

Separace kovů z pryžových a plastových výrobků

Bakalářská práce
2005



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Souhlasím s tím, že s výsledky mé práce může být naloženo podle uvážení vedoucího bakalářské práce a ředitele ústavu. V případě publikace budu uveden jako spoluautor.

Prohlašuji, že jsem na celé bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.

Ve Zlíně, 06. 06. 2005

.....

podpis

RESUMÉ

Tato studie souvisí s odstraněním a recyklací použitých pryžových výrobků, konkrétně použité pneumatiky, dopravníkové pásy, odpad výroby pryžových výrobků, klínové řemeny atd. Cílem této práce bylo zvolit nejvhodnější technologii pro zpracování pryžového odpadu a navrhnout technologickou linku pro zpracování tohoto odpadu. Součástí práce je také ekonomické zhodnocení.

This essay relates to disposal and recycling of scrap or used rubber products, more specifically to recycling of spent tyres, conveyor belts, drive belts, waste of rubber products production etc. Target of this essay was to choose most advantageous technology of rubber waste processing and propose technological processing line for processing of rubber waste. The economic appraising of these technologies is strand of this essay, too.

OBSAH:

ÚVOD	6
1 KLASICKÉ METODY	7
1.1 Spalování	7
1.2 Regenerace	7
1.3 Pyrolýza	8
1.4 Získání pryžového granulátu a separace pryže od vyztuží.....	9
1.4.1 Mechanické zpracování	10
1.4.2 Elektrické oddělení kordu	14
1.5 Příklady drtícího zařízení a linky zpracování pneumatik	15
1.6 Závěr	16
2 MODERNÍ METODY	16
2.1 Rozklad pryže ozonem	17
2.1.1 Princip metody	17
2.1.2 Dosavadní stav techniky.....	19
2.1.3 Konstrukční řešení	19
2.1.4 Příklad linky	23
2.2 Metoda magnetického šoku	23
2.2.1 Zdůvodnění vynálezu	25
2.2.2 Vysvětlení vynálezu	26
2.2.3 Nejlepší způsob realizace vynálezu	27
2.2.4 Používání zařízení	30
2.2.5 Průmyslové použití	32
2.2.6 Popis výkresů	32
3 NÁVRH TECHNOLOGIE ROZMĚLNĚNÍ ODPADU	35
4 NÁVRH TECHNOLOGICKÉ LINKY PRO ZPRACOVÁNÍ PRYŽOVÉHO ODPADU	36
5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	37
ZÁVĚR	37
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	38
SEZNAM OBRÁZKŮ	38

ÚVOD

S rostoucím množstvím pryžových odpadů, rostou nároky na jejich likvidaci. Použité pryžové výrobky představují významný podíl produktů lidské činnosti, které způsobují výrazný ekologický problém. Je známo, že pláště pneumatik silničních vozidel, které již nemohou být protektorovány, jsou jedním z nejvýznamnějších znečišťujících látek, přičemž jsou ale současně také hodnotným zdrojem obnovitelných surovin. Díky jejich vysoké odolnosti proti přírodním vlivům, jsou tyto výrobky definovány jako těžký a dlouhodobý zdroj přírodního znečištění. Proto problém zužitkování odpadních pneumatik je tím více bolestivý, čím více je daná země ekonomicky vyvinutější a čím větší je hustota populace. Tudíž technologické prostředky pro řešení tohoto problému musí vyhovovat základním požadavkům, které je dosti složité skloubit, jako jsou ekologičnost, výtěžnost a možnost úspěšně dokončit úplnou recyklaci pláštů pneumatik.

To značí, že nejdůležitějším problémem je odstranění skladovaných opotřebovaných pneumatik, které způsobují globální ekologický problém. Pouze malá část použitých pneumatik je likvidována a spousta vyřazených pneumatik se hromadí v přírodě, uloženy na pevnině nebo v oceánech blízko pobřeží. Sklárky pneumatik představují vážný problém, protože slouží jako úrodná půda pro šířitele nemocí způsobujících epidemie v širokém okolí. Podle údajů US Enviromental Protection Agency jsou pouze USA uloženy přes 3 biliony použitých pneumatik. Zpracování a recyklace pneumatik zpevněných ocelovými dráty je nejobtížnější problém, pneumatiky nejsou prakticky zpracovatelné dostupným zařízením.

Problém z odstraněním použitých pryžových výrobků přináší dvě otázky. První je znečištění volnou destrukcí těchto výrobků a druhá je účinné využití jejich cenného materiálu. Z ohledem na zachování zdrojů v situaci nárůstu nedostatku přírodních zdrojů je recyklace odpadů důležitý problém. Použité pryžové výrobky včetně pneumatik představují víc než 90% těchto produktů a významný zdroj znovu použitelného materiálu.

Ekonomický prospěch recyklace použité pryže je podmíněn schopností použité pryže ponechat si vlastnosti, které dovolují využití odpadní pryže v nových výrobcích. Proto zpracování odpadních pryžových produktů nesníží pouze znečištění přírody, ale také dovolí recyklovat hodnotný materiál. Například pryžová drť, která může být získána zpracováním pryžových produktů, je efektivně využívána v pneumatikařském průmyslu, v produkci pryžových výrobků, v silničním průmyslu stejně jako v produkci protikoročních, stavebních a izolačních materiálech.

Na jedné straně se pláště ojetých pneumatik hromadí na skládkách nebo jsou neekologicky spalovány, na druhé straně roste poptávka po desintegrované pryži, jakožto druhotné surovině např. pro nové pryžové výrobky, podlahové krytiny nebo pokrývky komunikací. Mezi zdrojem suroviny a jejími potenciálními uživateli stojí příliš vysoké náklady na zpracování pláštů.

A proto vývoj metod zpracování pryžových výrobků je naléhavý a důležitý problém.

1 KLASICKÉ METODY:

1.1 SPALOVÁNÍ

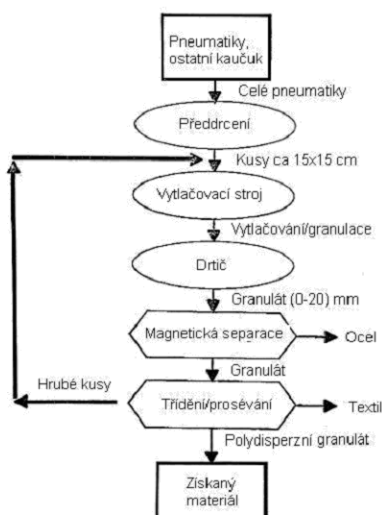
Nejjednodušší metodou likvidace pryžového odpadu, obzvláště široce používanou pro odstranění opotřebovaných pneumatik, je spalování. Spalování bylo široce používáno v mnoha zemích až donedávna. Tudíž až 45% pláštů pneumatik spotřebovaných v Německu a v Nizozemí a až 40% pláštů pneumatik spotřebovaných v Japonsku bylo spáleno (Zařízení na recyklaci pneumatik, „Moderní dealer pneumatik“, 1987, číslo 8, strana 6). Bohužel likvidace spalováním má za následek vznik těžkého znečištění přírody, které lze těžko odstranit, tento proces je doprovázen tvorbou složitých toxických látek, zejména sloučenin síry, jejichž exhalace jsou nebezpečné pro životní prostředí, což jsou hlavní rysy tepelného zpracování a zužitkování zbytkových kovů. Hromadné nelegální spalování může způsobit globální ekologickou katastrofu. Před spálením jsou pneumatiky obvykle naděleny a promíchány s hořlavým odpadem k zajištění více efektivního spalování (U.S. patent no.4.142.688 1979, A.O.Johnson). Neobnovitelnost přírodních zdrojů nás nutí hledat cesty více výhodného využití tohoto cenného materiálu než je spalování. Takže více vhodné jsou technologická zařízení pro rozměňování použitých pláštů pneumatik se separací pryže od kovů.

1.2 REGENERACE

Další obvyklou průmyslovou metodou je regenerace odpadních pryžových výrobků. To představuje produkci nově tvarovaných produktů vulkanizací kusů pryžových výrobků zbavených vyztužujících materiálů. Tato metoda vyžaduje předchozí destrukci pryžového produktu a odstranění vyztužujících elementů. Regenerace má také vážné vlastní problémy se znečišťováním.

Patent číslo: DE4417522

Během procesu recyklace odpadní pryže různých typů je odpad řezán a plněn do vytlačovacího stroje s prolétajícími se šneky pro mletí. Rozemletý produkt je granulován, vytlačen do pramenů nebo do předlisků. Další mlecí fáze je provedena před separací materiálu na jednotlivé komponenty, jako jsou pryž, ocel, textil.



Obr. 1. Schéma regenerace

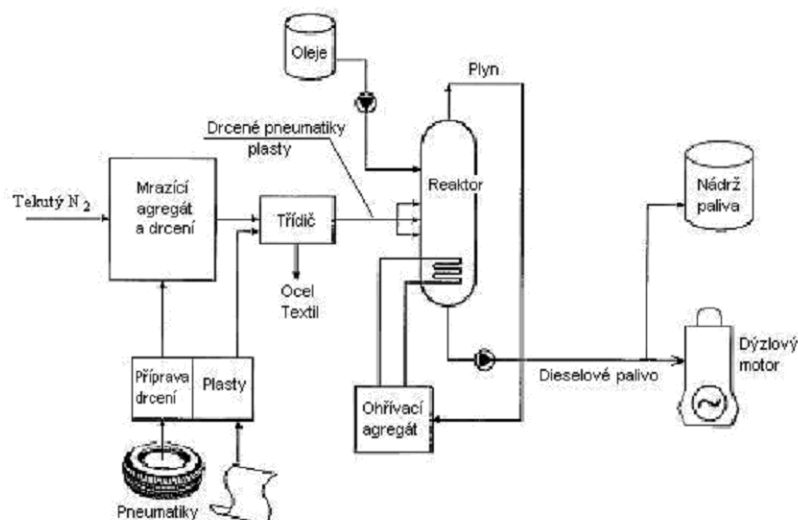
1.3 PYROLÝZA

Jednou z metod likvidace odpadních a použitých pryžových výrobků je pyrolýza, která dovolí přeměnit pneumatiky na uhlíkově černou různorodou směs plynných a tekutých organických sloučenin, které mohou být využity v chemickém průmyslu a energetice. Pyrolýza také vyžaduje předchozí destrukci a nasekání pryžových produktů (U.S. patent no.4.839.151 1989, F.Apffel).

Patent číslo: EP0702076

Patent se vztahuje k metodě pro výrobu paliva z použitých pneumatik nebo obdobné odpadní pryže pro použití v dieselových motorech zejména pro výrobu elektrické energie a tepla. Prvním krokem je trhání a drcení pneumatik, na pryžovou drť, která je podávána do reaktoru. Poté jsou do reaktoru plněny kapalné uhlovodíky, nejlépe ve formě motorové nafty, těžkého topného oleje, mazacích olejů, a smíchávány s drcenou pryží pod tlakem 3 – 50 bar, nejlépe 15–30 bar. Směs v reaktoru je zahřívána na teplotu 300–405 °C, přednostně 320–385°C, aby se rozložily pevné uhlovodíky a zpretrhaly se dlouhé řetězce některých složek za vzniku olejů, čímž dochází k homogenizaci směsi. Pro odstranění nevhodných materiálů, jako jsou ocelové dráty a textilie může být ještě před dávkováním pryže do reaktoru využit kryogenní

proces, při kterém se pneumatiky ochladí na teplotu oddělení. Homogenní směs je vhodně odčerpávána z reaktoru a chlazena pro přímé využití jako palivo v dieselových motorech.



Obr. 2. Schéma pyrolýzy

Shrnutí pyrolýzy:

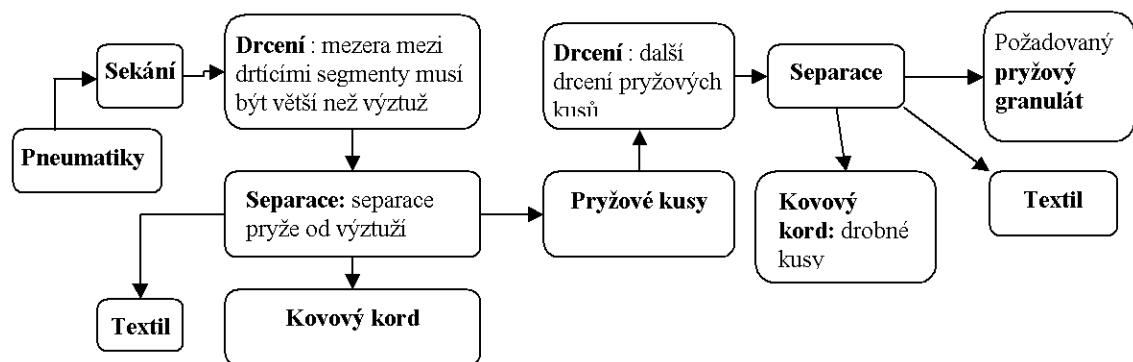
Slabostí pyrolýzy je nízké průmyslové užití jejích produktů, které dovoluje likvidaci pouze malé části odpadních pneumatik. Je nezbytné také poukázat na vysokou energetickou spotřebu této technologie (více než 1kW/kg) díky vysoké teplotě procesu.

1.4 ZÍSKÁNÍ PRYŽOVÉHO GRANULÁTU A SEPARACE PRYŽE OD VYZTUŽUJÍCÍCH KOMPONENT

Účinným způsobem zpracování pryžových předmětů je znovuzískání pryžového granulátu, kovových a textilních vyztužujících elementů z pryžového odpadu. Kompletní separace těchto materiálů je obtížný technologický problém. Z těchto důvodů je význam tohoto procesu příliš malý pro zpracování podstatné části pryžového odpadu dokud nedojde k zlepšení ekonomičnosti provozu.

Základní schéma likvidace pryžových plastových výrobků vyztužených kovy a textílem:

Zpracování pryžových produktů a tvorba pryžové drtě vyžaduje následující obecné uspořádání: nejprve nasekání, drcení, separace pryže od kovových a textilních vyztužujících prvků, poté mletí pryžových kusů a následně další separace malých kusů vyztužujících prvků. Kovový kord a textil jsou z pryže odstraněny magnetickým a vzduchovým separátorem, jednotlivě.



Obr. 3. Základní schéma likvidace vyztužených pryžových plastových výrobků

Narušení adheze mezi vyztužujícími elementy a pryží a jejich oddělení lze uskutečnit pomocí mechanického namáhání za normálních teplot nebo kryogenně, elektrickým ohřevem nebo chemickým rozkladem pryže.

Dále při využití pryžové drti v odpovědných pryžových výrobcích, jako pneumatiky, je nutné zajistit technický požadavek kvality pryžové drti, zejména obsah kovových a textilních kordů v pryžové drti musí být limitován. Za tímto účelem pryž, kovy a textil musí být kompletně separovány. Tento proces je komplikován vysokou adhezí těchto materiálů a vyžaduje nákladnou vícestupňovou separaci a složité zařízení.

1.4.1 Mechanické zpracování

a) za normálních teplot:

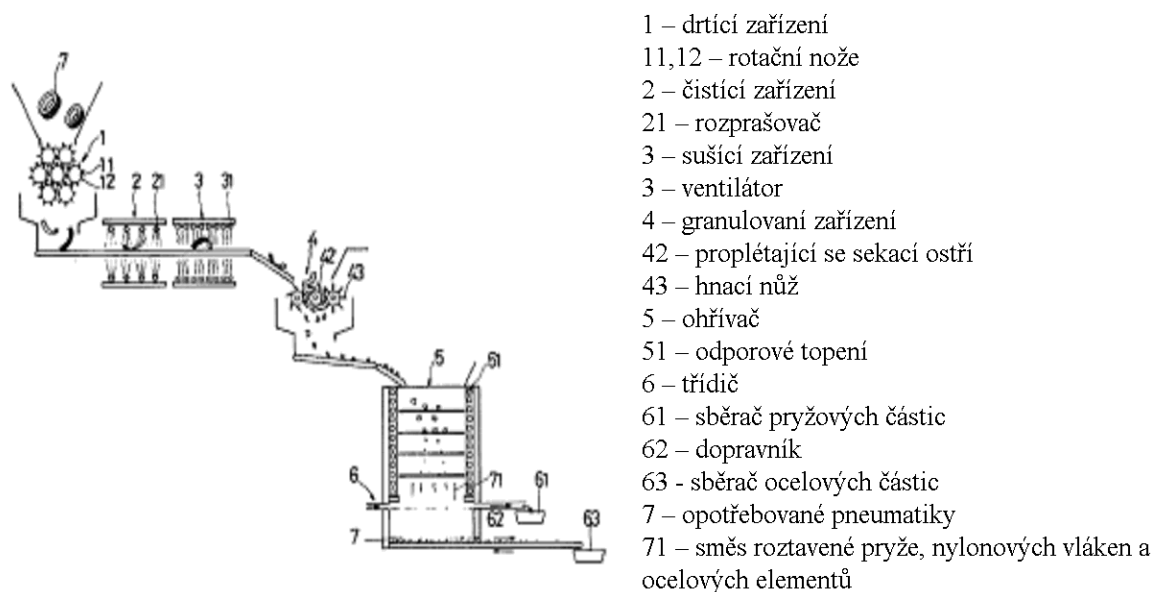
Základní požadavek na drticí zařízení je takový, aby vůle mezi mlecími segmenty byla cca o 30% větší než jaký je rozměr ocelových vložek, to proto aby docházelo k mletí a drcení pouze pryžového materiálu, zvýší se tím životnost stroje. Při tomto postupu je nutné vícestupňové zpracování. Mezi jednotlivým drcením je třeba z drtě separovat kovové části a vlákna.

Speciální metoda pro drcení pryže válci je popsána v U.S. patentu No. 4.840.316 1989, R.L.Barclay. Souhrnná metoda vyžaduje prvotní nasekání pneumatik noži na kusy o velikosti 150-300 mm a poté následuje drcení pomocí válců uskutečněné v několika krocích s následnou separací kovových kordů a textilních výztuží, U.S. patent No. 4726530 1988 D.Miller.

Patent číslo: US5755388

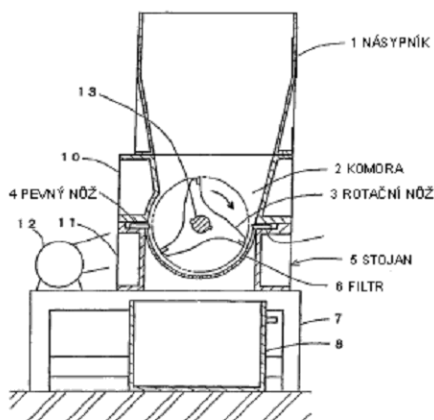
Zařízení zahrnuje drtič na drcení odpadních pneumatik na kusy o menším objemu, promývací úsek, sušicí úsek, granulátor pro sekání a granulování na požadovaný objem,

ohřívací zařízení pro ohřev a tavení odpadních pneumatik a třídící část pod ohřívacím zařízením pro příjem roztavené pryže, nylonových vláken a ocelových prvků z odpadních pneumatik. Třídící část se skládá z kanálu s cirkulujícím proudem vody, kde směs pryže a vláken pluje na vodě, zatímco se kovové části usazují na dně.



Obr. 4. Schéma patentu US5755388

Patent číslo: EP1177833



Obr. 5. Schéma patentu EP1177833

Shrnutí mechanického zpracování za normální teploty:

Obecnou nevýhodou těchto metod jsou velmi silné deformace drceného materiálu, což má za následek zvýšení teploty materiálu a nárůst střížné síly, to má za následek enormní energetickou spotřebu, vysoké namáhání zařízení a nízkou produkci. Energetická spotřeba

roste úměrně s klesající velikostí zrna. Např., znamená to, že drcení kusů do velikosti částic 0,5 mm vyžaduje více než 1kW/kg.

Jiným vážným nedostatkem těchto metod je, že nejsou schopny účinně rozdělit pryž a vyztužující kovy. Využití tohoto zařízení pro zpracování, pro příklad, pneumatik vyztužených kovy vede k růstu energetické spotřeby, opotřebení zařízení a ztrátám spojeným s častou výměnou řezacích nástrojů.

b) Kryogenní zpracování:

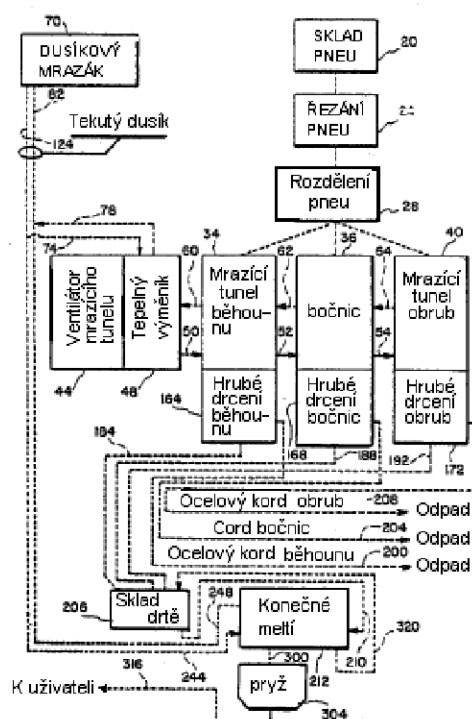
Zvolíme-li kryogenní cestu, pak se kusy pneumatik zmrazí pod teplotu křehnutí pryže a zmrzlé se zpracovávají jako v předešlém případě. Zmrazení a zkřehnutí pryže usnadní uvolnění kordu při drcení. Nebo zmrzlou drť necháme unášet v proudu mrazicího plynu a narážet na pevnou plochu. Nárazem dochází k dalšímu drcení.

Studená drtící technika představována G.B. patenty No. 1.334.718 a 1.438.278 je založená na silném zmrazení pryžových předmětů před drcením na teplotu křehnutí k snížení spotřeby energie na drcení a uvolnění vyztužujících elementů z pryže.

Metoda se skládá z chlazení pryžových předmětů nebo jejich kusů na teplotu křehnutí pryže, následné mechanické destrukce trháním, lisováním nebo drcením a nakonec vyjmutím většiny vyztužujících elementů. Proto hlavním principem této metody je předešlá separace vyztužujících elementů díky změnám vlastností pryže hlubokým zmrazením materiálu na teplotu křehnutí pryže, provedené v inertní atmosféře, např. v tekutém dusíku, a způsobené destrukci materiálu.

Patent číslo: EP0364050

Proces a zařízení pro nízkoteplotní drcení pneumatik zahrnuje separaci na podíl běhounů, podíl bočnic a podíl patek. Tyto podíly jsou chlazeny a drceny na pryžové částice a odpadní materiál. Pryžové částice jsou oddělovány od odpadního materiálu procesem, který zahrnuje usazování částic v proudu nízkoteplotního plynu. Proud plynu a pryžové částice narážejí na pevný povrch a dochází k drcení částic pryže. Nízkoteplotní plyn je pokud možno recyklován a chlazen ve výměníku tepla jiným plynem, např. dusíkem.



Obr. 6. Schéma drcení za kryogenní teploty

Shrnutí kryogenní metody:

Hlavní nevýhodou kryogenní metody je vysoká spotřeba energie pro dodržení dostatečného množství tekutého dusíku, který zajišťuje nízkou teplotu v pracovní komoře. Celkové náklady jsou také více než 1kW/kg.

Mimo to, drcená pryž při nízkých teplotách vyžaduje speciální zařízení, tepelnou izolaci všech zařízení, izolaci zmražené drti od atmosféry jakož i řešení dalších technologických problémů.

Zpracování velkých předmětů je doprovázenou nestejnoměrným zmražením díky nízké tepelné vodivosti pryže, která vyžaduje neustálé mrazení. To vede k vysoké spotřebě energie a snižuje produktivní kapacitu. Z těchto důvodů je třeba pryžové předměty rozsekat před mrazením.

Shrnutí mechanického zpracování:

Nejvíce používaná zařízení pro rozměňování plášťů pneumatik mechanickým drcením za pokojové teploty nebo za hlubokého zmrazení pryže s následnou separací složek nejsou příliš efektivní.

V podstatě se dá říci, že mechanické stříhání pružné pryže spolu s kovovými kordy a drcení nastříhaných kusů je velmi energeticky náročné a má nízkou účinnost. Ba co více,

díky nízké tepelné vodivosti pryže, musí být velikost kusů pneumatik, které se zmrazují, menší než 3cm v průměru, což také vede ke zvýšení spotřeby energie pro rozměňování; mechanické drcení zmražených kusů neposkytuje homogenní (ve smyslu zrnitosti) meziprodukt, což má za následek, že určitý obsah pryže je získán spolu s kovem během magnetické separace.

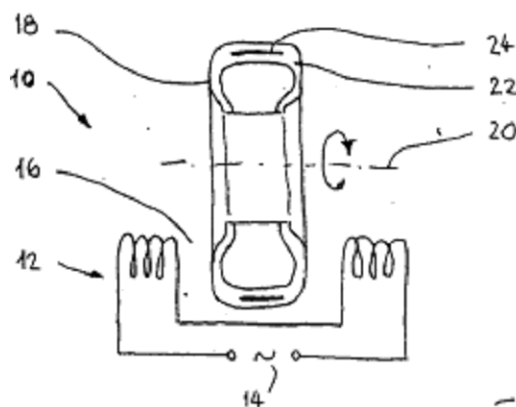
Bylo zjištěno, že přípravný elektrický ohřev plášťů pneumatik snižuje ztráty pryže a zjednodušuje oddělení kovových kordů.

1.4.2 Elektrické oddělení kordu

Rozměňovací systém je tvořený zdrojem proudu s kontakty pro spojení s kovovými kordy, jejichž zdroj ohřívá kordový drát kvůli spálení přiléhajících vrstev pryže, a systémem pro vyprazdňování produktů rozměňování z pracovní zóny.

Patent číslo: DE3911082

Předmět (18) je zpracováván elektro-termálně, tak že kovové vložky (24) jsou intenzívně zahřívány a tímto se rozpadnou na malé části nebo ztratí pevnost žíháním; v hraniční vrstvě se pryž zahřívá a rozpadá na uhlý prách. Tímto způsobem, následná skartace a jednoduchá separace kovových částí je možná.

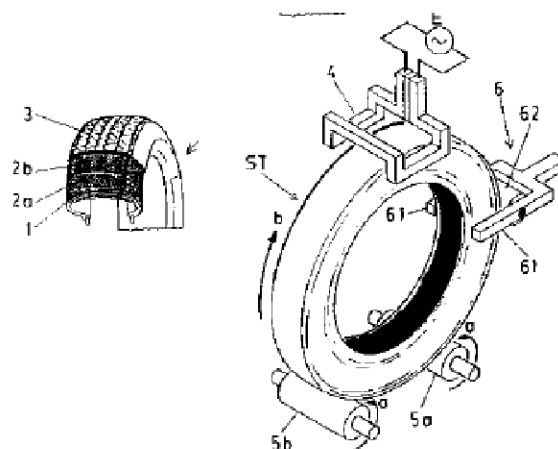


Obr. 7. Schéma elektrického ohřevu kordu

Patent číslo: JP 60203411

Pneumatika (ST) je umístěna na rotující válce (5a, 5b) a je jí otáčeno zatímco přichází do kontaktu s pomocným válcem (62), zdroj vysokofrekvenčního napětí (E) pracuje a ocelové pásy (2) uvnitř pneumatiky (ST) jsou zahřívány na teplotu 300°C topnou cívkou (4). Adhesní síla styčné plochy mezi pryžovými komponenty (1,3) a kovovými pásy (2), jejichž teplota hoření je okolo 250°C, je odstraněna spálením nebo zuhelnatěním styčné

plochy. Pouze vrstva zuhelnatělé plochy se odřeže a většina materiálu může být znovu použita.

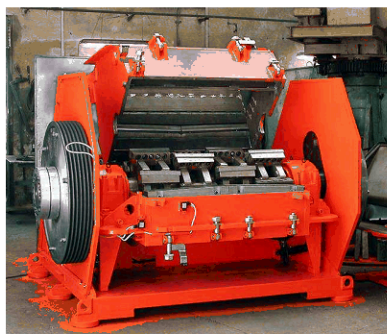


Obr. 8. Schéma el. ohřevu kordu

Shrnutí elektrických metod:

Takovýto systém má řadu nevýhod, konkrétně se jedná o uvolňování toxických zplodin do atmosféry a nebezpečí pro lidskou obsluhu. Kromě toho dlouhý ohřev není efektivní a má za následky vysokou spotřebu energie. Popisované zařízení je navíc efektivní navíc pouze při zpracování takových pláštů pneumatik, jejichž kordy procházejí od jedné stěny drtiče ke druhé, protože jenom za takových podmínek mohou být všechny kordy přivedeny do kontaktu se zdrojem elektrického proudu, poté, co jsou postranní části odděleny. A konečně, problémy vznikají v případech, kdy musí být oddělené postranní části recyklovány samostatně.

1.5 PŘÍKLADY DRTÍČÍHO ZAŘÍZENÍ A LINKY NA ZPRACOVÁNÍ PNEUMATIK:



Obr. 9.



Obr. 10.



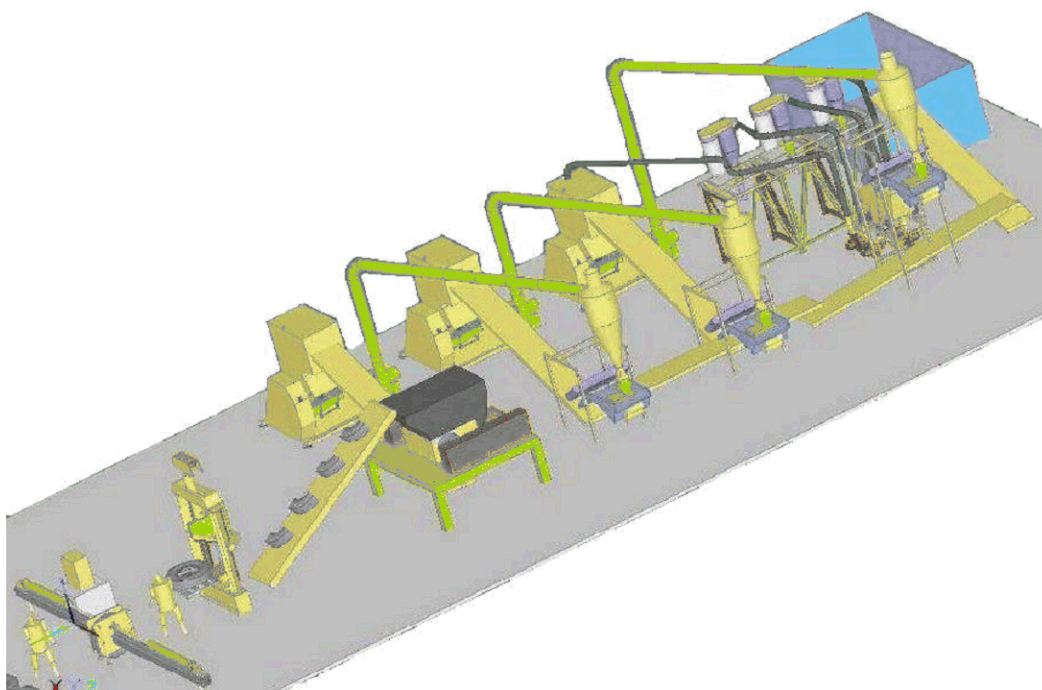
Obr. 11.



Obr. 12



Obr. 13.



Obr. 14. Model linky na zpracování pneumatik

1.6 ZÁVĚR:

Chceme-li se vyhnout úskalí klasické koncepce separace kordů z pryžových výrobků, musíme hledat jiné možnosti jejich zpracování. Jsou vytvořeny technologie při nichž dochází k uvolnění kovových kordů bez mechanického uvolňování kordu.

2 MODERNÍ METODY:

Cílem současných vynálezů je snížení spotřeby energie požadované pro zpracování pryžových předmětů, usnadnění separace nepryžových materiálů, zvýšit kvalitu recyklačního procesu a kvalitu získaných druhotných produktů, redukce opotřebení zařízení a redukce ceny.

Pro dosažení těchto cílů jsou pryžové předměty vystaveny společnému působení mechanického zatížení a ozonem obohaceného plynu, které způsobují praskání pryže a ulehčují separaci vyztužujících elementů a pryže bez použití mechanického řezání nebo drcení. A nebo je možno využít silného krátkodobého elektrického impulsu pro separaci kovových a pryžových komponent, které se vyskytují v pneumatikách. Separace kovu a pryže je prováděna dvěma různými metodami: elektrickou explozivní metodou a metodou magnetického šoku. Další zajímavou možností je do budoucna projekt devulkanizaci od firmy Goodyear. Goodyear patentoval rozpouštědlo pro devulkanizaci, které je schopno regenerovat 80% pryže v použitých pneumatikách, pryž si ponechá své chemické složení a molekulovou hmotnost. Použití 2-butanol, běžného alkoholového rozpouštědla, za vysokého tlaku a teploty aktivuje devulkanizaci, podle Goodyear. Firma neví zda se proces ukáže ekonomicky proveditelný ve velkém měřítku, rozšíření procesu je stále ve výzkumné fázi.

2.1 ROZKLAD PRYŽE OZONEM

2.1.1 Princip metody

Je dávno známou skutečností, že pryž, jakožto polymer, ve styku s prostředím obsahujícím ozon podléhá fyzikálně-chemické degradaci. Během deformace v ozonem obohacené atmosféře mohou být pryžové kousky navíc rozdrobeny na požadovanou velikost 0,01-5 mm.

V metodě je využita schopnost ozonu rozbít pryž. Mechanické napětí v deformovaných pryžových předmětech značně ulehčuje jejich destrukci. Deformace není energeticky intenzivní proces a malé množství ozonu může zajistit rozpad pryže. Tak celá metoda je energeticky účinná a spotřebuje méně než 0,1kW/kg (spotřeba může být snížena na 0,02kW/kg).

Činnost ozonu dovoluje značné snížení síly potřebné pro deformaci pryže. Destrukce je dosaženo bez použití řezání, lámání, nebo otěru pryže, které snižuje opotřebení zařízení ve srovnání s běžným mechanickým procesem.

Vyztužující elementy jsou kompletně separovány z pryže bez znečištění pryží. To umožňuje získat čistou pryžovou drť stejně jako volný kov bez použití více stupňové separace malých fragmentů výztuží a kompletního zařízení pro oddělení pryže od kovového a textilního kordu. To zvyšuje výstup produktu a snižuje tvorbu objem odpadů.

Tato metoda pro zpracování pryžových produktů dovoluje poskytnout ekologicky bezpečnou technologii.

Korozivní proces praskání pryže v přítomnosti ozonu definující podstatu metody, je fyzikální proces šíření prasklin během chemické interakce polymerních molekul s ozonem, což způsobuje jejich štěpení. Je známo že zahájení mechanické destrukce pryže vyžaduje ne malé množství energie na jednotku deformované plochy. Pro přírodní a butadien styrenové kaučuky toto množství energie je okolo 40 až 60 J/m². S přítomností kaučuku rozšiřování trhlin vyžaduje značně méně energie, okolo 0,1 J/m². Proto spotřeba mechanické energie pro zajištění namáhání pryže během jejího rozpadu s přítomností ozonu je extrémně malá poměrně k použité energii na destrukci pryže mechanickým zpracováním. Celková spotřeba energie této metody závisí na energetických nárocích výroby ozonu požadovaného pro rozklad pryže.

Praskání pryže užitím ozonu nastává tehdy, když je překročena kritická úroveň deformace pryže. Pro pryž je tato hodnota 1-5%, mnohem přesnější hodnotu můžeme získat ze závislosti pevnosti z vulkanizované pryže a úrovní plošného zpracování. Tato deformace (>1%) může být získána napětím pryže větším než 0,5 kg/cm².

Během praskání pryže způsobeném ozonem počet trhlin a tempo jejich šíření závisí na napětí v materiálu, větší napětí zapříčiní větší rychlost a počet trhlin. Proto, rychlost ozonové destrukce pryže, jakož i velikost produkovaného granulátu, které závisí na délce mezi trhlami, mohou být regulovány změnou charakteru napětí vytvořeného v materiálu nebo koncentrací ozonu.

Během působení ozonu se trhliny formují v oblasti s největším napětím. Nestejnoměrná distribuce napětí je vyvolaná během praskání a její koncentrace ve vrcholech prasklin, má za následek následující praskání právě v těchto vrcholech a eventuálně radikální rozpad materiálu. Proto, rozpad pryže nastane pouze se změnami struktury jistých oblastí nebo ploch beze změny objemu, a tak, specifická spotřeba ozonu potřebného pro rozklad pryže je extrémně nízká.

Při velké rychlosti procesu může být rozpad pryže limitován difusí ozonu z plynu do povrchu pryže. Tomu můžeme zabránit cirkulací plynu kolem povrchu pryže, což zvýší proudění a zajistí vysoký kinetický rozpad. Difuze se také snižuje při kruhové deformaci.

2.1.2 Dosavadní stav techniky:

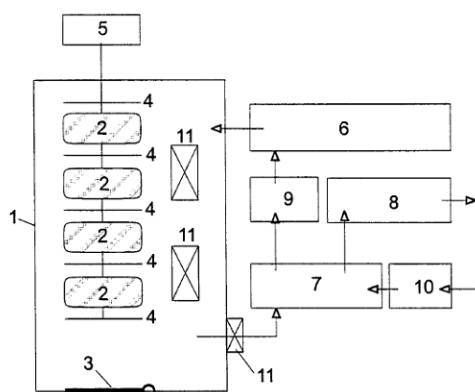
Výsledky z provozu zařízení dle patentu č. CZ 284889 ukazují, že u způsobů zpracování pláštěů, kdy se na ně působí tlakem ve směru jejich osy, trvá jejich dezintegrace neúměrně dlouho, až 40 min., a i po této době zůstane zejména kolem kruhového ocelového drátu, pryž neoddělena. Pokud by mělo zařízení kontinuálně zpracovat alespoň 1000 ks pláštěů v tří směnném provoz, znamenalo by to při tak dlouhé prodlevě extrémní rozměry zařízení. Další nevýhodou zařízení, jakož i dalších dřívějších koncepcí, je malé využití vnitřního prostoru komory. I to je jedním z důvodů, proč popsání zařízení i po tolika letech nepřekročila stádium poloprovozu. Společnou nevýhodou způsobů popsanych v uvedených spisech je, že nevedou k optimální kombinaci působení ozonu a deformačního napětí, což se projevuje na výkonu zařízení.

2.1.3 Konstrukční řešení

a) Patent č. EP0816035

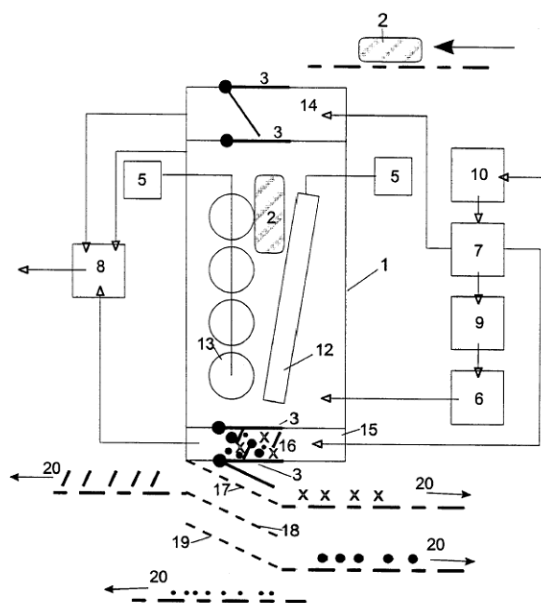
Jedná se o diskontinuální metodu. Uvádí se zde několik druhů namáhání pryžových výrobků v komoře (viz. schémata variantních provedení zařízení). V nichž se pláště zpracovávají stlačováním ve směru osy pláště pomocí válců, mechanických prvků konajících vratný pohyb nebo koulí. V provedení podle obr. 17 se kombinuje axiální a radiální tlak tím, že se pláště protlačují kuželovitě se zužujícím prostorem.

Obr. 15.

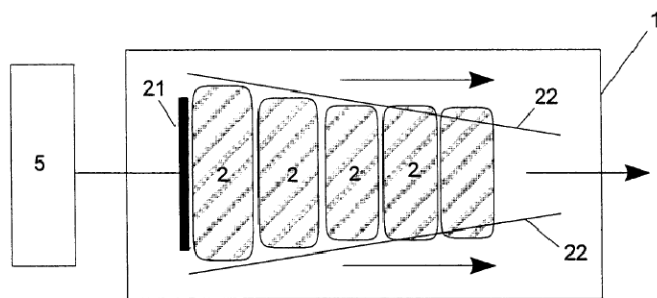


- 1 – komora
- 2 – rozkládaný materiál
- 3- vstupní/výstupní otvor
- 4 – přepážky vytvářející deformace
- 5 - pohon
- 6 – generátor ozonu
- 7 – distribuce plynu (ventil)
- 8 – likvidátor ozonu
- 9 – příprava plynu
- 10 – kompresor
- 11 – ventilátor pro cyrkulaci

Obr. 16.

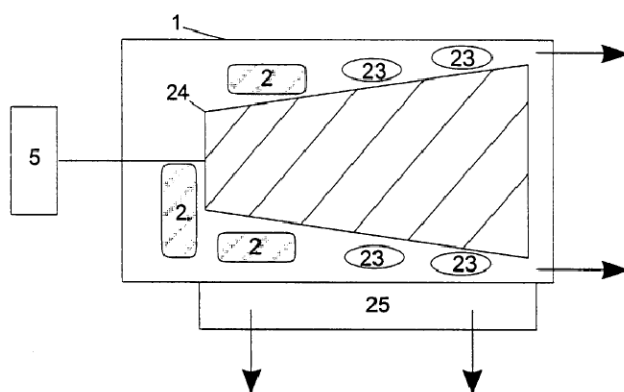


- 1 – komora
- 2 – rozkládaný materiál
- 3- vstupní/výstupní otvor
- 5 - pohon
- 6 – generátor ozonu
- 7 – distribuce plynu (ventil)
- 8 – likvidátor ozonu
- 9 – příprava plynu
- 10 – kompresor
- 12 – deformační člen
- 13 – transportní člen
- 14 – vstupní propadla
- 15 – výstupní propadla
- 16 – produkt (pryžový granulát, ocelový a textilní kord)
- 17 – separace textilu, skelných vláken a jiných objemných výstuží
- 18 – separace kovů
- 19 – třídění pryžového granulátu
- 20 – transport složek



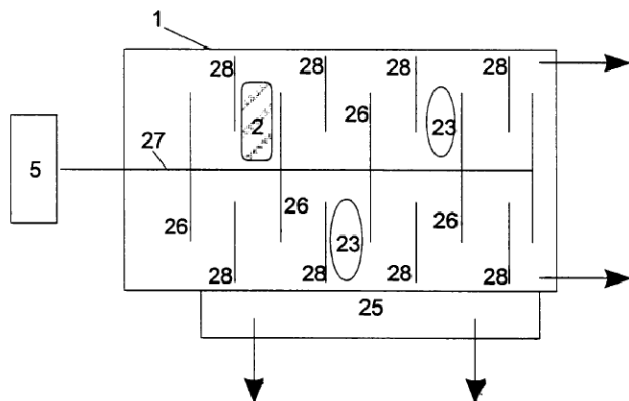
Obr. 17.

- 1 – komora
- 2 – rozkládaný materiál
- 5 – pohon
- 21 – lis
- 22 – zúžená dutina nebo kužel



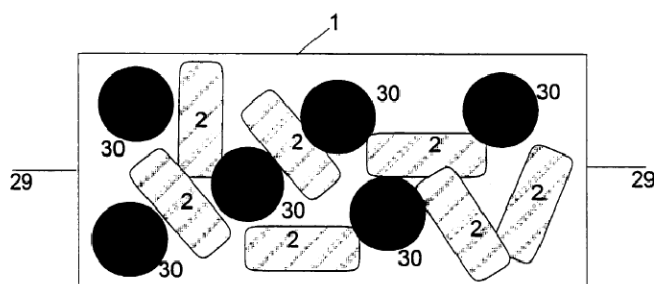
Obr. 18.

- 1 – komora
- 2 – rozkládaný materiál
- 5 – pohon
- 23 – fragmenty zpracovávané pryže
- 24 – deformační kužel
- 25 – separace kovových výstuží



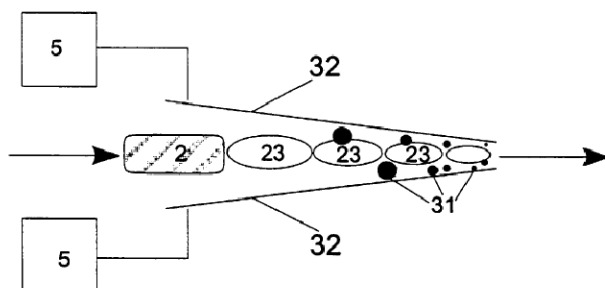
Obr. 19.

- 1 – komora
- 2 – rozkládaný materiál
- 5 – pohon
- 23 – fragmenty zpracovávané pryže
- 25 – separace kovových výstuží
- 26 – rotující elemnty
- 27 – rotor
- 28 – pevné elemnty



Obr. 20. (kulový mlýn)

- 1 – rotační komora
- 2 – rozkládaný materiál
- 29 – osa rotace komory
- 30 – koule



Obr. 21 (zařízení typu mlýnský kámen)

- 2 – rozkládaný materiál
- 5 – pohon
- 23 – fragmenty zpracovávané pryže
- 31 – pryžový granulát
- 32 – mlecí elementy – dutina má tvar zúžené štěrbiny

b) patent č. CZ 288766

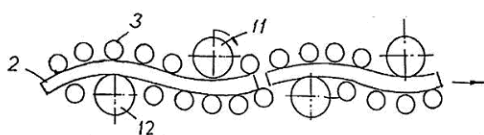
Na rozříznutý plášť se působí proměnlivým tlakem v radiálním směru, tj. v podstatě kolmo na povrch pláště, přičemž tento tlak postupuje po obvodu pláště. Tento způsob dává možnost optimálního rozložení napětí a deformací po průřezu pláště a umožňuje pravidelný cyklický průběh napětí a deformací po obvodu pláště. Na plášť se může působit střídavě z jeho vnější a vnitřní strany.

Pro kontinuální zpracování plášťů se jeví výhodné, před vtažením pláště do komory obsahující ozon, plášť alespoň na jednom místě radiálně rozříznout a zpracovávat takto rozříznuté pláště v řadě jako pás. Pokud se na plášť vystavené napětí v ozonovém prostředí navíc působí ultrazvukem, urychluje se proces oddolování degradované pryže z povrchu a zkracuje se nutná prodleva pláště v komoře.

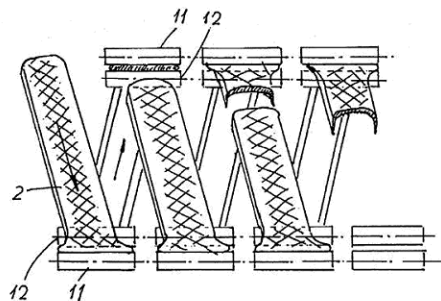
Střídavého radiálního tlaku na plášť se dosahuje v různých provedeních zařízení, společným rysem je alespoň jedna dvojice válců 11 až 15, které mezi sebou stlačují plášť 2 radiálně. Provedení podle obr. 22 představuje vnitřní uspořádání válců v ozonové komoře ke zpracování rozříznutých plášťů 2 mezi vnějšími a vnitřními válci 11,12, přičemž dráha vedení k vedení plášťů je tvořena řadami opěrných válců 3. Provedení podle obr. 23 je obdobou obr. 22, kde se rozříznuté pláště zpracovávají na spirálovité dráze mezi dvojicemi vnějších a vnitřních válců 11,12. Výhodou tohoto uspořádání je, že při stejné prodlevě pláště v ozonové komoře postačí podstatně kratší zařízení. Na obr. 24 je příklad tvarových válců 13, jejichž průměr je proměnlivý podél jejich osy a na obr. 25 je příklad provedení válce 14 opatřeného výstupky, respektive válce 15 opatřeného žebry. Tyto prostředky

umožňují optimalizovat deformace a mechanické namáhání pláště vzhledem k probíhající degradaci materiálu.

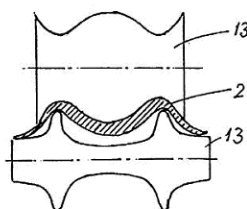
Obr. 26 až 28 schematicky ukazují vstupní část komory 4 zaplněné plynem obsahujícím ozon. Pláště 2 jsou ke vstupu do komory 4 přiváděny zařízením 5 pro stohování. Nad vstupní štěrbinou je umístěno řezací a podávací zařízení 6 opatřené řezacím orgánem 7 a podávacími orgány 8 a 9. Ve vstupní štěrbině jsou umístěny podávací válce 10. Pláště 2 ve stohovacím zařízení jsou vlastní vahou dotlačovány k čelní stěně komory 4. Plášť, který je nejbližší řezacímu orgánu 7 radiálně rozříznut, podávací orgány 8,9 přitáhnou řez k čelní stěně komory 4 a zasunou jej do štěrbin podávacích válců 10. Ty jej vtáhnou dovnitř komory 4, kde plášť postupuje po spirálové dráze mezi válci 11,12.



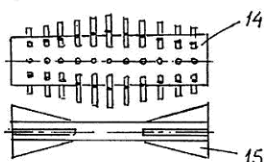
Obr. 22.



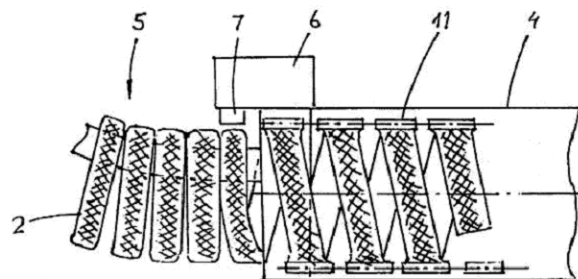
Obr. 23.



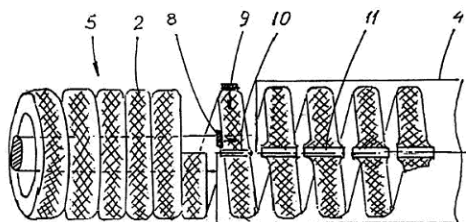
Obr. 24.



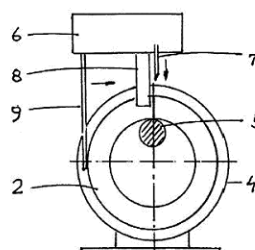
Obr. 25.



Obr. 26.



Obr. 27.



Obr. 28.

2.1.4 Příklad linky

Česká fa PneuDemont, patentovala recyklační proces přeměny odpadních pneumatik na granulát užitím ozónem syčenou atmosférou. Podle fa Montana Steel, Munich, Germany, která je jeden z držitelů patentu, nezpracované odpadní pneumatiky jsou nepřetržitě přiváděny skrze vstupní otvor do horizontálního tunelu, a poté jsou transportovány a napnuty systémem bubnů tak aby zajistily že ozon vstoupí do pórů v pryži. Tento proces probíhá za pokojové teploty.

Podle fa Montana Steel, proces granulace pneumatik trvá mezi 6 a 10 minutami, závisí na koncentraci ozonu a potřebné mechanické práci, a granulát si zachovává původní fyzikální a chemické vlastnosti pryže. Neporušený ocelový kord jakož i textilní vlákna jsou obnaženy a je možno je separovat bez použití mechanického nebo magnetického způsobu.

Po roce testování ve zkušebním zařízení byl prodán první komerční produkční provoz pro pneumatiky do 16“. Toto výrobní zařízení má produkční kapacitu 1500 kg pryžového granulátu za hodinu a pracuje v rozmezí velikosti zrna granulátu od 0 do 40mm. Podle žádané velikosti granulátu se produkce pochopitelně mění, u granulátu velikosti do 2mm je okolo 25 %, od 2 do 5 mm je 35%, od 5 do 10 mm je 50%, nad 40 mm je 100%. Montana Steel odhaduje náklady na provoz 0,07 až 0,09 USD na 1kg pryžového granulátu.

2.2 METODA MAGNETICKÉHO ŠOKU

" Recyklace použitých plášťů pneumatik s kovovými kordy pomocí elektrických pulzních metod" byla přednesena Dr. A Bedjukhem během fóra „Nové technologie“ na nedávno konané konferenci European Tyre Recycling Conference sponzorované Evropskou Asociací pro Recyklaci pneumatik.

Výzkum možnosti využití silného krátkodobého elektrického impulzu pro separaci kovových a pryžových komponent, které se vyskytují v pneumatikách byl proveden Dr. Bedjukhem z Univerzity Tarase Ševčenka v Kyjevě, Ukrajina. Cíle výzkumu byly dva: snížit spotřebu energie recyklačního procesu a získat vysoce kvalitní pryž zbavenou kovů. Separace kovu a pryže je prováděna dvěma různými metodami: elektrickou explozivní metodou a metodou magnetického šoku.

Elektrická pulzní metoda:

Skrz kovové kordy uvnitř plášťů pneumatik prochází elektrické výboje, čímž dochází k separaci materiálu. Využitím této metody byla vědci získána kovu prostá pryž s velikostí

částic 40 x 10 mm². Kov byl oddělen od pryže v různých strukturálních stavech od odpařeného kovu až pro kusy drátu. Výskyt rozličných strukturálních stavů naznačuje vysoce heterogenní zahřívací proces v celém objemu kovu. To nám umožňuje zvýšit efektivitu separace kovu od pryže změnou intenzity ohřevu kovu.

Podle tohoto výzkumu, může mít komerční zařízení pro separaci kovu od pryže pomocí elektrické exploze výkonnost 50 – 60 procent. Energie spotřebovaná použitím elektrické pulzní metody se bude blížit 2 BTU na 1 kg pláště.

Metoda magnetického šoku:

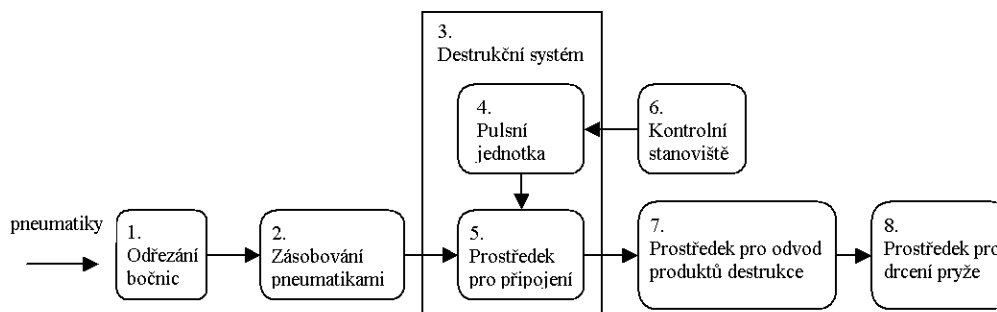
Separace pryže od kovu je dosahováno při velikosti částic 200 x 35 mm². Účinek magnetického šoku byl předveden na jedné vrstvě kovového kordu. Tento byl kompletně separován od okolních vrstev pryže, přesně podle předpokladu. Kov byl ohříván v průměru o 300 °K a pryž byla ohřívána o 20 °K při metodě magnetického šoku.

Energie spotřebovaná metodou magnetického šoku tvořila pouze 2 – 3 procenta energie spotřebované pro ohřev kovu. V komerčním zařízení může být spotřeba energie metody magnetického šoku a ohřevu kovu v poměru 50/50.

Patent č. **EP1084810**

Zařízení pro drcení plášťů pneumatik s kovovými kordy za použití elektrických výbojů, které obsahuje systém 1 pro odřezání bočnic pneumatik, systém 2 pro dopravu pneumatik s jejich bočnicemi k drcení, drticí systém pro pneumatiky 3 v provedení pulzní jednotky na elektrické výboje 4 zahrnující kapacitory 9, jejichž konstrukce je vybavena axiálně symetrickými prostředky 5 pro napojení na kovové kordy ve formě dvou elektricky vodivých stavěcích členů 13, 14 majících tvar komolých kuželů na straně jejich pracovních povrchů a zařízení 7 pro vyprazdňování produktů drcení. Za účelem zvýšení efektivity rozměňování plášťů pneumatik majících rozličné velikosti, jejichž hlavní část kovových kordů, po oddělení postranních částí, nemůže přímo přivedena do galvanického kontaktu se zdrojem elektrických pulzů, je axiálně symetrické zařízení vybaveno elektricky vodivým výstupkem 15, který je umístěn souose vzhledem k dvěma elektricky vodivým stavěcím členům 13, 14 a který je galvanicky připojen na jeden z nich, a současně elektricky izolován od druhého. Toto zařízení může dále obsahovat systém na rozměňování postranních prstenců, který zahrnuje nosnou konstrukci pro umístění

oddělených postranních prstenců, přinejmenším jednu cívku 17 připojenou na pulzní jednotku na elektrické výboje 4 a spojka 19.



Obr. 29. Schéma metody magnetického šoku

2.2.1 Zdůvodnění vynálezu

Nevýhody zmíněné v kapitole 2.4.2 ELEKTRICKÉ ODDĚLENÍ KORDU mohou být vyřešeny s pomocí rozmělnování kordových drátů použitím elektrických impulzů. Takovýto proces obecně obsahuje průchod krátkých impulzů elektrického proudu vysoké energie skrz kordové dráty. Toto vede uvolňování tepla zejména na rozhraních krystalových zrn kovu s rozmělnováním kordových drátů explozivním způsobem.

Rozmělnovací systém pneumatik založený na akumulaci jalovém LC-obvodu a zařízení pro elektromagnetické spojení pulzní jednotky na elektrické výboje a kovových kordů tvořené primárním vinutím transformátoru se zdá být výhodnější pokud jsou principiálně použity pro rozmělnování celých plášťů pneumatik. Avšak experimentální studie ukázaly, že galvanické spojení mezi pulzním zdrojem proudu a kovovými kordy (s odstraněnými postranními částmi) je více výhodné z hlediska energie než elektromagnetické spojení.

V případě galvanického spojení kordových drátů s řadou kondenzátorů je v podstatě měrná spotřeba elektrické energie na jednotku hmoty odděleného kovu z pneumatik ne nezbytně závislá na celkové hmotnosti kovu v plášti pneumatiky a používá se menší nebo vyšší hustota energie v pulzech a v kratších pulzech. Ba co víc, mohou být indukovány vířivé proudy dostatečně silné na rozdrcení kordových drátů, dokonce i v případě, že část kordů (zpravidla zanedbatelná) nedosáhne galvanického kontaktu s pulzní jednotkou na elektrické výboje (například protože nepřesně zapadnou do stavěcích členů). Pokud se mluví o elektromagnetickém (transformátor) transferu energie z jalového LC-obvodu do

kovových kordů, jeho účinnost je tím menší čím větší je hmotnost (a indukčnost) kovu obsaženého v drceném plášti pneumatiky.

Avšak existují pláště pneumatik u nichž se odřezáním postranních bočnic nedosáhne obnažení významného podílu kordových drátů a které tudíž nemohou být efektivně rozmělněny známými metodami s pomocí galvanického spojení s pulzní jednotkou na elektrické výboje. Obvykle se to týká plášťů velkých rozměrů, jejichž rozmělnění jako celku (bez oddělení bočnic) podle „schéma transformátoru“ je také neefektivní z výše zmíněných důvodů.

Tudíž vylepšení návrhu zařízení pro rozmělnění plášťů pneumatik s obsahem kovových kordů pomocí elektrických pulzů po oddělení postranních bočnic je klíčová otázka.

2.2.2 Vysvětlení vynálezu

Když je vynalezené zařízení v chodu, teče pulzní proud vlastně v opačných směrech skrz zmíněný náletek 15 a skrz kordové dráty v drceném plášti pneumatiky. Takovéto uspořádání zajišťuje současné dosažení dvou technologických efektů:

- za prvé, kombinovaná elektrická induktance zmíněného zařízení pro spojení pulzní jednotky na elektrické výboje a kovového kordu velmi ubírá kovového kordu a přiměřeně zkracuje trvání pulzů zatímco amplituda a hustota proudu se zvyšují
- za druhé, podle Ampérova zákona, kondenzátory podél kterých proud teče v opačném směru přicházejí do mechanického kontaktu a tudíž dochází k odpudivému mechanickému impulzu (takzvaný „magnetický impulz“) mezi zmíněným výstupkem a všemi kordovými dráty drcené pneumatiky, zmíněný impulz narůstá proporcionálně s růstem amplitudy proudu v drticím impulzu.

Kombinace výše zmíněných efektů umožňuje významné zvýšení efektivity separace kovových kordů od pryže při drcení (zejména velkorozměrových) plášťů a hlavně v případě nedostatečného galvanického kontaktu mezi kordy a pulzní jednotkou na elektrické výboje.

Prvním charakteristickým rysem je přídavný elektricky vodivý výstupek 15 ve tvaru středové tyče, která je výhodná při rozmělnění plášťů pneumatik malých rozměrů.

Středová tyč je vybavená nosnou plošinou na níž je umístěna dielektrická vrstva a jeden ze stavěcích členů, a která je nehybně upevněna k nepohyblivé základně na jedné

straně a současně pohyblivě upevněna k druhému stavěcímu členu na straně druhé. Takovéto uspořádání středové tyče a jeho napojení na ostatní části axiálně symetrického zařízení pro spojení rozměňovaných plášťů pneumatik a pulzní jednotky na elektrické výboje zjednodušuje dopravu plášťů a zvyšuje spolehlivost jejich uchycení během výboje z kondenzátorů.

S středová tyč a druhý stavěcí člen tvoří dvojici šroub – matice, která umožňuje drcení plášťů pneumatik různých standardních velikostí pomocí řízení síly zajišťující kontakt mezi odřezanými postranními částmi plášťů a stavěcími členy v závislosti na tuhost pneumatik.

Středová tyč je vybavena dorazem ve střední části, zatímco druhý ze stavěcích členů tvoří rozebíratelné spojení. Toto začlenění je výhodné pokud jsou pláště pneumatik stejné standardní velikosti zpracovávány na lince.

Přídavný elektricky vodivý výstupek má tvar vnějšího prstence. Toto umožňuje výrazné zjednodušení prostředků zajišťující ochranu pracovního prostoru daného zařízení.

Zařízení pro rozměňování plášťů pneumatik s kovovými kordy je dále vybaveno systémem pro drcení postranních částí, který zahrnuje cívkou zapojenou do pulzní jednotky na elektrické výboje, nosnou konstrukci pro oddělené postranní části a spojku namontovanou pro reverzní pohyb. Kompletní rozmělnění plášťů pneumatik s použitím elektrických výbojů je tudíž zabezpečeno.

Systém pro rozměňování postranních částí je vybaven druhou cívkou, která je také napojena na pulzní jednotku na elektrické výboje, která napomáhá drcení postranních částí obsahujících zbytky kordových drátů.

2.2.3 Nejlepší způsob realizace vynálezu

Předkládaný vynález pro rozměňování použitých plášťů pneumatik s kovovými kordy obecně obsahuje následující části:

- soustavu 1 (kterékoliv konstrukce) pro odřezávání postranních částí pneumatik, která může být například tvořena dvěma nebo více komerčně dostupnými řeznými hlavami, a která zajišťuje přístup ke koncům většiny kordových drátů v drtiči plášťů pneumatik;
- soustavu 2 (kterékoliv konstrukce) pro dopravu oddělených postranních částí pneumatik k drcení, uspořádanou tak, aby vyhovovala velikosti a hmotnosti pneumatik,

např. ve tvaru komerčně dostupného pásového dopravníku nebo pohyblivého unášече nebo automatického manipulátoru;

- rozměňovací systém 3 zahrnující pulzní jednotku na elektrické výboje 4 a axiálně symetrický prostředek pro galvanické spojení mezi pulzní jednotkou na elektrické výboje a kovovými kordy;

- dálkovou řídicí stanici 6 pro příjem dat popisujících podmínky drcení v systému 3 a poskytující další řídicí informace;

- prostředek 7 (kterékoliv konstrukce) pro vyprazdňování produktu drcení pneumatik z pracovního prostoru, který může obsahovat, například mechanický dopravník pro dopravu kusů kovu zbavené pryže k dalšímu drcení a pneumatický dopravník pro dopravu kovových částic do sběrače (nezobrazený).

Je vhodné umístit systém 8 pro jemné drcení a mletí pryže na výstup zařízení pro rozměňování použitých plášťů pneumatik. Podobně jako u zařízení používaného v současné době k produkci pryžové drti z plášťů pneumatik obsahujících textilní kordy může tento systém obsahovat: komerčně dostupný mechanický drtič, nejméně jeden mechanický mlýn (pro náležité předdrcení a následné mletí kousků pryže na drť definované velikosti částic) a sadu sít.

Pulzní jednotka na elektrické výboje 4 (Obr. 30.) je založena na nejméně jednom nejlépe však více podobných vysokonapětových kondenzátorových modulech 9 pro akumulaci elektrické energie a její současný pulzní výboj na kovové kordy drcených plášťů pneumatik. Pulzní jednotka na elektrické výboje 4 je vybavena:

- napájecí jednotkou 10 pro nabíjení vysokonapětových kondenzátorových modulů 9, která obecně obsahuje transformátor a usměrňovač (nezobrazený);

- jednotku 11 pro ochranu vysokonapětového zařízení proti jiskření a možným zkratům v elektrických obvodech, které slouží k řízení správné funkce vysokonapětových komponent a pro vypínání komponent, které nefungují správně,

- synchronizátor 12 pro synchronní nabíjení vysokonapětových kondenzátorových modulů 9, který je obecně vybaven vysokonapětovým nízko proudovým impulsním generátorem a který je napojen na řídicí vstupy ve standardních elektronických vzdálenostech všech vysokonapětových kondenzátorových modulů 9.

Axiálně symetrický prostředek 5 pro galvanické spojení vysokonapětových kondenzátorových modulů 9 a kovových kordů (Obr. 32 a 33) nezávisle na typu konstrukce obsahuje dva elektricky vodivé stavěcí členy 13 a 14, které mají tvar komolých kuželů a přídatný elektricky vodivý výstupek 15 umístěný souose k oběma stavěcími členům 13 a 14, galvanicky napojený na jeden z nich a elektricky izolovaný od druhého s použitím dielektrické vrstvy 16.

První vhodné použití axiálně symetrického prostředku 5 (OBR. 32) zahrnuje přídatný elektricky vodivý výstupek 15 ve tvaru středového v postatě válcového trnu jehož průměr musí pokud možno umožňovat smykové uložení vnitřního průměru rozměňovaného pláště pneumatiky. Tento tyčový výstupek 15 je pokud možno na jedné straně vybaven kruhem (v rovině) podpírající základnu pro umístění dielektrické vrstvy 16 a druhého stavěcího členu 14, který je pevně uchycen, a na jeho druhé straně tyčovitý výstupek 15 drží první stavěcí člen 13 během fungování.

Pro zajištění toto vyztužení, mohou stavěcí člen 13 a tyčový výstupek 15 mít různou konstrukci, například mohou tvořit dvojici šroub – matice (přednostně s pilotovým závitem) jak je schematicky znázorněno na výkrese. Jiná varianta je možná, v této variantě má tyčový výstupek 15 ve své střední části rameno ve tvaru několika radiálních výstupků nebo souvislý prstencový nákrůžek, a stavěcí člen 13 ve formě rozebíratelné spojky složené nejméně ze dvou dílů, které jsou v kontaktu se zmíněným ramenem během fungování.

Druhé vhodné začlenění axiálně symetrického prostředku 5 (Obr. 33.) zahrnuje přídatný elektricky vodivý výstupek 15 ve tvaru vnějšího prstence, jehož vnitřní průměr pokud možno zajišťuje smykové uložení vnějšího průměru rozměňovaného pláště pneumatiky.

Je výhodné když vnější prsteneček je ve tvaru boční stěny spojující dvojici dno a plášť, která se skládá ze dvou částí stejných průměrů přesahujících se navzájem a které mají vnitřní strany ve tvaru prstence a které vlastně tvoří ochrannou komoru.

Následující podmínky pro umístění vysokonapětových kondenzátorových modulů 9 s ohledem na axiálně symetrický prostředek 5 jsou výhodné pro použití s přídatnou synchronizací funkce všech vysokonapětových kondenzátorových modulů a snížení jejich celkové kapacity nezbytné pro rozměňování plášťů pneumatik kterékoli standardní velikosti:

- tyto moduly 9 musí být umístěny symetricky vzhledem k výstupku 15, jak je zobrazeno na Obr. 34. , pokud tvar, velikosti a vzájemná poloha prostředků obsluhy a kontroly rozměňovacího systému 3 umožňuje takovou variantu, a všechny napájecí elektrické vodiče si musí být co nejpodobnější a co nejmenší velikosti indukčnosti;

- v případě nutnosti asymetrie uspořádání těchto modulů 9 vzhledem k výčnělku 15 (Obr. 35.) vyrovnaní a minimalizace velikostí indukčnosti napájecích elektrických drátů může být provedeno změnou jejich velikostí a/nebo tvaru.

Je výhodné vybavit vynalezené zařízení přídavným systémem pro rozměňování postranních částí, které obecně obsahuje (Obr. 36.):

- cívku 17 tvořenou například jednou nebo více otáčkami vodiče napojeného na pulzní jednotku na elektrické výboje 4
- nosnou konstrukci 18 pro upevnění postranních částí a
- pohyblivou spojku 19 určená především pro reverzní pohyb.

V případě, že odřezané postranní části plášťů pneumatik obsahují zbytky kovových kordů 20, je vhodné doplnit systém pro rozměňování postranních částí druhou cívku 21, která je také napojena na pulzní jednotku na elektrické výboje 4 buď přímo nebo paralelně s cívku 17, jak je ilustrováno na Obr. 37.

2.2.4 Používání zařízení

Po odřezání postranních částí v soustavě , je každý plášť pneumatiky dopraven pomocí zařízení 2 do rozměňovacího systému 3 a je zachycen mezi elektricky vodivé stavěcí členy 13 a 14 axiálně symetrického zařízení 5. Při použití axiálně symetrického zařízení 5, jak je znázorněno na Obr. 32. je plášť pneumatiky umístěn na elektricky vodivý trn 15 proti nižším (stacionárním) elektricky vodivým stavěcím členům 14, a poté jsou umístěny výše položené stavěcí členy 13 (např. pomocí šroubu), odřezané postranní části jsou zachyceny a odhalené (díky odřezání) konce kordových drátů jsou přivedeny do galvanického kontaktu s pulzní jednotkou na elektrické výboje 4.

Podobně při použití axiálně symetrického zařízení 5, znázorněno na Obr. 33., je plášť pneumatiky umístěn na nižší (stacionární) elektricky vodivé stavěcí členy 14 „dnem“ nižší

části vnějšího prstencového výstupku 15 a poté je jeho vyšší část umístěna podobně jako „kryt“, přičemž její hmotnost zabezpečuje upevnění odříznutých postranních částí.

Napájecí jednotka 10 nabíjí všechny kondenzátory vysokonapětových kondenzátorových modulů 9 ze stacionárního zdroje energie nebo jiného zdroje energie podle příkazů z dálkové řídicí stanice 6, a poté tyto moduly 9 synchronizátor 12 iniciuje.

Proudový impuls, procházející skrz kordové dráty přivedené do galvanického kontaktu s elektricky vodivými stavěcími členy 13 a 14, vytváří vířivé proudy také v těch drátech, jejichž konce zůstaly neodkryté při odřezání postranních částí. Toto vede k intenzivnímu uvolňování tepla v prakticky všech kordových drátech podél rozhraní krystalových zrn kovu během několika milisekund což má za následek roztržení kordových drátů explozivním způsobem na malé částice (obvykle podobné prášku). Tyto malé částice vylétávají ven z drcené pneumatiky následkem mechanického odpuzování a v menší míře také v důsledku jejich pálení podél kontaktního povrchu kordových drátů.

V důsledku krátkého trvání proudového impulsu a spotřebě hlavní části energie pro rozmělnění kovového kordu, nemá hmota pryže dostatek času na to, aby se znatelně zahřála. To je důvod, proč nejsou uvolňovány vlastně žádné prchavé toxické látky ze zmíněné hmoty, a proces je ekologicky čistý. Bez ohledu na to, zda je kovový kord z rozmělněvaného pláště pneumatiky v kontaktu s vnější (Obr. 32. nebo vnitřní (Obr. 33.) elektrodou koaxiální dvojice, axiálně symetrické zařízení 5 vybavené výstupkem 15 zajišťuje zpětný směr proudů v kovových kordech a ve výstupku 15 během pulzního výboje vysokonapětových kondenzátorových modulů 9. Toto pomáhá, jak již bylo zmíněno výše, snížit kombinovanou elektrickou indukci zmíněného zařízení 5 a kovových kordů, zkrácení délky pulzů a zvýšení amplitudy a hustoty proudu a za druhé působení zpětných mechanických impulsů v kovových kordech rozmělněvaných pláštů pneumatik vyplývající z „magnetického impulsu“, které jsou tím silnější čím je větší amplituda proudu v destruktivních elektrických impulsích.

Podobně je každá odříznutá postranní část umístěna na nosnou konstrukci 18 a je uchycena spojkou 19; poté je k ní přivedena cívka 17 (jak je znázorněno na Obr. 36.) nebo (v případě výskytu zbytkových kordových drátů v postranních částech) jsou k ní přivedeny obě cívky 17 a 21 (Obr. 37.), a kov je oddělen od pryže během pulzního výboje vysokonapětových kondenzátorových modulů 9 na cívce (cívkách). Produkty rozmělnění pláštů pneumatik jsou vyprazdňovány z pracovního prostoru s pomocí zařízení 7 dopravou kousků pryže uvolněných od kovu do zařízení 8 pro drcení a mletí, a kovové částice jsou přiváděny do sběrače, kde se poté destrukční cyklus opakuje.

Jednotka 11 pro ochranu vysokonapětových prvků proti jiskření a možným zkratům v elektrických obvodech řídí fungování zařízení, signalizuje chyby a poruchy a odpojuje členy, které nepracují správně.

2.2.5 Průmyslové použití

Předkládané zařízení pro rozměňování plášťů pneumatik s použitím elektrických výbojů může být široce používán pro svou ekologickou bezpečnost a energeticky výhodné zpracování nashromážděného odpadu z plášťů pneumatik s kovovými kordy. Materiál získaný během tohoto zpracování, konkrétně kovový prach a pryžová drť, může být snadno používán pro výrobu široké škály produktů.

2.2.6 Popis výkresů

Vynález je vysvětlován detailním popisem konstrukce a funkce předkládaného zařízení pro rozměňování plášťů pneumatik s kovovými kordy za použití elektrických výbojů s odkazem na přiložené výkresy, ve kterých:

OBR. 29. je blokový diagram vynalezeného zařízení

OBR. 30. je blokový diagram pulzní jednotky na elektrické výboje založené na kondenzátorových vysokonapětových modulech s dálkovým řídicím panelem;

OBR. 31. je elektrické schéma vysokonapětového kondenzátorového modulu zapojeného do pulzní jednotky na elektrické výboje;

OBR. 32. je axiálně symetrický prostředek pro galvanické spojení mezi pulzní jednotkou na elektrické výboje a kovovými kordy (zajištěno středovým výstupkem);

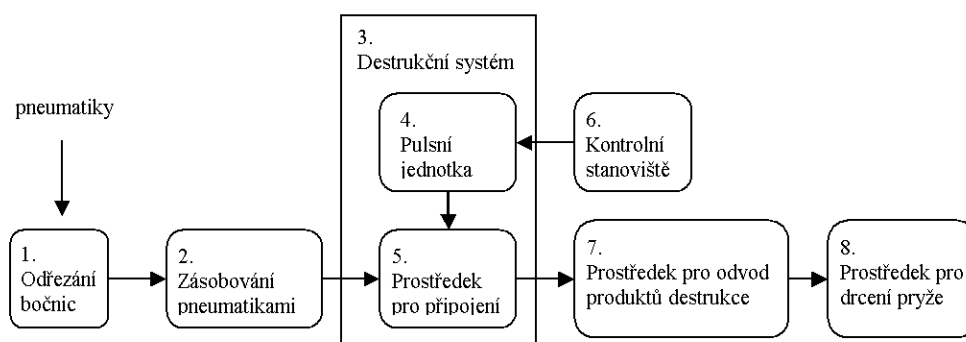
OBR. 33. je axiálně symetrický prostředek pro galvanické spojení mezi pulzní jednotkou na elektrické výboje a kovovými kordy (zajištěno okrajovým výstupkem);

OBR. 34. je diagram rozložení symetrického uspořádání vysokonapětových kondenzátorových modulů s ohledem na prostředek pro galvanické spojení mezi pulzní jednotkou na elektrické výboje a kovovými kordy;

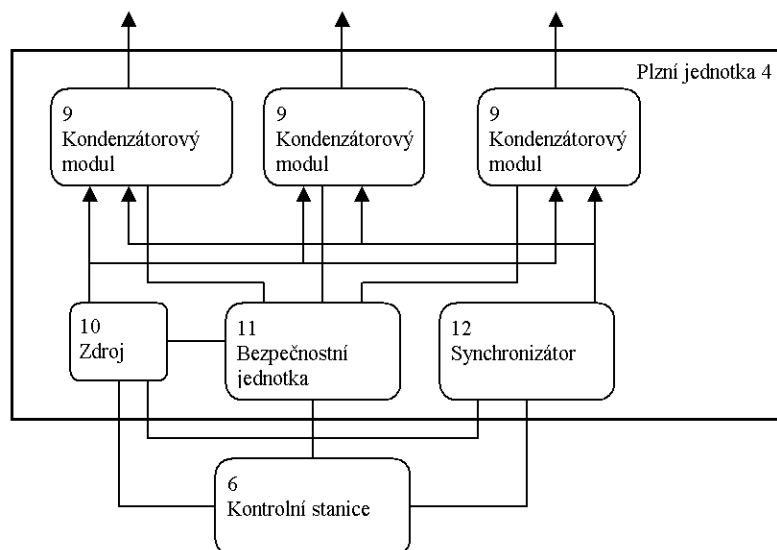
OBR. 35. je diagram rozložení asymetrického uspořádání vysokonapětových kondenzátorových modulů s ohledem na prostředek pro galvanické spojení mezi pulzní jednotkou na elektrické výboje a kovovými kordy;

OBR. 36. je řez systémem pro rozměňování postranních částí;

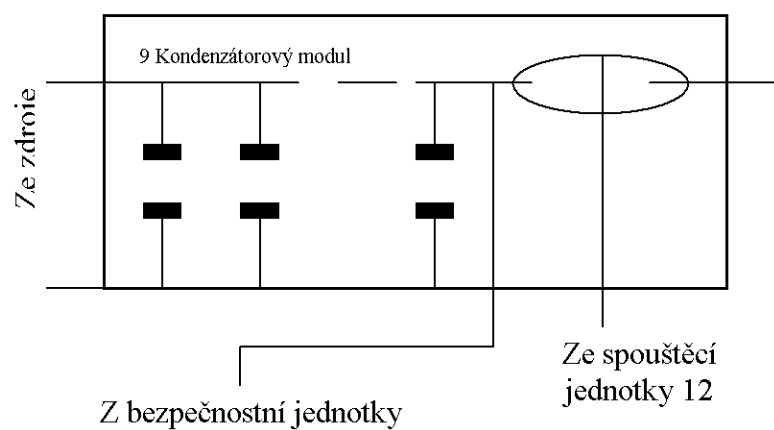
OBR. 37. je řez systémem pro rozměňování postranních částí se zbytkovým obsahem kovových kordů.



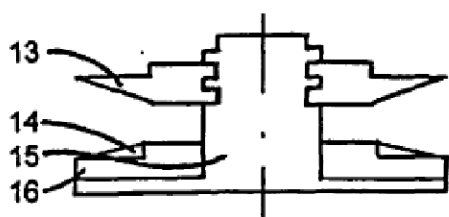
Obr. 29.



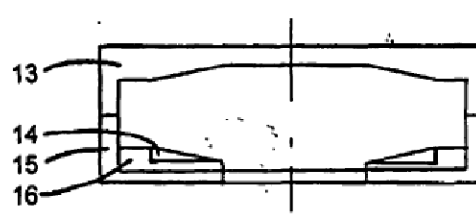
Obr. 30.



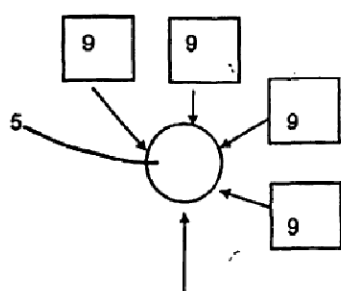
Obr. 31.



OBR. 32.

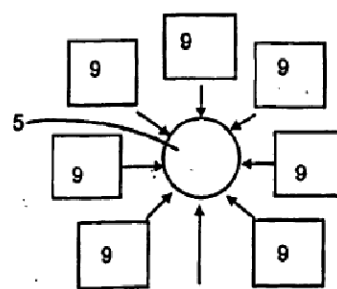


OBR. 33.



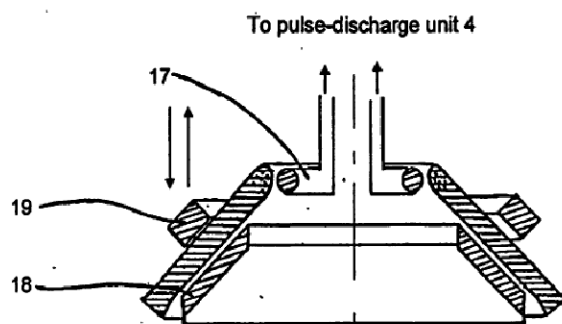
Delivering tyres

OBR. 34.

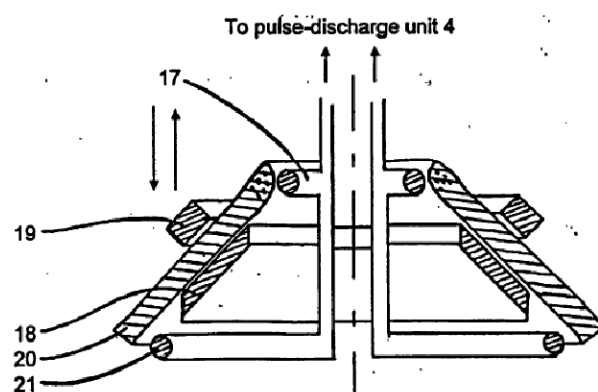


Delivering tyres

OBR. 35



Obr. 36



Obr. 37

13 – stavěcí člen
14 – stavěcí člen

15 – elektricky vodivý výstupek
16 – dielektrická vrstva

17 – cívka

18 – nosná konstrukce

19 – spojka

20 – zbytky kovových kordů

21 – cívka

3 VOLBA TECHNOLOGIE ROZMĚLNĚNÍ ODPADU

Chceme-li zpracovávat použité pneumatiky, pak si musíme vybrat jednu z mnoha metod jejich zpracování. Na základě informací mnou uvedených v této studii a po zvážení kladů a záporů jednotlivých technologií, jsem došel k závěru, že nejvýhodnější a ekonomicky rentabilní je pneumatiky zpracovávat pomocí degračního účinku ozonu nebo metodou magnetického šoku.

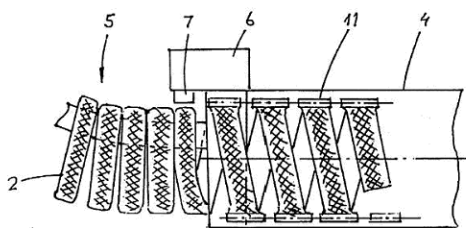
Obě tyto metody jsou ekonomické i ekologické. Mají však odlišnosti.

Mluvíme-li o metodě rozpadu pryže pomocí ozonu, pak se jedná o velmi jednoduchou technologii s poměrně jednoduchým zařízením. Výstupem této technologie je pryžový granulát a celistvý ocelový a textilní kord. Použijeme-li navíc kontinuální technologii podle patentu č. CZ 288766 pak máme velmi účinný nástroj pro zpracovávání pryžového odpadu. Takovéto uspořádání je velmi výkonné, jak ukazuje linka firmy Pnudemont, která je schopna zpracovat až 1500 kg pneumatik za hodinu. Výhodou této technologie oproti technologii magnetického šoku je, že pryžový granulát požadované velikosti vyrobíme přímo v tomto zařízení bez nutnosti dalšího drcení.

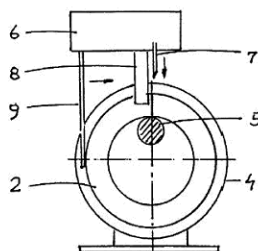
Technologie magnetické šoku má poněkud složitější vybavení, ale to nemění nic na tom že je velmi energeticky nenáročná. Sice je třeba po destrukci kordu pryžové kusy drtit a separovat z nich textilní výztuž, ale máme možnost při úpravě této technologie zpracovávat jednotlivé pryžové vrstvy samostatně, jelikož každá vrstva má jiné vlastnosti.

Příklad linky:

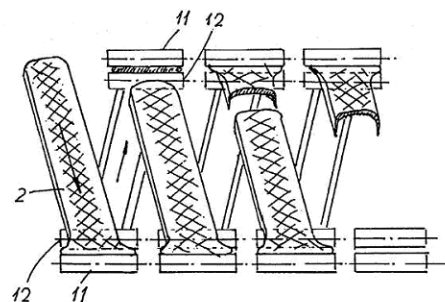
Metoda rozkladu pryže ozonem:



Obr. 26.



Obr. 28.

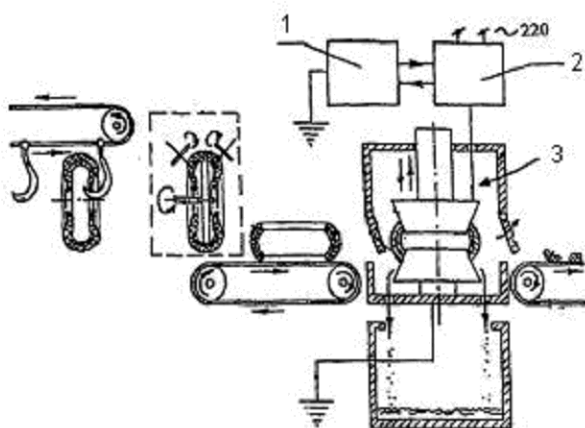


Obr. 23.

2 – pneumatika
4 – komora
5 – stohovací zařízení
6 – podávací zařízení

7 – řezací orgán
8,9 – podávací orgány
11,12 – dvojice válců

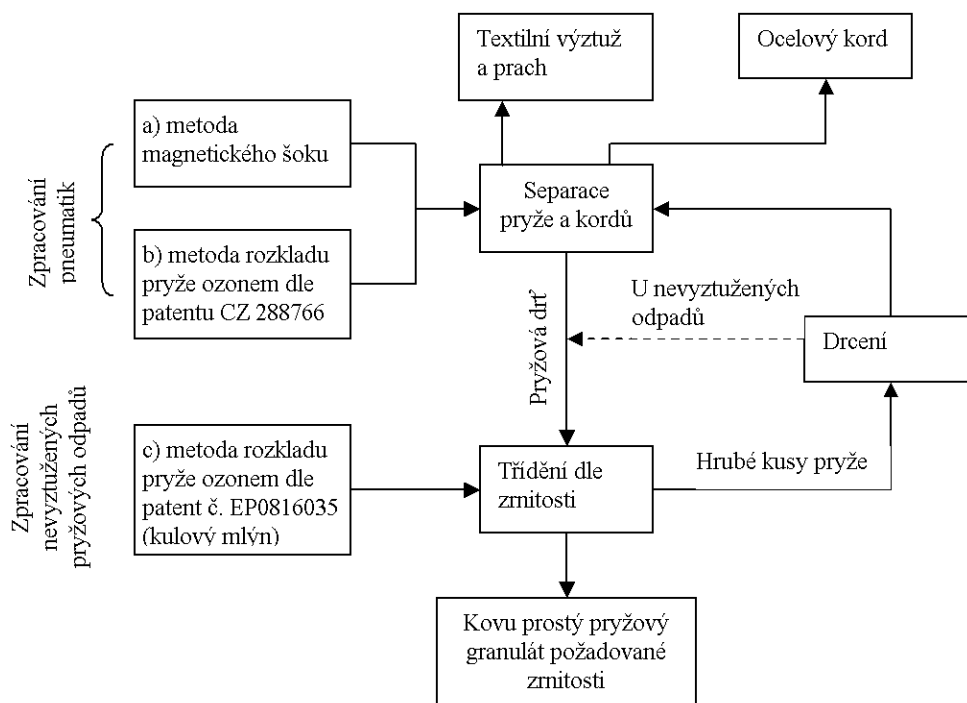
Metoda magnetického šoku:



Obr. 38. Schéma metody magnetického šoku

1 – pulsní generátor
2 – připojovací obvod
3 – separátor

4 NÁVRH TECHNOLOGICKÉ LINKY PRO ZPRACOVÁNÍ PRYŽOVÉHOODPADU



Obr. 39. Schéma zpracovatelské linky

Pro zpracování vyztužených pryžových výrobků, převážně pneumatiky, je třeba tyto nejprve rozdrtit, při použití magnetického šoku dojde při rozdrčení pneumatiky k destrukci kovové výztuže, u ozonové technologie kordy zůstanou. Poté se separují výztuže, po separaci následuje třídění dle zrnitosti a granule větší než požadovaný rozměr se musí znovu rozdrtit, tato drť s ohledem na požadavek maximální čistoty pryže jde znovu do separátoru a po separaci znovu na třídění.

U nevyztužených předmětů z pryže, např. podešve, odpadá separace. Tento odpad se rozdrť, drť se třídí a hrubší částice se musí znovu podrtit.

5 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ:

Jako hodnotící parametr ekonomičnosti provozu použijeme majiteli patentů udávané hodnoty spotřeby energie na jeden kilogram zpracovávaných pneumatik.

Co se týče metod uváděných v kapitole 2 klasické metody, tak jejich spotřeba energie je větší než 1 kW/kg.

U metod rozkladu pryže ozonem je udávaná spotřeba menší než 0,1 kW/kg a je možné ji snížit až na 0,02 kW/kg.

U metody magnetického šoku udávají její autoři spotřebu energie 2 BTU (British Thermal Unit, 1 Btu = 1 055,056 J), což odpovídá spotřebě energie 586,15.10⁻⁶ kWh / kg. V tomto nejsou ovšem zahrnuty energetické nároky následného drcení pryžových kusů na požadovaný rozměr. Celková spotřeba bude podobná spotřebě energie u ozonové technologie.

ZÁVĚR:

Mým úkolem bylo zvolit nejvhodnější metodu pro recyklaci odpadních pneumatik. Na základě dostupných informací jsem porovnal jednotlivé metody. Mnou vybrané metody *rozklad pryže ozonem a metoda magnetického šoku* jsou mnohem ekonomičtější než klasické koncepce a mají ještě další výhody.

Další velkou výhodou *metody magnetického šoku* spolu s ekonomičností provozu, je také možnost zpracovávat pneumatiky po vrstvách, jelikož pneumatika se skládá

z několika vrstev pryže s jinými vlastnostmi. Je však použitelná pouze pro kovy vyztužené předměty a po destrukci kordu musíme pryž rozdrtit na požadovanou velikost.

Naproti tomu metoda *rozkladu pryže ozonem* je také velmi efektivní co se týče spotřeby energie a je velmi produktivní, navíc zpracovávané předměty nemusejí mít kovovou výztuž jako u předchozí metody. Navíc odpadá mechanické drcení pryžových kusů.

Proto je třeba vědět, jaký pryžový odpad chceme zpracovávat, a jak má vypadat pryžový granulát.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- (1) Patent č. EP1227177
- (2) Patent č. DE4417522
- (3) Patent č. EP0702076
- (4) Patent č. EP0364050
- (5) Patent č. US5755388
- (6) Patent č. EP1177833
- (7) Patent č. EP0816035
- (8) Patent č. CZ 288766
- (9) Patent č. CZ 292487
- (10) Patent č. EP1084810

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1. Schéma regenerace	8
Obr. 2. Schéma pyrolýzy	9
Obr. 3. Základní schéma likvidace vyztužených pryžových plastových výrobků	10
Obr. 4. Schéma patentu US5755388	11
Obr. 5. Schéma patentu EP1177833.....	11
Obr. 6. Schéma drcení za kryogenní teploty.....	13
Obr. 7. Schéma elektrického ohřevu kordu.....	14

Obr. 8. Schéma el. ohřevu kordu	15
Obr. 9. Ukázka konvenčního stroje	15
Obr. 10. Ukázka konvenčního stroje	15
Obr. 11. Ukázka konvenční linky	15
Obr. 12. Ukázka konvenčního stroje	16
Obr. 13. Ukázka konvenčního stroje	16
Obr. 14. Model linky na zpracování pneumatik.....	16
Obr. 15. Zařízení dle patentu EP0816035	19
Obr. 16. Zařízení dle patentu EP0816035	20
Obr. 17. Zařízení dle patentu EP0816035	20
Obr. 18. Zařízení dle patentu EP0816035	20
Obr. 19. Zařízení dle patentu EP0816035	20
Obr. 20. Zařízení dle patentu EP0816035	21
Obr. 21. Zařízení dle patentu EP0816035	21
Obr. 22. patent č. CZ 288766.....	22
Obr. 23. patent č. CZ 288766.....	22
Obr. 24. patent č. CZ 288766.....	22
Obr. 25. patent č. CZ 288766.....	22
Obr. 26. patent č. CZ 288766.....	22
Obr. 27. patent č. CZ 288766.....	22
Obr. 28. patent č. CZ 288766.....	22
Obr. 29. Schéma metody magnetického šoku	33
Obr. 30. Schéma pulsní jednotky.....	33
Obr. 31. Schéma kondenzátorového modulu	34
Obr. 32. Prostředek pro spojení pulsní jednotky a kovových kordů	34
Obr. 33. Prostředek pro spojení pulsní jednotky a kovových kordů	34
Obr. 34. Symetrické uspořádání kondenzátorových modulů	34
Obr. 35. Asymetrické uspořádání kondenzátorových modulů	34
Obr. 36. Systém rozměňování postranních částí	34
Obr. 37. Systém rozměňování postranních částí se zbytky kovových kordů	34
Obr. 38. Schéma metody magnetického šoku	36
Obr. 39. Schéma zpracovatelské linky	36