

Ing. Tomáš K r a t o c h v í l, VÚHU

Možnosti využívání bezdemontážně diagnostických metod
v údržbě technologických celků instalovaných v SHR

1.0 Úvod

Celosvětovým trendem, československý průmysl nevyjímá-
je, je zvyšovat využití drahých, výkonných a složitých stro-
jů a zařízení. Při hledání cest, jak dosáhnout zvýšení vý-
roby bez dalších investic a zvyšování stavu pracovníků se
ukázalo, že je možné využít rezerv, které existují v údržbě
strojního parku. Rezervy může odhalit postupný přechod na
údržbu strojů, založenou především na podrobné znalosti je-
jich technického stavu a jen částečně na zkušenostech, tj.
pravý opak současné praxe v údržbářské činnosti uplatňované
v SHR. Důsledkem dosud uplatňovaného systému PPO, sestavo-
vaného podle zkušenosti, je, že stroje TC jsou odstavovány
buď příliš brzy, nebo, což je častější případ, nepostřehnou
se včas příznaky blížící se poruchy či havárie se všemi ne-
gativními důsledky. Uplatněním údržbářské metody, založené
hlavně na podrobné znalosti technického stavu stroje, by se
stroj zastavil a opravil jedině tehdy, když by to jeho
objektivní technický stav vyžadoval. Po vytvoření materiál-
ních a organizačních opatření, zabezpečujících spolehlivost
nové metody údržby, by měla tato po čase nahradit stávající
systém údržby, založený na časovém plánu, který často z nej-
různějších provozních důvodů není plněn.

• Popsaná metoda pro získávání informací o objektivním
technickém stavu strojních zařízení a souhrn všech nutných
opatření, umožňujících bez demontáže zjistit charakter a
stupeň opotřebení, resp. poškození stroje, se nazývá bezde-
montážní diagnostika strojů. Je založena na snímání /měření/
záznamu, analýze a diagnostické interpretaci časového prů-
běhu některých vhodných fyzikálních veličin jako tlaků,
teplot, průtoků, otáček, výkonů, ale i mechanických vibrací

apod. Rozsáhlé uplatnění bezdemontážní diagnostiky, která odhaluje obnormální opotřebení nejrůznějších částí strojů již na samém počátku s sebou přináší v našich podmínkách dosud nepoznané zvýšení jejich spolehlivosti.

2.0 Bezdemontážní diagnostika - základ systému péče o stroj- ní zařízení

Je třeba si uvědomit, že náklady na údržbu většiny strojů během jejich životnosti převyšují pořizovací náklady. Zavedením vědeckých metod do údržby strojního zařízení můžeme příznivě ovlivnit jeho provoz, prodloužit jeho pracovní časový fond a výrazně snížit náklady na údržbu, jak to vyplývá ze zvýšení spolehlivosti. Okolností nás nutí, abychom se vážně a s využitím všech potřebných vědeckých poznatků a metod zabývali otázkami spolehlivosti technologických celků pracujících v provozech SHR, opírajíce se přitom o organizované systematické záznamy o jejich závadách i poruchách. Při vyhodnocování získaných záznamů a při jejich využití se uplatní počet pravděpodobnosti a výpočetní technika.

Ke zvýšení spolehlivosti strojů vedou tyto prostředky nebo metody:

- a/ Soustavná a přesná evidence o délce a způsobu provozu jednotlivých zařízení a o jejich údržbě. Protokoly o poruchách musí obsahovat objektivní, ničím nezkreslené záznamy o všech důležitých okolnostech poruch a jejich přesnou lokalizaci, aby se mohly stát účinným prostředkem pro zlepšení technické úrovně strojního zařízení, především jeho konstrukce, ale i pro volbu vhodného maziva a pro stanovení optimální provozní doby mezi revizemi. Souhrn všech těchto dat se ukládá v bance dat. Pro vytvoření databanky je nutno získávat údaje jak od výrobce, tak provozovatelů sledovaného strojního zařízení, a záznamy trvale doplňovat, obnovovat a revidovat.

b/ Statistické zpracování dat o provozu i údržbě jednotlivých strojů, včetně dat diagnostického původu. Výsledky statistického zpracování dat působí pak jako zpětná vazba na konstrukci a projekci sledovaných strojů.

c/ Stanovení mezních stavů, kdy závada přechází v poruchu /havárii/.

Současný systém údržby technologických celků s preventivními prohlídkami /PPO/ a preventivními výměnami, je závislý na čase. Bezdemontážní diagnostika přistupuje k prohlídkám a výměnám v závislosti na reálném stavu jednotlivých částí stroje. Vychází ze skutečnosti, že převážná část poruch stroje se sama signalizuje již dlouho před tím, než porucha dosáhne nebezpečného stavu. Odpadnou tak zbytečné demontáže zaběhnutých strojů, demontáže, které samy mohou vyvolat vážnou poruchu při novém zabíhání.

Na základě diagnózy sledovaného soustrojí lze přikročit k prognóze - předpovědi - nerušeného chodu stroje, která nám pomáhá sestavit program údržby tak, aby údržba co nejméně snižovala pracovní fond sledovaného objektu. Nejdůležitějším přínosem prognózy vývoje poruchového stavu zařízení je možnost předejít vlastní poruše či havárii a závadu na stroji opravit v čase plánovaných oprav nebo využitím prostoje zařízení z jiných příčin, např. technologických. Tímto způsobem dojde ke sjednání nápravy nikoli v poruchovém čase, ale v čase jiného prostoje a tím k získání značného množství disponibilního času pro výrobu, v našem případě pro těžbu.

Diagnostika umožňuje nejen poznat současný stav soustrojí a vytvořit pro ně prognózu, ale poznat i jeho historii, např. abychom po havárii mohli rozebrat její příčiny a vyhnout se jí do budoucna. V tomto případě mluvíme o technické genetice.

Sledovaný objekt /stroj, zařízení/ spolu s prostředky diagnózy tvoří dohromady diagnostický systém. Bezdemontážní

diagnostika má mimořádný hospodářský význam, neboť silně omezuje neočekávané výpadky výroby vznikající nespolehlivostí strojů a zařízení, přičemž vychází ze signalizace a vyhodnocení změn fyzikálních veličin sledovaných při běhu strojů.

Existují různé použitelné metody k sledování stavu strojů, ale žádná z nich není univerzální, tedy taková, abychom pomocí ní rozpoznali všechny možné příčiny poruch. Největší míru spolehlivosti diagnostické činnosti mohou poskytovat pouze kombinace různých sledovacích metod.

Při rozhodování o dalším postupu na základě diagnostických signálů je nutno zdůraznit, že rozhodující není absolutní hodnota signálu, nýbrž změna jeho hodnoty v čase.

Aplikace technické diagnostiky v průmyslu vyžaduje systematický přístup v řešení následujících tří základních úkolů:

- vybudovat, soustavně doplňovat a inovovat přístrojovou a metodickou základnu měřicí techniky,
- vybudovat systém sběru a zpracování informací o provozu a spolehlivosti sledovaných typů strojů a zařízení,
- vybudovat systém operativního řízení péče o stroje s využitím diagnostiky.

Z uvedené specifikace základních úkolů v oboru aplikace technické diagnostiky vyplývá, že prvé dva úkoly, tj. vybudování měřicí základny a systému sběru informací o provozní spolehlivosti je třeba řešit okamžitě a paralelně, aby tak byly připraveny podmínky pro řešení třetího úkolu, tj. řízení péče o stroje.

2.1 Přístrojová technika údržbářské inspekce

Nezbytným pomocníkem technické diagnostiky je přístrojová technika údržbářské inspekce. Pod pojmem "technika údržbářské inspekce" se rozumí přístroje a zařízení známé

zdrojem, sondy s lupou, světelným zdrojem a reflexními zrcátky, prosvětlovací přístroje, průmyslové periskopy, technické endoskopy s tuhým tubusem, endoskopy ohebné ze svazků skelných vláken, doplňkové a zvláštní optické přístroje/.

4. Měření sil

- mechanické dynamometry
- hydraulické dynamometry
- elektrické měření mechanických veličin
- tenzometry odporové

5. Kontrola otáček, obvodových rychlostí a posuvů

- mechanické otáčkoměry
- elektrické otáčkoměry
- stroboskopy

6. Měření a kontrola teplot

A/ Dotykové teploměry a prostředky:

- teploměry dilatační - kovové
- teploměry elektronické s termoelektrickými snímači
- teploměry elektronické odporové - polovodičové
- dotykové prostředky pro stanovení teplot
- "tavné teploměry"
- "termochromatické teploměry"

B/ Teploměry bezdotykové:

- teploměry radiační - infračervené
- teploměry radiační - jasové
- termovize.

7. Měření hydraulických systémů

8. Měření tlaku a rychlosti průtoku plynů

9. Měření vlhkosti

10. Měření elektrických veličin

A/ Měření proudu a napětí:

- přístroje k měření proudu a napětí
- měření proudu a napětí bez přerušení obvodu
- zapisovače přenosné

B/ Měření elektrického výkonu:

C/ Měření ohmických odporů:

- běžná měření odporovými můstky a ohmmetry
- zkoušky a měření izolačních odporů
- zkoušky a měření zemních odporů.

11. Hledání a lokalizace závad na elektrických vedeních a potrubních řádech

- detekční a lokalizační soupravy.

2.2 Strojní skupiny TC, kde je nutné používat diagnostické metody

Pro určení oblastí údržby strojních skupin nebo dílů TC, které by byly vhodné pro uplatnění a používání diagnostických metod, byla ve VÚHU Most provedena analýza poruchovosti pěti vybraných technologických celků za rok 1979. Z analýzy uvedené ve zprávě VÚHU "Studie možnosti využívání metod bezdemontážní diagnostiky v SHR" z června 1980 vyplynulo, že by se diagnostické metody měly především uplatnit a používat při inspekci následujících strojních skupin technologických celků, u nichž byla registrována uvedená poruchovost /souhrnný údaj za pět sledovaných TC/;

- gumový pás	1 512 hodin za rok	
- kabely napájecí, ovládací, relé	390	-"-
- pohony	287	-"-
- ocelová konstrukce	191	-"-
- podvozky, housenicové články	157	-"-

- válečky u regulační stolice	200 hodin za rok
- bubny hnací a vratné	122 "-"
Poruchy celkem:	2 859 "-"
	=====

2.3 Přístrojová technika vhodná pro uplatnění v údržbě TC

V souladu s tendencí získat objektivní informace o technickém stavu strojních skupin TC dospělo se při hledání vhodné přístrojové techniky k následujícím závěrům:

Gumový pás - DIUS II. - ultrazvukový defektoskop spojů pásů /bateriové provedení/ - dodavatel SVÚSS Praha.

Dále by bylo nutné v dohledné době mít k dispozici zařízení pro identifikaci podélného rozřiznutí pásů, a to jak pásů PA, tak i OK. Takovéto diagnostické zařízení by mělo pracovat nepřetržitě ve funkci "čidla".

Kabely napájecí, ovládací, relé - samostatné měřicí přístroje s možností jejich umístění v mikrobuse ve formě měřicího vozu;

- rázový generátor "SWG"
- Přepalovací transformátor "BT"
- tónový generátor "FerroLux"
- přístroj pro určení poruch plášťů kabelů "ESG 80"
- přístroj pro zaměření poruchy "LMG 2000"
- vysokonapěťový zkušební generátor "HPG"
- vysokonapěťové měřicí zařízení k přezkoušení vn kabelů a dílů, dodavatel "SEBA - DYNATRONIC"
- termovize /snímací kamera - reprodukční přístroj s obrazovkou + proudový zdroj + příslušenství/, dodavatel "AGA - Švédsko".

Pohony - a/ ložiska: digitální teploměr 729117 A - dotykový, dodavatel: fy SKF

- infračervený bezdotykový teploměr typ RAYTEK INC - USA
- MEPA 10 A k přesnému posouzení technického stavu ložisek, dodavatel: fy SKF Holandsko
- MEPA 21 A

b/ ozubená kola převodovek:

přístroje pro blížká pozorování

- dílenské lupy a mikroskopy, dodavatelé: Labora a řada zahraničních dodavatelů

optika k prohlídkám ploch a tvarů obtížně dosažitelných

- prohlížeči zrcátka se světelným zdrojem, dod.: fy Classen + Co - NSR
- endoskop s tuhým tubusem s pružným vnějším přiváděčem světla s televizním přijímačem a foto nebo filmovací kamerou pro dokumentaci, dod.: Karl Heinz Hinze - NSR a Henke-Sass, Wolf GmbH - NSR
- ohebný endoskop průmyslový Ø 8 mm, max. délka cca 2000 mm, dod.: Sass-Wolf - GmbH - NSR
- elektrická registrační kamera Robot-Motor-Recorder, dod.: Robot - Foto und Elektronik GmbH - NSR
- videokamera + videorecorder ve spojení s intrascopem dod.: AKAI - NSR
SONY - Anglie

přístroje pro registraci a analýzu mechanického chvění

- přenosný analyzátor chvění typ 3513
- hladinový zapisovač typ 2306

- kalibrátor snímačů chvění typ 4291
- kmitočtový analyzátor typ 2120
- měřicí magnetofon typ 7003 dodavatel:
fy Brüel Kjaer - Dánsko

diagnostika převodových skříní chemickým rozбором olejových nápní

- běžné vybavení chemické laboratoře
- atomový absorpční spektrofotometr.

Ocelové konstrukce

defektoskopie povrchových trhlin

- prostředky pro kapilární zjišťování povrchových necelistvostí - detekční tekutiny, barviva, fluorescenční barviva
- zařízení pro zjišťování povrchových necelistvostí pomocí magnetického pole - typ Y-5, nebo L-10, dodavatel:
fy Magnoflux - USA
- ZS 600 - zkoušečka svarů, dodavatel:
Laboratorní přístroje, ČSSR

defektoskopie vnitřních necelistvostí

- ultrazvukové defektoskopy, dodavatelé:
Karl Deutsch - NSR, Laboratorní přístroje Chotutice, ČSSR

Podvozky, housenicové články

a/ mechanické podvozky housenicové:

- je možné užívat výše popsaných zařízení pro:
 - nedestruktivní zjišťování povrchových a vnitřních necelistvostí
 - měření, analýzu vibrací a hluků
 - přístroje pro blízká pozorování /prohlížeací zrcátka, ohebné endoskopy/

- měření a kontrolu teplot /dotykové a bezdotykové teploměry/
- měření elektrických veličin
- hledání a lokalizace závad elektr. vedení

b/ hydraul. kráčivé podvozky:

- mimo vyjmenovaná zařízení pro mechanické podvozky
- analyzátory technického stavu hydraulického zařízení /přenosné provedení/, dodavatel: fy Cherokee USA
fy Hydrotechnik GmbH NSR

Válečky a regulační stolice, bubny hnací a vratné

zjišťování prasklin čel a plášťů

- prostředky pro kapilární zjišťování povrchových necelistvostí
- prostředky pro zjišťování vad barvivy a fluorescenčními barvivy
- prostředky pro zjišťování povrchových necelistvostí pomocí magnetického pole, typ ZSM a ZS 600

lomy nebo necelistvosti hřídelí a os

- ultrazvukové defektoskopy

poškozená ložiska

- teploměry dotykové a bezdotykové
- termovize /hromadné prohlídky válečků
- DPD/
- speciální přístroje MEPA 10 A

MEPA 21 A

Vyjmenovaná přístrojová technika a její přiřazení k určitým strojním skupinám nevylučuje uplatnění ostatní

existující techniky údržbářské inspekce. Podobně bude možné využít uvedenou techniku k inspekci strojních skupin TC a pomocné mechanizace, kterými se "Studie možnosti využití bezdemonťážní diagnostiky" nezabývala.

3.0 Závěr

Závěrem si povšimneme možného ekonomického efektu bezdemonťážní diagnostiky v případě její aplikace při údržbě TC v SHR. V koncepčním rozvoji systémů plánování údržby základních prostředků se zvyšuje význam plánovité a systematické inspekce výrobního zařízení jako součásti činnosti údržbářských útvarů. Systematicky prováděná inspekce strojů rozhoduje o spolehlivosti výrobního zařízení, a tím vlastně o zvýšení jeho časového využití i zvýšení výroby.

Řádně organizovaná inspekce výrobního zařízení nejen výrazně snižuje, či odstraňuje riziko nenadálých poruch nebo i havárií výrobního zařízení, ale podstatně ovlivňuje charakter práce údržbářských útvarů, produktivitu jejich práce a výrazně zvyšuje bezpečnost práce obsluh strojů a zařízení.

Ekonomický přínos využívání nových metod inspekce pomocí bezdemonťážně diagnostických metod vyplývá:

- z využití vnitřních rezerv, zkvalitnění péče o stroje
- ze snížení prostojů a výrobních ztrát z titulu znalosti skutečného technického stavu stroje, a tím ve většině případů možnosti převedení opravy zařízení z poruchového času do času plánovaných prostojů nebo PPO
- z prodloužení životnosti a pracovní schopnosti výrobních strojů. Sem patří také úspory plynoucí z reálné možnosti prodloužení opravárenských cyklů, GO, zvýšení výrobnosti plynoucí z prodloužení životnosti strojů a zařízení.

Důsledným využíváním diagnostických metod v inspekční činnosti údržby TC, např. na TC uvedených v rozboru poru-

chovosti citované výzkumné zprávy, bude možno zcela vyloučit poruchy dopravních pásů z důvodů přetržení nebo rozlepení spoje. Z toho plyne, že je možné touto cestou získat u pěti TC 2 716 hodin disponibilního času pro těžbu. Předpokládá se, že v důsledku systematické inspekční činnosti dojde k včasnému zjištění minimálně 50 % poruch u kabelů, pohonů a bubnů evidovaných u těchto skupin v roce 1979 a převedení jejich oprav z poruchového času do času technologických odstávek a PPO. Tímto způsobem lze získat dalších 674 hodin disponibilního času pro těžbu.

V takto získaném čase je možno prakticky bez nároků na investiční prostředky na zakoupení nových strojů a bez nároků na nové pracovní síly vytěžit proti současnému stavu navíc cca $3\,200\,000\text{ m}^3$ za rok.

Z toho plyne možnost zvýšení těžby v průměru pro jeden technologický celek o cca $600\,000\text{ m}^3$ za rok. Zvýšením těžby skrývky dojde k relativní úspoře nákladů v Kčs za m^3 skrývky, která představuje pro jeden TC 2 3 246 000 Kčs za rok pro průměrnou těžbu skrývky, 3 413 000 Kčs za rok pro max. těžbu dosaženou jedním ze sledovaných TC v roce 1979, který vytěžil $10\,777 \cdot 10^6\text{ m}^3$ skrývky a 3 780 000 Kčs za rok pro předpokládanou roční těžbu celků TC 2.

Z propočtů je zřejmé, že roční úspory pro deset technologických celků TC 2, které mají být v SHR v provozu v roce 1980, je možné očekávat v rozmezí od $32,46 \cdot 10^6$ do $37,8 \cdot 10^6$ Kčs za rok. Systematickým sledováním strojních částí klíčového charakteru /převodovky zdvihu zejména u KU 800 apod./ lze předejít v krajním případě haváriím celého stroje a ušetřit výdaje na jejich obnovu, které se pohybují v částkách několik mil. Kčs.

Mimo výše uvedený ekonomický přínos dojde:

- a/ k zvýšení péče o stroje a v důsledku toho k celkovému zvýšení technické úrovně strojů
- b/ zvýšení bezpečnosti práce obsluh strojů a zařízení

c/ k možnosti získání objektivních informací o technickém stavu strojů a vlivu obsluh a údržbářských zásahů na jejich spolehlivost a životnost.

Ekonomický přínos navrhovaného řešení zvláště vynikne při posouzení návratnosti investic vložených do přístrojové techniky pro vybavení inspekční skupiny, která by měla být ustavena v budoucnosti minimálně na každém k.p. Předpokládáme-li inspekční skupinu na každém k.p. v počtu deseti pracovníků s průměrným ročním příjmem na 1 pracovníka 50000 Kčs, pak:

investiční náklady na vybavení přístroji dle výše uvedeného seznamu činí	1 858 664	Kčs za rok
mzdové náklady pro 10 pracovníků	500 000	"
provozní náklady /doprava, energie/ odhad	150 000	"
Náklady celkem:	2 508 664	Kčs za rok

Roční úspory pro pět TC /předpoklad na jeden k.p. pět technologických celků/ 16 230 000 Kčs za rok. Z porovnání plyne návratnost investic cca 2 měsíce.

Literatura:

- /1/ Sborník přednášek - Bezdemontážní diagnostika v chemickém průmyslu I. a II.
- /2/ Urban - Kočka - Technika údržbářské inspekce /1975/
- /3/ Ing. V. Formánek - Ekonomické závislosti a optimální hranice použití kolejové a pásové dopravy při odklizu zemin v podmínkách SHR /kandidátská disertační práce - 1968/
- /4/ Firemní literatura fy SEBA - DYNATRONIC
- /5/ Firemní literatura fy SKF
- /6/ Ing. J. Kužel - K otázkám tribotechniky v SHR
/Sborník přednášek - tribotechnika v lomových provozech Komořany, 1979/