

Akcelerace zelených dovedností a udržitelnosti na VUT v Brně

Národní plán obnovy: registrační číslo projektu NPO_VUT_MSMT-2143/2024-25



Tento předmět vznikl za podpory projektu Akcelerace zelených dovedností a udržitelnosti na VUT s reg.č. NPO_VUT-MSMT-2143/2024-5

Recyklace Termoplastů



Silvestr Figalla 2023

Původ recyklovaných plastů

- Primární výrobní odpady
 - Známé složení, historie, aditiva
 - Bez kontaminace
 - V množství které lze v primární výrobě uplatnit
- Sekundární odpady
 - Různé proměnné složení
 - Obsah kontaminantů
 - Směsi plastů
 - Nutná separace
 - V množství souměřitelném s primární výrobou

Sekundární odpady

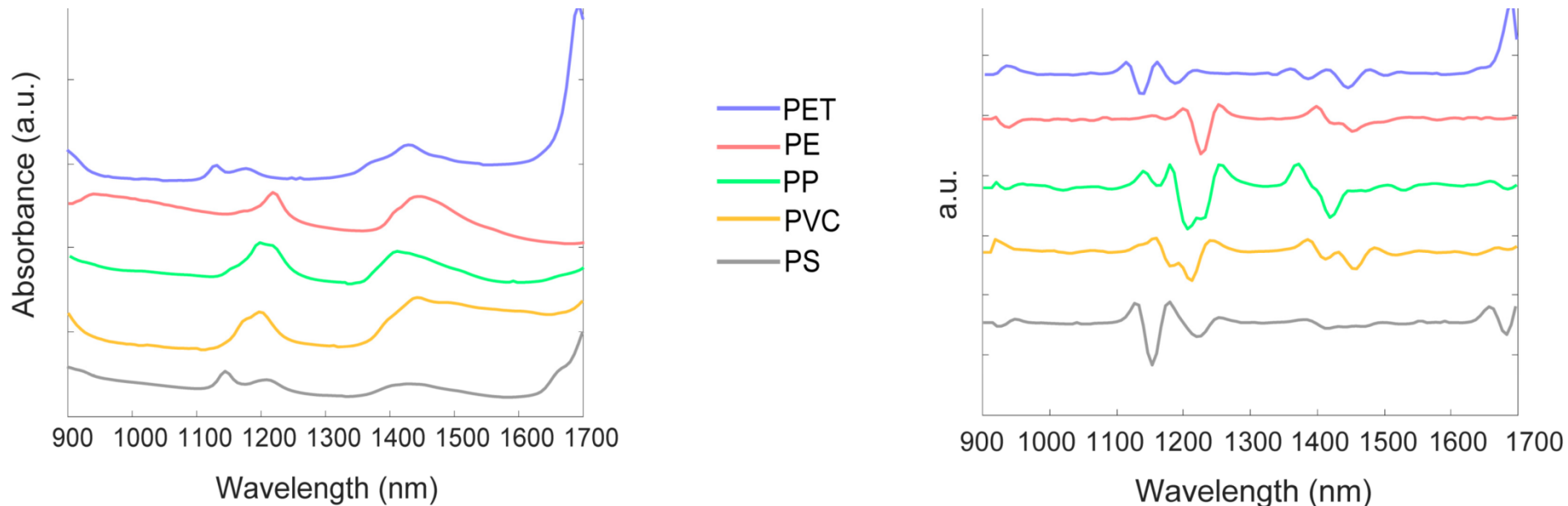
- Hlavní problém → **polymery jsou nemísitelné**
- Nutnost „dokonalé“ separace dle typu polymeru
- Různé polymery vypadají stejně
- Stejné výrobky z různých polymerů
- Neoddělitelně směsi plastů i jiných materiálů
- Obsah cizorodých příměsí (kovy, sklo...)
- Kolísavá kvalita vstupu i sezónní proměnlivost

Postup separace plastového odpadu

1. **Stupeň žlutá popelnice**
2. **Odpadová firma: ruční dotřídění na PET, folie, duté obaly a zbytek**
3. **Specializovaní recyklátoři na PET, PE, PP aj.**
 - dotřídění dle barvy a kvality (ruční, strojní, např. PET podle barvy)
4. **Vstup recyklační linky vždy detekce a záchyt kovů**
5. **Po hrubém drcení možnost strojního dotřídění**
 - Dělení dle hustoty, elektrostatické třídění, znova kovy
6. **Odstranění znečištění – vzduchové, mokré vodou**
7. **Filtrace taveniny před regranulací**

Strojní třídění plastů

- Založeno na odlišných optických vlastnostech
 - Viditelná oblast – podle barvy, typicky PET
 - Infračervená oblast (NIR) podle typu polymeru
 - Možnost dotřídění cizorodých látek, sklo, dřevo ...
 - LIBS: Laser induced breakdown spectroscopy



Optické třídění





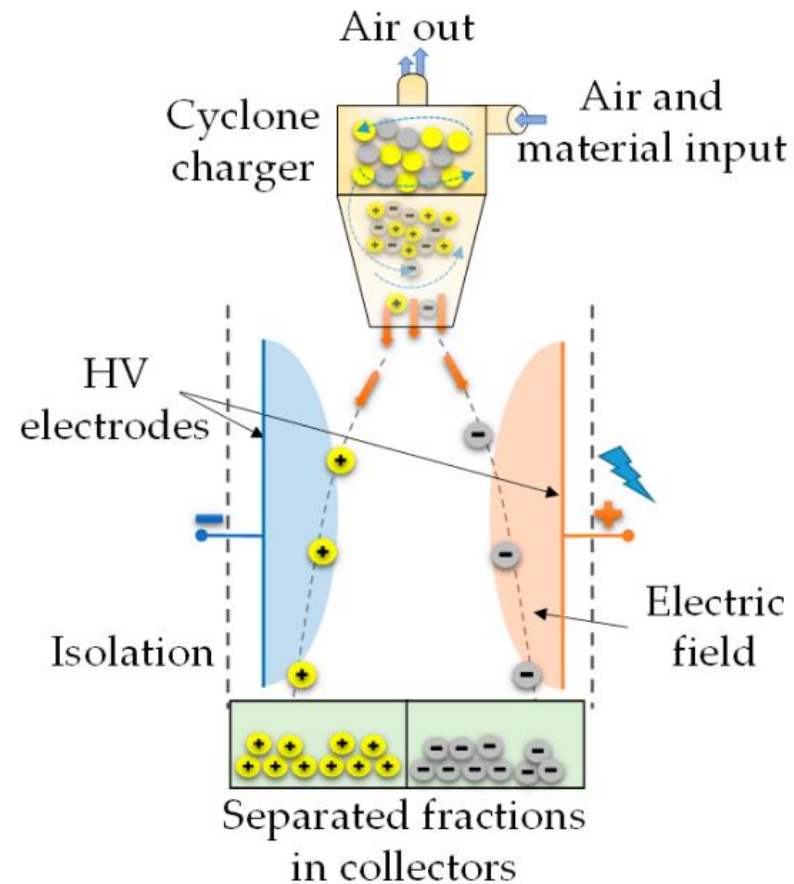
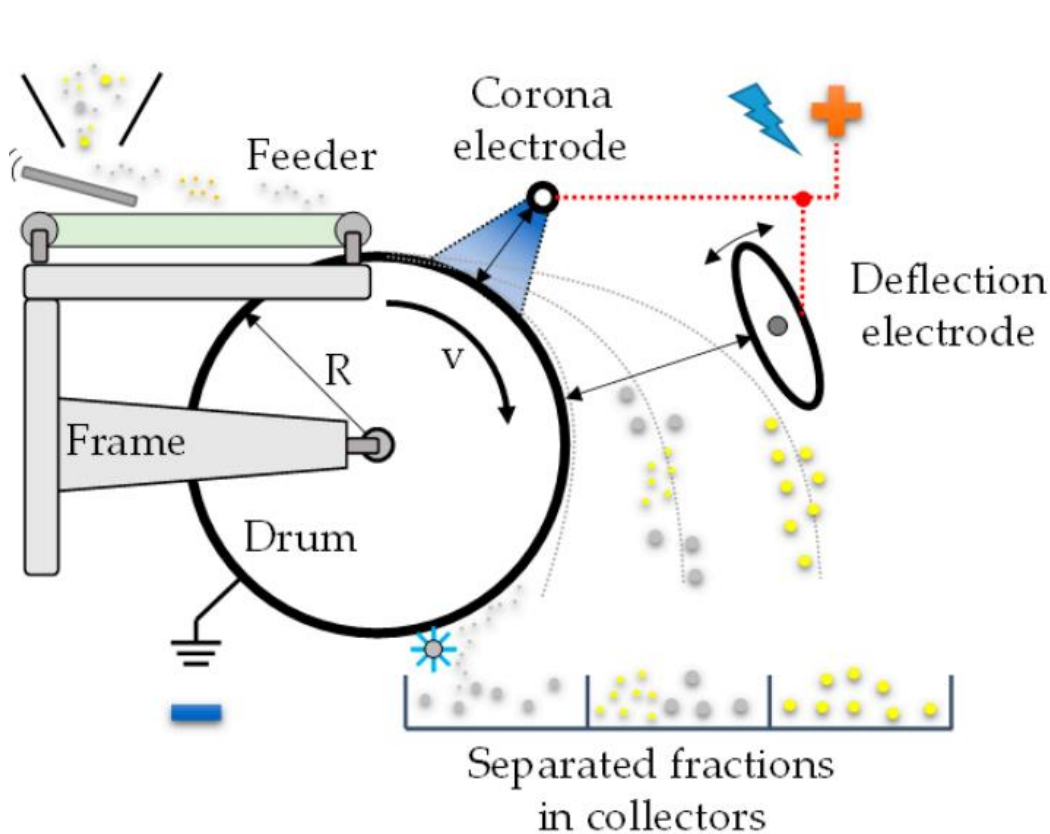
Tento předmět vznikl za podpory projektu Akcelerace zelených dovedností a udržitelnosti na VUT s reg.č. NPO_VUT-MSMT-2143/2024-5

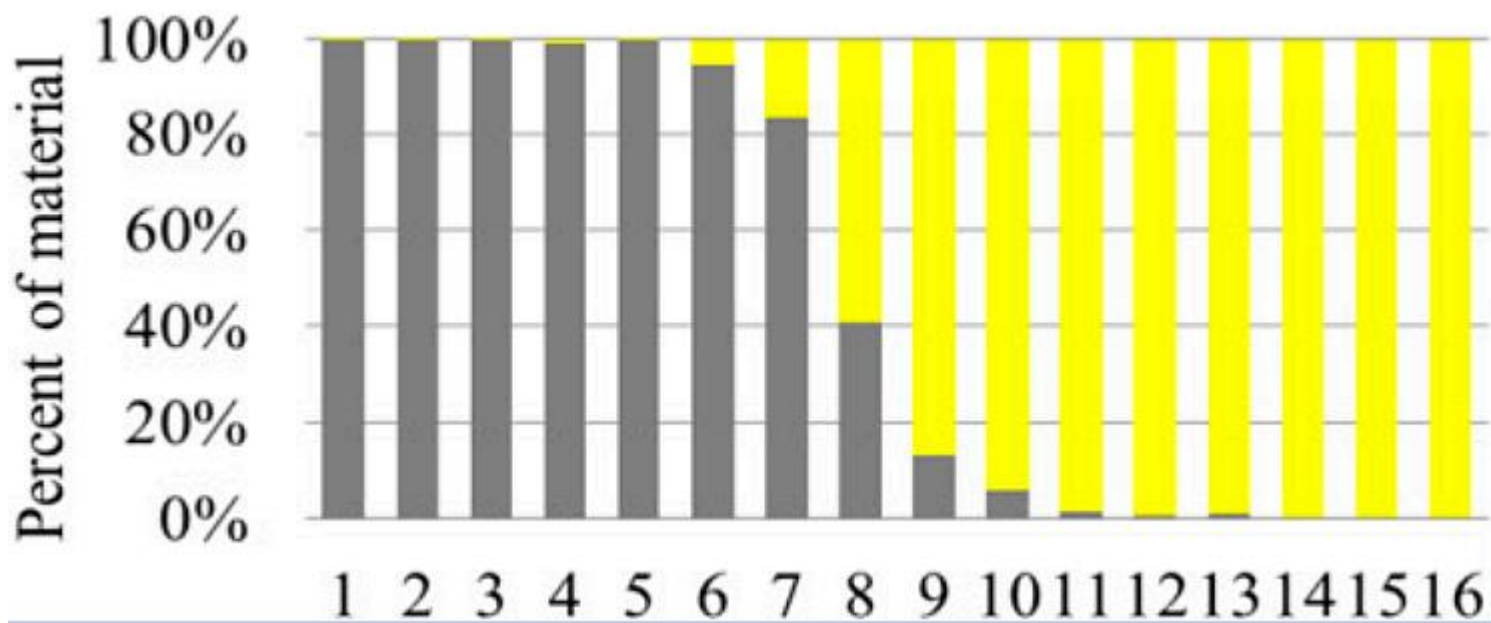
Elektrostatické třídění

- Založeno na rozdílném triboelektrickém chování materiálů (elektronakceptorní, elektrondonorní)
- U některých plastů značně rozdílné – využitelné
- Vhodné pro separaci kovů, dřeva papíru, skla
- Vznik náboje částicek vzájemným třením



- Třídění volným pádem (free-fall separator)
- Bubnový separátor
- Nabíjením vzájemným třením, o stěny plastového zařízení, pneumatickou dopravou
- Vhodné pro malé částice, drtě, prach, **suchý materiál!**







Třídění na základě hustoty

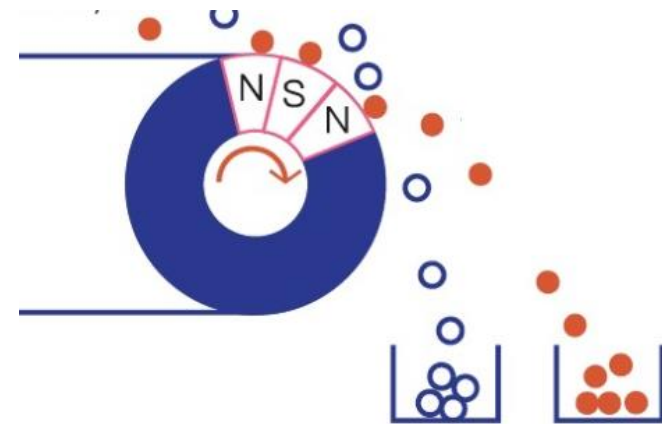
- Vhodné pro binární směsi, nebo předseparaci
- Nezáleží na tvaru a velikosti částic
- Hustota rozplavovací lázně lze nastavit rozpuštěním solí
- Nevhodné pro plněné plasty a vláknité a plošné materiály (folie, textil)
- Lze realizovat v práci lázni
- Příklad LDPE víčka a PET

Plastics	Specific gravity
LDPE	0.91~0.93
HDPE	0.94~0.97
PP	0.90~0.91
PS	1.04~1.07
PVC	1.35~1.45
ABS	0.99~1.10
Polyester	1.38~1.39
PC	1.2
Nylon 66	1.13~1.15
Teflon	2.1~2.2

Separace kovů

Magnetické kovy magnety

Nemagnetické kovy vířivým proudem

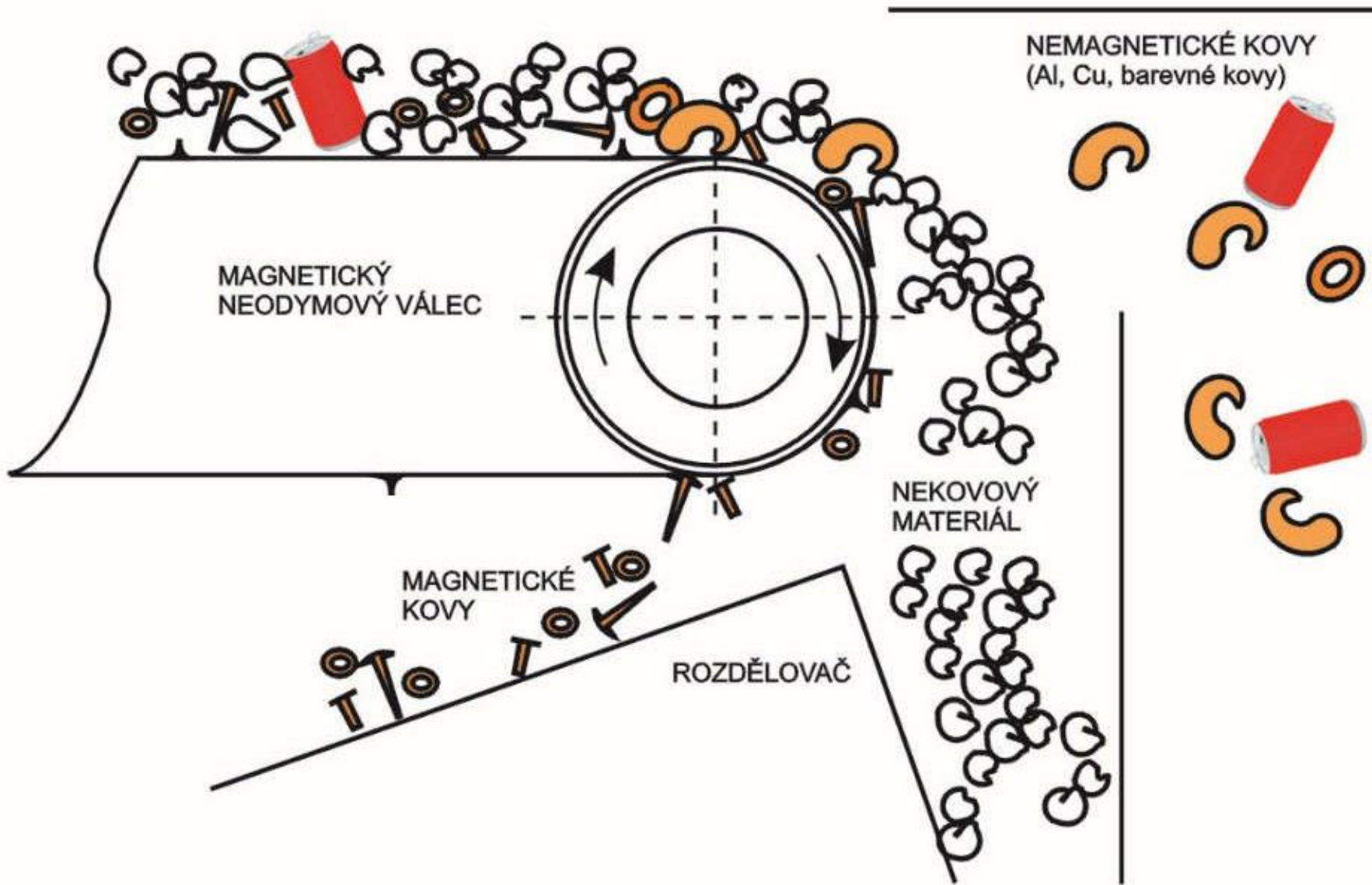


Aluminium Abscheidung von
PET-Flakes 0-15 mm

*Aluminium separation of
PET-flakes 0-15 mm*

mit dem exzentrischen
Wirbelstromscheider **STRATOS**
*with the excentric eddy
current separator STRATOS*





Drcení plastů

- Podle typu plastu drcení - mletí
- Dle dalšího zpracování - hrubé a jemné
- Nejčastěji drtiče, nožové mlýny, kladivové mlýny
- Jedno a dvouosé stroje, rychlo a pomaluběžné



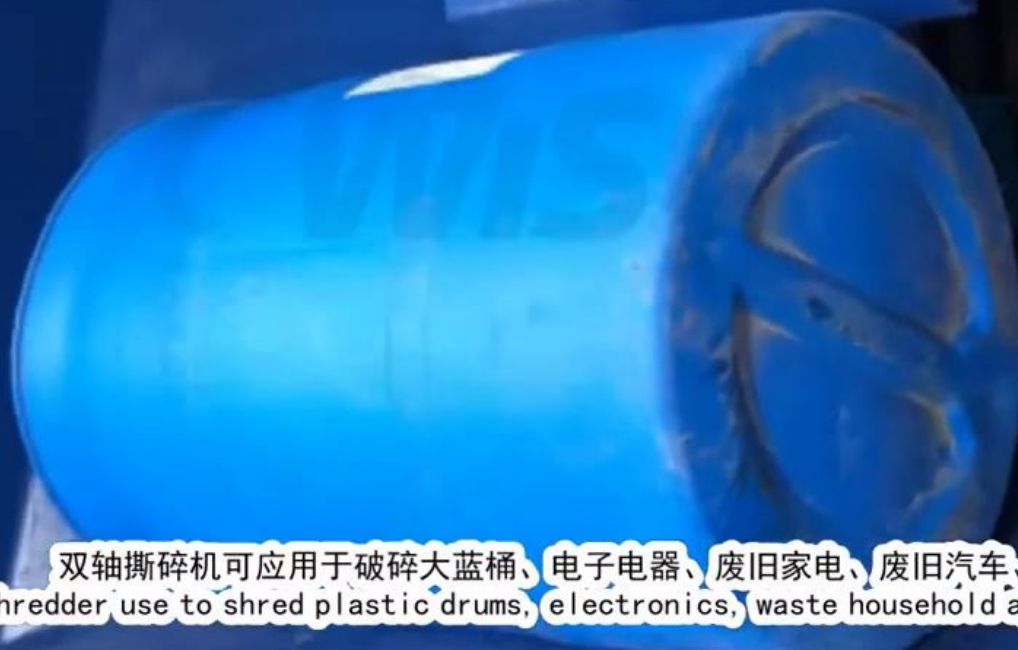
Jednoosý drtič –krouhač (20-50 mm)



Dvouosý drtič – pomaluběžný (20-50 mm)



WISCON

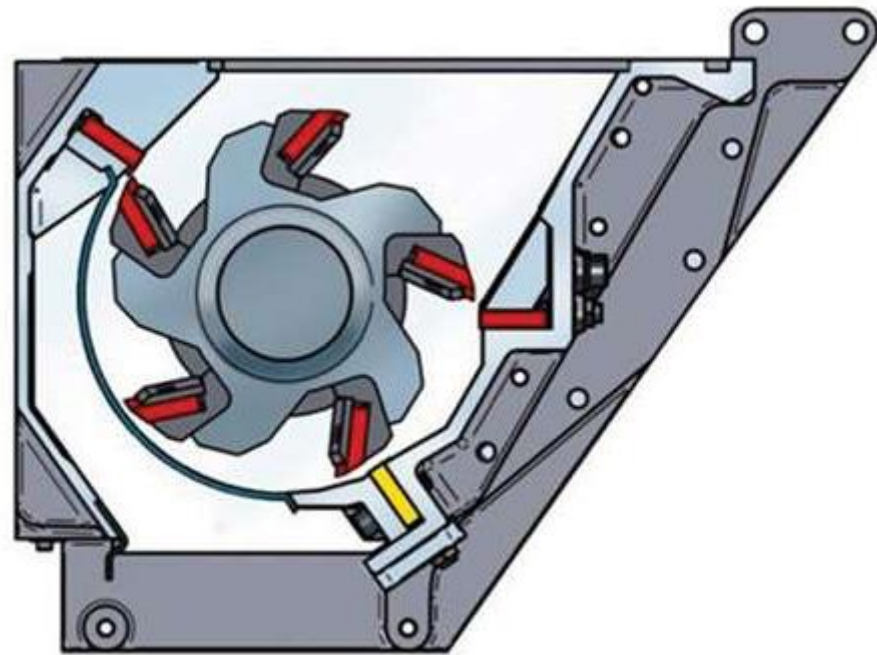
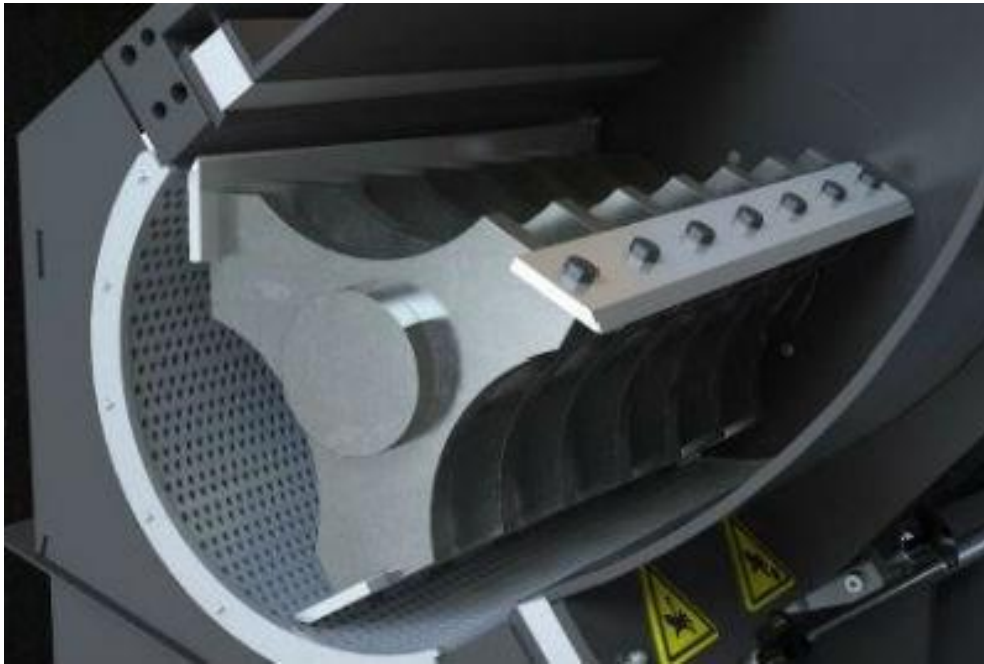


双轴撕碎机可应用于破碎大蓝桶、电子电器、废旧家电、废旧汽车、城市固体废物

Double Shaft Shredder use to shred plastic drums, electronics, waste household appliances, waste automotive, MSW

Mlýny- granulátory

- Jemné mletí 1-6 mm
- Rychloběžné nožové mlýny
- Rotující a statický nůž, třídící síto



- Drtiče a mlýny pro trvalý provoz vodou chlazené
- Drcení i mletí lze provozovat za sucha i pod vodou
- Mokré mletí omezuje vznik prachu, prodlužuje životnost nožů
- Lze drtit a mlít i materiály s nízkým T_g a T_m
- Mletí pod vodou omezuje hlučnost
- Dochází také k praní materiálu třením
- Problémy s korozí, těsností kolem hřídele
- U mokrého mletí nelze využít pneumatickou dopravu a odprášení na cyklonech

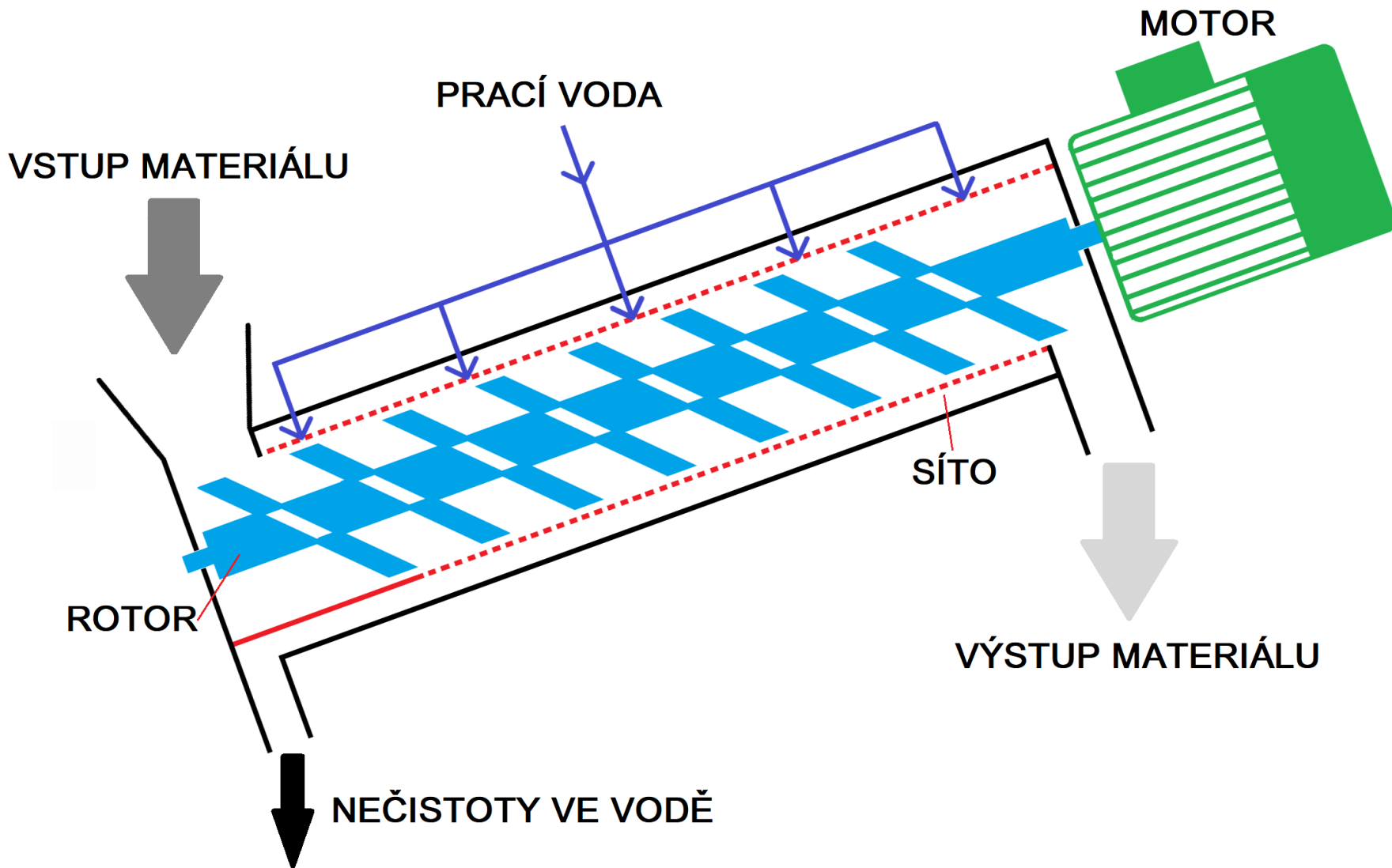
Praní a separace nečistot

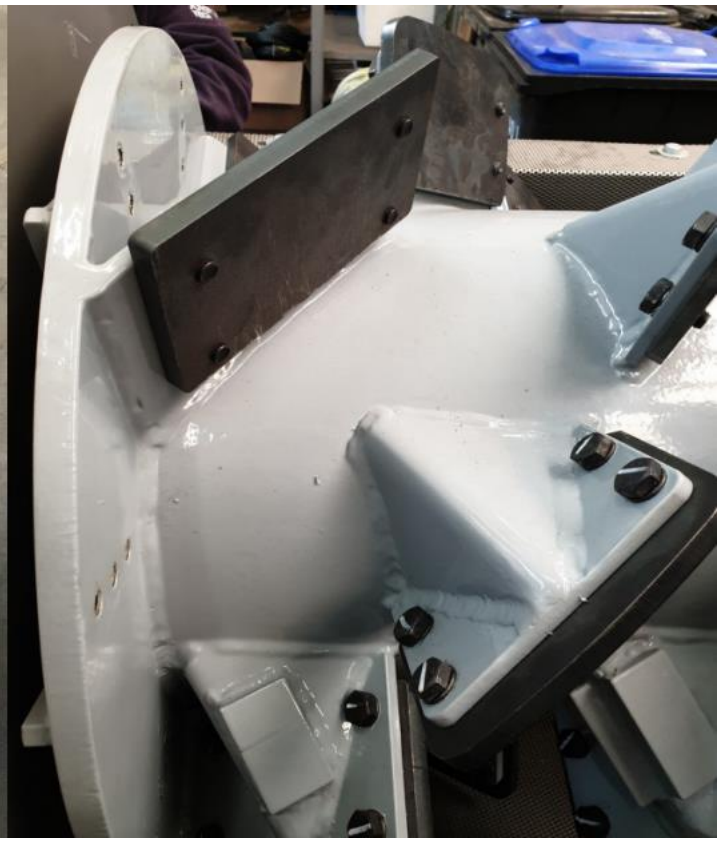
- Nadrčení umožňuje praní materiálu, vnitřní povrchy a objemy se stanou vnějšími
- Uzavřené nečistoty můžou ven, voda dovnitř
- Při drcení vznik **plastového prachu** → odprášení
- Těžké nečistoty a prach lze oddělit za sucha na rotačních sítích (písek, sklo, kovy, beton)
- Možnost praní je podmínkou pro zpracovatelnost sekundárního odpadu
- U primárního odpadu je praní vynecháno

Frikční pračky plastových drtí

- Frikční praní → intenzivní míchání
- Kontinuální proces, většinou šnekové stroje
- Studená voda
- Vysoké otáčky (1000/min)
- Žlab se separačním sítem
- Průběžný nástřik vody
- Současně odvodňuje



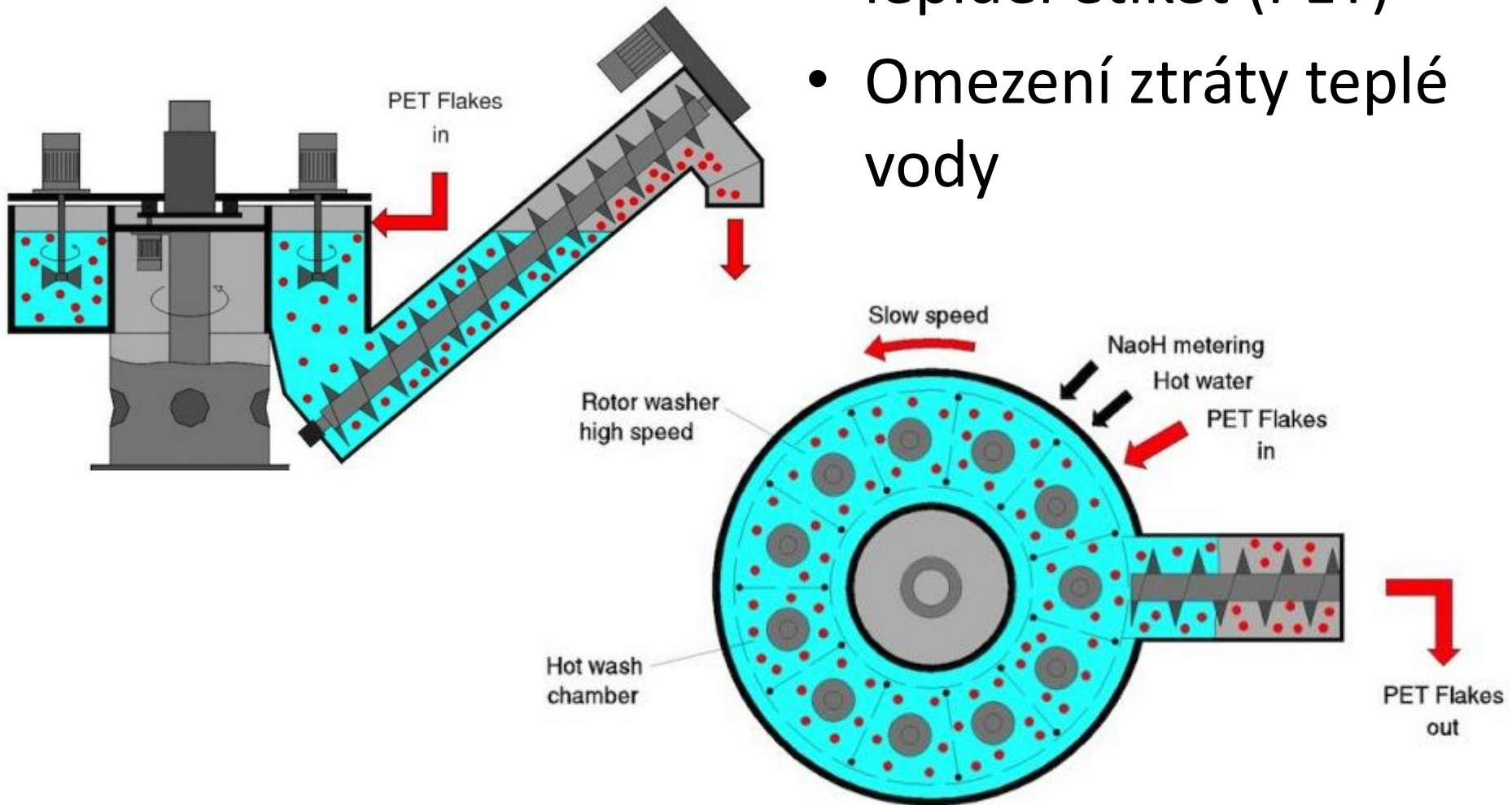






Praní v teplé vodě

- Hlavně pro praní od lepidel etiket (PET)
- Omezení ztráty teplé vody





www.moogetech.com

mooge
TECHNOLOGY
牧格机械

[Email:sales@moogetech.com](mailto:sales@moogetech.com)

Jiný typ horké pračky

- Hrubé praní: pomalý šnek - míchání
- Usazování těžké frakce
- Flotace, okap produktu





Tento předmět vznikl za podpory projektu Akcelerace zelených dovedností a udržitelnosti na VUT s reg.č. NPO_VUT-MSMT-2143/2024-5

Rozplavování, usazování

- Oddělení hustějších plastů a nečistot
- Současně oplach ve velkém množství vody

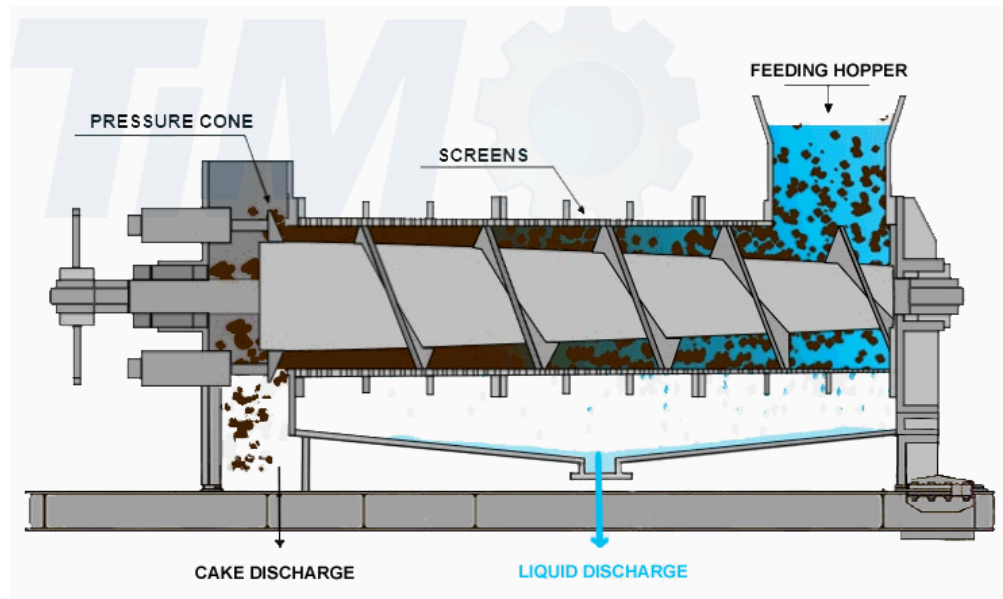






Dehydratace

- Plasty nebývá problém mechanicky odvodnit
- Bubnové a šnekové odstředivky, dekantéry
- Dehydratační šnekové lisy
- Obsah vody na výstupu 1-3 %





Horizontal screen scroll centrifuge
Continuous operated filtration centrifuge

Sušení

- Malý obsah vody, voda nebývá poutána k povrchu
- Rychlé sušení, malé zdržné doby
- Sušení horkým vzduchem – fluidní
- Třením v aglomerátorech -folie
- Bez sušení – sušení během extruze - odplynění
- Polykondenáty jako PA, PES sušení nutné- **hydrolýza**

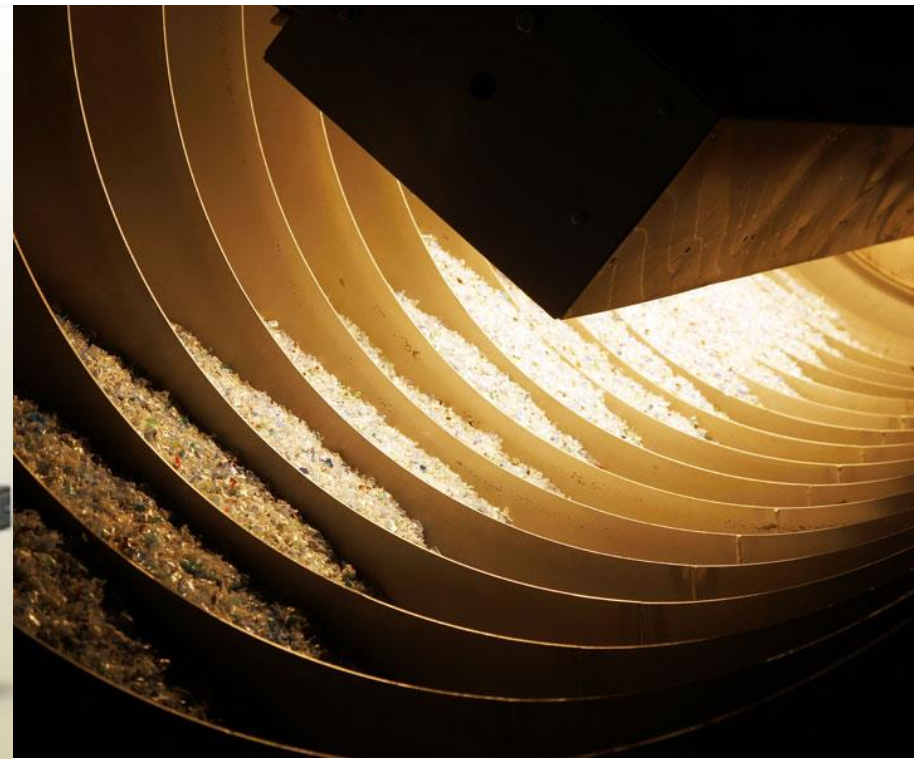
Trubková sušárna

- Materiál unášen horkým vzduchem dlouhou trubkou, oddělení plastu od vzduchu na cyklónu



Infra bubnové sušárny-krystalizátory

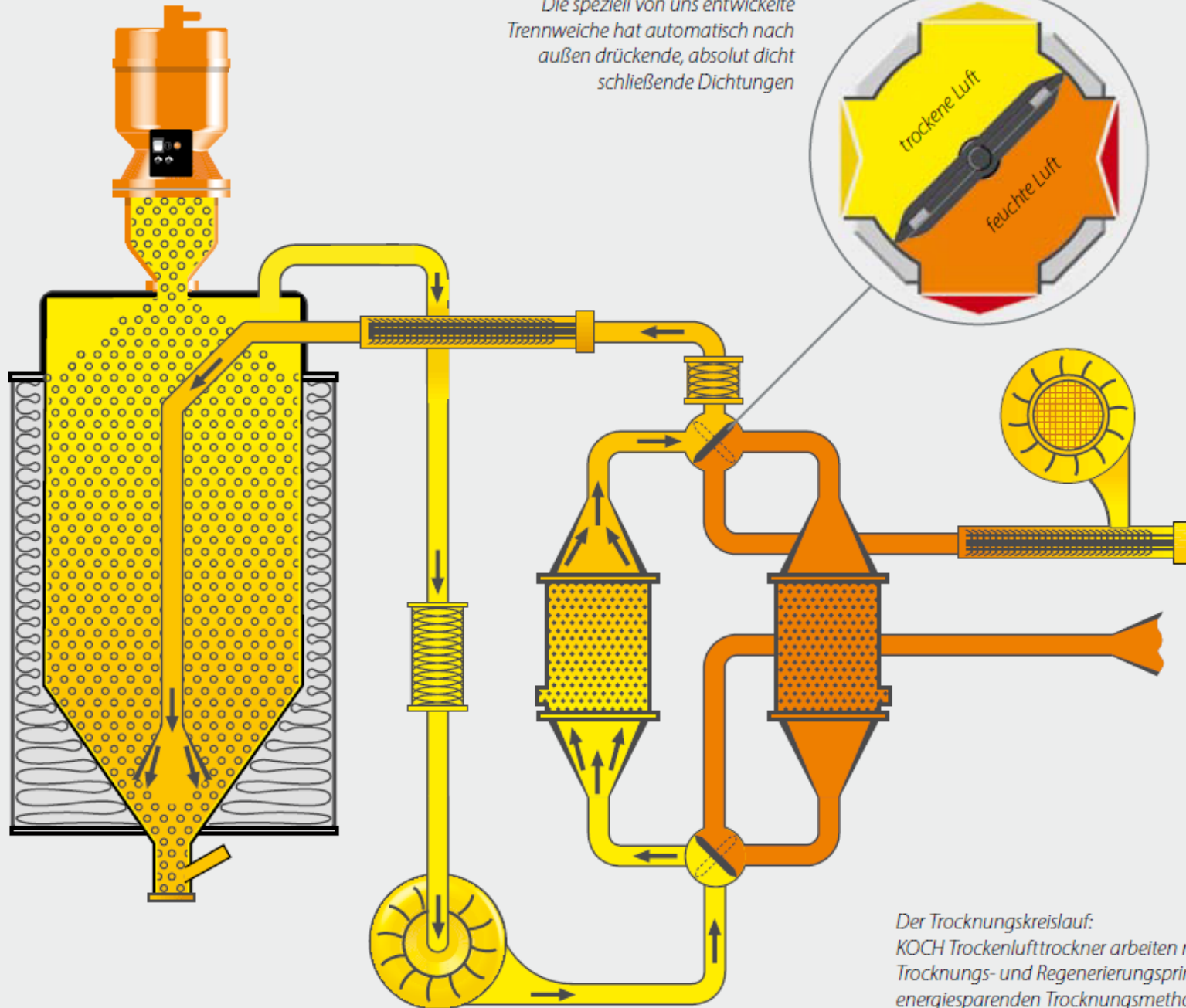
- Vhodné pro granuláty, PET flaky a drtě



Sušení hygroskopických materiálů (PA, PLA, PET, PBAT, PBS)



Die speziell von uns entwickelte
Trennweiche hat automatisch nach
außen drückende, absolut dicht
schließende Dichtungen



Der Trocknungskreislauf:
KOCH Trockenlufttrockner arbeiten nach dem
Trocknungs- und Regenerierungsprinzip – einer
energiesparenden Trocknungsmethode

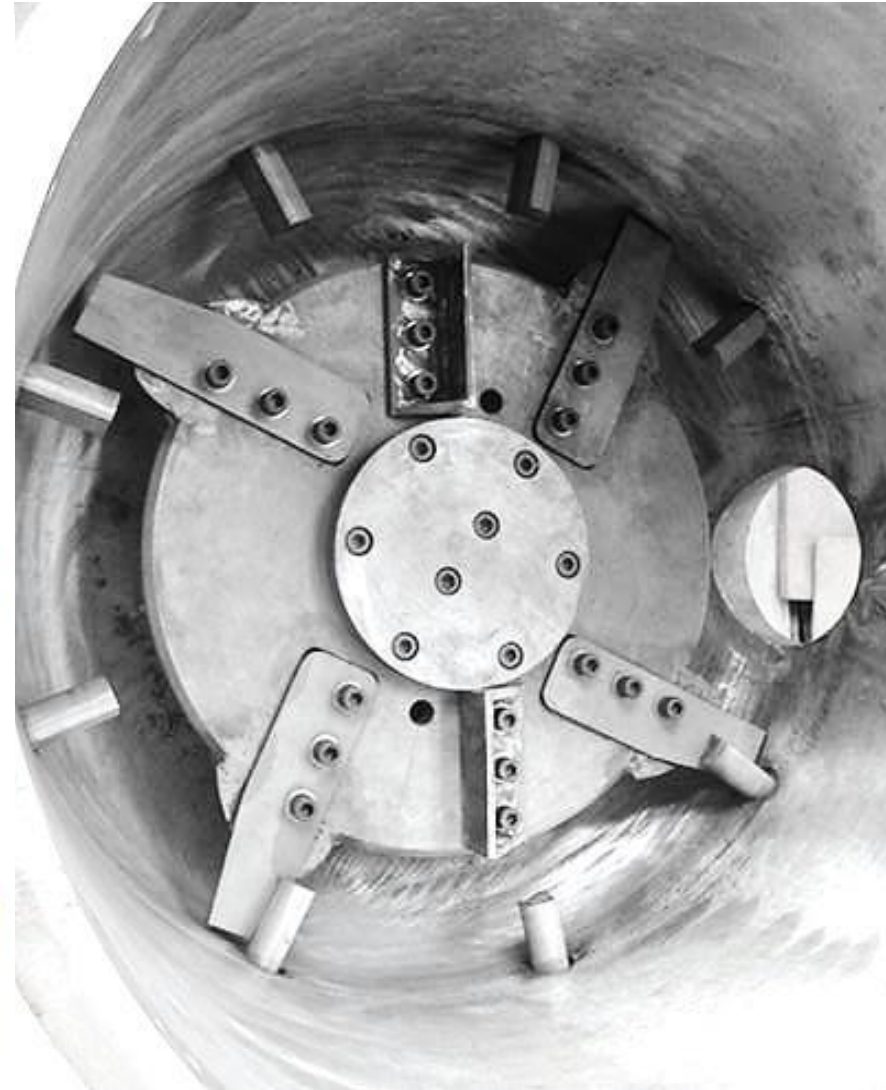
Aglomerace

- Proces zvýšení sypné hustoty
- Zlepšení sypných vlastností (folie, vlákna, pěny)
- Nutné pro zpracovatelnost extruzním šnekem



Aglomerátor – kompaktor

Tavení materiálu třením při intenzivním míchání





WANROOETECH

Plastic Film Waste Plastic Compactor Agglomerator



Extruze a filtrace taveniny

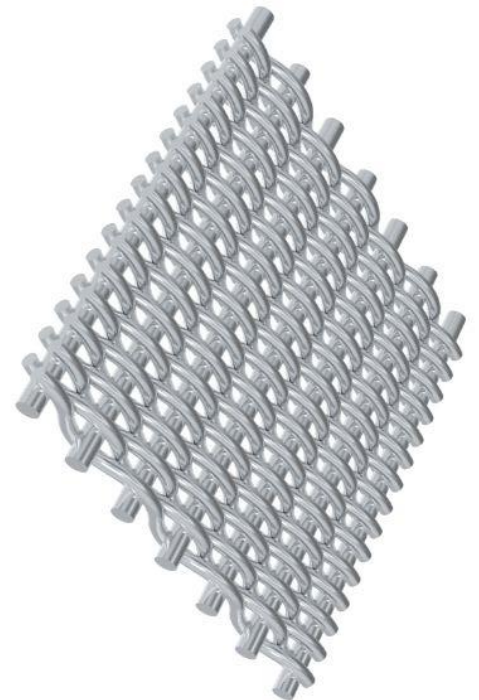
- Pro sekundární recykláty obvykle dvoustupňová extruze s mezifitrací
- Na čisté primární odpady bez filtrace
 1. První extruder v otěruvzdorném provedení, větší vůle mezi šnekem a barelem
 2. Filtr taveniny
 3. Druhý extruder, homogenizační a dávkovací
 4. Granulační hlava (popř. s přeřazeným filtrem)
- Mezi extrudery odplynění – zbytková voda

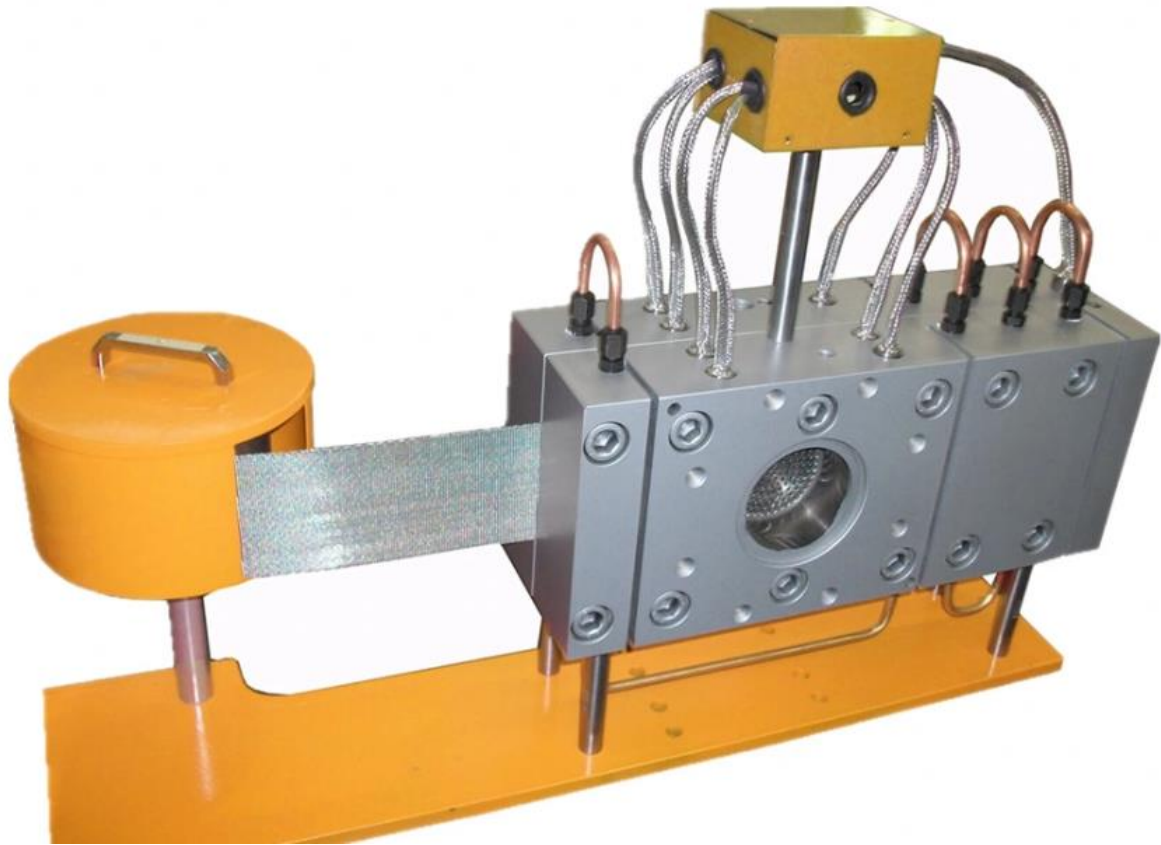
Filtrace taveniny

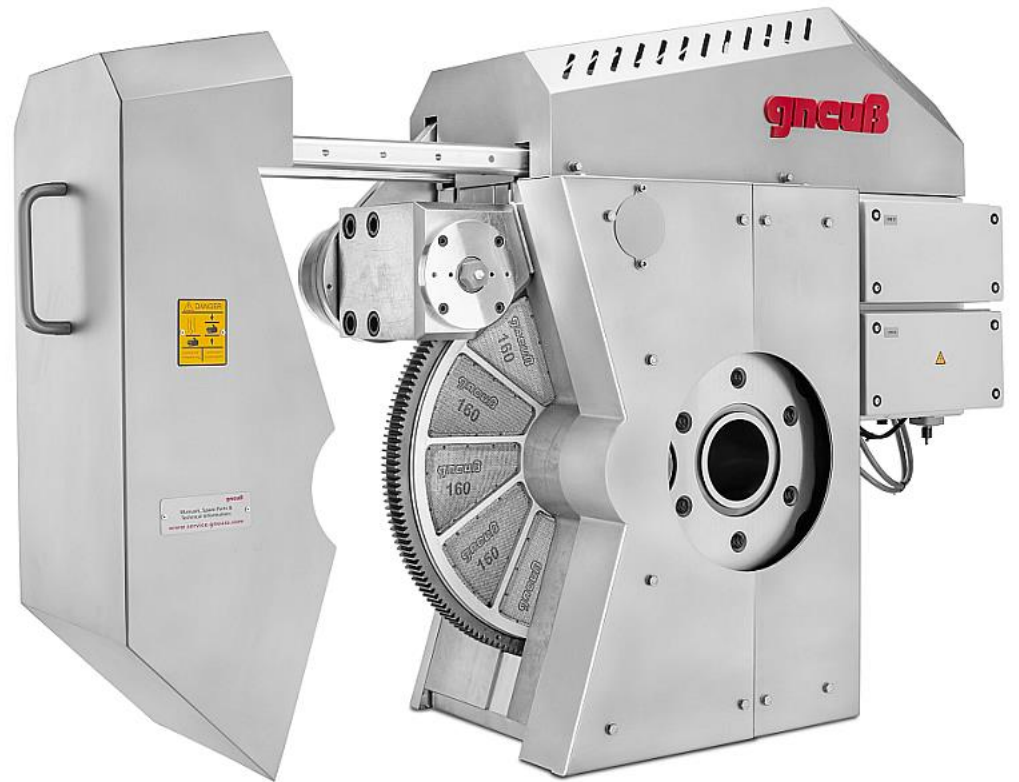
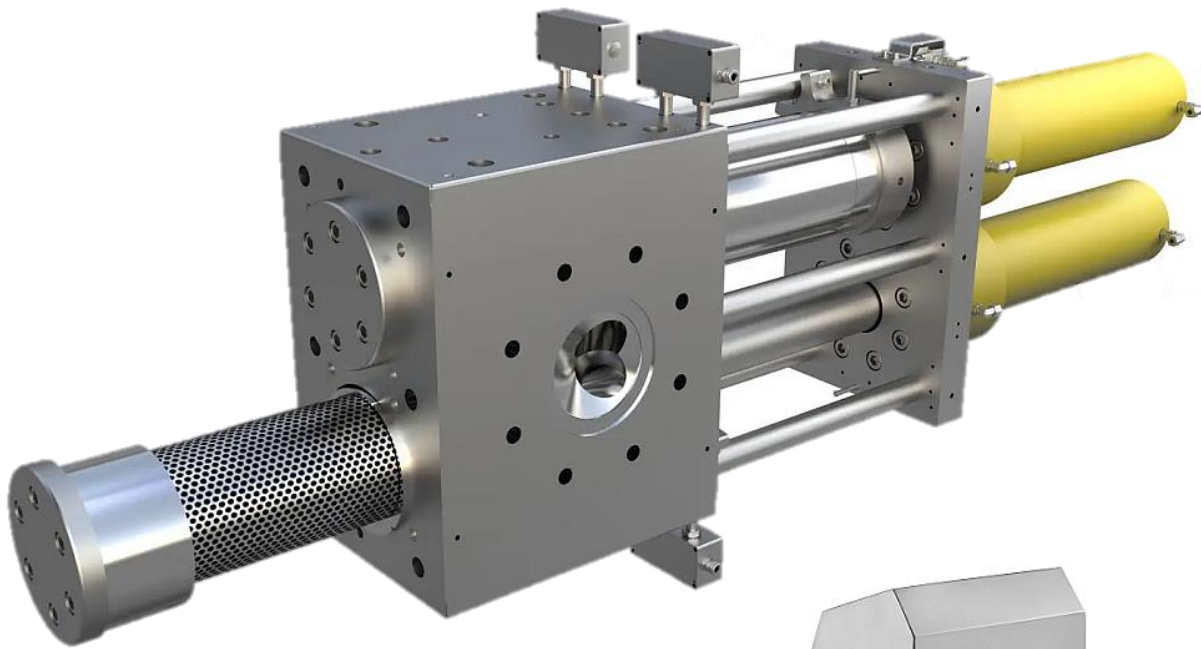
- Sada ocelových sít s různou průlinou (30-1000 μm)
- Diskontinuální i kontinuální
- Filtry stírané nebo výměnné jako spotřební materiál
- Potřebný filtrační tlak vyvíjí extruder (v řádu MPa)
- Filtrační cyklus čízen měřením tlakové ztráty na filtru
- Periodické čistění/ výměna sít

Kontinuální filtry:

- Pásové (belt screen)
- Diskové rotační (disk screen)
- Dvoukomorové (double bolt/piston)







The image shows a blurred industrial machine, likely a melt filter, in a factory setting. The machine is primarily blue and white. A logo is overlaid in the center, featuring the text 'ERA MODEL' in blue, 'FIMIC' in large white letters with a blue outline, and 'ITALIAN MELT FILTER' in black on a yellow background.

ERA MODEL
FIMIC[®]
ITALIAN MELT FILTER



Tento předmět vznikl za podpory projektu Akcelerace zelených dovedností a udržitelnosti na VUT s reg.č. NPO_VUT-MSMT-2143/2024-5

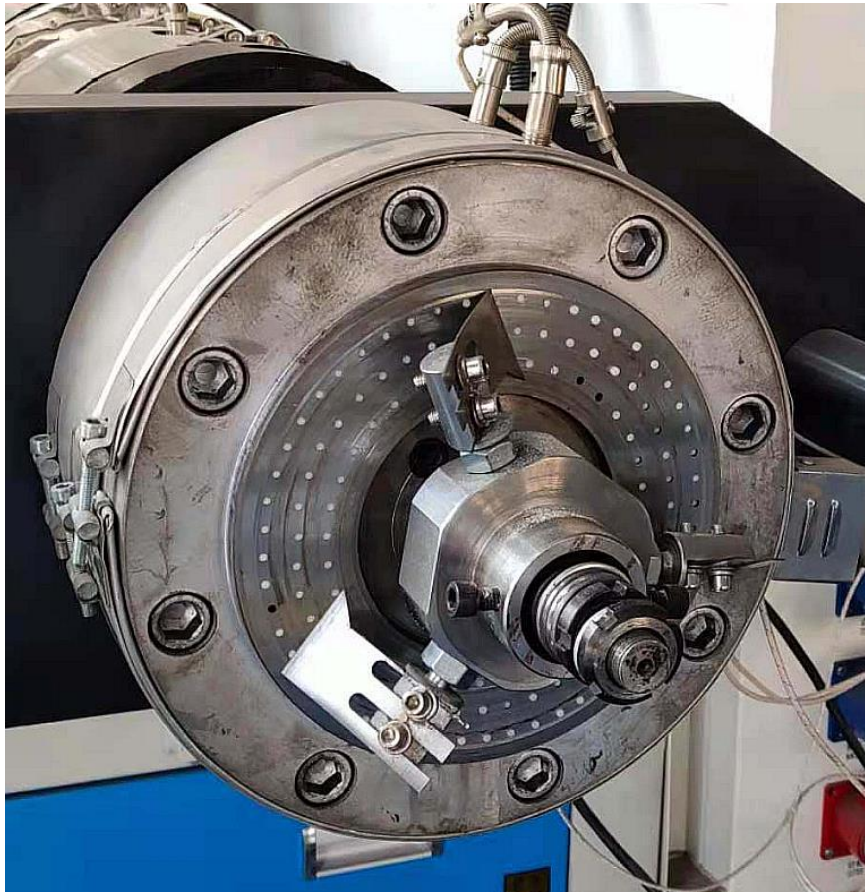


Tento předmět vznikl za podpory projektu Akcelerace zelených dovedností a udržitelnosti na VUT s reg.č. NPO_VUT-MSMT-2143/2024-5



Granulace

- Suchá a mokrá metoda (hranatý, oblý granulát)
- Velkokapacitní výroba – mokrá metoda





Tento předmět vznikl za podpory projektu Akcelerace zelených dovedností a udržitelnosti na VUT s reg.č. NPO_VUT-MSMT-2143/2024-5