

DETEKCIJA MAJHNIH NAPAK V ODKOVKIH IN ULITKIH Z METODO ULTRAZVO^NE DIFRAKCIJE

DETECTION OF SMALL FAILURES IN FORGING PIECES AND CASTING BY TIME OF FLIGHT DIFFRACTION TECHNIQUE

PREDRAG DUKI¹, I. DUKI¹, D. KMETI²

¹MATKONERG d.o.o., B. Cerjakov 36, 8250 Brešice

²MATKONERG d.o.o., 1000 Ljubljana

Prejem rokopisa - received: 1997-10-01; sprejem za objavo - accepted for publication: 1997-12-19

V velikih odkovkih in debelostenih ulitkih, ki se uporabljajo v energetiki, je zelo pomembno, da se razpoke odkrijejo še v začetni fazi in tudi, da se ugotovijo ve-ji nekovinski vklju-ki. Zelo pomembno je, da se le-ti lo-ijo od za-etnih mikrorazpok. S klasi-no ultrazvo-no tehniko take lo-ljivosti ni mogo-e dose-i. Zato so, posebno pri starej{ih elementih, mo'ne napake in nepravilne odlo-itve glede nadaljnega obratovanja. V prispevku je podan prakti-ni prikaz prednosti ultrazvo-ne difrakcije pred drugimi metodami, predvsem mo'nost odkrivanja za-etnih mikrorazpok, kot tudi opredeljevanje nehomogenosti v materialu, ki so posledica tehnologije izdelave in ne eksploatacije.

Klju-ne besede: ultrazvo-na difrakcija, odkovki, odlitki, energetski objekti

It is found that it is very important to detect microcracks in initial stage in large forging pieces and castings, which are used in power plants. The determination of non-metallic inclusions in metallic materials and discrimination of inclusions from microcracks is very important too. The separation of these failures is impossible by classical pulse-echo technique. On old power plant components it is possible to carry out unsuitable decisions with regards to further exploitation. In this paper the practical example of advantages of Time of Flight Diffraction regarding to other non-destructive techniques is presented. Detecting of initial microcracks and determination of inhomogeneity of materials formed during manufacturing technology are described.

Key words: ultrasonic diffraction, forging, castings, power plants

1 UVOD

Problem detekcije in kvantifikacije majhnih razpok in razlikovanje le-teh od nekovinskih vklju-kov in drugih nehomogenosti v materialu ima velik pomen, zlasti pri velikih odkovkih in odlitkih v energetiki. To je za-etni, v nekaterih primerih tudi edini realni korak za oceno stanja in izra-un 'ivljenske dobe vitalnih komponent.

Prihranki, ki jih dobimo s podaljševanjem realne 'ivljenske dobe so veliki, še ve-je pa so {kode, ki lahko nastanejo, -e ne moremo ugotoviti defektov v mehansko in toplotno mo-no obremenjenih komponentah. Od in{trumentov, ki zagotavljajo najve-jo zanesljivost in natan-nost, je to tehnika ultrazvo-ne difrakcije z uporabo B in D-skena¹⁻⁶.

Tehnika ultrazvo-ne difrakcije (Time of Flight Diffraction, v nadaljnjem tekstu TOFD) temelji na opazovanju ultrazvo-nega valovanja, ki se ukloni na majhnih napakah in razpokah. Defekt (vrh razpoke) deluje kot od-dajnik novega sfernega valovanja enake hitrosti in frekvence. Te signale lahko spremljamo tudi v podro-ju geometrijske sence. To zagotavlja sprejem signala tudi, -e ima napaka orientacijo, pri kateri je "puls-echo" tehnika ne opazi.

2 TEORETI^NE IN LABORATORIJSKE MO@NOSTI

Tehnika ultrazvo-ne difrakcije, ki jo je odkril dr. Maurice Silk s Harwell in{tituta v Veliki Britaniji v

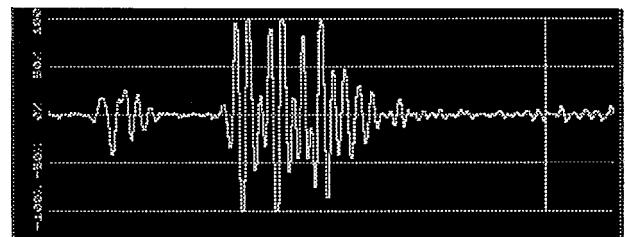
sedemdesetih letih, je bila 'e ve-krat obravnavana v doma-i literaturi⁷⁻¹¹, obravnavane pa so bile tudi prakti-ne preiskave v doma-ih termoelektrarnah¹²⁻¹⁷.

Kaj omogo-a ultrazvo-na difrakcija z rezultati, podanimi v B oziroma D-skenu?

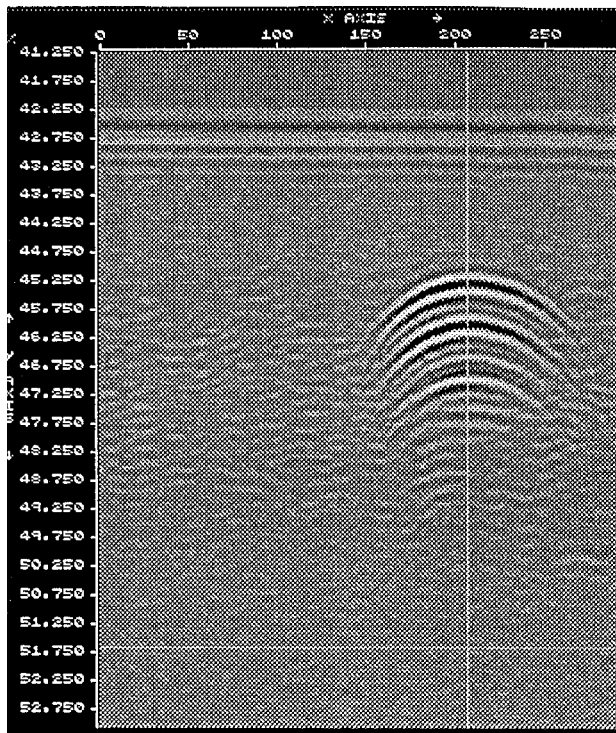
Za ilustracijo komparativnih prednosti te tehnike pred klasi-no "puls-echo" tehniko, so prikazani signali, dobljeni na jeklenem etalonu debeline 100 mm, na katerem so narejene ena nad drugo tri izvrtine premera 0,7, 1 in 1,5 mm.

Analiza A-skena potrjuje v praksi znano dejstvo, da v takih okoliš-inah, ki so v praksi pogosto mogo-e, s klasi-no "pulse-echo" tehniko ne moremo razlo-iti ali je to en ali ve- defektov, zlasti pa ni mogo-a njihova kvan-tifikacija.

Z uporabo tehnike ultrazvo-ne difrakcije z B-skenom lahko defekte zanesljivo in natan-no analiziramo. Na **sliki 2** vidimo, da so bili zaznani trije defekti, z merjen-



Slika 1: A-sken etalona z bo-nimi izvrtinami
Figure 1: A scan of three side-drilled holes

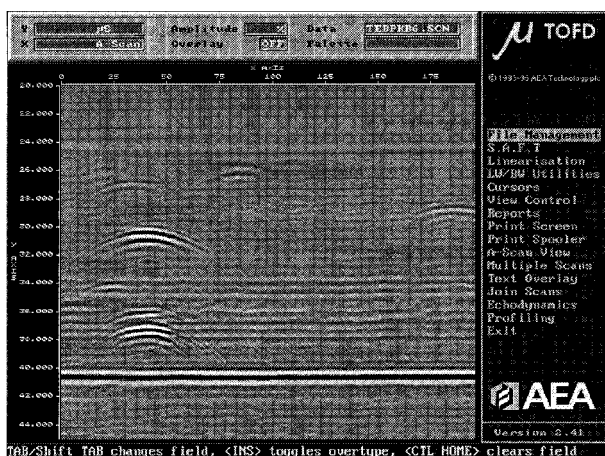


Slika 2: B-sken etalona s tremi izvrtinami
Figure 2: B scan of three side-drilled holes

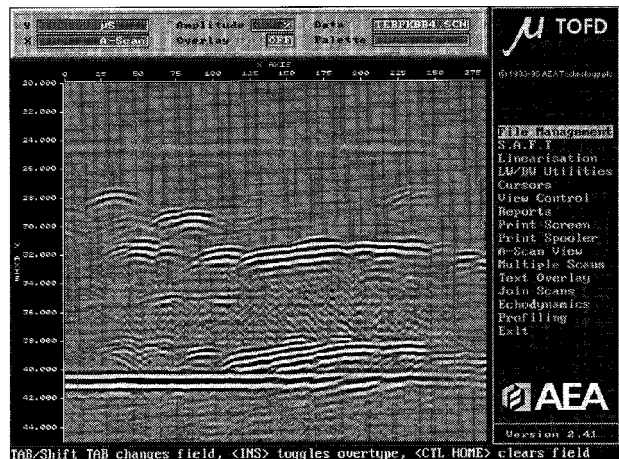
jem s parabolni-m kursorjem pa dobimo vrednosti premera 0,7, 0,9 in 1,55 mm.

3 PRIMERI IZ PRAKSE

Od leta 1993 se tehnika TOFD v Sloveniji uspešno uporablja v praksi¹²⁻¹⁷ za analizo vitalnih delov v energetskih objektih (deli turbin, kot so: rotorji, ohišja turbin in ventilov, generatorske kape). V nekaterih primerih, ko z ra-unskimi metodami ne moremo dovolj natan-no dolo-iti parametrov, potrebnih za izra-un kriti-ne veliko-



Slika 3: B-sken majhnih nekovinskih vklju-kov v nizu na -epu rotorja
Figure 3: B scan of small non-metallic inclusions in rotor shaft

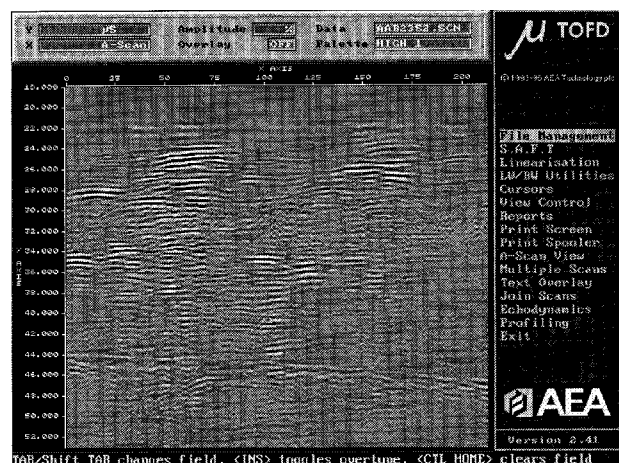


Slika 4: B-sken razpoke, deloma odprte proti notranji površini izvrtine
Figure 4: B scan of a crack partially opened to the back surface

sti napake in hitrosti njene propagacije, nam je na razpolago metoda spremljanja sprememb defekta s -asom eksploatacije. Ta metoda je najbolj natan-na in zanesljiva, pogoji pa so: izredna reproducibilnost preizkusov in natan-nost meritev defekta velikosti vsaj 0,5 mm. Z najboljšo dana{njo opremo lahko zagotovimo, da sta oba pogoja izpolnjena in s tem je omogo-eno spremljanje dogajanja v volumnu ali na nale'nih površinah, kjer so razpoke najpogostejše (navle-eni deli, notranje površine ohišij, izvrtine v rotorjih).

3.1 Odkovek

Na rotorjih turbin in generatorjev, ki so izdelani iz odkovkov, so lahko problem nekovinski vklju-ki in tudi notranja površina izvrtin. Primer prikazuje stanje, ki ga s klasi-no "pulse-echo" tehniko ni mogo-e opredeliti druga-e kot kvalitativno. Gre pa za stanje, nevarno za



Slika 5: B-sken odlitka ohišja ventila s povezanimi razpokami različnih velikosti
Figure 5: B scan of nozzle casing with variously sized and coupled defects

nadaljnje obratovanje, kjer se poleg drobnih nekovinskih vklju-kov v nizu (izmerjene nehomogenosti so pod 1 mm), lepo vidi tudi razpoka, ki je deloma odprta proti spodnji površini.

3.2 Odlitek

Odlitke z nekovinskimi vklju-ki in poroznostjo lahko detektiramo s "pulse-echo" tehniko le kvalitativno. Z D-skenom difraktiranih signalov ultrazvoka pa lahko defekte zanesljivo kvantitativno analiziramo z dobro reproducibilnostjo, ki omogo-a opazovanje sprememb na defektih z natan-ostjo 0,5 mm.

4 ZAKLJU^EK

Tehnika ultrazvo-ne difrakcije omogo-a to-no lociranje, merjenje ter spremljanje sprememb na nehomogenostih zelo malih velikosti. Pri tem je reproducibilnost tako dobra, da se pri tak{nih napakah (tudi pod 0,5 mm) lahko zaznajo spremembe velikosti. To omogo-a, da v polo'ajih, ko izra-un hitrosti napredovanja razpoke ni mo'en, direktno spremljamo in merimo napredovanje razpoke v dolo-enih -asovnih intervalih. Rezultat meritev je:

1. Razpoka miruje
2. Razpoka napreduje - na osnovi hitrosti napredovanja se oceni preostala 'ivljenjska doba.

To je poleg izku'enj pri interpretaciji signalov B in D-skena mogo-e samo z uporabo ustrezne opreme. Mnenja smo, da prav s to metodo lahko najbolj natan-no predvidimo akutne spremembe v vitalnih delih energetske opreme.

5 LITERATURA

¹ M. G. Silk: The Transfer of Ultrasonic Energy in the Geometry of the Diffraction Technique for Crack Sizing, *Ultrasonics*, 17 (1979) 3, 113-121

² M. G. Silk: The Use of Diffraction-Based Time-of-Flight Measurements to Locate and Size Defects, *British Journal of Non-Destr. Test.*, 26 (1984) 4, 208-213

³ T. A. Slesenger, G. B. Heskett, M. G. Silk: An Introduction to the Concepts and Hardware Used for Ultrasonic Time-of-Flight Data Collection and Analysis, *U.K.A.E.A. Report AERE-M 3388*, Harwell Laboratory, 1985

⁴ M. G. Silk: Defect Sizing Using Ultrasonic Diffraction, *British Journal of Non-Destr. Test.*, 21 (1979) 1, 12-15

⁵ R. S. Sigmond, E. Lien: Ultrasonic Diffraction Measurements of Fatigue Crack Growth, *British Journal of Non-Destr. Test.*, 22 (1980) 6, 281-283

⁶ BS 7706 (1993)

⁷ I. Duki, P. Duki, Advantages of ultrasonic diffraction technique in estimating the remaining life of critical components in mechanical engineering, *Conference proceedings of the 4th international conference of slovenian society for nondestructive testing*, 24-25 April 1997

⁸ I. Duki, P. Duki, B. Dejanovi-, A. Br{-i-, Pomembnost metode ultrazvo-ne difrakcije (TOFD) v oceni varnosti kriti-nih komponent energetskega sistema, *Zbornik 1. mednarodnega simpozija Sanacija termoeenergetskih objektov*, Roga{ka Slatina, Slovenija, 28-30 maj 1997

⁹ P. Duki, I. Duki, [. Marjeti-, D. Kokalj, Prednosti kontrole z metodo ultrazvo-ne difrakcije pri pove-anju varnosti in zanesljivosti obratovanja elektropostrojenja, *Zbornik tretje konference slovenskih elektroenergetikov (CIGRE)*, Nova Gorica, 3-5 junija 1997

¹⁰ P. Duki, I. Duki, R. [vegelj, P. Godec, Sodobne metode za odrejanje stopnje varnosti in zanesljivosti hidropostrojenj, *Zbornik konference: 3. slovenski dnevi jeklenih konstrukcij*, Ljubljana, 27-28 maj 1997

¹¹ P. Duki: Letno poro-ilo o rezultatih opravljenega znanstveno raziskovalnega dela na podro-ju aplikativnega raziskovanja, Projekt: Revitalizacija termoeenergetskega objekta, 10-15, 1996

¹² P. Duki, Poro-ilo o kontroli brez poru{itve na turbini 75MW, NT del, blok 3, TE [o{tanj, {t. MTN.U.06.92, 1992

¹³ P. Duki, Poro-ilo o kontroli brez poru{itve na turbini 30MW, NT del, blok 2, TE [o{tanj, {t. B2. NT.DL.1/93, 1993

¹⁴ P. Duki, Kontrola navle-enih diskov NT rotorja z ultrazvo-no difrakcijo, poro-ilo {t. MTN.I.Z.005.95.0, 1995

¹⁵ P. Duki: Analiza zanesljivosti nadaljnega obratovanja rotorskih kap generatorja G4 AEG 32 MVA PB-2 PTE Brestanica, 21-26, 1995

¹⁶ P. Duki, Poro-ilo o kontroli brez poru{itve na turbini 28 MW v TE-TO Ljubljana, poro-ilo {t. MTN.I.Z.005.97.0

¹⁷ P. Duki: Poro-ilo o kontroli brez poru{itve na TA2 v TE Brestanica, poro-ilo {t. MTN.I.Z.006.97.0.