Czech Society for Nondestructive Testing
NDE for Safety / DEFEKTOSKOPIE 2011
November 9 - 11, 2011 - Harmony Club Hotel, Ostrava - Czech Republic

NEDESTRUKTIVNÍ HODNOCENÍ MATERIÁLU ENERGETICKÝCH KOMPONENT
NONDESTRUCTIVE EVALUATION OF POWER PLANT PARTS

Zbyněk BUNDA[a,b], Josef VOLÁK[a,b]

[a]Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní,

[b]Výzkumný a zkušební ústav Plzeň s.r.o.

Abstrakt

Příspěvek se zabývá nedestruktivní metalografií, sahající do oblasti povrchových a optických metod, která je výjimečná především díky své operativnosti a rychlosti. Její využití je velmi rozsáhlé. Článek pojednává především o aplikacích z oblasti energetiky, tj. kotlové trubky, parovody, turbínové rotory a lopatky a také turbínová tělesa.

Klíčová slova: *nedestruktivní metalografie, repliky, kontrola mikrostruktury*

Abstract

The article deals with method of non-destructive metallography. This method is useful for its quickness and simplicity. Its range of applications is very wide. This contribution discuss above all about utilization of this perspective method in the field of power plant components i.e. boiler tubes, steam piping, pressure vessels, turbine rotors and also turbine body.

Key words: *nondestructive metallography, replicas, microstructure inspection*

1. Úvod

V současném energetickém průmyslu je kladen největší zřetel zejména na maximální bezpečnost a ekonomičnost provozu. Náklady spojené s odstávkami zařízení, následnou kontrolou stavu jednotlivých částí a popř. opravou vadných komponent, jsou značné. Tyto náklady se zvětšují s prodlužováním doby odstávky, ať už z jakéhokoli důvodu. Na jedné straně je tendence ušetřit co nejvíce finančních prostředků, což vede k tomu, že např. nejsou provedeny všechny potřebné kontroly soustrojí, na druhé straně potom stojí otázka bezpečnosti zařízení a hlavně lidských životů. Z tohoto hlediska je naopak nutné provést co nejvíce materiálových analýz a kontrol, aby se vyloučilo selhání zařízení. Je třeba najít optimální řešení mezi těmito dvěma mantinely, které se v převážné většině, bohužel, odvíjí od množství finančních prostředků provozovatele zařízení.

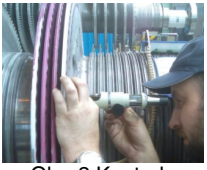
2. Popis metody

Tato metoda v podstatě stojí na rozhraní nedestruktivní – semidestruktivní, jelikož je potřeba povrch součásti vhodným způsobem připravit, zpravidla broušením a leštěním, což je určitý zásah do materiálu. Pokud si ale uvědomíme, jak velké součásti se touto metodou v elektrárnách kontrolují, pak můžeme směle považovat tuto metodu za prakticky nedestruktivní. Odbroušení několika desetin milimetru materiálu na ploše 1 cm^2 nehraje roli u výrobků, jako jsou tuny vážící tělesa turbín, parovodní potrubí nebo ventily.

Postup otisku pro povrchové zkoušení slouží k určení stavu povrchu. Hodnotí se tvar, vzhled, struktura, nehomogenity, drsnost povrchu. Zaměříme se na kontrolu mikrostruktury jednotlivých součástí. Mikrostruktura je sledována metodou replik, která je následně analyzována, ať už přímo na místě v provozu, nebo v laboratoři.

3. Příklady kontrolovaných dílů

Obr. 1 Rotor
Fig.1 Rotor

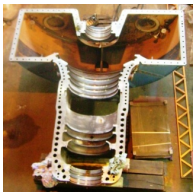


Obr. 2 Kontrola mikrostruktury
Fig.2 Microstructure inspection

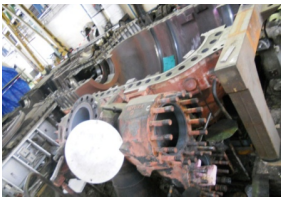
Obr. 3 NT rotor
Fig. 3 Low pressure rotor

Kontrolu mikrostruktury provádíme jak na rotorech a lopatkách (obr. 1, 2, 3) parních turbín, tak i na vnějších skříních (horní i spodní díl, obr 4, 5, 6) a také na regulačních a rychlozávěrných ventilech (obr. 6, 7, 8, 9). V případě dobře přístupného dílu, je možné k mikroskopu připojit kameru a strukturu vyfotografovat bez použití repliky (obr. 8).

Obr. 4 Turbínová skříň
Fig. 4 Stator casing



Obr. 5 Horní těleso turbíny
Fig. 5 Stator casing



Obr. 6 Pohled na rozebrané soustrojí
Fig. 6 Turbo set

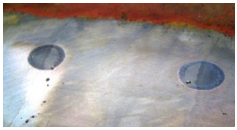
Obr. 7 RZ ventil
Fig. 7 Steam valve

Obr. 8 Dokumentace mikrostruktury
Fig. 8 Documentation of the microstructure

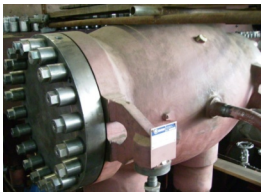
Obr. 9 Ventily s označenými místy kontroly 1,2 a 3
Fig 9 Steam valves

Běžně se provádí také kontrola svařovaných rotorů, potrubí i ventilů. Předmětem kontroly je základní materiál, svarový kov, přechodová oblast a tepelně ovlivněná zóna svarového spoje (obr 10, 11, 12).

Obr. 10 Kontrola svaru ventilu
Fig 10 Inspection of welds



Obr. 11 Detail svaru, ventilu
Fig. 11 Weld on the steam valve



Obr. 12 Ventil
Fig. 12 Steam valve

Kotlové trubky (obr. 13), přehříváky a tlakové nádoby jsou kontrolovány přímo v elektrárnách u tuzemských i zahraničních zákazníků. Obr. 14 byl pořízen při kontrole na elektrárně v Chile. Kontrolované lokality jsou mnohdy špatně přístupné (obr.15).

Obr. 13 Kotlové trubky, průlez
Fig. 13 Boiler pipes, inspection chamber

Obr. 14 Vnitřní kotlové trubky
Fig. 14 Inner boiler pipes

Obr. 15 Kontrola stěnového přehříváku s jištěním
Fig. 16 Inspection of the pipe with belay

Další příklady použití metody na konkrétních dílech jsou uvedeny na obr. 16, 17, 18. Na obr. 19, 20, 21 jsou příklady fotografií mikrostruktur pořízených v laboratoři z replik.

Obr. 16 Vodní kruh
Fig. 16 Water circle

Obr. 17 Kontrola mikrostruktury Cu součásti po zapájení
Fig. 17 Inspection of Cu parts after soldering

Obr. 18 Generátorová obruč
Fig. 18 Generator ring

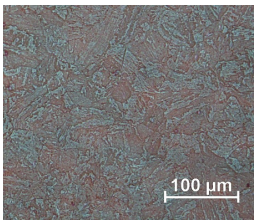
4. Příprava povrchu

Povrch musí být důkladně očištěn, odmaštěn a vysušen. To docílíme opakovaným omytím vhodným rozpouštědlem a osušením horkým vzduchem. Zkoumání struktury povrchu je možné po vhodné přípravě, zahrnující broušení, leštění popř. naleptání povrchové vrstvy součásti. Broušení se provádí speciální přenosnou metalografickou bruskou. Následuje leštění, které je možné provést mechanickou cestou (za pomoci metalografické brusky a leštícího kotoučku), nebo elektrolyticky (za použití přenosné elektrolytické leštičky). Po těchto krocích povrch naleptáme vhodným činidlem, nebo provedeme elektrolytické leptání.

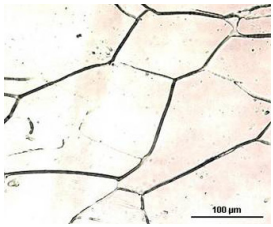
Při přípravě povrchu není nutný větší úběr materiálu o více než 0,2 mm. V mnoha případech je tento úběr výrazně menší. Během opracování je nutné se vyhnout nadměrnému zahřívání povrchu, nebo zpevnění povrchové vrstvy. Z těchto důvodů nesmí být použita příliš veliká přítlačná síla. Při jednotlivých po sobě jdoucích stupních opracování povrchu je třeba kolmo měnit směr opracování součásti. Po každém kroku musí být z povrchu odstraněny zbytky po broušení.

5. Kontrola mikrostruktury

Mikrostrukturu hodnotíme buď přímo na místě za použití přenosného mikroskopu, nebo odebereme otisk mikrostruktury metodou replik a zkoumáme v laboratoři (např. obr. 19, 20, 21). Nejrychlejší metodou je v současné době vyfotografování mikrostruktury přenosným mikroskopem a následná analýza.



Obr. 19 Kotlová trubka
Fig. 19 Boiler tube



Obr. 20 Obruč generátoru
Fig. 20 Generator ring

Obr. 21 Přehřívák
Fig. 21 Overheater

6. Otisky do folií

Folie (repliky) jsou vyrobeny na bázi vhodné umělé hmoty a musí mít nejmenší tloušťku 0,06 mm. Na folii je potřeba nanést rozpouštědlo, aby došlo k jejímu změkčení. Po určité době působení je folie přiložena ke zkoumanému povrchu. Pro zajištění těsného kontaktu s povrchem musí být folie ve směru ze středu k okraji pečlivě přitlačena. To umožní únik přebytečného rozpouštědla a zabrání nechtěnému prohnutí folie nebo tvorbě vzduchových bublin [1].

7. Závěr

Příspěvek podává přehled o využití provozní metalografie v praxi. Jsou uvedeny příklady aplikací na konkrétních částech energetických zařízení s příslušnou fotodokumentací. I přes zdánlivou jednoduchost má tato perspektivní metoda do budoucnosti velký potenciál.

Literatura:

[1] DIN 54150 Abdruckverfahren für die Oberflächenprüfung (Replica-Technik)