



3. STRUKTURA A VLASTNOSTI MATERIÁLU A JEJICH ZKOUŠENÍ

3.6 Vady výrobků a zkoušky bez porušení

Výroba polotovarů i konečných výrobků také vede buď nahodile či systematicky k jejich vnitřním nebo povrchovým vadám. Tyto vady mohou vznikat i za provozu výrobku buď degračními procesy nebo jeho nahodilým přetížením.

Vady se třídí dle vnějších znaků do skupin a v rámci těchto skupin na jednotlivé druhy podle typu výrobku (tvářené výrobky, odlitky, svary, aj.). V různých technologických oborech podchycují a specifikují jednotlivé vady státní nebo oborové normy.

Mezi vady výrobků lze zahrnout (a) dutiny, trhliny, vměstky a jiné necelistvosti, (b) vady struktury, (c) zbytková napětí, ale také (d) nesprávné chemické složení, (e) nevyhovující mechanické, fyzikální nebo chemické vlastnosti, (f) nadměrné úchytky tvaru a rozměrů. Tato kapitola pojednává o vadách (a), (b) a o jejich zkouškách bez porušení.

Existence vad mění charakteristiky výrobku a je příčinou změny předvídaného mezního stavu. Z těchto důvodů byla vypracována a stále se rozvíjí soustava nedestruktivních defektoskopických zkoušek, specializovaných na vstupní, mezioperační a výstupní kontrolu výrobku i na jejich provozní diagnostiku.

Používané zkušební metody (tab. 3-IV) jsou založeny na indikaci změn fyzikálních veličin (intenzity pronikavého záření, rozptylu magnetického toku, energie mechanických kmitů aj.) vznikajících na mezifázových rozhraních v materiálu zkoušeného výrobku.

Tabulka 3-IV Použitelnost defektoskopických zkoušek bez porušení

Druh vady	Defektoskopické zkoušky				
	prozařování		ultrazvuk	elektro- magnetické	kapilární
	rentgen	gama			
bubliny, póry, řediny, staženiny, neprovařený kořen svaru	A	A	A	C	C
	A	A	A	C	C
	A	A	A-B	C	C
trhliny povrchové trhliny vnitřní studený spoj	B-C	B - C	B-C	A	A
	B-C	B-C	A A	C	C
	B-C	B-C		B ¹⁾	B ¹⁾
nekovové vměstky kovové vměstky struskovitost	A	A	A	C	C
	A	A	C	C	C
	A	A	A	C	C
Odmíšení místní hrubé zrno	C	C	C	B ²⁾	C
	C	C	B	C	C

Pozn.: A - spolehlivá indikace vady, B – indikace vady, méně výrazná nebo nejistá, C – vadu nelze identifikovat, ¹⁾ jen vady povrchové, jinak C, ²⁾ jen vířivé proudy



3. STRUKTURA A VLASTNOSTI MATERIÁLU A JEJICH ZKOUŠENÍ

3.6.1 Povrchové vady a jejich zkoušky***Kapilární zkoušky***

Povrchové trhliny a jiné nečistosti se indikují vhodnými kapilárně aktivními kapalinami, které pronikají do těchto vad. Po odstranění přebytku kapaliny s povrchu zkoušeného výrobku kapalina vzlíná působením kapilárních sil a vytéká na povrch, takže nečistost zviditelní. Jako detekční kapaliny jsou vhodné pouze takové, které mají malé povrchové napětí (γ přibližně $2,5 \text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$, např. petrolej nebo terpentýn), a tedy dobře smáčejí povrch.

Používané detekční kapaliny jsou buď chemicky aktivní pro zkoušky leptací nebo chemicky pasivní. Ve druhém případě se používá kapalin barevných, fluorescenčních aj. (olej, petrolej).

Elektromagnetické zkoušky

Magnetoinduktivní a elektroinduktivní zkoušky lze použít pro zjišťování povrchových a podpovrchových vad polotovarů a výrobků. Tato skupina defektoskopických zkoušek má široké uplatnění zejména v hutních provozech a při vstupní a výstupní kontrole hutních polotovarů ve strojírenských podnicích.

Podle fyzikálního principu se tyto zkoušky dělí na metody rozptylových polí a na metody vířivých proudů.

Metody rozptylových polí jsou založeny na rozptylu magnetického toku přerušením souvislosti prostředí, ve kterém je magnetické pole buzeno. Vytvoření rozptylových polí je možné podélnou nebo příčnou magnetizací zkoušeného výrobku, který musí být feromagnetický. Indikace rozptylových polí, tj. indikace vad se provádí pomocí feromagnetických prášků (metoda prášková, polévací), pomocí speciálních snímacích sond, nebo pomocí magnetografických materiálů.

Metody vířivých proudů spočívají ve zjišťování změn fyzikálních vlastností výrobku pomocí střídavého magnetického pole. Výrobek se vloží do střídavého magnetického pole, které indikuje ve zkoušeném materiálu vířivé proudy. Magnetické pole vířivých proudů se vektorově skládá s magnetickým polem budícím. Výsledné pole se snímá sekundární cívkou a tento signál se porovnává se signálem etalonu. Měřené indukované napětí je ovlivněno strukturou, rozměry výrobku, existencí povrchových vad. Metodika je tedy vhodná pro rychlou nedestruktivní kontrolu podlouhlých výrobků z hlediska vad i strukturních stavů.

3.6.2 Vnitřní vady a jejich zkoušky***Ultrazvukové metody***

Ačkoliv dolní hranice ultrazvukové frekvence je 20 kHz, pro nedestruktivní zkoušení materiálu se využívají frekvence do 15 MHz. Ultrazvukem se zjišťují nejen vnitřní vady výrobků, ale používá se rovněž pro měření tloušťek stěn, elastických modulů a zbytkových napětí. V daném materiálu lze prokázat jen vady, jejichž příčné rozměry y, z kolmé na směr x šířem ultrazvuku jsou větší než poloviční délka vlny $\lambda/2$:

$$y, z > \frac{c}{2f} \quad (2.48)$$



3. STRUKTURA A VLASTNOSTI MATERIÁLU A JEJICH ZKOUŠENÍ

kde c je rychlost zvuku v materiálu, f je frekvence ultrazvuku.

Zdroje ultrazvuku (sondy) používané v defektoskopii jsou v současné době založeny výhradně na obráceném piezoelektrickém jevu. Ultrazukové sondy jsou tedy elektroakustické měniče, které mohou být konstruovány tak, aby poskytovaly různé druhy akustických vln. Při ultrazukových zkouškách se používá zejména podélných a příčných vln. Příčné vlny mají v tuhých látkách přibližně poloviční rychlost.

Za základní metody ultrazukové defektoskopie lze považovat metodu průchozí a metodou odrazovou.

Průchozí metoda je založena na měření ztrát ultrazukové energie svazku prošlého zkoušenou stěnou. Je-li v materiálu vada nebo jiné vnitřní rozhraní vzniká ultrazukový stín, který znamená pokles energie zachycené přijímací sondou.

Odrážová metoda se ve zkušební praxi používá nejvíce. Vysílací sonda vysílá do zkoušeného výrobku krátké ultrazukové impulzy, které se odrážejí od protilehlého povrchu. Po odrazu se impulzy vracejí a jsou toutéž sondou registrovány (jednosondový provoz) a převedeny na časovou základnu obrazovky přístroje. Vyslání impulzu se zaznamená počátečním echem, příjem odraženého impulzu se registruje koncovým echem. Odrazy od případných vad jsou registrovány poruchovým echem, jehož vzdálenost od počátečního nebo koncového echa odpovídá hloubce výskytu vady. Při použití dvousondového provozu impulzní metody může být přijímací sondou zachycován ultrazukový impulz na téže straně zkoušené stěny. Pro tyto účely se nejčastěji používá příčných vln, které se do výrobku zavádějí pod vhodně zvoleným úhlem.

Ultrazuková defektoskopie je účinná v závislosti na materiálových charakteristikách a typu přístroje ve značném rozsahu (od několika milimetrů do zhruba 10 m).

Zkoušky prozařováním

Zkoušky prozařováním (radiologické) se dělí buď podle použitého záření (rentgenové, gama, neutronové) nebo podle způsobu zachycení a zpracování záření, které prošlo výrobkem (snímek, zobrazení na fluorescenčním štítu, záznam pomocí ionizační sondy aj.). Radiologické zkoušky se uplatňují zejména ve slévárenství, svařování a v oborech výroby a zpracování plastů.

Nejčastěji používané radioaktivní izotopy mají následující poločasy rozpadu a energii záření : Co 60 (5 roků, 1,2 až 1,3 MeV), Ir 192 (74 dny, 0,3 až 0,6 MeV), Cs 137 (33 roků, 0,7 MeV), Trn 170 (127 dní, 0,08 MeV).

Tvorba radiologického obrazu je principiálně založena na procesech interakce záření s prozařovanou látkou. Intenzita záření procházejícího stěnou zkoušeného objektu se mění podle základního zeslabovacího zákona

$$I = I_0 \cdot e^{-\mu d} \quad (3.49)$$



3. STRUKTURA A VLASTNOSTI MATERIÁLU A JEJICH ZKOUŠENÍ

kde I_0 je intenzita dopadajícího záření, I intenzita záření prošlého deskou o tloušťce d , μ je lineární zeslabovací součinitel.

Ze zeslabovacího zákona jednoznačně vyplývá, že různé tloušťky prozářených objektů, ale také různé materiály, budou zeslabovat záření prošlé snímkovaným výrobkem a vytvářet energeticky nehomogenní svazek záření (různé rozložení intenzity), který je pak zobrazen nebo zaznamenán. Optimální prozařitelnost oceli pro různá urychlující napětí rentgenových přístrojů a pro různé druhy radioaktivních izotopů je uvedena v tab. 3-V.

Tabulka 3-V Optimální prozařitelné tloušťky oceli

Napětí [kV]	Tloušťka oceli [mm]	Izotop	Tloušťka oceli [mm]
100	do 20	Tm 190	do 10
200	20 až 60	Ir 192	40 až 80
300	40 až 100	Cs 137	50 až 90
betatron 15 MeV	150 až 300	Co 60	60 až 120