

Etalóny

K meracím prostriedkom patria etalóny alebo aj etalónové meradlá. Majú základný význam pre zabezpečenie metrologickej jednotnosti a správnosti meradiel a meraní.

ETALÓN – je miera, meradlo, referenčný materiál alebo merací systém, určený k definovaniu, realizácii, uchovávaniu alebo reprodukovaniu jednotky alebo jednej alebo viacerých hodnôt veličiny k použitiu pre referenčné účely.

- referenčnými účelmi je myslené odovzdávanie hodnoty tejto veličiny menej presným meradlám. Etalón vyhovuje stanoveným požiadavkám a bol ako taký oficiálne schválený.
- Etalón môže byť v rôznych formách. Etalón jednotky hmotnosti, kilogram sa z tradičných dôvodov nazýva prototyp.

Etalón je charakterizovaný:

- Používa sa výhradne na reprodukovanie a uchovávanie jednotky (resp. jej násobku alebo dielu) fyzikálnej alebo technickej veličiny;
- Má požadované (a spravidla predpísané) technické a metrologické vlastnosti a je vybavený predpísanou dokumentáciou;
- Je atestovaný (overený) príslušnou metrologickou inštitúciou na základe predchádzajúceho stanovenia (vyhodnotenia) vybraných technických a metrologických vlastností a vyhlásený ako etalón; v predpísaných intervaloch je periodicky znova testovaný (overovaný).
- Je príslušnou metrologickou inštitúciou evidovaný ako etalón;
- Je používaný stanoveným spôsobom a určenými osobami, pričom sa o používaní vedie záznam;
- Je uchovávaný stanoveným spôsobom na stanovenom mieste.

Druhy etalónov

Základné rozdelenie je z hľadiska nadriadenosti alebo podriadenosti etalónov tej istej veličiny podľa hierarchie. Východiskom je presnosť reprodukcie príslušnej veličiny.

- **Primárny etalón** – etalón, ktorý zabezpečuje reprodukciu danej jednotky s najväčšou súčasne dosiahnuteľnou presnosťou. Najväčšia presnosť sa obvykle viaže na najvyššiu úroveň vedy a techniky vo svete.
- **Sekundárny etalón** – podriadený primárnemu, od ktorého priamo alebo nepriamo odvodzuje svoju hodnotu. Delia sa na rády. Čím vyššie je označenie rádu vyjadrené arabskými číslicami, tým je nižšie jeho postavenie.
- **Štátny alebo národný etalón** – je to etalón najvyššej presnosti v štáte a obvykle je to primárny etalón.
- **Medzinárodný etalón** – pre zabezpečenie medzinárodnej jednotnosti a správnosti.
- **Hlavný (referenčný) etalón** – najvyšší etalón v organizácii (hlavný podnikový etalón), podniku alebo aj koncerne.
- **Pracovný etalón** – sekundárny etalón určený ku kalibrácii prevádzkových meradiel. Aby sa hlavný etalón udržal čo najdlhšie, je potrebné ho čo najmenej používať – preto odvodené sekundárne etalóny.

Ďalšie druhy etalónov:

- **Svedecké etalóny (svedočné)** – sú určené na kontrolu stálosti primárneho etalónu, napr. keby sa poškodil. Býva ich väčší počet.
- **Porovnávací etalón** – slúži ako prostredník k vzájomnému porovnávaniu etalónov. Obvykle sa používa na porovnávanie primárneho etalónu s primárnymi etalónmi iných štátov. Pretože primárny etalón nemá byť transportovaný, či už je prenosný alebo nie, je existencia porovnávacieho etalónu naprosto nutná. Ak ide o porovnanie primárneho štátneho etalónu s primárnym medzinárodným, ktorý mu je nadradený, ide vlastne o nadviazanie primárneho etalónu – a príslušné etalóny sa nazývajú aj **nadväzovacie**.
- **Samostatný etalón** – predstavuje jediné meradlo.
- **Skupinový etalón** – tvorí ho väčšie množstvo meradiel toho istého typu a tých istých metrologických vlastností. Používa sa vtedy, ak reprodukovaná hodnota závisí od mnohých sprievodných veličín, niekedy aj ťažko stanoviteľných.

Etalónová vzorka materiálu alebo látky sa nazýva **certifikovaný referenčný materiál (CRM)**. Je to referenčný materiál vybavený certifikátom, ktorého jedna alebo viac hodnôt vlastností sú certifikované.

*Je potrebné odlišiť **referenčné materiály (RM)**, predtým analytické normály alebo materiálové štandardy, ktorými rozumieme materiály alebo látky, u ktorých jedna alebo viac hodnôt vlastností je dostatočne homogénnych a správne stanovených pre vyhodnotenie metódy alebo stanovenie hodnôt materiálu.*

Spôľahlivosť

Spôľahlivosť je obecná vlastnosť spočívajúca v schopnosti plniť požadované funkcie pri zachovaní hodnôt stanovených prevádzkových ukazovateľov v daných medziach a v čase podľa stanovených technických podmienok.

Technickými podmienkami rozumieme špecifické technické vlastnosti, predpísané pre požadovanú funkciu výrobku, spôsob jeho prevádzky, skladovania, prípravy, údržby a opráv. Vlastnú spôľahlivosť môžeme rozdeliť na čiastkové vlastnosti, ktoré slúžia na bližšie vyjadrenie a lepšie pochopenie:

- ◀ **Bezporuchovosť** – schopnosť objektu plniť nepretržite požadované funkcie po stanovenú dobu a za stanovených podmienok.
- ◀ **Opravitelnosť** – spôsobilosť objektu k zisťovaniu príčin vzniku jeho porúch a odstraňovanie ich následkov opravou.
- ◀ **Udržateľnosť** – spôsobilosť objektu k predchádzaniu porúch jeho predpísanou údržbou.
- ◀ **Životnosť** – schopnosť objektu plniť požadované funkcie do doby dosiahnutia medzného stavu pri stanovenom systéme predpísanej údržby a opráv. Medzný stav objektu, je stav, v ktorom musí byť ďalšie využitie prerušené, kritériá medzného stavu pre daný objekt stanoví jeho technická dokumentácia.
- ◀ **Pohotovosť** – komplexná vlastnosť objektu, zahŕňajúca bezporuchovosť a opraviteľnosť v podmienkach prevádzky.
- ◀ **Skladovateľnosť** – schopnosť objektu zachovávať nepretržite bezvadný stav po dobu skladovania a prepravy pri dodržaní predpísaných podmienok.

Stavy a poruchy výrobkov

Výrobok – má pri svojej činnosti stav prevádzky alebo *prestoje*. Pokiaľ je výrobok schopný plniť dané funkcie a dodržiava stanovené parametre, nazývame tento stav **bezporuchovým**. V opačnom prípade ide o stav **poruchový**. Prechod medzi bezporuchovým (bezvadným) a poruchovým stavom nastane v okamihu výskytu poruchy.

Diagnóza – vyhodnotenie prevádzky schopnosti objektu za daných podmienok (okamžitý stav objektu). Diagnóza vedie k riešeniu 2 základných úloh:

- *detekcia poruchy*, t.j. identifikácia poruchy objektu alebo jeho časti. Súvisí s bezporuchovým a poruchovým stavom z hľadiska použiteľnosti.
- *lokalizácia poruchy*, t.j. určenie miesta poruchy objektu. S lokalizáciou súvisí diagnostické rozlíšenie, ktoré udáva počet detekovaných porúch.

Vada – zmena stavu výrobku, nemajúca podstatný vplyv na jeho činnosť

Závada (poškodenie) – je jav spočívajúci v narušení bezvadného stavu, ale výrobok je aj naďalej v prevádzkyschopnom stave, t.j. je schopný plniť funkciu a dané parametre v medziach určených technickou dokumentáciou, ale nie je už spravidla jasné, ako sa bude chovať ďalej. Často sa tento stav nazýva *medzným*.

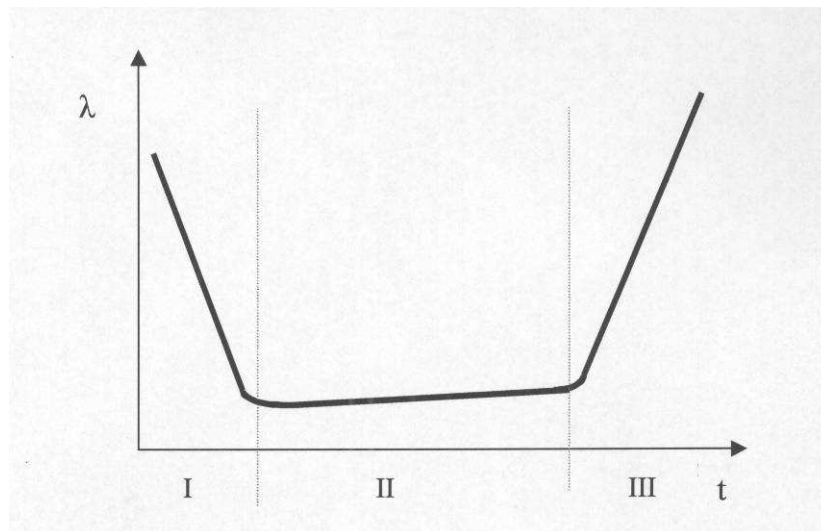
Porucha – je jav, ktorého následkom stráca výrobok schopnosť plniť požadovanú funkciu. Žiadne zariadenie nie je možné konštruovať tak, aby sa u neho skôr alebo neskôr neobjavili vady, závady a poruchy. Vada nám funkčnú spoľahlivosť neovplyvňuje, to však sa nedá povedať o závadách a poruchách. Každá závada a porucha má svoju príčinu a ich znalosť nám umožňuje navrhovať vhodný diagnostický systém.

Spoľahlivosť je určovaná alebo ovplyvňovaná náhodnými javmi a činiteľmi. Preto majú ukazovatele spoľahlivosti náhodný charakter.

Typický priebeh intenzity porúch $\lambda(t)$ uvádzaný na základe dlhodobých skúseností „tzv. **vaňová krivka**“ je na obr. 1, kde : λ - intenzita porúch, p - poruchový parameter a t – čas.

Môžeme ju rozdeliť na 3 oblasti:

- doba zábehu - I
- doba prevádzky - II
- doba dobehu (dožívanie) - III



Obr.1 Charakteristický priebeh intenzity porúch – vaňová krivka

Havária – je spravidla porucha, spojená s výraznými stratami na materiáli a pod.

Poruchy triedime podľa:

◀ **Podľa príčiny vzniku**

- poruchy z vonkajších príčin – sú to aj poruchy vzniknuté nedodržaním stanovených prevádzkových podmienok a predpisov pre zaťažovanie, obsluhu a údržbu.
- poruchy z vnútorných príčin- majú svoj pôvod v nedostatkoch výrobkov.

◀ **Podľa časového priebehu zmien**

- poruchy náhle
- poruchy postupné
- poruchy občasné

⚡ **Podľa stupňa porušenia prevádzkyschopnosti**

- poruchy úplné
- poruchy čiastočné

⚡ **Podľa rozsahu**

- čiastočná
- úplná

⚡ **Podľa pôvodu**

- konštrukčné
- technologické
- Prevádzkové
- vada materiálu a pod.

⚡ **Odstrániteľné a neodstrániteľné**

⚡ **Podľa okamihu vzniku**

- za prevádzky
- pri demontáži
- pri obsluhu, apod.

⚡ **Podľa druhu porušenia**

- opotrebením
- zadrením
- únavou
- preťažením a pod.

⚡ **Podľa stupňa nebezpečnosti**

⚡ **Podľa následkov**

⚡ **Spôsobu odstránenia**

- za prevádzky
- potreba odstávky
- vyradenie z prevádzky a pod.

Príčiny porúch môžu mať svoj počiatok v:

- ⚡ *projekčnej príprave* (zlá formulácia zadávanej úlohy, neoverené znalosti prevádzkových podmienok, zanedbanie skutočných vonkajších faktorov pôsobiacich na objekt),
- ⚡ *konštrukcii* (nevhodná voľba materiálu, nesprávne dimenzovanie súčastí, neodhadnutie pôsobiacich síl, nevyváženosť rotujúcich súčastí, únava materiálu)
- ⚡ *výrobe* (nedodržanie rozmerových tolerancií, nedôsledná kontrola, zlá – nesprávna montáž, zanedbanie odchýlok tvaru a polohy, zavádzanie zvýšených namáhání a vnútorných pnutí)
- ⚡ *prevádzke*
- ⚡ *obsluhy*
- ⚡ *údržbe* (nedodržanie podmienok prevádzky, preťažovanie, nesprávna, nedostatočná alebo zanedbaná údržba, nedovolené zásahy do chodu stroja, nedostatočná a nesprávna obsluha)
- ⚡ *doprave* a pod.

Pokiaľ ide o najčastejšie a najbežnejšie mechanizmy vzniku porúch u systémov (technických zariadení), sú to najčastejšie:

- ◀ *Proces starnutia, korózie, t.j. nevratné deje čiastkových poškodení, ktoré vedú k dosiahnutiu medzného stavu a ďalšie používanie výrobku nie je možné;*
- ◀ *Výskyt špičkových zaťažení, t.j. náhodný výskyt krátkodobých preťažení majúcich za následok napr. vznik krehkého lomu u mechanických prvkov a prerušenie vodiča, skrat u elektrotechnických prvkov;*
- ◀ *Vplyv okolia, t.j. krátkodobo sa meniace parametre okolitého prostredia, mimo povolené medze stanovené pre užívanie výrobku;*
- ◀ *Nestabilita zdrojov energie, t.j. krátkodobý pokles alebo výpadok napájacej energie;*
- ◀ *Náhodné krátkodobé porušenie pravidiel pre obsluhu a údržbu výrobkov pri prevádzke;*
- ◀ *Nedostatky a chyby pri projektovaní a konštruovaní;*
- ◀ *Nedostatky a chyby pri výrobe a montáži.*

Prevádzkové poruchy môžu byť spôsobené hlavne:

- ◀ *mechanickým lomom*
- ◀ *nadmerným opotrebením*
- ◀ *zmenami geometrického tvaru (deformácia)*
- ◀ *zmenou mechanických vlastností materiálu (prehriatie)*
- ◀ *zmenou záťažových síl*
- ◀ *spôsobom zaťaženia súčasti*
 - *statické – na správne dimenzované súčasti nemá podstatný vplyv. Pri dlhodobom pôsobení môžu vznikať rozmerové zmeny, tzv. creep*
 - *dynamické – náhle alebo rázové zaťaženie. Ich vplyvom vznikajú vibrácie.*
 - *periodické – príčinou sú vynútené vibrácie a z toho vyplývajúci únavový lom.*
 - *únavový jav vyvolaný cyklickým napätím súčasti a je podmienený rastom trhliny. Výsledkom je zoslabenie prierezu súčasti, preťaženie a následný lom. Zdrojom môže byť napr. stopa po obrábaní, koncentrácia napätí, a pod.*
- ◀ *opotrebením povrchu vzájomne sa stýkajúcich a po sebe sa pohybujúcich funkčných plôch. Príčiny vzniku opotrebenia sú abrazívne (stieranie povrchu tvrdými časticami), záder (porušenie mazacieho filmu), únavové opotrebenie, korózne opotrebenie (agresívne prostredie).*
- ◀ *Koróziou, ktorá je v podstate chemickým (elektrochemickým javom), prebiehajúcim na povrchu kovov v agresívnom prostredí. Napadá povrch a postupuje do hĺbky. Akosť povrchu sa zhoršuje, vznikajú trhlinky, ktoré sa rozširujú a tým oslabujú nosný prierez. Nebezpečná je hĺbková interkryštalická korózia.*

Nedeštruktívne metódy skúšania

Nedeštruktívne metódy (NDT) majú významnú úlohu v systéme riadenia akosti výrobného procesu, pretože umožňujú skoré zistenie vnútorných chýb vo výrobkoch alebo polotovaroach, ktoré by mohli znemožniť jeho efektívne využívanie alebo by mohli vyvolať haváriu konštrukcie po určitej dobe prevádzky. Na detekciu a kvantitatívne vyhodnotenie zistených chýb (vád) sa používa celý rad metód, ktoré využívajú rôzne fyzikálne princípy.

Každý výrobok alebo polotovar môže obsahovať vnútorné nehomogenity (vady) alebo nežiaduce odchýlky štruktúry. Prítomnosť chýb v kritických oblastiach môže podstatne ovplyvniť životnosť konštrukcie.

Požiadavka, aby výrobky neobsahovali vôbec žiadne vady, by bol celkom nereálny a preto musia byť v príslušných normách alebo predpisoch stanovené hranice pre prípustnosť, resp. neprípustnosť chýb v závislosti od ich veľkosti, typu, množstva a pod. Výrobky je potom možné na základe výsledkov nedeštruktívnej kontroly zaradiť do príslušnej triedy akosti a rozhodnúť o ich ďalšom využití, t.j. či bude daný výrobok (súčiastka) využívaný bez ohľadu na prítomnosť chyby (vnútornej vady), alebo budú tieto vady odstránené, alebo bude výrobok (súčiastka) vyradený ako nepoužiteľný.

Charakteristiky základných NDT metód

NDT metódy môžeme rozdeliť z hľadiska praktickej aplikácie na:

1. *Metódy pre stanovovanie vád nachádzajúcich sa na povrchu alebo v blízkosti povrchu súčiastky alebo polotovaru (trhliny, vruby, neprevarenia u zvarov, preložky a pod.)*
 - Vizuálne (VT)
 - Magnetické (MT)
 - Kapilárne (PT)
 - Vírivé prúdy (ET)
2. *Metódy pre zisťovanie vád v celom objeme (dutiny, vmestky, studené spoje a pod.)*
 - Radiografické (RT)
 - Ultrazvukové (UT)

Okrem týchto základných metód existujú desiatky ďalších metód NDT a ich kombinácie. Z nich majú najväčší význam – resp. praktické uplatnenie predovšetkým metódy:

- Skúška netesnosti (LT)
- Metóda akustickej emisie (AT)
- Termografické metódy (IRT)

Vizuálna metóda – je základnou metódou pre stanovovanie povrchových chýb, vád a odchýliek tvaru. Pri vizuálnej kontrole a hodnotení napr. zvarov sa hodnotí prípustné prevýšenie zvaru, veľkosť neprevarenia, presadenie a pod. Obdobne sa hodnotia povrchové chyby aj iných polotovarov, odliatkov a pod. Na tento účel sa využívajú rôzne typy meracích a optických pomôcok.

Magnetická metóda – využíva sa na detekciu povrchových chýb a ich zviditeľnenie zmien magnetického poľa v mieste trhliny alebo inej povrchovej nehomogenity. Môže byť aplikovaná iba na feromagnetických materiáloch.

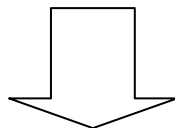
Kapilárne metódy – dá sa aplikovať na rôznych materiáloch s výnimkou tých vysoko poréznych. Pri detekcii sa využíva farebná detekčná kvapalina a kapilárne účinky povrchových trhlín.

Metóda vírivých prúdov – vyžaduje elektricky vodivý materiál. Veľmi dobre sa preto uplatňuje napr. pri detekcii povrchových trhlín v súčiastkach z hliníkových zliatin.

Metóda radiografická – umožňuje zobrazit' vnútorné nehomogenity resp. chyby na röntgenový film, kde sa prejavujú vplyvom zníženia absorpcie ako tmavšie útvary. Ako zdroj žiarenia sa používajú röntgenové prístroje alebo niektoré typy izotopov. Rozsah hrúbok, ktoré je možné touto metódou skúšať je obmedzený. Metóda sa najčastejšie využíva pri kontrole zvarov a odliatkov.

Ultrazvuková metóda – využíva sa pre detekciu odrazu ultrazvukových vln od nehomogenít resp. chýb. Môže sa požiť pre kontrolu kovových aj nekovových materiálov. Jej výhodou je skúšanie aj veľkých polotovarov, resp. veľkých hrúbok (aj niekoľko metrov).

- Žiadna metóda neumožňuje presné stanovenie skutočného rozmeru chýb.
- Aj u metód MT, PT a RT máme k dispozícii len dvojrozmerný obraz chyby. Tretí rozmer je možné v niektorých prípadoch stanoviť špeciálnymi postupmi.
- Využitie predovšetkým pri ručnom skúšaní výrobkov.
- Najväčší objem NDT sú kontroly zvarov (plynovody, tlakové nádoby, konštrukcie a pod.)



NDT sa významne sa podieľajú na celkových výrobných nákladoch.

Metóda	Meria alebo detekuje:	Aplikácia	Výhody	Obmedzenie
Akustická emisia – AT <i>Acoustic Emission</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Vznik a rast trhlín, • úniky média, • sklzové deformácie, • a fázové transformácie 	<ul style="list-style-type: none"> • Tlakové nádoby a potrubia • Zvarové spoje • Namáhané konštrukcie • Výskum v oblasti lomovej mechaniky 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontinuálne monitorovanie • Detekcia rastu trhlín • Lokalizácia chýb • Integrálna kontrola rozmerných konštrukcií 	<ul style="list-style-type: none"> • Konštrukcia musí byť zaťažená, • je potrebné odfiltrovať rušivé šumy, • je potrebné použiť doplnkové NDT metódy aby sa určil typ chyby.
Vírivé prúdy – ET <i>Eddy current</i>	<ul style="list-style-type: none"> • povrchové a podpovrchové trhliny • odchýlky štruktúry • hrúbky povlakov • hĺbka trhlín 	<ul style="list-style-type: none"> • rúrky • tyče • plechy • triedenie kovov 	<ul style="list-style-type: none"> • možnosť automatizácie kontroly • vysoká rýchlosť • bezkontaktné snímanie 	<ul style="list-style-type: none"> • vodivé materiály • nepravé indikácie vplyvom geometrie • potreba referenčných mierok • vplyv zmeny permeability
Termografia – IRT <i>Thermography</i>	<ul style="list-style-type: none"> • nedostatočné spojenie • prestup tepla • izotermy 	<ul style="list-style-type: none"> • spájkované a lepené spoje • kovové povlaky 	<ul style="list-style-type: none"> • vysoká citlivosť • kvantitatívne údaje • bezkontaktné snímanie 	<ul style="list-style-type: none"> • detektor chladený kvapalným dusíkom • závislosť teploty od času • obmedzenie hrúbky • potreba referenčných mierok

Metóda	Meria alebo detekuje:	Aplikácia	Výhody	Obmedzenie
Netesnosti – LT <i>Leakage</i>	<ul style="list-style-type: none"> netesnosti, hélium, čpavok, voda, rádio-aktívny plyn, halogény 	<ul style="list-style-type: none"> zvarované, lepené a spájkované spoje tlakové nádoby vákuové komory palivové a plynové zásobníky 	<ul style="list-style-type: none"> vysoká citlivosť na extrémne úzke trhliny, ktoré nie je možné detekovať inými NDT metódami citlivosť závisí od použitého postupu 	<ul style="list-style-type: none"> vyžaduje prístupnosť oboch povrchov nečistoty môžu zabrániť detekcii cena závisí od citlivosti
Magnetická prášková – MT <i>Magnetic Particle</i>	<ul style="list-style-type: none"> vady na povrchu a tesne pod povrchom trhliny, póry, vtrúseniny vysoká citlivosť na povrchové trhliny 	<ul style="list-style-type: none"> feromagnetické materiály tyče, výkovky, zvary 	<ul style="list-style-type: none"> indikujú aj pod-povrchové chyby relatívne rýchla a lacná metóda 	<ul style="list-style-type: none"> je potrebné súčiastky po skúške demagnetizovať smer magnetického poľa je kritický
Kapilárne – PT (farebné alebo fluorescenčné penetranty) <i>Liquid penetrant</i>	<ul style="list-style-type: none"> trhliny otvorené na povrch pórovitosť preložky a pod. netesnosti prestupujúce stenou. 	<ul style="list-style-type: none"> Všetky súčiastky s neporéznym povrchom 	<ul style="list-style-type: none"> Nízka cena Ľahká interpretácia výsledkov 	<ul style="list-style-type: none"> Povrchové nečistoty a povlaky môžu znemožniť detekciu chýb. Súčiastky musia byť pred a po skúške očistené Vady musia byť na povrchu otvorené.

Metóda	Meria alebo detekuje:	Aplikácia	Výhody	Obmedzenie
<p>Prežarovanie rádioizotopmi - RT (Co-60, Ir-192) Gamma radiography</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vnútorne chyby • Pórovitosť • Trhliny, neprevarenie • Korózne zoslabenie a pod. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tam, kde nie je možné použiť röntgenku alebo nie je k dispozícii. • Panoramatické zobrazenie 	<ul style="list-style-type: none"> • Nízka zriaďovacia cena • Trvalý záznam na film • prenosnosť 	<ul style="list-style-type: none"> • jedna energetická úroveň prístroja • s časom sa znižuje aktivita • radiačné ohrozenie ! • horšia geometrická neostrosť
<p>Röntgenografia – RT <i>X - radiography</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • vnútorné chyby • trhliny, pórovitosť • neprevarenie • korózne zoslabenie • zmeny hustoty 	<ul style="list-style-type: none"> • odliatky • zvary • tenké tvárnené výroby • nekovy • kompozity 	<ul style="list-style-type: none"> • trvalý záznam na film • meniteľná úroveň energie • vysoká citlivosť na zmeny hustoty 	<ul style="list-style-type: none"> • vysoká nákupná cena ! • vplyv orientácie chyby • radiačné ohrozenie ! • nie je indikovaná hĺbka chyby
<p>Ultrazvuk – UT <i>Ultrasonics</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • vnútorné a povrchové chyby • trhliny, neprevarenie • vmestky, póry • delaminácie • zmeny hrúbky 	<ul style="list-style-type: none"> • tvárnené polotovary • zvary • spájkované a lepené spoje • nekovy 	<ul style="list-style-type: none"> • citlivosť na stanovovanie trhlín a plošných chýb • výsledky sú bezprostredne k dispozícii • možnosť automatizácie kontroly • prenosnosť a vysoký dosah 	<ul style="list-style-type: none"> • vyžaduje väzbu • sú potrebné referenčné mierky • obtiažna kontrola malých hrúbok a hruboziarnnej štruktúry

Vzájomné porovnávanie metód NDT

V oblasti NDT sa stále rozvíjajú nielen prístroje, ale aj používané skúšobné postupy \Rightarrow zvyšujú sa možnosti detekcie chýb a ich charakteristika. Keďže jednotlivé NDT metódy využívajú odlišné fyzikálne princípy, líšia sa aj v oblasti aplikácie a ich vzájomné porovnávanie je značne obtiažne.

Pokiaľ sa dve NDT metódy porovnávajú:

- *musí náhradná metóda zaručiť porovnateľné hodnotenie konštrukcie z hľadiska veľkosti a početnosti chýb ako nahradzovaná metóda.* Niekedy ja ako náhradu možné použiť aj kombináciu metód.
- Jedna z nich je vždy považovaná za referenčnú a hodnotí sa, do akej miery môže byť jedna metóda nahradená druhou (náhradnou). Táto náhradná musí byť schopná detekovať rovnaký alebo len o niečo málo menší počet závažných chýb ako metóda nahradzovaná.

Proces NDT hodnotenia môžeme rozdeliť do 2 etáp:

- a) **detekcia vady (chyby)** – charakterizovaná je parametrom PoD (pravdepodobnosť detekcie) pre danú metódu a typ vady.

PoD je definovaná pomerom detekovaných vád k počtu vád prítomných v štruktúre ako funkcia veľkosti vady. Táto definícia zahrňuje aj vplyv ľudského faktora.

- b) **charakteristika vady (chyby)** – pri nej sa určujú parametre ako:

- veľkosť (výška, dĺžka resp. šírka) vady
- poloha vady
- typ vady

Chyba (vada) ⇒ analýza väd (chýb)

t.j.:

- Vyšetrovanie väd, odhaľovanie príčin nezhôd, nedokonalostí, reklamácií
- Sledovanie zmien parametrov výrobku a procesov v rôznych podmienkach a čase
- Zdroj informácií pre zabezpečovanie akosti, spoľahlivosti a tvorby technologického know-how
- Podpora v oblasti nastavenia technologického procesu a technických kontrol
- Získanie informácií pre rozhodovanie o nezhodách a nedokonalostiach
- Určenie rozhodujúcich faktorov ovplyvňujúcich vznik väd a štúdium degradačných mechanizmov
- Rozvoj metód a techník analýzy a kontroly
- Dokumentácia symptómov, následkov a príčin vznikajúcich väd.

Etapy analýzy väd:

1. zber informácií o vzniknutých vadách

- informácie o vzniku vady (miesto, podmienky a okolnosti výskytu, špecifikácia a záznamy, charakteristiky a prejavy vady, čas výskytu, frekvencia výskytu, výskyt čase)
- získané vzorky sa nesmú upravovať (čistiť alebo znečistiť)

2. predbežná prehliadka

- cieľom je doplniť informácie pre plánovanie ďalšieho postupu
- môže byť aplikovaná napr. vizuálna kontrola, fotografické zdokumentovanie podozrivých aspektov, prvotná obhliadka a pod.

3. plánovanie postupu vyšetrovania

- určenie toho ako sa bude ďalej postupovať
- voľba účinného a efektívneho postupu analýzy s využitím predchádzajúcich prípadov výskytu podobných väd

4. výber vzoriek

- rozhodnutie o počte vzoriek
- pre reprezentatívnosť kontroly akosti sa robí náhodný výber

5. príprava vzoriek

- konkrétny spôsob prípravy v závislosti od zvolenej následnej metódy
- treba mať vypracovaný systém označovania, triedenia, spôsobu záznamu dát pre rôzne varianty

6. nedeštruktívna analýza

- aplikácia analýz NDT
- nedeštruktívna demontáž častí skúmaného výrobku (napr. vizuálna analýza, rtg. Snímky, nedeštruktívne meranie charakteristík, meranie rozloženia teploty, analýza ultrazvukom, testovanie funkčnosti, kontrola rozmerov, hmotnosti, tvaru, zmeny farby, prasklín, prejavov horenia, korózie, cudzieho materiálu a pod.)

7. deštruktívna analýza

- zahrňuje napr. pozorovanie a dokumentovanie štruktúry materiálu, odleptanie a odstránenie krycích častí, stopovú analýzu, simulácia záťažových podmienok a pod.

8. zhrnutie informácií a tvorba hypotéz

- zhrnú a vyhodnotia sa doposiaľ získané informácie
- vykonáva sa napr. porovnanie nameraných parametrov s kritériami, normami, komparatívne porovnanie dobrých a vadných prvkov, porovnanie s referenčnými štandardami, a pod.
- sú vymedzené príčiny a mechanizmy väd a ich významovosť. To môže zahrňovať aj hypotézy napr. o vplyve stresu, okolia a pod. na podmienky, ktoré mohli viesť ku vzniku vady.

9. potvrdenie alebo vyvrátenie hypotéz

- vzniknuté hypotézy treba preveriť nakoľko sú pravdepodobné – t.j. podporiť ich napr. ďalšími experimentami

10. formulácia záveru a odporúčenia

- konštatovanie, ktoré príčiny (poprípade s akou váhou)viedli k vzniku vady
- doporučenie ako zastaviť výskyt väd a akým spôsobom vzniku rovnakých alebo podobných väd predchádzať
- stanovenie resp. úprava štandardov zamedzujúcich vzniku vady

11. vypracovanie správy

- správa zahrňuje stanovené informácie, prijaté závery a odporúčenia.

Porušovanie – degradácia materiálov a súčastí

- **OPOTREBENIE** - je trvalá – nežiaduca zmena povrchu alebo rozmerov tuhých telies, vyvolaná vzájomným pôsobením funkčných povrchov alebo funkčného povrchu a média, ktoré opotrebenie spôsobuje.
 - vibračné
 - adhézne
 - abrazívne
 - erozívne
 - únavové
 - kavitačné
- **KORÓZIA** – je nežiaduca trvalá zmena materiálu, hlavne povrchu, spôsobená elektrochemickými a chemickými vplyvmi okolitého prostredia;
- **OTLAČENIE** - nežiaduca trvalá zmena povrchu, spôsobená vonkajšími silami;
- **DEFORMÁCIA** - je nežiaduca trvalá zmena geometrického tvaru súčastí, spôsobená vonkajšími silami alebo tepelnými vplyvmi;
- **TRHLINA (LOM)** - je porušenie homogenity materiálu v časti (celom) priereze súčastí;
- **OSTATNÉ** poškodenia t.j. iné ako predchádzajúce:
 - stárnutie materiálu
 - tepelná degradácia materiálu
 - kombinácia vyššie uvedených poškodení-

OTLAČENIE – nežiaduca trvalá zmena povrchu spôsobená vonkajšími silami

- k otláčaniu dôjde, ak skutočný kontaktný tlak prekročí medzu sklzu materiálu povrchovej vrstvy;
- o otláčenie ako poškodenie ide vtedy, ak je deformovaná oblasť makroskopických rozmerov. V mikroskopických rozmeroch dochádza k poškodeniu vždy - ide o prvú fázu opotrebenia, v ktorej sa povrchové nerovnosti dostávajú do kontaktu.
- Objem otláčenej súčasti sa nemení, materiál nie je odstránený, ale vytlačený do okolia a vytvára tzv. valy okolo miesta pôsobenia tlaku. >>>> otláčenie môžeme považovať za miestnu povrchovú deformáciu.

DEFORMÁCIA – je nežiaduca trvalá zmena geometrického tvaru súčasti.

- Deformácia nastane ak napätie vyvolané vonkajšími silami v niektorom priereze prekročí medzu sklzu materiálu.
- U krehkých materiálov vo väčšine prípadov nastane lom, pretože už pomerne malé deformácie vedú k prekročeniu medze pevnosti materiálu.
- Deformácia nastane aj pri zmene rozloženia vnútorných napätí v materiáli.



Príklad deformácie

TRHLINA (LOM) – je porušenie celistvosti materiálu v časti prierezu, lom je porušenie celistvosti materiálu v celom priereze súčasti.

- Príčinami vzniku trhlín a lomov sú vonkajšie alebo vnútorné napätia, ktoré prekročia medzu pevnosti alebo medzu únavy materiálu.
- Trhliny:
 - znižujú celkovú pevnosť súčastí;
 - pôsobia netesnosti;
 - u dynamicky namáhaných súčastí vedú k vzniku únavových lomov.
- Vznik trhlín a lomov podporujú:
 - nevhodná konštrukcia súčasti (tvar alebo rozmery);
 - nevhodné vlastnosti materiálu (pevnosť alebo húževnatosť);
 - nevhodná technológia výroby (zvyškové napätia, vruby);
 - nesprávna prevádzka (preťažovanie, zanedbanie údržby);
 - zmeny vlastností s časom (starnutie, únava, korózia).

Často sa vyskytujú v:

- odliatkoch;
- vo zvarcoch;
- v tepelne spracovaných súčastiach.

Príklad trhliny



Statický (krehký) lom vzniká ak je prekročená medza pevnosti materiálu.

Lomy – podľa mechanizmu svojho vzniku sa delia na:

- statické
- únavové



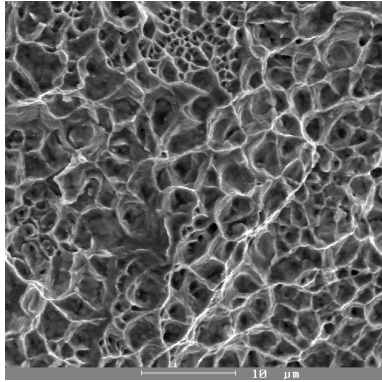
Vzhľad lomovej plochy môže byť:

- pri namáhaní v ohybe je lomová plocha približne rovinná, kolmá na smer napätia. Celá lomová plocha má rovnaký drsný (zrnitý) vzhľad.
- Pri namáhaní v krute je lomová plocha húževnatých materiálov skrutkovitá, u materiálov krehkých je ihlicovite roztrieštená.
- Pri kombinovanom namáhaní je lomová plocha nepravidelná, spravidla sa blíži lomovej ploche prevládajúceho namáhania.

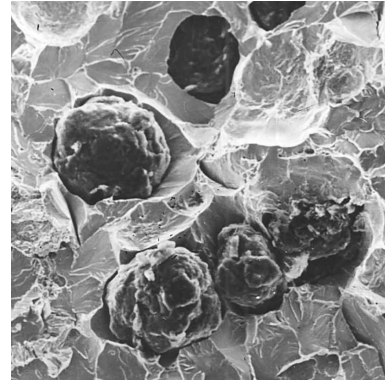
Príklad statického lomu



Porušenie (lom) materiálov môže v hraničnom prípade nastať pôsobením vonkajšieho zaťaženia. Vplyvom silových účinkov sa poruší súdržnosť medziatómových väzieb pri súčasnom vzniku nových voľných povrchov. Dosiahnutie medzného stavu porušenia a porušenie materiálov závisí od intenzity hromadenia poškodenia. Štúdiom a popisom mikromechanizmov uplatňujúcich sa pri porušovaní sa zaoberá *mikrofraktografia*.



Transkryštalické tvárne porušenie α -mosadze (s jamkovou morfológiou), REM



Transkryštalické štiepenie feritu v liatine s guľôčkovým grafitom, REM

Podľa časového priebehu zaťaženia, bez pôsobenia teploty a korózneho prostredia, môžeme lomy rozdeliť na *lomy silové* (statické), *lomy únavové* (časové) a ak pri zaťažovaní spolupôsobí teplota, hovoríme o *lomoch pri tečení* (tiež časové). Základnými klasifikačnými kritériami lomového procesu sú:

- energia porušenia (*lomy húževnaté a krehké*),
- mikromechanizmus porušovania (tvárne porušenie a štiepenie, podľa šírenia lomu vo vzťahu k mikroštruktúre delíme ďalej na *lomy trans- a interkryštalické*).

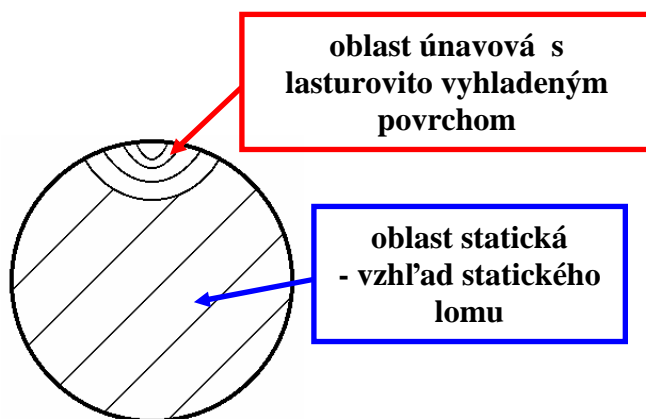
Únavový (dynamický) lom vzniká ak je prekročená medza únavy materiálu.

Lomová plocha má najčastejšie 2 typické, vzhľadovo odlišné oblasti:

- Oblasť únavovú - s lasturovito vyhladeným povrchom;
- Oblasť statickú - s typickým vzhľadom statického lomu.

POZOR ! Nezamieňajte únavový lom s únavovým opotrebením

Podľa tvaru jednotlivých oblastí únavového lomu a podľa pomeru ich veľkosti môžeme spätne posúdiť podmienky namáhania.





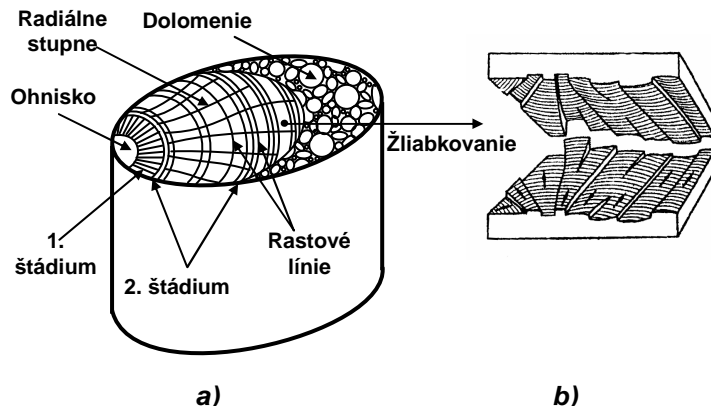
ČAP. Dynamické (mizivé) namáhanie v ohybe. Nevhodne umiestnený mazací kanál (v oblasti ťahového napätia).

Podľa nevratných zmien cyklickej plastickej deformácie možno únavový proces rozdeliť na niekoľko nadväzujúcich a navzájom sa prekrývajúcich štádií:

- štádium zmeny mechanických vlastností v celom objeme,
- štádium nukleácie únavových trhlín, ktoré sa dotýka iba malej časti objemu (obvyčajne povrchovej vrstvy),
- štádium šírenia únavových trhlín až do náhleho lomu.

V prvom štádiu únavového procesu sa mení hodnota a konfigurácia mriežkových porúch a v dôsledku toho dochádza k zmene mechanických a fyzikálnych vlastností. Zmeny mechanických vlastností môžu byť dvojakého druhu, a to:

- *cyklické spevnenie*, ktoré nastáva pri vyžíhaných materiáloch s pomerom $R_m/R_e > 1,4$;
- *cyklické zmäkčenie*, ktoré je typické pre materiály spevnené predchádzajúcim spôsobom deformačne, precipitačne martenzitickou transformáciou, disperzne cudzími časticami a spevnené prímiesovými atómami. K zmäkčeniu dochádza v materiáloch s pomerom $R_m/R_e < 1,2$.

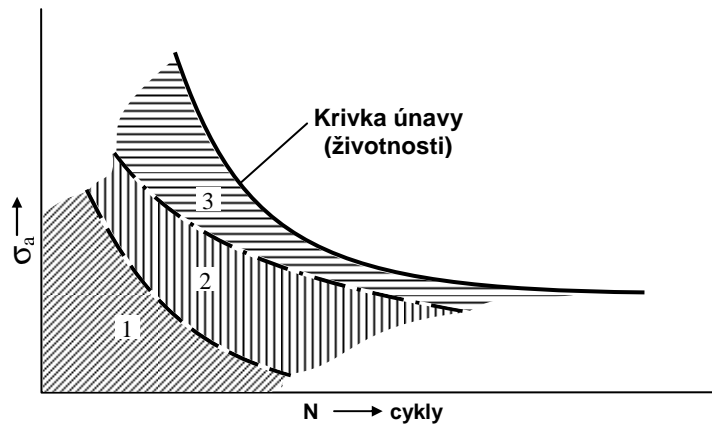


Únavový lom:
a - makroskopický vzhlad
b - mikroskopický vzhlad

Z hľadiska odolnosti proti únavovému porušeniu možno za nevhodné materiály považovať tie, v ktorých dochádza v priebehu cyklického zaťaženia k zmäkčeniu, k porušeniu potom pri menšom počte cyklov.

V druhom štádiu únavového procesu vznikajú únavové trhliny v homogénnych materiáloch v lokalizovaných oblastiach, v malej časti objemu, prednostne na voľnom povrchu v mieste, kde sa vyskytuje koncentrácia napätia, a teda koncentrácia striedavej plastickej deformácie.

Za miesta vzniku možno považovať vruby rôzneho typu a charakteru, ako sú sklzové pásy, inklúzie, precipitáty, nedokonalosti opracovania povrchu, hranice zŕn, medzifázové hranice a pod. Tretie štádium únavového procesu je charakteristické najmä šírením únavovej trhliny.



Štádiá únavového procesu

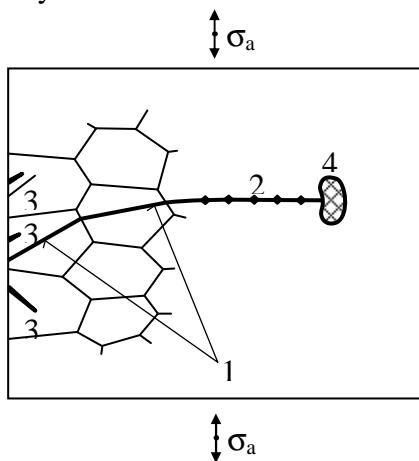


Schéma šírenia únavovej trhliny:

- 1 - prvá etapa,
- 2 - druhá etapa,
- 3 - neefektívne, zabrzdené trhliny,
- 4 - plastická zóna na čele trhliny

Druhá etapa šírenia trhlín končí záverečným lomom po kritickom zmenšení nosného prierezu súčiastky, konštrukcie. Na lomovej ploche môžeme pozorovať *oblasť nukleácie únavových trhlín, oblasť postupného šírenia (často je zaznamenané charakteristické žliabkovanie u tvárnych kovov, zhruba kolmé na smer šírenia trhliny) a oblasť konečného lomu.*