

Ing. Vladimír P l a c h ý, VÚHU

Konfliktní materiálové dvojice na KU 800

1.0.0. Ú\_v\_g\_d

Spolehlivost strojních zařízení nasazených na povrchových dolech SHR je důležitou podmínkou efektivního provozu. Jednou z cest zvýšení spolehlivosti strojů a zařízení je omezení výskytu poruch. K poruchám strojních zařízení dochází z mnoha příčin. Jednou z nich jsou např. poruchy, které jsou způsobeny opotřebením součástí. Toto opotřebení má za následek nejen úbytek materiálu, ale i celkovou změnu jakosti, popřípadě i tvaru funkčního povrchu součástí, což znamená zpravidla zhoršování její funkce a vede k předčasnému vyřazení součástí nebo k jejímu úplnému porušení.

Přesto nebyla problematice spojené s opotřebením věnována doposud patřičná pozornost. Řešeny byly pouze nejpalčivější případy opotřebení, které jsou zdrojem častých časově náročných poruch, výrazně ovlivňujících využití stroje. Ostatní případy opotřebení nebyly dosud považovány za důležité a nebyla o nich ani vedena evidence či zpracována důvodová analýza. Pro zvýšení spolehlivosti strojů a zařízení je nutné problematiku opotřebení řešit komplexně. Proto byl VÚHU zadán úkol zabývající se uvedenou problematikou. Cílem úkolu je vypracování :

- a/ podkladů pro přímou náhradu nevyhovujících materiálových dvojic vhodnějšími
- b/ podkladů pro aplikovaný výzkum vhodnějších mat. dvojic
- c/ podkladů pro základní výzkum Státního výzkumného ústavu materiálu v těch případech, kdy nebude možno nevyhovující mat. dvojice nahradit známými materiály.

Řešení problematiky opotřebení strojů a zařízení je možno rozdělit do tří etap :

1. Zpracování přehledu poruchových míst a uzlů strojních zařízení, u kterých je porucha způsobena nadměrným opotřebením materiálu.
2. Analýza poruchových míst. Zde se jedná o hodnocení příčin opotřebení jednotlivých mat. dvojic, tzv. rozhodnutí, zda je opotřebení způsobeno pracovními podmínkami součástí /prašnost prostředí, kvalita mazání apod./ nebo nízkou odolností materiálu proti opotřebení.
3. Provedení návrhů řešení. V případě méně odolných materiálů bude proveden jejich rozbor a navržena jejich úprava nebo nahrazení materiálu s vyšší odolností proti opotřebení. Po laboratorním a provozním odzkoušení pak bude možné zavádět nové materiály do praxe.

Tento článek poskytuje informaci o první etapě prací, kde byla pozornost věnována rypadlům KU 800.

#### 2.0.0 Konfliktní materiálové dvojice na KU 800

Vyhodnocením záznamů o provozu velkostrojů, konzultacemi se zástupci uživatele, výrobce i vlastním sledováním byly vytypovány na rypadlech KU 800/1,3,5,7 některé součásti značně podléhající opotřebení. Tyto případy se dají rozdělit do dvou skupin podle mechanismu opotřebení.

##### A. Abrazivní opotřebení

V tomto případě dochází ke vzájemnému styku součástí rypadla a těžného materiálu. Charakter opotřebení lze pak považovat za abrazivní, kdy dochází k interakci dvou těles - opotřebovávajících částic a součástí. Při styku je součást tvrdými částicemi rýhována a odřezávána. Do této skupiny zahrnujeme opotřebení následujících součástí, rozdělených podle hlavních skupin velkostroje.

##### I. koleso

1. břity, resp. zuby korečků
2. otěrové plochy kolesa
3. skluz kolesa



## II. mechanismus kráčení

1. spodní plochy chodidel a spodní stavby

## III. ostatní

1. plechy násypek a štítů
2. dopravní pásy

## B. Adhezivně-abrazivní opotřebení

V tomto případě dochází ke kombinaci dvou základních případů opotřebení - adhezivního a abrazivního. Vzájemný styk funkčních povrchů součástí za přítomnosti velkých tlaků v povrchových vrstvách způsobuje tvoření a porušování mikrospojů a postupný přenos částic materiálu na druhý povrch. Kromě tohoto jevu dochází též k tvorbě volných částic otěru. Takto vytvořené částice spolu s nečistotami působí abrazivně, jsou zamačkávány do povrchu jednoho tělesa a při vzájemném pohybu rýhují či řezou povrch druhého tělesa. K těmto případům opotřebení se řadí následující dvojice.

## IV. koleso

1. čep korečku - koreček
2. drážkovaný hřidel kola - náboj kola

## V. mechanismus kráčení

1. kulový čep - pánev /svislé válce/
2. kluzné kloubové ložisko /vodorovné válce/

## VI. podpěrný vůz

1. pojezdové kolo - housenicový článek
2. napínací kolo - housenicový článek
3. hnací kolo - housenicový článek
4. koule - segment kulové dráhy
5. lano - kladka
6. pouzdro - hlavní čep lanového bubnu
7. články housenic - spojovací čepy

VII. nakládací výložník

1. kulové ložisko - čep uložení nakl. výložníku

VIII. vyvažovací výložník

1. hřídel - pouzdra uložení bubnů
2. pouzdra - čepy uložení paralelogramických ramen

IX. kolesový výložník

1. pouzdro - čep uložení výložníku
2. pojezdové kolo výsuvu - kolejová dráha

X. kulová dráha otoče

1. koule - segment kulové dráhy

XI. ostatní

1. kotouč - brzdové destičky

Podrobněji jsou v dalším rozebrány některé případy.

Břity a zuby korečků

Břity korečků jsou nejexponovanějším elementem celého zařízení. Při těžbě překonávají rypné odpory se střední hodnotou 80 kN/m, někdy však dosahují až 130 kN/m. Uvedené síly spolu se silně abrazivním prostředím kladou vysoké nároky na otěruvzdornost. Původní břity byly vyrobeny z tzv. Hadfieldovy oceli, což je manganová austenitická ocel, odolná proti opotřebení, ovšem za působení rázů.

V případě břitů korečků však měla naprosto nevyhovující životnost a byla nahrazena v případě rohových břitů vysokopevnostní ocelí na odlitky VP7 s pevností 1200 - 1500 MPa. Boční a čelní břity jsou vyrobeny z oceli dle ČSN 422712, což je manganová slitinová ocel na odlitky s pevností 500 - 540 MPa. Některá rypadla KU 800 mají rekonstruovaná kola, která jsou osazena unifikovanými zuby. Zuby byly vyráběny z oceli VP7, v současné době je používána též ocel typu Mn Cr Mo, vyráběná podle normy DIN 1700/7 pod označením GS 42 CrMo 3. Životnost břitů z oceli VP7 podle podmínek zasazení odpovídá těžbě 500 - 800 tisíc m<sup>3</sup> skryvky /1/. Řešení problematiky



rypných orgánů bude pravděpodobně vyžadovat pokračování ve vývoji nového materiálu, který by měl mít při zvýšení pevnosti, tvrdosti a tím i otěruvzdornosti vyhovující houževnatost.

### Čep\_korečku\_-\_koreček

Dostí častou poruchou v provozu rypadel KU 800 je opotřebení a vypadnutí čepu korečku, který slouží k připojení korečku k tělesu kola. Mezi okem korečku a čepem dochází k nepatrným pohybům, které jsou způsobeny silami působícími na koleso. Velké tlaky ve styku čepu a korečku způsobují vymačkávání a opotřebení ok i čepů. Svoji roli hraje i silně abrazivní prostředí, ve kterém se koleso pohybuje. Se vzrůstajícím opotřebením dochází ke zvětšování vůle. Tím je umožněn i větší vzájemný pohyb a následné opotřebení.

Koreček je svařen z ocelových plechů 11523, což je konstrukční ocel s pevností  $\sim 600$  MPa a s dobrou svařitelností, ale s nižší odolností proti opotřebení. Materiál 14 140.2, z něhož je vyroben čep je slitinová chromová ocel v žíhaném stavu, zušlechtěná na střední pevnost, která nepatří do skupiny otěruvzdorných materiálů. Tvrdost čepu je asi 285 HB, tvrdost korečku se pohybuje okolo 260 HB. Ke zlepšení stavu uvedeného případu se nabízí některé možnosti. Jednak cestou konstrukční úpravy zavěšení korečku, což by přineslo zvětšení stykových ploch a tím snížení měrných tlaků. Jednak uvažovat zvýšení pevnosti a tvrdosti povrchu obou materiálů, které by zabránilo vymačkávání, a to buď zušlechtěním nebo volbou náhradních materiálů.

### Koule\_-\_segment\_kulové\_dráhy

Kulová dráha rypadla je řešena jako axiální ložisko. Mezi vrchním a spodním kroužkem jsou uloženy koule, které umožňují otáčení celé horní stavby rypadla. Vlivem velkého zatížení dochází k opotřebení segmentů kulové dráhy i koulí. Případný vnik nečistot opotřebení znásobí a způsobuje pak vydráždění segmentů, na kterých se již po krátké době provozu obje-

vují hluboké pitingy. Koule jsou vyrobeny z chrommanganové slitinové oceli 14209, která má tvrdost 225 HB. Materiál segmentu kulové dráhy je slitinová konstrukční ocel 15260.9, která je legována především manganem, chromem a vanadem. Přísada manganu zvyšuje pevnost, na druhé straně však klesá houževnatost materiálu. Chrom a vanad v oceli zlepšují odolnost proti opotřebení. Kulová dráha je typickým představitelem tribologického problému. Tento případ je nutno řešit komplexně, uvažovat všechny faktory, které mohou opotřebení ovlivnit, tzn. konstrukční úpravy, zabezpečení dokonalého mazání, zabránění vniku nečistot i použití odolnějšího materiálu.

#### Pojezdové kolo - článěk housenice

Podpěrný vůz nakládacího výložníku se pohybuje po dvou housenicích. V místech styku pojezdových, hnacích i napínacích kol s housenicovým článkem dochází k opotřebení jak článků, tak i kol. Adhezivní opotřebení je vzhledem k prostředí, ve kterém se materiálová dvojice pohybuje kombinováno s opotřebením abrazivním. V tomto případě dochází ke vzájemnému styku a pohybu dvou stejných materiálů. Pojezdová kola, napínací kolo, turas a housenicový článěk jsou odlity z oceli 422716.1/6. Jedná se o slitinovou manganovou ocel, normalizačně žíhanou a zušlechtěnou na dolní mez pevnosti. Tvrdost se pohybuje mezi 140 - 180 HB, pevnost mezi 500 - 650 MPa, ocel má zaručenou vrubovou houževnatost.

Pro řešení tohoto případu bude pravděpodobně nutné provést náhradu materiálu použitého na výrobu housenicového článku. Dle předběžného odhadu by náhradní materiál měl mít pevnost okolo 800 MPa, tvrdost asi 250 HB a zvýšenou odolnost proti opotřebení. Těchto vlastností dosahují některé slitinové chrommanganové oceli na odlitky.

#### Housenicový článěk - spojovací čep

Spojovací čep slouží ke spojení housenicových článků



podpěrného vozu. Při pohybu v silně abrazivním prostředí dochází ke značnému opotřebení. Článek housenice je odlit z oceli 422716.1/6, čep je vyroben z oceli 13240.3/6. Jedná se o slitinovou manganokřemíkovou ocel, žíhanou a zušlechťenou na dolní pevnost. Tvrdost tohoto materiálu se pohybuje v rozmezí 240 - 280 HB, pevnost 800 - 900 MPa. Ocel je uváděna jako vhodný materiál pro součásti středně namáhané opotřebením, což asi vedlo konstruktéry k jejímu použití. Při jejím srovnání s jinými otěruvzdornými materiály vykazuje nízkou odolnost proti opotřebení  $1/2$  a podle zkoušek prováděných ve SVÚM Praha se nedoporučuje tuto ocel považovat za odolnou proti opotřebení  $1/2$ . Je zřejmé, že materiál čepu bude nutné nahradit jiným. Při volbě vhodného materiálu je možné vyjít z poznatků ze zkoušek materiálů pro čepy článků pásových traktorů, které byly prováděny ve SVÚM  $1/3$ . Zkoušeny byly materiály : 12 051, 30 CHGT, 14 341, 15 241, 15 260, 19 133, přičemž některé vzorky byly kaleny a některé nitrocementovány. Pro hodnocení jednotlivých materiálů byla prováděna tahová zkouška, zkouška vrubové houževnatosti, zkouška abrazivního opotřebení a měření tvrdosti. Podle laboratorních zkoušek bylo určeno následující pořadí vhodnosti materiálů : 30 CHGT, 15 260 kalená, 15 241 kalená, 15 241 nitrocementovaná, 15 260 povrchově kalená, 14 341.

Provozní zkoušky přinesly však odlišné výsledky. Nejvýhodnější se ukázala izotermicky zpracovaná ocel 14 341, dále 30 CHGT a 15 261. Tento případ poukazuje na důležitost ověřování laboratorních výsledků v praxi. Proto není možné jednoznačně určit, zda je možné okamžitě provést náhradu materiálu 13 240 bez předchozí komplexní analýzy příčin. Je však možné doporučit provozní zkoušky čepů z uvedených materiálů, neboť je pravděpodobné, že jejich životnost bude vyšší než u oceli 13 240. Při tomto návrhu byl uvažován stávající materiál housenicového článku, proto je nutné při jeho změně tuto skutečnost do řešení zahrnout.

### 3.0.0 Závěr

Uvedené případy abrazivního a adhezivně abrazivního opotřebení konfliktních materiálových dvojic dokazují, že řešení problematiky spojené s opotřebením vyžaduje úzkou spolupráci všech zainteresovaných složek, tj. výzkumu, výrobce i uživatele. Dosavadní zkušenosti však ukazují, že opotřebení uzlů a součástí není v provozu věnována dostatečná pozornost a nejsou vedeny záznamy o výskytu opotřebení. Tím nejsou k dispozici informace o této problematice a nemohou být podkladem pro výzkum nebo výrobce, který by měl provést konstrukční či technologické úpravy. Přehlížením opotřebení vznikají problémy i samotným uživatelům zařízení, neboť poruchovost z tohoto důvodu způsobuje časové ztráty a odčerpává údržbářské kapacity. Zlepšením sledování opotřebení, evidencí poruch, náhradou nevhodných třecích dvojic vhodnějšími a postupným přechodem k prevenci v údržbě bude možné velkou část těchto údržbářských prací převést do netěžebního času preventivních prohlídek a revizí, což zlepší časové využití stroje.

Článek přináší přehled vytypovaných materiálových dvojic vybraných uzlů na rypadlech KU 800/1,3,5,7, u kterých dochází k nadměrnému opotřebení. U několika vybraných případů je uveden popis funkce, způsob opotřebení, materiál součástí a jeho vlastnosti. Tyto údaje byly shromážděny i u ostatních materiálových dvojic a měly by být podkladem pro řešení jednotlivých případů opotřebení. U materiálové dvojice čep - housenicový článek je uveden zhruba návrh řešení tohoto konkrétního případu opotřebení. Jedná se o náhradu známými materiály, přičemž bylo užito poznatků ze zkoušek materiálů pro součásti pracující v podobných podmínkách. Znovu je však třeba připomenout, že každé řešení problému je třeba laboratorně a především provozně odzkoušet.

Závěrem lze říci, že v souvislosti s řešením problematiky opotřebení součástí strojních zařízení musí dojít k zásad-



ní změně pohledu na opotřebení jako na oblast, která skrývá rezervy, jejichž odhalení může přispět k lepšímu využití strojů.

### S h r n u t í

#### Konfliktní materiálové dvojice na KU 800

Článek se zabývá současným pohledem na opotřebení strojních zařízení nasazených v SHR a koncepcí řešení této problematiky. V článku jsou uvedeny materiálové dvojice, u kterých dochází k nadměrnému opotřebení. U některých vybraných materiálových dvojic je uveden popis funkce, způsob opotřebení, materiál součástí a jejich vlastnosti.

### L i t e r a t u r a

- /1/ D.č. Jan Janíček, ing. František Felcman  
Vývoj rypných orgánů kolesových rypadel TC 2 a TC 3  
VÚHU 1981
- /2/ kolektiv  
Zvyšování životnosti strojů pracujících v podmínkách intenzivního opotřebení částicemi  
Praha 1977
- /3/ kolektiv  
Materiálový sborník  
Praha 1969