolgáshője, valamint az eltávozó víz mennyisége. A vízmennyiség felmelegítéséhez szüksé-

ges energia elhanyagolható. A 3. ábrán és az 1. táblázatban látható néhány anyag szárításának fajlagos energiaszükséglete. Ha egy szárítóberendezés energiaszükségletét akarják kiszámítani, akkor a felmelegítés és az elpárolgotatás energiaszükséglete mellett figyelembe kell venni a száraz levegő előállításához szükséges energiát is. Az adszorpciós szárítás esetében ez az adszorberek regenerálásához szükséges energia, valamint a kompresszor működtetésére használt energia összege. A sűrített levegős szárítás esetében a nagy nyomású levegő előállítása igényel több energiát, a vákuumszárítás esetében pedig a vákuum fenntartása.



3. ábra Néhány műanyag fajlagos szárítási energiaszükséglete

## A szárítási művelet beépítése az anyagellátás folyamatába

Szinte mindegyik bemutatott módszert központilag és helyileg is lehet alkalmazni. A helyi szárítást el lehet végezni a feldolgozógép mellett, vagy akár a gépre telepítve is, és gyakran ez a jó megoldás, amennyiben a gépen mindig ugyanazt az alapanyagot dolgozzák fel. A gépre telepített szárítás azonban toronyszerű felépítést eredményez, és ez gyakran zavarja a kiszolgáló egységeket vagy a fröccsöntő gépek mozgó plasztikáló egységeit. A feldolgozógép melletti szárítás további helyet is igényel. Anyagváltáskor a szárítót ki kell üríteni és ki kell tisztítani, ami növeli az állásidőt. Mozgatható szárítók alkalmazásával lehetőség nyílik arra, hogy a szárítótölcsérbe anyagváltáskor rögtön egy előszárított granulátumot öntsenek, ami csökkenti az átállási időt. A szárított anyag feldolgozhatóságához szükséges idő függ az anyag száradási idejétől, és ez száraz levegős szárításnál 2-6 óra, vákuumszárításnál 20-60 perc, IV szárításnál 4-15 perc. A decentralizált szárítás előnye, hogy a szárítási módszert hozzá lehet igazítani az adott feldolgozógép szükségleteihez, és kisebb annak a veszélye, hogy az anyagtovábbítás vagy a szárítótölcsérben állás során az anyag újra nedvességet vegyen fel.

1. táblázat

Néhány műanyag szárításához elméletileg kiszámítható fajlagos energiaszükséglet és a számításhoz szükséges adatok

Mű- anyag	Fajlagos hőkapacitás	Tárolási hőmérséklet	Szárítási hőmérséklet	Eredeti nedves- ség	Maradék nedves- ség	Nedvesség- különbség	Felmelegítés fajlagos energia- igénye	Elpárolgás fajlagos ener- giaigénye	Összes fajla- gos energia- igény
	kJ/kg.K	°C	°C	%	%	kg víz/kg gran	kWh/t	kWh/t	kWh/t
ABS	1,3	20	80	0,4	0,2	0,002	21,67	1,40	23,06
PA 6	1,7	20	75	1,0	0,05	0,010	25,97	6,67	32,64
PA 66	1,7	20	80	1,0	0,05	0,010	28,33	6,67	35,00
PC	1,17	20	120	0,1	0,02	0,001	32,50	0,56	33,06
PET	1,05	20	175	0,1	0,005	0,001	45,21	0,66	45,87
PMMA	1,47	20	70	0,3	0,08	0,002	20,42	1,53	21,95
POM	1,46	20	110	0,8	0,02	0,008	36,50	5,46	41,96

Ha központi szárítógységet alkalmaznak, egy ellátórendszeren keresztül valamennyi feldolgozógépet ugyanazzal az anyaggal táplálhatják. Így csökken a váltáskor visszamaradó anyagmennyiség, a gyakran alkalmazott anyagok meghatározott szárítótölcsérekben azonnal rendelkezésre állnak, ezért száraz állapotban bármikor feldolgozhatók. A ritkábban használt anyagokat szükség szerint külön szárítógységekben lehet előkészíteni. Anyagváltáskor a kapcsolóközpontban manuálisan vagy automatikusan kapcsolatot létesítenek a megfelelő szárítótölcsér és a kijelölt feldolgozóberendezés között. Ha nagyon higroszkópos anyagot dolgoznak fel, az anyagot száraz levegővel együtt juttatják el a felhasználás helyére, hogy meggátolják az újranedvesedést. A központi szárítót általában a központi anyagraktárban vagy annak közelében helyezik el, ezért a gyártóhelyiségben már nincs szükség további területre. A vákuumos és az IV szárítók is könnyen beépíthetők egy központi szárítórendszerbe.

## **A szárítóberendezés megválasztása**

A szárítóberendezések megválasztására nem lehet általánosan érvényes kijelentéseket tenni. A választás szempontjai között szerepel a felhasználás egyszerűsége és kényelme, a karbantartási szükséglet, a rugalmas felhasználhatóság, az energiaigény, a szárítási idő, az anyagváltásnál fellépő költségek és időigény, a helyigény és nem utolsósorban a beruházás nagysága. A szárítót a helyi szükségleteknek megfelelően kell kiválasztani, és a különböző berendezéseket kombinálni is lehet.

## **Granulátumok és őrlemények pormentes feldolgozása**

A granulátum előkészítéséhez – különösen ha a feldolgozás során hulladékot is dolgoznak vissza – hozzátartozik a pormentesítés. Ha az újrafeldolgozás során keletkező őrleményt tudatosan pormentesítik, nagyobb arányban lehet visszajuttatni a fröccsöntési folyamatba. Sokszor a friss áru is porral szennyezett, ami rontja a fröccsöntött termékek minőségét. Az MB Engineering GmbH Góliát nevű szűrőberendezésével mindkét anyag típus jól tisztítható. A fröccsöntő gépek mellett eddig használt pormentesítőkkel ellentétben ennek a berendezésnek nagy (200–500 kg/h) kapacitása van. A porral szennyezett granulátumot közvetlenül a tárolóból vagy a granuláló felfogókádjából szívják fel és juttatják be a pormentesítőbe. A cserélhető sziták vagy a programozható mikroprocesszorok segítségével beállítható a pormentesség mértéke. A finom port nagy teljesítményű szűrőpatronokkal távolítják el, és automatikusan egy tárolóban gyűjtik. A berendezés teljesen zárt ciklusban működik, ezért a környezet teljesen pormentes. Ez egészségi szempontból különösen jelentős üvegszállal töltött műanyagok pormentesítésekor.



A berendezés felhasználói azt tapasztalták, hogy kevesebb a hulladék és kisebb a alapanyag-felhasználás. Az eredmény a feldolgozási folyamat nagyobb megbízhatóságában és a feldolgozóberendezés ritkább meghibásodásban is megmutatkozik. A szerszámokat ritkábban kell tisztítani, ezért nő a hasznos termelési idő.

**(Bánhegyiné Dr. Tóth Ágnes)**

Schroer, T.; Wortberg, J.: Granulat richtig trocknen. = Kunststoffe, 92. k. 5. sz. 2002. p. 44–49.

Butsch, M.: Staubfreie Fertigung. = Kunststoffe, 92. k. 9. sz. 2002. p. 68.