

# Zpracování EPDM odpadu a jeho následné využití

Karel Dědič

---

Bakalářská práce  
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav inženýrství polymerů  
akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Karel DĚDIČ  
Osobní číslo: T09591  
Studijní program: B 2808 Chemie a technologie materiálů  
Studijní obor: Chemie a technologie materiálů  
Téma práce: Zpracování EPDM odpadu a jeho následné využití

Zásady pro vypracování:

Vypracujte rešerši na dané téma založenou na odborné literatuře v českém i anglickém jazyce, na základě zdrojů v impaktovaných časopisech.  
Shrňte danou problematiku, její současné řešení a rozsah.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

V.Ducháček, Polymery, VŠCHT

Mleziva, Šňupárek, Polymery, SNTL

zdroje z internetu

impaktované časopisy

Vedoucí bakalářské práce:

**doc. Ing. Dagmar Měřínská, Ph.D.**

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce:

**10. února 2012**

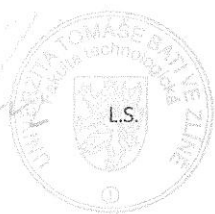
Termín odevzdání bakalářské práce:

**1. června 2012**

Ve Zlíně dne 10. února 2012



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: DĚDÍČ KAREL


Obor: K5CHM

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 21.8.2012

  
.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

---

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce nahlíží do problematiky postupů zpracování EPDM odpadu a poukazuje na možnosti jeho využití nejen v gumárenském průmyslu, ale i jako materiálu pro zcela nové využití.

Klíčová slova: Kaučuk, EPDM odpad, zpracování pryže, využití EPDM

## **ABSTRACT**

This thesis looks into the problems of waste treatment operations EPDM and points to the possibility of its use not only in the rubber industry, but also as a material for an entirely new use.

Keywords: Rubber, EPDM waste, rubber processing, EPDM use

Tímto bych chtěl poděkovat všem, jež přispěli k dokončení mé bakalářské práce. Především děkuji své rodině, jež mě podporovala v nelehkých chvílích studia, a svému zaměstnavateli, který mě po dobu studia ochotně uvolňoval.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

## **OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>1. OBJEV KAUČUKU</b> .....	<b>10</b>
<b>1.1. VYUŽITÍ KAUČUKU V ČASE</b> .....	<b>11</b>
<b>1.2. SYNTETICKÝ KAUČUK</b> .....	<b>12</b>
<b>2. ETHYLEN PROPYLENOVÉ KAUČUKY (EPM, EPDM)</b> .....	<b>13</b>
2.1. VLASTNOSTI.....	14
2.2. POUŽITÍ .....	14
ZPRACOVÁNÍ.....	14
<b>3. EPDM ODPADY</b> .....	<b>15</b>
FIRMY PRODUKUJÍCÍ EPDM ODPADY .....	15
<b>4. ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ</b> .....	<b>17</b>
4.1. Příprava, zmenšení velikosti vstupního materiálu.....	17
4.2. Mletí .....	19
4.3. Jemné mletí.....	20
4.4. Homogenizace, míchání .....	23
4.5. Třídění, separace zrn .....	24
<b>5. VYUŽITÍ ZPRACOVANÉHO EPDM ODPADU</b> .....	<b>27</b>
ZKOUMANÉ POSTUPY VYUŽITÍ: .....	27
1. Mirovně vyvolaná devulkanizace EPDM- recyklace.....	27
2. Tepelné a mechanické charakterizace terpolymerní směsi devulkanizovaného recyklovaného EPDM a LDPE .....	27
3. Lepší stárnutí panenských sloučenin EPDM ve střešních fóliích s aminovou devulkanizovanou EPDM jako voděodolný materiál .....	28
4. Použití devulkanizované EPDM v tříslžkové směsi s PP a HDPE .....	28
5. Akustická adsorpce v recyklovaném pryžovém granulátu.....	29
6. Mechanický přístup k devulkanizaci EPDM.....	29
7. Vliv modifikovaného EPDM na mechanické vlastnosti a zpracování materiálu obsahujícího EPDM .....	30
8. Vliv polyfunkčních monomerů na vlastnosti ozářeného síťovaného EPDM prachového odpadu z pneumatik.....	30
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>31</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>32</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>36</b>



## ÚVOD

Důsledkem potřeby a používání nových materiálů v průmyslu od konce 19. století se rozvíjí nejen studium, ale i výroba polymerních materiálů. Dnešní dobu 20. - 21. století bychom mohli nazvat „Doba polymerová“.

Vzrostlo užívání těchto materiálů pro věci každodenní potřeby. Spolu s tím je spjata odpadové hospodářství a likvidace dožitých výrobků. Zpomalil se výzkum nových polymerů a nyní je předmětem zkoumání ekologie výroby, recyklace a následné využití těchto látek nejen pro stejné výrobky, ale i pro zcela jiné použití.

Polymerní látky nepřírodního typu mají dlouholetou životnost, proto je nutné najít nové postupy pro jejich likvidaci a využití.

Můžeme mluvit o společenské zodpovědnosti obyvatelstva k přírodě a nezatěžování budoucích generací odpady.

## 1. OBJEV KAUČUKU

První zmínky o kaučuku nacházíme více než před 500 lety, kdy Kryštof Kolumbus objevil Ameriku (1493-1496). Jednalo se o druhou výpravu do rovníkové oblasti Jižní Ameriky, kdy si jeho námořníci povšimli koule z neznámého materiálu, se kterou si američtí domorodci hráli.

Šlo o vyschlou tekutinu (latex), jenž vytékala z poraněných stromů a na vzduchu tuhla v elastickou hmotu. Místní obyvatelé ji nazývali „Chau – Uchu“ (odtud plyne pojmenování kaučuk).

Vlastnosti tohoto materiálu nebyly příliš uspokojivé. Teplem měkl a stával se lepivým. Naopak chladem tuhl a byl křehký. Mimo tyto neduhy měl pouze omezenou životnost, protože po určité době začal zapáchat. Kazit se. <sup>1</sup>

## 1.1. VYUŽITÍ KAUČUKU V ČASE

Původní obyvatelstvo - domorodci, užívali přírodní kaučuk k izolaci oděvu, lepení, výrobě míčů pro rituální míčové hry.

Do Evropy se dostává přírodní kaučuk okolo roku 1736, avšak jeho komerční využití se datuje až rokem 1791.

Během této doby, roku 1770, objevuje anglický chemik Priestley jeho užitečnou vlastnost: odstranit stopu tužky. Vzniká pojem Rubber (vyčistit třením).<sup>2</sup>

První užití v Evropě nachází při impregnaci tkanin roztokem v terpentýnové silici (francouzští chemici Macquer, Herissant) – výroby plachet a pogumovaných poštovních pytlů.

V roce 1827 objevuje Angličan Hancock, že válcováním kaučuku lze zbavit materiál „nervů“ (mastifikace - hmota za přídavku mastných kyselin ztratí pružnost, zlepší se fyzikální vlastnosti, stane se tvárnou).

Snahy o další zlepšení vlastností a životnosti vedly Američana Charlese Goodyeara k poznatkům, že přídavkem síry, oxidu olovnatého a následným ohřevem získá kaučuk nové vlastnosti. Vzniká pryž (1839.).

Tato „náhoda“ měla pro lidstvo velký význam a byla roku 1844 panem Goodyearem patentována jako vulkanizace.

Tyto okolnosti vedou k zakládání nových podniků na zpracování kaučuku a snaha přiblížení si zdroje kaučuku blíž k Evropě.

1876 pašuje Angličan Wickham 70 tisíc semen stromu *Havea Brasiliensis* do Anglie.

Vyklíčí pouze 4% (2600 ks), která jsou po té přenesena k výsadbě do Indonésie a Malajsie.

Vznikají rozlehlé plantáže, produkce kaučuku začíná ve velkém.

1888 Ir John Boyd Dunlop navázal na výzkum R.W.Thompsona (1845), vynalézá nafukovací pneumatiku, určenou pro synovu tříkolku. Její rozvoj přichází o pár let později, kdy se rozvíjí doprava a automobily.

Spotřeba kaučuku roste a důsledkem motorizace (1905) začíná být nedostatkovou, velmi drahou surovinou.

Důsledkem je vynález syntetického kaučuku.<sup>3</sup>

## 1.2. SYNTETICKÝ KAUČUK

Aby se mohl vyrobit syntetický kaučuk, bylo zapotřebí zjistit složení přírodního. To se podařilo Charlesi Grevillu Williamsovi v roce 1860.

Destilací izoloval látku izopren. Velkým omylem bylo snažit se vyrobit izopren o stejných vlastnostech jako je přírodní.

Výrobu syntetického kaučuku patentovala německá firma Bayer (Fritz Hofman) 1909 společně s anglickými chemiky E.H.Strange a F.E.Mathewse. <sup>4</sup>

Již roku 1900 se před tímto objevem podařilo dosáhnout velkého pokroku ruským chemikům, a to I.L.Kondakovi, který zjistil, že kaučukový produkt neposkytuje jen izopren, ale i dimethylbutadien. Při zahřívání se sodíkem nebo hydroxidem draselným.

S.V.Lebeděv prokázal 1909 schopnost přeměny na kaučuk všech konjugovaných dienů.

Během I. světové války se Německo potýká s nedostatkem přírodního kaučuku. Tyto aspekty umožnily rozvoj a výrobu polymethylbutadienu, prvního syntetického kaučuku. Není sice vhodný pro výrobu pneumatik, ale k výrobě ebonitu, který slouží pro výrobu akumulátorových skříní do ponorek. <sup>1</sup>

30. léta v Německu vedou k dalšímu rozvoji průmyslové výroby butadienového, butadienstyrenového a butadien-akrylonitrilového kaučuku.

Rozvíjí se výzkumy a technologie polymerů, kopolymerů, elastomerů a polyuretanů.

V 60. letech byly zavedeny technologie odvozené z výroby elastomerů a polymerů, jako náhrada systémů z asfaltových pásů, které se používaly k základním střešním systémům.

Syntetická pryž EPDM byla poprvé představena roku 1962 a její komerční výroba začala o rok později. První střešní fólie z EPDM byly nainstalovány koncem 60.let a od této doby nastal masový nárůst uplatnění tohoto materiálu díky unikátním vlastnostem.

### Používané typy syntetických kaučuků:

- Butadienový kaučuk (BR)
- Butadienstyrenový kaučuk (SBR)
- Butadienakrylonitrilový kaučuk (NBR)
- Chloroprenový kaučuk (CR)
- Ethylenpropylenový kaučuk (EPM,EPDM)
- Isoprenový kaučuk (IR)

## 2. ETHYLEN PROPYLENOVÉ KAUKY (EPM, EPDM)

Často se označují zkratkou EPR, čímž však porušují mezinárodní pravidla. Písmeno R značí nenasycený uhlovodíkový řetězec.

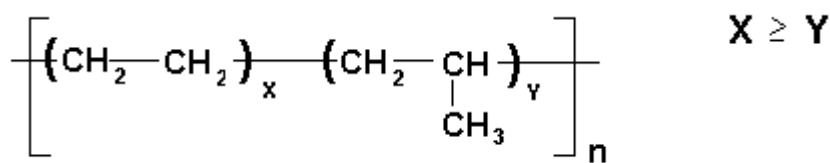
Jedná se o amorfnní kopolymer s obsahem propylenu 40-50%.

Připravují se roztokovou polymerací za pomoci Ziegler-Nattových katalyzátorů.

EPM – je zcela nasycený kopolymer, a proto se dá vulkanizovat pouze pomocí peroxidů, což je obtížné a drahé. Řetězce obsahují nahodilé bloky a jsou rozvětvené. Důsledkem nasycenosti má u kaučuků nedosažitelnou odolnost proti stárnutí a degradaci.

Hmotnostní poměr ethylenu k propylenu se u průmyslově vyráběných druhů pohybuje od 1:1 do 3:1.

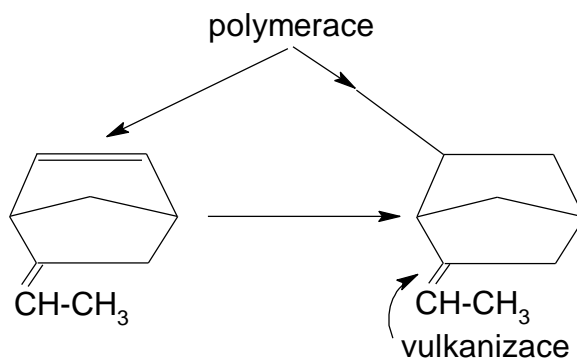
Základním typem je kopolymer etylenu s propylenem:



EPDM- ethylen –propylen- dienový kaučuk, který obsahuje navíc malé množství nekonjugovaných dienů (3-5%), nejčastěji 5 -etyliden-2-norbomer.

Vulkanizace EPDM se provádí sírou, základním urychlovačem (nejčastěji se jedná o thiazoly nebo sulfoamidy) a ultra urychlovači (thiuram, dithiokarbemát).

Kaučuky EPDM můžeme taktéž vulkanizovat peroxidy nebo pryskyřicemi, což zabezpečuje dobrou odolnost proti teple a trvalé deformaci.<sup>5</sup>



## 2.1. Vlastnosti

EPDM kaučuky pro všeobecné použití jsou v podstatě téměř nepolárního charakteru (odolávají polárním rozpouštědlům). Rozpouštějí se v alifatických a aromatických uhlovodících (benzín, toluen) a chlorovaných rozpouštědlech (trichloretylen, tetrachlormetan). Vulkanizáty v těchto rozpouštědlech a olejích značně bobtnají. Proto se nesmí aplikovat tam, kde by došlo ke styku s uvedenými látkami.

Mají odolnost proti ultrafialovému záření, ozónu a degradaci způsobené povětrnostními vlivy. Dobře odolávají dlouhodobému vystavení teple 100°C, ale i chladu.

Nepodléhají kyselinám alkálií, horkým smáčedlům, solným a oxidačním prostředkům, syntetickým hydraulickým kapalinám, živočišným tukům.

Charakter směsí se může lišit podle použitých plniv, změkčovadel, pigmentů a jiných zvláštních přísad.

## 2.2. Použití

I když je etylén a propylén „levnou“ výchozí surovinou, přítomnost termonomeru cenu zvyšuje. Z toho vyplývá nemožnost používání EPDM všude tam, kde bychom chtěli. Například při kompletní výrobě pneumatik (pouze ve směsi pro bočnice).

Využívá se ve směsích s jinými kaučuky, jelikož zlepšuje odolnost proti ozónovému praskání a především na výrobu produktů pro venkovní aplikace, kde požadujeme jeho odolnost povětrnosti (venkovní hadice (svářecí a parní), izolace kabelů, různá těsnění, dopravníkové pásy (šterkovny), střešní krytiny, automobilový průmysl-okenní lišty ajn., vložky do nádob v chemickém průmyslu, potažení podávacích válců, obuvnictví, těsnící tmely atd.).

## Zpracování

- Válcování
- Vytlačování
- Vstřikování
- Lisování
- Odlévání - natírání (ve formě EPDM latexů)

### 3. EPDM ODPADY

Firmy zpracovávající EPDM produkují technologické odpady podle způsobu zpracování:

1. Válcování - ořezy z fólií, nekvalitní fólie, nájezdy linek a přechody při změně používaných směsí.
2. Vytlačování - nájezdy linek, přetoky filtrů, vady na výrobcích způsobené nedostatečným zásobením linky a esteticko-designové vady.
3. Vstřikování - při vstřikování dochází k přeplňování forem z důvodu kvality produktů, proto vznikají přetoky z forem a z filtrů. Dalším odpadem jsou nekvalitní výrobky, nájezdy linek a přechody používaných směsí.
4. Lisování - nekvalitní výrobky. Při lisování dochází opět k přeplňování forem, a proto vznikají přetoky.

Mezi další odpady patří skladové výrobky, které se neprodaly. Reklamace a zboží opotřebované používáním.

Nedostatkem odpadů, a ne jen technologických, je kontaminace jinými materiály. Jedná se o kovy (utřepané součásti strojů) a, zcela jiné materiály (obaly od jídel a pití, papíry a smetky ze země). To vše komplikuje další zpracování odpadů. Většinou jde o lidský faktor a neuvědomění pracovníků, proto je nutné začleňovat do zpracovatelských zařízení další technologie, které zabezpečí nejen kvalitu zpracovaného materiálu, ale i nezneškodnění strojů při zpracování.

#### **Firmy produkující EPDM odpady**

Cikautxo CZ, s.r.o., Jablonec nad Nisou

Vyrábí produkty do praček (těsnění, rozvodové kanály), a automobilového průmyslu (hadice, ativibrační komponenty, ventilační kanály).

Saar Gummi Czech, s.r.o., Červený Kostelec

Vyrábí těsnící systémy pro pohyblivé díly karoserií motorových, kolejových a jiných vozidel.

Saar Gummi Slovakia, s.r.o., SK

Výroby těsnících profilů, převážně pro automobilový průmysl.

Vegum a.s., Dolné Vestenice, SK

Vyrábí směsi pro různorodé použití, těsnicí systémy oken a dveří, hadice.

Technická pryž Plzeň s.r.o., Plzeň

Vyrábí prachovky, průchodky, membrány, silentbloky a opryžuje kovy.

Těsnění Nývlt s.r.o., Červený Kostelec, CZ

Výroba těsnění pro instalatérství, zátky různého uplatnění, hadice a mikroporézní fólie.

Rubena a.s., Hradec Králové

Výroba fólií, desek, silentbloků, veloduší, technické lisované pryže a opryžování válců.

Rotatech, Židlochovice

Výroba desek, těsnění, profilů.

Gumex, spol. s.r.o., CZ

Výroba pryžových profilů, dopravníkových pásů, těsnění a podlahoviny.

Tesa, Hranice

Výroba těsnění.



## 4. ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ

Odpady a výrobky z EPDM mohou být různých tvarů a velikostí. Proto musíme zvolit různé etapy zpracování.

### 4.1. Příprava, zmenšení velikosti vstupního materiálu

Jedná-li se o rozměrově velké kusy, musíme docílit jejich zmenšení. Volíme sekání či předdrcování.

#### Gilotina

Jedná se o zařízení, které je převážně hydraulické. Skládá se z motoru, hydraulického čerpadla, rozvaděče, zásobní nádoby hydraulického oleje, hydraulického pístu, na jehož konci je připevněn sekací nůž, který je ve vodících drážkách a dorazové lišty. Vodících drážky tvoří téměř vždy rám stroje.

Velikost a výška stroje může být různé velikosti, podle požadavků provozu. Zařízení může být z důvodu bezpečnosti opatřeno kryty, které zabrání obsluze jakoukoli manipulaci s materiálem při chodu stroje.

Materiál je zpracován stříhem.

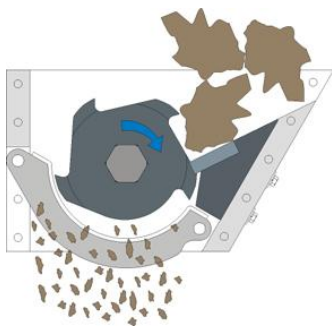


Obrázek 1 : *Gilotina*<sup>6</sup>

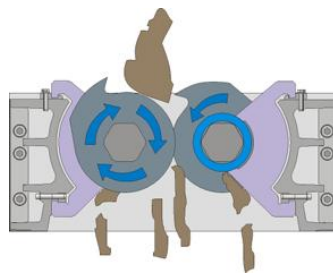
## Předdrtič

Rozeznáváme dva typy předdrtičů: jednohřídelné a vícehřídelné.

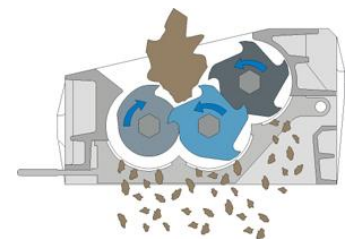
- **Jednohřídelné** - skládají z násypky, motoru pohonu hřídele, převodovky, statorových nožů, rozvaděče. Na hřídeli jsou umístěny rotorové nože (mohou být různého typu), které jsou různě posunuty ve směru otáčení rotoru, jelikož záběr nožů a typ zpracovávaného materiálu musí být v souladu. Konstrukce stroje je dána pro každé zpracování jiná. Zařízení je možno kombinovat s dotlakem materiálu.
- **Vícehřídelné** – jsou obdobou jednohřídelných. Liší se pouze počtem hřídelí pohonu nesoucí pracovní rotorové nože (tj. počet motorů a počet převodovek je úměrný počtu hřídelí). Není nutný dotlak, protože konstrukce strojů je vždy navržena tak, že jednotlivé hřídele se otáčejí proti sobě, a tím zabezpečují přívod materiálu do části stroje s největším účinkem práce.



Obrázek 2 :  
Jednohřídelný  
předdrtič<sup>7</sup>



Obrázek 3 :  
Dvouhřídelný  
předdrtič<sup>8</sup>



Obrázek 4:  
Tříhřídelný  
předdrtič<sup>9</sup>

U jedno-hřídelného předdrtiče je možné použití hrubého síta, které nám zabezpečí danou velikost materiálu na výstupu ze stroje. Používá se u rozměrově menších kusů na vstupu.

Více-hřídelné předdrtiče se používají pro mnohem větší kusy materiálu na vstupu, a proto není potřeba síta. Konstrukce a výkonnost strojů je mnohonásobně větší, než u jednohřídelných.

Mezi největší firmy vyrábějící předdrtiče a mlýny v Evropě patří:

Boco, (CZ), Herbold, Zerma, Vecoplan, Weima, Hosokava Alpine, Pallmann, Codux ajn.

## 4.2. Mletí

Předpřipravený a rozměrově menší materiál je nutno zmenšit na požadovanou velikost. K tomu nám slouží mlýny, které se mohou lišit nejen výkonnostně, ale i konstrukčně. Podle požadavků na hrubost materiálu výstupu volíme zařízení a doplňkové technologie. Mezi doplňkové technologie patří separátory kovů a odsávací zařízení, jelikož materiál z převážně automobilového průmyslu obsahuje tkaninové výztuže, které jsou ve výsledném produktu nežádoucí.

### Nožový mlýn

Skládá se z motoru pohonu, rotoru, jehož součásti jsou rotorové nože, skeletu stroje- součástí jsou statorové nože, síto a násypka.

Hnací síla motoru je na mlýn přenášena pomocí klínových řemenů. Rotor s uchycením nožů může být plný nebo průchozí. Počet statorových a rotorových nožů může být různý a uložení nožů odlišné. Síto volíme podle požadavků na výstupní velikost materiálu ( $x \geq 3\text{mm}$ ). Materiál je namáhán na stříh, což se projevuje na seřizení nožů.

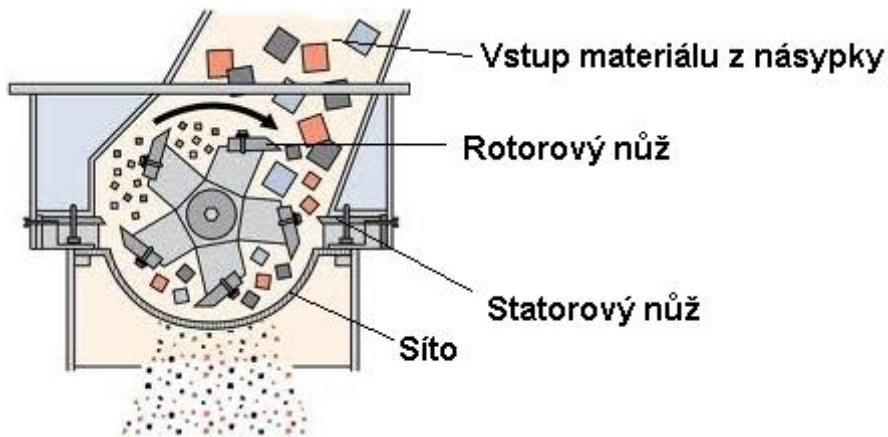
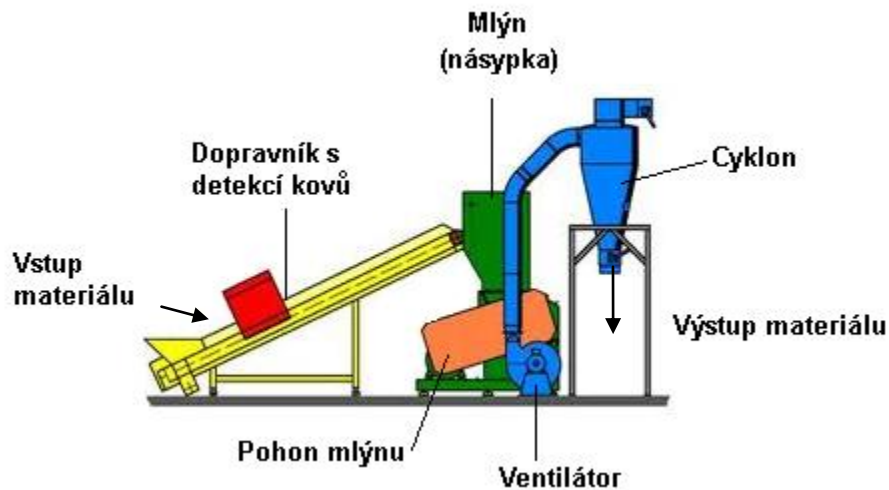
Průchozí rotor je výhodnější pro zpracování lehčené pryže oproti nelehčené, kde používáme plný rotor.



Obrázek 5 : Průchozí (košový) rotor<sup>10</sup>



Obrázek 6: Plný rotor<sup>11</sup>

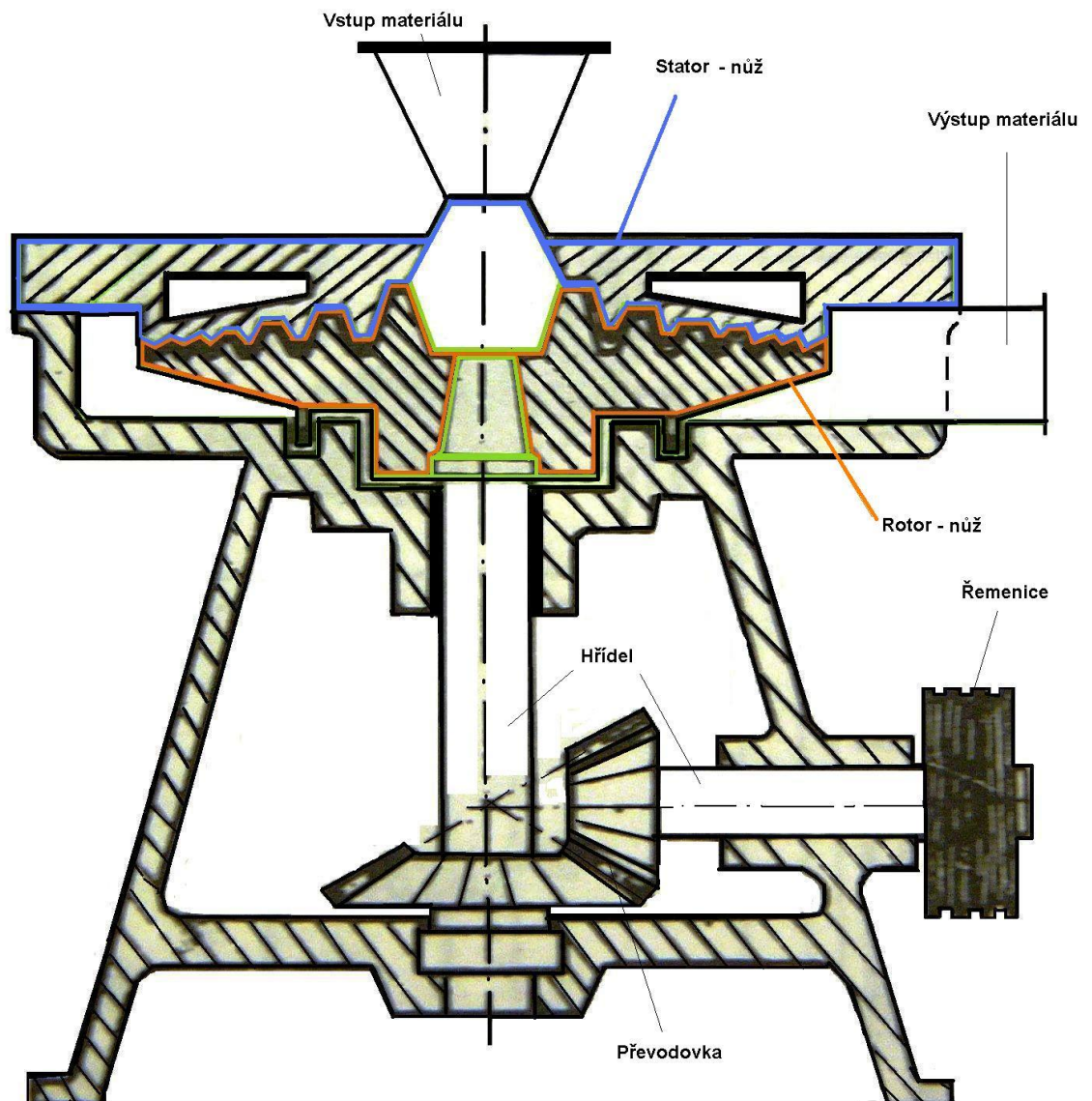
Obrázek 7: Mlýn<sup>12</sup>Obrázek 8: Schéma mlecí linky<sup>13</sup>

### 4.3. Jemné mletí

Požadujeme – li jemnější velikost zrna, než je možno připravit na klasickém mlýnu, využíváme zcela jiné stroje, které nám pomohou připravit zrna o hrubosti  $x \leq 3\text{mm}$ .

#### Talířové mlýny

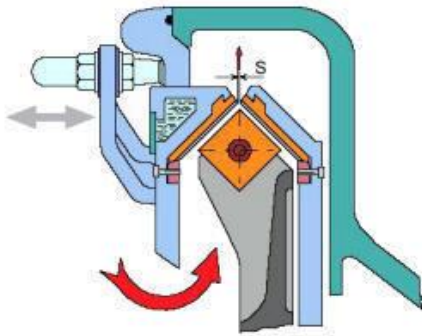
Tyto mlýny slouží k drcení lehčeného i nelehčeného pryžového odpadu. Hroty na horní a spodní desce (stator a rotor) jsou přerušovaně umístěny v kruzích, které do sebe zapadají. Od středu k okraji se hroty zmenšují, a tím zmenšují průchod velkých zrn. Zrna jsou namáhána na stříh a průchodem k okraji talíře zmenšují svoji velikost. Stator je chlazen vodou, abychom zabránili slepování pryžového zrna v důsledku tepla.



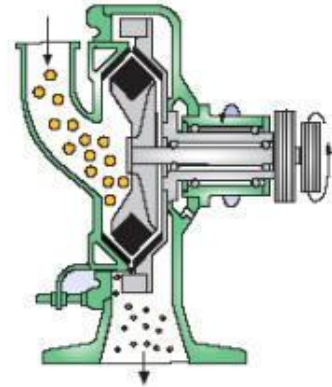
Obrázek 9: *Talířový mlýn* <sup>14</sup>

Talířový nárazový mlýn

Materiál se přivádí do stroje pomocí vstupu, po té je rychle rotující vrtulí vymršťován proti ryhované bočnici do doby, kdy dosáhne velikosti obvodové štěrbin. Je namáhán nárazy na rotor a bočnice. Ve stroji probíhá vysoce turbulentní proudění vzduchu a je možno seřizovat velikost štěrbin za chodu stroje. Stroj je nutno chladit.



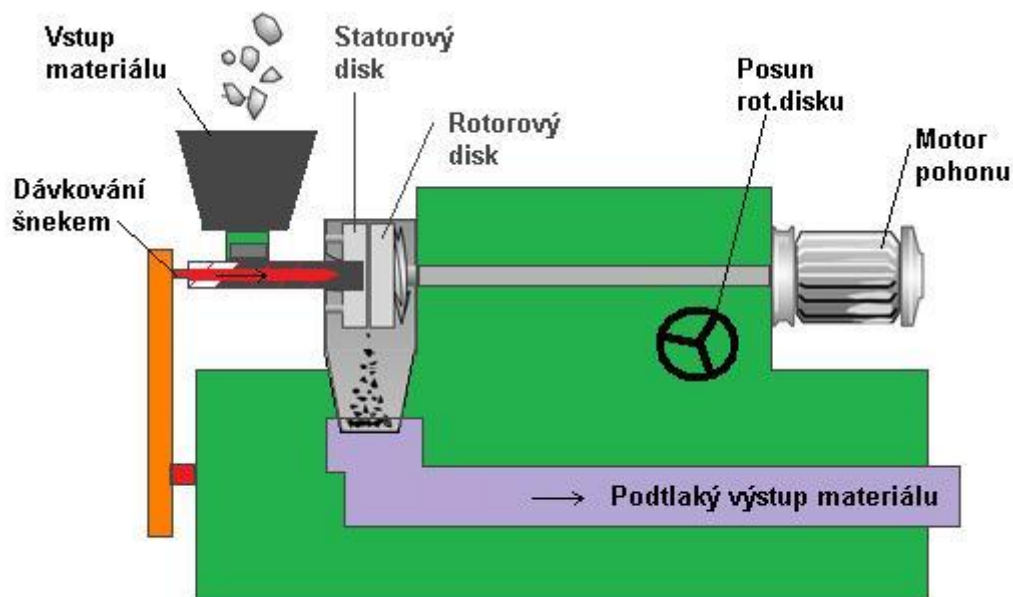
Obrázek 10: Seřízení nárazového mlýnu <sup>15</sup>



Obrázek 11: Nárazová mlýn se spodním vyprazdňováním <sup>15</sup>

Diskové mlýny

Materiál je mezi statorový a rotorový disk dávkován šnekem. Disky jsou opatřeny zušlechťenými výstupky – hranami, které drtí materiál. Rotorový disk je možno přibližovat / oddalovat pomocí posunu, a tím udělovat mezeru mezi disky, přičemž regulujeme hrubost výstupního zrna. Disky jsou chlazené vodou, aby bylo zabráněno slepování prachu zrna v důsledku tepla. Materiál je odváděn podtlakovým sáním. Proti kryogennímu mletí má materiál mnohem větší povrch.

Obrázek 12: Diskový mlýn <sup>16</sup>

Nevýhodou operací před-přípravy materiálu a jeho mletí je velká hlučnost a prašnost. Jde o zpracování náročné na energii.

#### 4.4. Homogenizace, míchání

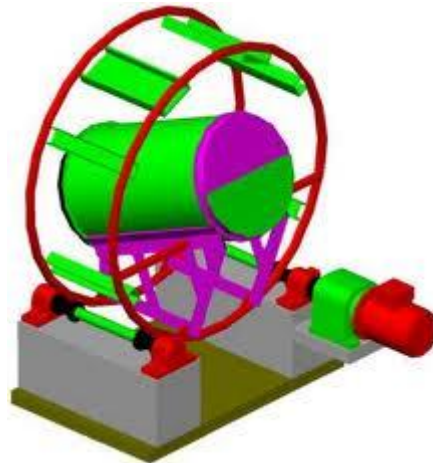
Jde o proces, při kterém se snažíme jednotlivé druhy materiálu rozptýlit, nejen v rámci dispergace, ale i distribuce. Receptury mohou být různého složení. Více složek  $x \geq 3$ , dbáme na důkladné promíchání. Jde-li o méně složkovou recepturu, kde  $x \leq 2$ , a při zohlednění poměrů složek, stačí nám pouze dobrá distribuce.

Podle velikosti objemu zpracovávaného materiálu můžeme rozeznávat homogenizaci laboratorní, malou výrobní, velkou výrobní.

Pro míchání pryže je možno použít pro malé množství (laboratoř, maloobjemová výroba) bubnové a sudové míchačky. Mohou mít jak ruční, tak i elektrický pohon s převodovkou.



Obrázek 13: *Bubnová ruční míchačka*<sup>17</sup>



Obrázek 14: *Sudová míchačka*<sup>18</sup>

Pro velkoobjemové výroby se používají zvětšeniny laboratorních míchaček s možností přídatných lopatek, spirál a jiných zábran zlepšujících promíchání materiálu. Mnohdy se podobají domíchávačům na beton, ovšem jsou stacionární, na elektrický pohon.

Můžeme se také setkat s kupením materiálu na velkou hromadu. Promíchávání je konáno strojem nebo lopatou ve smyslu od okraje hromady zdola na vrchol, nahoru.

Všechny pohyby materiálu zlepšuje jeho homogenizaci. Čím více pohybu, tím lepší homogenizace.

#### **4.5. Třídění, separace zrn**

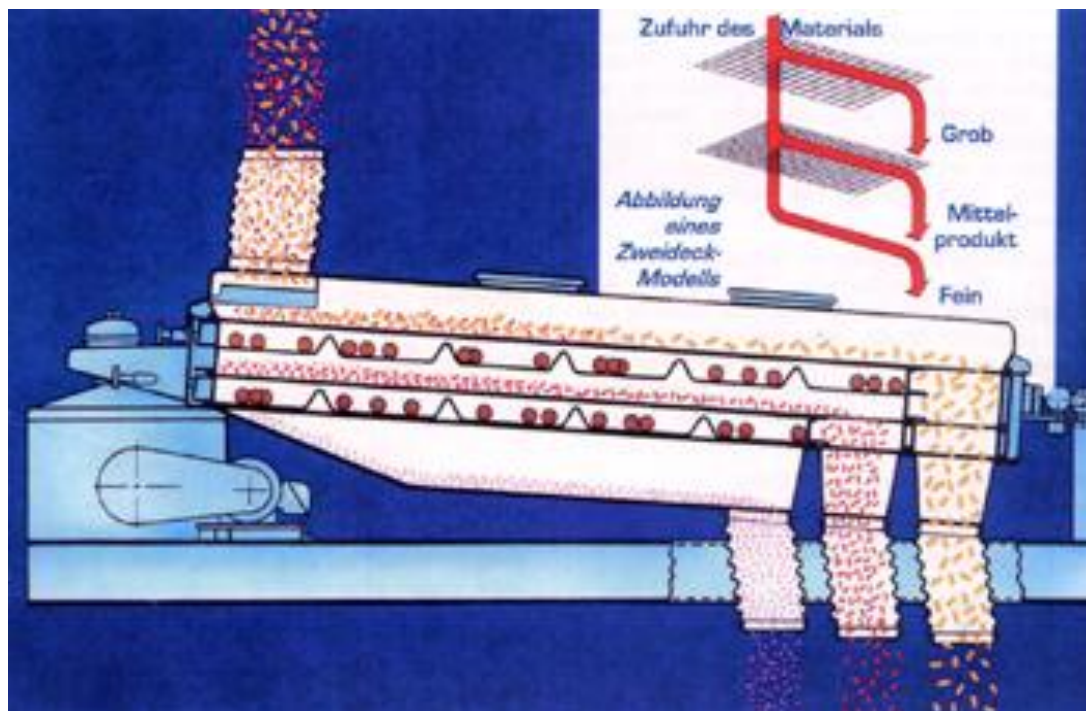
Materiál, který projde sítí mlýnů, obsahuje zrna různých velikostí. Od prachu po velikost síta. Z důvodu požadavků kupujících je nutno dodávat materiál v určitém rozmezí hrubosti. Podstatou každého zařízení je, že v první fázi separujeme nejhrubší zrna, a potom postupně odebíráme hrubší až po nejmenší- prach. Rozeznáváme stroje vibrační a krouživé. Pohonem mohou být motory vibrační nebo otáčivé (konající krouživý pohyb).

##### **Vibrační třídění**

Materiál o různé hrubosti je přiváděn na rošt, který koná vibrační pohyb. Náklon zabezpečuje posun materiálu kupředu. Nejhrubší částice nepropadnou sítí, pokračují na výstup 1. Jemné částice sítí propadnou, dále podle hrubosti propadávají přes síta a separují se podle velikosti. Nejjemnější vypadávají na výstupu 3. Materiál se může odebírat do sběrných nádob nebo odvádět pomocí dopravníků (mechanických, pneumatických).



Rychlost a kvalitu třídění je možno regulovat náklonem a vstupní rychlostí přísunu materiálu. Pro kvalitní třídění může být stroj opatřen brzdícími členy.



Obrázek 15: *Vibrační třídění*<sup>19</sup>

### **Krouživé třídění**

Materiál propadává přes jednotlivá patra a je odváděn bočními výstupy. Síta jsou vždy skládána od spodu, kde je nejjemnější a každé patro nahoru je síto hrubší. Při použití jemných sít se používají mezičleny, jenž se umísťují pod síto. Mezi sítím a mezičlenem jsou pryžové kuličky o velikosti 3-4 cm, které svým pohybem síto čistí (vytloukají), a tím zabraňují zanášení síta. Síto je vypnuto na kruhovém kovovém rámu. Jemné síta z důvodu protrhnutí jsou podepřena vyvařením rámem do rámu síta. Stroj koná krouživý pohyb.



Obrázek 16: *Krouživé třídění* <sup>20</sup>

Vytříděný materiál se může odebírat do sběrných nádob nebo odvádět pomocí dopravníků (mechanických, pneumatických).

Po té se uskládá a expeduje v žocích (big bagy), PE pytlích, popř. jiných obalech vyhovujících provozu či zákazníkovi.

## **5. VYUŽITÍ ZPRACOVANÉHO EPDM ODPADU**

EPDM drtě nacházejí uplatnění pro další výroby jemného mletí, kde konečným produktem je prach, který je využíván jako výplň pro nové směsi v gumárenském průmyslu a pro modifikaci asfaltů. V jiném případě je možno kombinovat devulkanizované drtě ve vícesložkových směsích s PP a HDPE jako termopolymery.

Velké množství drtí nachází uplatnění především při stavbě sportovních povrchů jako jsou atletická, fotbalová a dětská hřiště. Využívají se jak do podloží hřišť, tak i do zásypů umělých trávníků.

Drtě ve spojení s polyuretanovými lepidly slouží pro výrobu zpevněných sportovních povrchů- tartanů, které mohou být ve formě dlaždic nebo monolitu. Tato technologie má uplatnění také při budování protihlukových stěn, ve stavebnictví a dopravě.

Posledním nekonvekčním užitím použít drtě je jako topivo pro spalovny, jelikož výhřevnost pryže se pohybuje od 25 000 do 32 000 KJ/Kg.

Z důvodů ekonomičnosti a likvidace odpadů se zkoumají nové postupy, kterými by bylo možné znovu využít odpadový materiál z výroby, ale i z dožitých výrobků.

### **Zkoumané postupy využití:**

#### **1. Mirovně vyvolaná devulkanizace EPDM- recyklace**

Jednou z technologií pro využití je mikrovlnná devulkanizace (MW) EPDM plněného sazemí při teplotách nad 300°C, kdy dochází k získání částečně devulkanizovaného materiálu. MWS se ukázala jako velmi rychlá a jednoduchá technika, která umožňuje výrobu ošetřené pryže s relativně nízkým stupněm zesíťování. Ve spojení s panenskou směsí je vhodná pro další použití. Vlastnosti výsledné pryže byly lepší než u směsi s nede vulkanizovaným EPDM. <sup>21</sup>

#### **2. Tepelné a mechanické charakterizace terpolymerní směsi devulkanizovaného recyklovaného EPDM a LDPE**

V této studii byly zkoumány směsi LDPE a recyklovaného devulkanizovaného EPDM-r, který byl devulkanizován pomocí mikrovlnné trouby pomocí použití bis (alfa, alfa- dimethylamoniumchlorid) peroxidu. Získané směsi byly zkoumány pomocí termografické ana-

lýzy, diferenční skenovací kalorimetrie a mechanické zkoušky. Ukázalo se, že zbytky devulkanizačního procesu výrazně snížily obsah gelové části v elastomeru. Začleněním EPDM-r snižuje krystalizaci a fúzní entalpii při zachování krystalizace a fúzních vlastností termoplastu. U směsi bylo dokázáno snížení deformace a trakční síly, ale začleněním EPDM-r vedlo k výraznému zvýšení hodnot modulu pružnosti a odolnosti proti nárazu vzhledem k čistému LDPE.<sup>22</sup>

### **3. Lepší stárnutí panenských sloučenin EPDM ve střešních fóliích s aminovou devulkanizovanou EPDM jako voděodolný materiál**

Rekultivovaný EPDM ze stavebních materiálů byl připravena ve dvoušneku za pomoci hexadecylaminu jako pomocného činidla. Tento materiál byl smíchán s množstvím panenského EPDM jako směs pro střešní fólii. S rostoucím množstvím rekultivovaného materiálu ve směsi se snížila schopnost zpětného volného vytvrzování teplotou a maximální hodnoty točivého momentu, zatímco rychlost byla zvýšena. Nerozpustné frakce a hustota síťování klesla, zatímco poměr mono a di polysulfidických můstků se zlepšuje s rostoucím množstvím obsahu rekultivované složky. SEM-EDX morfologie studia směsi s cílem vyhodnotit rozptyl rekultivované složky v panenské směsi ukázalo, že i velké množství rekultivovaného materiálu má za následek homogennost a hladkost sloučeniny. Pevnost v tahu a modul při 300% zátěži a tvrdost se snížil, zatímco prodloužení při přetržení se zlepšil. Byly splněny nejpřísnější testy (UEAtc) pro specifikaci střešních EPDM fólií. Zvýšením obsahu rekultivovaného množství se zlepšuje odolnost proti stárnutí a posunutí hodnot pro prodloužení při přetržení na 250% pro účely EPDM střešních fólií, čehož bylo dosaženo.<sup>23</sup>

### **4. Použití devulkanizované EPDM v tříložkové směsi s PP a HDPE**

Tato studie se zabývá opakovaným použitím recyklovaného EPDM ve směsích s PP a HDPE. EPDM bylo zpracováno na laboratorním dvoušneku jako D-EPDM.

D-EPDM bylo použito v 20, 40 a 60 hm. % s HDPE ve stálých koncentracích (20 hm.%) a PP v 20, 40 a 60 hm.%. Mechanické vlastnosti jako tažnost, komprese, tvrdost, odolnost proti nárazu a morfologie vzorků byla porovnávána s panenským EPDM. Pevnost v tahu a tlaku se snižuje s nárůstem D-EPDM a EPDM. Lepší mechanické vlastnosti vykazovalo D-EPDM ve směsích. Dominantní morfologií obou směsí byl samostatný rozptyl HDPE a EPDM (nebo D-EPDM) v PP matrici. Vytvořené kapičky D-EPDM dispergované v PP matrici byly podobné panenskému EPDM.<sup>24</sup>

## **5. Akustická adsorpce v recyklovaném pryžovém granulátu**

Fyzikální vlastnosti recyklované pryže z odpadů může být vhodným materiálem oproti jiným současně používaným materiálům. Byly srovnávány rozdíly mezi nespojenou drtí a drtí spojenou pomocí lepidla. Jednalo se o různé velikosti zrn a tloušťky výsledného materiálu. Studie ukázala, že vliv na snížení celkové absorpce použitím lepidla se zvyšuje u menších velikostí zrn, ačkoli je zjištěno, že větší zrna v materiálu zvyšují jeho adsorpci. Ukázala se možnost částečně popsat vztah ve změnách průtoku odporu a první rezonanční frekvence mezi těmito dvěma vzorky (slepené, neslepené). Toto nám umožňuje předvídat vlastnosti u spojených (slepených) materiálů pro akustické vlastnosti. Díky tomuto je možno optimalizovat materiál tak, abychom docílili určitých akustických vlastností, které by měli co největší pohltivost zvuku a dokonce vyladit materiál tak, aby absorboval požadovanou frekvenci.<sup>25</sup>

## **6. Mechanický přístup k devulkanizaci EPDM**

EPDM na bázi pryže je ještě ne – zcela prozkoumaným z hlediska rekultivace a zužitkování. Tato studie dává mechanický pohled na tepelnou rekultivaci dvou různých vulkanizačních směsí EPDM. Pomocným devulkanizačním činidlem je hexadecylamin (HDA). Běžné požadavky na vulkanizovaný EPDM je obsah přírodní síry, který ukazuje největší pokles zbývajícího zesíťování s rostoucí koncentrací HDA při nižších teplotách. Po rekultivaci při teplotě 225°C je koncentrace zbývajících di- a polysírných můstků vyšší než koncentrace monosírných vazeb. Při teplotě 275°C je koncentrace monosírných vazeb největší. Pro efektivní vulkanizování EPDM s primárně monosírnými můstky má HDA pozitivní účinky při rekultivaci za teplot do 225°C. Při vyšších teplotách se hustota síťování s rostoucí koncentrací HDA zvyšuje. Použitím této devulkanizace ukazuje Horikx, že u běžně vulkanizované EPDM devulkanizátu se ve větší míře rozštěpí síťování v porovnání s efektivně vulkanizovaným materiálem, který rozděluje hlavní řetězec. Oba vzorky mohou být přidány do panenských směsí v 50 hm. %, avšak s omezeným výsledným poklesem vlastností. Jde o vysoké hm. % ve srovnání s 15 hm. % klasického nevulkanizovaného pryžového prášku, což je známý limit.<sup>26</sup>

## **7. Vliv modifikovaného EPDM na mechanické vlastnosti a zpracování materiálu obsahujícího EPDM**

Tento výzkum byl zaměřen na zkoumání vlivu tří látek při recyklaci odpadů pryže, a to kopolymer etylen- propylen- dien (EPDMR) obsahujícího saze. Byly připraveny tři vzorky z:

- a) EPDM upraveného 1- dodecanotiolen (EPDMSDD)
- b) EPDM upraveného kyselinou stearovou (EPDMAE)
- c) EPDM upraveného mastnou kyselinou linoleovou (EPDMAG)

Bylo zjištěno, že EPDMSDD mělo lepší mechanické vlastnosti v tahu a při roztržení spoje při výrobním procesu vytlačováním. Naproti tomu EPDMAE a EPDMAG působily jako pomocné látky pro lepší zpracovatelnost. <sup>27</sup>

## **8. Vliv polyfunkčních monomerů na vlastnosti ozářeného síťovaného EPDM prachového odpadu z pneumatik**

Tato studie se zabývá odpadem z recyklovaných pneumatik ve formě prachu jako výplň ve směsi s etylen- propylen- dien monomeru (EPDM) pryže. Tři různé polyfunkční monomery (PFMs) jsou zcela začleněny do standardní struktury a ozářeny pod elektronovým paprskem v různých dávkách až do maximální výše 100 kGy ( $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J} / \text{kg} = 1 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$ ). Jeden gray odpovídá energii záření jednoho joulu absorbovaného jedním kilogramem látky ( $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$ ). Kombinované účinky PFMs a absorbované dávky na fyzikálních vlastnostech EPDM / WTD směsi se měří ve srovnání s obsahem síry v síťování. Termogravimetrická analýza ukázala, že po ozáření došlo k lepšímu síťování a tepelné stabilitě než u struktury síťované oxidem. Fyzikální vlastnosti ozářené síťované směsi jsou podobné směsi síťované sírou. Ztráta toxických chemických látek v přísadách, po ozařování, dává materiálu velmi dobrou schopnost využití jako těsnící voděodolné fólie vhodné na střechy, rybníky, rohože na dětských hřištích a těsnící profily do oken. <sup>28</sup>

## ZÁVĚR

V dnešní době spotřebního zboží a nárůstu výroby a zpracování polymerních materiálů se musíme neustále zabírat odpady, které vznikají při výrobě nových výrobků a odpady vzniklé z výrobků již dožitých. Jedná se o velké množství materiálů, který se díky novým technologiím a výzkumům mohou vracet zpět do výroby jako přídavek vstupních materiálů, kde možnost použitelnosti je v méně nebo totožně kvalitních výrobcích.

Díky procesu devulkanizace je možno využívat odpadové EPDP ve směsích více, než tomu bylo doposud. Jedná se o nárůst až na 50 hm%. Vlastnosti produktů jsou v některých případech skoro totožné, avšak v převážné míře horší. Z tohoto důvodu je nutno používat tyto devulkanizáty tam, kde nám pokles vlastností tolik nevadí a kde není materiál natolik namáhán.

Není-li to možné z hlediska výsledných vlastností a finančních důvodů, hledá se pro tento materiál zcela jiné použití. Díky jeho vlastnostem nachází uplatnění ve stavebnictví, dopravě a jiných průmyslových odvětvích.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### Literatura

- [1] Ducháček, V.: Polymery- výroba, vlastnosti, zpracování, použití. 3.vyd. Praha: VŠCHT, 2011, ISBN 978-80-7080-788-0.
- [2] BELLIS, Mary. Joseph Priestley - Eraser. In: [online]. [cit. 2012-05-29]. Dostupné z: <http://inventors.about.com/od/pstartinventors/a/JosephPriestley.htm>
- [3] Historie kaučuku a pryže [online]. [cit. 2012-05-29]. Dostupné z: <http://www.tyma.cz/technicke-informace/materialy/historie-kaucuk-pryz/>
- [4] 100 let syntetického kaučuku [online]. 2009 [cit. 2012-05-29]. Dostupné z: <http://www.technikaatrh.cz/plasty/100-let-syntetickeho-kaucuku>
- [5] Stoklasa, K.: Makromolekulární chemie II. Zlín: FT UTB Zlín, 2006
- [6] Hydraulic Press [online]. [cit. 2012-05-29]. Dostupné z: <http://www.amcomt.com.cn/show.asp?ID=493>
- [7] SM CORPORATION CO., LTD. *Erdwich single-schaft schreddes* [online]. [cit. 2012-06-11]. Dostupné z: <http://www.smc Corp.co.th/single-shaft%20shredders.html>
- [8] SM CORPORATION CO., LTD. *Erdwich two-schaft schreddes* [online]. [cit. 2012-06-11]. Dostupné z: <http://www.smc Corp.co.th/two-shaft%20shredders.html>
- [9] SM CORPORATION CO., LTD. *Erdwich tree-schaft schreddes* [online]. [cit. 2012-06-11]. Dostupné z: <http://www.smc Corp.co.th/three-shaft%20shredders.html>
- [10] ZERMA. *GPS Granulador rotor* [online]. [cit. 2012-06-11]. Dostupné z: <http://www.zerma.com/es/pipe-profile-granulators.html>
- [11] HERBOLD MECKESHEIM USA - RESOURCE RECYCLING INC. *A3 Rotor Solid Forging* [online]. [cit. 2012-06-11]. Dostupné z: <http://www.herboldusa.com/page312.html>
- [12] TODAY'S FACILITY BLOG. *WEB EXCLUSIVE: Nine Things You're Not Destroying But Should Be* [online]. [cit. 2012-06-13]. Dostupné z: <http://www.todayfacilitymanager.com/facilityblog/2010/12/web-exclusive-nine-things-youre-not-destroying-but-should-be.html>
- [13] PALLMANN. *Recykling von Profilabfällen* [online]. [cit. 2012-06-15]. Dostupné z:



[http://www.pallmann.eu/language/de/Recycling/Recyclingbereiche/Kunststoffe/-\\_Profile](http://www.pallmann.eu/language/de/Recycling/Recyclingbereiche/Kunststoffe/-_Profile)

- [14] ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA. *Talířový mlýn* [online]. [cit. 2012-06-15]. Dostupné z: <http://webs.zcu.cz/fel/ket/VTP/Pred%2011/08%20Tal%ed%f8ov%fd%20ml%fdn.jpg>
- [15] PALLMANN. *Turbo Mill, typ REF: Method of Operaton; Bottom Discharge* [online]. [cit. 2012-06-15]. Dostupné z: [http://www.pallmannindustries.com/ref\\_turbo\\_mill.htm](http://www.pallmannindustries.com/ref_turbo_mill.htm)
- [16] FISCHER SCIENTIFIC. *Fritsch Disc mlýn Pulverisette 13* [online]. [cit. 2012-06-15]. Dostupné z: <http://www.fisher.co.uk/product/index.php/MPF-706-010S/Fritsch/Disc%20mill/Pulverisette%2013>
- [17] Karavan3nec: *Ruční pračka*. [online]. [cit. 2012-06-15]. Dostupné z: <http://www.karavan3nec.cz/vanoce-2011/rucni-pracka/>
- [18] CV.METCO STEEL. *Bubnová míchačka* [online]. [cit. 2012-06-18]. Dostupné z: <http://metcosteel.blogspot.cz/>
- [19] BS VERTRIEBSBÜRO GMBH. *Siebmaschinen* [online]. [cit. 2012-06-25]. Dostupné z: <http://www.bs-vertrieb.de/index.htm>
- [20] ALLGAIER. *Siebmaschine* [online]. [cit. 2012-06-18]. Dostupné z: <http://www.allgaier.de/de/content/verfahrenstechnik/apparate-verfahren/siebmaschinen>
- [21] BANI, Alberto, Giovanni POLACCO a Giuseppe GALLONE. JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE. Microwave-Induced Devulcanization for Poly(ethylene– propylene–diene) Recycling. [online]. JOURNAL OF APPLIED POLYMER SCIENCE, JUN 5 2011, s. 2904-2911 [cit. 2012-07-17]. ISSN 0021-8995. DOI: 10.1002/app.33359. Dostupné z: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.33359/>
- [22] PISTOR, Vinicius, Felipe G. ORNAGHI, Rudinei FIORIO a Ademir J. ZATTERA. Thermal and Mechanical Characterization of a Terpolymer Mixture of Devulcanized Recycled Ethylene-Propylene-Diene and Low-density Polyethylene. In: [online]. SEP 2010: JOURNAL OF ELASTOMERS AND

- PLASTICS, s. 417-431 [cit. 2012-07-24]. ISSN 0095-2443. DOI: 10.1177/0095244310379175. Dostupné z: <http://jep.sagepub.com/content/42/5/417.full.pdf+html>
- [23] DIJKHUIS, K. A. J., W. K. DIERKES, J. W. M. NOORDERMEER a P. SUTANTO. RUBBER CHEMISTRY AND TECHNOLOGY. IMPROVED AGING PERFORMANCE OF VIRGIN EPDM ROOF-SHEETING COMPOUNDS WITH AMINEDEVULCANIZED EPDM WEATHERSTRIP MATERIAL. [online]. NOV-DEC 2008, s. 865-880 [cit. 2012-07-24]. ISSN 0035-9475. DOI: 10.5254/1.3548237. Dostupné z: <http://rubberchemtechnol.org/doi/abs/10.5254/1.3548237>
- [24] JALILVAND, Ahmadreza, Ismaeil GHASEMI, Mohammad KARRABI a Hamed AZIZI. Using devulcanized EPDM in PP/HDPE/EPDM ternary blend: Mechanical properties and morphology. [online]. IRANIAN POLYMER JOURNAL, SEP 2007, s. 637-644 [cit. 2012-07-25]. ISSN 1026-1265. Dostupné z: <http://journal.ippi.ac.ir/journals.php?tab=1&v=16&n=9>
- [25] SWIFT, MJ, P BRIS a KV HOROSHENKOV. Acoustic absorption in recycled rubber granulate. [online]. APPLIED ACOUSTICS, JUL 1999, roč. 53, s. 203-212 [cit. 2012-07-25]. ISSN 0003-682X. DOI: 10.1016/S0003-682X(98)00061-9. Dostupné z: [www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X98000619](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003682X98000619)
- [26] DIJKHUIS, K. A. J., I. BABU, J. S. LOPULISSA, J. W. M. NOORDERMEER a W. K. DIERKES. A mechanistic approach to EPDM devulcanization. [online]. RUBBER CHEMISTRY AND TECHNOLOGY. MAY-JUN 2008, s. 190-208 [cit. 2012-07-26]. ISSN 0035-9475. DOI: 10.5254/1.3548204. Dostupné z: <http://www.rubberchemtechnol.org/doi/abs/10.5254/1.3548204>
- [27] CARMO, Danielli M., Vanessa de S. FRANCISCO, Carolina G. F. REZENDE, Paulo J. OLIVEIRA, Ademir J. ZATTERA a Marcia G. OLIVEIRA. Effect of Modified EPDM on the Mechanical Properties and Processing of EPDM Containing EPDM Waste. [online]. POLIMEROS-CIENCIA E TECNOLOGIA. JAN-MAR 2012, č. 1, s. 22-26 [cit. 2012-07-

30]. ISSN 0104-1428. DOI: 10.1590/S0104-14282012005000003. Dostupné z: <http://www.revistapolimeros.org.br/PDF/v22n1a04.pdf>

- [28] YASIN, Tariq, Sajid KHAN, Young-Chang NHO a Rashid AHMAD. Effect of polyfunctional monomers on properties of radiation crosslinked EPDM/waste tire dust blend. [online]. RADIATION PHYSICS AND CHEMISTRY. APR 2012, s. 421-425 [cit. 2012-07-30]. ISSN 0969-806X. DOI: 10.1016/j.radphyschem.2011.12.008. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969806X11004774>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 : <i>Gilotina</i> <sup>6</sup> .....	17
Obrázek 2 : <i>Jednohřídelný předdrtič</i> <sup>7</sup> .....	18
Obrázek 3 : <i>Dvouhřídelný předdrtič</i> <sup>8</sup> .....	18
Obrázek 4: <i>Tříhřídelný předdrtič</i> <sup>9</sup> .....	18
Obrázek 5 : <i>Průchozí (košový) rotor</i> <sup>10</sup> .....	19
Obrázek 6: <i>Plný rotor</i> <sup>11</sup> .....	19
Obrázek 7: <i>Mlýn</i> <sup>12</sup> .....	20
Obrázek 8: <i>Schéma mlecí linky</i> <sup>13</sup> .....	20
Obrázek 9: <i>Talířový mlýn</i> <sup>14</sup> .....	21
Obrázek 10: <i>Seřízení nárazového mlýnu</i> <sup>15</sup> .....	22
Obrázek 11: <i>Nárazová mlýn se spodním vyprazdňováním</i> <sup>15</sup> .....	22
Obrázek 12: <i>Diskový mlýn</i> <sup>16</sup> .....	23
Obrázek 13: <i>Bubnová ruční míchačka</i> <sup>17</sup> .....	24
Obrázek 14: <i>Sudová míchačka</i> <sup>18</sup> .....	24
Obrázek 15: <i>Vibrační třídění</i> <sup>19</sup> .....	25
Obrázek 16: <i>Krouživé třídění</i> <sup>20</sup> .....	26