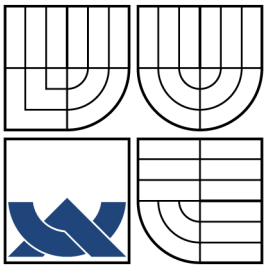
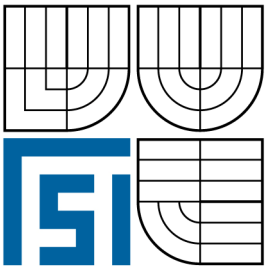


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

UKONČENÍ ŽIVOTNOSTI PNEUMATIK

LIFE TERMINATION OF AUTOMOTIVE TIRES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR´S THESIS

AUTOR PRÁCE — ONDŘEJ POUL
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — Ing. JAN BRANDEJS, CSc.
SUPERVISOR

BRNO 2008

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je popis likvidace pneumatik. S tím souvisí zjištění počtu vyřazovaných pneumatik, možnost a způsobů recyklace a jejich zhodnocení. Součástí je také argumentace o možnosti dalšího využití materiálu. V závěru této bakalářské práce je vymezení trendů budoucího vývoje.

Klíčová slova: pneumatika, likvidace pneumatik, recyklovaná pryž, recyklace pneumatik

ABSTRACT

Objective of this bachelor thesis is characterization of pneumatic tyre abolition. Discarded tyre amount detection, methods and possiblities of recycling and its evaluation is related. Part of the thesis is also reasoning on next utilization of the materials. Conclusion includes delimitation of future developments.

Key words: tyre, liquidation tyres, recycled India - rubber, recycling tyres

Bibliografická citace:
POUL, O. *Ukončení životnosti pneumatik.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 37 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Brandejs, CS

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tuto bakalářskou práci *Ukončení životnosti pneumatik* jsem vypracoval a napsal samostatně, pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Jana Brandejse, CSc. a uvedl všechny zdroje.

Ondřej Poul V Brně dne 13.května 2008

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Brandejsovi, CSc. za poskytnuté rady a připomínky k této práci.
Také děkuji svým rodičům za poskytnuté technické i finanční zázemí.

OBSAH

OBSAH

ÚVOD 12
1 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ 13
1.1 Vznik a význam pneumatiky 13
1.2 Části pneumatiky 13
1.3 Chemické složení 14
1.4 Odhady počtu pneumatik 14
1.5 Možnosti recyklace pneumatik 16
2 PŘEHLED A ROZBOR EXISTUJÍCÍ LITERATURY V DANÉ OBLASTI 17
2.1 Vulkanizace 17
2.2 Protektorováni 17
2.2.1 Metody protektorování 17
2.2.2 Výsledný produkt 18
2.3 Úprava pro materiálové využití 18
2.3.1 Drcení 19
2.3.2 Granulace 19
2.3.3 Regenerace 19
2.3.4 Pyrolýza 20
2.3.5 Ozónový rozklad pneumatik 20
2.4 Úprava pro energetické využití 21
2.4.1 Spalování v cementárnách 21
2.4.2 Využití ve spalovnách odpadů 21
2.4.3 Výroba elektřiny 22
2.4.4 Výroba páry 22
2.5 Jiné způsoby využití 22
2.6 Odstranění skládkováním 22
3 ANALÝZA A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH POZNATKŮ 23
3.1 Protektorování 23
3.2 Materiálové využití 24
3.3 Energetické využití 25
3.4 Jiné využití 26
4 VYMEZENÍ TRENDŮ BUDOUCÍHO VÝVOJE 27
4.1 Použití celku nebo částí pneumatik 27
4.1.1 Materiál použitý v námořní průmyslu 27
4.1.2 Dům z pneumatik 28
4.1.3 Další možnosti využití. 28
4.2 Použití pryžové drti z ojetých pneumatik 29
4.2.1 Povrchy sportovišť a dětských hřišť 29
4.2.2 Povrchy a podklady vozovek a cyklostezek 29
4.2.3 Využití výrobků z recyklované pryže v dopravě 30
4.2.4 Sorbent ropných látek 30
4.2.5 Další možnosti využití. 31
5 ZÁVĚR 32
6 SOUHRNNÁ BIBLIOGRAIE 33
7 POUŽITÉ ZKRATKY, SYMBOLY A VELIČINY 35
8 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ 36
9 SEZNAM TABULEK 37

ÚVOD

Pneumatika je používána již řadu let jako prvek tlumící nárazy. K jejím dalším přednostem patří především snadná vyměnitelnost v důsledku opotřebení. S tím souvisí problém ekologické likvidace. Vzhledem k velkému množství opotřebovaných pneumatik se hledá možnost dalšího využití. Z důvodu chemického složení je oblast následného použití značně omezena. S výhodou je opět využita schopnost tlumit nárazy a vibrace, proto se používají například do povrchů vozovek nebo hřišť.

1 DEFINICE ZÁKLADNÍCH POJMŮ

1.1 Vznik a význam pneumatiky

Za vznikem pneumatiky stojí Angličan John Boyd Dunlop, který pneumatiku vyrobil v roce 1887 z gumové zahradní hadice. Tento nápad znamenal převratnou změnu v kvalitě jízdy s použitím tohoto vynálezu. Účelem pneumatiky je převést hnací sílu (motoru u automobilu, snahy lidských svalů u jízdního kola) na vozovku. Veškerý výsledný druh pohybu přitom zajišťuje tření mezi pneumatikou a povrchem po kterém se pohybuje [6]. Počet vyrobených pneumatik od svého vzniku neustále roste. Jednak tím že se rozšiřují možnosti a směry užití od osobních kol,motocyklů, osobních i nákladních automobilů, letadel, ale také proto, že samotné množství těchto dopravních prostředků roste.

1.2 Části pneumatiky

Pneumatika je celek složený z několika součástí z různých materiálů s velmi odlišnými vlastnostmi dle obr.1. Přesné složení a postup výroby se může lišit dle jednotlivých výrobců. Mezi největší výrobce patří Pirelli, Michelin, Goodyear, Continental jehož součástí je i firma Barum působící ve Zlíně.

Obr.1 Části pneumatiky Michelin

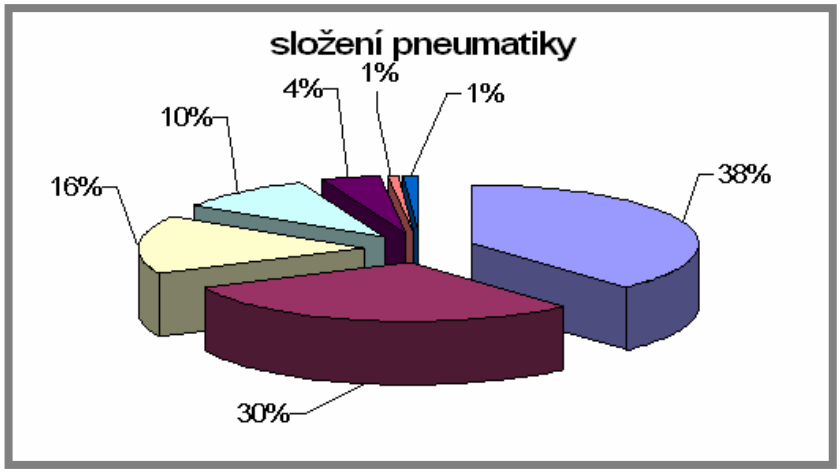
1) **Vnitřní vložka**. Vrstva vzduchotěsné syntetické pryže.
2) **Vrstva kostry**.
   Tato kostra se skládá z tenkých textilních vláken, uložených rovnoběžně vedle sebe a zalitých do pryže.
3) **Patka pláště**.
   Její úlohou je přenášet točivý moment motoru a brzdění z ráfku pneumatiky až na styčnou plochu pneumatiky s vozovkou.
4) **Patní lana**, kterými je patka vyztužena, pomáhají držet pneumatiku na ráfku.
5) **Ohebné pryžové bočnice**, které pomáhají chránit pneumatiku proti nárazům které by mohly poškodit plášť

6) **Nárazníky**.
   Zpevněné jemnými, velmi pevnými ocelovými lanky mezi dvěma vrstvami pryže.
7) Na náraznících leží **běhoun.** To je vzorkovaná část pneumatiky, která je v kontaktu s vozovkou [7].

1.3

1.3 Chemické složení

Pneumatiku můžeme také popsat dle samotného chemického složení, přestože jednotlivé podíly složek se mohou u každého výrobce lišit. Obecně lze u osobního automobilu tyto složky rozdělit do 7 oblastí dle grafu na obr. 2.



Obr.2 Chemické složení pneumatiky

1) 38% Guma (kaučuk-přírodní nebo syntetický)
2) 30% Výplň (saze, silika, ...)
3) 16% Zpevňující materiál (ocel nylon)
4) 10% Změkčovadla (oleje a pryskyřice)
5) 4% Chemikálie pro vulkanizaci (síra, oxidy zinku, jiné chemikálie)
6) 1% Chemikálie jako např antioxidanty
7) 1% Ostatní [8]

1.4

1.4 Odhady počtu pneumatik

Užívání pneumatik slouží k primárnímu účelu tlumení nárazů a nerovností způsobených povrchem, po kterém se pohybuje. Hlavním faktorem ovlivňujícím životnost pneumatik je mechanické opotřebení. Při používání pneumatik dochází při styku s vozovkou k obrušování povrchu pneumatiky, kdy se běhoun postupně opotřebovává a uvolňuje v podobě prachových částic do životního prostředí. Fáze ukončení životnosti pneumatiky nastává v okamžiku kdy přestane plnit funkci pro kterou byla vyrobena . V tomto okamžiku se stává odpadem, pro který je třeba nalézt další využití.
Otázkou zůstává jaké množství takového odpadu vznikne. Společnosti Barum viz uvádí počet vyrobených pneumatik v ČR v letech 1993-2001, tab.1 [1].

Tab.1 Počty vyrobených pneumatik v ČR [1]

		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Osobní pneumatiky	(tis.ks)	2 646	3 572	4 746	5 200	6 278	8 216	11 047	13 209	13 045
Nákladní pneumatiky	(tis.ks)	184	282	432	395	286	391	342	346	373
Traktorové pláště zadní	(tis.ks)	154	219	238	235	227	239	263	233	298

To však ještě není zdaleka konečné číslo. Značnou měrou se do konečných počtu pneumatik promítne také dovoz a vývoz pneumatik v podobě nových nebo ojetých automobilů. Dle SAP vzrostl proto počet pneumatik v roce 2001 o 4600t pneumatik.

- dovoz nových automobilů 10800t pneumatik
- dovoz ojetých atomobilů 6800t pneumatik
- vývoz nových automobilů 13000t pneumatik
- vývoz ojetých automobilů zanedbatelné množství
- přírustek pneumatik v roce 2001 4600t pneumatik

Když ještě zvážíme další ovlivňujíci faktory jako počet samotných nových importovaných pneumatik do ČR, lze pak dostat odhad produkce vyřazovaných pneumatik v ČR, tab.2. Ve světě pak vzniká asi 1 miliarda starých pneumatik ročně[3].

Tab.2 Počty vyřazovaných pneumatik v ČR [1]

Rok	Pneu z osobních vozidel (t/rok)	Pneu z nákladních vozidel (t/rok)	Pneu celkem (t/rok)
1994	12 230	20 867	33 097
1995	13 550	22 484	36 034
1996	15 330	24 640	39 970
1997	16 400	25 795	42 195
1998	16 940	26 411	43 351
1999	16 770	25 564	42 334
2000	16 830	25 256	42 086
2001	17 370	25 872	43 242
2002	17 978	25 900	43 878
2003	18 571	25 900	44 471
2004	19 128	25 900	45 028
2005	19 701	25 900	45 601
2006	20 391	25 900	46 291
2007	21 329	25 900	47 229
2008	22 246	25 900	48 146
2009	22 936	25 900	48 836
2010	24 256	25 900	50 156
2011	24 741	25 900	50 641
2012	25 533	25 900	51 453

1.5

1.5 Možnosti recyklace pneumatik

S použitými pneumatikami lze nakládat mnoha způsoby. Uplatnění konkrétních způsobů a technologií v praxi se řídí především technickými a ekonomickými podmínkami dané technologie. Důležitým faktorem zavedení a rozšíření dané technologie je poptávka po výsledném produktu na trhu. Technologie zpracování použitých pneumatik lze rozčlenit v závislosti na způsobech nakládání s nimi na:

- zhodnocení použitých pneumatik (protektorování)
- úprava pro materiálové využití (drcení, granulace, regenerace, pyrolýza)
- úprava pro energetické využití(alternativní palivo pro cementárny, spalování s využitím energie)
- jiný způsob využití
- odstraňování skládkováním [1]

2 PŘEHLED A ROZBOR EXISTUJÍCÍ LITERATURY V DANÉ OBLASTI

2

2.1 Vulkanizace

2.1

Nejprve si objasníme pojem vulkanizace, který se bude v následujících technologiích objevovat. Vulkanizace je fyzikálně chemický proces, při němž působením vulkanizačního činidla dochází k strukturním změnám elastomeru. Elastomer, v tomto případě kaučuk, se mění v pryž [11]. Nyní přestoupíme k jednotlivým technologiím a možnostem „recyklace pneumatik“.

2.2 Protektorováni

2.2

Spočívá v opravě oběžné plochy opotřebené pneumatiky navulkanizováním nového pryžového povlaku. Protektorování by bylo z hlediska ekologie ideální cesta recyklace, pokud by nedocházelo ke stárnutí pneumatik. I nepoužitá pneumatika se díky samovolným degradačním procesům stává po 6 - 7 letech nepoužitelnou z hlediska bezpečnosti. V současné době se protektorují především pneumatiky nákladních automobilů, které jsou denně v provozu a jsou opotřebené v poměrně krátké době. V nich ještě neproběhly procesy stárnutí ve větší míře. V současné době existují 2 metody protektorování.Ovšem než jsme schopni použít jednu z metod musíme udělat některé kroky. Přičemž celý výrobní proces obsahuje:

- segregaci koster, kontrolu koster
- sušení (nepatrná vlhkost v mikropóru vše znehodnotí)
- obroušení zbytkového dezénu a boků
- chemické oživení obroušené pneu (naleptání kaučuku)
- nanesení běhounu a boční gumy na navalovacím stroji
- vulkanizaci běhounu ve formě
- výstupní kontrolu

2.2.1 Metody protektorování

2.2.1

- Protektorování technologii „**za tepla**“ (obr. 3) -vulkanizace nově naneseného materiálu (běhounová směs u osobních pneumatik) probíhá v protektorovacím lisu při tlaku 1,3-1,7 MPa a teplotě cca 140-145 °C

Obr.3 Protektorování „za tepla“

- Protektorování technologií "**za studena**"(obr.4) - na odrásaný plášť se pokládá již předvulkanizovaný běhoun a jeho spojení s pláštěm probíhá v autoklávu při tlaku cca 450 - 500 kPa a teplotě cca 110 -115 °C

Obr.4 Protektorování „za studena“

2.2.2

2.2.2 Výsledný produkt

Výsledným produktem může vzniknout buď **protektor** na obr.5, ten má pouze nový běhoun. Postup se využívá zejména při protektorování pneumatik pro nákladní automobily technologiemi „za studena“ i „za tepla“. Nebo vznikne **celoprotertor** na obr.6**,** který má nový běhoun, ale i bočnici. Postup se využívá při protektorování pneumatik pro osobní automobilya pouze u technologie „za tepla“ [7].

Obr.5 Protektor

Obr.6 Celoprotektor

2.3

2.3 Úprava pro materiálové využití

Materiálové využití vyřazených pneumatik je cesta vedoucí k postupnému získání recyklovaného materiálu pneumatiky pro další využití. Obecně platí, že technologické procesy této metody jsou podmíněny vysokou energetickou náročností. Společným cílem těchto postupů je znovuzískání materiálů ze kterých se pneumatika skládá, přičemž hlavní pozornost je zaměřena na pryžovou složku pneumatik. Mezi jednotlivé technologické procesy patří [1].

2.3.1 Drcení

Tato technologie spočívá v zařízení, obr.7, složeného z několika stupňů drcení, spojovacích dopravníků, třídiče a případně separátoru magnetických kovů. Vznikají hrubé části z vyřazených pneumatik a ty umožňují snadnější manipulaci a ekonomičtější přepravu takto vzniklé suroviny. Obvyklá kapacita celé technologie je 1 - 2 tuny výstupní drti za hodinu [11].

Obr.7 Zařízení na drcení pneumatik

2.3.2 Granulace

Existují dva způsoby granulace. První metodou je vícenásobné mletí za normální teploty, kdy se pneumatiky nejprve rozsekají na kousky cca 60 x 60 mm. Při zpracování velkých pneumatik z nákladních aut se provádí podélné půlení a vytrhávání ocelových lan z patek, aby nedošlo k rychlému opotřebení sekacího stroje. Ocelová lana spolu s další vytěženou ocelí z ostatních pneumatik se předávají ke zpracování v hutích. Za sekacími stroji následují vlastní recyklační linky, které se skládají z mlýnů a separátorů. Linky plní funkci postupného drcení na granulát jemnějších frakcí, obr.8 a funkci separace oceli a textilu.Druhou metodou je kryogenní metoda, kdy mletí následuje po hlubokém zmrazení pneumatik kapalným dusíkem na – 80°C [12].

Obr.8 Výsledný možný granulát

2.3.3 Regenerace

Chemický proces při kterém dochází k devulkanizaci pryže a výsledná surovina získává opět vlastnosti využitelné při výrobě nových výrobků v gumárenském průmyslu. I když je tento pojem široce používán,je třeba zdůraznit, že žádným z regeneračních postupů nelze získat z pryžového odpadu původní kaučuk [10].

2.3.4

2.3.4 Pyrolýza

Jedná se o chemickou konverzi nebo termické odbourávání organických sloučenin za částečné nebo úplné nepřítomnosti kyslíku. Jako produkt pyrolýzy se získávají saze, oleje a kovový šrot. Saze se dále používají jako plnivo nebo mají použití v podobě aktivního uhlí. Olej pak lze využít ve směsi s naftou jako pohonnou hmotu [10].

2.3.5

2.3.5 Ozónový rozklad pneumatik

Jedná se opravdu o zcela odlišnou metodu zpracování pneumatik, než v předchozích případech. Jde o nový typ recyklování. Pneumatiky nevyžadují žádné termické zpracování, lámání, dokonce ani rozsekávání, nebo rozemílání. Používání drtičů, lisů a pecí se sebou přináší energetickou náročnost, ať už ve formě tepla nebo příkonu elektrické energie.Princip této recyklace vychází již z výroby pneumatik, při níž je nutno pneumatiku chránit antioxidanty, především antiozonanty. Ozón totiž představuje pro pneumatiku velké nebezpečí ve formě nabourávání dvojitých vazeb, což způsobuje její postupný rozklad a rozpad pneumatiky. Antiozonanty způsobují zpomalení tohoto procesu, ne však jeho plné zastavení. Takže po čase, když leží pneumatika na vzduchu, podléhá vzdušnému ozónu a rozpadá se.Právě pouze tohoto efektu využívá linka této nové technologie. pneumatika se pomalu posunuje v ozonové atmosféře. Ozonový rozklad u ní vlivem vysokých koncentrací probíhá mnohem rychleji než za běžných podmínek. Na pneumatice dochází k destrukci gumy, která vypadává mimo linku ve formě kousků či drtě. Po několika desítkách minut vychází na druhém konci linky jen kovová kostra pneumatiky [3].

Obr.9 Provozovatel technologie s rozpadlou pneumatikou

2.4 Úprava pro energetické využití

2.4

Výhřevnost pryžového odpadu z pneumatik je poměrně vysoká pohybuje se mezi 25-32 MJ.kg $^{-1}$ což je podobná výhřevnost jako u černého uhlí nebo jiných běžných fosilních paliv. V některých zemích jsou elektrárny a teplárny využívající tento odpad jako palivo (např. ve Velké Británii nebo v Německu) [14].

2.4.1

2.4.1 Spalování v cementárnách

Vyřazené pneumatiky se používají jako doplňkové palivo v cementářských pecích, které díky vysokému energetickému potenciálu šetří drahé hlavní topné médium [15]. Obsah oceli přispívá ke zvýšení kvality cementu. Vzniklá síra se váže alkalickými složkami cementu. Nevýhodou je, že jde o kompletní likvidaci, bez jakéhokoliv využití materiálových vlastností pneumatik [3]. V ČR je to např. cementárna v Mokré u Brna a Čížkovice.

O značných hořlavých vlastnostech pneumatik se přesvědčili i v Modestu, California v roce 1999, kdy zde hořelo okolo 6 milionů pneumatik, Obr. 10 [16].

Obr.10 Modesto, California

2.4.2

2.4.2 Využití ve spalovnách odpadů

Odpad z pneumatik může tvořit až 10% spalovaného odpadu podle výhřevnosti odpadu. Při dostatečné výhřevnosti odpadů se podíl odpadu snižuje [13]. Největší spalovnou odpadu v České republice je spalovna komunálních dopadů města Brna,jejímž provozovatelem je společnost Sako Brno a.s.Tato spalovna je zařízením pro termické využívání odpadu a zneškodňování odpadu, která splňuje i ty nejnáročnější požadavky na ekologický provoz obdobných zařízení [17].

2.4.3

2.4.3 Výroba elektřiny

Některé elektrárny jsou navrženy ke spalování pneumatik a slouží ke snižování spotřeby hlavního média [15].

2.4.4

2.4.4 Výroba páry

Spalování s výrobou páry je často uplatňováno v průmyslu výroby a protektorování plášťů pneumatik [15].

2.5

2.5 Jiné způsoby využití

Jiné možnosti využití vyřazených pneumatik představují pouze doplňující variantu pro jejichvyužití v případě, že zde neexistuje jiná varianta (velké rozměry pneumatik) nebo se jedná ospeciální případy (rekultivace odkaliště). Tento způsob využití provozuje společnost QUAIL při rekultivaci odkaliště v lokalitě Mydlovary. Vyřazené pneumatiky jsou zde používány jako součást rekultivačních materiálů v souladu s projektem rekultivace odkaliště. Pro rekultivaci jsou využívány jak celé pneumatiky, tak i pneumatiky drcené na řízky o průměrné velikosti 10-30 cm. Celé pneumatiky slouží jako podložní vrstva rekultivační zavážky. Do ní se zavážejí řízky z pneumatik spolu s zavážkou, kterou tvoří dekontaminovaná zemina, obr.10 [2].

Obr.11 rekultivace pomocí pneumatik

2.6

2.6 Odstranění skládkováním

Odpady, které nesmějí být ukládány na skládkách (dle přílohy č. 8 k vyhlášce č. 383/2001 Sb.)

- Pneumatiky, s výjimkou pneumatik používaných jako technologický materiál pro technické zabezpečení a uzavírání skládky, v souladu s provozním řádem skládky [19].

3 ANALÝZA A ZHODNOCENÍ ZÍSKANÝCH POZNATKŮ

V ČR energetické využití představuje až 72% objemu celkového sebraného množství vyřazených pneumatik. Materiálové využití představuje pouze 5,3 %, jiné využití 22,4 %[15]. Což je z pohledu preferencí zakotvených v zákonu o odpadech číslo velmi nedostatečné. Je třeba také nutno dodat, že se jedná o procentuální poměr starý asi 5 let. Snahou je snižování především poměru energetického využití. S cílem úplného zakázaní především metody spalování, z důvodu možného špatného ekologického dopadu . Podle projektu společnosti Eko trend vypadal návrh využití pneumatik pro rok 2012 takto: materiálové využití- 30%, protektorování- 30%, energetické využití -35% a jiné využití představuje 5%. I podle souhrnných údajů za Evropskou unii vysoce převyšuje energetické využití, tj. spálení v cementárnách. Materiálová recyklace představuje v celkovém objemu vyřazených pneumatik zanedbatelný podíl[2]. V Evropské unii není možné od roku 2006 požívat staré pneumatiky do zavážek a po roce 2010 se nebudou smět ani spalovat v cementárnách. Vyplynulo to z konference ETRA (European Tyre Recycling Association), která proběhla v Bruselu[18]. Nyní zhodnotíme jednotlivé možnosti nakládání s použitými pneu.

3.1 Protektorování

Protektorování představuje jeden z nejvhodnějších způsobů využití použitých pneumatik. Kromě úspory energie a materiálů představuje tento způsob i snižování množství odpadů z pneumatik a snížení počtu nově vyráběných pneumatik. Pro výrobu protektorů u nás existují dostatečné kapacity.Problémem je omezená využitelnost protektorovaných pneumatik, a to jak z technického tak i z bezpečnostního hlediska. Protektory také nejsou pozitivně přijímány veřejností. Protektorování je však možno použít pouze pro některé opotřebované pneumatiky. Pneumatiky různě mechanicky poškozené a starší pneumatiky s částečně narušenou strukturou chemického složení vulkanické směsi je nutno využít jiným způsobem.

Mezi kladné stránky této technologie patří:

+ prodloužení životnosti pneumatiky, tj. snížení počtu nových pneumatik
+ úspora energie a materiálů,
+ snižování množství odpadů z pneumatik,
+ dostatečné kapacity na výrobu protektorů.

Naopak mezi zápory patří:

- omezená využitelnost - obecně se k protektorování hodí pouze asi 30 % použitých pneumatik z osobních vozidel a 65 % použitých pneumatik z nákladních vozidel
- bezpečnost provozu vozidel nedovoluje velké rozšíření protektorů

Celkově je možno protektorování označit jako proces ovlivňující životní prostředí zcela minimálně [2].

3.2

3.2 Materiálové využití

Materiálové využití představuje nejvhodnější způsob zpracování použitých pneumatik. Dochází zde k jejich materiálovému zhodnocení. Separací všech materiálů obsažených v pneumatikách dochází i k jejich maximálnímu využití a k úspoře primárních surovin. Pro materiálové využití jsou u nás v současné době dostatečné kapacity. Materiálové využití pneumatik je však na druhé straně nejdražší variantou využití pneumatik. Vysoká je energická náročnost provozu i cena výstupního materiálu. Přesto že se jedná o ekologicky nejvýhodnější variantu, není zde žádná podpora státu v oblasti recyklace nebo používání výrobků s obsahem recyklátu.Dalším nedostatkem této metody jsou požadavky na kvalitu vstupního materiálu, které omezují její využití pouze na část vyřazených pneumatik.

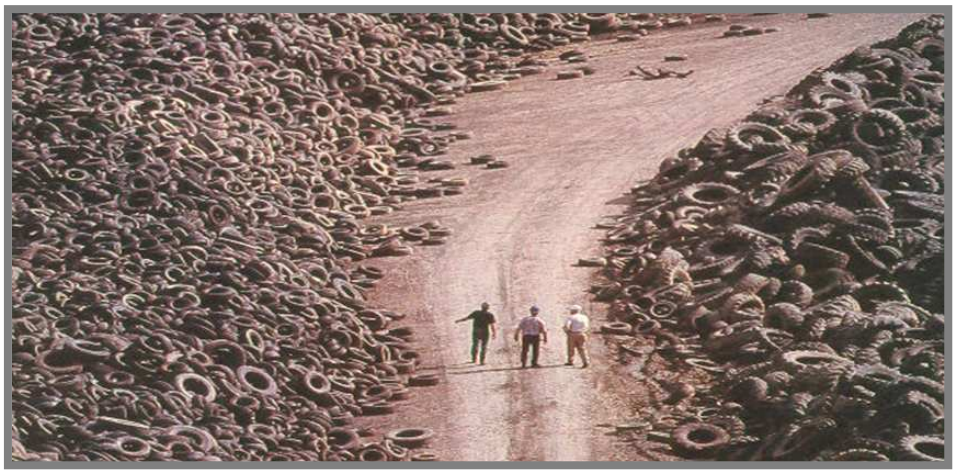
Mezi kladné stránky této technologie patří:

+ materiálové zhodnocení vyřazených pneumatik
+ separace všech materiálů obsažených v pneumatikách a jejich využití,
+ úspora primárních surovin,
+ dostatečné kapacity existující recyklační linky.

Naopak mezi zápory patří:

- technologie dovolující zpracovat pouze relativně malé množství pneumatik,
- energetická náročnost provozu,
- vysoká cena výstupního materiálu,
- nejdražší varianta využití pneumatik,
- nedostatečná podpora státu v oblasti používání výrobků s obsahem recyklátu.

Hlavní ekologické dopady materiálového způsobu využití pneumatik jsou nepřímé vlivy na životní prostředí, které jsou spjaty s energetickou náročností těchto procesů. Dalšími ekologickými dopady jsou vysoká prašnost a hlučnost těchto procesů. Ta je dána společným základem všech těchto technologií, kdy dochází k drcení vstupního materiálu mechanickým způsobem [2].



Obr.12 Skládka pneumatik

3.3 Energetické využití

Hlavním způsobem energetického využití vyřazených pneumatik je jejich spalování v cementářských pecích. Využívání energetického a chemického potenciálů pneumatik při výrobě cementu je bezodpadovou technologií, snižující dopady na životní prostředí. V cementářských pecích se spalují pneumatiky celé nebo rozdrcené.

Mezi kladné stránky této technologie patří:

+ ideální způsob odstranění starých pneumatik, které na základě svých vlastností nelze využít jiným způsobem
+ možnost využití velkých objemů vyřazených pneumatik
+ využití i dalších materiálů obsažených v pneumatikách

Naopak mezi zápory patří:

- emise ze spalování
- špatné hospodaření se zdrojem hodnotných surovin

Nehořlavé složky pneumatik obsahují množství potenciálně toxických materiálů, které se mohou uvolňovat do ovzduší, zejména při nekontrolovaném spalování pneumatik bez doprovodných čistících procesů spalin. Emise mohou obsahovat dioxiny a furany, které jsou karcinogenní a oxidy dusíku a síry. Také jsou při spalovacích procesech monitorovány těžké kovy. Veškeré spalovací procesy, které slouží k energetickému využití pneumatik, podléhají platné legislativě v oblasti ochrany ovzduší, která stanovuje povolená množství produkovaných emisí pro jednotlivá zařízení. Zařízení, ve kterých dochází k nakládání s pneumatikami, musí tyto podmínky respektovat a spalovací proces je nutno zabezpečit tak, aby splňoval limity stanovené legislativou [2].

Například společnost Holcim Slovensko v Rohožníku využívá technologie Hotdisc, kterou v roce 2005 jako druhá na světě zprovoznila cementárna, je nejmodernější zařízení na zhodnocování alternativních paliv v cementářském průmyslu Společnost využívá zařízení Hotdisc zejména ke zhodnocování opotřebovaných pneumatik a vytříděných a upravených průmyslových plastů. Roční míra zhodnocených paliv v zařízení Hotdisc může představovat úsporu přibližně 20 000 t uhlí [20].

Obr.13 Dopravní pás v cementárně Holcim

3.4

3.4 Jiné využití

Vedle nejběžněji užívaných možností nakládání s opotřebovanými pneumatikami existují i další možnosti, které jsou sice užívány v menší míře, nicméně je třeba je zahrnout do celkového návrhu systému. Jedná se například o některé nové testované možnosti materiálového či jiného využití pneumatik, ale i jejich využívání jako „stavebních či těsnících“ materiálů. Další možností je také vývoz pneumatik za účelem jejich zpracování v zahraničí.

Mezi kladné stránky této technologie patří:

+ kontrolované nakládání s jinak nevyužitelným odpadem (např. obří pláště stavebních či zemědělských strojů),
+ řešení specifických problémů obtížné rekultivace starých zátěží po těžbě uranových rud

Naopak mezi zápory patří:

- eliminace možnosti materiálového či energetického využití surovin z druhotných zdrojů.

S ohledem na specifické formy nakládání s použitými pneumatikami je zde třeba ověřovat vliv daného způsobu nakládání s pneumatikami na životní prostředí [2].

4 VYMEZENÍ TRENDŮ BUDOUCÍHO VÝVOJE

4

S pohledem na možnost využití vyřazených pneumatik né jako odpadu, ale materiálu vhodného k tvorbě dalších produktů musíme brát v potaz hlavně dvě možnosti využití.V prvním případě popíšeme možnosti použití pneumatik jako celku nebo jeho sekaných či řezaných částí a v druhém případě použití pryžové drti z ojetých pneumatik [4].

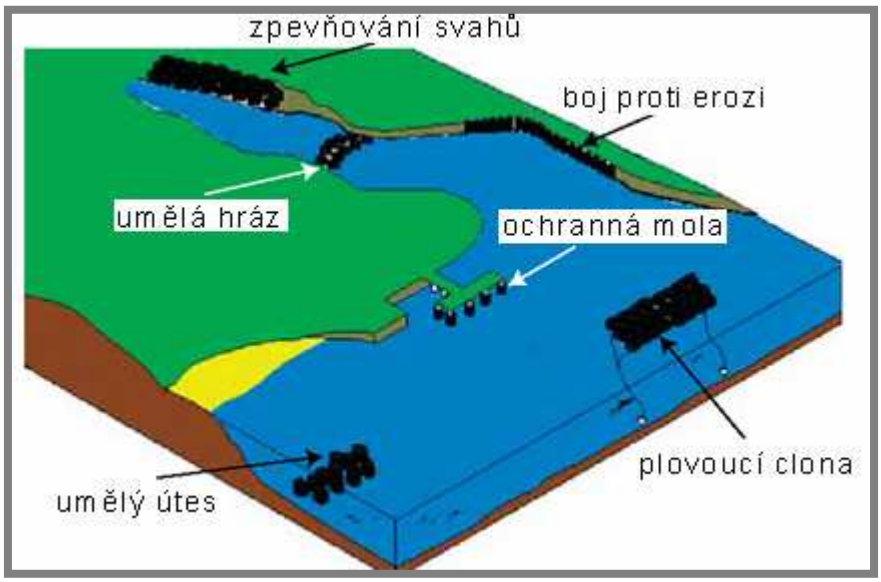
4.1 Použití celku nebo částí pneumatik

4.1

V této oblasti se dá hovořit o pozdějším využití zejména ve stavebním odvětví.

4.1.1

4.1.1 Materiál použitý v námořní průmyslu



Obr.14 Možnosti tohoto využití jsou široké

Pneumatiky jsou velmi stabilní v mořské vodě, z ekologického hlediska dopad pneumatik velmi malý v případě tohoto požití, avšak měřitelný(zinek, organické sloučeniny). Proto je otázkou jaké dopady by mělo masivní využití [5].

4.1.2

4.1.2 Dům z pneumatik

Obr.14 Dům z pneumatik

Jedná se spíše o zajímavou možnost využití než o masivní využívání této metody. Jde o obytnou stavbu, u které se na obvodové zdivo použijí vyřazené pneumatiky, staré plechovky či skleněné lahve. Tyto pneumatiky se naplní hlínou, vsadí do země a poskládají do tvaru U či podkovy. První registrované domy z pneumatik, v dnešní podobě, se objevily kolem roku 1970. V současné době společnost Earthship Biotecture dokončuje návrhy na stavbu šestnácti jednopokojových, dvoupokojových a třípokojových domků v přístavní oblasti Brighton ve VelkéBritánii. Patnáct tisíc pneumatik bude tímto způsobem zrecyklováno, což je sice malý, ale pozitivní krok vpřed s ohledem na životní prostředí. Nejpočetnější současná komunita těchto domků z pneumatik sídlí i nadále v Novém Mexiku. V České republice podobnou stavbu zatím nikdo oficiálně nezrealizoval [21].

4.1.3

4.1.3 Další možnosti využití.

- Konstrukční materiály skládek
- Ochranné bariéry závodišť (např. motocyklových) a silnic
- Bariéry a ohrady v zemědělství
-Zpevnění vozovek
-Výplň betonových bloků
-Provizorní povrchy silnic (pro dočasné použití)
- Podklady cyklostezek a zemědělských cest
-Stavba silážních jam, zátěž krycích fólií stohů a siláží [4]

4.2 Použití pryžové drti z ojetých pneumatik

4.2

4.2.1 Povrchy sportovišť a dětských hřišť

4.2.1

Obr. 15 Povrch sportoviště

Právě pro různé sportoviště jako jsou rekreační a rekondiční zařízení, hřiště, tělocvičny, fitness-centra, pěší zóny, obložení teras a balkónů, bazénů, elastické dlažby, obrubníky, schodnice, bezbariérové náběhy, retardery, jsou tyto výrobky ideální[24]. Nacházejí uplatnění i jako podlahová krytina veřejných prostor s extrémním zatížením v obchodních a zábavních centrech, oddychových zón aj. Navíc protipádové povrchy opatřené zespodu "změkčovacím profilem" mají stejné použití jako elastické povrchy. Jejich další „příjemnou" vlastností je tzv. garance bezpečné výšky případného pádu až z výšky 3m [22].

4.2.2 Povrchy a podklady vozovek a cyklostezek

4.2.2

Obr.16 Nový povrch vozovky, Španělsko

Jedná se o využití ojeté automobilové pneumatiky pro výrobu gumoasfaltových směsí, které zlepšují kvalitu povrchu vozovek. Směs kameniva s vyšším obsahem gumoasfaltu s přísadou drcené gumy ze starých pneumatik má vysokou trvanlivost, výborně eliminuje reflexní a mrazové trhliny a dobře odolává účinkům vody. Velkou

předností gumoasfaltových vrstev je možnost podstatné redukce jejich tloušťky při zachování stejné doby životnosti jako u povrchů z běžného asfaltového betonu. Navíc gumoasfaltové směsi znatelně snižují hladinu akustického hluku při průjezdu a mají pozitivní vliv i na menší vytváření vodní clony za vozidly během deště. Při výrobě v mobilním nebo stacionárním zařízení je do asfaltového pojiva postupně vmícháván gumový granulát v množství 15 – 20 % hmotnosti asfaltu, čímž se pojivo zahušťuje a drcená guma v pojivu reaguje a bobtná. V ČR se zatím tato možnost spíše testuje , ale například v Kalifornii jsou využívány podobné směsi již okolo 30 let. Navíc bylo zjištěno, že vozovky s tímto povrchem vyžadují výrazně nižší náklady na údržbu a opravy [23].

4.2.3

4.2.3 Využití výrobků z recyklované pryže v dopravě

Obr.17 Použití antivibračních desek[25]

Výrobky z recyklované pryže se též dají dobře uplatnit i v oblasti železniční, silniční a tramvajové dopravy jako tlumiče hluku a vibrací.Výsledky prováděných měření po aplikaci tlumících systémů z recyklované pryže prokazují významné utlumení vibrací v obytných místnostech a snížení hladiny hluku v dopravních koridorech. Tím se významně podílejí na zlepšování podmínek životního prostředí [26].

4.2.4

4.2.4 Sorbent ropných látek

Po úniku kapaliny z uzavřeného zařízení do volného prostoru se provádí její zachycení pomocí speciálních látek a materiálů, které jsou schopny kapalinu na sebe vázat, pohlcovat nebo s ní reagovat. Obecně se těmto principům říká sorpce. Ve skutečnosti se muže jednat o absorpci, což je jev spojený s pohlcováním kapaliny dovnitř objemu pevné látky. Pokud je adsorpce spojená s následnou chemickou reakcí mezi kapalinou a pevnou látkou, hovoříme o chemické adsorbci. V praxi souhrnně všem těmto látkám a materiálům, které na sebe vážou kapalinu, říkáme sorbenty.

Druhů sorbentů a jejich základní vlastností existuje velké množství. My se však zaměříme na typ ROP- EX

ROP-EX je univerzální absorpční prostředek, sypký, jemnozrnný na bázi gumy o velikosti částic až 0,4 mm. Slouží k rychlému a bezpečnému zachycení ropných a olejových látek z provozních ploch, silničních komunikací a vodní hladiny. Je stálý, netoxický, zdravotně nezávadný.Schopnost dokonale a rychle pohlcovat ropné a olejové látky je umožněna jeho schopností okamžitě reagovat na styk s uvedenými látkami a vázat je na sebe. Při tomto procesu ropné a olejové látky postupně vnikají dovnitř sorbentu. Absorbované látky se neuvolňují ani při mechanické manipulaci s ním, a to po dobu několika let. Látka absorbuje veškeré oleje (přírodní i syntetické), naftu, veškeré druhy benzinu, parafin, jedno a vícesytné alkoholy, např. metanol, etanol, butanol, glykol, heterocyklické sloučeniny a další chemikálie. ROP-EX poměrně rychle absorbuje kapaliny, avšak z části ulpívá na povrchu [27]. Podle různých typů sorbentu můžeme uvádět sorbční kapacitu 10kg od 18 l do 33 l [28].

4.2.5 Další možnosti využití.

- Střešní materiály
- Umělý trávník
- Protihlukové izolace a stěny (bariéry)
- Tepelně izolační materiály
- Základové desky pod stroje
- Spoje a těsnění (např. oken)
- Cihly, panely a bloky pro stavebnictví
- Podešve a podpatky obuvi
- Dopravní pásy
- Brzdová obložení (materiály pro ně)
- Aplikace v zemědělství (podlahy, podestýlky, výstelky klecí, napáječky)
- Díly pro automobily [4]

5 ZÁVĚR

V důsledku stálého růstu automobilové dopravy a vlivem toho, že pneumatika jako celek skvěle tlumící vibrace a nárazy nemá doposud vhodnou alternativu, je třeba i nadále hledat možnosti dalšího využití materiálu pneumatik.

Vhodnou možností se jeví protektorování, neboli zdokonalování protektorů. A nebo materiálové využití, kdy vyžijeme hlavně dobrých vlastností tlumit vibrace. Přestože v současnosti okolo 70 % vyřazených pneumatik končí energetickým zhodnocením, je jednoznačná snaha v budoucnu hledat i nadále jiné, ekologicky i materiálově vhodnější možnosti. Přestože mohou být zpočátku ekonomicky nevýhodné.

6 SOUHRNNÁ BIBLIOGRAFIE

World Wide Web:

[1] EKO trend s.r.o. oddíl I [online]. [cit. 2008-3-7].
URL: <http://www.ekotrend.cz/html/>.

[2] EKO trend s.r.o. oddíl II[online]. [cit. 2008-3-7].
URL: <http://www.ekotrend.cz/html/>.

[3] Martin Stohr [online]. [cit. 2008-3-7].
URL: < st.vse.cz/~XSTOM20/xstom20.doc/>.

[4] Danuše Rulfová, Jan Gorig [online]. [cit. 2008-3-7].
URL: <kamna.net/~zaloha/IRS/Identifikace%20trend%F9.doc />.

[5] Dr. Ken Collins, civil engineering uses, 2004, prezentace powerpoint 47str.

[6] *Envi, UPCE* [online]. [cit. 2008-3-10].
URL: <http://envi.upce.cz/pisprace/ks_pce/04/houdek.pdf />.

[7] *Michelin* [online]. [cit. 2008-3-10].
URL**:** <http://www.michelin.cz/cz/auto/auto_cons_bib_qu_est_pne.jsp/>**.**

[8] *Pneu-Peterka* [online].[cit. 2008-3-10].
URL: <http://www.pneu-peterka.cz/InfoPage.asp?TP=FT&ID=58 />.

[9] *Maturita* [online]. [cit. 2008-3-10].
URL: <http://www.maturita.cz/referaty/referat.asp?id=4298/>.

[10] *Protektory Praha* [online]. [cit. 2008-3-17].
URL**:** <http://www.protektorypraha.cz/pneumatiky/technicky-radce/>**.**

[11] *Odes* [online].[cit. 2008-3-17].
URL: <http://www.odes.cz/tech_drcpneu.htm/>.

[12] *Envi, UPCE*. [online]. [cit. 2008-3-23].
URL: < http://envi.upce.cz/info.html/>.

[13] Waste [online]. [cit. 2008-3-23].
URL: <http://www.waste.cz/pdf/studie2.pdf/>.

[14] *Waste*[online]. [cit. 2008-4-10].
URL: <http://www.waste.cz/pdf/pneu-zaves.pdf />.

[15] *VSCHT* [online]. [cit. 2008-4-10].
URL:
<https://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/pneu.htm/>.

[16] *Osfm fire* [online]. [cit. 2008-4-10].
URL**:** <http://osfm.fire.ca.gov/pdf/regulations/TPFReportFinal.pdf**/>.**

[17] *Waste* [online].[cit. 2008-4-12].
URL: < http://www.waste.cz/waste.php?clanek=pneumartinvydrar.htm />.

[18] *Envi, Upce*. [online]. c2000, [cit. 2008-4-12].
URL: < http://envi.upce.cz/pisprace/ks_pce/04/houdek.pdf/>.

[19] *Purum* [online]. [cit. 2008-4-12].
URL: <http://www.purum.cz/index.php?page=201/>.

[20] *Si. Vega*[online]. [cit. 2008-4-12].
URL: <http://si.vega.cz/clanky/hotdisc-nejmodernejsi-zarizeni-na-vyuziti-paliv/>.

[21] *Bydlení, idnes.* [online]. c2000, [cit. 2008-4-12].
URL: <http://bydleni.idnes.cz/dum-z-pneumatik-ekologicke-a-levne-bydleni-fiv-/architektura.asp?c=A071023_164416_rodinne_domy_web/>.

[22] *Pragoelast* [online]. [cit. 2008-4-17].
URL: <http://www.pragoelast.cz/pragoelast/nabidka-produktu/volny-cas/art_22103/article.aspx/>.

[23] *Projekt medvěd*[online]. [cit. 2008-4-17].
URL: <http://www.projektmedved.eu/stredisko/node/236/>.

[24] *Knock-out* [online]. [cit. 2008-4-22].
URL: <http://www.knock-out.cz/cz/sportovni-povrchy/sportovni-povrchy.html/>.

[25] *Renogum* [online]. [cit. 2008-4-22].
URL**:** <http://www.renogum-nilos.cz/doc/letaky_CZ.pdf **/>.**

[26] *Pragoelast* [online].[cit. 2008-4-22].
URL: <http://www.pragoelast.cz/>.

[27] *Oleje*. [online]. c2000, [cit. 2008-4-28].
URL: <http://oleje.cz/index.php?left=obecne&page=uzitecne_sorbenty />.

[28] *Separa* [online]. [cit. 2008-4-29].
URL: <http://www.separa.cz/cz/ropex.htm />.

7 POUŽITÉ ZKRATKY, SYMBOLY A VELIČINY

SAP	- Sdružení automobilového průmyslu
MJ	- megajoule (10^6 J)
MJ.kg $^{-1}$	- megajoule / kg
t	- tuna (10^3 kg)
Mpa	- megapascal (10^6 Pa)
°C	- stupeň Celsia

8

8 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr.1 Části pneumatiky Michelin 13
Obr.2 Chemické složení pneumatiky 14
Obr.3 Protektorování „za tepla“ 17
Obr.4 Protektorování „za studena“ 18
Obr.5 Protektor 18
Obr.6 Celoprotektor 18
Obr.7 Zařízení na drcení pneumatik 19
Obr.8 Výsledný možný granulát 19
Obr.9 Provozovatel technologie s rozpadlou pneumatikou 20
Obr.10 Modesto, California 21
Obr.11 rekultivace pomocí pneumatik 22
Obr.12 Skládka pneumatik 24
Obr.13 Dopravní pás v cementárně Holcim 25
Obr.14 Možnosti tohoto využití jsou široké 27
Obr.14 Dům z pneumatik 28
Obr.15 Povrch sportoviště 29
Obr.16 Nový povrch vozovky, Španělsko 29
Obr.17 Použití antivibračních desek 30

9 SEZNAM TABULEK

Tab.1 Počty vyrobených pneumatik v ČR 15
Tab.2 Počty vyřazovaných pneumatik v ČR 15