

## ASPECTE ALE COMPORTĂRII LA CALD A MATERIALELOR DIN COMPONENȚA UNUI CAZAN DE ABUR

**Amalia DASCĂL, Marius ARDELEAN**

Universitatea „Politehnica” Timișoara, Facultatea de Inginerie Hunedoara

331128 Revoluției nr.5, email: amalia@fih.utt.ro

**Abstract:** OLT 45K steel is part of the non-allied steel category, used for the achievement of tubes that work at high temperature. Specimen has been taken from this tube type, from the steam boiler's super-heater and economizer and from which strip drive test-bars were manufactured. Afterwards, they were tried on driving, at ambient and high temperature, close to the ones used in operation, so as to determine the mechanical features of the material, after a certain period of use. Drive testing at heat was also done on the same type of test-bars, taken from the material that was about to be replaced in the steam boiler.

### 1.Considerații generale

În contextul economiei actuale, procesele tehnologice trebuie realizate cu randamente ridicate de transformare. La ora actuală, aceste randamente pot fi crescute, doar prin presiuni și temperaturi ridicate în procesele tehnologice, acesta fiind motivul pentru care se impune dezvoltarea unei game de oțeluri, în special oțeluri termorezistente, preferabile fiind cele cu grad de aliere scăzut, din cauza costurilor mai mici.

De altfel, deciziile referitoare la materiale sunt esențiale în toate domeniile practicii industriale, deoarece orice activitate tehnică trebuie să se concretizeze în final, într-o structură de rezistență sau într-un dispozitiv funcțional. La rândul său, fiecare nou proces tehnologic atrage după sine și dezvoltarea unui nou material deoarece realizarea structurilor și/sau dispozitivelor este condiționată de existența și folosirea lor.

Utilizarea oțelului optim din punct de vedere al proprietăților cerute, al costului de achiziție și al celor de fabricație, precum și al disponibilității a stat întotdeauna în atenția proiectanților și fabricanților din industrie, [1].

**Temperatura de lucru** constituie un factor care este privit cu interes tot mai mare, deoarece se poate afirma că, într-un anumit sens, noile dezvoltări tehnologice depind, în numeroase sectoare, de modul în care se stăpânește *comportarea materialelor sub tensiune la temperaturi ridicate*.

Fiabilitatea și calitatea elementelor care lucrează la temperaturi și presiuni ridicate este parte componentă a fiabilității unităților de producere a energiei electrice și termice. Funcționarea acestor unități la parametri optimi este importantă deoarece, în caz contrar implicațiile de ordin social și economic sunt enorme.

Alegerea și utilizarea oțelului optim, din punct de vedere al caracteristicilor mecanice cerute, pentru un anumit domeniu de utilizare, nu poate fi făcută fără cunoașterea comportării reale a materialului, cunoaștere care este bazată pe **cercetări teoretice și experimentale**.

Caracteristicile mecanice ale metalelor, obținute prin încercările efectuate pe epruvete supuse la diverse solicitări, care sunt cât mai apropiate de condițiile de exploatare ale elementelor de rezistență, permit verificarea calitativă a materialului acestora, stabilirea

limitelor maxime de solicitare, fiind elemente de bază care stau la dispoziția proiectantului respectiv a tehnologului.

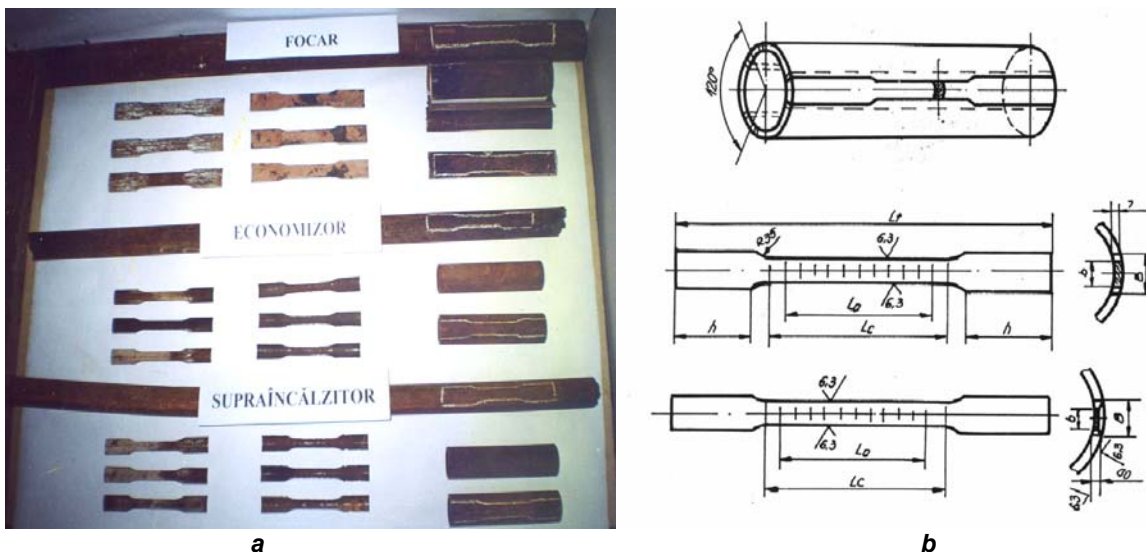
## 2. Epruvete utilizate în cadrul încercărilor

În cadrul încercărilor mecanice la temperaturi ridicate se folosesc, în general, epruvete având forma și dimensiunile celor utilizate la încercările efectuate la temperatura ambiantă. Deoarece epruvetele sunt încălzite în diverse incinte este necesar ca forma și dimensiunile capetelor de prindere să fie astfel executate încât să permită montarea acestora în fălcile de prindere ale mașinilor de încercare. Există situații când, între capetele epruvetelor și fălcile de prindere, trebuie să fie montate niște tije prelungitoare executate din metale rezistente la temperaturi ridicate.

Pentru încercările efectuate, metodele de prelevare au determinat ca să se poată preleva pentru încercările de tracțiune epruvete-fâșii înguste, având forma și dimensiunile așa cum se prezintă în fig.1, precum și probe pentru analizele metalografice.

În cadrul experimentărilor efectuat, grosimea pereților țevilor prelevate din exploatare nu a permis prelevarea epruvetelor conform acestei metode, motiv pentru care s-au prelevat doar epruvete-fâșii pentru încercarea de tracțiune la temperaturi ridicate. În vederea determinării cât mai concludente a rezistenței materialului țevii, încercarea la trebuie să se efectueze direct pe tronsoane de țevi. În general, această cerință nu poate fi realizată în totalitate, deoarece mașinile de încercat din laboratoare nu permit montarea și încărcarea probelor întregi de țeavă, decât până la anumite dimensiuni, relativ reduse, [8]. În consecință se recurge la examinarea țevilor pe baza unor epruvete-fâșii alese din pereții țevilor.

**Epruvetele fâșii – înguste** la țevi cu diametrul mai mic de 50 mm și **fâșii-normale** la țevi cu diametrul mai mare de 50 mm - se prelevează longitudinal față de axa țevii și în număr de trei, decalate la un unghi de  $120^{\circ}$  pe conturul probei (fig.1.b).



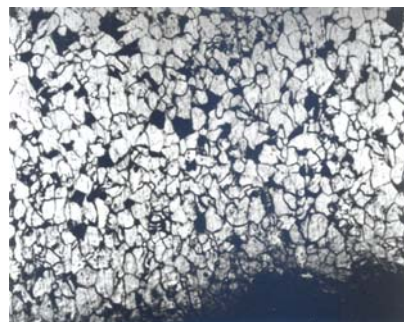
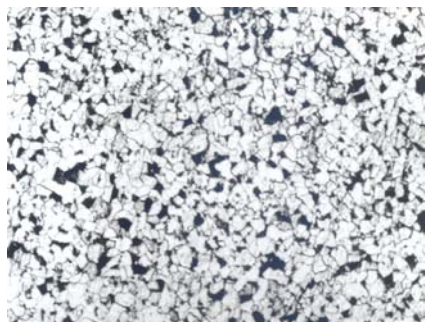
**Fig.1. Forma și dimensiunile epruvetelor utilizate la încercări**  
*a-epruvete prelevate din cazanul de abur*  
*b-modul de prelevare a epruvetelor, [8]*

Au fost prelevate probe transversale, sub formă de inele, pentru analize metalografice, urmărind punerea în evidență a morfologiei transformărilor de fază din

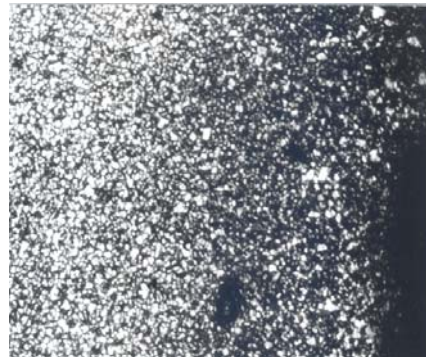
material, determinarea dimensiunii grăunților, a eventualelor fenomene de oxidare sau decarburare și a altor defecte de structură.

Pentru materialul țevii prelevat din supraîncălzitor, prezentat în fig.2, în urma studiului la microscopul optic s-a observat că acesta prezintă o structură ferito-perlitică (fig.2.a), iar peretele exterior al țevii are pe anumite porțiuni o structură ușor corodată (fig.2.b), dar care nu are implicații negative asupra funcționării în continuare a elementului analizat, din care a fost prelevată pentru studiu.

Pentru materialul țevii prelevat din economizor, OLT 45K, prezentat în fig.3, în urma studiului la microscopul optic s-a observat că acesta prezintă o structură ferito-perlitică cu grăunți fini (fig.3.a), iar pereții țevii au o structură modificată pe peretele exterior al țevii, în sensul prezenței unei carburări la zona de limită, dar care nu afectează funcționarea în continuare a elementului respectiv (fig.3.b).

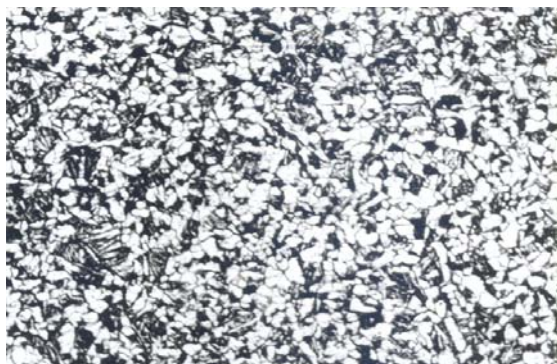


*Fig.2. Structura țevii prelevată din s*



a

*Fig.3. Structura țevii prelevată dir*



Pentru materialul neutilizat, prelevat din țeava care urma să fie înlocuită, prezentat în fig.4, în urma studiului la microscopul optic s-a observat că acesta prezintă o structură ferito-perlitică ușor supraîncălzită (ferita este sub formă aciculară și nu granulară, cum este de obicei), probabil din cauza probelor efectuate la livrarea țevii de către întreprinderea producătoare.

În urma acestor analize metalografice se poate concluziona că deoarece în structura oțelurilor analizate se păstrează o cantitate suficientă de perlită și ferită, iar granulația fină observată în aceste structuri ne poate face să spunem că materialele prezintă încă bune caracteristici mecanice de rezistență, motiv pentru care pot fi exploatate în continuare.

Din toate aceste categorii de materiale au fost prelevate epruvete fâșii pentru încercarea de tracțiune la temperatura ambiantă și la temperaturi ridicate, aferente temperaturilor la care aceste țevi au lucrat în exploatare.

### 3. Efectuarea încercărilor

Oțelul **OLT 45K – STAS 8184-80** face parte din categoria oțelurilor nealiate, utilizate pentru realizarea de țevi care lucrează la temperaturi ridicate. Oțelul se elaborează în cuptoare electrice, în cuptoare Martin, în convertizoare cu insuflare de oxigen sau prin alte procedee echivalente.

Compozițiile chimice ale materialelor utilizate pentru încercările experimentale sunt prezentate în tabelul 1.

**Tabelul 1**  
*Rezultatele analizei chimice ale materialului prelevat din supraîncălzitor, economizor și a materialului neutilizat (țeavă de diametru 38 mm cu grosimea de 3,5mm) – OLT 45K*

Material	C	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Supraîncălzitor OLT 45K	0,19	0,67	0,24	0,041	-	0,12	0,17	0,18	0,14
Economizor OLT 45K	0,23	0,62	0,25	0,031	-	0,22	0,21	0,18	0,30
Material neutilizat OLT 45K	0,21	0,46	0,27	0,005	-	0,17	0,14	0,20	0,28
<b>STAS 8184-80</b>	Max. 0,23	Min. 0,45	0,15... 0,35	Max. 0,045	Max. 0,040	Max. 0,30	Max. 0,30	Max. 0,30	-

Caracteristicile mecanice garantate pe produsele livrate sub formă de produse tubulare, determinate pe epruvete prelevate longitudinal, în condițiile atmosferei ambiante de încercare, sunt date în tabelul 2.

**Tabelul 2**  
*Caracteristici mecanice garantate pentru oțelul OLT 45K*

Marca oțelului	Rezistența la rupere) $R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Limita de curgere convențională $R_{p0,2}$ [N/mm <sup>2</sup> ], min.	Alungirea procentuală după rupere A, [%], min	Coefficientul de gătuire, Z, [%], min.	Reziliența KCU 300/2 min.
OLT 45K	450...550	260	21	60	60

Experimentările pentru determinarea caracteristicilor mecanice la tracțiune s-au efectuat în intervalul +20°C...+500°C, iar în fig.5 sunt prezentate câte un lot de epruvete prelevate din elementele analizate, încercate la temperaturile de: +20°C; +100°C, +200°C, +300°C; +400°C și +500°C.





Fig. 5. Loturi de epruvete încercate, din elementele analizate

#### 4. Rezultate obținute

Rezultatele obținute în urma încercărilor experimentale, exprimate prin valori măsurate și valori calculate, sunt prezentate în tabelele 3, 4 și 5.

Tabelul 3

Caracteristicile mecanice la tracțiune ale oțelului OLT 45K -supraîncălzitor

Temperatura de încercare [°C]	Forța de rupere $F_{max}$ [N]	Rezistența la rupere $R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Alungirea procentuală după rupere A[%]	Coefficientul de gătuire Z [%]
20 <sup>0</sup> C	26400	562,28	47,50	27
100 <sup>0</sup> C	23900	546,28	43,75	24,57
200 <sup>0</sup> C	24200	553,14	46,25	26,12
300 <sup>0</sup> C	25850	590,85	50	25,76
400 <sup>0</sup> C	29650	677,71	65	16,84
500 <sup>0</sup> C	12300	281,14	31,75	43,22

Tabelul 4

Caracteristicile mecanice la tracțiune al oțelului OLT 45K, prelevat din economizor

Temperatura de încercare [°C]	Forța de rupere $F_{max}$ [N]	Rezistența la rupere $R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Alungirea procentuală după rupere A[%]	Coefficientul de gătuire Z [%]
20 <sup>0</sup> C	25150	574,85	58,75	40,54
100 <sup>0</sup> C	27350	625,14	43,75	20,80
200 <sup>0</sup> C	25900	592,00	43,75	34,81
300 <sup>0</sup> C	25350	579,42	52,50	23,47
400 <sup>0</sup> C	20400	466,28	50,00	46,78
500 <sup>0</sup> C	11300	258,28	31,25	48,89

Tabelul 5

Caracteristicile mecanice la tracțiune pentru OLT 45K, material neutilizat

Temperatura de încercare [°C]	Forța de rupere $F_{max}$ [N]	Rezistența la rupere $R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Alungirea procentuală după rupere A[%]	Coefficientul de gătuire Z [%]
20 <sup>0</sup> C	28500	659,42	66,25	37,00
100 <sup>0</sup> C	30400	694,85	37,50	17,62
200 <sup>0</sup> C	29200	667,42	38,75	21,50
300 <sup>0</sup> C	34700	793,14	43,75	21,55
400 <sup>0</sup> C	22000	502,85	37,50	29,78
500 <sup>0</sup> C	16900	386,28	27,50	53,92

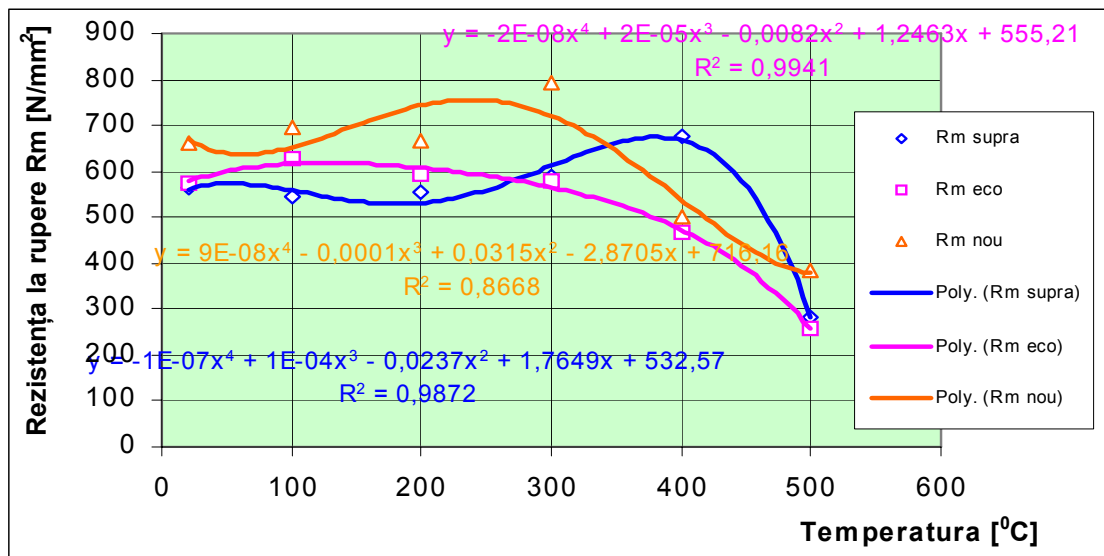


Fig.6. Variația rezistenței la rupere  $R_m$ , funcție de temperatură, pentru oțelul OLT 45K, în trei variante de utilizare

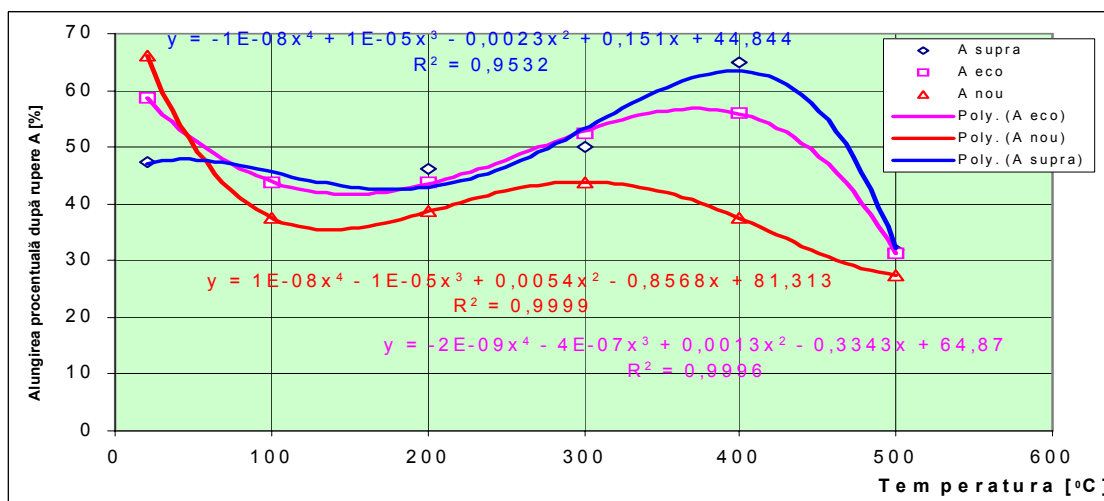
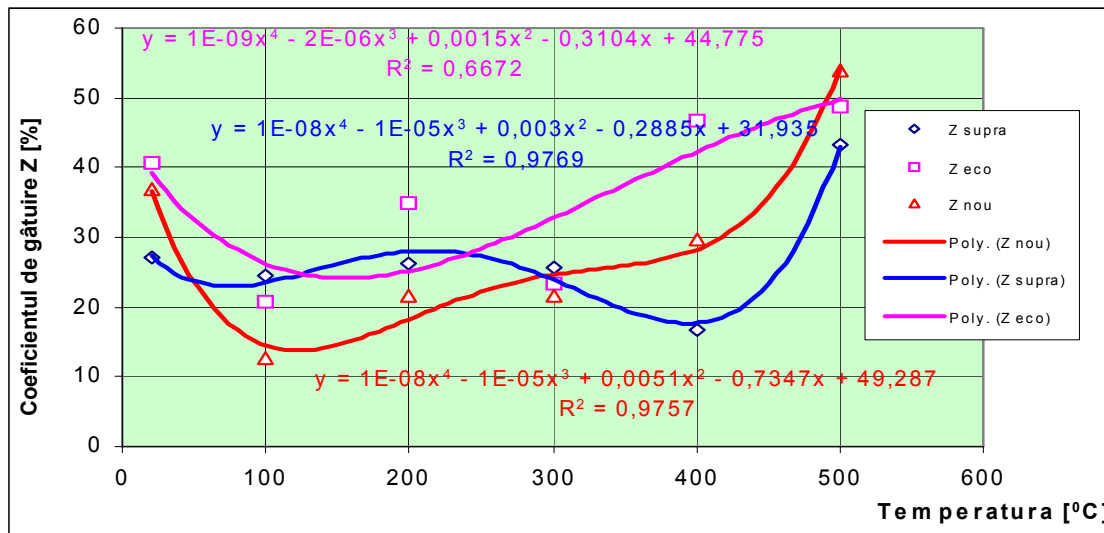


Fig.7. Variația alungirii procentuale după rupere  $A$ , funcție de temperatură, pentru oțelul OLT 45K, în trei variante de utilizare

Ele reprezintă mediile caracteristicilor mecanice obținute din seturi de câte trei epruvete, încercate la fiecare palier de temperatură. Cu datele din s-au trasat diagramele de variație ale caracteristicilor mecanice la tracțiune pentru oțelul OLT 45K, prelevat din supraîncălzitor, din economizor, și OLT 45K, material neutilizat, funcție de temperatura de încercare, care sunt prezentate în fig.6, 7 și 8.

Din analiza rezultatelor obținute, fig.6, se observă că rezistența la rupere a materialului neutilizat este superioară celui utilizat, prelevat din supraîncălzitor și economizor; pentru toate cele trei variante studiate, având valori maxime în jurul temperaturii de 200°C.



**Fig.8. Variația coeficientului de gătuire Z, funcție de temperatură, pentru oțelul OLT 45K, în trei variante de utilizare**

Analizând graficul alungirii procentuale după rupere, fig.7, se constată că acestea are valori mari, pentru materialul utilizat, comparativ cu valoarea pentru materialul neutilizat. Se observă că temperatura ridicată influențează curba de variație, schimbându-i tendința pe intervalul 100-200°C.

Coeficientul de gătuire, Z, fig.8, are valori mari pentru materialele utilizate și evident mai mici, pentru cel neutilizat, dar încercat în condiții de temperaturi ridicate. Zona critică este în jurul temperaturii de 200°C ...250°C, caracteristică acestor oțeluri, cu conținut scăzut de carbon, care la aceste temperaturi devin fragile la solicitări statice (fragilitate la albastru), [4].

La temperaturi mai mari de 200°C crește coeficientul de gătuire Z, și scade alungirea procentuală după rupere A.

Încercările efectuate pe marca de oțel OLT 45K, pentru toate variantele experimentate, au evidențiat unele diferențe între caracteristicile mecanice ale oțelului (după anumite perioade de utilizare) față de starea inițială (neutilizat). Explicația constă în faptul că variația temperaturii, caracterizată printr-un gradient termic redus, are influențe asupra comportării materialului, în diverse condiții de exploatare.

## 5. Concluzii

În urma analizelor metalografice și a încercărilor efectuate se poate concluziona că deoarece în structura oțelurilor analizate se păstrează o cantitate suficientă de perlită și ferită, iar granulația fină observată în aceste structuri ne poate face să spunem că materialele prezintă încă bune caracteristici mecanice de rezistență, motiv pentru care pot fi exploatate în continuare.

Prelungirea duratei de funcționare a elementelor care lucrează la temperaturi și presiuni ridicate este un obiectiv primordial pentru toate centralele termoelectrice românești și nu numai. Această prelungire a duratei de funcționare nu poate fi făcută oricum, fără a cunoaște comportarea reală a materialului, ci numai cu stricta păstrare a condițiilor de siguranță, precum și cu menținerea parametrilor optimi de funcționare.

Evitarea apariției avariilor presupune cunoașterea caracteristicilor mecanice, fizice, chimice, metalografice și de orice natură, în cât mai multe condiții, apropiate de cele din exploatare, adică cunoașterea comportării reale a materialului, cunoaștere care este bazată pe cercetări teoretice și experimentale.

**Bibliografie:**

- [1]. Constantinescu, A., *Criterii de alegere rațională a oțelurilor*, vol. I, II și III, O.I.D-I.C.M., București, 1998 – 1999 - 2000.
- [2]. Cheșa, I., ș.a., *Alegerea și utilizarea oțelurilor*, Editura Tehnică, București, 1984.
- [3]. Dieter, G.F., *Metalurgie mecanică*, Editura Tehnică, București, 1970.
- [4]. Geru, N., *Teoria structurală a proprietăților metalelor*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.
- [5]. Lăpușan, A., *Contribuții la studiul comportării oțelurilor la temperaturi ridicate*, teză de doctorat, Timișoara, 2004.
- [6]. Mocanu, D.R., ș.a., *Încercarea materialelor, vol. I. Încercări distructive ale metalelor*, Editura Tehnică, București, 1982.
- [7]. Nădășan, Șt., ș.a., *Manualul tehnicianului din laboratorul de încercări de metale*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1969.
- [8]. Nădășan, Șt., ș.a., *Încercări și analize de metale*, Editura Tehnică, București, 1965.
- [9]. \*\*\*, *Prescripții tehnice pentru proiectarea, execuția, montarea, repararea, instalarea, exploatarea și verificarea cazanelor de abur și cazanelor de apă fierbinte*, C1-85, colecția I.S.C.I.R, București, 1986.