

CV HUTNICKÉ SPOLEČNOSTI ČSVTS

CELOSTÁTNÍ DEFektOSKOPIckÉ STŘEDISKO SVÚM PRAHA

DŮM TECHNIKY ČSVTS PRAHA



# DEFektOSKOPIE '83

18. - 20. 10. 1983 Jilova

PRAHA 1983

**ČV HUTNICKÉ SPOLEČNOSTI ČSVTS  
CELOSTÁTNÍ DEFEKOSKOPICKÉ STŘEDISKO SVÚM PRAHA  
DŮM TECHNIKY ČSVTS PRAHA**



**DEFEKOSKOPIE '83**

**PRAHA 1983**

## OBSAH

Úvod	5
<b>1. SEKCE - PROZAŘOVÁNÍ</b>	<b>7</b>
Některé zkušenosti s rtg. televizní zobrazovací metodou - Dr. M. Smrčka, Ing. R. Wisinger	9
Využití rentgen-televizního řetězce při kontrole ocelových odlitků v závodě Škoda České Budějovice - L. Špika	20
Program na výpočet expoziční doby při prozařování konstrukcí a materiálů zářením gama izotopu $^{60}\text{Co}$ - Ing. R. Svoboda	31
Defektoskopické uzavřené zářiče - V. Vondruška	35
Neutronová radiografie termálními neutrony - Ing. V. Bízek, CSc., Ing. Z. Zavadil	47
Automatické hodnocení vad v magnetické práškové metodě - M. Věchet	54
<b>2. SEKCE - MAGNETICKÉ A KAPILÁRNÍ METODY</b>	<b>59</b>
Vnitřní inspekce dálkových plynovodů - Ing. L. Duben, CSc.	61
Využití defektometru C s korelátorem pro nedestruktivní kontrolu přesných trubek - J. Solnař, A. Uher	69
Vliv oddálení snímáče při zkoušení metodou vířivých proudů a jeho potlačení - Ing. J. Šnajberk, J. Šácha	73
Aktivní kontrola jakosti feromagnetických materiálů metodou magnetokorelační analýzy - Dox. Ing. K. Hruška, CSc.	80
Příspěvek k hodnocení vlivu jakosti povrchu při zkoušce svarových spojů ultrazvukem - Ing. E. Honců, CSc.	86

<b>3. SEKCE - AKUSTICKÉ METODY</b>	<b>93</b>
Stanovení charakteru a orientace vady ultrazvukem - Ing. J. Obraz, CSc.	95
Problematika detekce vad v austenitických materiálech pomocí ultrazvuku - Ing. F. Čermák, Ing. R. Regazzo, M. Regazzová	106
Prozvučování tlakové nádoby reaktoru zkušebním zařízením REACTORTEST TRC - Ing. J. Přepechal, Ing. Z. Skála	113
Ultrazvuková defektoskopická linka GRP 550 - Ing. B. Brodský	119
Přehled AVG diagramů a AVG stupnic firmy Krautkrämer - J. Dvořák	138
Nové typy ultrazvukových přístrojů vyráběných firmou Krautkrämer - Ing. J. Schmied	150
Kategorizácia výsledkov skúšky "Implant" na základe signálov AE - Ing. D. Račko, CSc., Ing. L. Mráz, CSc.	155
Statistické hodnocení změn amplitudového složení signálu akustické emise při perušování kompozitních materiálů - Z. Převorovský, V. Koula	162
<b>4. SEKCE - JINÉ METODY</b>	<b>179</b>
Zkoušky těsnosti tenkostěnných uzavřených součástí - Ing. F. Ungr	181
Organizace a prostředky kontroly svařovacích a navařovacích prací při výrobě a montáži zařízení jaderných elektráren - J. Pelikán, Ing. M. Hampejs, J. Kestl	190

## ÚVOD

Tento sborník referátů z osmnáctého celostátního semináře "DEFEKTOSKOPIE '83" dává nahlédnout do rozsáhlé činnosti naší československé defektoskopie.

Každým rokem se takto schází defektoskopičtí pracovníci, techničtí kontroloři, technologové a další pracovníci, kterým leží na srdci kvalita výroby a její ověření. Tyto semináře připravované Celostátním defektoskopickým střediskem při SVÚM Praha ve spolupráci s OS pro defektoskopii při Společnosti hutnické ČSVTS a Domem techniky ČSVTS Praha se staly již tradicí v našem veřejném technickém životě. Úsilí o zabezpečení nejvyšší kvality a spolehlivosti výrobků ve strojírenství, hutnictví a další výrobě, uložené směrnicemi plánovitého rozvoje našeho národního hospodářství, vyžaduje rozvíjet osvědčené i nové, účinnější kontrolní metody. V dnešní moderní, často vysoce mechanizované výrobě, je základem požadavkem kontrolní operace, kterou by nebyl omezen plynulý výrobní postup a použité metody a zařízení splňovaly předpoklady vysoké produktivity kontroly hromadné výroby.

Každá defektoskopická metoda má své hranice použitelnosti a neexistuje metoda, která by umožňovala zjistitelnost všech druhů vad. Proto v dnešní praxi je nezbytné volit kombinaci metod a to klade velké nároky na defektoskopické pracovníky, neboť to vyžaduje jak znalost podstaty metod a možnosti jejich použití, tak i znalost výrobní technologie zkoušených výrobků.

Celostátní seminář "DEFEKTOSKOPIE '83" si vytkl za cíl napomáhat jak šíření poznatků o defektoskopických metodách, tak o novinkách mezi nimi, a zároveň přispívá k výměně zkušeností v širokém rozsahu. Přáli bychom si, aby letošní seminář tento svůj úkol úspěšně splnil.

Mojmír Věchet,  
garant akce

1. SEKCE - PROZAŘOVÁNÍ

## NĚKTERÉ ZKUŠENOSTI S RTG.-TELEVIZNÍ ZOBRAZOVACÍ METODOU

Dr. Michael Smrčka, CSc., Výzkumný ústav ČKD Praha  
Ing. Richard Wisinger, ČKD Kutná Hora

### 1. Úvod

Snaha o maximální ekonomii v oboru prozařování směřuje k rozvoji nových metod zkoušení materiálu, z nichž lze označit metody radioskopické jako jedny z velmi efektivních a ekonomických. Základním nedostatkem větších klasických metod radiografie je velká spotřeba rtg. filmů, dnes již velmi deficitního materiálu na světových trzích pro velký obsah stříbra.

Aplikace radioskopické metody pro kontrolu vnitřní jakosti materiálu přináší četné výhody:

- úsporu nákladů (většinou devisorových) na rtg. filmy a chemikálie
- odpadá zpracování filmů
- možnost bezprostředního vyhodnocení vad
- prohlížení objektu za pohybu umožňuje dokonalou představu o velikosti a poloze vady

Při praktickém použití radioskopie je velmi často diskutována otázka dokumentace výsledku prozařovací kontroly. Zákazník obvykle trvá na předložení rtg. snímku jako jediného průkazného a trvale dokumentačního materiálu, a je proto nutné ho přesvědčit o dalších možnostech. Pro dokumentaci radioskopické kontroly jsou v zásadě možné čtyři způsoby:

- videosáznam
- technika "hard copy" (elektronický přenos obrazu monitoru na termosensitivní papír)
- uložení do diskové paměti (systémy s počítačovým zpracováním videosignálu)
- fotosáznam z přídatného miniaturního monitoru s ostřejší kresbou

Je samozřejmé, že pro hodnocení vad získaných radioskopickou metodou je vedle odborných znalostí velmi důležitá technika i praktická zkušenost, umožňující využití další dimenze zkoušky - pohybu zkoušeného objektu.

K maximálnímu využití výhod radioskopie při sériové kontrole výrobků je nutné použít pohybovací zařízení, které je jednocelové, a tím je do jisté míry omezena pohyblivost zařízení.

## 2. Charakteristika radioskopických systémů

Tyto systémy lze rozdělit z hlediska tvorby a pozorování obrazu na dvě skupiny:

1. konverze ionizujícího záření na fluorescenční obraz
2. konverze ionizujícího záření s následným zesílením obrazu

Systémy obou skupin lze doplnit televizním snímáním obrazu a přenosem na monitor, kde se provádí vlastní pozorování prozařovací zkoušky. Soubor konvertoru rtg. záření, elektronického zesilovače jasu, převodní optiky, televizní kamery a televizního monitoru se nazývá rtg.-televizní řetězec; tyto řetězce jsou v oblasti radioskopie nejperspektivnější a dosahují nejvyšší rozeznatelnosti vad.

Na obr. 1 jsou uvedeny parametry drátkové rozeznatelnosti různých radioskopických systémů podle literatury /1/, /2/. Je vidět, že rtg.-televizní řetězce různých výrobců dosahují hodnoty okolo 2 %; parametry čs. zařízení, vyvinuté a vyrobené v rámci státního úkolu SVÚM Praha ve VPZ a Tesla VÚVET, jsou s těmito řetězci srovnatelné. Podrobný popis čs. zařízení je uveden v /3/.

Ze zahraničních výrobců jsou v ČSSR systémy fy Balteau - Baltescope a fy Seifert - RBV. Dále jsou uvedeny podrobnější údaje o hlavních zobrazovacích zařízeních fy Seifert.



### System Indeca

Tento systém je určen ke kontrole výrobků s velmi rozdílnou tloušťkou - rozsah prozařování je omezen na 20 mm Fe a 120 mm Al. Jako zdroje záření se používá rtg. přístroj Isovolt 160. Tento systém má velmi široké použití pro plně mechanizovaná zařízení kontroly odlitků lehkých slitin, např. disky automobilových kol, písty spalovacích motorů, letecké součásti. Firma Seifert vyrábí tyto kompletní kontrolní linky řízené počítačem a dodává je předním evropským výrobcům.

Rozměry vstupního stínítka jsou 240x320 mm, drátková rozeznatelnost u oceli okolo 2 %, u hliníkových slitin okolo 1 % (obr. 2).

### Rtg.-televizní řetězec se zesilovačem obrazu RBV 17

Tento systém je vhodný pro kontrolu oceli až do tloušťky 100 mm se zdroji záření 160 - 420 kV. Zesilovač obrazu RBV 17 má vstupní otvor průměru 177 mm; primární stínítko (CsI) vykazuje vysokou rozeznatelnost přes celé obrazové pole - cca 6 dvojic čar na mm. Televizní členy řetězce tvoří kamera Bosch se snímací elektronkou plumbiconem a monitor Bosch se stínítkem 270x346 mm, kde se pozoruje výsledný obraz prozařovaného předmětu zvětšený šestinásobně.

Drátková rozeznatelnost dosahuje v oboru tlouštěk 15 ÷ 50 mm hodnoty 1,8 % (obr. 3).

### Elektronický modul MBE

Tento modul byl vyvinut jako přídatné zařízení pro řetězec se zesilovačem obrazu RBV 17, které ve spojení s počítačem provádí potlačení šumu videosignálu, takže obraz na monitoru je podstatně výraznější. Orientační hodnota snížení hladiny šumu je cca 25 % proti neupravenému signálu. Modul zpracovává pouze obraz v klidu.

Drátková rozeznatelnost při použití řetězce rtg. přístroje Isovolt - RBV 17 - TV Bosch - MBE dosahuje hodnoty 1 %.

### 3. Aplikace rtg.-televizní zobrazovací metody v ČKD Praha

V podniku ČKD Praha je prozařovací metoda rozšířena při kontrole různorodého sortimentu - především jsou to odlitky podvozků kolejových vozidel a svarové spoje tlakových nádob. Vzhledem k velkému počtu snímků při klasické radiografii (cca 60 000 ročně) a nutnosti úspor devizových prostředků za nákup rtg. filmů se předpokládá zavedení televizní zobrazovací metody do provozní prozařovací kontroly v závodech ČKD Kompresory a ČKD Kutná Hora.

#### **Návrh kontroly svarových spojů**

Při výrobě tlakových nádob v závodě Kompresory je předepsána kontrola vnitřní jakosti podélných a obvodových svarů pláště. Tyto spoje jsou v provedení X-, V- a I-svarů tloušťky 4 až 40 mm a předpokládá se kombinovaná automatizovaná ultrazvuková a prozařovací kontrola.

Pro aplikaci rtg.-televizního řetězce byl vypracován návrh mechanizovaného kontrolního pracoviště. Uspořádání zkoušky je takové, že rtg. přístroj (podle prozařované tloušťky 160-320-420 kV) je umístěn na trnu s vertikálním posuvem uvnitř pláště tlakové nádoby, převaděč rtg. obrásku je na konzole nad pláštěm také s možností vertikálního nastavení; při zkoušce se pohybuje plášť na speciálním pohybovém zařízení (posuv nebo otáčení). Perspektivně se počítá s automatizací vyhodnocování videosignálu zkoušky počítačem.

Přístrojové vybavení je v projektu navrhováno takto:

- a) rtg. přístroje Isovolt řady D s vyhlazeným napětím a proudem (fa Seifert);
- b) rtg.-televizní zobrazovací zařízení alternativně RBV 17 (fa Seifert) nebo československé zařízení (VPZ Běchovice) podle dosaženého zlepšení parametrů v rámci státního úkolu;
- c) doplňkové registrační zařízení - magnetoskop a fotosáznamová jednotka (fa Seifert).

## Návrh kontroly odlitků

Zavedení rtg.-televizního řetězce do trvalého provozu v defektoskopickém středisku závodu ČKD Kutná Hora je řešeno úkolem technického rozvoje. V první etapě se řeší kontrola odlitků tramvajových koncovek v počtu 10 000 kusů ročně. Za tímto účelem bylo v závodě navrženo mechanizované zařízení, které by mělo požadovanou kapacitu a současně zaručovalo možnost kontroly odlitků jiného typu.

Odlitky jsou narovnány na otočné desky manipulátoru karuselového typu o průměru 4 m a jeho pootočením je vždy jeden odlitek dopraven do místa, kde je kontrolován prozařováním se současným rotačním pohybem otočné desky. Stoja-ny, na kterých jsou upevněny hlavice rtg. přístroje a převaděč rtg.-televizního systému zabezpečují jejich vertikální i horizontální pohyb. Vertikální pohyb obou stojanů je synchronizován, aby byla zaručena souosost optické osy rtg. lampy a převaděče. Optická kontrola polohy prozařovaného objektu má být prováděna průmyslovou televizí.

Jako zdroje záření bude použito rtg. přístroje Isovolt 420. Rtg.-televizní zařízení československé výroby bude doplněno počítačovým modulem fy Seifert pro zpracování videosignálu s možností uložení obrazu do diskové paměti počítače.

### 4. Ověřovací zkoušky

Pro získání objektivních podkladů o možnostech televizních zobrazovacích systémů a jejich srovnání při konkrétních aplikacích byly provedeny ověřovací zkoušky s těmito vzorky:

- a) Etalon s umělými vadami typu drážek šířky 0,3; 0,4; 0,6; 0,8 mm vždy do hloubky 0,2; 0,5; 1 mm - tloušťka etalonu 15 mm s přidavnými deskami 2x15 mm. (Celková tloušťka kombinace 45 mm.)

b) Výřezy z desek tloušťky 8; 18; 25 mm s tupými svarovými spoji, obsahujícími přirozené vady typu dutin, vměstků, studených spojů a neprůvarů.

Přehledně jsou tyto vzorky popsány v tab. 1.

Tab. 1 - Přehled vzorků svaru s vadami

Ozna- čení	Typ svaru	Tloušťka (mm)	Šířka vady (mm)			
			póry	vměstky	stud.spoje	nepr. kořen
A 21	V	8	0,6		0,2	
A 68	X	18	0,3-0,4	0,8		
A 74	X	25				0,25 1,8

c) Etalon tl. 15, 30 a 45 mm s drátkovými měrkami.

Ověřovací zkoušky se prováděly jednak na rtg.-televizním řetězci čs. výroby v SVÚM Praha, jednak na řetězci fy Seifert včetně doplňkového modulu pro potlačení šumu. Hodnocení se provádělo subjektivně pozorováním obrazu na monitoru několika pracovníky.

#### Vyhodnocení zkoušek

1. Hodnoty drátkové rozeznatelnosti podle tab. 2 odpovídají rešeršním údajům. Při měření na tloušťce 15 mm bylo dosaženo optimálním uspořádáním (kolimace rtg. svazku před dopadem na vzorek) podstatného zlepšení rozeznatelnosti. Zařazením modulu pro potlačení šumu (MBE) se zvýší rozeznatelnost přibližně o 20 % na tloušťkách 15 - 30 mm a 10 % na tloušťce 45 mm.

Tab. 2 - Drátková rozeznatelnost

Tloušťka (mm)	Zobrazovací systém		
	VPZ	RBV 17	MBE
15	2,7	1,7/1	1,3/0,8
30	2	1,7	1,3
45	1,8	1,8	1,6

2. Hodnoty rozeznatelnosti drážek podle tab. 3 jsou totožné pro čs. zařízení i řetězec fy Seifert; zařazení modulu MBE zlepšuje rozeznatelnost na tloušťkách 30 - 45 mm o 1 stupeň ve zvolené řadě hloubek.

Tab. 3 - Drážková rozeznatelnost

Tloušťka (mm)	Drážka šířka/hloubka (mm)	Zobrazovací systém		
		VPZ	RBV 17	MBE
		indikace		
15	0,3/0,2	+	+	+
30	0,3/0,2	-	-	+
	0,3/0,5	+	+	+
45	0,8/0,2	-	-	-
	0,8/0,5	-	-	+
	0,8/1	+	+	+

3. Indikace přirozených vad vzorků se svary na zobrazovacích systémech VPZ a Seifert je s malými odchylkami stejná a u všech vzorků byly indikovány i malé vady, resp. náznaky indikací v některých případech. Zařazení modulu MBE se projevilo zvýrazněním, resp. zachycením všech indikací podle rentgenogramu.

### Závěr

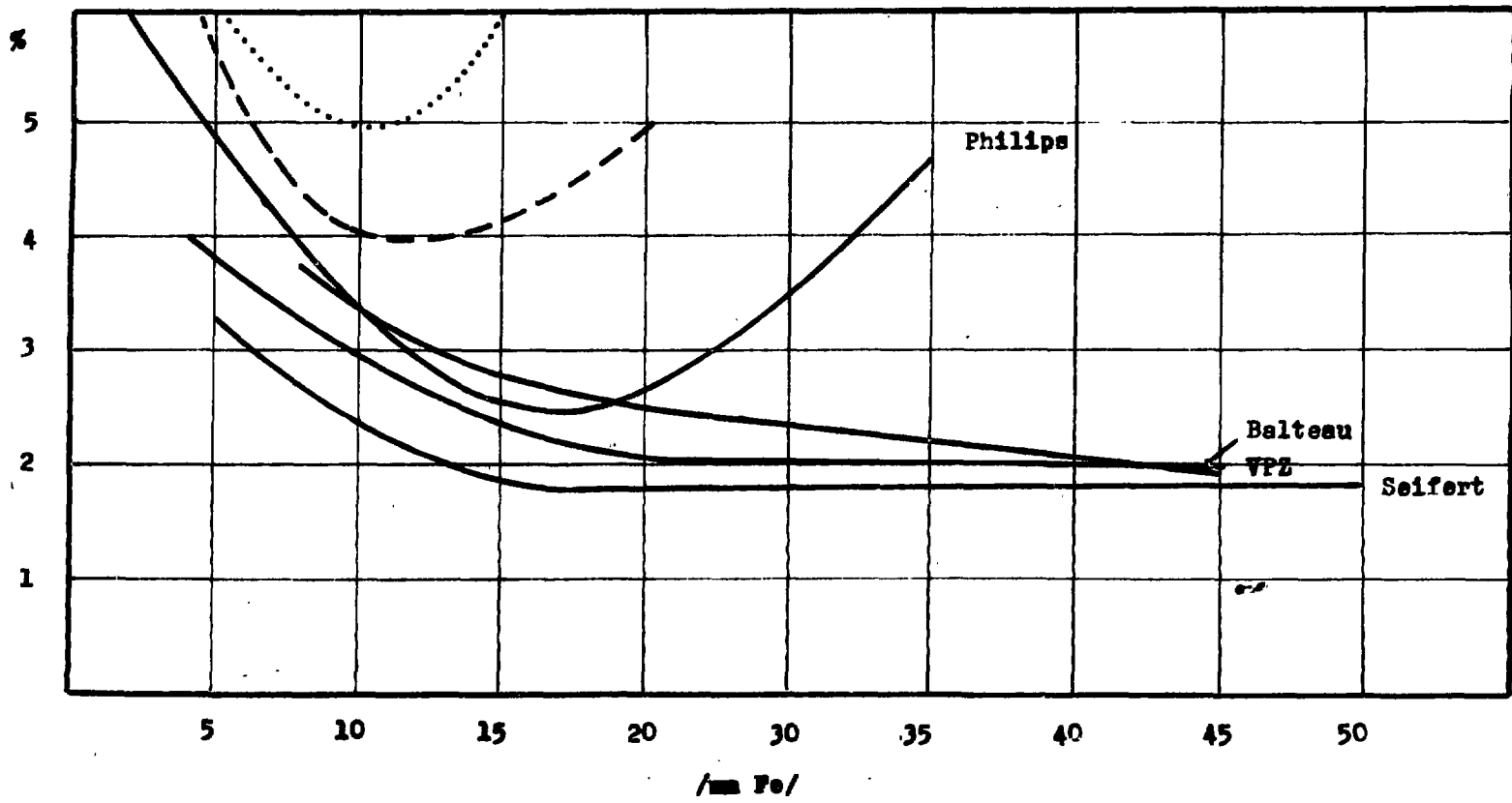
Přednosti televizní zobrazovací metody (rychlost, ekonomičnost) jsou známé, nejsou však dosud k dispozici rozsáhlé experimentální práce ve směru praktických aplikací této metody při provozní kontrole ve strojírenství. Údaje o drátkové rozeznatelnosti mohou na první pohled vést k závěru, že tato metoda je apriorně vždy horší než klasická radiografie. Dosavadní výsledky při aplikaci na kontrolu odlitků v podniku ŠKODA prokázaly, že rozeznatelnost nepřístupných vad je vyhovující. Při kontrole svarů jsou však nároky podstatně vyšší - zkušenosti z provozní kontroly v Kralovopolských strojírnách a NHKG Ostrava ukazují, že

metoda rtg.-televizního zobrazení má své oprávnění i při této aplikaci.

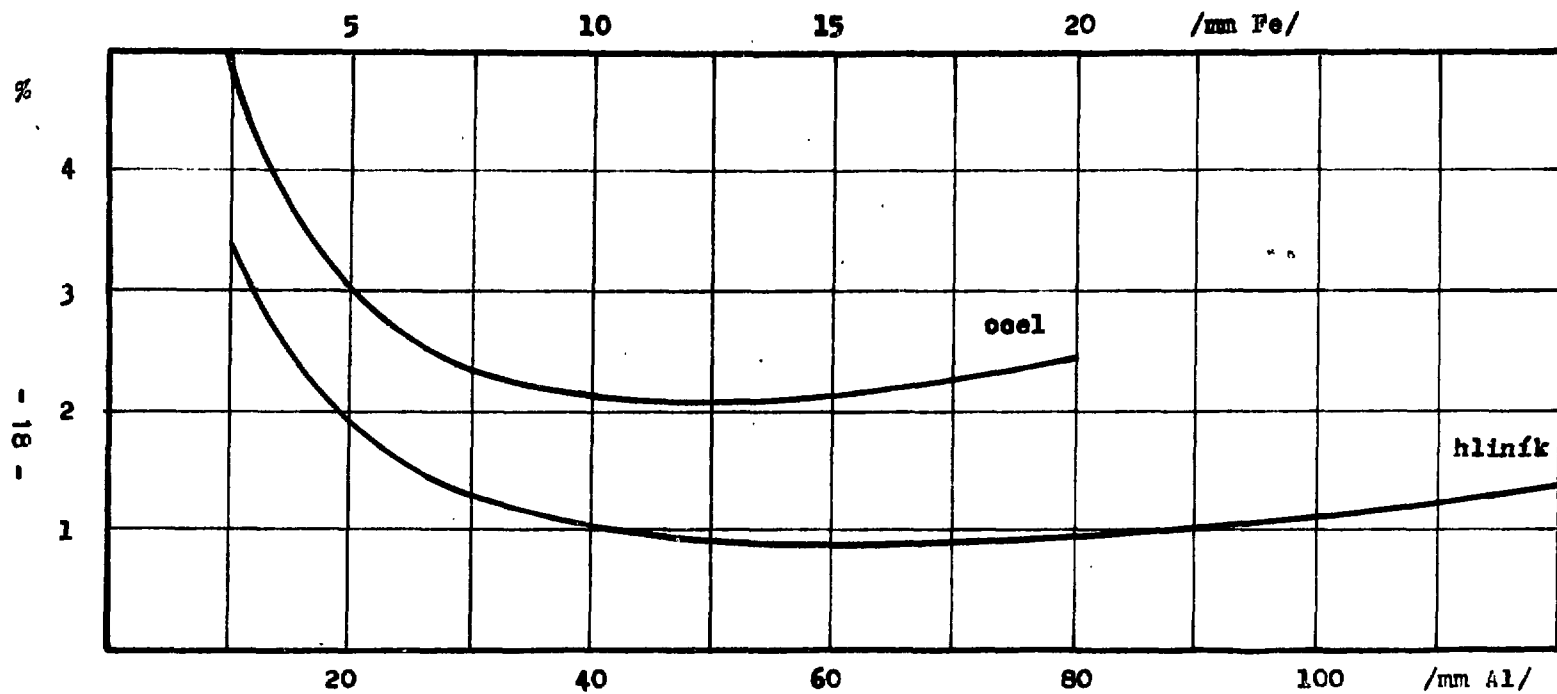
Ověřovací zkoušky popsané v tomto příspěvku jsou částí programu zavádění rtg.-televizních řetězců do prozařovací kontroly závodů VHJ ČKD PRAHA a pomohly posoudit jak možnosti metody samé, tak i vzájemně srovnat československé i špičkové zahraniční zařízení. Lze konstatovat, že tato zařízení jsou v podstatě srovnatelná, výrazného zlepšení podmínek zjistitelnosti malých vad při zkoušce v klidu se dosáhlo u firmy Seifert přidavným modulem pro odstranění šumu počítačovým zpracováním obrazu.

#### Literatura

- /1/ Bízek, V.: Nové směry detekce ionizujícího záření a neutronů s využitím možností televizní techniky. Zpráva SVÚM Z-80-4449, Praha 1980.
- /2/ Firemní literatura Seifert.
- /3/ Špunda, J.: Popis rentgen-televizního zobrazovacího řetězce pro nedestruktivní defektoskopii prozařováním. VPZ VÚ Praha, 1980.

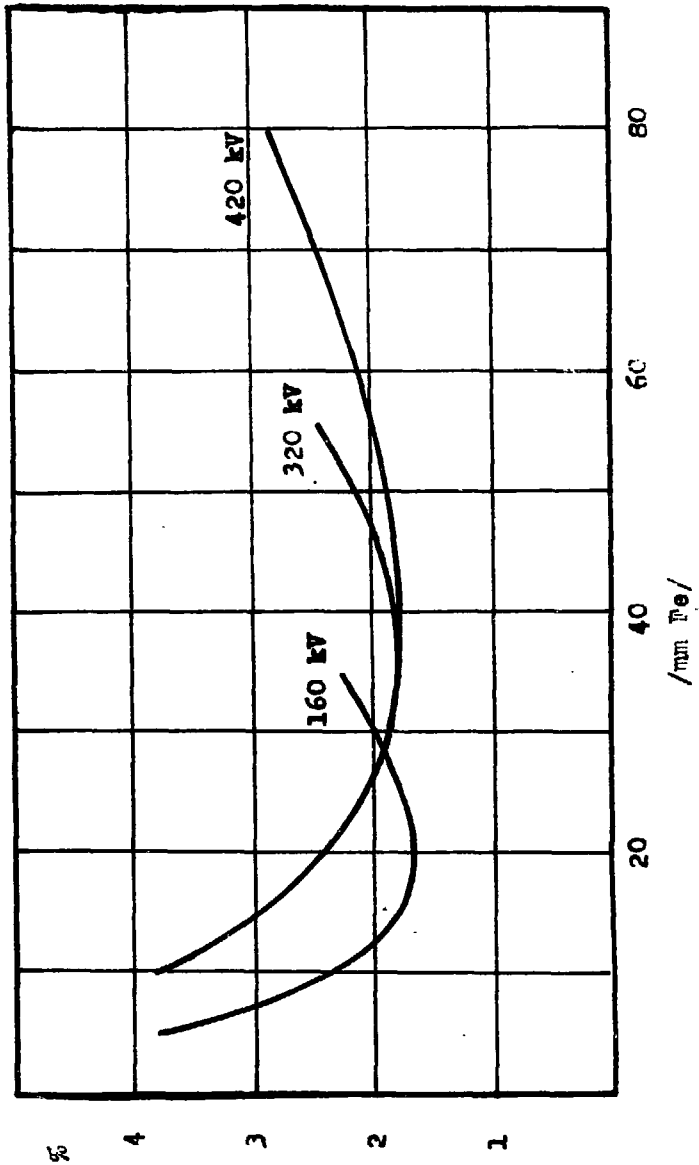


Obr.1 - Drátková rozestelnost radioskopických systémů  
... fluorescenční obraz  
--- dtto s televizním přenosem  
— zesilovače jasu



Obr.2 - Drátková rozeznatelnost systému Indeco





Obr.3 - Drátový rozoznatelnost systému Seifert RDV 17

## VYUŽITÍ RENTGEN-TELEVIZNÍHO ŘETĚZCE PŘI KONTROLE OCELOVÝCH ODLITKŮ V ZÁVODĚ ŠKODA ČESKÉ BUDĚJOVICE

Lumír Špika, ŠKODA, k.p., České Budějovice

Příspěvkem bych chtěl volně navázat na společný referát z "Defektoskopie 1981", ve kterém jsme spolu s ing. Formanem z HDS ŠKODA Plzeň uvedli první zkušenosti s radioskopií v koncernu ŠKODA. Od doby uveřejnění uvedeného referátu se v defektoskopickém středisku závodu ŠKODA České Budějovice mnoho změnilo. Bylo vybudováno samostatné pracoviště pro kontrolu rtg-TV systémem včetně manipulačního a vyhodnocovacího prostoru. Se zkušenostmi s využíváním tohoto zařízení při kontrole odlitků a s jeho možnostmi bych Vás chtěl seznámit. Nejprve však několik slov o rtg-TV pracovišti samém a o jeho vzniku.

První informace o možnostech použití rtg-TV systému při kontrole výrobků jsem získal v roce 1966 od dr. Slaby, avšak teprve koncem roku 1976 jsem dostal prospektový materiál fy Balteau na jejich zařízení Teleix 220 A. Toto zařízení jsem měl pak možnost si přímo prohlédnout a odzkoušet při služební cestě přímo u fy. Poznatky takto získané vedly k tomu, že byl vypracován návrh na dovoz uvedeného zařízení. V té době však vešly ve známost výsledky státního úkolu P 09-123-204, na kterém se podílely SVÚM Praha, VPZ-VZÚ Praha a VÚVE Tesla, které představovaly obdobné zařízení jako Teleix 220 A, navíc ještě doplněné o některé pomocné moduly sloužící k lepšímu vyhodnocování výsledků. Mimoto byl u tohoto zařízení předpoklad dosažitelnosti za československou měnu. Vstoupili jsme proto v přímé jednání s ing. Bízkem, CSc. ze SVÚM Praha, jehož výsledkem bylo předvedení uvedeného zařízení v závodě Škoda České Budějovice a posléze i jeho zapůjčení na dobu 4,5 měsíce k provozním zkouškám. Při těchto zkouškách byla odzkoušena řada odlitků různých modelových čísel, přičemž tyto zkoušky byly prováděny a vyhodnocovány z těchto hledisek:

1. Zkouška prováděná se zřetelem na rozeznatelnost vad s porovnáním s klasickou metodou prozařování na rtg film.
2. Vyhodnocení zkoušek porovnáváno s vyhodnocením zkoušky prozářením na rtg film vzhledem k technickým podmínkám u přejímaných odlitků.
3. Zkoušky prováděny se zřetelem na možnost 100% kontroly odlitků vzhledem ke klasickému prozařování.
4. Sledovaná rychlost prováděných zkoušek.
5. Sledovaná provozní spolehlivost zařízení.

O provedených zkouškách byla vypracována zpráva, jejíž podstatná část tvořila i součást již zmíněného referátu v "Defektoskopii 81". Přesto však z celkového zhodnocení zkoušek uvádím:

1. Přestože rtg-TV řetězec vykazuje horší rozeznatelnost, lze jej s výhodou použít pro kontrolu ocelových odlitků do tloušťky stěny 45 mm.
2. Převaděč zařízení je nutné vybavit samostatně dálkově ovladatelnou clonou konstruovanou na max. napětí použití na rentgence.
3. Celkové zařízení je nutné vybavit centrálním vypínačem s kontrolkou.
4. Zařízení vybavit kontrolou sousoosti svazku záření s převaděčem.
5. Systém vybavit zařízením na dálkové značení vad.
6. Zařízení vybavit možností monitorování etalonů.

Na základě zhodnocení těchto prvních zkušeností s tímto zařízením bylo rozhodnuto toto zařízení pro závod zajistit a nainstalovat v defektoskopickém středisku včetně manipulačního zařízení a všech zařízení pomocných. K tomuto účelu byla vytvořena skupina pracovníků závodu vedená vedoucím technického rozvoje s. ing. Šindelářem, která byla pověřena splněním uvedeného úkolu, který byl zároveň zařazen do plánu VaT pod č. U 10-162-102 s názvem "Zavádění no-

vých metod zjišťování kvality odlitků z oceli". Tento celkový úkol byl pak organizačně rozdělen na dílčí úkoly, a to

1. Ověřování vhodné technologie snímání obrazu a návrh mechanizace pracoviště.
2. Zajišťování poddodávek a jejich postupná instalace.
3. Zkušební provoz a případné úpravy zařízení.

Na základě těchto úkolů pak byly jednak vyobjednány všechny potřebné části vlastního rtg-TV systému, jakož i všechna pomocná zařízení jako byla průmyslová televize, videomagnetofon, kolimační clona, značkovací zařízení apod., a jednak byla vypracována celková koncepce manipulace s odlitky. Podle této koncepce pak konstrukční kancelář technického rozvoje a technické přípravy výroby vypracovala potřebnou výkresovou dokumentaci, která byla neprodleně předána ÚO k vlastní realizaci. Na této realizaci se pak výrazně podíleli přímo i konstruktéři, kteří okamžitě řešili veškeré změny ve výrobě včetně pomoci při vlastní realizaci a tak nemalou měrou přispěli k tomu, že celé zařízení bylo poměrně v krátké době uvedeno do provozu.

Všechny tyto akce si vyžádaly i četné změny v samotném defektoskopickém středisku, kde pro toto zařízení bylo třeba vyklidit potřebné prostory. To vše se dělo za plného provozu střediska. Byly to změny tak rozsáhlé, že některé úpravy s nimi spojené nejsou ukončeny ještě dodnes. Práce s těmito změnami spojené se prováděly vlastními silami většinou brigádně, až na některé odborné práce, které prováděli pracovníci vlastní údržby hrubovny.

Angažovaný přístup všech zainteresovaných pracovníků uspíšil veškeré nutné práce spojené s touto přestavbou natolik, že už v první polovině roku 1982 bylo možné započít s prvními funkčními zkouškami, které pak vedly k vlastnímu zkušebnímu provozu, který byl zahájen 20. srpna 1982 a ukončen 31. prosince 1982 tím, že celé zařízení bylo předáno k trvalému užívání.

V tomto období zkušebního provozu bylo třeba odzkoušet a provést:

1. Celkové funkční a technologické ověření celého systému včetně doplňkových a přídavných zařízení.
2. Najít optimální zapojení jednotlivých přístrojů.
3. Seznámit budoucí obsluhující pracovníky se systémem, jeho obsluhou a základní údržbou včetně odstranění jednoduchých závad.
4. Vyřešit řadu technicko-administrativních problémů spojených se zavedením uvedeného systému kontroly.
5. Seznámit odběratele odlišností, u kterých se předpokládal přechod na tento způsob kontroly, s touto změnou.
6. Stanovit způsob ekonomického vyhodnocení.

Výsledky tohoto zkušebního provozu je možné uvést asi takto:

1. V uvedeném období bylo odzkoušeno celkem 772 odlišností 18 modelových čísel. Vyhodnocení těchto odlišností bylo porovnáváno s dosud platnými technickými přejímacími podmínkami. Při tomto zkušebním zatížení se projevilo i několik závad, jejichž odstranění až na jeden případ závady ve snímací kameře převaděče, kterou odstranili pracovníci VPZVÚ Praha, jsme zvládli vlastními silami. Zůstává však dosud otevřena otázka rušení obrazu vnějšími zdroji, které je velmi nepravidelné a se kterým se zatím pracovníci VPZVÚ Praha nevybořovali a které velmi nepříznivě ovlivňuje výsledný obraz. Z technologické stránky došlo jenom ke změně ohniskové vzdálenosti rentgenky. Jinak se snímací podmínky od zadání neměnily. Výrazné zlepšení obrazu se dosáhlo namontováním dálkově řízené kolimační clony, která zvýšila prozařovací rozsah až na 65 mm oceli, při napětí na rentgenke 400 kV, s uspokojivým výsledkem.

2. V průběhu zkušebního období se několikrát měnilo celkové zapojení celého systému, až nakonec se nejvíce osvědčilo zapojení, při kterém lze napojit systém GAMAK

i do obrazu braného ze záznamu. Toto zapojení zvýrazňuje mnoho předností systému a hlavně pak umožňuje dodatečně hodnotit velikost vady zobrazené ze záznamu.

3. S problémem naučit pracovníky defektoskopie závodu s uvedeným zařízením správně zacházet a to nejen po stránce vlastní obsluhy zařízení, ale i po stránce hodnocení vad, jsme se zatím dost dobře nevypořádali. Je to problém podstatně složitější než se na první pohled zdá. Už proto, že vlastní obraz vad je přece jenom odlišný od obrazu vad na radiogramech. Proto bychom rádi přivítali, kdyby se ze strany SVÚM-CDS mohl uspořádat kurs nebo školení správné obsluhy zařízení a hodnocení vad zjištěné tímto systémem.

4. Zavedení rtg-TV systémů do pravidelné kontroly je spojeno s jistými technicko-administrativními problémy. Především jde o to, jakým způsobem vést vlastní dokumentaci o provedených zkouškách. Jak provádět záznamy, jak je třídit a archivovat. V průběhu tohoto zkušebního provozu jsme tuto organizaci několikrát měnili, až jsme zůstali u systému, kdy do magnetických záznamů ukládáme pouze záznamy vadných míst. Čdlitky, které vyhovují technickým podmínkám, pak pouze evidujeme podle jejich modelového čísla, pořadového čísla a data provedené zkoušky, zaznamenaného v provozním deníku pracoviště. Podle těchto záznamů v tomto provozním deníku vystavujeme příslušné protokoly o vykonaných zkouškách.

5. Samostatným problémem, který byl řešen v průběhu zkušebního provozu, bylo rozhodnutí, které odlitky tímto způsobem zkoušet, protože ne každý tvar je pro tento systém vhodný. Proto jsme odzkoušeli řadu modelů, na kterých jsme si ověřili, které odlitky, jakého geometrického tvaru, lze tímto způsobem zkoušet. U těchto odlitků jsme pak vstoupili v přímá jednání s odběrateli s žádostí o souhlas se změnou kontroly. Ve většině případů jsme tento systém kontroly museli odběratelům přímo v praxi předvést. Po tomto předvedení a jejich seznámení s možnostmi tohoto zařízení pak již nebyly potíže se získáním souhlasu s používáním této kon-

troly, který byl v několika případech vyjádřen přímou změnou technických přejímacích podmínek.

V průběhu tohoto zkušebního provozu došlo v závodě ke kvalitativní změně požadavku na odlitky s ~~malou~~ diferenciálu pro TATRU 815. Změna technických přejímacích podmínek pro tyto odlitky vedla k tomu, že jsme museli vyřešit problém defektoskopické kontroly těchto odlitků jak po stránce defektoskopické technologie (včetně stanovení mezních přípustností vad), tak i po stránce kvantitativní, neboť v tomto případě jde o pravidelné odzkoušení velkého počtu odlitků v celém jejich průřezu. Při klasickém snímkování představuje zkontrolování tohoto průřezu zhotovení 12-16 rentgenových snímků na jednom odlitku. Tento zvýšený požadavek na defektoskopickou kontrolu jsme řešili jednak zvýšením počtu pracovníků střediska z pěti na devět, ale i hlavně zavedením rtg-TV systému do kontroly těchto odlitků, neboť bez zavedení tohoto systému by požadavky na kontrolu těchto odlitků byly nesplnitelné.

6. Protože od samého počátku zavedení rtg-TV systému do defektoskopické kontroly bylo jasné, že úspory získané provozem tohoto zařízení budou značné, bylo třeba stanovit i způsob výpočtu ekonomického zhodnocení tohoto systému. Po konzultaci se závodovými ekonomy byl pro výpočet návratnosti zařízení stanoven tento postup:

- a) provede se soupis všech odlitků zkontrolovaných touto metodou,
- b) na základě přejímacích podmínek a zkušebních předpisů se u těchto odlitků stanoví ekvivalentní počet snímků, který by se musel použít u klasického snímkování,
- c) stanoví se náklady potřebné na zhotovení tohoto ekvivalentního počtu snímků, přičemž za základ se bere průměrná hodnota nákladů na prozařování za posledních pět let provozu střediska,
- d) sečtou se všechny provedené zkoušky v měsíci, kterým se podělí skutečně odpracované hodiny,

- e) stanoví se přímé náklady spojené s provozem rtg-TV systému v měsíci, tj. součet příslušných mezd plus zvýšené režijní náklady z titulu odpisů a odhadnuté ostatní režijní náklady,
- f) rozdíl mezi vypočtenými náklady potřebnými na zhotovení ekvivalentního počtu snímků a náklady skutečnými lze považovat za ekonomickou efektivnost zařízení v daném měsíci, přičemž lze i vypočítat uspořené devizové prostředky na nákup rentgenových filmů a potřebných chemikálií na jejich zpracování.

Počátkem tohoto roku bylo zařízení rtg-TV pracoviště předáno středisku do trvalého užívání. I když některá přídatná zařízení systému ještě nejsou v provozu a některá nová se ještě připravují, přesto je zařízení prakticky denně v jednosměnném provozu plně využíváno. V pěti měsících se nám podařilo naučit se toto poměrně složité zařízení natolik obsluhovat, že již prakticky nedochází k přezáření převaděče z titulu vyjetí odlitku ze záběru a když, tak jenom na velmi krátký čas, než se stačí vypnout uzávěrka záření. Naučili jsme se hodnotit vady jak po stránce druhu a velikosti, tak i co do jejich rozsahu přesahující rámec obrazovky, jako to je u odlitků, jejichž celková plocha je větší než plocha převaděče. Aby byl přehled o odzkoušené ploše takovýchto odlitků, používáme pomocné drátěné rastry, které přikládáme přímo na odlitek. Ty se nám pak promítnou na obrazovku a od jejich průmětů pak s pomocí modelu RG 1 odečítáme potřebné vzdálenosti, které jsou nutné znát zvláště při značení vad. Tento problém se do značné míry vyřeší zavedením zařízení na dálkové značení vad. Další nevýhodou současného zařízení je, že výkony obou hydraulických čerpadel nejsou stále, což se v praxi projevuje rozjížděním souososti rentgenky s převaděčem. Tuto souosost máme sice možnost pomocí zaměřovací kamery sledovat, ale přesto její neustálé srovnávání při práci zdržuje. Proto je v současné době navrhováno konstrukční řešení, které by zaručilo zvolenou vzájemnou polohu rentgenky a převaděče, bez zřetele na jejich výšku, udržet.



Přestože rtg-TV systémem lze zkontrolovat značný počet odlitků, zůstává stále ještě otevřená záležitost, jakým způsobem tyto odlitky před převaděč dostat. I přes všechnu zavedenou mechanizaci zůstává v této manipulaci materiálem stále ještě podstatný díl ruční, značně namáhavé, práce. Přestože jsme k jejímu snížení objednali další pomocná manipulační zařízení, jako je otočný přenosný jeřáb na zatížení 250 kg a k němu některé pomocné vázací prostředky, zůstává tato otázka stále ještě slabou stránkou celého systému, se kterou se budeme muset trvale zabývat.

I přes četné potíže, které provoz tohoto zařízení sebou přináší, je jasné, že defektoskopické středisko by požadovaný nárůst zkoušek bez tohoto zařízení nebylo schopné zabezpečit. O jaký rozsah jde, ukazují tato čísla:

1. nákup celého zařízení včetně dosud nainstalovaných doplňků a přídatných zařízení stál 1 197 000 Kčs;
2. za prvních pět měsíců trvalého provozu zařízení bylo na něm odzkoušeno celkem 2746 odlitků, což představuje 41,47 % všech zkoušek provedených v uvedeném období na celém středisku, a to prakticky znamená převedení 58,85 % požadavku na zkoušky prozářením na rtg-TV řetězec.

Z uvedeného počtu odlitků připadá nejvíce odzkoušených odlitků na odlitky skříní nápravy pro TATRU 815 v počtu 2001 ks. Další skupinou odlitků takto zkoušených jsou odlitky rozváděcích lopatek pro parní turbíny v počtu 500 kusů, zbývajících 245 odlitků jsou různé odlitky, převážně určené pro elektrické lokomotivy. Kdybychom chtěli tyto odlitky v rozsahu předepsaném technickými podmínkami nasnímkovat normálním klasickým způsobem na rentgenový film, museli bychom na těchto 2746 odlitcích zhotovit 29 373 rentgenových snímků, na což bychom při zachování pětiletého průměru 7307 snímků v roce potřebovali 4,01 roku. (Za posledních pět let bylo na středisku zhotoveno 36 535 rentgenových snímků.);

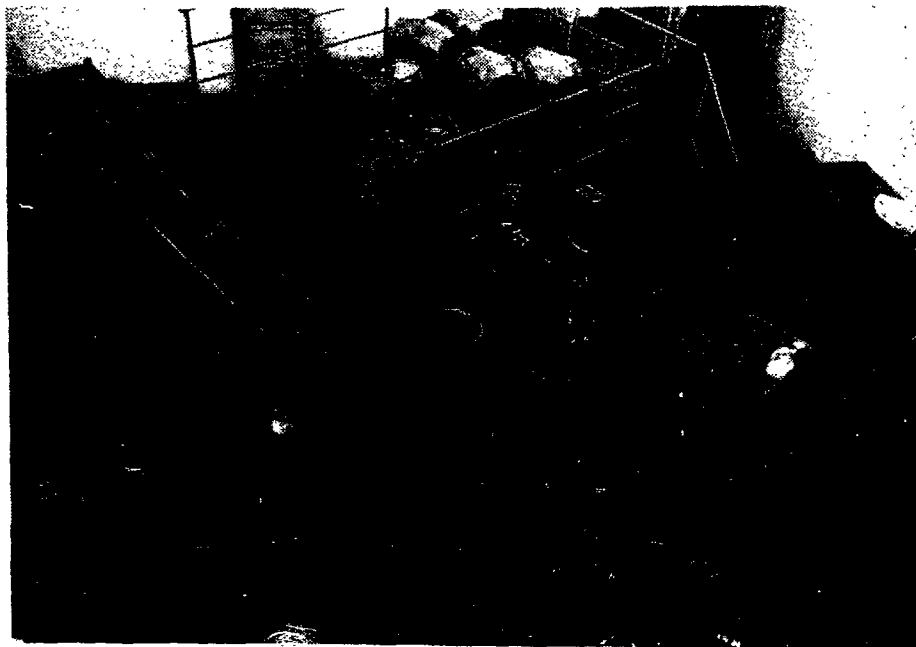
3. na zkontrolování 2746 odlitků rtg-TV systémem bylo zapotřebí 1729 pracovních hodin;
4. za uvedené odzkoušení těchto odlitků bylo vyúčtováno 845 355 Kčs;
5. náklady spojené s výrobou (vypočtené) činí 1 874 478 Kčs. Z této částky jsou přímé náklady potřebné na nákup filmů a chemikálií na jejich zpracování 1 484 774 Kčs;
6. rozdíl mezi vypočtenými náklady za výrobu 29 373 rentgenových snímků a skutečnými náklady spojenými s kontrolou 2746 odlitků pomocí rtg-TV systému za sledované pětiměsíční období činí 1 797 680 Kčs. Tuto hodnotu lze považovat za společenskou prospěšnost z využívání tohoto zařízení.

### Závěr

V průběhu zkušebního období a pětiměsíčního sledovaného období trvalého provozu se jasně prokázalo, že uvedené zařízení je provozuschopné. Navíc lze toto zařízení a jeho některé části použít i jako doplňková zařízení pro hodnocení zkoušek prováděných jinými metodami. Například dělat magnetický záznam obrazu ultrazvukového přístroje, nebo pomocí tohoto zařízení vyhodnocovat klasické rentgenové snímky apod.



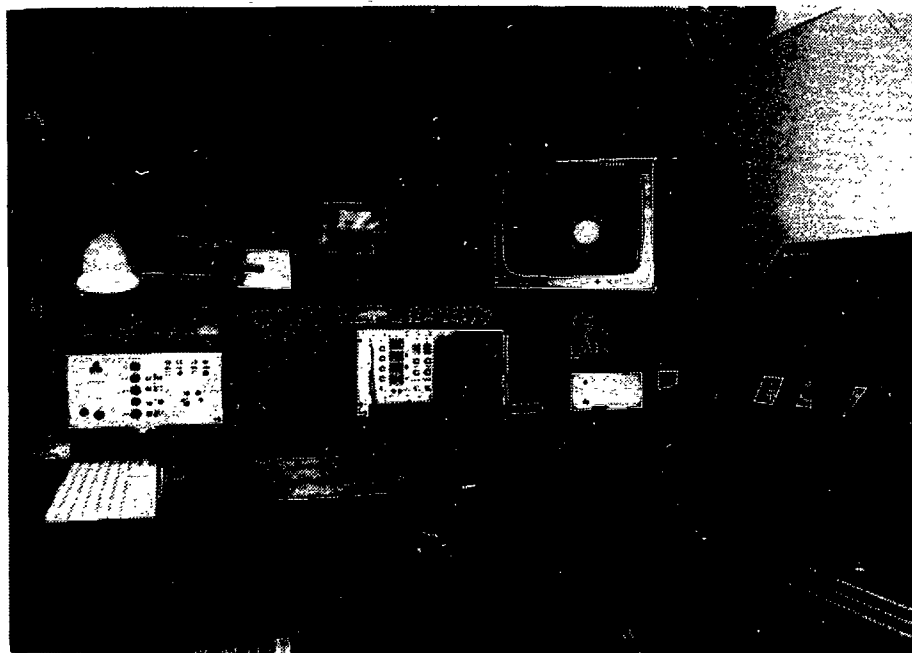
Obr. 1. Celkový pohled na uspořádání manipulačního prostoru



Obr. 2. Úpravy provedené na Baltografu CE'400



Obr. 3. Převaděč dálkově řízenou kolimační clonou



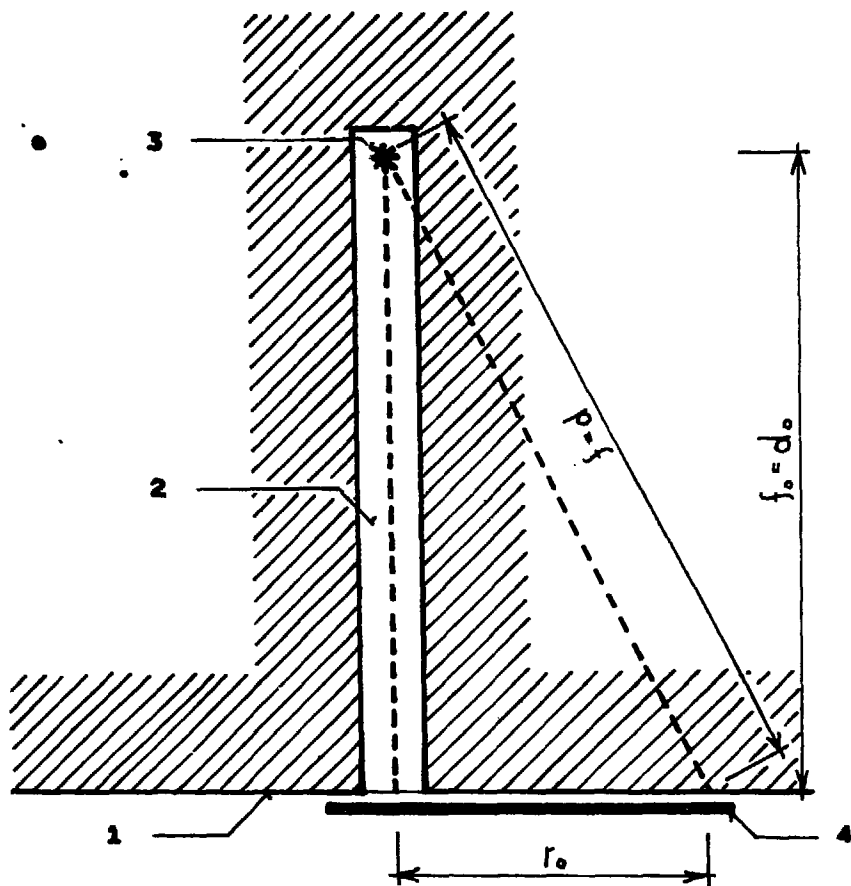
Obr. 4. Celkový pohled na ovládací panel

PROGRAM NA VÝPOČET EXPOZIČNÍ DOBY PŘI PROZAŘOVÁNÍ  
KONSTRUKCÍ A MATERIÁLŮ ZÁŘENÍM GAMA IZOTOPU  $^{60}_{27}\text{Co}$

Ing. Radomír Svoboda, Vysoké učení technické v Brně

V současné etapě vědeckotechnické revoluce se klade stále větší důraz na zvyšování kvality výroby a produktivity práce. S tím je nerozlučně spjata potřeba zavádět do praxe moderní, účinné metody nedestruktivní kontroly ve všech fázích výroby i využívání průmyslové produkce. V poslední době se pro tyto účely stále více používají radioaktivní izotopy, které přinášejí při minimálních provozních nákladech nejen značný ekonomický efekt, ale také významně zkracují dobu mezi okamžikem kontroly a získáním jejích výsledků. V některých oborech průmyslové výroby mají radioizotopy nezastupitelné místo, zejména ve stavebnictví při nedestruktivní kontrole železobetonových a předpjatých konstrukcí nebo ve strojírenství při prozařování svarů a odlitků větších tloušťek, kdy rentgenové aparatury svým výkonem již nepostačují.

Kolektiv pracovníků ÚSRD SVVÚ VUT v Brně vykonal již několik desítek prozařovacích zkoušek nejrůznějších železobetonových a předpjatých objektů na celém území ČSSR. Při těchto pracích neustále vyvstával problém exaktního stanovení expoziční doby pro okamžitou aktivitu zářiče  $^{60}_{27}\text{Co}$  a optimální rozložení zčernání filmů ve vztahu k měnící se tloušťce prozařované konstrukce a k měnící se ohniskové vzdálenosti. Změna tloušťky prozařované konstrukce  $d$  a ohniskové vzdálenosti  $f$  je zvláště významná při snímkování v tzv. geometrii "z vrtu" (obr. 1), kdy s měnící se vzdáleností označenou  $r$  se výrazně mění hodnota  $d = f$ . Změna vzdálenosti  $r$  při snímkování v tzv. geometrii "desky" má na rozsah zčernání mnohem menší vliv. Geometrie "z vrtu" se používá velmi často ve stavebnictví při prozařování železobetonových konstrukcí, kde nejen zkracuje podstatně expoziční dobu, ale i snižuje úroveň ionizujícího záření v oko-



Obr. 1. Schéma geometrie "z vrtu"

- 1 - prozařovaný materiál
- 2 - vrt pro umístění zářiče
- 3 - zářič
- 4 - rtg film

lí zkoušené konstrukce. Geometrie "desky" se používá běžně ve strojírenství při zkoušení svarů a odlitků.

Z teorie vyplývá, že expoziční dobu při prozařování materiálů a konstrukcí zářením gama ovlivňují vlastnosti použitého rtg filmu - vztah mezi expozicí (součinem expoziční rychlosti  $I$  a expoziční doby  $t$ ) a zčernáním filmu  $D$ , který je ovlivňován také použitím či nepoužitím zesilo-

vacích fólií. Expoziční rychlost v místě filmu ovlivňují jak geometrické veličiny při prozařování - prozařovaná tloušťka  $d$  a ohnisková vzdálenost  $f$  (obě se mění se vzdáleností  $r$ ), tak vlastnosti prozařovaného materiálu ze vztahu k použité energii záření - tzv. efektivní součinitel zeslabení  $\mu_{ef}$  (závisí na hmotnostním součiniteli zeslabení pro danou energii záření gama  $\mu_{m,ef}$  - ten závisí na chemickém složení materiálu a na objemové hmotnosti prozařovaného materiálu) a efektivní vrůstový faktor  $B_{ef}$  (závisí na prozařovaném materiálu, energii záření a geometrii prozařování - zde přistupuje faktor geometrie  $n$ ), tak i na vlastnostech použitého zdroje záření gama - na počáteční aktivitě zářiče  $A_0$ , jeho stáří  $t_0$ , poločasu rozpadu  $T_{1/2}$ , energii záření gama  $E$  a ozařovací konstantě  $\Gamma$ .

Z uvedeného je zřejmé, že expoziční dobu ovlivňuje celá řada navzájem svázaných vztahů a výpočet expoziční doby může mít jen tehdy praktický význam, bude-li prováděn automatizovaně, nejlépe za použití programovatelného kapesního kalkulátoru, neboť výsledný vztah pro expoziční rychlost po průchodu prozařovaným materiálem  $I$  nabývá tvar:

$$I = \frac{n \cdot B_{ef} \cdot A_0 \cdot r \cdot 60 \cdot \exp\left(-(\mu_{m,ef} \cdot \rho \cdot d_0 \cdot \frac{(r_0^2 + f_0^2)^{1/2}}{f_0} + t_0 \cdot \frac{\ln 2}{T_{1/2}}\right)}{r_0^2 + f_0^2} \left[A \cdot \text{kg}^{-1}\right] \quad (1)$$

expoziční doba  $t$  pro požadované zčernání  $D$ :

$$t = \frac{D - Q}{K \cdot I} \quad [\text{min}] \quad (2)$$

a dosažené zčernání  $D$  pro danou expoziční dobu  $t$ :

$$D = I \cdot t \cdot K + Q \quad [1], \quad (3)$$

kde  $K$  a  $Q$  jsou konstanty vyjadřující druh filmu, prozařovaný materiál, použité zesilovací fólie a geometrii prozařování.

Uvedené teoretické vztahy byly v ÚSRD SVVÚ VUT v Brně ověřeny experimentálně dozimetrickým měřením a experimen-

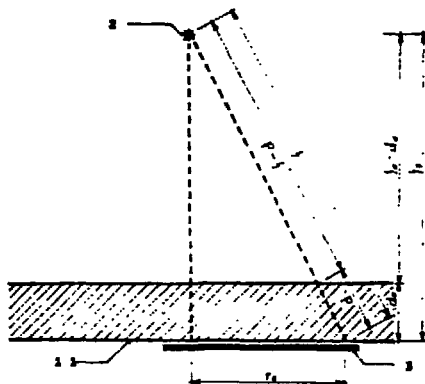
tálními snímky na betonových, ocelových a hliníkových deskách proměnné tloušťky. Z experimentů také vyplynuly hodnoty veličin  $n$ ,  $B_{ef}$ ,  $K$  a  $Q$ .

Poté byl vypracován program na výpočet expoziční doby (popřípadě zčernání  $D$ ) na kapesním programovatelném kalkulátoru HP-65.

Hodnoty  $A_0$ ,  $t_w$ ,  $d_0$ ,  $f_0$ ,  $r_0$  a  $\varphi$  jsou zadávány jako vstupní, hodnoty  $n$ ,  $B_{ef}$ ,  $\Gamma$ ,  $\mu_{m,ef}$ ,  $K$  a  $Q$  jsou automaticky přiřazovány podle zvolené geometrie prozařování, filmu a prozařovaného materiálu. Výslednými hodnotami jsou buď expoziční doba  $t$  (zadáme-li požadované zčernání  $D$ ), nebo naopak zčernání  $D$  (zadáme-li expoziční dobu  $t$ ).

Přesnost stanovení zčernání je  $\Delta D < 0,20$  v rozsahu  $D_E < 0,9 ; 3,2$ .

Veškeré potřebné vztahy pro odvození rovnic (1), (2), (3), tabulka konstant  $K$  a  $Q$  rtg filmů a ostatní potřebné vysvětlivky byly publikovány v časopise Inženýrské stavby číslo 1 z roku 1983 (str. 18 až 22), kde je také výpis z programu a postup ovládání kalkulátoru (na originálních programových formulářích) a praktický příklad osvětlující výhody navrhovaného způsobu stanovení expoziční doby pomocí programovatelného kalkulátoru HP-65. Pomocí odvozených vztahů a konstant lze také výpočet expoziční doby naprogramovat na jiné programovatelné kalkulátory.



Obr.2: Schéma geometrie "desky"  
 1 - prozařovaný materiál  
 2 - zářivka  
 3 - RTG film



## DEFEKTOSKOPICKÉ UZAVŘENÉ ZÁŘIČE

Václav Vondruška

ÚVVVR Praha

Norma RVHP SEV 3439-81 "Uzavřené radionuklidové zářiče. Termíny a definice", definuje: "Uzavřený radionuklidový zářič je radioaktivní zářič, jehož konstrukce vylučuje za předvídatelných podmínek, použití, transportu a skladování zářiče možnost zamořit okolní prostředí radioaktivní látkou nad úroveň povolenou platnými předpisy". Tato definice v podstatě odpovídá definici uvedené vyhl. 59/1972 Sb., resp. 65/1972 Sb., která navíc požaduje, aby uzavřený zářič byl provázen platným osvědčením.

Aby bylo možné radionuklidový zářič označit za uzavřený, byly vypracovány zkušební metody typové i individuální, byly stanoveny obecné podmínky pro různá upotřebení UZ, za kterých by s největší pravděpodobností nedošlo k porušení uzavřeného zářiče. Zkušební podmínky byly upřesňovány, postupně převzaty do mezinárodních normalizačních doporučení, pak do národních norem a v rámci RVHP do norem RVHP (ST SEV). Normy RVHP jsou pro členské státy, které je schválí a přijmou, závazné. Problematiky zkoušek uzavřených zářičů se v ČSSR týkají tyto ČSN:

1. ČSN 40 4301. Uzavřené radioaktivní zářiče. Zkoušky těsnosti a povrchového zamoření.  
Tato norma stanoví metody zkoušek těsnosti a povrchového zamoření uzavřených zářičů.
2. ČSN 40 4302. Uzavřené radioaktivní zářiče. Klasifikace.  
Norma stanoví systém klasifikace uzavřených zářičů na základě charakteristiky zářičů podle předpokládaného použití v provozu. Dále stanoví třídy požadavků na zkušební odolnosti vůči vlivu teploty, vnějšímu tlaku, nárazu, vibracím a průrazu, kterým musí vyhovovat uzavřené zářiče při zajištění podmínek jejich bezpečného používání

v nejvíce typických oblastech použití. Norma nestanovuje přípustné podmínky použití a neurčuje také konstrukční parametry zářičů.

3. ČSN 40 4303. Uzavřené radioaktivní zářiče. Metody zkoušení odolnosti.

Tato norma stanoví postupy prototypových zkoušek uzavřených zářičů podle požadavků zkoušení, které jsou uvedeny v ČSN 40 4302.

V současné době je připravována revize těchto norem se záměrem vytvořit normu jedinou. Je také připravována revize vyhlášek obou národních ministerstev zdravotnictví č. 59/72, resp. 65/72 o ochraně zdraví před ionizujícím zářením.

Vyhl. č. 59/72, resp. 65/72 stanoví, aby na osvědčení uzavřeného zářiče byla uvedena doba platnosti osvědčení. Existence osvědčení uzavřeného zářiče s uvedenou dobou platnosti je ojedinělá u výrobků nebezpečných lidskému zdraví a doba platnosti osvědčení není na osvědčeních zahraničních dodavatelů uváděna. Ze zkušenosti vyplývá, že údaj o době platnosti osvědčení vyvolává u uživatelů uzavřeného zářiče přesvědčení, že zářič je po celou tuto dobu neporušený a těsný. Nesprávným pochopením tohoto ustanovení vyhlášky 59/72 Sb., resp. 65/72 Sb., se již před několika léty zabývala příslušná ministerstva, výrobce (resp. distributor ÚVVVR) a hygienické orgány. Bylo navrženo nahradit dobu platnosti osvědčení údajem o doporučené době používání zářiče a doporučenými intervaly ověřování těsnosti ÚVVVREM a uživatelem podle provozních podmínek. Tato úprava není v rozporu s předcházejícím požadavkem vyhlášky, protože smyslem doby platnosti osvědčení podle § 15 odst. 2 písmeno ch) bylo odhadnout dobu používání uzavřeného zářiče za běžně očekávaných podmínek použití. Předpokládanou úpravou bude zdůrazněna povinnost uživatele uzavřeného zářiče, že se v průběhu používání musí přesvědčovat o tom, že uzavřenost zářiče trvá a že je tedy možné nadále se zářičem zacházet jako s uzavřeným. Tato povinnost vyplývá z ustanovení § 1 a § 4 písmena b), d), e), f).

Doba používání je podle ČSN 01 0102 definována jako kalendářní doba provozu objektu včetně případných přestávek od začátku provozu do okamžiku vzniku mezního stavu, přičemž začátek provozu i mezní stav jsou definovány v technických podmínkách.

Mezní stav podle stejné normy je definován jako stav objektu, ve kterém musí být další využití objektu přerušeno

- pro neodstranitelné porušení bezpečnostních požadavků, nebo
- pro neodstranitelné překročení předepsaných mezí stanovených parametrů, nebo
- pro neodstranitelné snížení efektivity provozu pod přípustnou hodnotu, nebo
- pro nutnost provést generální opravu

Návrh rozlišuje:

1. Autorizované zkoušky, které jsou prováděny výrobcem, resp. oprávněnou organizací ÚVVVR Praha podle § 14, odst. 3, popř. § 19, odst. 1 ověřující k datu předání užívající organizaci vlastnosti obalu uzavřeného zářiče podle ČSN 40 4301. Tyto zkoušky nenahrazují typové zkoušky, které ověřují odolnost uzavřených zářičů ČSN 40 4302 a ČSN 40 4303 za předvídatelných podmínek použití a opotřebení (ve shodě s definicí uzavřeného zářiče podle § 3 vyhlášky 59/1972 Sb.) a umožňující stanovení doporučené doby používání uzavřeného zářiče.
2. Provozní zkoušky, které jsou prováděny uživatelem opakovaně a mají včas, dříve než se netěsnost stane závažnou upozornit na porušení těsnosti uzavřeného zářiče. Způsob a intervaly zkoušek se volí přiměřeně k typu zářiče, způsobu jeho použití a popřípadě jeho technickému stavu. Způsob a četnost zkoušek navrhuje uživatel jako součást provozního řádu pracoviště, který schvaluje příslušná KHS.  
Při tom způsob zkoušek se nemusí nutně shodovat se zkouškami uvedenými v ČSN 40 4301, ale např. pro získání otě-

ru může být použit otěr z náhradní zkušební plochy. Limitní hodnota aktivity se v tomto případě příslušně upraví. Při tom náhradní zkušební plochou se rozumí plocha, která se při netěsnosti zářiče s velkou pravděpodobností kontaminuje a která je přípustná pro provedení otěrové zkoušky.

ÚVVVR jako distributor uzavřených zářičů přejímá údaje o doporučené době používání od jednotlivých výrobců. V této souvislosti je nutné upozornit i na různý přístup zahraničních dodavatelů při stanovování této doby. Např. Akademie věd MLR uvádí u  $^{192}\text{Ir}$  uzavřených zářičů dobu používání pět let, není tedy z hlediska praktické upotřebitelnosti brán v úvahu poločas radionuklidu, ale je přihlédnuto k technickému provedení zářiče (stejná doba používání je pak uváděna i u  $^{60}\text{Co}$  a  $^{137}\text{Cs}$ ). AIL Amersham používá pro stanovení doporučené doby používání tato hlediska: toxicita radionuklidu a celková počáteční aktivita, konstrukce zdroje, poločas, typické aplikační prostředí, zkušenosti s bezpečností při používání, údaje, zkoušek odolnosti.

Doporučená doba používání je pouze vodítkem. Nezahrnuje v sobě záruku provozní schopnosti, ani neposkytuje prostředky pro předcházení aplikací zářiče po nepřiměřenou dobu. Vytváří však povědomí potřeby kontrol a posuzování další vhodnosti zářiče pro příslušné prostředí použití. Autorizovaná zkouška vytváří záruku odborného a komplexního posouzení stavu zářiče.

Návrh na stanovování doby používání uzavřeného zářiče předpokládá využít tyto údaje:

1. Doporučenou dobu používání podle výrobce - v případech kdy je uváděna.
2. Klasifikační označení pro typickou oblast používání uzavřeného zářiče.
3. Posouzení vlivu prostředí během provozu uzavřeného zářiče.

4. Porovnání s obdobným typem zářiče, se kterým jsou již získávány praktické zkušenosti.

Pro rychlou a spolehlivou orientaci při určování typické oblasti použití, tak jak je uvádí ČSN 40 4302 (totožné s ISO a SEV), návrh předpokládá pořadové očíslování jednotlivých činností. Pořadové číslo bude uváděno na osvědčení uzavřeného zářiče vedle klasifikačního označení.

Pro postihnutí vlivu prostředí během provozu uzavřeného zářiče jsou předpokládány:

1. Zmírněné podmínky (uzavřený zářič se používá v laboratorních podmínkách, v suchém neagresivním prostředí, bez rizika mechanického poškození, např. sterilizační ozařovače, teleterapeutické ozařovače, některé kontrolní zářiče).
2. Běžné podmínky (normální průmyslové prostředí, zářič provozován v dalším ochranném pouzdře - např. hladinoměry, tloušťkoměry, onkologie a převážná část defektoskopie).
3. Ztížené podmínky (agresivní prostředí, prostředí vysokých teplot, tlaků, mechanické namáhání. Např. gumárny, některé druhy defektoskopie, radiační chemie).
4. Zvláště ztížené podmínky. Např. některé zářiče používané pro karotáž. Základní doba, ze které se stanoví doba mezi autorizovanými zkouškami, je pět let. Pro postihnutí vlivu prostředí bude tato doba opravena korekčním faktorem. Maximální doba používání uzavřeného zářiče je předpokládána 20 let. Po uplynutí této doby bude zářič vyřazován do radioaktivního odpadu. Bude však možné, v odůvodněných případech, aby na základě individuálního posouzení celkového stavu uzavřeného zářiče Ústavem pro výzkum, výrobu a využití radioizotopů KHS povolila prodloužení doby používání.

Autorizované zkoušky se dále přikazují:

- při důvodném podezření na netěsnost zářiče

- při převedení jinému uživateli; to neplatí, šlo-li o zářiče nabyté s úmyslem předat je jiné organizaci jako součást nějakého zařízení (Chirana, Tesla)

Provozní zkoušky navrhuje podle skutečných podmínek používání organizace v plánu péče o uzavřené radionuklidové zářiče. Mimo frekvenci zkoušek je rovněž uveden způsob zkoušek, technika provedení a vyhodnocení. Předložený návrh organizace schvaluje KHS.

Závěrem bych chtěl znovu připomenout nutnost uvádět již v objednávce uzavřeného zářiče klasifikační označení zářice pro typické oblasti používání. Toto označení se udává podle ČSN 40 4302.

Klasifikační označení podle této ČSN má být uvedeno v dokladu, který je přiložen k zářiči a skládá se z těchto prvků:

- a) symbol SEV nebo ISO,
- b) písmeno C, jestliže úroveň aktivity nepřekračuje stanovené hodnoty, které jsou uvedeny v tabulce 3 nebo písmeno E v případě, že je překračuje,
- c) pět číslic, charakterizujících souhlasně s přílohou 1 odpovídající čísla tříd činitelů působení, a to v následujícím postupném uspořádání tak, jak jsou uvedeny v tabulce 1: teplota, tlak, ráz, vibrace a průraz.

Příklad klasifikačního označení:

SEV nebo ISO 43515

V souladu s přílohou 1 a tabulkou 1 zářič s takovým označením se může používat v průmyslové radiografii mimo kryt uzavřeného zářiče a má vydržet působení teploty podle 4. třídy, tlak 3. třídy, ráz podle páté, vibraci podle první a průraz podle páté třídy.

Tabulka 1 a 3 a příloha 1 této normy jsou uvedeny v příloze textu tohoto referátu.

V této souvislosti je nutné zmínit se i o uzavřeném radionuklidovém zářiči, který je klasifikován jako "radio-

aktivní materiál zvláštního druhu". Záříč musí odpovídat klasifikačnímu označení minimálně E nebo C 6 1411.

Takto klasifikovaný záříč dává mimo jiné i možnost využít samostatnou konstrukci záříče jako součást, v tomto případě hermetizační systém transportního obalového souboru.

### Přílohy

Tabulka 1. Klasifikace uzavřených zdrojů záření -kušební podmínky

Tabulka 2. Skupina toxicity radionuklidů

Tabulka 3. Meze aktivity radioizotopových záříčů

Příloha 1. Klasifikační podmínky na uzavřené radioaktivní záříče pro typické oblasti používání

### Literatura

Vyhl. MZA. 59/1972 Sb., 65/1972 Sb.

ČSN 34 1730

ČSN 40 4301

ČSN 40 4302

ČSN 40 4303

Zásady standardní metody pro povolování odběru a používání uzavřených radioaktivních záříčů a stanovení doby jejich životnosti a způsobů a intervalů zkoušek prováděných organizací oprávněnou k vydávání osvědčení a organizací užívající uzavřený záříč (Podklad pro jednání konzultačního dne radiační hygieny dne 23. 11. 1978 v Praze).

Normalizace v jaderné technice č. 6, 1982.

Tabulka 1. Stupně odolnosti uzavřených radionuklidových záříčů a jim odpovídající předepsané zkušební hodnoty +)

Působící faktor	Předepsané zkušební hodnoty pro stupně odolnosti					
	1	2	3	4	5	6
Tepłota °C	bez zkoušky	-40 (20 min) +80 (1 h)	-40 (20 min) +180 (1 h)	-40 (20 min) +400 (1 h) a tepel. ráz ze 400 na 20	-40 (20 min) +600 (1 h) a tepel. ráz z 600 na 20	-40 (20 min) +800 (1 h) a te- pel. ráz z 800 na 20
Vnější tlak MPa	bez zkoušek	od 0,025 do atmosfér. tlaku	od 0,025 do 2,0	od 0,025 do 7,0	od 0,025 do 70	od 0,025 do 170
Úder z výšky 1 m, kg	bez zkoušky	0,05	0,2	2,0	5,0	20,0
Vibrace Hz	bez zkoušky	3krát (10 min) v rozsahu frekvencí 25 až 500 se zrychle- ním 49,05 m/s <sup>2</sup> ve vr- cholu amp- litudy	3krát (10 min) stejně pod- mínky jako faktor 2, rozsah frek- vencí 50 až 90, amplituda 0,63 mm od vrcholu k vrcholu, rozsah frek- vencí 90 až 500 se zry- chlením 98,1 m/s <sup>2</sup> (10 g) ve vrcholu amplitudy	3krát (10 min) v rozsahu frekvencí 25 až 80 při amplitudě 1,5 mm od vrcholu k vrcholu, v rozsahu frekvencí 80 až 2000 se zrychlením 196,2 m/s <sup>2</sup> (20 g) ve vrcholu amp- litudy		
Průraz z výšky 1 m, kg	bez zkoušky	0,001	0,1	0,05	0,3	1,0

+ ) pro různé působící faktory



Tabulka 2. Skupiny toxicity radionuklidů

Radionuklidy s vysokou toxicitou  
Skupina A

227 <sub>Ac</sub>	242 <sub>Cm</sub>	231 <sub>Pa</sub>	241 <sub>Pu</sub>	228 <sub>Th</sub>
241 <sub>Am</sub>	243 <sub>Cm</sub>	210 <sub>Pb</sub>	242 <sub>Pu</sub>	230 <sub>Th</sub>
243 <sub>Am</sub>	244 <sub>Cm</sub>	210 <sub>Po</sub>	223 <sub>Ra</sub>	230 <sub>U</sub>
249 <sub>Cf</sub>	245 <sub>Cm</sub>	238 <sub>Pu</sub>	226 <sub>Ra</sub>	232 <sub>U</sub>
250 <sub>Cf</sub>	246 <sub>Cm</sub>	239 <sub>Pu</sub>	228 <sub>Ra</sub>	233 <sub>U</sub>
252 <sub>Cf</sub>	237 <sub>Np</sub>	240 <sub>Pu</sub>	227 <sub>Th</sub>	234 <sub>U</sub>

Radionuklidy se střední toxicitou  
Skupina B<sub>1</sub>

228 <sub>Ac</sub>	144 <sub>Ce</sub>	124 <sub>J</sub>	212 <sub>Pb</sub>	160 <sub>Tb</sub>
110 <sup>m</sup> <sub>Ag</sub>	36 <sub>Cl</sub>	126 <sub>J</sub>	224 <sub>Ra</sub>	127 <sup>m</sup> <sub>Te</sub>
211 <sub>At</sub>	56 <sub>Co</sub>	131 <sub>J</sub>	106 <sub>Ru</sub>	129 <sup>m</sup> <sub>Te</sub>
140 <sub>Ba</sub>	60 <sub>Co</sub>	133 <sub>J</sub>	124 <sub>Sb</sub>	234 <sub>Th</sub>
207 <sub>Bi</sub>	134 <sub>Cs</sub>	114 <sup>m</sup> <sub>In</sub>	125 <sub>Sb</sub>	204 <sub>Tl</sub>
210 <sub>Bi</sub>	137 <sub>Cs</sub>	192 <sub>Ir</sub>	46 <sub>Sc</sub>	170 <sub>Tm</sub>
249 <sub>Bk</sub>	152 <sub>Eu</sub>	54 <sub>Mn</sub>	89 <sub>Sr</sub>	236 <sub>U</sub>
45 <sub>Ca</sub>	154 <sub>Eu</sub>	22 <sub>Na</sub>	90 <sub>Sr</sub>	91 <sub>Y</sub>
115 <sup>m</sup> <sub>Cd</sub>	181 <sub>Hf</sub>	230 <sub>Pa</sub>	182 <sub>Ta</sub>	95 <sub>Zr</sub>

Skupina B<sub>2</sub>

41 <sub>Ar</sub>	64 <sub>Cu</sub>	85 <sup>m</sup> <sub>Kr</sub>	143 <sub>Pr</sub>	96 <sub>Tc</sub>
105 <sub>Ag</sub>	165 <sub>Dy</sub>	87 <sub>Kr</sub>	191 <sub>Pt</sub>	97 <sub>Tc</sub>
111 <sub>Ag</sub>	166 <sub>Dy</sub>	140 <sub>La</sub>	193 <sub>Pt</sub>	97 <sup>m</sup> <sub>Tc</sub>
73 <sub>As</sub>	169 <sub>Er</sub>	177 <sub>Lu</sub>	197 <sub>Pt</sub>	99 <sub>Tc</sub>
74 <sub>As</sub>	171 <sub>Er</sub>	52 <sub>Mn</sub>	86 <sub>Rb</sub>	125 <sup>m</sup> <sub>Tc</sub>

76 <sub>As</sub>	152 <sup>m</sup> <sub>Fu</sub>	99 <sub>Mo</sub>	183 <sub>Re</sub>	127 <sub>Tc</sub>
77 <sub>As</sub>	155 <sub>Fu</sub>	56 <sub>Mn</sub>	186 <sub>Re</sub>	129 <sub>Tc</sub>
196 <sub>Au</sub>	18 <sub>F</sub>	24 <sub>Na</sub>	188 <sub>Re</sub>	131 <sup>m</sup> <sub>Tc</sub>
199 <sub>Au</sub>	52 <sub>Fe</sub>	93 <sup>m</sup> <sub>Nb</sub>	105 <sub>Rh</sub>	132 <sub>Te</sub>
199 <sub>Au</sub>	55 <sub>Fe</sub>	95 <sub>Nb</sub>	222 <sub>Rn</sub>	231 <sub>Th</sub>
131 <sub>Ba</sub>	59 <sub>Fe</sub>	147 <sub>Nd</sub>	97 <sub>Ru</sub>	200 <sub>Tl</sub>
7 <sub>Be</sub>	72 <sub>Ga</sub>	149 <sub>Nd</sub>	103 <sub>Ru</sub>	201 <sub>Tl</sub>
206 <sub>Bi</sub>	153 <sub>Gd</sub>	63 <sub>Ni</sub>	105 <sub>Ru</sub>	202 <sub>Tl</sub>
212 <sub>Bi</sub>	159 <sub>Gd</sub>	65 <sub>Ni</sub>	220 <sub>Rn</sub>	171 <sub>Tm</sub>
82 <sub>Br</sub>	197 <sub>Hg</sub>	239 <sub>Np</sub>	35 <sub>S</sub>	48 <sub>V</sub>
14 <sub>C</sub>	197 <sup>m</sup> <sub>Hg</sub>	185 <sub>Os</sub>	122 <sub>Sb</sub>	181 <sub>W</sub>
47 <sub>Ca</sub>	203 <sub>Hg</sub>	191 <sub>Os</sub>	47 <sub>Se</sub>	185 <sub>W</sub>
109 <sub>Cd</sub>	166 <sub>Ho</sub>	193 <sub>Os</sub>	48 <sub>Se</sub>	187 <sub>W</sub>
115 <sup>sc</sup> <sub>Cd</sub>	130 <sub>J</sub>	32 <sub>P</sub>	75 <sub>Se</sub>	135 <sub>Xe</sub>
141 <sub>Ce</sub>	132 <sub>J</sub>	233 <sub>Pa</sub>	31 <sub>Si</sub>	90 <sub>Y</sub>
143 <sub>Ce</sub>	134 <sub>J</sub>	203 <sub>Pb</sub>	151 <sub>Sm</sub>	92 <sub>Y</sub>
38 <sub>Cl</sub>	135 <sub>J</sub>	103 <sub>Pd</sub>	153 <sub>Sm</sub>	93 <sub>Y</sub>
57 <sub>Co</sub>	115 <sup>m</sup> <sub>In</sub>	109 <sub>Pd</sub>	113 <sub>Sn</sub>	175 <sub>Yb</sub>
58 <sub>Co</sub>	190 <sub>Ir</sub>	147 <sub>Pm</sub>	125 <sub>Sn</sub>	65 <sub>Zn</sub>
51 <sub>Cr</sub>	194 <sub>Ir</sub>	149 <sub>Pm</sub>	85 <sub>Sr</sub>	69 <sup>m</sup> <sub>Zn</sub>
131 <sub>Cs</sub>	42 <sub>K</sub>	142 <sub>Pr</sub>	91 <sub>Sr</sub>	97 <sub>Zr</sub>

Radionuklidy s nízkou toxicitou

Skupina C

37 <sub>Ar</sub>	113 <sup>m</sup> <sub>In</sub>	197 <sub>Pt</sub>	96 <sup>m</sup> <sub>Tc</sub>	U <sub>přír.</sub>
58 <sup>m</sup> <sub>Co</sub>	85 <sub>Kr</sub>	87 <sub>Rb</sub>	99 <sup>m</sup> <sub>Tc</sub>	131 <sub>Xe</sub>
134 <sup>m</sup> <sub>Cs</sub>	97 <sub>Nb</sub>	187 <sub>Re</sub>	232 <sub>Th</sub>	133 <sub>Xe</sub>
135 <sub>Cs</sub>	59 <sub>Ni</sub>	103 <sup>m</sup> <sub>Rh</sub>	Th <sub>přír.</sub>	91 <sub>Y</sub>

$^{71}\text{Ge}$	$^{15}\text{O}$	$^{147}\text{Sm}$	$^{235}\text{U}$	$^{69}\text{Zn}$
$^3\text{H}$	$^{191\text{m}}\text{Os}$	$^{85\text{m}}\text{Sr}$	$^{238}\text{U}$	$^{93}\text{Zr}$
$^{129}\text{J}$	$^{193\text{m}}\text{Pt}$	$^{11}\text{C}$		

Tabulka 3. Meze aktivity radioizotopových zářičů

Skupina toxicity radionuklidů (z tabulky 2)	Maximální aktivita zdroje /Bq/	
	Radioaktivní materiál vyluhovatelný (1) a nebo chemicky reaktivní (3)	Radioaktivní materiál nevyluhovatelný (2) a nebo chemicky nereaktivní (4)
A	$1,11 \cdot 10^{10}$	$1,11 \cdot 10^{11}$
B <sub>1</sub>	$1,11 \cdot 10^{12}$	$1,11 \cdot 10^{13}$
B <sub>2</sub>	$1,11 \cdot 10^{13}$	$1,11 \cdot 10^{14}$
C	$1,85 \cdot 10^{13}$	$1,85 \cdot 10^{14}$

**Příloha 1. Klasifikační podmínky na uzavřené ra-zářiče pro typické oblasti používání**

Oblasti použití uzavřených zářičů	Druh zkoušky a třída uzavřeného zářiče				
	Tep- lota	Tlak	Ná- raz	Vib- race	Prů- raz
<b>Průmyslová radiografie:</b>					
a) zářiče se používá mimo kryt uzavřeného zářiče	4	3	5	1	5
b) zářiče se používá v krytu uzavřeného zářiče	4	3	3	1	3
<b>Medicína:</b>					
Radiografie	3	2	3	1	2
Teleterapie	5	3	5	2	4
Jehly (implantáty)	5	3	2	1	1
Povrchové aplikátory	4	3	3	1	2
<b>Aparatury a zařízení se zářiči gama:</b>					
a) zářiče se používá mimo kryt uzavřeného zářiče	4	3	3	3	2
b) zářiče se používá v krytu uzavřeného zářiče	4	3	2	3	2
<b>Aparatury s nízkoenergetickými beta-gama zářiči a také se zářiči rentgenova záření pro fluorescenční analýzu (s vylouč. zářičů s plyn. náplní)</b>	3	3	2	2	2
<b>Karotáž vrtných děr</b>	5	6	5	2	2
<b>Přenos. vlhkoměry a hustoměry (přenáš. v rukách nebo přeprav. na vozíku)</b>	4	3	3	3	3
<b>Neutronové zdroje pro všeobec. aplikace (s výjimkou zdrojů pro spouštění reaktorů)</b>	4	3	3	2	3
<b>Kalibrační zářiče s aktivitou větší než <math>1,11 \cdot 10^6</math> Bq</b>	2	2	2	1	2
<b>Ozařovací přístroje</b>					
a) zářiče se používá mimo kryt uzavřeného zářiče	4	3	4	2	4
b) zářiče se používá v krytu uzavřeného zářiče	4	3	3	2	3
<b>Generátory iontů</b>					
chromatografy	3	2	2	1	1
eliminátory elektro-stat.el.	2	2	2	2	2
detektory kouře	3	2	2	2	2

## NEUTRONOVÁ RADIOGRAFIE TERMÁLNÍMI NEUTRONY

Ing. V. Bízek, CSc., Ing. Z. Zavadil

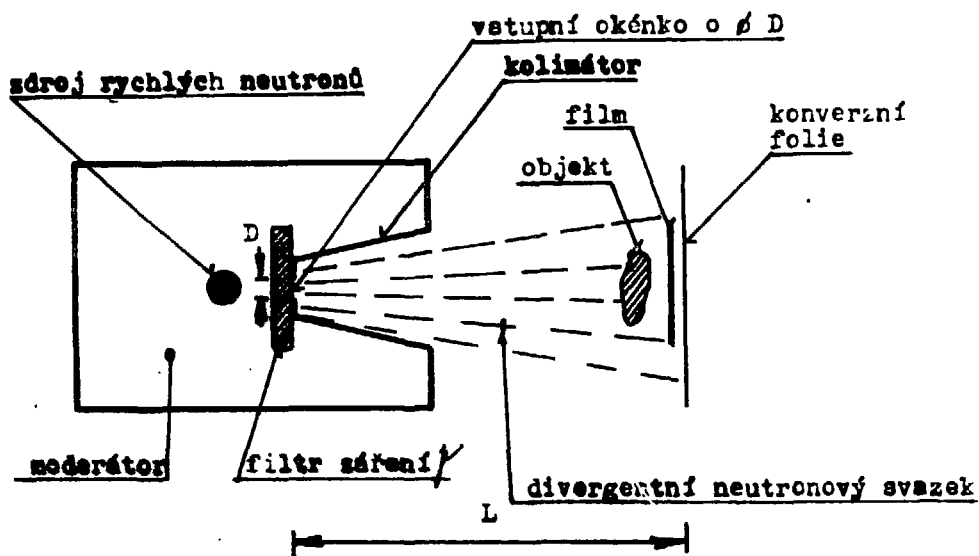
SVÚM-Praha

Účelem tohoto příspěvku je seznámit defektoskopické pracovníky s obsahem americké normy E 748-80, ve které jsou shrnuty základní poznatky a zkušenosti s metodou neutronové defektoskopie.

1. Úvodní kapitola normy E 748-80 obsahuje především účel normy jako návod k praktickému provádění kontroly prozařováním termálními neutrony, jejímž výsledkem je neutronogram požadované kvality. Dále pak význam těchto metod včetně volby materiálů vhodných k prozařování, výběr metod, kolimace svazku neutronů a výběr optimálních konverzních fólií. Jsou zde uvedeny limitující faktory těchto metod, otázky bezpečnosti při práci se zdroji neutronů i požadavky na kvalifikaci pracovníků v tomto oboru.

2. V této kapitole norma uvádí související ASTM normy, a to E 94, "Recommended Practice for Radiographic Testing" a E 545 "Determining Image Quality in Thermal Neutron Radiographic Testing".

3. Tato kapitola definuje metodu neutronové radiografie jako metodu v principu shodnou s metodou prozařování X nebo gama zářením. U obou způsobů se využívá zviditelnění modulace intenzity prošlého záření kontrolovaným výrobkem. V tomto případě je X nebo gama záření nahrazeno svazkem neutronů, které mají odlišné absorpční charakteristiky při interakci s hmotou, a proto se obě metody vzájemně s výhodou doplňují. Neutronografické pracoviště musí mít proto jako základní vybavení: zdroj rychlých neutronů, moderátor, filtr záření gama, kolimátor, konverzní fólie, nebo jiný detekční systém, kazety a biologickou ochranu pracovníků. Schéma metody je na obr. 1.



Obr. 1. Schéma typického neutronografického systému

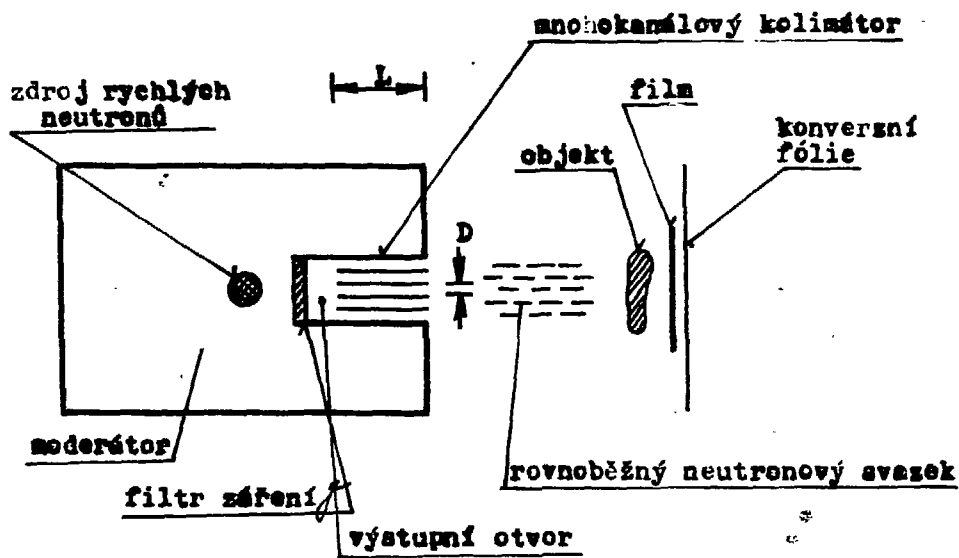
4. Tato část je věnována zdrojům neutronů. Jako zdroje neutronů jsou zde uvedeny reaktor, podkritický soubor, izotopový zdroj a urychlovač. Ve všech případech je nutné vysokoenergetické neutrony z těchto zdrojů moderovat na tepelné neutrony pomocí vhodného moderátoru (voda, olej, parafín, grafit, polyetylén apod.). Po stručném popisu jednotlivých zdrojů neutronů je zakončena tabulkou, ve které jsou porovnány charakteristiky jednotlivých zdrojů se zřetelem na jejich použití v defektoskopii.

Porovnání vlastností zdrojů tepelných neutronů

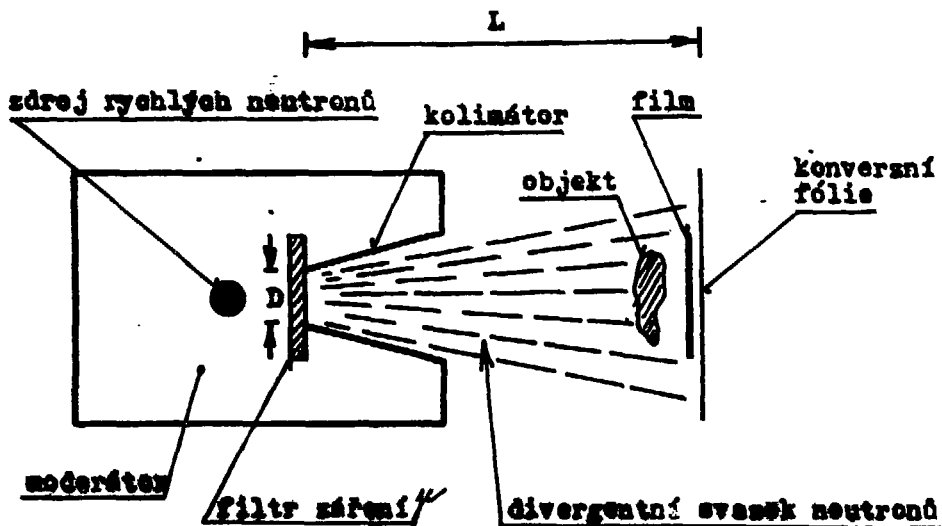
Typ zdroje	Tok neutronů [n.cm <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	Citlivost metody	Charakteristika zdroje
reaktor	10 <sup>5</sup> až 10 <sup>8</sup>	vynikající	není mobilní
podkritický soubor	10 <sup>4</sup> až 10 <sup>6</sup>	dobrá	mobilní s obtížemi
urychlovač	10 <sup>4</sup> až 10 <sup>6</sup>	střední	mobilní
izotop	10 <sup>1</sup> až 10 <sup>4</sup>	nízká až střední	mobilní

5. Pátá kapitola uvádí způsoby detekce neutronů (jejich zviditelnění), které jsou pro neutronovou radiografii typické. To je dáno skutečností, že neutron není přímo ionizující částicí, a nevytváří proto latentní obraz ve filmé emulzi. Většina zobrazovacích metod používá proto konverzních fólií, ze kterých po interakci s neutrony vystupují elektrony nebo viditelné světlo. Tyto fólie musí být v těsném kontaktu s filmem, aby se zabránilo zvětšení neostrosti neutronogramu a tím zhoršení citlivosti metody. V normě jsou podrobně popsány jak metoda přímé expozice, tak metoda nepřímé expozice, vlastnosti konverzních fólií i příklady použití obou metod. V závěru kapitoly jsou pak uvedeny ještě další možné způsoby detekce neutronů, jako jsou "track-etch" a zobrazení v reálném čase.

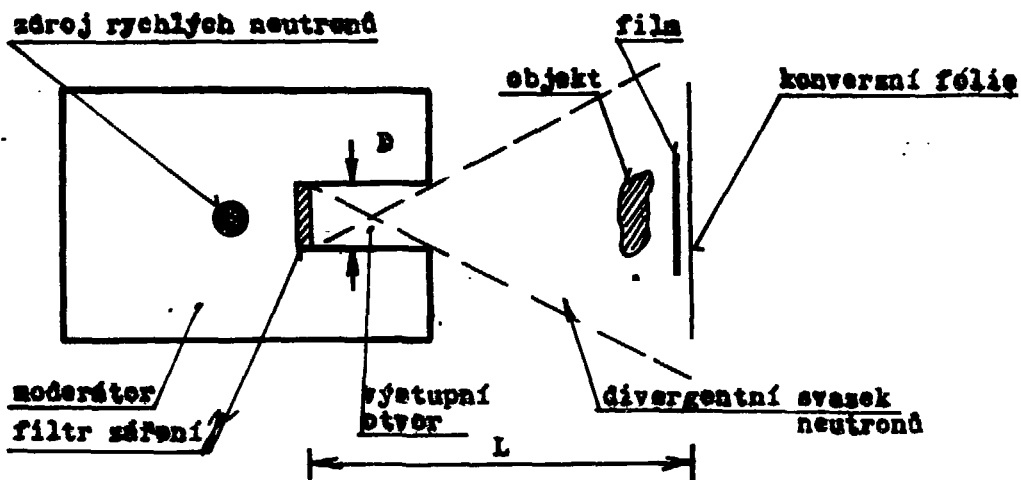
6. V této kapitole jsou uvedeny základní požadavky na kolimátor neutronového svazku, který má podstatný vliv nejen na zobrazovací vlastnosti zařízení, ale i na expoziční dobu neutronogramů. Jsou zde popsány různé používané typy kolimátorů (obr. 2 - 5) a definován kolimační poměr  $L/D$  jako jeden z důležitých parametrů tohoto zařízení.



Obr. 2. Mnohokanálový kolimátor

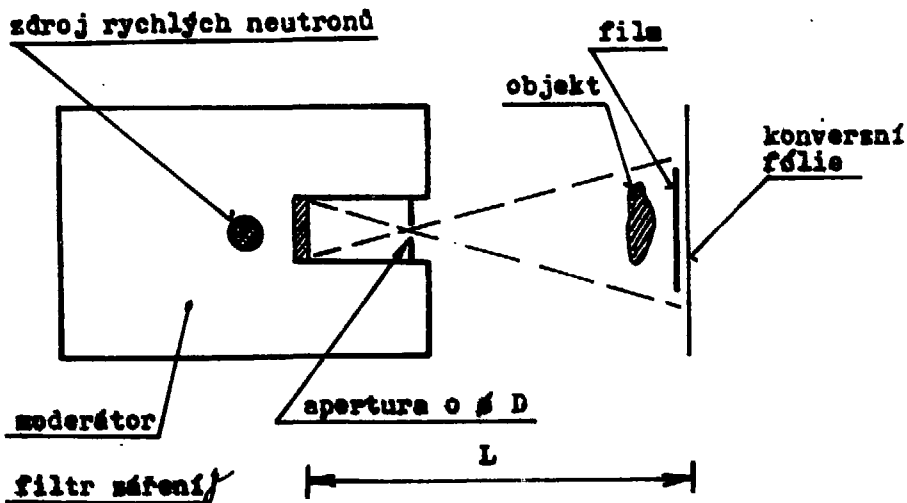


Obr. 3. Divergentní kolimátor



Obr. 4. Přímý kolimátor





Obr. 5. "Pinhole" kolimátor

7. Tato kapitola pojednává o důležitosti filtrů ve svazku neutronového záření. Jejich použití je dáno skutečností, že většina používaných zdrojů neutronů má ve svém spektru i záření gama, tedy parazitní záření, které má nepříznivé účinky na jakost neutronogramu. Jejich materiálem je Pb nebo Bi.

8. 9. 10. V osmé až desáté kapitole se norma zabývá vlivem maskování, účinků materiálů obklopujících objekt a kazetu a konečně vlivem kazety samé na výsledný neutronogram. Maskování se používá velmi zřídka v případech, kdy je žádoucí snížení rozptylu a vysokého kontrastu. Použití většiny materiálů pro tyto účely je doprovázeno zachytem neutronů a následnou emisí záření, které snižuje kvalitu snímku. Proto se nejčastěji používají materiály obsahující Li. Podobně jako při prozařování X nebo  $\gamma$  zářením dochází k zpětnému rozptylu neutronů a  $\gamma$  záření na materiálech tvořících okolí objektu a kazety. Je tedy nutné vyclonit přesně svazek a za kazetu umístit absorpční materiál (např. Gd a Pb), který zachytí zpětně rozptýlené záření. Kazety se mohou používat jako v rentgenografii, tj. vyrobené z Al ne-

bo Mg. Plastikové kazety jsou nevhodné, protože v konstrukčním materiálu s vysokým obsahem vodíku dochází k nežádoucímu rozptylu neutronů, čímž se sníží podstatně kvalita snímku. V některých aplikacích je vhodné použít vakuové kazety, které zaručují těsný kontakt fólie a filmu.

11. V této kapitole jsou popsány všeobecně měřky používané v neutronové radiografii (detailně se touto otázkou zabývá standard ASTM E 545-81). Tyto měřky - indikátory umožňují jednak ohodnotit složení svazku, včetně relativního podílu tepelných neutronů k vyšším energetickým složkám a relativního podílu záření, jednak i stanovit citlivost (zjistitelnost vad).

12. Ve dvanácté kapitole je rozebrána možnost použití kontrastních činidel v neutronové radiografii. Jsou to látky s vysokým absorpčním koeficientem jako např.: voda, olej, sloučeniny Gd, Li, Cd...

13. Třináctá kapitola určuje základní rozčlenění aplikací podle charakteristik objektu určeného ke zkoušení.

Je to:

1. Detekce materiálů s obdobnou měrnou hmotností. Řešení těchto případů představuje pro rentgenografii většinou nemalý problém. Jde především o některé pájecí materiály (Ag, Cd), pokovení, s aplikací kontrastního činidla, o detekci keramických reziduí v turbínových lopatkách, o detekci migrace materiálů v polovodičích. Dále může být neutronová radiografie úspěšně použita při sledování difúze lehké a těžké vody nebo při sledování pohybu vlhkosti ve stavebních materiálech.
2. Detekce komponent a materiálů s nízkou měrnou hmotností v obalech s vysokou měrnou hmotností. Tato kategorie zahrnuje zkoušení rozbušek v kovovém obalu, lokalizaci a měření: vodíku v pokovovacích materiálech, vlhkosti v zařízeních, kapalin a mazadel v kovových obalech; zkoušení lepených spojů, lokalizace korozních produktů Al atd.

3. Zkoušení vysoce radioaktivních vzorků. Jde především o zkoušení ozářených palivových článků.
4. Rozlišení mezi izotopy stejného prvku. Zeslabení neutronového svazku je především funkcí jednotlivých izotopů než samotných prvků. V některých případech má jeden izotop daného prvku vysoký účinný průřez pro interakci s tepelnými neutrony a druhý izotop má účinný průřez nízký. Tímto způsobem lze rozlišit izotopy  $^1\text{H}$  a  $^2\text{H}$  nebo  $^{235}\text{U}$  a  $^{238}\text{U}$ .

14. Ve čtrnácté kapitole jsou shrnuty možnosti aktivace vstupních elementů neutronografického systému. Objekty umístěné do svazku neutronů mohou být aktivovány v závislosti na energii incidujících neutronů, hustotě toku neutronů a expoziční době, na aktivačním účinném průřezu a poločasu rozpadu. Je proto nutné provádět monitorizaci záření zkoušených objektů po každé expozici (z hlediska bezpečnosti práce) a snažit se o snížení expozičních časů na minimum (z hlediska snížení kontrastu díky zvyšujícímu se podílu záření z aktivovaných materiálů na tvorbě latentního obrazu). Aktivovat se mohou všechny vstupní elementy systému, tj. prozařovaný objekt, kazeta, konverzní fólie.

V příloze je v první části shrnuto názvosloví vztažené k neutronové radiografii, dále je podán výklad o zeslabení neutronového svazku látkou a na závěr výpočet lineárního koeficientu zeslabení pro jednoprvkový a víceprvkový materiál na základě znalosti účinných průřezů.

#### Literatura

Standard Practices for Thermal Neutron Radiography of Materials, ASTM, E 748-80.

## AUTOMATICKÉ HODNOCENÍ VAD V MAGNETICKÉ PRÁŠKOVÉ METODĚ

Mojmír Věchet

SVŮM Praha

Pro zkoušky materiálu magnetickou práškovou metodou je charakteristické, že případné povrchové vady jsou zviditelněny místním seskupením částic magnetického prášku, tzv. magnetickou indikací. To ovšem vyžaduje, aby hodnocení těchto indikací prováděl pracovník, který je rozhodujícím kontrolním činitelem. Pokud se zkouší jednotlivé součásti, pak většinou čas potřebný k vyhodnocení indikací je relativně krátký a celkový zkušební čas výrazně neprodlužuje. V takovém případě vizuální hodnocení výsledku zkoušky vyhovuje.

Jiná situace však nastává, zkoušíme-li velké série stejných součástí. Moderní přístrojová technika je dnes schopna odzkoušet jednu součást za čas kratší než 10 s. Vyhodnocení však většinou potřebuje delší časový úsek, zejména jsou-li zkoušené předměty tvarově členité. Tehdy se stává vizuální hodnocení nejslabším místem celé zkoušky a výrazně ovlivňuje i její efektivnost. Dalším negativním rysem je vliv lidského činitele na spolehlivost zkoušky. Únava ze stereotypní činnosti má mnohdy za následek přehlédnutí vad.

Tyto a ještě další důvody vedly ke snaze nahradit subjektivně pracujícího člověka objektivním přístrojem, tak jako je tomu např. u automatizovaných ultrazvukových zařízení. Ovšem u magnetické práškové metody se stavěla do cesty řešení tohoto úkolu celá řada obtíží, jako např. vliv jakosti zkoušeného povrchu, rozlišení indikace vady od okolního povrchu, převod optické informace ve zpracovatelný signál a mnoho dalších nesnází. Ukázalo se rovněž, že lidské oko nejen indikace vad vyhledává, ale ve spojení s mozkem je zároveň analyzuje. Zkušený pracovník takřka okamžitě rozliší skutečnou indikaci od náhodného nakupení magnetického prášku např. vlivem povrchových nerovností. To však znamená, že má-li přístroj nahradit člověka, musí mít i jeho schopnosti.

- /11/ Corsepius, E.: Fachberichte Hüttenpraxis Metallwörter-  
verarbeitung, 18, 1980, č. 8, s. 582-588.
- /12/ Hron, J. aj.: Mezní stavy korozně namáhaných částí pri-  
márního okruhu reaktoru VVER. Výzkumná zpráva SVÚOM  
č. 21.0.2453, 1981.
- /13/ Regazzo, R. - Douša, J.: Stanovení ultrazvukových  
vlastností materiálu typu 17 455.9 obručí turboalter-  
nátorů. Výzkumná zpráva SVÚM, č. Z-78-3956, 1978,  
169 s.

PROZVUČOVÁNÍ TLAKOVÉ NÁDOBY REAKTORU ZKUŠEBNÍM ZAŘÍZENÍM  
REACTORTEST TRC

Ing. Jiří Přepechal, Ing. Zdeněk Skála  
ŠKODA, k.p., Plzeň

Prozvučování svarových spojů, austenitického návaru a  
základního materiálu tělesa tlakové nádoby jaderného reak-  
toru se při jeho kontrole zkušebním zařízením REACTORTEST  
TRC provádí pomocí čtyřkanálového ultrazvukového přístroje,  
ke kterému se připojují ve zvolené kombinaci tyto ultrazvu-  
kové sondy:

- A - úhlová sonda příčných vln  $45^{\circ}$ ,  $f$  1,5 MHz, kryt 40x40x34,  
výroba RTD (Röntgen Technische Dienst BV Rotterdam)
- B - totéž  $55^{\circ}$
- C - úhlová dvojsonda podélných vln  $70^{\circ}$ ,  $f$  2 MHz, ohnisko  
33 mm, kryt 40x40x34, výroba RTD

- D - totéž, ohnisko 15 mm, kryt 25x25x25
- E - přímá sonda, měnič  $\varnothing$  20, f 2 MHz, kryt  $\varnothing$  25x25, výroba TRC
- F - přímá dvojsonda, měniče 2x 1/2  $\varnothing$  20, f 2 MHz, kryt 40x40x32, výroba ŠKODA
- G - přímá dvojsonda, měniče 2x 1/2  $\varnothing$  15, f 2 MHz, kryt 25x25x25, výroba ŠKODA

Původně dodané sondy výroby RTD a TRC budou nahrazeny sondami stejných parametrů, vyvíjenými ve SVÚSS Běchovice.

Sondami A a B se zjišťují necelistvosti ve svarových spojích po celé jejich tloušťce mimo počáteční mrtvou zónu, která nepřesahuje 25 mm. Frekvence 1,5 MHz je zvolena pro potlačení nepříznivého vlivu austenitického návaru na citlivost kontroly.

Sondy C a D jsou určeny především pro zjišťování podnávarových trhlin, lze jimi však zjišťovat i jiné necelistvosti do hloubky 20-25 mm, a to i v austenitických svarech. Sondami C se zkouší válcové povrchy tělesa nádoby a hrdel a povrch dna. Sondami D, které jsou menší, se zkouší radiu-  
sové přechody hrdel.

Sonda E se v základní sestavě používá jako kontaktní. Je vložena do pouzdra o rozměrech 40x40x20 mm tak, že mezi kontaktní plochou a povrchem je mezera 0,2 mm. Lze ji použít také jako imersní sondu. Sondou E se zjišťují laminární necelistvosti po celé tloušťce od hloubky 30 až 35 mm.

Sondy F a G jsou určeny ke zjišťování necelistvostí na rozhraní mezi návarem a základním materiálem, orientovaných rovnoběžně s povrchem. Lze jimi zjišťovat ovšem i laminární necelistvosti do hloubky 35 - 40 mm. Sondy F se používají ke zkoušení stejných míst jako sondy C, sondy G se používají tam, kde sondy D.

Konstrukčně jsou sondy upraveny pro uchycení do kardánového závěsu držáku a pro dlouhodobou práci pod vodou. Vysokofrekvenčními triaxiálními kabely je do sond přiváděn tlakový vzduch, přičemž nastavený přetlak (cca 20 kPa) se automaticky udržuje při ponořování do vody.

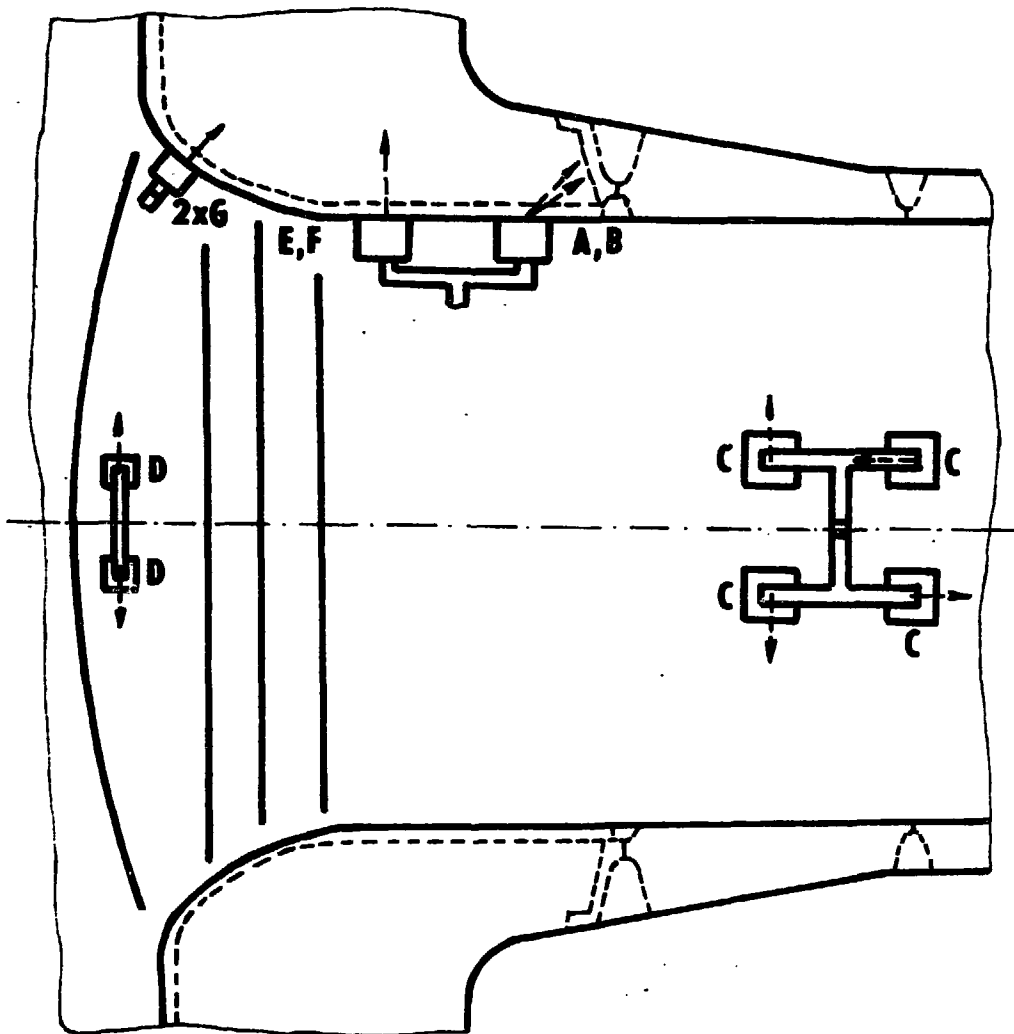
Při prozvučování jsou sondy v držáku uspořádány do čtverce o straně 110 mm (vzdálenost středů sond), při zkoušení radiusových přechodů hrdel jsou sondy uchyceny ve dvojicích ve vzdálenosti 60 mm. Sondy jsou k povrchu přitlačovány pružinami, přičemž přitlačnou sílu lze v určitém rozmezí měnit ustavením polohy manipulátoru.

Obvodové svary a přilehlý materiál se prozvučuje sondami A, B, C a E. Prozvučování se provádí čtyřikrát, ve čtyřech různých směrech. Návar válcové části a dna tělesa se kontroluje sestavou sond 2x C, E, F. Úhlové dvojsondy jsou do držáku uchyceny tak, že prozvučují proti sobě, což umožňuje zkoušet návar při jednom průchodu sond.

K prozvučování hrdel se používá dvou čtveřic a dvou dvojic sond (viz obr. 1). Sondami A a B se zjišťují necelestivosti na rozhraní mezi vyhrdlením a austenitickým svarem nástavce, sondami E a F jsou zjišťovány vady orientované rovnoběžně s povrchem v celém hrdle. Sondami D, které prozvučují každá jiným směrem, jsou zjišťovány necelestivosti do hloubky 20-25 mm v celém hrdle včetně svaru mezi nástavcem a potrubím. Návar a přilehlá vrstva základního materiálu v místě radiusového přechodu hrdla se prozvučuje dvojicí sond D a dvojicí sond G. Sondy D prozvučují ve dvou směrech po obvodu hrdla, tj. ve směru působení takových sil, kterými jsou tato místa především namáhána. Sondy G jsou do držáku vloženy tak, že jejich dělicí roviny jsou navzájem kolmé, což vzhledem k zakřivenému povrchu vede k vyšší spolehlivosti kontroly.

Ustavení citlivosti ultrazvukového přístroje se provádí ve dvou etapách - laboratorní a provozní. V laboratorní etapě se používají srovnávací měrky, jejichž tvar, materiál a provedení odpovídají přesně kontrolovanému reaktoru. Při provozním nastavení se používá kontrolní měrka a imitátor vadových ech. Srovnávací měrky - válcový segment a hrdlový segment - jsou opatřeny různými umělými vadami, kontrolní měrky obsahují vždy po jedné umělé vadě ve tvaru válcového vývrtu pro každou sondu v dané hlavici. Měření na srovnáva-

cích a kontrolních měrkách se provádí současně. Při zkoušce-  
 ní tlakové nádoby se kontrolní měrka umísťuje přímo do reak-  
 toru, což umožňuje jakékoli zjištěné indikace porovnávat  
 s indikacemi ve srovnávacích měrkách. Imitátor vadových  
 ech, vyvinutý v k.p. ŠKODA, umožňuje vytvořit na obrazovce  
 současně tři echa s nezávisle nastavitelnou výškou a vzdá-  
 leností. Nastavení je číslicové, tj. dostatečně přesné, aby



Obr. 1. Způsoby prozvučování hrdla  $J_8$  500 tlakové  
 nádoby reaktoru VVER 440



imitátor vadových ech mohl být využit k nastavení časové základny, k nastavení kompenzace vlivu vzdálenosti i ke kontrole zesilovačů ultrazvukového přístroje.

Analogová část ultrazvukového přístroje se skládá z obvyklých obvodů, které jsou však doplněny videomagnetofonem, na kterém se zapisují všechny signály, které lze pozorovat na obrazovkách a také údaje o poloze sond. Další zpracování ultrazvukových signálů se provádí číslicově v řídicí a vyhodnocovací části zkušebního zařízení REACTORTEST TRC.

Řídicí a vyhodnocovací část zařízení řídí pohony jednotlivých modulů manipulátoru, zpracovává signály z ultrazvukových kanálů a vytváří dokumenty zachycující průběh a výsledek zkoušení. Tvoří ji tyto jednotky:

- Ústřední mikropočítač - MDP - který komunikuje s operátorem, řídí činnost ostatních mikropočítačů a připravuje data pro výstupní zařízení.
- Mikropočítač pro řízení pohonů - MCP - který v automatickém režimu práce řídí pohyby manipulátoru.
- Řídicí pult, který slouží pro ruční řízení pohybů manipulátoru a na kterém je číslicově zobrazena poloha jednotlivých modulů manipulátoru. Pro řízení a zobrazení polohy je k dispozici osm kanálů polohy.
- Čtyři kanálové mikropočítače - UCP - z nichž každý zpracovává signál z jednoho ultrazvukového kanálu.
- Mikropočítač pro řízení záznamu identifikačních údajů na videopásku - DRP.
- Terminál, který slouží pro komunikaci s MDP a MCP.
- Interaktivní souřadnicový zapisovač s číslicovým vstupem dat.
- Mozaiková tiskárna.
- Osmikanálový liniový zapisovač.

Před začátkem zkoušení je třeba zadat parametry popisující zkoušený úsek a nastavení přístrojů. Tyto parametry zadává operátor prostřednictvím terminálu ústřednímu mikropočítači. Parametry lze zadávat buď z klávesnice terminálu, nebo jsou-li předem připraveny na kazetě, z kazetopáskové jednotky, která je součástí terminálu. Ústřední mikropočítač předává všechny identifikační parametry mikropočítači DRP, který řídí jejich zaznamenávání na videopásku a kanálovým mikropočítačem jsou předány parametry týkající se ultrazvukových kanálů. Ústřední mikropočítač ze zadaných parametrů spočte počet měřicích pohybů potřebných pro prozkoušení celého úseku a souřadnice počátečního bodu prvního měřicího pohybu a prvního kroku vyjádřené počtem pulsů snímačů polohy na odpovídajících kanálech polohy. Převádí také délku kroku zadanou v milimetrech na počet pulsů. Tyto údaje předá MCP, který podle nich řídí automatické sledování zkoušeného úseku.

Řídící část je konstruována tak, že pohybovat se může vždy jen jeden modul manipulátoru. Při měření vstupují údaje z kanálu polohy, na kterém dochází k pohybu, do MCP, který tyto údaje využívá k řízení pohonu tohoto kanálu polohy. Údaj o poloze také vstupuje do kanálových mikropočítačů. Do těchto mikropočítačů také vstupují číslíkově vyjádřené maximální amplitudy AMAX a odpovídající doby průchodu TMAX. Ze zadaných parametrů a změřených hodnot spočtou kanálové mikropočítače polohu bodu, od kterého se odrazil signál s amplitudou AMAX, vyjádřenou v milimetrech. Souřadnice tohoto bodu spolu s hodnotou AMAX jsou předány ústřednímu mikropočítači. Kanálové mikropočítače také obsahují číslíkově analogové převodníky, které AMAX a TMAX převádějí na analogový signál pro liniový zapisovač.

Ústřední mikropočítač shromažďuje údaje vystupující z kanálových mikropočítačů a řídí vytváření výstupních dokumentů.

Prvním tímto dokumentem je výpis z tiskárny. Ten obsahuje vždy přehled všech identifikačních údajů, který se

tiskne před začátkem zkoušení úseku, a údaje o zjištěných indikacích. Pro každý měřicí pohyb obsahuje výpis souřadnice bodů, kde ultrazvukový signál překročil prahovou hodnotu a kde pod ni klesl a kde mezi těmito dvěma body byla hodnota AMAX největší. Vypisuje se také tato největší hodnota.

Na souřadnicovém zapisovači se kreslí C zobrazení zkoušeného úseku, kde jsou také zobrazeny počáteční a koncové body všech měřicích pohybů.

Na liniovém zapisovači odpovídají jednomu ultrazvukovému kanálu dva kanály zapisovače. Na jednom je analogově zachycen průběh AMAX, na druhém odpovídající hloubka. Pomocí značek je na tomto záznamu zachycen údaj o poloze hlavičky vyjádřený počtem pulsů snímače.

## ULTRAZVUKOVÁ DEFEKTOSKOPICKÁ LINKA GRP 550

Ing. Bohumil Brodský  
VTŽ Chomutov

### 1. Úvod

Ultrazvuková kontrola bezešvých ocelových trubek se v posledních letech v hutních podnicích začala úspěšně rozšiřovat. Byly získány první dobré výsledky a mnoho cenných zkušeností. Hlavní důraz byl však kladen na kontrolu trubek průměrů 16 až 130 milimetrů. Pouze Ostravské rourovny (NHKG a VZKG) se pokusily ve spolupráci s výzkumnými ústavami SVÚSS a SVÚM řešit kontrolu trubek průměrů nad 100 mm. Byly vyrobeny prototypové kontrolní linky, které se v obou podnicích

provozují. Na rozdíl od tohoto řešení kontroly velkopřůměrových trubek podnik VTŽ Chomutov řešil tuto problematiku nákupem "sériově vyráběné" ultrazvukové linky GRP 550 firmy Krautkrämer.

Pro možné porovnání parametrů i zkušeností rouroven NHKG, VŽKG a VTŽ Chomutov a pro seznámení široké defektoskopické veřejnosti byla připravena následující přednáška o lince GRP 550 včetně zkušeností s dosavadním provozem.

## 2. Popis linky

Ultrazvuková defektoskopická linka GRP 550 se skládá z nakládacího roštu, dopravníku pro spirálový posun trubek, zkušebního zařízení a odkládacích roštů (obr. 15).

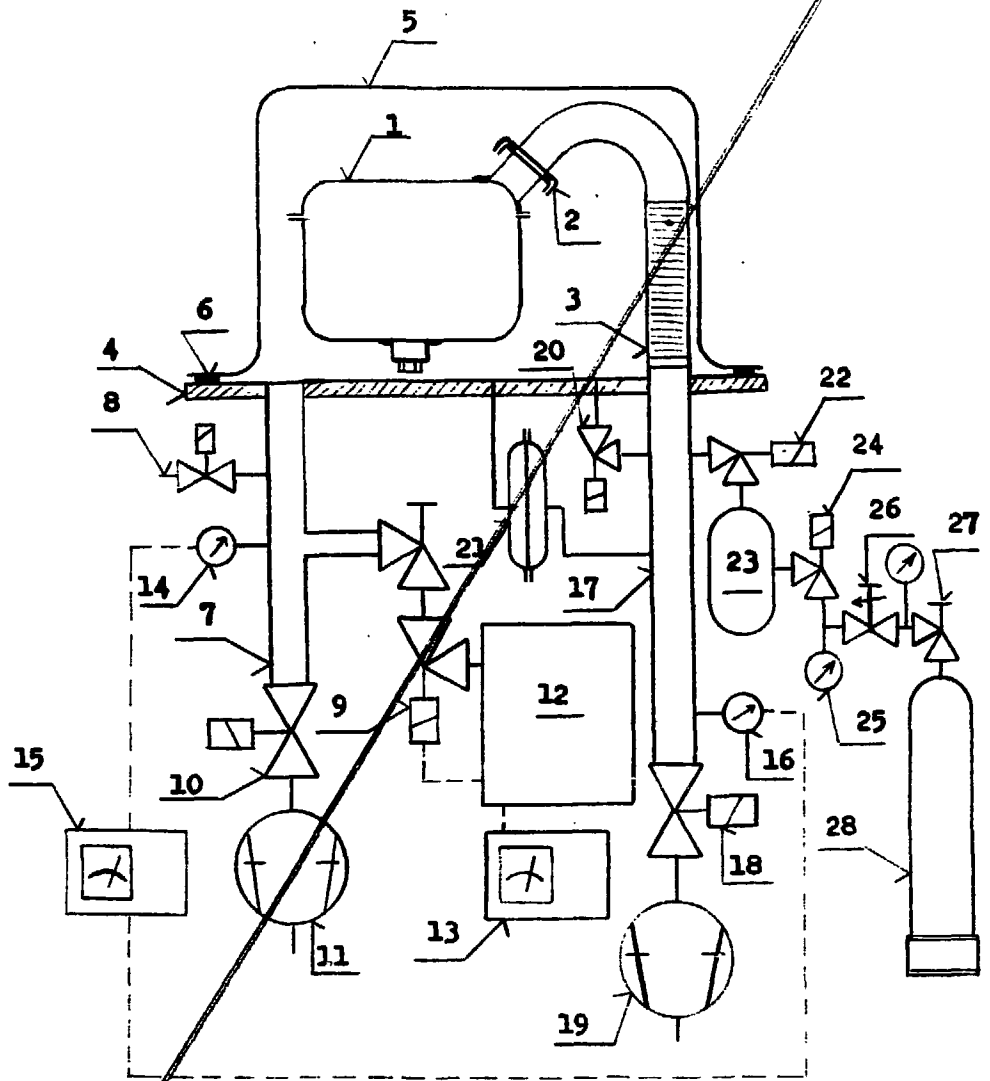
Trubky jsou z nakládacího roštu (obr. 14) jednotlivě nahazovány hydraulicky ovládanými nahazovači na dopravník. Stoupání šroubovice spirálového pohybu trubky je možné měnit v rozmezí od 0 do 150 milimetrů. Pro 100% kontrolu trubek na podélné vady se používá stoupání zkušební šroubovice 80 mm při použití UZ měničů 10 mm x 10 mm anebo 120 mm při použití UZ měničů 15 mm x 15 mm (obr. 4).

Trubka je nejprve dopravena nad první zkušební vaničku, kde jsou umístěny dva systémy sond pro zjišťování podélných vad a dvě sondy pro měření tloušťky stěny. Dále následuje druhá zkušební vanička (viz obr. 1) se dvěma systémy sond pro příčné vady. Defektoskopická aparatura je složena z jednotlivých panelových jednotek KS 3000.

Vyhodnocuje se mikroprocesorovou vyhodnocovací jednotkou. Značení vad se dělá nástřikem rychleschnoucí barvy.

Pohyb trubky po "spirálovém" dopravníku je hlídán pomocí jednotlivých fotohradel, která jsou dále používána pro ovládání zvedání vaniček a pro měření délky trubek.

Prozkoušené trubky se třídí podle kritéria "dobrá" a "vadná (kterýkoli druh vady)". Vzhledem k váze trubky jsou vyhazovače ovládaný hydraulicky a nepoužívají se třídící tašky, nýbrž pouze rošty.



OPER. 3.

ORGANIZACE A PROSTŘEDKY KONTROLY SVAŘOVACÍCH A NAVAŘOVACÍCH  
PRACÍ PŘI VÝROBĚ A MONTÁŽI ZAŘÍZENÍ JADERNÝCH ELEKTRÁREN

Josef Pelikán, Ing. Martin Hampejs, Jaroslav Kestl  
ŠKODA, k.p., Plzeň

Ve dnech 30. 5. - 4. 6. 1983 se v Plzni uskutečnila porada specialistů - zakladatelů MHS INTERATOMENERGO k výměně zkušeností na téma "Organizace a prostředky pro kontrolu svarů a návarů při výrobě a montáži zařízení jaderných elektráren". Porady se zúčastnili zástupci SSSR, Maďarska, NDR, Rumunska, Bulharska, Polska a ČSSR. Na této poradě také přednesl zástupce koncernového podniku ŠKODA Plzeň referát k uvedené tematice, jehož výtah zde uvádíme.

Kontrola kvality svařovacích a navařovacích prací při výrobě a montáži zařízení jaderných elektráren a organizace této kontroly je v k.p. ŠKODA Plzeň zabezpečována útvary řízení jakosti, výzkumnými pracovišti a zkušebnami příslušných závodů podniku. Pro jednotlivé kontrolní činnosti jsou stanoveny požadavky na odbornou kvalifikaci pracovníků, kteří zajišťují příslušné kontrolní operace. Veškeré kontrolní operace na jaderném programu představují přibližně 30 % celkových výrobních časů a z těchto prací představuje defektoskopie převážnou část.

V návaznosti na kvalifikační požadavky byl při zahájení prací na jaderném programu zpracován jednotný postup zvyšování kvalifikace pracovníků defektoskopie. Tento systém vychází z celostátního předpisu pro kvalifikaci pracovníků platného v ČSSR od roku 1966, který rozlišuje tři kvalifikační stupně odbornosti.

Pro kontrolu kvality svařovacích a navařovacích prací při výrobě a montáži zařízení jaderných elektráren byly v souladu s výše uvedenými požadavky a po odsouhlasení zástupci autorského dozoru SSSR stanoveny tyto kvalifikační požadavky:

Defektoskopické zkoušky svarových spojů a návarů může samostatně provádět jen pracovník, který:

- a) je držitelem min. II. kvalifikačního stupně příslušné odbornosti a vlastní defektoskopická průkaz,
- b) absolvuje jednou za rok bez zřetele na délku praxe školení podle speciální osnovy a podrobí se přezkoušení před zkušební komisí jmenovanou GR koncernu. Záznam o přezkoušení je uveden v průkazu.

Tyto požadavky jsou pak uvedeny ve vydaných technických podmínkách a předpisech kontroly. Lze konstatovat, že v současné době všichni pracovníci defektoskopie, kteří se podílejí na provádění a vyhodnocování defektoskopických zkoušek, získali odbornou kvalifikaci požadovanou ve výše uvedených technických podmínkách a předpisech.

Kontrola kvality svařovacích a navařovacích prací při výrobě zařízení jaderných elektráren je stanovena základním dokumentem PK 1514-72 "Předpisy pro kontrolu svarových spojů a návarů uzlů a konstrukcí jaderných elektráren, experimentálních a výzkumných reaktorů a scuborů".

Při zpracování technických podmínek pro oblast provádění a vyhodnocování výsledků defektoskopických zkoušek byla zpočátku k dispozici sovětská dokumentace, která však nebyla převzata v plném rozsahu z důvodů, že v ČSSR se na rozdíl od SSSR používaly některé odlišné technické parametry a prostředky (např. odlišné úhly ultrazvukových sond, druhy rentgenových filmů, kontrolní měrky citlivosti apod.). Postupným projednáním uvedených odlišností mezi čs. a sovětskými specialisty bylo dosaženo v krátké době dohod, např. ve formě technických řešení a protokolů, přičemž byla dodržována zásada, že při respektování národních norem a předpisů bylo nutné bezpodmínečně dodržet předepsané parametry zkušebních citlivostí a zásad hodnocení výsledků. Tak např. je možné použít při provádění defektoskopických zkoušek normy ČSN za předpokladu, že dosažené parametry splňují požadavek odpovídajících norem GOST, popřípadě jiných předpisů stanovených pro kontrolu jaderného programu.

V rámci upřesnění požadavků technických podmínek a ostatní související dokumentace byly dále zpracovány tzv. "návodky defektoskopické kontroly", což jsou v podstatě konkrétní technologické postupy, podle kterých se dělají jednotlivé defektoskopické operace. Doplněk technických podmínek a návodek tvoří ještě instrukce, zpracované pro jednotlivé zkušební metody používané při kontrole svařovacích a navařovacích prací.

Velké nároky a požadavky na kvalitu prováděných defektoskopických zkoušek vyžadují rovněž použití moderní přístrojové a měřicí techniky. V této oblasti se v polovině 80.let vyskytly značné potíže vyplývající z toho, že v ČSSR byla téměř zcela zrušena výroba defektoskopických přístrojů a zařízení. Protože se v následném období nepodařilo tuto výrobu obnovit a až na malé výjimky ani z ostatních socialistických zemí nebyly dováženy přístroje odpovídajících technických parametrů, bylo nutné se při zabezpečování potřebné přístrojové techniky orientovat na nákup ze západních zemí. V průběhu posledních pěti let se podařilo v našem podniku vybavit defektoskopická střediska, kde se dělají zkoušky svarů a návarů přístrojovou technikou vysoké technické úrovně, takže v této oblasti je možné plnit všechny požadavky na kvalitu prováděných zkoušek předepsaných technickými podmínkami a ostatní související dokumentací.

Speciálním požadavkem, který se vyskytl v průběhu provádění jednotlivých defektoskopických zkoušek byla otázka ověření technických parametrů přístrojů a zařízení používaných při těchto zkouškách. Jde v podstatě o metrologickou záležitost, kdy se pomocí speciálních přípravků a zkušebních postupů proěřuje, zda parametry přístrojů a zařízení včetně zkušebních postupů odpovídají požadovaným hodnotám uvedeným v technických podmínkách. Uvedené požadavky byly též zahrnuty do již zmíněných instrukcí, čímž je zabezpečena jednotnost a správnost prováděných defektoskopických zkoušek.



Se zavedením výroby jaderných zařízení v našem podniku muselo zákonitě dojít též k rozvoji defektoskopických oborů. Tento rozvoj se projevil především v mohutném růstu objemu defektoskopických zkoušek a osvojení zkoušek některých netypických výrobků a detailů. V oblasti ultrazvukové defektoskopie je růst objemu prací možné dokumentovat např. u kovaných polotovarů pro tlakovou nádobu reaktoru. Podle československých státních norem jsou výkovky zkoušeny pouze přímou sondou. Prstence tlakové nádoby jsou zkoušeny přímou sondou a třemi sondami úhlovými v šesti směrech.

Obdobná je situace i u převážné části sortimentu válcovaných a kovaných polotovarů pro ostatní uzly. Zcela novou problematikou bylo zkoušení austenitických návarů, protože se zkoušením několikavrstvých materiálů nebyly v našem podniku dostatečné zkušenosti. Zkoušení návarů ze strany základního materiálu přímou sondou bylo zvládnuto ve velmi krátké době. Určité těžkosti přetrvávají u zkoušek návarů dvojitou sondou v místech nerovnoběžných povrchů, z důvodů nestejných akustických vlastností a hrubozrnné struktury austenitických návarů. Zavedení ultrazvukového měření tloušťek návarů bylo velkým přínosem jak pro technologii svařování, tak pro oblast rozměrové kontroly. Jde však opět o měření časově velmi náročné, neboť před měřením vlastního návaru je nutné vždy ve stejném místě změřit před navařením tloušťku základního materiálu. Dále je pak možné měřit tloušťku jen v místech, kde jsou protilehlé povrchy rovnoběžné. Jsou proto hledány cesty, jak toto měření zjednodušit a urychlit. Určité možnosti patrně jsou v oblasti přístrojů pracujících na elektromagnetickém principu, které mohou měřit tloušťku návaru přímo ze strany návaru a i na zakřivených plochách. Podmínkou pro využití těchto posledně jmenovaných přístrojů je však kompenzace vlivu feritu obsaženého v austenitickém návaru (jeho obsah značně kolísá). Široký sortiment polotovarů, svarů a návarů zkoušených ultrazvukem vyžaduje velký a ekonomicky nákladný sortiment srovnávacích měrek.

Zkušenosti s prozařováním svarových spojů velkých tlouštěk byly v našem podniku již z období výroby jaderné elektrárny A 1 a z mnoha nádob pro chemický průmysl. Avšak vzhledem k plánovanému objemu prozařovaných svarů nebylo možné použít starých zdrojů záření (RTG a betatronů) pro malý výkon a tím velmi dlouhé expoziční časy (jeden obvodový svar představuje 64 expozic). Proto bylo nutné zakoupit v zahraničí lineární urychlovač Neptun 10 MeV, který svým výkonem umožňuje podstatně zkrátit (proti betatronu) expoziční časy potřebné pro prozáření silnostěnných svarů.

I když by se zdálo, že staré klasické povrchové zkoušky (magnetická prášková a kapilární) a jejich provedení nepůsobí žádné problémy, bylo tomu naopak. I zde byl učiněn značný krok ke zpřesnění metodiky zkoušení. Po vyřešení potřebné jakosti zkušebních povrchů pro provádění uvedených zkoušek se přistoupilo např. k měření intenzity magnetického pole při magnetické metodě práškové a k ověřování vlastností detekčních tekutin pro kapilární metody. Z důvodů požadavků na nízký obsah síry a halogenů je rovněž prováděn chemický rozbor všech prostředků používaných při kontrole austenitických návarů.

Další cestou k zjednodušení a především ke zrychlení provedení defektoskopických zkoušek se jeví zejména jejich mechanizace, popřípadě automatizace, které kromě značného zkrácení časů odstraní částečně nebo úplně vliv lidského činitele. V našem podniku již byly provedeny základní práce pro přípravu mechanizovaného zkoušení prstenců a sekcí tlakové nádoby ultrazvukem. Dále probíhají ověřovací zkoušky rtg-televizního řetězce pro prozařování svarových spojů (u odlitků je tento systém již provozně využíván). V případě realizace těchto zařízení v provozní praxi u kontroly jaderných zařízení bude nutné vzhledem k jiné koncepci hodnocení výsledků zkoušek provést též změny technické dokumentace. Neméně důležité při zvyšování efektivnosti defektoskopických zkoušek je těsné sepětí defektoskopie s konstrukcí a technologií výroby s cílem omezit výskyt vad na minimum.

Hodnocení výsledků defektoskopických zkoušek je jednou z nejnáročnějších etap při zabezpečování defektoskopických operací. Přípustnost vad ve svarových spojích a návarech je dána předpisem PK 1514-72. Zkušenosti při vyhodnocování výsledků kvality na jednotlivých komponentech a kompletech jaderných zařízení je možné rozdělit do tří skupin.

Do první skupiny je možné zařadit přípustné vady, tj. takové, které nepřesahují svými rozměry předepsané hodnoty uvedené v technických podmínkách.

Ve druhé skupině jsou zjištěné vady, jejichž rozměry přesahují dovolené hodnoty. Tyto vady je možné za určitých podmínek (stanovených např. konstrukcí nebo technologií) ponechat bez opravy.

Ve třetí skupině jsou pak takové vady, které přesahují hodnoty dovolené technickými podmínkami a vyžadují provedení opravy.

Z hlediska defektoskopie je pak povinnost při stanovení způsobu opravy provést přesnou lokalizaci zjištěných vad. Zkušenosti v této oblasti ukázaly, že v mnoha případech je časový průběh od okamžiku zjištění určité nepřípustné vady, stanovení způsobu opravy a jeho odsouhlasení, vlastní provedení opravy až k opakované defektoskopické zkoušce velmi zdoluhavý a podstatně prodlužuje výrobní časy a narušuje harmonogramy výroby.

Výsledky jednotlivých kontrol (registrované a nevyhovující vady) se zaznamenávají do protokolů, které se shromažďují společně s ostatní dokumentací technické kontroly v ÚTK-technické předávací kanceláři. Vytypované kontroly určené pro KPI jsou předem předkládány k posouzení výsledků a správnosti provedení kontroly sovětským přejímačem. V případě nevyhovujících výsledků zjištěných při jednotlivých kontrolách (zjištěné vady přesahují hodnoty stanovené technickými podmínkami) se vystavuje tzv. deník operativních rozhodnutí (DOR), kde je popsán způsob kontroly i obsah nevyhovujícího výsledku, vše je pak zasláno k posouzení

technickému úseku závodu, který společně se zástupci autor-  
ského dozoru SSSR rozhodne o dalším použití výrobku (od-  
chylka, způsob opravy, zmetkování apod.). V průběhu výroby  
jednotlivých kompletů se postupně rozebíraly příčiny vad  
řešených DOR. Většinu nevyhovujících výsledků zapříčinila  
nekvalitní práce při svařování (práce svařečů, špatná tech-  
nologie, nekvalitní elektrody apod.). Postupným osvojením  
svařovacích a navařovacích prací se též upřesňovala použitá  
původní technologie a v této oblasti se prováděly některé  
dílčí úpravy a změny.

V posledním období je patrná rovněž snaha členských  
států RVHP v oblasti normalizace a ve stadiu projednávání  
je řada norem (včetně defektoskopických), jejichž cílem je  
sjednotit v rámci RVHP podmínky hodnocení při kontrole kva-  
lity výrobků. Jako příklad je možné jmenovat návrh RVHP -  
téma 01.106.05-79 "Označování a klasifikace vad svarových  
spojů podle radiogramů", dále návrh RVHP téma 01.106.06-80  
"Svarové spojení. Ultrazvuková defektoskopie. Obecné zása-  
dy".

Praxe při tvorbě výše uvedených norem je většinou ta-  
ková, že zpracováním výchozího návrhu je pověřen jeden  
členský stát RVHP, který do návrhu zařadí též své národní  
normy a předpisy. Takto zpracovaný návrh tvoří hlavní zá-  
klad budoucí normy a v rámci pozdějších připomínkových ří-  
zení nedochází již k akceptování často podstatných připomí-  
nek ze strany ostatních členských států, kde jsou též dílčí  
specifické vazby na další např. oborové normy a ostatní  
předpisy. To přináší pozdější riziko možných rozporů při  
zavádění norem RVHP do praxe. Podle našeho názoru a praxe  
by měly být při zpracování uvedených norem pečlivě posouze-  
ny oblasti, kde je možné vcelku rychle dosáhnout jednotného  
stanoviska (např. oblast metodiky zkoušení) a u norem, kte-  
ré se týkají způsobů hodnocení a klasifikace vad, provést  
postupné dílčí ověření v jednotlivých členských státech  
a poté teprve jejich zavedení do praxe.

Novým požadavkem z posledního období je žádost čs. komise pro atomovou energii o tzv. "mapování vad", zjištěných při kontrolách jaderných zařízení. Tento požadavek zcela určitě zkomplikuje dnes již tak značný rozsah prováděné dokumentace.

To je stručný výtah referátu předneseného zástupcem našeho koncernového podniku na poradě specialistů-zakladatelů MHS INTERATOMENERGO. Účastníci porady v závěru zasedání též konstatovali, že při současném rozsahu a vysokých požadavcích na kvalitu jaderných energetických zařízení a vzhledem k vývojovému trendu (výroba VVER 1000) jsou současné technické podmínky a předpisy pro tyto účely nedostačující a je proto nutné postupně zpracovat předpisy nové, které by jednak respektovaly uvedené požadavky, jednak by sjednotily některé rozdílnosti v rámci používaných národních norem a předpisů jednotlivých členských států RVHP, podílejících se na výrobě a na montáži jaderných zařízení. Jde např. o zpřesnění přípustnosti vad, zařazování jednotlivých výrobků do jednotlivých kategorií, o hodnocení zjištěných vad při zavedení mechanizace a automatizace defektoskopických zkoušek, o upřesnění rozsahu vývojových a osvojovacích prací apod.

V závěru je možné konstatovat, že defektoskopické zkoušky při kontrole kvality jaderných energetických zařízení jsou jednou z nejdůležitějších oblastí při výrobě a montáži jaderných elektráren. Velké nároky na provedení těchto zkoušek jsou samozřejmým požadavkem, protože velmi často je to jediný způsob, jak se můžeme přesvědčit o požadované kvalitě vyráběných zařízení. Dodržování požadované kvality vyráběných zařízení dává na druhé straně záruku dodržení všech podmínek z hlediska jaderné bezpečnosti.

---

<b>Název publikace:</b>	Defektoskopie 83
<b>Zpracoval:</b>	Kolektiv autorů
<b>Počet stran:</b>	198
<b>Náklad:</b>	220
<b>Formát:</b>	A 5
<b>Číslo publikace:</b>	60 - 513 - 83 (2584)
<b>Vydal a rozmnožil:</b>	Dům techniky ČSVTS Praha Praha 1, Gorkého nám. 23
<b>Datum vydání:</b>	1983 DT 01 - 592/83
<b>Cena publikace:</b>	160 Kčs (Cenový výměr č. 1227)

Slovenské příspěvky nebyly v DT jazykově upraveny