

Studiu de caz privind aplicarea conceptelor de inspecție și mentenanță bazate pe risc la componente care fac parte dintr-o conductă de abur viu dintr-o instalație de termocentrală

Case study on applying maintenance and risk based inspection concepts in components which are parts of a live steam pipeline in thermal power plants

H. Mateiu¹, N. Farbaș¹, Gh. Bălțean²

¹ ISIM Timisoara, ² RAAN-TERMO Drobeta Turnu Severin

Cuvinte cheie

Risc; inspecție; mentenanță; cazan de abur; conductă de abur viu; probabilitate de cedare; consecința cedării; matricea de risc; termocentrală pe bază de cărbune.

1. Stabilirea obiectivelor și sistemul țintit pentru analiză

Practica curentă de planificare a inspecției și mentenanței în termocentrale este azi încă în majoritatea timpului *orientată pe stare* (mentenanță preventivă) și este bazată pe reguli prescriptive și pe experiență. Principalul obiectiv al lucrării a fost să demonstreze un plan de inspecție și mentenanță (I și M) în termocentrale [1, 2], optimizat pe baza stabilirii priorităților de inspecție și mentenanță pentru riscul de cedare specific.

Procedura se va testa prin focalizarea pe componentele de temperatură înaltă ale sistemelor din instalație, precum conductele de abur viu și pe cele mai comune mecanisme de degradare precum fluajul, oboseala și coroziunea.

Determinarea consecințelor cedării provine din aspectele economice. În general sunt implicate diferite persoane responsabile pentru operarea instalației și din serviciul de mentenanță în noul proces de luare a deciziei. Scopurile generale sunt:

- Testarea metodologiei și compararea rezultatelor cu practica curentă;
- Stabilirea unui program de inspecție și mentenanță pentru sistemele principale ale instalațiilor din termocentrale prin care se vor optimiza operațiile în viitor;
- Sporirea competenței pentru conceptele inovative pe bază de risc și în procesul de luare a deciziei.

Principalele beneficii sunt:

- Îmbunătățirea siguranței și fiabilității instalației;
- Economii de cost prin eliminarea inspecțiilor ineficiente, prin extinderea intervalelor de inspecție și prin disponibilitate mai mare a instalației.

Se analizează o conductă de abur viu cu următoarele caracteristici:

Keywords

Risk; inspection; maintenance; steam boiler; live steam pipeline; probability of failure; consequence of failure; matrix of risk; coal thermal power plant.

1. Establishing the objectives and the target system for analysis

The current practice in planning the inspection and maintenance in thermal power stations is nowadays still *oriented on state* (preventive maintenance) and it is based on prescriptive rules and experience. The main objective of the paper, was to demonstrate [1, 2] in thermal power plants an inspection and maintenance plan (I&M) optimised by establishing inspection and maintenance priorities based on the specific failure risk.

The procedure is to be tested by focussing on high temperature components of plant systems, such as a live steam pipeline the most common degradation mechanisms such as creep, fatigue and corrosion.

Determining the consequences of failure comes out from economical reasons. Generally, different responsible persons are implied to operate the plant and in the maintenance service, for the new risk process to make the decision. The general targets are:

- Testing the methodology and marking results with the current practice;
- Establishing an inspection and maintenance programme for the main systems of plants in thermal power stations which will optimise the operations in the future;
- Increasing the competence for risk-based innovative concepts and of taking decision processes.

The main benefits are:

- Improving the plant reliability;
- Cost economies by eliminating inefficient inspections, extending the inspection intervals and by larger availability of plant.

It was analysed a live steam pipeline having the following characteristics:

- Oțel, marca 15.128.5, conf. CSN 415128.;
- presiunea $P = 152$ at;
- temperatura de lucru $t = 540^{\circ}\text{C}$;
- temperatura maximă $t_{\max} = 560^{\circ}\text{C}$;
- ore de funcționare : 154.596;
- numărul de porniri - opriri : 546.
- mediul de lucru: abur viu;
- dimensiunile țevii: $\text{R} 273 \times 38$, circuit 4RA10;
- fără incidente în exploatare;
- regimul de încălzire-răcire: cel stabilit de proiectant.

2. Procedura de aplicare [1, 2, 3]

Managementul inspecției și mentenanței bazat pe risc cere la execuția lucrărilor personal cu experiență la toate nivelele. În această lucrare echipa a constatat dintr-un miez al echipei (reprezentanți ai utilajului, ISIM, completat cu o echipă de ingineri și tehnicieni din instalație). Echipa a avut caracter multidisciplinar cu competență în inspecție, mentenanță, materiale, mecanisme de degradare, siguranță, operarea și procesarea instalației, evaluarea fiabilității și a riscului. O vedere generală a procedurii [1] se arată în figura 1. Precum se poate vedea ea are 5 etape tehnice majore și anume:

- 1) Analiza pregătitoare;
- 2) Colectarea și validarea datelor;
- 3) Analiza de Risc Multinivel;
- 4) Luarea deciziei și optimizarea;
- 5) Implementarea.

Suplimentar există o etapă tehnico-organizatorică (inclusiv legată de aspectele economice):

- 6) Evaluarea Eficienței.

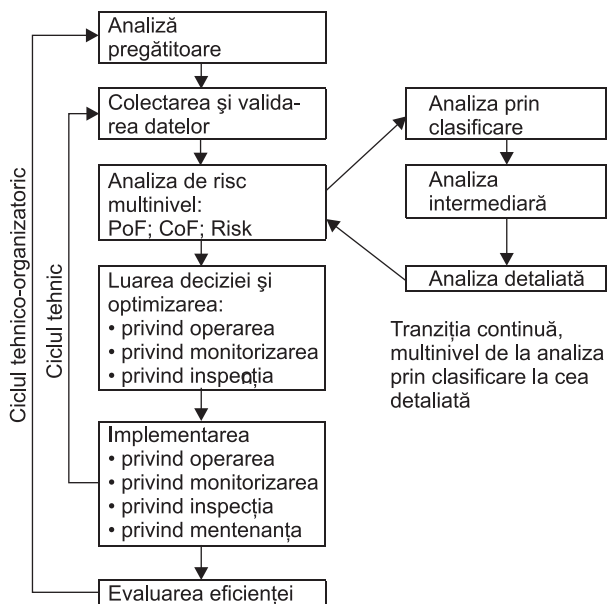


Figura 1. Reprezentarea de bază a procedurii [1]

În afara acestor etape Analiza de Risc Multinivel are o dimensiune mai mare privind profunzimea analizei cerute. Nivelele corespunzătoare sunt:

- a) Clasificarea (calitativ);
- b) Analiza de nivel intermediar (semicantitativ);
- c) Analiza detaliată (cantitativ).

- Steel, grade 15.128.5, according to. CSN 415128;
- Pressure: $P = 152$ at;
- Working temperature $t = 540^{\circ}\text{C}$;
- Maximum temperature $t_{\max} = 560^{\circ}\text{C}$;
- Running hours: 154.596;
- Number of start-up - shut-down: 546.
- Working environment: live steam;
- Pipe size: $\text{R} 273 \times 38$, circuit 4RA10;
- No incidents during the exploitation;
- Heating- cooling regime: that established by the designer.

2. The application procedure[1, 2, 3]

Management of risk based inspection and maintenance asks for all level experienced personnel. In this paper the team consisted in a team core (representatives of the equipment, ISIM, completed with a team made of engineers and technicians in the plant). This team had a multidisciplinary character with competence in inspection, maintenance, materials, degradation mechanisms, safety, plant operating and processing, assessment of reliability and risk. A general view of the procedure [1] is presented in Figure 1. As it can be seen it has 5 major technical stages, namely:

- 1) Preparing analysis;
- 2) Data collecting and validation;
- 3) Multilevel risk analysis;
- 4) Decision taking and optimisation;
- 5) Implementation.

Supplementary there are a technical-organisational stage (related to the economical aspects, inclusively):

- 6) Efficiency evaluation.

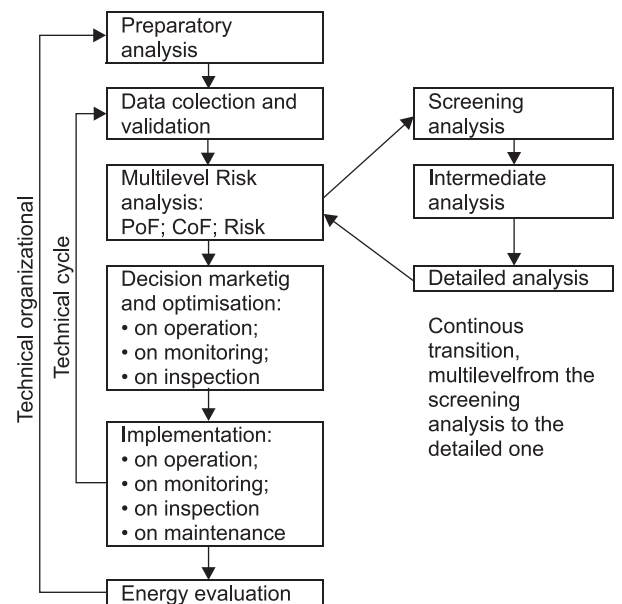


Figure 1. Representation on the base of the procedure [1]

Beside these stages the Multilevel Risk Analysis Multilevel has a large dimension regarding the depth of the analysis. The corresponding levels are:

- a) Screening (qualitative);
- b) Intermediate level analysis (semiquantitative);
- c) Detailed analysis (quantitative).

2.1. Analiza pregătitoare

Această etapă este prima din procedura RIMAP, și are ținta evidentă de a ne aduce la punctul unde cu adevărat putem începe procedura. Aceasta înseamnă că după finalizarea acestei etape ar trebui să cunoaștem unde se aplică procedura RIMAP (instalație, sistem, componente, etc.), ce dorim să realizăm (obiectivele și scopul analizei) și să avem o idee generală despre cum se face aceasta.

Definirea/limitarea sistemului (limitelor) considerat pentru acest exemplu:

- componentele din sistem (în principal părți de cazan, în acest caz o conductă de abur viu);
- mecanismele de degradare principale: în principal fluaj, și oboseală-fluaj;
- principalul scenariu de cedare posibil: spargere la fluaj; în secundar fisurarea la oboseală-fluaj datorită vibrațiilor;
- timpul selectat în scopul analizei de risc pentru sistemele considerate este 100.000 ore de operare conform proiectului (7,5 ani) și 200.000 ținta stabilită de analiză (15 ani).

Criteriile de acceptabilitate s-au definit de către proprietarul de instalație cu cerințele de reglementare (de ex. ISCIR, VGB, TRD).

2.2. Colectarea și validarea datelor

Ținta acestei etape este colectarea și organizarea tuturor datelor relevante și a informațiilor necesare analizei. Datele sunt folosite la evaluarea atât a probabilității cât și a consecinței unui scenariu de cedare cu metodele de analiză care satisfac cerințele procedurii RIMAP generice. În funcție de nivelul analizei cantitatea și calitatea datelor necesare variază. Acolo unde datele sunt rare sau de proastă calitate incertitudinea asociată cu evaluarea riscului va fi mai mare.

Datele colectate pentru acest exemplu:

- date ale geometriei componente (- diametrul interior, - grosimea peretelui; - grosimea de proiectare a peretelui; - etc.);
- temperatura și presiunea de proiectare;
- date de material: rezistența de rupere la fluaj medie pentru materialul componente și rezistența la oboseală la temperatura dată;
- timpul de serviciu al componente – ore de operare;
- date de la sistemul de monitorizare (de ex. presiune, temperatură);
- rezultate ale încercărilor anterioare (NDT, etc.), inclusiv înregistrările inspecției precedente,
- date de calcul preliminar (de ex. codul ASME, TRD „Reguli tehnice Germane pentru cazane”).

2.3. Analiza de risc multinivel [1, 2, 3].

Această etapă țintește identificarea riscurilor relevante pentru fiecare sistem în limitele scopului de lucru și de a determina probabilitățile și consecințele cedării pentru mai multe nivele (în profunzime, detaliu) ale analizei de risc. Scopul unei abordări multinivel este de a reduce efortul de lucru pentru obiectele de risc scăzut și de a sporii efortul pentru cele cu risc înalt.

Rezultatul acestei etape este stabilirea unei categorii pentru probabilitatea de cedare PoF și a uneia pentru consecința cedării pentru fiecare componentă a echipamentului examinat. Bazat pe PoF și CoF rezultatele evaluării de risc pot fi trasate grafic în matrice separate pentru fiecare tip de risc (matricea riscului

2.1. Preparatory analysis

This stage is the first in the RIMAP procedure, and its evident target is to bring us to the point where we really can start the procedure. This means that after ending this stage we should know where the RIMAP procedure is performed (plant, system, components etc.) what we want to achieve (objectives and the purpose of the analysis) and a general idea about the way it is done.

Defining/ limiting the system (limits) considered for this example:

- Components from systems (mainly boiler parts, in this case a live steam pipeline);
- Main degradation mechanisms: mainly creep, and fatigue-creep;
- The main possible failure scenery: creep fracture; secondly fatigue-creep cracking due to vibrations;
- Time selected to analyse the risk for considered systems is 100.000 hours operating according to the project (7.5 years) and 200.000 target established by analysis (15 years).

Acceptability criteria were defined by the plant owner with regulation requirements (for example ISCIR, VGB, TRD).

2.2. Data collection and validation

The target of this stage is the collection and organization of all relevant data and information necessary for analysis. Data are used to evaluate both the risk probabilities and the consequence of a failure scenery with analysis methods which meet the generic RIMAP procedure requirements. Depending on the analysis level the quantity and quality of necessary data varies. Where data are rare or of poor quality insecurity associated with risk assessment will be greater.

Data collected for this example:

- Data on the geometry of the component (interior diameter, wall thickness; design wall thickness etc.);
- Design temperature and pressure;
- Material data: fracture resistance under creep for the material of the component and fatigue resistance at the given temperature;
- Service time of component – operating hours;
- Data from the monitoring system (real data, for ex. pressure, temperature);
- Testing data (NDT, etc.), records of the previous inspections, inclusively;
- Preliminary data calculus (for ex. ASME, TRD code „German Technical Rules for Boilers”).

2.3. Multilevel risk analysis [1, 2, 3]

This stage goal is the identification of relevant risks for each system in the limit of the working purpose and also establishment of failure probabilities and consequences for more levels (depth and detailed) of the risk analysis. The goal of a multilevel approach is to reduce the working effort for reduced risk objects and to increase the effort for those with high risk.

Output of this stage is a value or a PoF (probability of failure) category and CoF (consequence of failure) for the part of the considered equipment. Based on PoF and CoF results of risk assessment can be graphically plotted in separate matrixes for each type of risk (risk matrix for safety, health, environment and economical aspects risks) As creep and fatigue are the main degradation mechanisms of components in thermal power

pentru riscuri de siguranță, sănătate, mediu și aspecte economice). Deoarece fluajul și oboseala sunt principalele mecanisme de degradare din instalații în termocentrale, determinarea PoF în acest exemplu s-a bazat pe epuizarea la fluaj (bazat pe incertitudini de material) și pe epuizarea la oboseală. Epuizarea la fluaj este determinată folosind curbele de fluaj determinate experimental la ISIM, care au furnizat date de material reale.

2.3.1. Analiza prin clasificare

La nivelul de clasificare al analizei s-au folosit doar datele de proiectare ale componentei. Datele suplimentare folosite au fost numărul real de ore de operare. Bazat pe datele disponibile, folosind codurile TRD (acum EN 14952), folosind de ex. ALIAS-TRD s-a calculat tensiunea de serviciu și factorii de epuizare (e_z – epuizarea la fluaj, e_w – epuizarea la oboseală).

Etapă următoare este definirea claselor PoF și CoF. În continuare s-au definit clasele PoF:

- PoF Ez = probabilitatea de cedare bazată pe epuizarea la fluaj;
- PoF Ew = probabilitatea de cedare bazată pe epuizarea la oboseală;
- PoF E = probabilitatea de cedare combinată pentru PoF Ez și PoF Ew.

După definirea claselor PoF s-au definit clasele CoF astfel:

- costul suplimentar al înlocuirii (€);
- costul tipic al reparației (€);
- pierderea de producție datorită cedării (€);
- costul global al înlocuirii (€);
- CoF prin spargere – costuri combinate de reparație/pierdere de producție;
- degradarea suplimentară pentru alte costuri ale echipamentului (€);
- înlocuirea/degradarea combinată față de alte costuri ale echipamentului (€);
- valoarea înlocuirii (€);
- degradarea globală prin costuri ale spargerii (€).

plants, the establishing of PoF in this example is based on the creep exhaustion (based on material incertitude) and fatigue exhaustion. Creep exhaustion is evaluated using the creep curves determined experimentally within ISIM, which provided actual material data.

2.3.1. Screening analysis

At the screening level of the analysis only the design data of the components have been used. Supplementary data used were the real number of operating hours. Based on the available data, using the TRD codes (now EN 14952), using for example ALIAS-TRD the service stress was calculated and also the exhausting factors (e_z – creep exhaustion, e_w – fatigue exhaustion).

The following stage is the defining of PoF and CoF classes. Further on the PoF: classes were defined:

- PoF Ez = failure probability based on creep exhaustion;
- PoF Ew = failure probability based on fatigue exhaustion;
- PoF E = combined failure probability for PoF Ez and PoF Ew.

After defining the PoF classes of, the CoF classes were defined in this way:

- Supplementary cost of replacement (€);
- Typical cost of repair work (€);
- Production loss due to the failure (€);
- Global cost of the replacement (€);
- CoF by breaking – combined repair/production loss costs (€);
- Supplementary degradation for other costs of the equipment (€);
- Replacement/degradation combined versus other costs of the equipment (€);
- Replacement value (€);
- Global degradation by fracture costs (€).

When PoF and CoF classes had been defined failure scenarios were made (papion diagrams) for the analysed component. The example of a failure scenario for the component live steam pipeline can be seen in Figure 2.

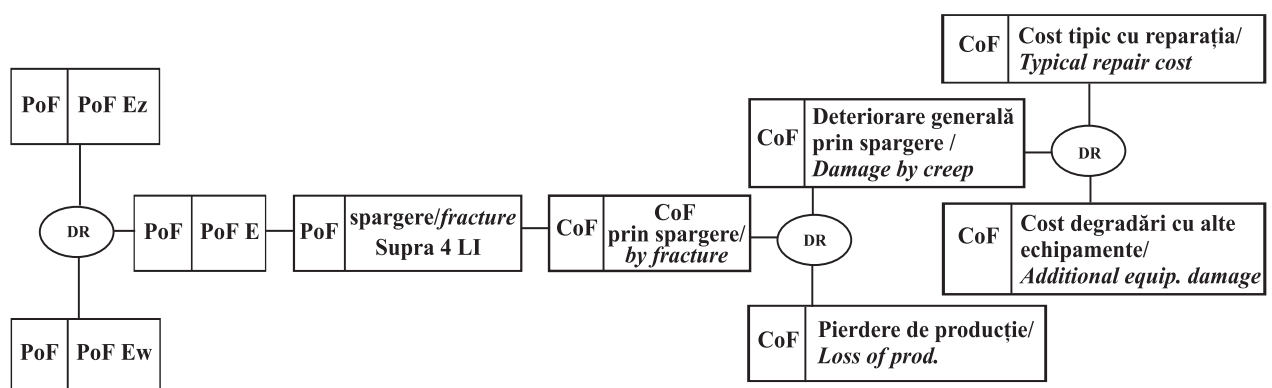


Figura 2. „Papionul” pentru componenta conductă de abur viu / Figure 2. „Bow Tie” model for pipe equipment

Atunci când Clasele PoF și CoF s-au definit s-au făcut scenarii de cedare (diagrame papion) pentru componenta analizată. Exemplul unui scenariu de cedare pentru componenta conductă de abur viu se poate vedea în figura 2.

În etapa următoare s-au calculat valorile PoF bazat pe datele obținute. În analiza calitativă din etapa de clasificare s-au definit 5 clase pentru PoF (clasa 1: practic imposibil; clasa 2: foarte improbabil; clasa 3: improbabil; clasa 4: oarecum probabil; clasa 5: foarte probabil).

In the following stage the PoF values had been calculated on the basis of the obtained data. In the qualitative analysis in the screening stage 5 classes had been defined for PoF (class 1: practically impossible; class 2: very improbable; class 3: improbable; class 4: however probable; class 5: very probable).

The failure consequence (CoF) was assessed by expert analysis combined with the existing information in the service and maintenance history. [5, 6]. The aspects of the potential consequence included technical consequences, engineering

Consecința cedării (CoF) s-a evaluat prin judecata expertului combinat cu informația existentă din serviciu și istoria mentenanței [5, 6]. Aspectele consecinței potențiale au inclus consecințele tehnice, ingineresti (care includ degradarea conductei, fisurarea, potențiala spargere catastrofică prin cedare, precum și consecințele financiare precum costul reparării/înlocuirii și pierderea de producție, consecințele poluării mediului și consecințe privind siguranța personalului, prin morți, răniți și pierderea reputației firmei etc.).

Pentru CoF sunt definite 5 clase (clasa A: reparare; pierdere de timp; clasa B: repararea sau înlocuirea conductei cu consecințe financiare; clasa C: mai ales prin spargere și prin consecințe financiare și de mediu; clasa D: spargerea și oprirea instalației, consecințe financiare și de mediu, pierderea reputației, etc; clasa E: suplimentar față de D, morți, răniți, etc.)

Bazat pe valorile PoF și CoF, urmând scenariul definit anterior (diagramele papion) pentru fiecare componentă, este determinat riscul. Matricea riscului a fost completată folosind clasele 5 (pentru PoF) și E (pentru CoF).

Matricea riscului pentru acest exemplu la nivelul clasificării se poate vedea în figura 3. Întrucât durata proiectată de 100.000 de ore a fost depășită la analiza prin clasificare se consideră că există o probabilitate de cedare maximă și o consecință a cedării maximă, de asemenea, probabilitatea de cedare PoF este în clasa 5 iar consecințele cedării CoF se află în clasa E. În această situație de risc major este necesară abordarea de risc la nivele superioare (analiza intermediară și detaliată).

2.3.2. Analiza intermediară

După clasificare, următorul nivel de analiză este cel intermediar. Deoarece datele monitorizării sunt disponibile pentru acest studiu de caz s-a decis efectuarea analizei intermediare pentru toate componentele.

Datorită tranziției continue dintre nivelele analizei în abordarea propusă de RIMAP n-a fost necesară efectuarea tuturor etapelor efectuate deja la nivelul anterior prin clasificare. Bazat pe datele de monitorizare au putut fi calculate noile valori ale epuizării bazate pe fluaj și oboseală (conf. TRD acum EN 14952). La analiza intermediară din procedura RIMAP s-a aplicat metoda metalografică a parametrului A, dezvoltată în cadrul proiectului european SPRINT (SP 249), care a dezvoltat procedura de investigație nedistructivă [6] a stării de degradare la fluaj a oțelurilor termorezistente prin luarea de replici *in-situ*. Replicile pot furniza informații privind starea materialului componentelor și metoda de folosire a acestora se referă la:

- starea de degradare (creșterea precipitărilor și globulizarea);
- starea de distrugere (cavitățile produse la fluaj, dimensiunea fisurii).

Această procedură s-a elaborat [6] pentru evaluarea metalografică a materialelor din componentele care lucrează la temperaturi înalte și de fluaj, conform ASTM E 1351. Procedura se referă la pregătirea locului, polizarea și lustruirea, atacul metalografic, aplicarea și extragerea replicii, etc.

Replicile se pretează la examinarea cu microscopul optic la o mărire de 400-500 de ori.

Procedura calitativă de interpretare pentru oțelurile slab aliate urmărește modificarea vizuală a microstructurii, caracteristicile cele mai importante fiind creșterea dimensiunii grăunților și globulizarea precipitărilor de carburi (conf. figura 4). Evaluarea precisă a replicilor începe cu starea inițială (fabricația

ones (including pipeline degradation, cracking, potential catastrophic fracture by failure, as well as the financial consequences such as the repair work/ replacement cost and the losses, consequences of environment pollution and consequences on the personnel safety, by dead peoples, wounded and loss in the firm's image etc.).

For CoF 5 classes are defined (class A: repair work; time loss; class B: repair work or replacement of pipeline with financial consequences and environment consequences, reputation loss etc; class C: more by fracture and financial and environment ; class D: fracture and shutting-down the plant, financial and environment consequences, reputation loss etc; class E: supplementary versus D, dead people, wounded, etc.).

Based on the PoF and CoF values, following the pre-defined scenarios (papion diagrams) for each component, the risk is determined. The risk map (as well as the complete report) was generated according to classes PoF (class 5) and CoF (class E).

PoF	5					conductă/pipeline
	4					
	3					
	2					
	1					
		A	B	C	D	E
		CoF				

Figura 3. Matricea riscului la analiza prin clasificare/
Figure 3. Risk matrix in screening analysis

The risk matrix for this example at the screening level can be seen in Figure 3. As the designed period of 100.000 was exceeded in the screening analysis this considered that there is a maximum failure probability and a maximum failure consequence, also the PoF failure probability is in the class 5 and the failure consequences CoF is in the class E. In this situation of major risk it is necessary to approach the risk at all upper levels (intermediate and detailed analysis)

2.3.2. Intermediate analysis

After screening, the following analysis level is the intermediate one. As monitoring data are available for this model case it was decided to perform the intermediate analysis for all components.

Due to the continuous transition between analysis levels in the approach proposed by RIMAP there was not necessary to perform all the already stages at the previous level by screening. Based on monitoring data new values of exhaustion could be calculated base don creep and fatigue (acc. TRD now EN 14952). At the intermediate analysis in the RIMAP procedure the metallographic analysis of the A parameter was applied, developed within the European SPRINT (SP 249) project, which developed the non-destructive examination procedure [6] of the under creep degradation state of thermo resistant steels by taking *in-situ* replica. Replica can provide information on the material state of components, and the method to use them refers to:

- Damage state (precipitate growth and globulizing);
- Destructive state (creep cavities and cracks size).

This procedure was elaborated [6] in order to metallographically assess the material in components working under creep and high temperatures, according to ASTM E 1351. The procedure refers to the preparation of the location, grinding, polishing, metallographic attack, application and separation of replica etc. replica can be examined by means of optic microscope magnified 400-500 times.

materialului), și schema din figura 4 servește ca procedură standard de clasificare a stării de degradare structurală (de la A la E) față de cea inițială (prin cavități și fisuri) poate fi folosită la predicția duratei restante de viață.

Pentru clasificarea calitativă a degradării s-au dezvoltat diferite scheme (tabelul 1), conform diferitor autori [5, 6, 7].

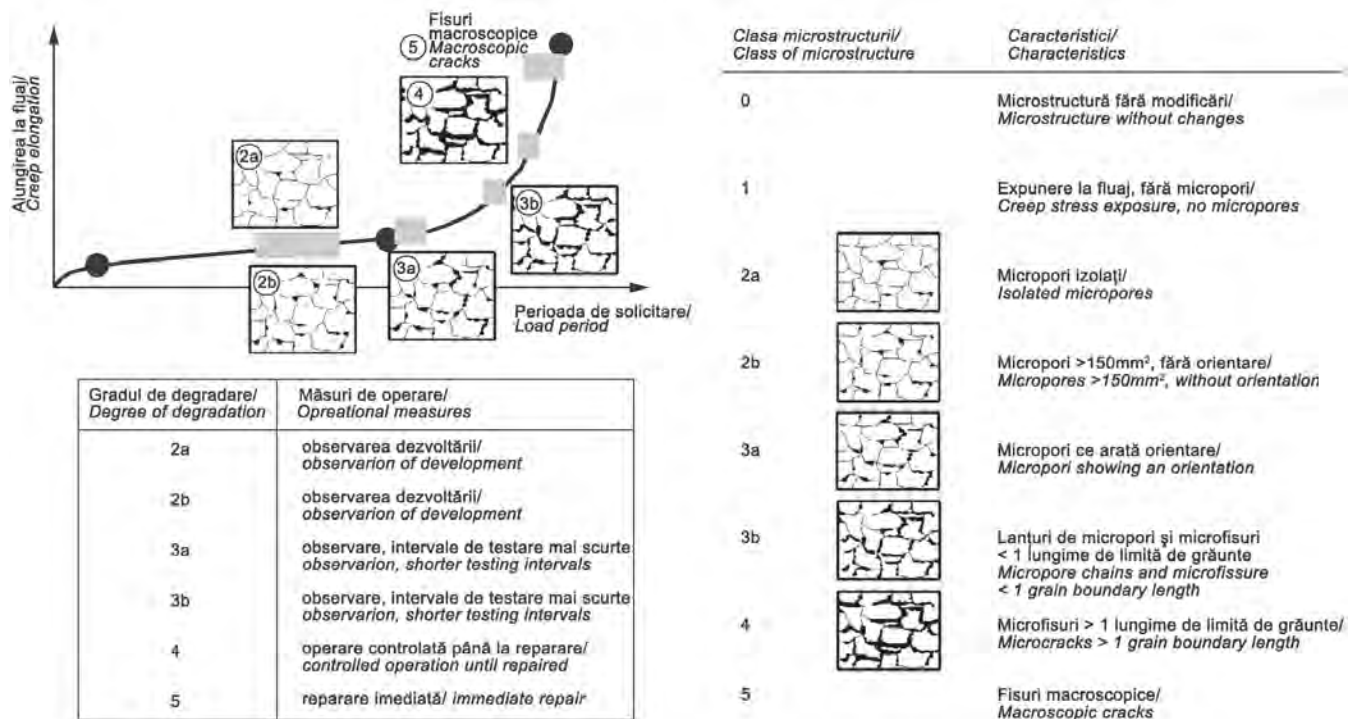


Figura 4. Schema degradării microstructurale / Figure 4. Scheme of the micro-structural degradation [7].

Tabelul 1. Clase de degradare la fluaj/ Table 1. Degradation classes under creep [5,6,7]:

Starea de degradare/ Degradation state	Fără degradare/ Without degradation	Fără cavități/ Without cavities	Cavități izolate/ Insulated cavities	Cavități orientate/ Oriented cavities	Microfisuri/ Micro-cracks	Macrofisuri/ Macro-cracks
Neubauer		A	B	C	D	E
NT TR 170	0	1	2.1 2.2. 2.3.	3.1 3.2. 3.3.	4.1. 4.2. 4.3.	5
VGB-TW507	0	1	2.a. 2.b.	3.a. 3.b.	4	5
ISQ		0	0/1 1	1/2 2	2/3 3 3/4	4

În figura 5 se prezintă regula de interpretare a stării de degradare a limitelor de grăunte. Dacă numărul de limite degradate este N_D și numărul de limite nedegradate este N_U , atunci raportul lor reprezintă parametrul "A" și reprezintă fracția limitelor de grăunte afectate de cavități [6]:

$$A = N_D / (N_U + N_D) \quad (1)$$

Dacă lungimea explorării se notează cu L , atunci dimensiunea grăuntelui l , definită ca intercepția liniară medie se calculează prin:

$$l = L / (N_U + N_D) \quad (2)$$

Pentru a obține precizie ridicată în determinarea parametrului "A" se recomandă numărarea a minim 500 limite de grăunți, aceasta realizându-se printr-o serie de treceri paralele, separate prin două câmpuri vizuale. Densitatea de cavități este definită ca numărul de cavități pe unitatea de suprafață [5], iar măsurarea se poate face fie prin observare directă, fie prin fotografii.

The qualitative procedure of interpretation for low alloyed steels follows the visual change of microstructure, the most important characteristics being formation of micro-pores and cavities (according to Figure 4). The precise assessment starts with the initial state (material manufacturing), and the scheme from Figure 4 serves as standard procedure to classify the micro-

structural degradation state (from A to E) depending on the initial (cavities and cracks) can be correctly assessed to predict the residual life. To classify qualitatively the degradation different scheme developed (table 1.), according to different authors [5, 6, 7].

Figure 5 presents the interpretation rule of the degradation state of their grain limit. If the number of degraded limits is N_D and the number of non-degraded limits is N_U , then their ration is the "A" parameter and it represents the fraction of grain limits affected by cavities [6]:

$$A = N_D / (N_U + N_D) \quad (1)$$

If the cross length is noted with L , then the grain size l , defined as the medium linear interception is calculated by:

$$l = L / (N_U + N_D) \quad (2)$$

To obtain high precision in determining the "A" parameter it is usually recommended to count minimum 500 grain limits, this

În tabelul 2 se prezintă valorile determinate în cadrul programului SPRINT SP 249 [5] pentru factorul $(1 - LF)/LF$ care leagă durata de viață remanentă t_{rem} de nivelul de degradare (distrugere). Durata restantă de viață t_{rem} se poate lega de durata necesară până la inițierea fisurii sau de durata până la cedare în funcție de faptul că degradarea este uniformă pe secțiune sau

can be achieved by a series of parallel passes, separated by two visual fields. *The cavity density* is defined as the number of cavities on the area unit [5], and the measuring can be made by direct observation or by photographs.

Table 2 presents values determined within the SPRINT SP 249 [5] programme for factor $(1 - LF)/LF(1 - LF)/LF$

Tabelul 2. Nivele de degradare la fluaj în funcție de valorile parametrului "A"/

Table 2. Degradation levels depending on the "A" parameter

Nivelul de degradare/ Degradation level	Parametrul "A" max./ Max. "A" parameter	Domeniul fracției de duratei consumate/ Range of the consumed ratio duration	Factorul duratei remanente/ Factor of the Remnant duration: $(1 - LF)/LF$	
			min.	max.
1	0	0,00...0,12	7,33	necunoscut/ unknown
2	0,12	0,04...0,36	1,17	24,0
3	0,3	0,30...0,50	1,0	2,33
4	0,48	0,45...0,84	0,19	1,33
5	0,6	0,72...1,00	0 = cedare/failure	0,39

dacă degradarea este locală. Din valoarea estimată a parametrului A se poate calcula ductilitatea (deformația) remanentă e_r în prezența unei fisuri.

which links the residual life t_{rem} depending on the degradation level. The residual life t_{rem} can be linked depending on the necessary duration up to the crack initiation or up to failure considering if the degradation is uniform on the section or is a local one. From the estimated value of the A parameter one can calculate the remnant ductility (strain) e_r in the presence of the crack.

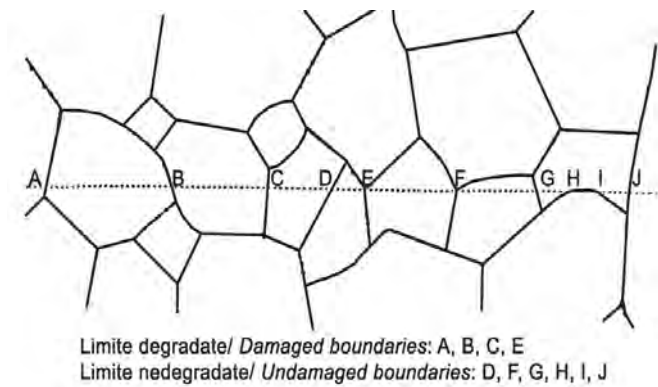


Figura 5. Reguli pentru determinarea parametrului "A" /
Figure 5. Rules to determine the "A" parameter [5]

La ISIM s-au efectuat cercetări experimentale [9] privind corelarea parametrului A cu datele experimentale obținute la încercarea de fluaj până la rupere și întrerupte la un nivel procentual de timp din timpul total până la ruperea prin fluaj. Rezultatele încercărilor de fluaj și de oboseală termică pe epruvetele rupte și epruvetele nerupte și valorile corespunzătoare ale parametrului „A” în funcție de durata desolicitare din aceste încercări se prezintă în figura 6.

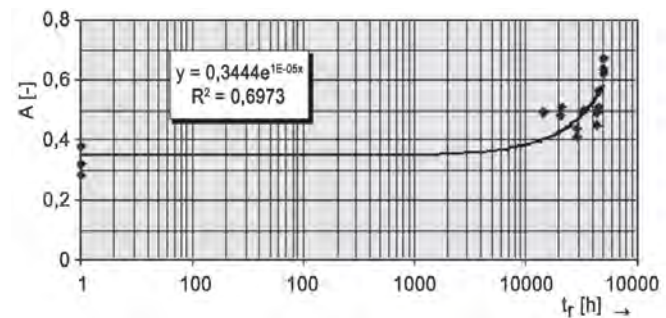


Figura 6. Corelația dintre parametrul A și durata de rupere la fluaj, pentru o exploatare de 40.000 ore/
Figure 6. The correlation between A parameter and creep results for extrapolation at 40,000 hours

Noile valori calculate au permis generarea noii matrice de risc la analiza intermediară (vezi figura 7.). Probabilitatea de cedare a fost redusă de la clasa 5 la clasa 2 întrucât analiza cu replici a relevat valori ale parametrului A între 0,4 și 0,6. Consecința cedării CoF însă se menține foarte înaltă la nivelul clasei E (cu posibilitatea morților și răniților în cazul spargerii conductei).

PoF	5					
	4					
	3					
	2					conductă/pipeline
	1					
		A	B	C	D	E
		CoF				

Figura 7. Matricea riscului la analiza intermediară/
Figure 7. Risk matrix in the intermediate analysis

2.3.3. Analiza detaliată

Pentru componentele cele mai critice (în cazul nostru, conducta de abur viu) s-a decis să urmeze analiza detaliată. S-au obținut toate datele posibile pentru componentă (incluzând

Experimental researches had been made [9] on the correlation of the A parameter with experimental data obtained in creep testing up to fracture and interrupted at a percentage time level from the total time up to creep fracture. Results of creep testing and thermal fatigue on broken probes and non-broken probes and the corresponding values of the "A" parameter depending on the loading duration in these testing are presented in Figure 6.

geometria, caracteristicile de material folosite, etc.) și analiza s-a efectuat pentru mai multe cazuri de solicitare (așa-numitele „cazuri cele mai rele”). Analiza detaliată a inclus:

- calculul tensiunii pentru „cazurile cele mai rele”;
- analiza de fluaj;
- analiza de oboseală;
- examinarea NDT detaliată;
- analiza fiabilității NDT;
- creșterea fisurii la fluaj (nu a fost necesară, întrucât o fisură ar fi catastrofală);
- creșterea fisurii la oboseală (nu a fost necesară, întrucât o fisură ar fi catastrofală).

Pentru analiza detaliată la ISIM s-au efectuat teste complexe la fluaj și la oboseală termică pentru calcularea interacțiunii comune fluaj-oboeseală. În figura 8. se prezintă rezultatele experimentale obținute la încercarea de fluaj, pentru rezistența tehnică de durată. Valorile experimentale sunt extrapolate la 40.000 ore după metodele Larson-Miller, Sherby-Dorn și Manson-Haford, împreună cu valorile impuse de norma de material CSN 41.528 la 100.000 ore.

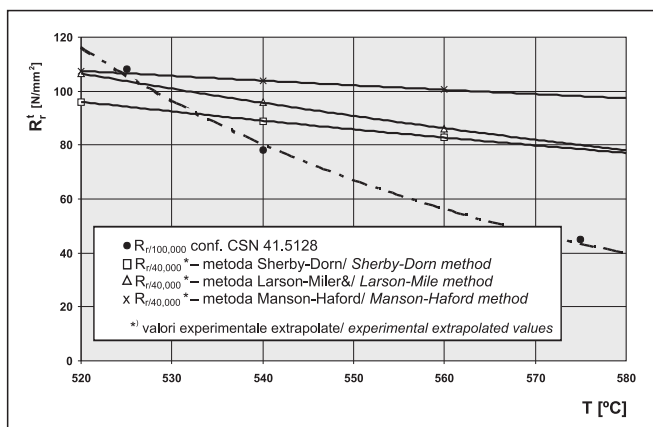


Figura 8. Curbe comparative de fluaj: experimentale – norma CSN 41.5128 [10,11]/

Figure 8. Comparative creep curves: experimental – norm CSN 41.5128 [10,11]

S-a găsit că la temperaturi de peste 535°C valorile extrapolate după toate cele trei metode sunt superioare celor impuse de norma de material. Interferența la temperaturi sub 535°C ale valorilor experimentale cu cele impuse de normă pot fi cauzate de faptul că încercările s-au efectuat la temperaturi mai înalte, și extrapolarea la temperaturi inferioare poate să le influențeze. De asemenea s-a menționat că valorile extrapolate, în acest moment sunt evaluate conservativ, considerând valorile inferioare ale duratei de încercare, datorită faptului că o parte a epruvetelor nu s-a rupt și de fapt ele s-au considerat rupte.

Echipamentul de încercare [10] este proiectat la ISIM este comandat prin calculator asigurându-se controlul și achiziția datelor (temperatură, forță și deformație) printr-un software specializat. Echipamentul de încercare ISIM este prezentat în figura 9. (vedere generală). Acest echipament de încercare este dotat cu cinci arcuri interschimbabile de rigiditate diferită și valori cuprinse în intervalul 60-300 kN/mm, ceea ce permite cinci nivele impuse ale deformației totale (sau plastice) ale epruvetei încercate. Echipamentul de încercare funcționează prin solicitarea ciclică a unei epruvete tubulare sau cu secțiune cilin-

The new calculated values allowed the generation of a new risk matrix for the intermediate analysis (Figure 7). The failure probability was reduced from class 5 to class 2 as the replica analysis revealed values of the *A* parameter between 0.4 and 0.6. The failure consequence CoF still maintains very high at the level of class E (with the possibility of dead and wounded people in case the pipeline brakes).

2.3.3. Detailed analysis

For more critical probes (in our case probe, live steam pipeline) it was decided to use the detailed analysis. All possible data were obtained for the component (including geometry, the used material characteristics etc) and the analysis was made for more loading cases (the so called worse cases”). The detailed analysis included:

- Stress calculus for “the worst cases”
- Creep analyse;
- Fatigue analyse;
- Detailed NDT examination;
- Reliability NDT analysis;
- Crack growth under creep (it was not necessary as a crack would be catastrophic);
- Crack growth under fatigue (it was not necessary as a crack would be catastrophic);



Figura 9. Aspectul general al instalației ISIM de încercare la oboseală termică [10]/

Figure 9. General aspect of equipment for thermal fatigue testing [10]

For the detailed analysis a complex creep and thermal fatigue tests were made to calculate the common creep-fatigue. Figure 8 presents the experimental results obtained from the creep test, for long time technical resistance. Experimental values are extrapolated at 40.000 hours according to Larson-Miller, Sherby-Dorn and Manson-Haford methods together with values imposed by the material norm CSN 41.528 at 100.000 hours.

It is found out that for temperatures over 535°C the extrapolated values after all the three methods are superior to those imposed by the material norm. Interference at temperatures under 535°C of experimental values with those imposed by the norm can be caused by the fact that tests were made at higher temperatures, and the extrapolation at these

drică calibrată (figura 10.) cu compresiune mecanică la încălzire și întindere mecanică în semiciclul de răcire. Dimensiunea secțiunii de rupere a epruvetei este de $\phi 13/\phi 12$. Datorită variației ciclice a temperaturii și a blocării parțiale a capetelor epruvetei apar tensiuni și deformații care depășesc limita de curgere a materialului, ele fiind în domeniul elasto-plastic.

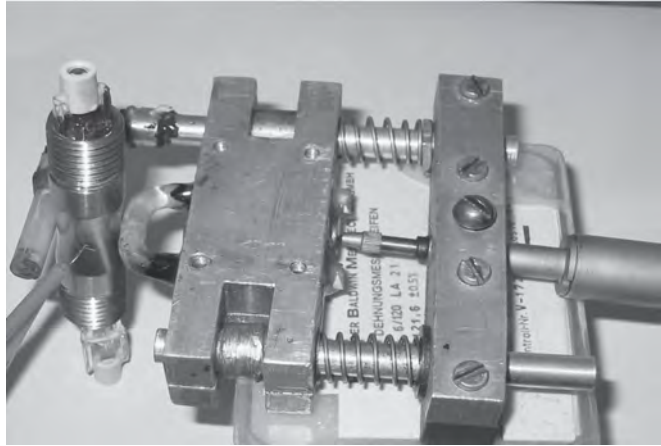


Figura 10. Traductorul de deformație diametrală în contact cu epruveta. Se observă lampa cu halogen în interiorul epruvetei și sârmele de cromel-alumel sudate în puncte.[10]./

Figure 10. Diametric strain transducer in contact with the specimen. The halogen lamp can be seen inside the specimen and the chromium-nickel aluminium wires spot welded [10].

Atunci când se utilizează traductori diametrali pentru transformarea acestora în deformație axială se utilizează procedurile recomandate în standardul ASTM E606. Un asemenea traductor diametral a fost dezvoltat la ISIM (figura 10) pentru instalațiile de încercare la oboseală termică la care elementele în contact cu epruveta încălzită au fost făcute din bare de cuarț iar ca element sensibil un traductor inductiv de deplasare, conectat cu o punte de amplificare.

Regimul de solicitare termomecanică aplicat epruvetelor tubulare a fost ales ținând cont că oțelul 15.128.5 utilizat în conducta de abur viu aferentă cazanului lucrează în exploatare la temperatura maximă de 540 °C. În această situație ciclul de oboseală termică (pentru a simula regimurile de încălzire și oprire accidentală) a fost ales ca 60 °C ↔ 540 °C. Pentru încercarea de oboseală termică s-a ales varianta de solicitare în dinți de fierăstrău, fără menținere.

Parametrii regimurilor de solicitare au fost:

- ◆ Temperatura minimă $T_{\min} = 60$ °C;
- ◆ Temperatura maximă $T_{\max} = 540$ °C;
- ◆ Timpul de încălzire $t_{\text{inc}} = 89$ sec;
- ◆ Timpul de răcire $t_{\text{rac}} = 376$ sec.

Rigiditatea încercărilor a variat în trepte fixe în intervalul 60 - 300 kN/m care au condus la anverguri ale deformației totale $\Delta \epsilon_a$, în intervalul de la 0,30 % la 1,30 %.

Prin utilizarea programului de prelucrare statistică, la încercarea în dinți de fierăstrău în domeniul 60° ↔ 540°C fără menținere se obține dreapta de ajustare a curbei de oboseală termică (ecuația Manson - Coffin), în coordonate dublu logaritmice ($\log \Delta \epsilon_a - \log N_f$). Acest grafic este prezentat în figura 11. Ecuația Manson - Coffin a dreptei de ajustare are forma:

lower can be affected. It is also mentioned that the extrapolated values, in this moment are conservatively evaluated, considering lower values of the testing duration, due to the fact that a part of specimens did not brake and they were considered as broken.

The testing equipment [10] and the control, signal acquisition programme, (temperature, force and strain) allows, by soft, the computer control. The testing equipment is presented in figure 9 (general view). The testing equipment is endowed with five interchangeable springs of different rigidity and values in the range 60-300 kN/mm, which gives five imposed levels of the total strain (or plastic) for the same size of the testing specimen. The testing equipment runs by the cyclic loading of a tubular cylindrical specimen or with the calibrated cylindrical section (figure 10) with mechanical compression test in the heating and tensile semi-cycle in the cooling one. The size on the fracture section of the specimen is $\phi 13/\phi 12$. Due to the cyclic variation of the temperature and to the partial blocking of the ends of specimen, there appear stresses and strains which exceed the yield limit of the material, they are in the elastic – plastic domain.

When diametric transducers are used to transform it in axial strain the procedures are those recommended by the ASTM E606 standard. Such a diametric transducer was developed at ISIM (Figure 10) for thermal fatigue testing plants where the elements coming in contact with the heated specimen were made out of quartz bars, and as a sensitive element a moving inductive transducer, connected with an amplification bridge.

The thermo mechanical loading regime applied to the tubular specimens was selected considering that the steel 15.128.5 used in the live steam pipeline which is part of the boiler working at the maximum temperature of de 540 șC. In this situation the thermal fatigue cycle (to simulate the heating and accidental stopping regimes) was 60 șC ↔ 540 șC. For the thermal fatigue test the following loading version was selected: In saw teeth without maintenance.

Parameters of the loading regimes were de:

- ◆ Minimum temperature $T_{\min} = 60$ șC;
- ◆ Maximum temperature $T_{\max} = 540$ șC;
- ◆ Heating time $t_{\text{inc}} = 89$ sec;
- ◆ Cooling time $t_{\text{rac}} = 376$ sec.

Rigidity of tests varied in fix steps in the interval 60 - 300 kN/m, which led to the opening $\Delta \epsilon_a$ total strains, in the interval 0,30 % - 1,30 %.

By using the statistical processing programme for the experimental data for the saw teeth testing in the range 60° ↔ 540°C without maintenance is obtained the line to adjust the thermal fatigue curve (Manson – Coffin equation), in double logarithmic coordinates ($\log \Delta \epsilon_a - \log N_f$). This graphic is presented in figure 11. Manson – Coffin equation for the adjusting line has the form:

$$\log N_f = -2,799 - 2,7320 \cdot \log(\Delta \epsilon_a) \quad (3)$$

or:

$$\Delta \epsilon_a = -1.0246 \cdot (2N_f)^{-0,3660} \quad (4)$$

3. Creep – fatigue assessment

In the case of the creep-fatigue common action, as no national regulations are available is made according to ASME - Case N-47-29- Annex T, (pct T1400; pct.T1411; pct.T1413; pct.T1430...

$$\log N_f = -2,799 - 2,7320 \cdot \log(\Delta \varepsilon_a) \quad (3)$$

sau:

$$\Delta \varepsilon_a = -1,0246 \cdot (2N_f)^{-0,3660} \quad (4)$$

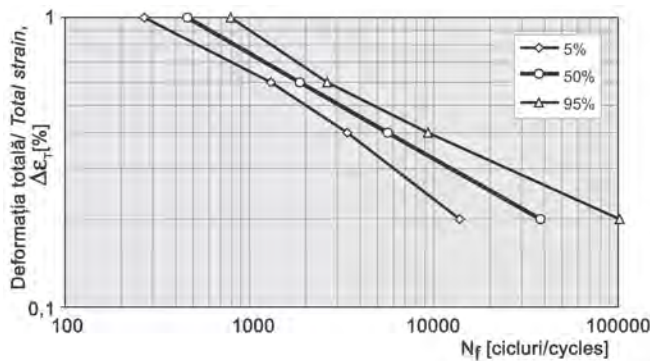


Figura 11. Dreapta de ajustare pentru porțiunea dreaptă a conductei din oțelul 15.128.5/
Figure 11. Adjusting line for the straight section of the pipeline made out of steel 5.128.5

3. Evaluarea fluaj-oboșală

Evaluarea stării de degradare a materialului conductei, analizate în cadrul acestei lucrări, în cazul acțiunii comune fluaj-oboșală, în lipsa unor reglementări naționale se face conform Codului ASME - Case N-47-29- Anexa T, [15]. Astfel, conform [15-17] cumularea degradării fluaj-oboșală trebuie să satisfacă relația:

$$\sum \left(\frac{n}{N_d} \right)_j + \sum \left(\frac{\Delta t}{T_d} \right)_k \leq D \quad (5)$$

unde: $D = 1 =$ degradarea totală fluaj-oboșală; $(n)_j =$ numărul de repetări aplicate tipului de ciclu "j"; $(N_d)_j =$ numărul de cicluri admisibil la proiectare pentru tipul de ciclu "j", determinat din curba de oboșală (termică) ce corespunde temperaturii maxime în timpul ciclului; $q =$ numărul de intervale de timp (pentru o combinație tensiune-temperatură) unică necesară pentru durata de serviciu la fluaj; $(T_d)_k =$ durata de timp admisibilă determinată prin extrapolarea curbei rezistenței tehnice de durată la fluaj; se va folosi tensiunea maximă în conductă cu factorul K , conform tabelului T1411-1 din [15].

Pentru deformația de $\varepsilon_t = 0.2\%$ din curba de oboșală termică (figura 11 și tabelul 3 din [4]) rezultă valoarea de $(N_d)_j = N_{f,med p=50\%} = 37520$ cicluri.

Considerând conform [5,6] un coeficient de siguranță pentru anvergura deformației $n_e = 2$ și un coeficient de siguranță pentru numărul de cicluri de $n_N = 10$ din curba din figura 8 [4] pentru $\Delta \varepsilon_a = 0,2/2 = 0,1\%$ rezultă o durabilitate $N_{f,med p=50\%} = 26000$ cicluri. Aplicând coeficientul de siguranță $n_N = 10$ rezultă numărul de cicluri admisibil de 2600 cicluri. Efectuând raportul dintre numărul de cicluri de pornire-oprire preconizate de 142 rezultă cota de degradare la oboșală (termică):

$$\sum \left(\frac{n}{N_d} \right)_j = 0,0546$$

Valorile rezistenței tehnice de durată la 540°C și respectiv 560°C extrapolate pentru 50.000 de ore sunt următoarele:

T1434) [15]. So, according to [15-17] the accumulation of the creep-fatigue degradation must met the relation:

$$\sum \left(\frac{n}{N_d} \right)_j + \sum \left(\frac{\Delta t}{T_d} \right)_k \leq D \quad (5)$$

where: $D = 1 =$ total creep-fatigue degradation; $(n)_j =$ number of repetitions applied to the cycle type "j"; $(N_d)_j =$ number of cycles admissible in design for the cycle type "j", determined from the thermal fatigue curve which corresponds to the maximum temperature during the cycle; $(T_d)_k =$ admissible time duration determined by extrapolation of the long time technical resistance curve; the se maximum stress in the pipeline will be used with the K factor according to table T1411-1 from [15].

For a strain $\varepsilon_t = 0.2\%$ from the thermal fatigue curve (Figure 11 and tab. 3 from [4]) results the value $(N_d)_j = N_{f,med p=50\%} = 37520$ cycles.

Considering according to [5,6] a safety coefficient for the strain opening $n_e = 2$ and a safety coefficient for the number of cycles $n_N = 10$ from the curve in figure 8 [4] for $De_a = 0.2/2 = 0.1\%$ results a durability $N_{f,med p=50\%} = 26000$ cycles. Applying the safety coefficient $n_N = 10$ results a number of admissible cycles of 2600. Solving the ratio number of start-up – shut-down cycles of 142 suggested, there results the thermal fatigue degradation level:

$$\sum \left(\frac{n}{N_d} \right)_j = 0,0546$$

The values of the long time technical resistance at 540°C and 560°C extrapolated for 50.000 hours are as follows:

Method	$R_{r/50.000}^{540}$
Larson-Miller	99,8 N/mm ²
	90,3 N/mm ²
Sherby-Dorn	97,9 N/mm ²
	89,5 N/mm ²
Manson-Haferd	83,7 N/mm ²
	72,6 N/mm ²

The creep degradation level is calculated by means of relation:

$$\sum \left(\frac{\Delta t}{T_d} \right)_k = \frac{40.000}{50.000} = 0,8$$

Taking into account the creep-fatigue action, the sum of the degradation level calculated by means of relation (1) is 0.8546, inferior to the value 1 corresponding to the linear summing of degradation. Using the thermal fatigue and creep degradation levels the accumulation creep-fatigue diagram is plotted, as in figure 12, where there are also plotted the diagram for stainless steels 304 and 316, low alloyed steel 2-1/4Cr-1Mo and the alloy 800 H type NiFeCu overtaken from [15]. Analysing the obtained data in the detailed analysis it was found out that besides the consumed life time of 154 596 hours, the pipeline can operate more 40,000 hours in safety conditions. So, the failure probability PoF can be framed in class 2, and the failure consequence CoF in class D. However, it is recommended to make non-destructive testing after 20.000 hours to detect the eventual crack type

Method	$R_{r/50.000}^{540}$
Larson-Miller	99,8 N/mm ² 90,3 N/mm ²
Sherby-Dorn	97,9 N/mm ² 89,5 N/mm ²
Manson-Haferd	83,7 N/mm ² 72,6 N/mm ²

Cota de degradare la fluaj se calculează cu ajutorul relației:

$$\sum \left(\frac{\Delta t}{T_d} \right)_k = \frac{40.000}{50.000} = 0,8$$

Considerând acțiunea comună fluaj-oboșală, suma cotei de degradare calculată cu ajutorul relației (1) este de 0,8546, inferioară valorii 1 corespunzătoare însumării liniare a degradărilor. Cu cotele de degradare la oboșală termică și fluaj se trasează diagrama cumulării degradărilor fluaj-oboșală din figura 12. În care sunt trasate și diagramele pentru oțelurile inox austenitice tip 304 și 316, oțelul slab aliat 2-1/4Cr-1Mo și aliajul 800H tip NiFeCr preluate din [15]. Analizând datele obținute la

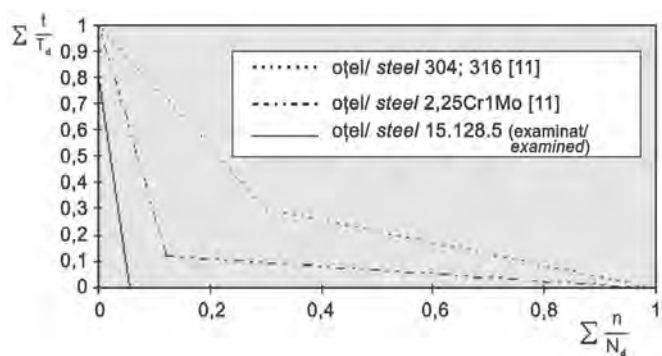


Figura 12. Matricea riscului la analiza detaliată/
Figure 12. Cumulated creep-fatigue diagram

PoF	5					
	4					
	3					
	2					
	1					conductă/pipeline
		A	B	C	D	E
		CoF				

Figura 13. Matricea riscului la analiza detaliată/
Figure 13. Risk matrix in detailed analysis

analiza detaliată se constată că pe lângă durata de viață consumată de 154.596 ore conducta mai poate opera încă 40.000 de ore în siguranță. Astfel probabilitatea de cedare PoF poate fi încadrată în clasa 2, iar consecința cedării CoF în clasa E. Oricum se recomandă efectuarea de examinări nedistructive după trecerea a 20.000 de ore pentru detectarea eventualelor defecte de tip fisură, care sunt foarte periculoase, pentru această aplicație. Matricea de risc pentru analiza detaliată se prezintă în figura 13.

4. Concluzii

În concluzie se consideră că prezenta lucrare reprezintă prima abordare națională a noilor concepte de mentenanță și inspecție bazate pe risc. Exemplul, deși este aplicat pe o singură

defects, which are very dangerous, for this application. The risk matrix for the detailed analysis is presented in figure 13.

4. Conclusions

In conclusion it is considered that the present paper represents the first national approach of the new risk based maintenance and inspection concepts. The example although is applied on a single component, considers a very complex application taking into account the importance, the risk assumed and consequences on the plant safety of personnel, of financial costs.

It was found out that following the initial screening analysis the component presented a high risk, which placed it in the red zone of the risk matrices. Intermediate analyses by the A parameter evinced a satisfactory structural state of the material, and the creep and fatigue detailed analyses allowed the component to be placed in the low probability fracture zone, PoF, although as regards consequences no interference could be made, as they were high in case of a fracture happened. Considering these data the pipeline could be placed in the green zone E1, having as consequences the reliable operation for a supplementary period of about 40,000 hours and monitoring at 20,000 hours.

Bibliografie/ Bibliography

- [1] xxx: Generic RIMAP Procedure - RIMAPRTD Consortium, 29.08.2002.
- [2] xxx: Power Industry Demo Case - RIMAPRTD Consortium, 17.11.2004.
- [3] xxx: RIMAP Application Workbook for Power Plants - RIMAPRTD Consortium, 26.03.2003.
- [4] A.S. Jovanovic ș.a.: Assessment of Probability/Likelihood of Failure, GROWTH Project G1RD-CT-2001-03008 „RIMAP”, 2003.
- [5] Jan Heerings ș.a.: Assessment of Consequence of Failure, GROWTH Project G1RD-CT-2001-03008 “RIMAP”, 2003.
- [6] Brear, J.M. ș.a.: „Metallographic techniques for condition assessment and life prediction in SP 249 guidelines” – in MPA Seminar, Oct. 1994, paper 2.
- [7] Schroeder, H.C.: „General observations regarding the assessment, testing and inspection of older power plants”- in Special Print VGB, 1998, vol. 78, no. 8, p. 28.
- [8] xxx: VGB-TV507 ausgabe 1992 – „Guideline for assessment of microstructure and damage development of creep exposed materials for pipes and boiler components” – VGB, Essen, 1992
- [9] Mateiu, H. ș.a.: „14CrMo4 Steel degradation investigation by correlating the A parameter with creep and maintained thermal fatigue results” 24 MPA Seminar, Stuttgart, oct.1998, vol.2, pag.53.1.
- [10] Mateiu, H.: Doctorat Theses – „Damage phenomena at thermo-mechanical loadings” – Univ. Politehnica Timișoara, 8.11.2002.
- [11] Mateiu, H. ș.a.: „Degradation state evaluation of heat resistant steels used for power plant components” – in Internat. Conf. ASR, București, July, 2003.
- [12] Mateiu, H. ș.a.: „Researching the influence of maintain time at maximal temperature at thermal fatigue testing of thermo-resistant steels” – Zilele Academice, mai, 2003.

componentă, consideră totuși o aplicație foarte complexă ținând seama de importanța, de riscul foarte ridicat și de consecințele privind siguranța instalației, a persoanelor, a mediului și a costurilor financiare ale acesteia.

Se constată că la analiza inițială prin clasificare, componenta a prezentat un risc înalt, ceea ce a plasat-o în zona roșie a matricei de risc. analiza intermediară prin determinarea parametrului A a evidențiat starea structurală satisfăcătoare a materialului iar analiza detaliată prin încercări de fluaj și oboseală a permis plasarea componentei în zona de probabilitate de rupere scăzută (PoF), cu toate că în privința consecințelor nu s-a putut interveni, acestea rămânând ridicate în cazul unei rupei. Cu aceste date conducta a putut fi plasată în zona verde E1, aceasta având drept consecință operarea în regim de siguranță pentru o perioadă suplimentară de 40.000 ore, cu o monitorizare la 20.000 ore.

Lucrare prezentată la "Primul Congres IIW sud-est european de sudare", Timișoara, mai 2006

- [13] Mateiu, H. ș.a.: Researches concerning damage state assesment of heat resistant steels used for power plant components" – 29th Internat Seminar MPA Stuttgart, oct, 2003. paper. 13.
- [14] Mateiu, H. ș.a.: „Damage state assesment of heat resistant steels used for power plant components” – Gosa Institut Review (Belgrad), 2003, no.2, pag. 51.
- [15] ASME Code Case N-47-29, 1990.
- [16] Gusenkov, A.P.: Low cycle fatigue non-isothermal loading, Moskva, 1983.
- [17] Mahutov, N.A. ș.a.: CAER instructions 22.K.05 "Strength Calculus of constructive elements in low cycle loadings", Moskva, 1987.
- [18] Nichols, R.W. : Pressure Vessel Engineering Technology, London, 1971.
- [19] * * *: CSN 415128.

Paper presented at The 1st IIW South-East European Welding Congress, Timisoara, May 2006



INSPECȚIA PROCESELOR ȘI PRODUSELOR INDUSTRIALE

Organismul de inspecție **ISIM INSP** funcționează în cadrul ISIM Timișoara și este acreditat RENAR; el efectuează activități de evaluare a conformității produselor și proceselor cu condițiile specificate de client.

Scopul acestei activități este:

- ⇒ Extinderea infrastructurii calității în sudare și procedee conexe
- ⇒ Determinarea directă a caracteristicilor produselor sudate și proceselor de sudare
- ⇒ Aprecierea calității produselor inspectate pe baza stadiului actual al tehnicii.

Se supun evaluării conformității atât procese de sudare și produse sudate cât și acelea în care nu apar procese de îmbinare.

Documente de referință:

- ⇒ **SR EN ISO/IEC 17020: 2005**,
Criterii generale pentru funcționarea diferitelor tipuri de organisme care efectuează inspecția.
- ⇒ **SR EN ISO 9000: 2001**,
Sisteme de management al calității. Noțiuni fundamentale și vocabular.
- ⇒ **SR EN ISO 9001: 2001**,
Sisteme de management al calității. Cerințe.

Inspecția în serviciu a echipamentelor și instalațiilor industriale se referă la următoarele produse:

- ⇒ conducte de abur din termocentrale
- ⇒ componente de cazane energetice
- ⇒ componente de utilaje chimice
- ⇒ recipiente sub presiune
- ⇒ echipamente de ridicat
- ⇒ componente supuse reviziilor

Inspecția produselor individuale se aplică următoarelor tipuri de produse:

- ⇒ materiale și produse metalice
- ⇒ îmbinări sudate
- ⇒ materiale pentru sudare
- ⇒ proceduri de sudare
- ⇒ specificații tehnice pentru sudare și procedee conexe (tăiere, lipire, brazare, etc.)

Inspecții realizate în colaborare cu TÜV SÜDDEUTSCHLAND și ISPE S.A. București

Informații suplimentare: ing. Radu Romănu: tel. 0256 491828, int. 123 ; fax: 0256 49279