

Ing. Bohuslav K o r b, VÚHM

Spojování pryžových pásů dálkové pásové dopravy

1. Úvod

Problematika spojování pásů vyvstala s uvedením provozu technologických celků (dále TC) s dálkovou pásovou dopravou (dále DPD) vybavenou pásy o šíři 1600 mm a více. Na spoji se vyžaduje, aby její životnost byla rovná životnosti běžného nespojovaného pryžového pásu, má-li se plně využívat ekonomických výhod DPD, z nichž mimořádně důležité je vysoké časové využití (minimum poruch).

V současné době jsou v provozu u DPD dopravníky vybavené pásy o šíři 1200 mm, 1600 mm a 2000 mm převážně s dvouhřívnými poháněcími stanicemi. Jedno z důležitých hledisek pro volbu vhodného pryžového pásu jest velikost takových sil v pásích.

Informativní přehled takových sil v pásích vypočtených z instalovaných výkonů pohonů se uvádí v tabulce u vybraných dopravníků v roce 1972:

Důl	Šíře pásu mm	T max/cm	T dov/cm	Dopravník č.
M. Gerkij	2000	217	200	150
		152	200	100
	1600	108	200	103
		152	200	155
Merkur	1600	173	200	104
		190	200	108
	1200	106	125	24
		87	125	25
		66	125	26

Z tabulky je vidět značný rozdíl v takových silách u pásů dálkové pásové dopravy š = 1200 mm a DPD š = 1600 mm i 2000 mm. Hodnoty takových sil u pásů š = 1200 mm mají poloviční až třetinovou hodnotu oproti takovým silám u pásů š = 1600 a 2000 mm.

Používané konstrukce pásů u DPD jsou pryžové pásy s polyamidovými vložkami typů:

PA 700 + PAN 25, PA 700/150, PAK 300 + PAN 25.

2. Technologie spojování

Spojování pryžových pásů se provádí zásadně vulkanisací, a to buď za tepla, anebo za studena. Podle zkušeností z provozu, zkušeben a výroby byly stanoveny hlavní vlivy působící na kvalitu spoje. U jednotlivých technologických postupů je situace taková:

Spoje vulkanisované z a t e p l a

Kvalitu spoje ovlivňuje zejména:

- vulkanizační tlak, jeho výše a rovnoměrnost působení v celé ploše spoje,
- druh spojovaného materiálu a jeho kvalita,
- vulkanizační teplota, její průběh časový i její výše,
- vlhkost textilních vložek při spojování.

S ohledem na ověření rozsahů výše uvedených vlivů byla provedena řada zkušebních spojů, u nichž se provedla kontrola:

- a) soudržnosti mezi vložkami
- b) dynamického namáhání

Při hodnocení výsledků se považovalo za vyhovující, když na zkušebním spoji bylo docíleno při kontrole dynamického namáhání 3×10^6 cyklů a při kontrole soudržnosti mezi vložkami 3,6 kp/cm anebo více (za 1 cyklus se považuje přechod spoje přes 1 buben).

Podle výsledků zkoušek je možno doporučit, že v technologickém postupu spojování pryžových pásů s polyamidovými vložkami vulkanisací za tepla by měly být zakotveny tyto zásady:

- vulkanizační tlak nesmí poklesnout pod 5 kp/cm² a musí být zaručeno jeho rovnoměrné rozložení v celé ploše spoje,

- vulkanizační teplotu a její časový průběh nutno udržovat tak, aby při teplotě 140 °C trvala vulkanizace 50 - 60 minut, při 145 °C trvala 40 až 50 minut a při teplotě 150 °C trvala 30 - 40 minut. Teplota 150 °C nesmí být překročena!
- spojovací materiál nemá mít prošlou záruční lhůtu (nejlépe se osvědčil materiál VUGPT PK),
- příprava konců pásu pro spoj musí být provedena podle pokynů výrobce Gumárna 1. mája,
- spojované konce pásu musí být řádně vysušeny nejlépe při teplotě 110 °C po dobu 3 - 4 hodin.

Pro zajištění uvedených zásad je třeba mít k dispozici vhodný vulkanizační lis s měřicí technikou (teplota, tlak) v takovém provedení, aby jeho montáž v provozu byla snadná.

Spoje vulkanizované (lepené) z a s t u d e n a

Podle dosavadních výsledků zkoušek možno soudit na to, že kvalitu spoje ovlivní hlavně:

- použitý spojovací roztok (kvalita),
- % ředění spojovacího roztoku tužidlem,
- způsob přípravy plochy spoje (odrášení vložek),
- způsob provedení nátěrů roztoku,
- způsob přitlaku spojených konců (zaválečkování, zaklepání, slisování),
- kvalita spojovaného pásu (rovné nezvarhánkovatělé vložky, impregnace textilu).

Míru všech jednotlivých vlivů není možno zatím objektivně posoudit, přesto je však možno již teď doporučit některá vhodná opatření, a to:

- odrášené vložky vykázaly nejlepší hodnoty soudržnosti,
- 3krát natírat plochu spoje, každý nátěr ve slabé vrstvě a řádně nechat zaschnout, třetí nátěr oživit teplometem,
- ředění roztoku: lepidlo 6626 + 5 % Desmaduru.

Dalšímu objasnění příčin poměrně nízkých hodnot životností spojů

lepených za studena pásů DPD šíře 1600 mm a 2000 mm bude třeba věnovat nadále pozornost. Bude třeba provést sérii dalších zkoušek spojů lepených za studena a využít při nich doposud získaných poznatků. Technologie spojování pryžových pásů lepením za studena má určitou výhodu hlavně v tom, že při ní není zapotřebí lisovací a topné zařízení a byla by tedy výhodná hlavně v havarijních případech. Naproti tomu spojování vulkanizací za tepla má zatím nespornou výhodu ve spolehlivosti provedené spoje ovšem jen při dodržení technologického postupu.

3. Výsledky doposud docílené v provozu u DPD š. = 1600 mm na skrývkách Merkur a Velkolom Maxim Gorkij

Ze spojů sledovaných v provozu docílily zatím nejlepších výsledků:

- 3 spoje vulkanizované za tepla na páse š = 1600 VMG, když dosáhly 1 847 000 cyklů a vydržely prakticky po celou dobu životnosti pásu (relativně krátký dopravník ca 60 m)
- 1 spoj lepená za studena na páse š = 1600 mm dosáhla 750 000 cyklů na Merкуру a 1 000 000 cyklů na VMG dosáhly 2 spoje.

Přehled výsledků Merkur, skrývka, 1. řez:

Počet poruch na jeden instalovaný spoj v provozu u spojů lepených za studena za ca 2 roky (8760 hodin provozních) průměrně 1,6 nejvíce na jednom dopravníku 3,3.

Nejvíce spojů lepených za studena asi 66 % ze všech dožitých spojů, došlo dříve než dosáhlo 100 000 cyklů. Při současném provedení dopravníků DPD se jednalo o dvoububnové poháněcí stanice a spoj tedy vykonal za 1 oběh 4 cykly. Počet cyklů je pro rychlost pásu $v = 5 \text{ m/s}$ dán vztahem $C = 72000 \frac{T}{L}$, kde T je počet provozních hodin a L délka rozvinutého pásu.

Hodnota 100 000 cyklů představuje při dopravníku dlouhém 750 m (rozvinutá délka pásu 1518 m) asi 2250 hodin, tedy zhruba půl roku, což byla tedy životnost 66 % spojů počítána ze všech dožitých spojů. Zbytek dožitých spojů dosáhl asi hodnot do 400 000 cyklů, jen výjimečně ve 2 případech do 800 000 cyklů.

Hranice 800 000 cyklů byla tedy u spojů lepených za studena na pá-

sech DPD š = 1600 mm a více překročena jen velmi zřídka.

Druhy poruch, které způsobily vyřazení spojů lepených za studena a které bylo možno identifikovat, bylo nejvíce rozlepování spoje buď zprostředka, anebo od krajů, což činilo 27 % všech případů. Při tom 45 % poruch nebylo možno určit (uvedeny pod "ostatní"). Značné procento spojů 22 % bylo obnoveno v souvislosti s výměnou pásu.

Na VMG byla preventivně vyřazena řada spojů jednak lepených za studena a jednak vulkanisovaných za tepla, ale původním nevyhovujícím vulkanizačním zařízením. Vyřazené spoje byly nahrazeny spoji vulkanisovanými za tepla novým vulkanizačním zařízením. Jelikož nebyl TC trvale v plném provozu, nelze zatím provést na VMG objektivní hodnocení spolehlivosti spojů.

4. Kontrolní metody spojů

V úvahu přicházely jen nedestruktivní kontrolní metody spojů pryžových pásů s polyamidovými vložkami. Kontrolní metoda musí být taková, aby bylo možno ji použít běžně v provozu na pásích do šíře 2000 mm, eventuálně i více. Od kontroly se očekává, že zjistí alespoň zda pás je všude v celé ploše spojen a určí místa, kde spojení není dokonalé.

S ohledem na uvedené požadavky byly provedeny zkoušky kontrolovat spoje třemi různými metodami, a to:

- roentgenem
- isotopy
- ultrazvukem.

Každá ze tří metod počítá s různou mírou pohlcení procházejících paprsků neb zvukových vln při průchodu profilem pásu, neboť odlišná kvalita spojení by měla znamenat též odlišné prostředí.

Výsledky zkoušek jednotlivých metod se uvádějí dále.

Kontrola spojů roentgenem:

Zkouška byla provedena v laboratoři Chemických závodů v Záluží stabilním roentgenovým přístrojem M A K R O C A O S T 250 při napětí roentgenové lampy 70 kV, proudu 9 mA, fokus 85 cm (vzdálenost vzorku od zdroje záření), osvit 0,5 mA min. Vzorek spoje byl proveden na pásu

4 PA 700 + 5 PAN 25, 6+3 mm, spoj provedena vulkanisací za tepla. Kvalita snímku byla velmi dobrá, nespojená místa se jasně projevila. Pro účely provozní kontroly spojů by bylo třeba použít přenosného roentgenu s parametry jak výše uvedeno. V takovém případě by bylo třeba počítat s tím: Jedním záběrem lze zachytit pouze část plochy spoje, a to asi 30 x 40 cm. Protože spoj je třeba kontrolovat v celé ploše, bylo by zapotřebí desítek záběrů (např. u spoje š = 1600 mm ca 20 záběrů). Cena jednoho záběru činí dle informace uživatele roentgenu ca 170 Kčs. V tom případě by stála kontrola 1 spoje š = 1600 mm ca 3 400 Kčs. Protože výsledky kontroly je třeba znát co nejdříve, bylo by třeba mít k dispozici pojízdnou laboratoř na zpracování snímků. Před snímkováním je třeba spoj vyrovnat v celé ploše do jedné roviny, tedy vypodložit trámcí. Roentgen musí mít přívod elproudu. Snímkování mohou provádět kvalifikovaní pracovníci podléhající předpisům o práci s roentgenem.

Kontrola spojů pomocí isotopů:

Zkouška byla provedena obdobně jako s roentgenem v laboratoři Chemických závodů, na téměř typu pásu. K ozáření bylo použito isotopu PROMETHEUS 147 s hliníkovým zdrojem brzděného záření o poločasu rozpadu 2,6 roku s energií záření gama 12 - 45 KeV s aktivitou isotopu 1 Curie (údaje laboratoře CHEZA). Potřebná doba osvitů byla velmi dlouhá až 72 hodin. Kontrolní snímek byl velmi nejasný, těžko rozlišitelná byla místa nespojená (použito téhož vzorku spoje jako u roentgenem). Při eventuálním použití této metody je třeba počítat s tímto:

- skladování isotopů podléhá zvláštním předpisům
- manipulace s isotopy mohou provádět jen zaškolení a zkoušení pracovníci
- finanční náklady by byly prakticky stejné jako u roentgenem, neboť pořízení snímků a jejich zpracování by bylo obdobné.

Výhodou oproti roentgenem by bylo, že není zapotřebí pro snímkování elproudu. Teoreticky by bylo možné použít jiného vhodnějšího isotopu než PROMETHEUS 147, kde by expoziční doba nebyla tak dlouhá.

Kontrola spojů ultrazvukem:

Byla provedena řada zkoušek, a to jak v laboratoři V Ú H U, tak i v provozu na velkolomech M. Gorkij a Merkur. Z několika druhů ultrazvukových přístrojů docílil nejlepších výsledků ultrazvukový betonoskop typu EI - 8R - M66 polské výroby. Přístroj je vybaven obrazovkou, kde lze číst velikost echa. Rozsah frekvencí 20-500 kHz. Jako výhodná se ukázala frekvence 500 kHz. Napětí proudu přípojky 220 V. Přístroj je přenosný. Vysílací a přijímací sonda jsou uchyceny ve speciální vidlici, která se suně po ploše spoje tak, že pás je mezi sondami. Dobrá místa ukazují velkou výchylku sinusovky na obrazovce, špatná místa nespojená ukazují nulovou výchylku (signál pohlcen). Zkouškami bylo ověřeno, že přístroj je schopen určit místa spojená a místa nespojená.

Z porovnání výsledků zkoušek metod kontrol spojů vyplývá, že nejvhodnější metodou kontroly pro provozní podmínky bude kontrola ultrazvukem. Její přednosti jsou zejména okamžitý výsledek kontroly a poměrně jednoduché zacházení s aparátem. Kontroly by mohli provádět zcvičení pracovníci. V zahraničí se vyrábějí též ultrazvukové přístroje transistorové s bateriovým napájením přenosné, které tedy nevyžadují přípojku elproudu (např. Polsko, Anglie).

Metodika kontrol spojů na závodech by měla být taková, že by se kontrolovala:

- každá nově zhotovená spoj (spoje lepené za studena až po době vytvrzení),
- při PPO vybrané spoje na všech dopravníciích linky (spoje musí být označeny, aby bylo možno výsledek kontroly dále využít, např. v případě závady konfrontovat se záznamem o podmínkách za jakých byla spoj provedena). Kontrolu by bylo třeba provádět tak, aby během nejdéle půl roku byly postupně zkontrolovány všechny spoje.

5. Kvalita pásů a její vliv na spolehlivost spojů

Jedním z hlavních předpokladů pro to, aby spoje vykazovaly vysokou spolehlivost jest vysoká kvalita pásů. Zatím můžeme posuzovat kvalitu pásů běžně podle viditelných závad. Závady, které mohou neblaze ovlivnit kvalitu spoje, jsou hlavně:

- Varhánkovitost vložek v příčném směru

Norma ji nepřipouští ani v malém rozsahu. Provedená spoj není spolehlivá. Přesto se varhánkovitost občas objevuje.

- Různá tloušťka pásu.

Tlaky vyvíjené při spojování pásu vulkanisací za tepla prakticky nestlačí již jednou vulkanisovanou spoj. Laboratorně bylo zjištěno stlačení pásu o tloušťce 23,6 mm při 10,74 kp/cm² o ca 0,3 mm (provedena řada měření). To znamená, že nestejně tlustý pás, kde jsou rozdíly v tloušťce i několik mm se v místech, kde je profil tenčí prakticky nestlačí a příslušná místa tedy nejsou dobře spojena.

U tloušťky pásu dovoluje stávající norma ČSN 260381 značné odchylky, což není pro spojování širokých a poměrně tlustých pásů (23 - 30 mm) únosné. Nejvyšší dovolená úchylka tloušťky by měla být 1 mm.

- Nezakrytý textil v hraně pásu

Norma ČSN 260381 povoluje na 100 m délky obnažení textilu v hraně v délce 2 x 1 m.

S ohledem na to, že polyamidové vlákno je schopno nasáknout vlhkost je obnažení textilu u pásů 1. jakosti naprosto nežádoucí.

6. Závěr

Výroba kvalitních pásů a stanovení technologie spojování pásů, která by zaručovala vysokou spolehlivost spoje je v první řadě věcí výrobce pryžových pásů. SHD jako odběratel pásů má však mimořádný zájem na úspěšném řešení problému, protože nedostatky postihují v první řadě doly a proto se snaží OH - SHD, VÚHU, KS Teplice gumárna, VZMA, Merkur a VMG ve spolupráci s VÚTZ Praha přispět k řešení zejména v oblasti, která přímo nesouvisí s gumárenskou chemií. S ohledem na to bude třeba nadále provést neb zajistit zejména:

- vedení evidence spojů na VMG a Merkur, skryvka, což je základem pro vyhodnocování životnosti spojů a návrh dalších opatření (evidenci zajišťují závody)
- provést sérii zkoušek se spoji lepenými za studena, za účelem objas-

nění míry vlivů: šířky pásu, konstrukce pásu, způsobu přitlaku slepeného spoje, výše dovoleného namáhání pásu v tahu (zkušební spoje dle programu vypracovaného VÚHU provede Merkur a VMI, zkoušky VÚHU a VÚPZ)

- měřit vlhkost textilních vložek před prováděním spojů a k tomu účelu opatřit vpichové vlhkoměry
- požadovat úpravu normy ČSN 260381 zejména v bodech: tolerance tloušťky pásů a obnažení textilu v hraně
- zavést přejímku pásů pro DPD a nepřipouštět pásy nevyhovující kvality
- s ohledem na častou poruchovost ultrazvukového aparátu B1 - BR - M66 opatřit vhodný transistorový aparát přenosný s bateriovým napájením
- u pásů DPD šíře 1600 mm a 2000 mm přejít na spojování vulkanisací za tepla a přísně dodržovat zásady technologického předpisu.

Literatura:

- /1/ "Stanovení možnosti kontroly spolehlivosti spojů pryžových pásů",
Zpráva VÚHU, únor 1973
- /2/ Informace o ultrazvukovém přístroji na zkoušení betonu,
Inženýrské stavby, 7/72, str. 304
- /3/ Čs. státní norma: "Pryžové pásy pro transportéry"
ČSN 260381, účinnost od 1. 5. 1968
- /4/ Zpráva z gumařského soustředění na Cínovci v dubnu 1972

S h r n u t í

Článek podává stručný přehled o současné situaci ve spojování pásů dálkové pásové dopravy. Zabývá se dosaženými výsledky zejména z hlediska spolehlivosti a životnosti spojů provedených na pásích DPD vulkanisací za tepla a lepením za studena. Vytýčuje zásady vhodného postupu podle výsledků provedených zkoušek a provozních zkušeností. Je provedeno též hodnocení kontrolních metod kvality spojů a navržena metoda kontroly vhodná pro provozní podmínky. Též se věnuje pozornost kvalitě pásů a jejím vlivu na spolehlivost spoje. V závěru se doporučuje další postup.