

Evaluarea capacității portante a unei camere de cocsare după remedierea rezultată în urma unei avarii

The assessment portent capacity of a coxing box after repair following a failure

Horia Mateiu¹, Traian Fleșer², Alin Murariu¹

¹) Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Sudură și Încercări de Materiale - ISIM Timișoara,

²) Universitatea POLITEHNICA Timișoara

Cuvinte cheie

Cameră cocsare, înveliș bimetal placat, fiabilitate, durată de viață, sistem expert.

1. Introducere

a. Obiectul de studiu

Lucrarea are ca obiectiv evaluarea fiabilității și a duratei restante de viață a reactorului (cameră de cocsare) dintr-o instalație petrochimică. Avaria înregistrată a afectat îmbinarea sudată a învelișului din oțelul placat cu oțel aliat. Evaluarea caracteristicilor de rezistență și funcționale a fost efectuată în două etape.

Aplicația „Cameră de cocsare” are următoarele caracteristicile dimensionale și tehnice (figura 1, tabelele 1, 2):

- Diametrul interior: $D = 6200\text{mm}$
- Lung. de calcul a elementului cilindric: $L = 18500\text{mm}$
- Volumul nominal: $V = 697\text{m}^3$
- Fund superior/ inferior: Sferic/Reducție conică
- Grosimea de proiectare (oțel W 1.5423) $Sp = 25\text{mm}$
- Adaos pentru condiții de exploatare (placaj din oțel X6CrAl13, W1.4002): $C1 = 3\text{mm}$
- Presiune maximă admisibilă: $PS = 0,5\text{MPa}$
- Presiune de lucru: $PL = 0,4\text{MPa}$
- Presiunea de încercare hidraulică (la vârf): $P_{inc} = 1,45\text{MPa}$
- Temperatura admisibilă/ maximă admisibilă: $TS_{min}/TS_{max} = +288/758\text{K}$
- Temperatura minimă/ maximă de lucru: $T_{min}/T_{max} = +303/+748\text{K}$
- Numărul de cicluri de funcționare: 1100 cicluri
- Durata de funcționare: 60.000 ore
- Izolație termică: 250/200 mm;

b. Expertizarea avariei

Avaria s-a produs după exploatarea timp de 60.000 de ore, când defecte de sudare de la fabricație, amplificate de testul de presiune hidraulică, au condus la propagarea fisurilor inițiale până la dimensiuni macroscopice. Rezultatul a fost oprirea funcționării. A fost efectuată inspecția, detectarea defectelor

Keywords

Coxing box, bimetal shell lining, reliability, remaining life assessment, expert system.

1. Introduction

a. Study object

The paper studies the assessment of the reliability and remaining life of the reactor (coxing box) from a petrochemical plant. The failure affected the welded joint of the lining (shell plated with alloyed steel). The assessments of resistance and functional characteristics were made in two steps.

The application “Coxing box” has the dimensional and technical characteristics presented in Figure 1 and Tables 1 and 2.

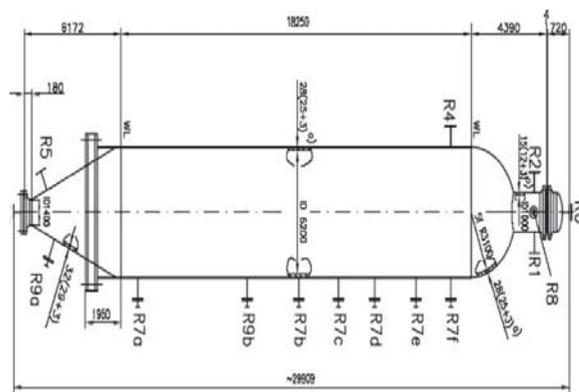


Figura 1. Aspectul camerei de cocsare/
Figure 1. The coxing box aspect

- Interior diameter $D = 6200\text{ mm}$
- The calculus length of the cylindrical element $L = 18500\text{ mm}$
- Nominal volume $V = 697\text{ m}^3$
- Superior/inferior bottom Spherical/ Conic reduction
- Thickness projected (W 1.5423 steel) $Sp = 25\text{ mm}$
- Addition for exploitation conditions (made out of X6CrAl13, W1.4002 steel) $C1 = 3\text{ mm}$
- Maximum admissible pressure $PS = 0.5\text{ MPa}$
- Work pressure $PL = 0.4\text{ MPa}$
- Hydraulic test pressure $P_{inc} = 1.45\text{ MPa}$

Tabelul 1. Compoziția chimică [%] (pe oțel lichid)/ Table 1. The chemical composition [%] (on the liquid steel)

Marcă oțel/ Steel grade	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Al
16Mo5 (STAS 2883/3-88) (W 1.5423)	0,12...0,20	0,50...0,80	0,15...0,30	max. 0,035	max. 0,035	-	0,45...0,65	0,010...0,030
Abateri pe produs/ Deviation from the product	±0,02	±0,05	±0,05	+0,005	+0,005	-	±0,04	±0,005
X6CrAl13 SR EN 10088-2:2005 (W1.4002)	max. 0,080	max. 1,0	max. 1,0	max. 0,040	max. 0,015	12,00...14,00	-	0,10...0,30
Abateri pe produs/ Deviation from the product	±0,01	±0,03	±0,05	+0,005	+0,003	±0,15	-	±0,05

Tabelul 2.a. Caracteristici mecanice./ Table 2a. The mechanical properties

Marcă oțel/ Steel grade*	Rezistența la tracțiune/ Tensile strength $R_m / 20$ [N/mm ²]	Limita de curgere/ Yield strength $R_e, R_{eH/20}$ sau $R_{p0,2}$ [N/mm ²]	Limita de curgere/ Yield strength $R_{p0,2/450}$ [N/mm ²]	Limita de curgere Yield strength $R_{p0,2/500}$ [N/mm ²]	Alungirea la rupere/ Fracture elongation A_5 [%]	Energia de rupere la/ Charpy energy to 20°C KV [J]
16Mo5(STAS 2883 /3-88) (W 1.5423)	440 ÷ 540	min. 265	min. 157	min. 137	18	31

Notă:* SR EN 10028-2/AC:2006 nu conține marca 16Mo5.

Tabelul 2b. Caracteristici mecanice și tehnologice/ Table 2b. The mechanical and technological properties

Marcă oțel/ Steel grade	Rezistența la tracțiune/ Tensile strength $R_m / 20$ [N/mm ²]	Limita de curgere/ Yield strength $R_{p0,2/20}$ long. [N/mm ²]	Limita de curgere/ Yield strength $R_{p0,2/20}$ trans. [N/mm ²]	Limita de curgere/ Yield strength $R_{p0,2/400}$ [N/mm ²]	Alungire la rupere/ Fracture elongation A_5 [%]	Energia de rupere la/ Charpy energy to 20°C KV [J]
X6CrAl13 SR EN 10088-2:2005 (W1.4002)	400 ÷ 600	min. 210	min. 230	min. 190	min. 17	nespecificat/ unspecified

(figurile 2, 3), respectiv remanierea prin sudare a acestora (figurile 4, 5).

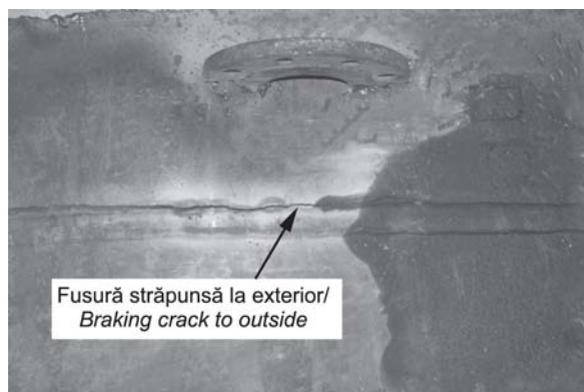


Figura 2. Cupon 2 – vedere din exterior, cu fisură/
Figure 2. Coupon 2 – exterior view, with crack

- Admissible temperature/
maximum admissible $T_{min}/T_{max} = +288/758$ K
- Minimum temperature /
maximum for work $T_{min}/T_{max} = +303/+748$ K
- The numbers of
functional cycle 60,000 hours
- Thermal isolation 250/200 mm

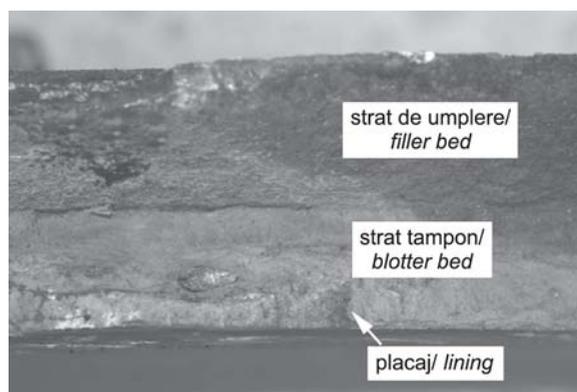


Figura 3. Rupere prin sudură (detaliu virola 2, cupon 5)/
Figure 3. The path of crack through the weld
(ring 2 details, coupon 5)

2. Rezultatul inspecției la evaluarea avariei

Caracteristicile actuale de rezistență la temperatura ambiantă și la temperatura de exploatare sunt conforme cu specificațiile de referință. Oțelurile identificate prin analize chimice corespund mărcilor indicate de proiectant.

Materialele inspectate nu prezintă degradări structurale semnificative, produse în exploatare.

Încercările mecanice de rezistență și tehnologice de evaluare a conformității, efectuate pe materialul celor două virole au dat

b. The failure analysis

The failure has occurred after 60,000 hours of exploitation when the welding flaws of fabrication, amplified by the hydraulic

rezultate care indică că acest material este îmbătrânit. Starea de îmbătrânire se explică pe baza următoarelor caracteristici:

- valoarea ridicată a raportului dintre $R_{p0,2}/R_m$ a metalului de bază (oțel 16Mo5), pe ambele direcții de prelevare,
- tenacitatea scăzută a materialului, aflată la limita de acceptabilitate pe direcție perpendiculară în raport cu sudura,
- valoarea ridicată a coeficientului de sensibilitate la îmbătrânire (peste 50%).



Figura 4. Fisură – Sudură C12, la placaj, dintre virola 2 și virola 3, cupon 1, proba M12/
Figure 4. Crack – Welding C12, on the plate between ring 2 and ring 3, coupon 1, Sample M12

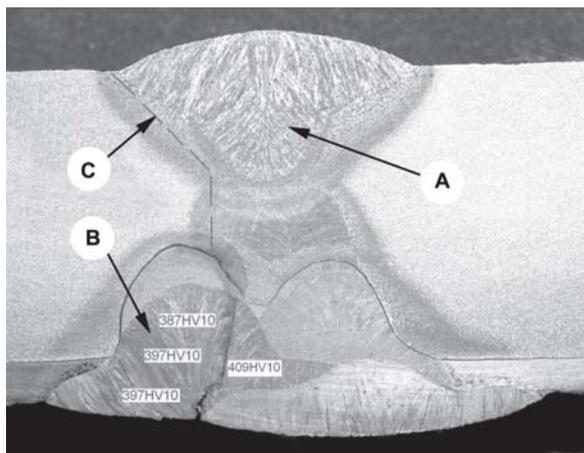


Figura 5. Îmbinare sudată C12 dintre virola 2 și virola 3, cupon 3, proba M3 (A-Strat de umplere; B-Strat tampon; C-Traseu de propagare a fisurii/
Figure 5. Welded joint C12 between ring 2 and ring 3, coupon 3, Sample M3 (A-Filler bed; B-Blotter bed; C-Crack growth path

Pentru caracterizarea completă a materialului de bază (oțel 16Mo5), utilizând date experimentale cantitative, au fost efectuate încercări de lungă durată la fluaj și oboseală termică.

Starea metalurgică actuală a materialelor virolor 2 și 3 nu variază semnificativ, fapt atestat prin structura și caracteristicile mecanice obținute prin încercările de scurtă durată. Totuși, sensibilitatea la îmbătrânire este mai ridicată la virola 3.

Prin examinările suplimentare macroscopice în zone fisurate s-au identificat anomalii privind modul de realizare a sudurii de montaj, dintre cele două virole. În zonele cu fisură și ruptură,

pressure test, led to the propagation of the initial cracks to macroscopic dimensions. The result was the stopping of the work. The inspection, the flaws detection (Figures 2 and 3) respectively their reshuffle by welding were made (Figures 4 and 5).

2. The result of the inspection after failure

The actual resistance characteristics at ambient temperature and at exploitation temperature are in conformity with the reference specifications. Steels identified by chemical analyses correspond to the steel grade indicated by the designer.

The inspected materials show no significant structural degradations produced in exploitation.

The resilience and technological assessment tests performed on the material of the ring indicate that this material is aged. The aged state is explained by the following characteristics:

- the high value of the report $R_{p0,2}/R_m$ of the base material (16Mo5 steel), on both sampling directions
- the low toughness of the material which is at the acceptability limit on perpendicular direction to the welding,
- The high value of the sensibility to aging coefficient (over 59%)

For a complete characterization of the base material (16Mo5 steel), using experimental quantitative data, long duration creep tests and thermal fatigue tests were made.

The actual metallurgical state of the ring materials 2 and 3 does not vary significantly; these result from the structure and mechanical characteristics obtained by short duration tests. The aging sensibility is higher to ring 3.

From the supplementary macroscopic examinations the area presenting cracks was identified as an abnormal one achieving the repair welding between the rings. In the cracks and fracture zone, the buffer layer is in contact with the working medium and it is unprotected to a charge welding compatible with the plate.

The bent test of the welded joint with the plate on the tense fiber shows a low capacity to cold deformation. This can be another complementary cause of the cracks initiated in the passing zone between the plate and the welding to the plate. The high thickness of the buffer layer, characterized by hardness and high mechanical resistance and with the fragile constituents, leads to the propagation of the initial cracks in the anticorrosive layer.

3. The remaining life assessment – step 1

For the remaining life assessment of the material analyzed after 60.000 hours and after the rehabilitation was made, the expert system iRiS-Power [1] was used with the following modules:

- iRiS-Material: database with physical and mechanical characteristics of the materials including 16Mo5 steel,
- iRiS-Creep: for the creep assessment of the long technical resistance,
- iRiS-Fatigue: for the assessment of resistance to fatigue at 773 K,
- iRiS-TRD for the assessment of creep and fatigue exhaustion and of the remaining life.

In the first step there were no results regarding the fatigue tests at high temperature or creep tests. For the low-cycle fatigue assessment in isothermal regime at 773 K from the database of the iRiS-Material, experimental data were used on the same

iRIS-Fatigue - [Data Sheet]

File Edit View Help

	Temperature [oC]	Strain Range	Measured Stress	Strain Rate / min	E Modulus [MPa]	Num. of Cycles	Selected	Set ID	PseudoElastic
1	500,00	1,88	0,80	0,01	176.000,00	211,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
2	500,00	1,07	0,50	0,01	176.000,00	543,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
3	500,00	0,66	0,40	0,01	176.000,00	1.303,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
4	500,00	2,00	0,90	0,01	176.000,00	263,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
5	500,00	1,33	0,58	0,01	176.000,00	345,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
6	500,00	1,07	0,50	0,01	176.000,00	479,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
7	500,00	0,75	0,45	0,01	176.000,00	917,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
8	500,00	0,60	0,37	0,01	176.000,00	2.175,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
9	500,00	0,50	0,30	0,01	176.000,00	4.241,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
10	500,00	0,34	0,20	0,01	176.000,00	18.728,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
11	500,00	2,00	0,90	0,01	176.000,00	251,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
12	500,00	1,33	0,58	0,01	176.000,00	320,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
13	500,00	1,07	0,50	0,01	176.000,00	470,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
14	500,00	0,75	0,45	0,01	176.000,00	909,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
15	500,00	0,59	0,30	0,01	176.000,00	2.175,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
16	500,00	0,50	0,30	0,01	176.000,00	4.241,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
17	500,00	0,33	0,20	0,01	176.000,00	18.302,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
18	500,00	1,85	0,81	0,01	176.000,00	298,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
19	500,00	1,51	0,62	0,01	176.000,00	531,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01
20	500,00	1,18	0,55	0,01	176.000,00	668,00	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0,01

Figura 6. Caracteristici la oboseală oligociclică izotermă/ Figure 6. The isothermal low-cycle fatigue characteristics.

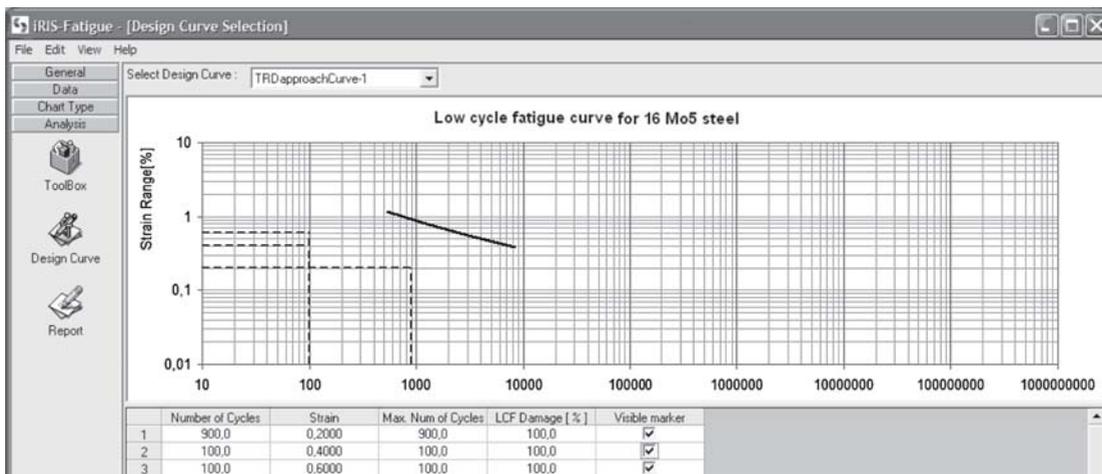


Figura 7. Curba de oboseală oligociclică/ Figure 7. The low-cycle fatigue curve

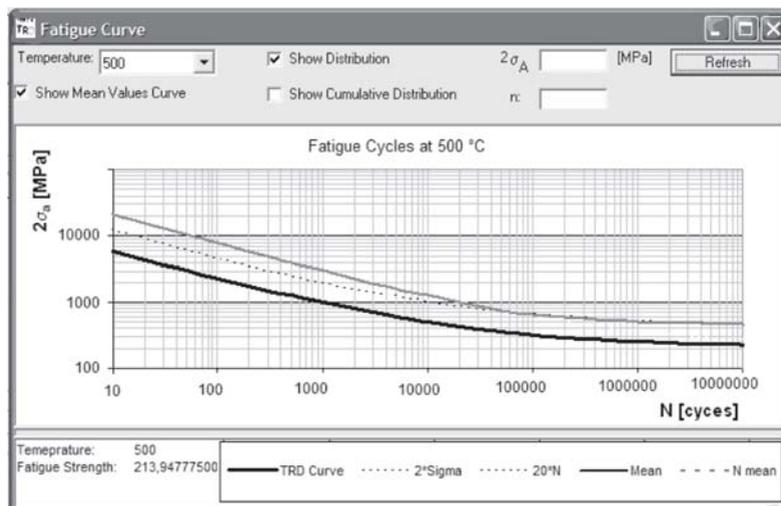


Figura 8. Curba de oboseală oligociclică TRD/ Figure 8. The TRD low-cycle fatigue curve

stratul tampon este în contact cu mediul de lucru și a rămas neprotejat de o sudură de încărcare compatibilă cu placajul.

Încercarea la îndoire a îmbinării sudate, cu placajul pe fibra întinsă, a demonstrat capacitate scăzută de deformare la rece. Aceasta poate fi o cauză complementară a inițierii fisurilor în zone de trecere dintre placaj și sudura la placaj. Grosimea mare a stratului tampon, caracterizat prin duritate și rezistență

grade of steel in different laboratories. The assessment is conservative and the selection of 20 tests and the curves determined from the statistical processing are presented in Figures 6÷8.

The results of the preliminary creep tests processed with the expert system iRiS are presented in Figures 9 and 10.

The conclusions regarding the fatigue-creep analysis are:

mecanică ridicată, împreună cu constituenții fragili, a favorizat propagarea fisurilor inițiate în stratul de protecție anticorozivă.

3. Evaluarea duratei de viață – etapa 1

Pentru evaluarea duratei restante de viață a materialului analizat după 60.000 de ore de funcționare și după efectuarea reabilitării s-a folosit sistemul expert iRiS-Power [1], cu următoarele module:

- iRiS-Material: baze de date cu caracteristici fizice și mecanice ale materialelor, inclusiv 16 Mo5,

- iRiS-Creep: pentru evaluarea la fluaj a rezistenței tehnice de durată,

- iRiS-Fatigue: pentru evaluarea rezistenței la oboseală oligociclică la temperatura de 773 K,

- iRiS-TRD: pentru evaluarea epuizării la fluaj, la oboseală și estimarea duratei restante de viață.

În prima etapă nu au existat rezultate privind încercarea la oboseală la temperatură ridicată și nici ale încercării de fluaj. Până la remedierea avariei s-au efectuat încercări de fluaj de scurtă durată.

Pentru evaluarea la oboseală oligociclică în regim izoterm la 773 K din baza de date generice a iRiS-Material s-au utilizat date experimentale pe aceeași marcă de oțel în diferite laboratoare din lume. Evaluarea este conservativă, iar selecția de 20 de încercări și curbele determinate la prelucrarea statistică se prezintă în figurile 6÷ 8.

Rezultatele încercărilor preliminare la fluaj extrapolate și prelucrate cu sistemul expert iRiS se prezintă în figurile 9 și 10.

Concluziile preliminare privind analiza fluaj-oboseală – etapa 1 sunt următoarele:

- Rezultatele obținute se referă doar la oțelul 16 Mo5, eșantionat pe virolele 2 și 3 din camera de cocs analizată și nu iau în considerare posibilele defecte de material. În evaluările efectuate nu s-a luat în considerare influența placajului, a sudurilor și a defectelor acestora.

- Caracteristicile actuale la fluaj la temperatura de exploatare (758 K), sunt conforme cu cele din specificațiile de referință, după o durată de exploatare de 60.000 de ore.

- Se consideră că degradarea prin oboseală termică este neglijabilă, având în vedere determinările analitice bazate pe date generice. Totuși, ținând cont că materialul camerei de cocs este solicitat simultan și la fluaj, caracteristicile la oboseală ale acestuia pot fi afectate. Încercările de oboseală termică pe epruvetele prelevate din virolele 2 și 3, care sunt în curs de realizare, vor permite o apreciere reală a nivelului de degradare la oboseală.

- Analizând comportarea combinată la fluaj – oboseală, pe baza rezultatelor parțiale care vor fi finalizate în etapa a 2-a, se estimează că materialul 16Mo5 din componența reactorului poate fi utilizat în condiții de siguranță cel puțin 5000 ore la o tensiune efectivă de solicitare de $62,3 \text{ N/mm}^2$.

4. Evaluarea duratei de viață și analiza fluaj-oboseală – etapa 2

În etapa a 2-a s-au efectuat încercări de oboseală termică în regimul 333 → 773 K pe o selecție de 16 epruvete, iar rezultatele introduse în modulul iRiS-Fatigue al sistemului expert se prezintă în figura 11. Încercările s-au efectuat pe instalația de încercare IIOT-2, proiectată și realizată la ISIM Timișoara [1, 2], respectând cerințele standardului de încercare ASTM E606 și de prelucrare

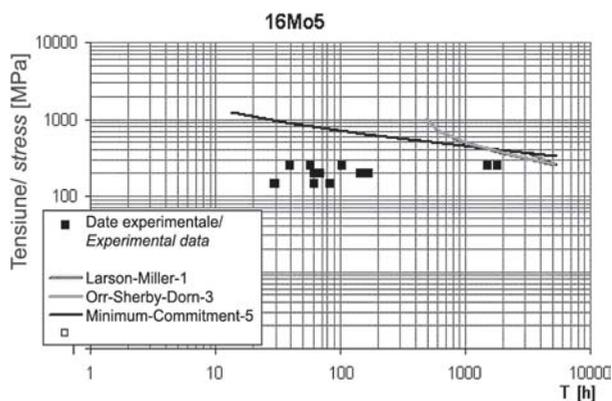


Figura 9. Rezultatele de fluaj extrapolate la 758 K/
Figure 9. Creep results to 758 K

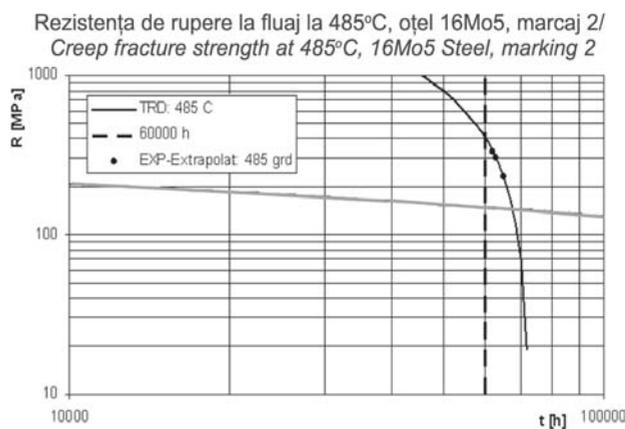


Figura 10. Rezultate la fluaj pentru exploatarea cu
minim 5.000 de ore/
Figure 10. The creep results for the minimum
5,000 hours of exploitation

- The results obtained refer only to the steel 16Mo5, ring 2, 3 from the coxing box and do not consider the possible flaws of the material. In the assessments the influence of the lining, welding and the possible existence of flaws were not taken into consideration.

- Actual characteristics to creep at the temperature of 758 K are according to those from the reference considering exploitation duration of 60,000 hours.

- It is considered that the damage produced by thermal fatigue is negligible. The material of the coxing box is simultaneously loaded to the creep; the fatigue characteristics can be affected. The fatigue tests on samples from rings 2 and 3 allow a real appreciation of the fatigue damage level.

- Analyzing the behavior creep-fatigue, from the partial results which are to be finalized under safety conditions, at least 5,000 hours at the effective tension of 62.3 N/mm^2 .

4. The remaining life assessment and the creep-fatigue analysis-step 2

In the second step thermal fatigue tests were made in the regime 333→773 K on 16 samples and the results introduced in the module iRiS-Fatigue of the expert system are presented in Figure 11. The tests were made on IIOT-2 installation projected and realized by ISIM Timisoara.[1, 2], respecting the requirements of the test standard ASTM E606 and of statistical calculation [6, 7, 8]. In Figure 12 are presented the results from the expert system for the projection curve determination TRD.

statistică a rezultatelor [6, 7, 8]. În figura 12 se prezintă rezultatele prelucrate de sistemul expert pentru determinarea curbei de proiectare TRD.

The remaining life assessment was realized with the iRiS expert system. For remaining life respectively the creep and fatigue exhaustion the modules of the expert system similar to

Temp. Range [K]	Strain Range	Measured Stress	Strain Rate /min	E Modulus [MPa]	Num. of Cycles	Selected	Set ID	PseudoElastic
1	900.00	1.12	100.00	1.00	154.000.00	30.00	1	0.10
2	900.00	1.12	100.00	1.00	154.000.00	96.00	1	0.10
3	900.00	1.12	100.00	1.00	154.000.00	119.00	1	0.10
4	900.00	1.12	100.00	1.00	154.000.00	119.00	1	0.10
5	900.00	0.81	100.00	1.00	154.000.00	212.00	2	0.10
6	900.00	0.81	100.00	1.00	154.000.00	226.00	2	0.10
7	900.00	0.81	100.00	1.00	154.000.00	234.00	2	0.10
8	900.00	0.81	100.00	1.00	154.000.00	259.00	2	0.10
9	900.00	0.60	100.00	1.00	154.000.00	511.00	3	0.10
10	900.00	0.60	100.00	1.00	154.000.00	609.00	3	0.10
11	900.00	0.60	100.00	1.00	154.000.00	629.00	3	0.10
12	900.00	0.60	100.00	1.00	154.000.00	794.00	3	0.10
13	900.00	0.41	100.00	1.00	154.000.00	930.00	4	0.10
14	900.00	0.41	100.00	1.00	154.000.00	1,070.00	4	0.10
15	900.00	0.41	100.00	1.00	154.000.00	1,078.00	4	0.10
16	900.00	0.41	100.00	1.00	154.000.00	1,103.00	4	0.10

Figura 11. Rezultatele la oboseală termică./ Figure 11. The thermal fatigue results

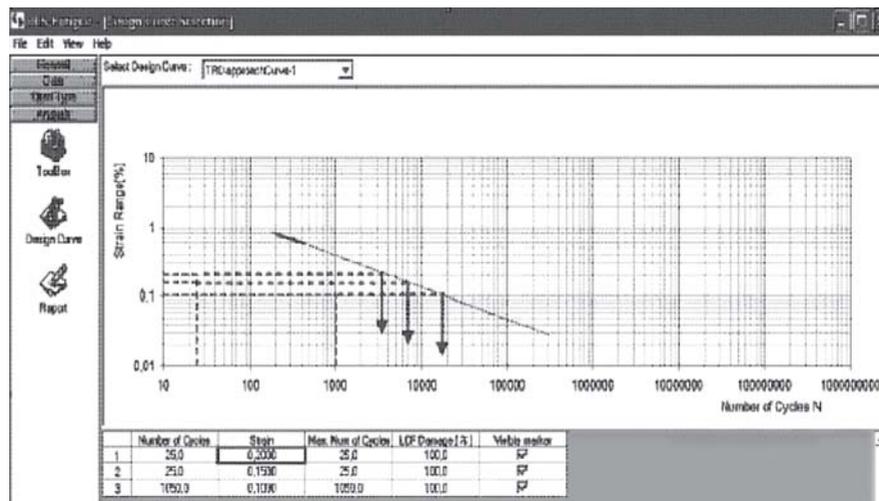


Figura 12. Curba de proiectare la oboseală obținută din încercările de oboseală termică, conform metodei TRD 301/ Figure 12. The projection curve to thermal fatigue from the thermal fatigue tests according to TRD 301 method

Evaluarea duratei restante de viață s-a realizat utilizând sistemul expert iRiS-Power. Pentru evaluarea duratei restante de viață, respectiv a epuizării la fluaj și la oboseală s-au utilizat module ale sistemului expert, similare etapei 1.

La evaluarea duratei restante de viață [3,4] utilizând sistemul expert iRiS Power s-a luat în considerare relația analitică de verificare a capacității portante a recipientului sub presiune [ASME Code Section VIII]:

$$t_{\min} = P \cdot R / (S \cdot E - 0,6 \cdot P) \quad (1)$$

unde:

- t – grosimea minimă de calcul (25 mm),
- P – presiunea interioară (0,5 MPa),
- R – raza minimă interioară (3100 mm)
- E – eficiența îmbinării (1 conform ASME Code Section VIII, pag. 108),
- S – tensiunea admisibilă maximă (62,3N/mm²).

Deformațiile maxime posibile nu depășesc 0,2% la limita de curgere, iar tensiunea admisibilă calculată ($S=62,3 \text{ N/mm}^2$) nu depășește limita de oboseală de 213 N/mm^2 , determinată pe baza datelor generice, prezentată în faza 3 (preliminar).

Pentru evaluarea duratei restante de viață pe baza rezultatelor încercărilor la fluaj, în figurile 13 și 14 se prezintă, în comparație

the step 1 were used. The remaining life assessment [3,4] using the iRiS Power expert system was realized consulting the analytic relation to check the loading capacity of the under pressure recipient (ASME Code Selection VIII):

$$t_{\min} = P \cdot R / (S \cdot E - 0,6 \cdot P) \quad (1)$$

where:

- t – the minimum calculus thickness (25 mm),
- P – the interior pressure (0.5 MPa),
- R – the minimum interior radius (3100 mm),
- E – the weld efficiency (1 according to ASME Code Section VIII, pag. 108),
- S – the maximum admissible tension (62.3 MPa)

The maximum strain is less than 0.2% of yield strength, and the admissible calculated tension ($S=62.3 \text{ N/mm}^2$) does not exceed the fatigue limit 213 N/mm^2 , determined from the data presented in the phase 3 (preliminary one).

For the remaining life assessment based on the creep tests results, in Figures 13 and 14 are presented, in comparison with the TRD curves at 758 K, the fracture resistance creep curves determined experimentally on 27 samples from the reactor. The assessments allude to the exploitation durations which are less than 60.000 hours.

cu curbele TRD la temperatura de 758 K, curbele rezistenței de rupere la fluaj determinate experimental pe un număr de câte 27 epruvete prelevate din reactor. Evaluările se referă la durate de exploatare care depășesc 60.000 ore, realizate în momentul prelevării.

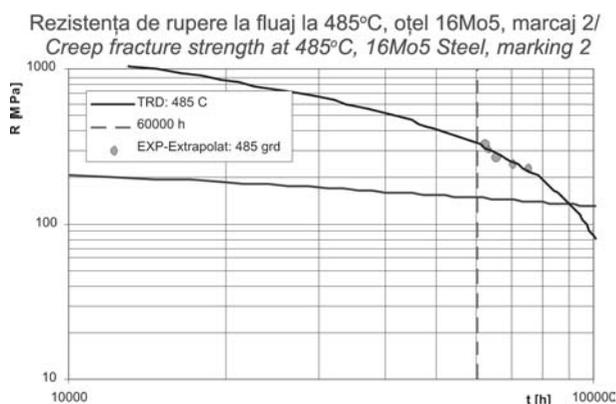


Figura 13. Rezultate la fluaj pentru virola 2/
Figure 13. The creep results for the ring 2

Concluziile preliminare privind evaluarea duratei restante de viață – etapa 2, sunt următoarele:

- Rezultatele obținute se referă doar la oțelul 16Mo5, cu eșantioane din virolele 2 și 3 ale camerei de cocs și nu iau în considerare posibilele defecte de material. În evaluările efectuate nu s-a luat în considerare influența placajului, a sudurilor și a defectelor acestora.

- Caracteristicile actuale la fluaj la temperatura de exploatare (758 K), sunt conforme cu cele din specificațiile de referință, după o durată de exploatare de 60.000 de ore.

- Se consideră că degradarea prin oboseală termică este relativ redusă, numărul de cicluri restant rezultat din comparația cu curbele de proiectare pentru marcajul 3 este de maxim 1000 cicluri de solicitare (pornire-oprire).

- Având în vedere că încercările de lungă durată la fluaj erau în curs de desfășurare, rezultatele furnizate în această etapă sunt conservative. Analizând comportarea combinată la fluaj – oboseală, pe baza rezultatelor obținute până în prezent, se estimează că materialul 16 Mo 5 din componența reactorului poate fi utilizat în condiții de siguranță cel puțin 25000 ore la o tensiune efectivă de solicitare maximă de 62,3 N/mm².

5. Evaluare durată de viață și analiza fluaj-oboseală – date de fluaj finale – etapa 3

În figura 15 se prezintă rezultatele extrapolate la fluaj cu sistemul expert iRiS-Creep.

Concluziile evaluării duratei restante de viață – date de fluaj finale – etapa 3, pe baza rezultatelor încercărilor la fluaj, se prezintă în comparație cu curbele TRD la temperatura de 485°C, curbele rezistenței de rupere la fluaj determinate experimental pe un număr de câte 34 epruvete prelevate din reactor (virola 2 și 3) (figurile 16 și 17). Evaluările se referă la durate de exploatare care depășesc 60.000 ore, realizate în momentul prelevării.

6. Concluzii

a. Rezultatele obținute se referă la oțelul 16 Mo5, eșantionat pe virolele 2 și 3 din camera de cocs și nu iau în considerare posibilele defecte de material nedetectate la inspecțiile anterioare.

The preliminary conditions for the remaining life assessment – step 2 are:

- Results obtained are for the steel 16Mo5 with samples for rings 2 and 3 from the coxing box and without considering the material flaws. In the evaluations the influence of the lining, welding and the flaws were not considered.

- Actual creep characteristics to exploitation temperature (758 K) are according to those from the reference after exploitation duration of 60.000 hours.

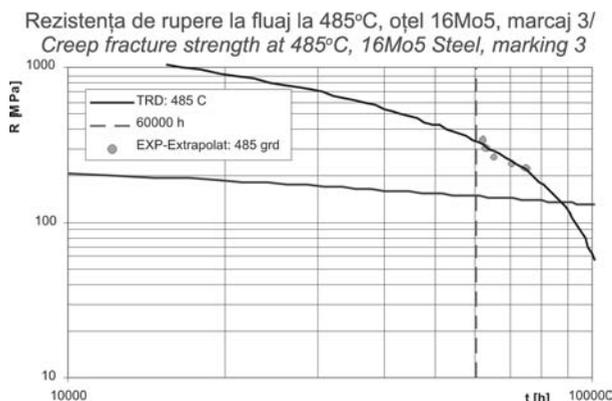


Figura 14. Rezultate la fluaj pentru virola 3/
Figure 14. The creep results for the ring 3

It is considered that the degradation by thermal fatigue is reduced, the number of remaining cycles resulted from the comparison of the projection curves for the marker 3 is maximum 1000 cycles (start-stop).

- The long duration creep tests were not finished; the results for this step are conservative. Analyzing the creep-fatigue behavior, on the obtained results is estimated that the material 16Mo5 from the reactor can be utilized under safety conditions at least 25000 hours to an effective maximum tension of 623 MPa.

5. The remaining life assessment and creep-fatigue analysis – the final creep data – step3

In Figure 15 are presented the results extrapolated to creep with the iRiS-Creep expert system.

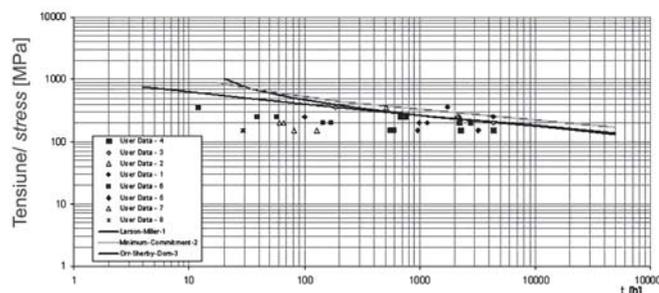


Figura 15. Rezultate finale la încercarea de fluaj cu extrapolarea la 485°C/
Figure 15. The final creep tests with the extrapolation at 485°C

The failure conclusions to the remaining life – the final creep data – step3, on the creep tests results are presented in comparison with the TRD curves at 758 K, the creep fracture curves experimentally determined on 34 samples from the reactor

De asemenea, în evaluările efectuate nu s-a luat în considerare influența plăcașului, a sudurilor și a defectelor acestora.

b. Caracteristicile actuale la fluaj la temperatura de exploatare (758 K), sunt conforme cu cele din specificațiile de referință, după o durată de exploatare de 60.000 de ore.

c. Conform rezultatelor prezentate, se consideră că degradarea prin oboseală termică este relativ redusă, numărul de cicluri restant rezultat din comparația cu curbele de proiectare pentru marcajul 3 este de maxim 1000 cicluri de solicitare (pornire-oprire).

d. Analiza rezultatelor de fluaj efectuată în urma încercărilor finalizate, conform figurilor 3 și 4 se apreciază că materialul inspectat are caracteristici de rezistență la fluaj superioare curbei de proiectare TRD, pentru încă 40.000 ore de exploatare, respectând condițiile de proiectare.

e. Analizând comportarea combinată la fluaj – oboseală, se estimează că materialul 16 Mo 5 din componența reactorului poate fi utilizat în condiții de siguranță cel puțin 40.000 ore la o tensiune efectivă de solicitare maximă de 62,3 N/mm².

Bibliografie

- [1]. Mateiu, H.: Instalație de încercare la oboseală termică. Brevet de invenție nr. RO 119789 B1, 2005.
- [2]. Mateiu, H. : Instalație de încercare la oboseală termomecanică. Brevet de invenție nr. 121752, G01N 3/32 (2006).
- [3]. Mateiu, H., Pascu, R., Fleșer, T., Farbaș, N.: Aspects of thermal fatigue and common creep-fatigue action in thermo-resistance steels used for welded structures. Proc. International Conference Patras, ICSAM, sept.2007.
- [4]. Mateiu, H.: Aspects of common creep-fatigue action in thermo-resistance steels used for welded structures. Proceed. Internat. Conference on Cyclic Operation of power plant, Institute of Materials (IOM3) London, 27-28 September 2007
- [5]. ***: Expert system iRis-Power, iRis-Institute, Stuttgart, 2007.
- [6]. ***: ASTM E 606 : Constant amplitude low-cycle fatigue testing.
- [7]. ***: GOST 25.505-05 : Metod ispitanii na malo]iklovii ustalosti pri termomehaniceskom nagrujenii.
- [8]. ***: ASTM E 739-06: Statistical analysis of linear or linearized stress-life (S-N) and strain-life (e-N) fatigue data.

(ring 2 and 3) (Figures 16 and 17). The assessments show the exploitation durations which are less than 60,000 hours.

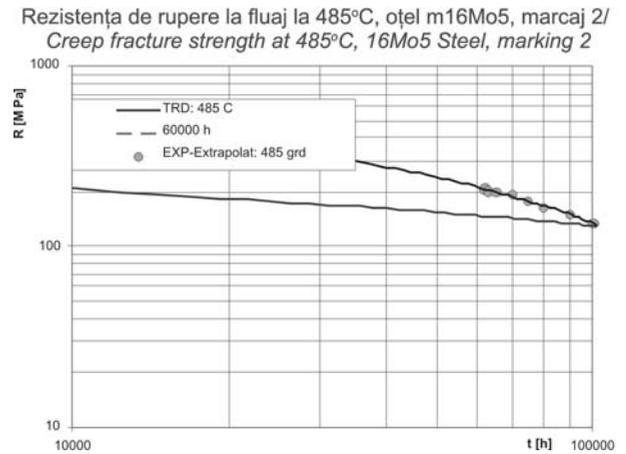


Figura 16. Rezultate la fluaj pentru virola 2/
Figure 16. The creep results for the ring 2

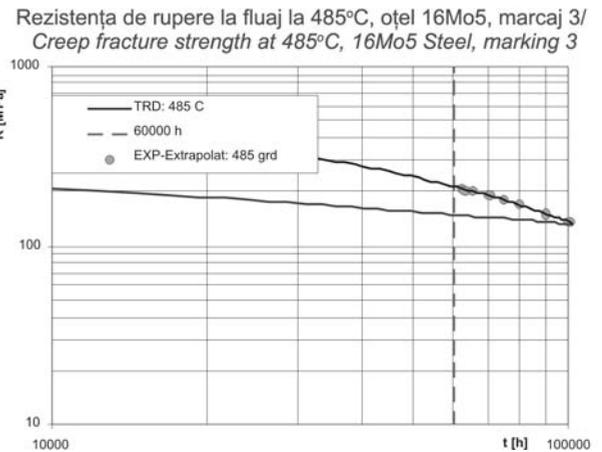


Figura 17. Rezultate la fluaj pentru virola 3/
Figure 17. The creep results for the ring 3

6. Conclusion

a. The obtained results are for the 16Mo5 steel, rings 2 and 3, from the coxing box without considering the possible material flaws undetected at the anterior inspections. In the assessments the influence of the lining, welding and of the flaws was not considered.

b. The actual creep characteristics to exploitation temperature (758 K) are according to the reference specifications after an exploitation duration of 60,000 hours.

c. It is considered that the degradation by thermal fatigue is reduced, the number of remaining cycles resulted from the comparison of the projection curves for the marker 3 is maximum 1000 cycles (start-stop).

d. Analyzing the creep results performed it is assumed (Figures 3 and 4) that the inspected material has the creep characteristics superior to TRD projection curve for other 40,000 exploitation hours complying with the design conditions.

e. Analyzing the creep-fatigue behavior, on the obtained results it is estimated that the material 16Mo5 from the reactor can be used under safety conditions at least 40,000 hours at an effective maximum tension of 62.3 N/mm².



Conferința internațională
**TEHNOLOGII INOVATIVE
PENTRU ÎMBINAREA
MATERIALELOR
AVANSATE**

International Conference
**INNOVATIVE
TECHNOLOGIES
FOR JOINING
ADVANCED MATERIALS**

**Lucrări
Proceedings**

12-13.06.2008
Timișoara, Romania

Institutul Național de
Cercetare-Dezvoltare
în Sulfură și Minerale
de Timișoara

ISIM
TIMIȘOARA

Academia Română
de Științe

Universitatea "Politehnica"
de Timișoara

International Institute
of Welding

iiw

*Volumul cu lucrările
susținute la conferința
internațională
"Tehnologii
inovative
pentru
îmbinarea
materialelor
avansate".*

Editura SUDURA,
ISSN 1844-4938,
201 pagini, format A4.
Există și varianta pe
CD-ROM.

*Pentru achiziționare
contactați CENTA-ISIM
(tel.: 0256200222,
e-mail: centa@isim.ro).*