



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

CONSIDERAȚII PRIVIND AVARIILE PRODUSE LA ARBORII TURBINELOR BULB DE LA PORȚILE DE FIER II

Emanuel-Alexandru BLEOANCĂ, Ilare BORDEAȘU,
Octavian OANCĂ, Ionel BACIU, Rodica BĂDĂRĂU

CONSIDERATIONS CONCERNING THE DAMAGES CREATED ON BULB TURBINES IRON GATES II

The paper presents the damages observed, after an important time of running, on the shafts of hydraulic bulb turbines. The damages have taken the form of multiple cracks, generated through fatigue stresses.

Keywords: application to fatigue, hydraulic turbine bulb, cracking, corrosion

Cuvinte cheie: solicitare de oboseală, turbine hidraulice bulb, fisuri, coroziune

1. Introducere

În timpul exploatării, arborele turbinei bulb este supus la solicitări specifice statice (întindere, compresiune, torsiune) și dinamice (oboseală, vibrații aleatorii). Aceste solicitări sunt efectul forțelor și momentelor hidraulice dezvoltate pe paletele rotorice, greutatea rotorului (cu sau fără ulei), aflat în consolă, figura 1, și vibrațiilor, inevitabile, create de masele aflate în mișcare de rotație și distribuite inegal față de axa de simetrie a turbinei.

Observațiile realizate pe arborii turbinelor bulb de la CHE Porțile de Fier II au scos în evidență fisuri în zona de racord a flanșei arborelui ce-l cuplează cu rotorul turbinei. Examinarea acestor fisuri a condus la concluzia că acestea sunt specifice solicitărilor de oboseală

inevitabile în exploatarea arborelui și amplificate de mediul umed în care lucrează. Prin urmare, în cadrul lucrării, se face o prezentare și analiză a avariilor suferite de arborii turbinelor bulb de la CHE Porțile de Fier II, după un număr important de ore funcționare.

2. Parametrii de funcționare ai turbinei bulb. Date tehnice

În tabelul 1 sunt prezentați parametrii de funcționare ai turbinei bulb și principalele date tehnice.

Parametrul	Simbol	Valoare
Căderea netă	H	7,8 m
Debit	Q	475 m ³ /s
Puterea utilă	P	32,5 MW
Turația turbinei	n _T	62,5 rpm
Greutate paletă rotor	G _{pal}	7545 kg
Greutate subansamblu rotor (fără ulei)	G _{rotor}	99,6 t
Diametru arbore	d	1200 mm
Diametru flanșe	D	1700/2298 mm

3. Considerații asupra materialului arborelui turbinei

Arborele turbinei bulb, figura 1, este realizat din două componente: una turnată (formată din flanșa de cuplare cu rotorul turbinei, figura 2 și o porțiune cilindrică) și una forjată (formată din flanșa de cuplare cu arborele generatorului electric și cea mai mare parte cilindrică, cu care se fixează și în lagărul radial axial). Caracteristicile mecanice și compoziția chimică ale oțelului arborelui 20ГC sunt: rezistența mecanică la rupere $R_m = 470,88 \text{ N/mm}^2$, limita de curgere $R_{p0,2} = 255,05 \text{ N/mm}^2$; C = 0,16...0,22 %, Mn = 1...1,3 %, Si = 0,60...0,80 %, Cr, Ni, Cu < 0,3 %, S, P < ,03 %.

Din analiza constituției chimice rezultă că materialul utilizat este un oțel slab aliat cu mangan. Proporția de crom și nichel, (în special crom), este insuficientă pentru a conferi rezistență sporită la coroziune, inclusiv coroziune intercristalină [4]. Având în vedere influența manganului asupra grăunților cristalini apreciem că elementul principal de aliere determină o structură grosolană a semifabricatului flanșei. În cazul semifabricatelor turnate această structură determină atât grăunți cristalini mari cât și o oarecare neuniformitate a dimensiunilor acestora.

Păstrarea compoziției inițiale, cu procentaje mici de crom și nichel, face ca rezistența la coroziune, figura 2, să rămână relativ redusă, ceea ce nu ameliorează propagarea fisurilor inițiate.

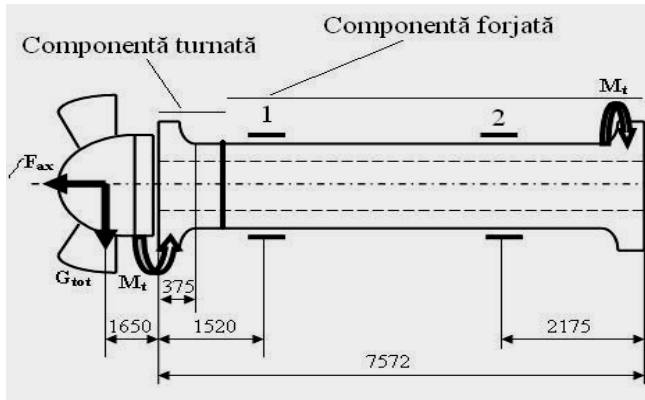


Fig. 1 Schița arborelului turbinei bulb

4. Aspecte ale fisurării

În urma deplasărilor efectuate, a expertizelor examinate precum și a discuțiilor purtate la sediul CHE Porțile de Fier II a rezultat că fisurile au apărut după o perioadă de funcționare continuă a agregatelor, diferită de la un agregat la altul. De asemenea, exploatarea turbinelor a fost conformă regimurilor specifice, continuu supravegheată și controlată. Ca urmare, zonele incriminate au fost verificate prin metode specifice nedistructive, la fiecare oprire a agregatelor românești. După controlul realizat la circa 130.000-140.000 de ore funcționare, în zona de racord a flanșei de cuplare a arborelui cu rotorul turbinei, au fost observate o rețea de fisuri circumferențiale. Acest aspect ne-a determinat să apreciem că inițierea fisurilor a fost cauzată de solicitările specifice, constituția materialului, tehnologia de prelucrare și condițiile de lucru (umiditate, figura 2).

Aspectul zonelor fisurate prezintă trăsături de oboseală, similare celor descrise în *Fractography and Atlas of Fractographs, Metals Handbook*, vol. 9, Metals Park Ohio, ATME, 1986 și [1], [2], [3]:

- lipsa deformațiilor plastice macroscopice sau a modificărilor dimensionale (gâtuirii etc.), figura 3, a;
- macroscopic, suprafața de rupere a piesei prezintă două zone: una cu aspect relativ neted (chiar lustruit) propriu propagării lente a fisurii iar cea de a doua are aspectul caracteristic ruperilor fragile (suprafața grunjoasă), figura 3, b;
- zona netedă prezintă unele denivelări ce cresc progresiv cu îndepărtarea de la locul de inițiere al fisurii (zona cea mai bine lustruită se află în imediata vecinătate a punctului de inițiere), figura 3, b;



Fig. 2 Puncte ale coroziunii de suprafață



a)



b)

Fig. 3 Fisuri în zona de racord a flanșei arborelui

5. Analiza fisurilor și a modului lor de formare și propagare

Examinarea fisurilor, figura 3, realizată pe baza fotografiilor efectuate pe arborele de la hidroagregatul nr. 6, a permis fundamentarea cauzelor ce au dus la fisuri, în zona de racord a flanșei, de o asemenea anvergură.

Analizând imaginea din figura 3, a se constată:

1. Forma zimțată a fisurii circumferențiale este mult mai evidentă, ceea ce reflectă existența unor microzone cu rezistență sporită care au necesitat ocolirea;

2. Coroziunea chimică a avut loc chiar și sub stratul de vopsea protectoare;

3. Există fisuri și în zone apropiate de cea de a doua rază de racordare (în dreptul săgeții). Acest aspect arată gradul puternic de solicitare, generat de tensiunile ridicate induse prin solicitările mari la care este supusă partea arborelui, aflată în consolă.

Analizând imaginea din figura 3, b se constată:

1. Fisurile s-au generat și dezvoltat în planuri diferite; traseul de propagare a avut loc diferit, probabil datorită întâlnirii unor grăunți duri/legături intergranulare dure (impuse de prezența manganului ca principal element chimic de aliere) și care au determinat schimbarea acestuia;

2. Forma fisurilor este clar una specifică solicitării de oboseală; culoarea mai închisă a soluției folosite, pentru identificarea și aprecierea gradului de avariere, arată că adâncimea fisurii este însemnată, care, practic, a impus scoaterea arborelui din funcțiune și remedierea defectului;

6. Concluzii finale

■ Apreciem că fisurarea produsă în zona de racord flanșă arbore - corp cilindric arbore este cauzată de solicitările specifice, constituția chimică și structurală ale materialului, tehnologia de prelucrare și condițiile de lucru (umiditate). Zona de racordare a flanșei, în care apar fisurile, lucrează în mediu umed, ceea ce implică și o activitate corozivă, care contribuie la accentuarea fisurării în timpul funcționării agregatului.

■ Se impun operații de eliminare a fisurilor mici, deoarece acestea se pot dezvolta pe un arc de cerc din circumferința arborelui luând o formă neregulată, determinată de propagarea prin zone cu rezistență mai mică sau mai mare ducând, în final, la ruperea arborelui.

■ Inițierea și dezvoltarea fisurilor circumferențiale se poate realiza în unul sau mai multe planuri. Acest mod de formare și dezvoltare este specific pieselor confecționate din semifabricate cu defecte structurale și tehnologice de prelucrare (carburi de crom, grăunți cristalini mari și neomogeni, prelucrare mecanică necorespunzătoare etc.) și supuse la solicitări ciclice nesimetrice, cauzate de condițiile de montaj și de distribuția maselor aflate în mișcarea compusă de rotație - încovoiere-întindere (împingere axială).

■ Multitudinea fisurilor este determinată de amorsele inițiale, create, în primul rând, de tehnologia de prelucrare mecanică (nivelul rugozităților), dar și de tenacitatea materialului.

Notă: The present work has been supported from the National University Research Council Grant (PCE- PNII), ID 34/77/2007 (Models Development for the Evaluation of Materials Behavior to Cavitation).

BIBLIOGRAFIE

- [1] Barsom, J.M., Rolfe, S.T., *Fracture and Fatigue Control*, Edition 2, Prentice Hall, 1987.
- [2] Bathias, C., Paris, P.C., *Gigacyclic Fatigue in Mechanical Practice*, Marcel Decker, New York, 2005.
- [3] Rusu, O., Teodorescu, M., Lașcu-Simion, N., *Oboseala metalelor*, vol.1, Editura tehnică, București, 1992.
- [4] Mitelea, I., Budau, V., *Studiul metalelor, Îndreptar tehnic*, Editura Facla, Timișoara, 1987.
- [5] * * *, *Fatigue Design Handbook*, Second Edition, SAE, Warrendale, 1988.
- [6] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*. Ediția a doua revăzută și adăugită. Editura Academiei Române și Editura AGIR, București, 2005.

Stud. Emanuel-Alexandru BLEOANCĂ
Universitatea „Politehnica” din Timișoara, membru AGIR
e-mail:emanuelalexandru88@gmail.com
Prof.Dr.Ing. Ilare BORDEAȘU
șef catedră Mașini Hidraulice
Universitatea „Politehnica” din Timișoara, membru AGIR
e-mail: ilarica59@gmail.com
Drd. Ing. Octavian OANCĂ,
Universitatea „Politehnica” din Timișoara, membru AGIR
e-mail: mh@mec.upt.ro
Asist. Dr.Ing. Ionel Doru BACIU
Universitatea „Politehnica” din Timișoara, membru AGIR
e-mail: ilarica59@gmail.com
Asist. Drd. Ing. Rodica BĂDĂRĂU,
Universitatea „Politehnica” din Timișoara, membru AGIR
e-mail: mh@mec.upt.ro