

RNDr. Jaroslav J o c h m a n, VÚHU
ing. Pavel K o n ě a l, VÚHU

Nejdůležitější vlivy na poruchovost spojů dopravních pásů
PA 700

1. Úvod

Základním předpokladem dosažení plánovaných výkonů v povrchové těžbě SHR je spolehlivý provoz technologických celků.

Z provozních zkušeností vyplývá, že kritickým článkem v technologickém celku je dálková pásová doprava, na jejíž vrub připadá značná část všech prostojů. Poruchovost dálkové pásové dopravy je z větší části zapříčiněna poruchami dopravního pásu. Značné prostoje vznikají zejména při spojování a opravách dopravních pásů. Při vysokém počtu provozovaných spojů je nutno věnovat značnou pozornost jejich životnosti a provozní spolehlivosti.

Protože životnost spojů dopravních pásů ovlivňuje celá řada nezávislých faktorů, je nutno při studiu této problematiky vycházet z dlouhodobého sledování a evidence spojů. Kvalitní evidence tvoří základní vstupní data pro analýzu a postupné odstraňování příčin poruchovosti spojů dopravních pásů.

Základním požadavkem vysoké spolehlivosti dopravních pásů je, aby životnost spojů nebyla nižší, než je životnost samotného dopravního pásu. Na základě tohoto požadavku je koncipován rozbor životnosti spojů dopravních pásů na k.p. DJF Bílina.

2. Sledování spojů na DJF Bílina

V roce 1974 byla na DJF Bílina zavedena evidence spojů PA pásů dálkové pásové dopravy, která je vyhodnocována na podnikovém počítači Cellatron. V evidenci jsou veškeré spoje na VMG a o každém spoji se vede 41 údajů. Vstupní údaje lze rozdělit do 3 skupin:

a/ údaje_o_pořizovém_spoji

- identifikační údaje /číslo TC, číslo sekce, číslo spoje, datum provedení spoje/
- údaje o pásu /typ pásu, počet vložek atp./
- parametry spoje a klimatické podmínky /délka a úhel spoje, velikost, ráz počasí atp./
- údaje o provedení spoje /teplý, studený, teplota, tlak a doba vulkanizace, údaje o spojovacím materiálu, počet nátěrů, číslo čety, atp./

b/ údaje_o_opravě_spoje

- obsahují pouze identifikační údaje

c/ údaje_o_ukončení_spoje

- identifikační údaje
- příčina poruchy spoje, zhodnocení spoje a datum poruchy.

Veškeré údaje vyplňuje předák pracovní čety zaškrťáváním příslušného parametru na předtištěném formuláři. Evidenci zajišťuje počítač Cellatron. Perioda zpracování může být libovolná, zatím se údaje zpracovávají jednou za měsíc. Doba zpracování je 2 - 3 hodiny. Ze zpracování vystoupí 3 druhy sestav:

a/ inventurní výpis spojů pásu

b/ výpis spojů pásma podle zadaných kritérií výběru

c/ histogramy četnosti podle zadaných kritérií výběru

Sestavy a, b je možné pořizovat ze spojů v provozu i spojů dožitých, sestava c má význam jen za dožitě spoje.

Současně používaný systém je vhodný pro evidenci spojů a pro vyhodnocování životnosti dopravních pásů. Ukazuje se však, že nelze postihnout některé důležité vlivy na kvalitu spoje, jako např. stupeň opotřebení spojovaných pásů, vlhkost vložek PA pásů při spojování, kvalitu spojovacího materiálu a další.

Četnost poruch a preventivních výměn spojů na jednotlivých sekcích DPD je velmi malá na to, aby bylo možno vytvořit rep-

representativní soubor dat pro statistické vyhodnocení vlivů parametrů spoje na jeho výslednou životnost.

Délka pásů, jejich namáhání a další provozní vlivy jsou na všech dopravnících značně odlišné. Vzniká otázka, zda lze najít způsob vyhodnocení životnosti spojů, do kterého by bylo možno zahrnout spoje pásů všech dopravníků. Vzhledem k různé délce dopravníků nelze považovat za objektivní srovnávat absolutní životnost, tj. počet dnů, provozních hodin apod. Životnost lze a je třeba vyjadřovat počtem cyklů. Protože životnost pásů vyjádřená počtem cyklů by měla být na všech dopravnících stejná, lze vyjadřovat životnost spojů vzhledem k životnosti pásů. Tento postup lze považovat za nejsprávnější, protože základním kritériem při hodnocení životnosti spojů nemůže být jejich absolutní životnost, ale je nezbytné požadovat, aby životnost spojů na daném dopravníku byla vždy větší, než životnost pásu. V opačném případě se totiž životnost spojů stává limitujícím faktorem životnosti pásu a tato situace je nepřijatelná nejen vzhledem k častým poruchám spojů, ale také vzhledem k využití dopravních pásů, které tvoří jednu z nejvyšších položek nákladů na DPD.

3. Rozbor poruch spojů dopravních pásů

Na základě sledování životnosti spojů I. II. TC2 VM6 Bílina na počítači Cellatron a z evidence vulkanizérů byl vytvořen statistický soubor dat, který zahrnuje údaje z období let 1975-81.

Tento soubor obsahuje celkem 1800 spojů z 33 dopravníků, na kterých byly vyměňovány dopravní pásy v průměru 2 až 3 krát. Z celkového počtu 1800 spojů bylo 700 spojů /40%/ provedeno na nových dopravních pásech při jejich výměnách, zbytek připadá na spoje vytvořené během provozu. Nejčastěji tyto spoje vznikají při preventivních výměnách a haváriích, při zkracování, prodlužování, přestavbách, říznutí pásu a při vyříznutí průrazů.

Bylo zaregistrováno 233 případů /13%/, kdy životnost

spojů nedosáhla životnosti dopravního pásu a došlo k havárii, či k preventivní výměně poškozeného spoje.

Tento soubor lze považovat za dostatečně reprezentativní pro vyhodnocení negativně působících vlivů na životnost spojů.

Při vyhodnocení byla sledována poruchovost spojů z těchto hledisek:

- 1/ Vliv kvality spojovacích materiálů
- 2/ Klimatické vlivy na kvalitu spoje
- 3/ Četnost poruch v různých časových obdobích
- 4/ Vliv opotřebení pásu na životnost spoje
- 5/ Specifické vlivy na jednotlivých sekcích DPD
- 6/ Vliv technologie spojování

ad 1/ Vliv kvality spojovacích materiálů

Tento vliv lze zpětně vyhodnotit obtížně. Neexistují však objektivní podklady, na základě kterých by bylo možno prokázat zvýšení poruchovosti z titulu nekvalitních spojovacích materiálů v určitém období. Průměrný počet spojů zhotovených za měsíc je 30, minimální 16 a maximální 51 /pouze DPD I. a II. TC 2/. Průměrný počet poruch v jednom měsíci jsou 4, min. 0, max. 7. V žádném případě nedošlo k extrémnímu zvýšení poruchovosti spojů zhotovených ve sledovaném období.

ad 2/ Klimatické vlivy na kvalitu spojů

Podobně jako v předchozím případě četnost poruch spojů zhotovených v určitém období má z hlediska klimatických vlivů náhodný charakter, vzájemnou souvislost nelze prokázat.

ad 3/ Četnost poruch v různých časových obdobích

Nezávisle na ostatních sledovaných vlivech má výskyt poruch periodický charakter vzhledem k ročním obdobím. Maxima poruch /5 až 8 za měsíc/ vznikají v letním období, tj. v dubnu až září. Minima poruch /0 až 3 za měsíc/ vznikají v zimním období. Obecně platí, že v letním období od dubna do září

vzniká 2 až 3 krát větší počet poruch než v zimním období. Byly prokázány změny v rozložení napětí dopravního pásu, který byl v klidu a napnutém stavu vystaven dlouhodobě účinkům slunečního záření. Lze předpokládat, že tento jev se negativně projevuje v poruchovosti spojů po opětovném uvedení dopravního pásu do provozu. Tato problematika je v současné době věnována mimořádná pozornost a výsledky výzkumu budou publikovány samostatně.

ad 4/ Vliv opotřebení pásu na životnost spoje

Současná technologie spojování dopravních pásů vulkanizací za tepla vyhovuje pouze při spojování nových pásů. Při spojování dopravních pásů s nerovnoměrně opotřebenými krycími vrstvami nelze zaručit rovnoměrné rozložení tlaku a teploty v celé ploše spoje. To má za následek nedokonalý průběh vulkanizace v místech s nižším vulkanizačním tlakem a teplotou. Během vulkanizace vznikají vodní páry, páry rozpouštědel a jiné plyny, které se šíří do míst s nižším tlakem, kde negativně ovlivňují kvalitu spoje. Experimentálně bylo prokázáno, že v místech, kde působí nižší vulkanizační tlak vzniká dutina ve spoji a spojovací folie má charakteristický porézní vzhled, eventuálně zcela hladký povrch, který se nespojí s pryžotextilními vložkami.

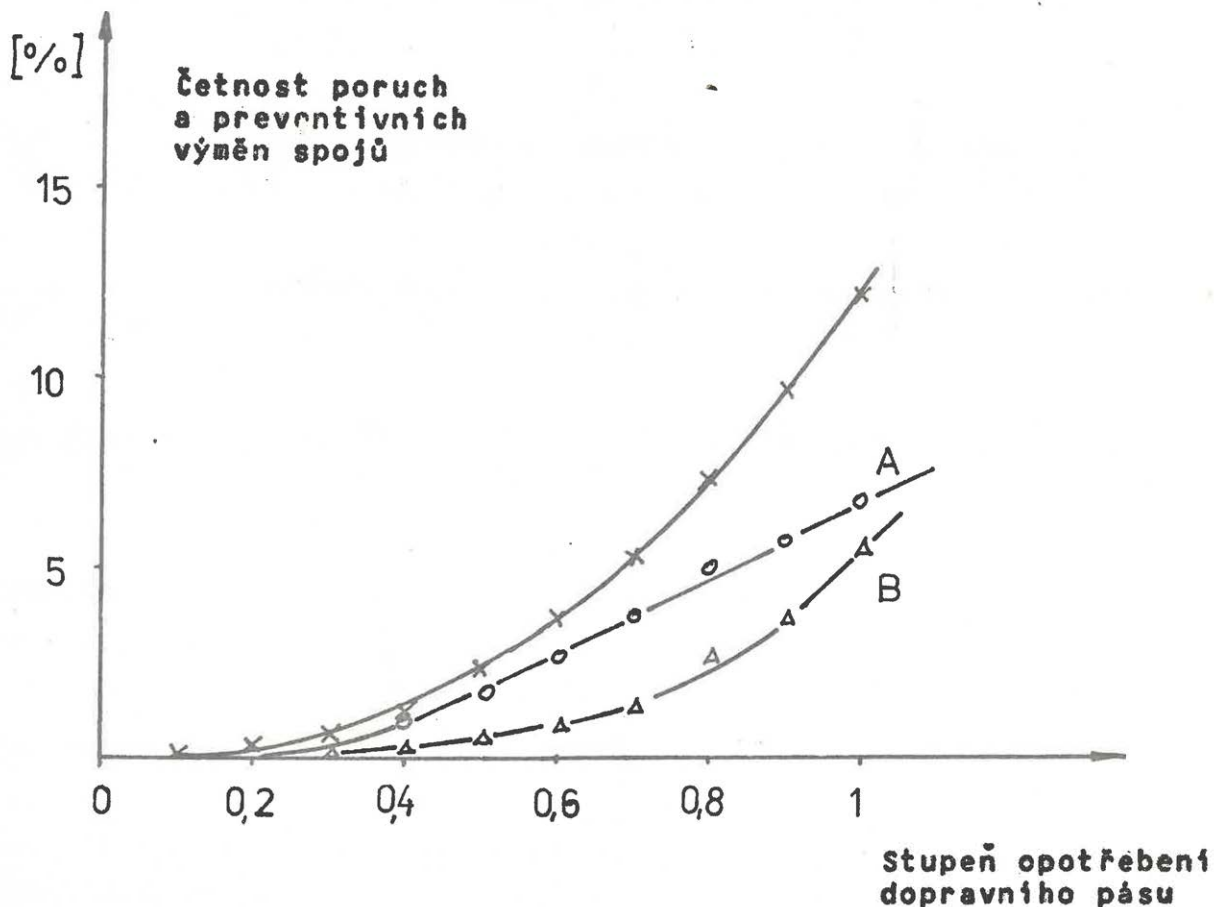
Popsané průvodní znaky nedokonalé vulkanizace jsou charakteristické pro poruchy vznikající na starých, nerovnoměrně opotřebených pásech a pro spojování starého a nového dopravního pásu rozdílných tloušťek.

Vliv opotřebení pásu na životnost spojů jednoznačně vyplývá ze závislosti životnosti spoje na stupni opotřebení dopravního pásu. Životnost spoje je vyjadřována jako poměr životnosti spoje a životnosti dopravního pásu, na kterém byla zhotovena. Tím lze vzájemně srovnat životnosti spojů na pásech různé délky a vytvořit dostatečně velký statistický soubor zahrnující poruchy a preventivní výměny spojů na všech dopravnících nezávisle na jejich délce.

Z četnosti poruch spojů a preventivních výměn v různých obdobích provozu dopravního pásu lze vyjádřit v % pravděpodobnost dožití spoje a vývoj poruchovosti spojů v závislosti na opotřebení dopravního pásu.

Stupeň opotřebení dopravního pásu je vyjádřen poměrem provozní doby k celkové životnosti pásu, tj. je vyjádřen jako zlomek životnosti dopravního pásu od 0 do 1. Je zřejmé, že životnost spoje a opotřebení pásu je vyjadřováno shodným způsobem.

Graf č. 1 vyjadřuje v % celkový počet poruch a preventivních výměn spojů od nasazení nového pásu do jeho výměny.



Graf č. 1

Z grafu č. 1 je zřejmé, že na počátku provozu dopravního pásu k poruchám a preventivním výměnám dochází jen výjimečně a v první třetině životnosti pásu je poruchovost spojů zanedbatelná.

S rostoucím opotřebením dopravního pásu roste výrazně četnost poruch a preventivních výměn spojů. Příčinu tohoto lze snadno objasnit, rozdělíme-li statistický soubor poruch spojů na dvě části:

- A/ Původní spoje vytvořené při výměně dopravních pásů, tj. spoje nových pásů.
- B/ Spoje vytvořené během provozu dopravních pásů, eventuálně vložky nových pásů spojované s opotřebeným pásem.

Vývoj poruchovosti spojů v těchto skupinách vyjadřují křivky A, B v grafu č. 1.

Poruchovost původních spojů /skupina A/ se začíná projevovat po uplynutí 1/3 životnosti dopravního pásu. Poruchy přibývají rovnoměrně, tj. pravděpodobnost poruchy je nezávislá na opotřebením dopravního pásu. Z celkového počtu poruch, vzniklých během provozu dopravního pásu, tvoří poruchy původních spojů asi 60% případů, avšak jejich životnost je poměrně vysoká, většina poruch vzniká v druhé části nasažení dopravního pásu, tj. prakticky vznikají tyto poruchy převážně po 1 a víceletém provozu.

Poruchovost spojů vytvořených na opotřebeném dopravním páse se začíná projevovat v druhé polovině života dopravního pásu, avšak má s rostoucím opotřebením výrazně rostoucí charakter, tj. pravděpodobnost poruchy těchto spojů roste s opotřebením dopravního pásu.

Jedním z důvodů tohoto jevu je rostoucí počet těchto spojů, avšak mnohem vážnější příčinou rostoucí poruchovosti spojů je skutečnost, že životnost spojů vytvořených na opotřebeném dopravním páse výrazně klesá s opotřebením dopravního pásu. Na rozdíl od původních spojů, které mají životnost převážně vyšší než 1 rok, vznikají v těchto případech poruchy již po několika měsíčním provozu. Typickým průvodním jevem poruch a preventivních výměn spojů prováděných na značně opotřebených pásích a při spojování starých a nových pásů jsou dutiny ve spojích.

Hlavní příčinou vzniku dutin ve spojích je nerovnoměrné opotřebení dopravního pásu, které má za následek, při současné technologii spojování, nerovnoměrné rozložení vulkanizačních tlaků a teploty. Negativně se projevuje též vlhkost vložek dopravních pásů, která má následek vznik vodních par během vulkanizace. Tyto páry přechází ve spoji při vulkanizaci do míst s nižším tlakem a vytváří dutiny ve spoji.

Nárůst poruchovosti a četnosti poruch na opotřeбенých pásech může mít v některých případech za následek předčasnou výměnu dopravních pásů, protože poruchovost jejich spojů se stává limitujícím faktorem jejich životnosti.

Z celkového počtu poruch, které během provozu vznikají, připadá 40% na spoje vytvořené na opotřeбенých dopravních pásech a jejich spoj s novými pásy.

Tyto spoje mají velmi nízkou životnost ve srovnání s původními spoji a tato životnost klesá s nerovnoměrným opotřeбенím dopravního pásu.

ad 5/ Specifické provozní vlivy na jednotlivých sekcích

Namáhání dopravních pásů na různých sekcích není stejné. Existují dopravníky, kde nedošlo k žádné poruše spoje během dlouholetého provozu. Na druhé straně však nelze tvrdit, že hlavní příčinou vyšší poruchovosti některých dopravníků je pouze zvýšené namáhání dopravního pásu. Ukazuje se, že v případech, kdy vznikají častější poruchy na daném dopravníku, je hlavní příčinou zvýšené poruchovosti nízká životnost spojů vytvořených na opotřeбенých pásech a spojů opotřeбенých pásů a vložek nových pásů. V některých případech bylo zaznamenáno až čtyřnásobné opakování poruchy spoje v témže místě.

Obecně lze konstatovat, že v případech vysoké poruchovosti spojů vzniká většina poruch těsně před dožitím dopravního pásu na spojích vytvořených převážně spojováním velmi opotřeбенých pásů mezi sebou nebo s novými vložkami. Součas-

ně používaná technologie však nezaručuje dostatečnou kvalitu těchto spojů.

Ukazuje se, že výměnou dopravního pásu za nový, poruchovost na dané sekci klesne na minimum a pokud během dalšího provozu není třeba vytvářet větší počet spojů na opotřeбенém pásu, je poruchovost spojů pásu na dané sekci nízká.

ad 6/ Vliv technologie spojování

Současně používaná technologie je vhodná pro spojování nových pásů. Pro spojování opotřeбенých pásů je nevhodná a nezaručuje dostatečnou kvalitu spojů. Existují však případy, kdy snížená životnost spojů je způsobena nedodržením technologického režimu spojování.

Mezi nejčastější porušení technologického postupu při spojování dopravních pásů patří nedodržení předepsané doby sušení. Technologický postup předepisuje při provozu pásu nebo jeho skladování v dešti, sněhu a mlze sušit po odstupňování 3 hodiny při teplotě topných desek 110°C . Tato doba se však často zkracuje, při haváriích spojů se v časové tísni někdy nesuší vůbec.

Navlhavost polyamidových vložek je vysoká a při provozu v nepříznivých klimatických podmínkách mohou obsahovat i více než 4% vody. Při uzavření spoje a vzrůstu teploty vodní pára zabrání dokonalému spojení textilu se spojovací folií. U takto vytvořených spojů je větší riziko vzniku dutin a následných havárií.

Vliv na kvalitu spoje dopravních pásů má rovněž provedení a schnutí nátěrů kaučukovým roztokem. Při jejich nedokonalém zaschnutí se ve spoji uzavřou páry rozpouštědel, které zamezí pevnému spojení textilu se spojovací kaučukovou folií. Toto porušení technologického postupu lze snadno identifikovat, protože místa s nezaschlými nátěry zanechávají po dotyku tmavé skvrny na prstech.

Závažný nedostatek při vulkanizaci spojů dopravních pá-

sů za tepla, je nedosažení vulkanizačního tlaku. Tento případ může nastat při netěsnosti hydraulického okruhu a úniku tlakové kapaliny. Proto je nutné, aby vulkanizéři v pravidelných časových intervalech kontrolovali stav tlaku na manometru a případný pokles eliminovali dodatečným čerpáním. Dalším případem, kdy se nedosáhne vulkanizačního tlaku, resp. jeho rovnoměrného rozložení po celé ploše spoje, je spojování dopravních pásů s nestejně opotřeбенými krycími vrstvami. Pro takovéto dopravní pásy současná technologie spojování vulkanizací za tepla z hlediska rovnoměrného rozložení tlaku nevyhovuje.

V obou případech má nízký tlak při vulkanizaci za následek uvolnění těkavých podílů spojovacího materiálu, které vytvářejí nepevnou porézní strukturu, případně lesklé nespojené plochy. Ukazuje se, že nízký vulkanizační tlak má výrazný negativní vliv na životnost spojů.

Nedodržení doby a teploty vulkanizace patří k méně častým porušením technologického postupu. Je to způsobeno jednak tím, že na většině vulkanizačních souprav pracuje automatická regulace těchto veličin a dále snadnou identifikací porušení technologického postupu při vizuální kontrole spoje. Nedovulkanizovaný materiál má ještě částečně plastický charakter a jeho spojení s textilem je nepevné. Při převulkanizování dochází ve spojovacím materiálu k degradaci jeho síťové struktury a tím i snížení pevnosti. Krajním případem je zuhelnatění pryže při dlouhodobém převulkanizování. Doba a teplota vulkanizace mají od výrobce dopravních pásů stanoveny optimální hodnoty, které je při spojování nutno důsledně dodržovat. Snadno prokazatelné je i porušení technologického postupu v případě zjištění mechanických nečistot ve spoji.

Většina uvedených porušení technologického postupu vzniká v důsledku nedbalosti, neinformovanosti a špatné technologické kázně. Protože nedbalou prací lze ve většině případů následně dokázat, lze vzniku těchto negativních jevů předchá-

zet důslednou kontrolou havarovaných spojů a v případě, že bylo prokázáno porušení technologického postupu i přímým postihem nedbalých pracovníků. V této souvislosti vyniká důležitost přesné evidence spojů dopravních pásů na jednotlivých k.p. SHR.

4. Opatření ke zvýšení životnosti spojů dopravních pásů

Z rozboru příčin preventivních výměn a poruch spojů dopravních pásů je zřejmé, že téměř 44% případů tvoří spoje starých, nerovnoměrně opotřebovaných pásů nebo jejich spojů s novými vložkami. V obou případech nezaručuje současná technologie dokonalé rozložení vulkanizačních tlaků a teploty vzhledem k nerovnoměrnému opotřebování a rozdílným tloušťkám spojovaných pásů. V těchto případech se také negativně projevuje vlhkost pásů, která při vulkanizaci přispívá ke vzniku dutin ve spoji. Technologický předpis vyžaduje vlhkost vložek nižší než 2%, avšak neexistovaly dosud přístroje k měření jejich vlhkosti. Čas předepsaný k sušení dopravních pásů před spojováním může být u sušších vložek zbytečně dlouhý, u vlhkých vložek naopak nedostačující. Proto byl ve spolupráci s katedrou fyziky polymerů MFFUK v Praze vyvinut přístroj, měřící vlhkost vložek dopravních pásů, založený na dielektrickém měření komplexní permitivity. Velmi dobré laboratorní výsledky, jednoduchá obsluha a vlastní provedení přístroje dávají dobré předpoklady pro jeho nasazení v praxi. Provozní zkoušky proběhnou do konce roku 1982 a v případě, že se tento přístroj v praxi osvědčí, je zajištěna výroba dalších přístrojů v roce 1983.

Podstatné zvýšení kvality spoje opotřebovaných pásů a jejich spojů s novými vložkami lze dosáhnout pouze při dokonalém rozložení tlaku a teploty.

Byly zkoumány různé způsoby vyrovnání nerovností spojovaného pásu, jako například vkládání pryžových pásků, použití litinových pílín, doporučovány jsou též speciální vaky s membránou a kapalinou, která by sloužila k přenosu tlaku

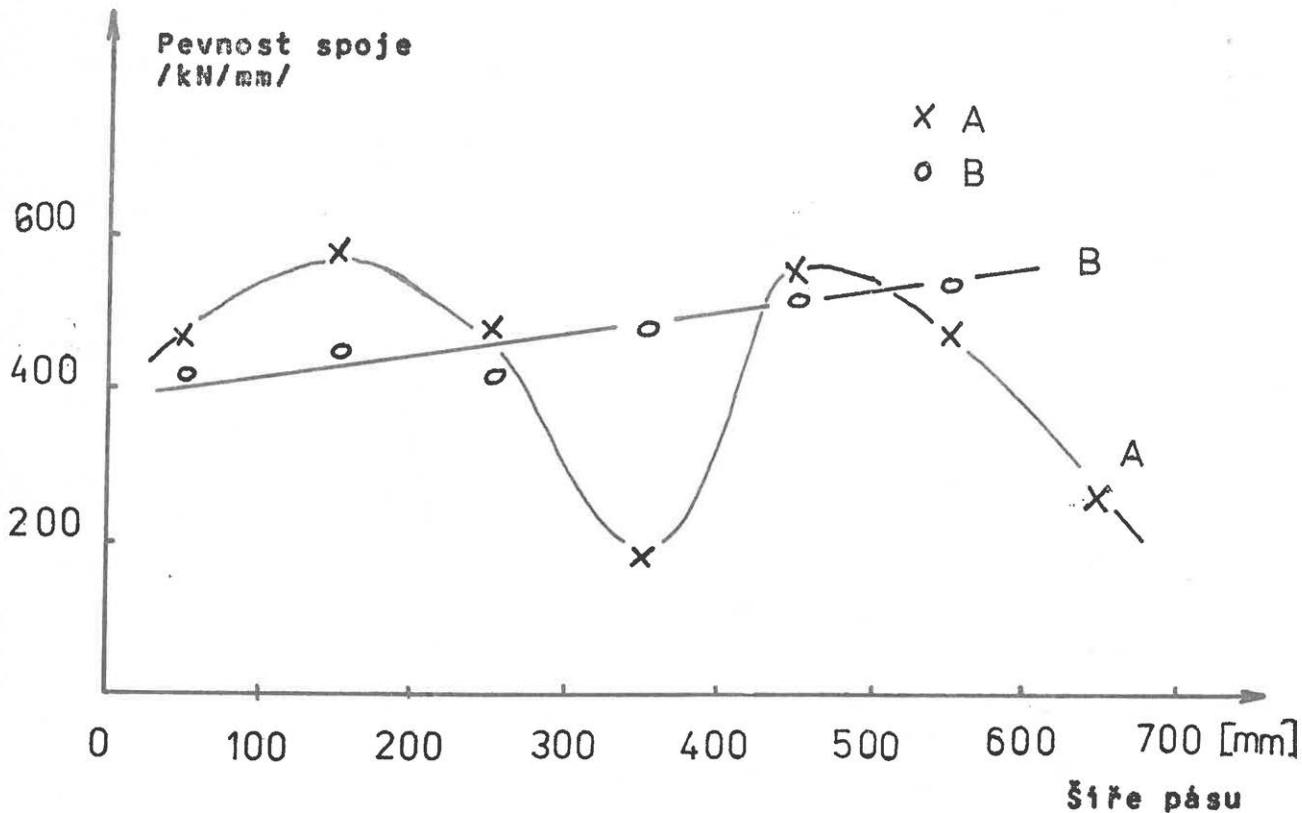
a teploty. Praktické uplatnění však žádný z výše uvedených způsobů nenašel.

Na základě laboratorních zkoušek bylo navrženo pro tyto účely použití silikonových kaučuků. Na rozdíl od jiných jsou tyto materiály aplikovány na povrch spoje během polymerace, kdy přechází z téměř tekutého stavu síťováním do stavu elastického. Během tohoto procesu ztrácí silikonový kaučuk postupně svou tekutost a získává schopnost přenášet tlak. Tím dojde k vyrovnaní všech nerovností povrchu a k dokonalému rozložení tlaku a teploty. Výsledné zlepšení kvality spojů je zřejmé z pevnostního profilu zkušebních spojů, které získáme jejich rozřezáním na proužky šíře 10 cm a trhací zkouškou na takto získaných vzorcích.

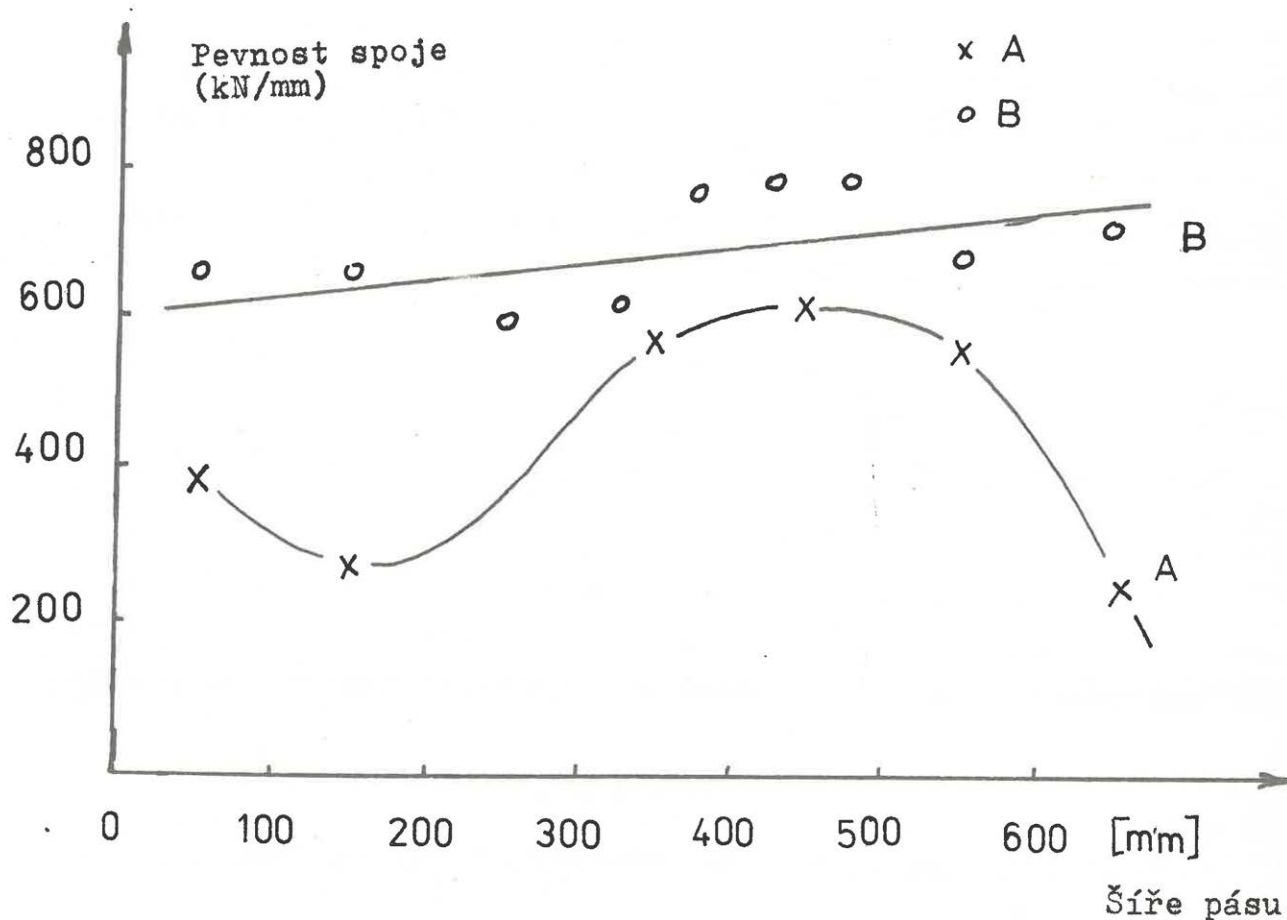
Zkušební spoj A /bez použití silikonového kaučuku/

Zkušební spoj B /s použitím silikonového kaučuku/

Výsledné pevnostní profily spojů jsou znázorněny na grafu č. 2 a 3.



Graf č. 2. --- Pevnostní profil zkušebních spojů /DJE/



Graf č. 3. Pevnostní profil zkušebních spojů /DNIT/

V obou případech je zřejmé, že použitím silikonových kaučuků lze zabránit vzniku kritických míst ve spoji, tj. míst s velmi malou pevností, v nichž vznikají během provozu dutiny, které jsou hlavní příčinou poruch a preventivních výměn spojů.

Navíc je vyšší i celková pevnost spojů dopravního pásu. U spojů zhotovených bez silikonového kaučuku byly zjištěny v kritických místech s velmi malou pevností typické průvodní jevy, vznikající při nedostatečném vulkanizačním tlaku.

Závěr:

Z rozboru preventivních výměn a poruch spojů dopravních pásů vyplývá, že s provozním časem výrazně roste poruchovost

spojů prováděných na opotřeбенých pásech a jejich spojích s novými vložkami. Hlavní příčinou těchto poruch je nevhodná technologie spojování, která nezaručuje rovnoměrné rozložení tlaku a teploty. Negativně působí též vliv vlhkosti textilních vložek. Na základě těchto poznatků byl vyvinut přístroj na měření vlhkosti textilních vložek a nalezen vhodný postup pro dosažení rovnoměrného rozložení tlaku a teploty pomocí silikonových kaučuků.

S h r n u t í

Nejdůležitější vlivy na poruchovost spojů dopravních pásů PA 700

Článek se zabývá nejdůležitějšími vlivy na poruchovost spojů dopravních pásů a opatřeními ke zvýšení životnosti spojů prováděných na nerovnoměrně opotřeбенých dopravních pásech.

Р е з ю м е

Наиболее важные факторы влияющие на повреждаемость стыков конвейерного полотна из материала ПА-700

Оговорены главные факторы, влияющие на повреждаемость стыков конвейерной ленты. Намечены пути повышения долговечности стыков, выполненных на конвейерных лентах неравномерной степени износа.

Z u s a m m e n f a s s u n g

Die wichtigsten Ursachen der Beschädigung der Gurtverbindungen PA 700

Im Artikel werden die wichtigsten Ursachen der Beschädigung der Fördergurte und Maßnahmen zur Erhöhung der Lebensdauer der Gurtverbindungen, die an ungleichmäßig abgenutzten Fördergurten realisiert werden, angeführt.