

INFLUENȚA MEDIULUI CRIOGENIC ASUPRA STRUCTURII MATERIALELOR MECANICE SINTERIZATE

Cristina IONIC^{x)}
Valentin IONIC^{xx)}

Rezumat: Tehnica încercărilor la frig este un domeniu puțin studiat în literatura de specialitate din țara noastră. Tehnica încercărilor mecanice este asemănătoare încercărilor materialelor compacte iar cea mai mare importanță o prezintă operarea probei sinterizate în condițiile mediului criogenic. Se arată în lucrare importanța agentului frigorific, fluidului de răcire, mediului de răcire, instalației de răcire și instrumentelor de măsură folosite. Epruvetele supuse solicitărilor sunt din materiale diferite care le determină comportarea la solicitările mecanice. Se trasează în final modulul de rupere în funcție de elementele de aliere din matricea metalică.

Abstract: The procedure of cold testing is a poor studied area in the speciality literature of our country. The procedure of mechanical tests is similar with the testing of compact materials, the most important thing is the usage of the sintered probe in the conditions of an cryogenic environment. In the it is presented the importance of the cooling agent, cooling fluid, cooling installation, cooling environment and of the measuring instruments used in this operation. The test bars involved in the test are made from different materials which determine there behaviour on mechanical stress. In the end the module of rupture is traced term to the alloying elements from the metallic matrix.

Cuvinte cheie: material sinterizat, test criogenic, modul de rupere, proprietăți mecanice.

Key words: sintered material, cryogenic testing, modul of rupture, mechanical properties.

1 Introducere

Studiul încercărilor mecanice ale materialelor sinterizate la temperaturi scăzute este un teren nou de încercare la noi. Importanța studiului pleacă de la introducerea pe scară largă a materialelor sinterizate. Industria constructoare de mașini necesită cantități mari de piese de dimensiuni mici și forme complexe care sunt greu sau neeconomic de realizat prin metode clasice. Metalurgia pulberilor oferă posibilitatea producerii economice a acestor materiale, utilizând pulberi de fier cu adaosuri de pulberi de cupru, nichel, grafit, molibden etc.

Tehnica încercărilor mecanice este asemănătoare încercărilor materialelor compacte, iar cea mai mare importanță o prezintă operarea probei sinterizate în condițiile mediului criogenic.

Încercările mecanice la temperaturi scăzute evidențiază la rupere un aspect fragil, asemănător pieselor casante. Ca urmare, s-au formulat criteriile pentru caracterizarea stării de tensiune și deformații din vecinătatea vârfului fisurilor, precum și tehnici de încercare în funcție de regimul de solicitare.

Tehnica încercărilor conduce la diferite rezultate care pot crea o imagine asupra claselor de materiale ce se pot folosi cu succes în condiții criogenice.

În obținerea rezultatelor preconizate o influență foarte mare o au următorii factori: sistemul de răcire, mediul de răcire, posibilitățile de măsurare a temperaturii și grosimea probei. Elementele de aliere din matricea metalică au o mare influență asupra rezultatelor încercărilor.

^{x)} Universitatea „Constantin Brâncuși” Tg-Jiu, Str. Geneva, Nr.1, jud. Gorj

^{xx)} Serviciul Județean de Metrologie Legală Gorj, str. Cerna, bl.8, ap.1, parter, Tg. Jiu, jud. Gorj, tel: 0253/219748

2 Experimentări

Sistemul de răcire este alcătuit din ansamblul de mijloace prin care se poate realiza controlarea unei epruvete. Acestea sunt: instalația de răcire, mediul de răcire și mijloacele de măsurare a temperaturii.

Instalația de răcire trebuie să permită: scăderea temperaturii probei la nivelul dorit, uniformizarea temperaturii pe probă, menținerea constantă a temperaturii pe durata răcirii și mijloace de măsurare a temperaturii. Soluțiile constructive privind instalația de răcire diferă în funcție de mărimea probelor încercate. Sistemul de răcire trebuie să asigure o bună izolare față de mediul exterior și o uniformizare a temperaturii pe probe.

Mediul de răcire este constituit din agentul frigorific în amestec cu fluidul de răcire. Agentul de răcire este componentul ce acționează asupra mediului de răcire prin schimbarea de stare. Cei mai utilizați agenți de răcire sunt: gheața, zăpada carbonică și azotul lichid, iar proprietățile lor sunt prezentate în tabelul 1 [1,128].

Tabelul 1

Proprietăți fizice ale agenților frigorifici

	Temperatura de vaporizare	Punct critic		Densitatea kg/m ³
		°C	bar	
H ₂ O	100	0		
CO ₂ (solid)	-78	31	73	1,6 10 ³
N ₂ (lichid)	-196	-147	37	0,8 10 ³

O mare influență o are și fluidul de răcire, care are rolul de a regla temperaturi de răcire, iar proprietățile acestora sunt date în tabelul 2 [1,128].

Tabelul 2

Proprietăți fizice ale fluidului de răcire

Fluid de răcire	Vaporizare, °C	Congelare, °C	Aprindere, °C	Observații
Alcool etilic	80	-115	-10...-20	Neotrăvitor în concentrație normală
Toluen	110	-100	0...-30	Neotrăvitor în concentrație normală
Eter de petrol	40...60	-170	-30...-60	Ușor inflamabil
Propan	-43	-190		Ușor inflamabil
Propilenă	-47	-186		

Agentul de răcire frigorific-fluid se alege conform prevederilor standardelor în vigoare pentru intervalul de temperatură la care este supusă proba după datele tabelului 3 [128].

Tabelul 3

Medii de răcire la temperaturi scăzute

Temperatura de încercare, °C	Agent frigorific	Fluid de răcire	
		LICHID	GAZOS
+20.. -5	H ₂ O(zăpadă)	APA	AER
10... -60	C ₂ O (solid)	Petrol, apa+glicerină Alcool, toluene	Vapori de CO ₂ sau N ₂
-30.. -160 - 160.. -185 -196	N ₂ (lichid)	Eter de petrol, propan, propilenă	

În utilizarea mediilor de răcire trebuie să ținem seama că la începutul încercării se răcește dispozitivul cu CO₂ sau N₂, apoi se introduce fluidul de răcire, și, astfel, vaporii de CO₂ sau N₂ îndepărtează oxigenul din spațiul de răcire și micșorează pericolul de aprindere.

În timpul încercării trebuie asigurată o bună aerisire a zonei de încercare, iar la sfârșitul încercării, golirea mediului trebuie făcută cât încă acesta este în stare răcită. Pentru măsurarea în laborator a temperaturilor se folosesc termometre sau termocupluri.

În aprecierea corectă a măsurării este necesară plasarea corectă a vârfului termometrului în raport cu proba și evitarea unor factori externi.

În tabelul 4 sunt prezentate principalele instrumente de măsurare a temperaturii în cazul încercărilor în medii criogenice [1,128].

Tabelul 4

Instrumente de măsurare folosite pentru încercări mecanice la temperaturi scăzute

Instrumente de măsurare	Lichidul din termometrie sau materialele termoelectrozilor	Domeniul de măsurare	Diviziunea maximă °C	Clasa de precizie a aparatului de măsurare
Termometru de laborator STAS 8375-69	Mercur, toluen colorat sau alt lichid	40... -30	0,2	1
Termometru tehnic		50... -30 30... -90 30... -200	0,5 sau 1,0	1

3 Rezultate și comentarii

De obicei, răcirea probelor se face la o temperatură egală cu cea de încercare, când probele sunt menținute în mediul de răcire pe toată durata încercării. Pentru probe de dimensiuni mici, care nu se încearcă în instalația de răcire se prevede răcirea, la temperaturi inferioare celor de încercare și o diferență de 1 °C pentru fiecare treaptă de 10 °C dintre temperatura ambiantă și temperatura de încercare [1,128].

Dacă este necesară manevrarea probelor răcite în afara instalației de răcire se fac precizări asupra intervalului de timp din momentul scoaterii probei din mediul de răcire până la efectuarea încercării.

Condițiile tehnice prevăzute în norme pentru operațiile de răcire a probelor sunt date în tabelul 5. Se reține corelarea între grosimea probei și durata de menținere la temperatura de răcire pentru asigurarea uniformității temperaturii în masa probei [1,128].

Tabelul 5

Condițiile tehnice de răcire

Standard de încercare	Grosimea epruvetei [mm]	Durata de menținere [min]	Abaterea limita la temperatura de răcire
ISO 148-77 STAS 6834-79 STAS 6833-70	SUB 5	10	±1°C >-50°C ±2°C - 50°...-100°C
	5-10	15	
STAS 9261-ASTM E 20... -66	PESTE 10	15+1 min. pentru flecure 1 mm peste 10 mm	±3°C< 100°C

Încercările mecanice în mediul criogenic urmăresc și influența temperaturii asupra caracteristicilor de rezistență și deformabilitate ale materialului.

Încercarea constă în răcirea epruvetei la temperatura de încercare, conform tehnicilor de încercare la temperaturi scăzute, apoi efectuarea experiențelor în condițiile temperaturii scăzute. Condițiile de încercare sunt mai deosebite decât cele din cazul mediului ambiant și trebuie respectate normele cu privire la solicitări în mediul criogenic.

Epruvetele au fost introduse într-un mediu de azot lichid, menținându-le în mediul de răcire 5 min. după încetarea fierberii violente a azotului, temperatura de fierbere a azotului lichid fiind de 77 K.

Mediul de răcire a fost azotul lichid datorită uniformizării temperaturii pe probă, neexistând posibilitatea ca temperaturii să-i corespundă mai multe valori pe aceeași probă și, totodată, pentru probele de dimensiuni mici nu se recomandă medii de răcire complicate.

Instalația de răcire aleasă a fost o baie de azot lichid, în care epruvetele se introduc pe rând și așteptăm să se răcească până la 77 K. Epruveta astfel răcită este scoasă din mediul frigorific și fixată în capetele mașinii de încercat cu ajutorul unui clește special. Capetele epruvetei pentru o bună prindere în mașina de încercat sunt striate iar muchiile nu trebuie să prezinte bavuri.

Temperatura s-a măsurat direct pe epruvetă pe porțiunea calibrată, obținând un interval de (123 – 118)K, măsurat cu un termometru tehnic având domeniul de măsurare până la 73 K cu diviziune maximă de 1 K.

După scoaterea epruvetelor din mediul de răcire acestea aveau aspectul unui produs congelat și nu puteau fi atinse cu mâna neprotejată.

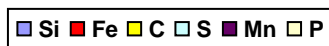
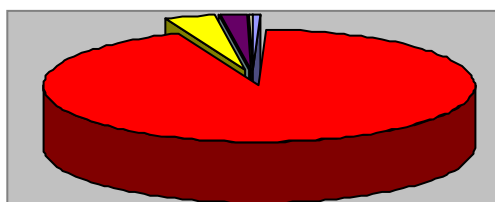
Aplicarea sarcinii de tracțiune se face în mod progresiv în direcția axei transversale a epruvetei.

Caracteristicile mecanice rezultate în urma determinărilor depind de modul de aplicare a sarcinii, care trebuie să se facă lent pentru ca deformația să fie într-un regim apropiat de cel izoterm. Astfel s-a avut grijă ca viteza de aplicare a sarcinii să fie de 4 Pa/s, conform normelor de aplicare a sarcinii la tracțiune sau compresiune.

Elementele esențiale ce contribuie la o bună încercare sunt: temperatura de încercare, K, temperatura pe lungimea calibrată; viteza de încercare de 4 Pa/s, sarcina aplicată în unitatea de timp; timp de menținere, minute, timpul de menținere în mediul criogenic până la atingerea temperaturii alese.

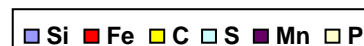
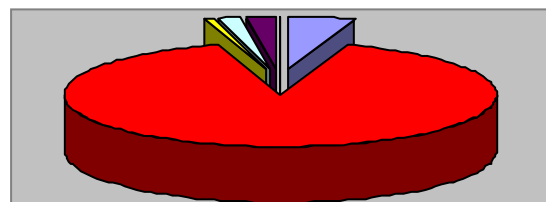
Am ales din epruvetele supuse încercărilor dintre cele de densitate ridicată, iar cantitatea elementelor de aliere din matricea de bază influențează, la rândul ei, răspunsul materialului la solicitările mecanice. Efectul acestora este ilustrat în figurile 6, pentru fiecare material.

FC 40



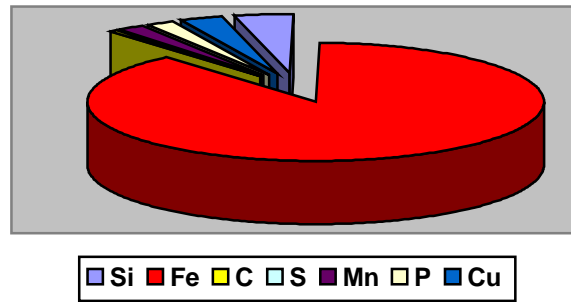
a

FC 80



b

FC50U3



c

Fig. 6. Cantitatea elementelor de aliere în matricea de bază:
a) FC 40; b) FC 80; c) FC 50U3.

Caracteristicile materialelor implică: FC 40, material cu matrice metalică din pulbere de fier și adaos 0,4 % carbon; FC 80, material cu matrice metalică din pulbere de fier și adaos 0,8 % carbon; FC 50U3, material cu matrice metalică din pulbere de fier și elemente de adaos 0,5 % carbon și 3 % Cu.

Răspunsul la comportările mecanice poate fi exprimat prin reprezentarea modulului de elasticitate în funcție de materialele metalice sinterizate supuse unor solicitări mecanice. Prezența cuprului conferă materialului metalic sinterizat o mai bună comportare la solicitări față de cele ce au în componență doar fier și carbon. Cuprul din orice structură sinterizată formează soluții solide cu fierul și duce la activarea proceselor de difuzie din materialul sinterizat

Oțelurile sinterizate ce conțin doar carbon și cupru sunt slab aliate și sunt des folosite în industria de mașini. Modulul de elasticitate în funcție de elementele de aliere este prezentat în figura 7.

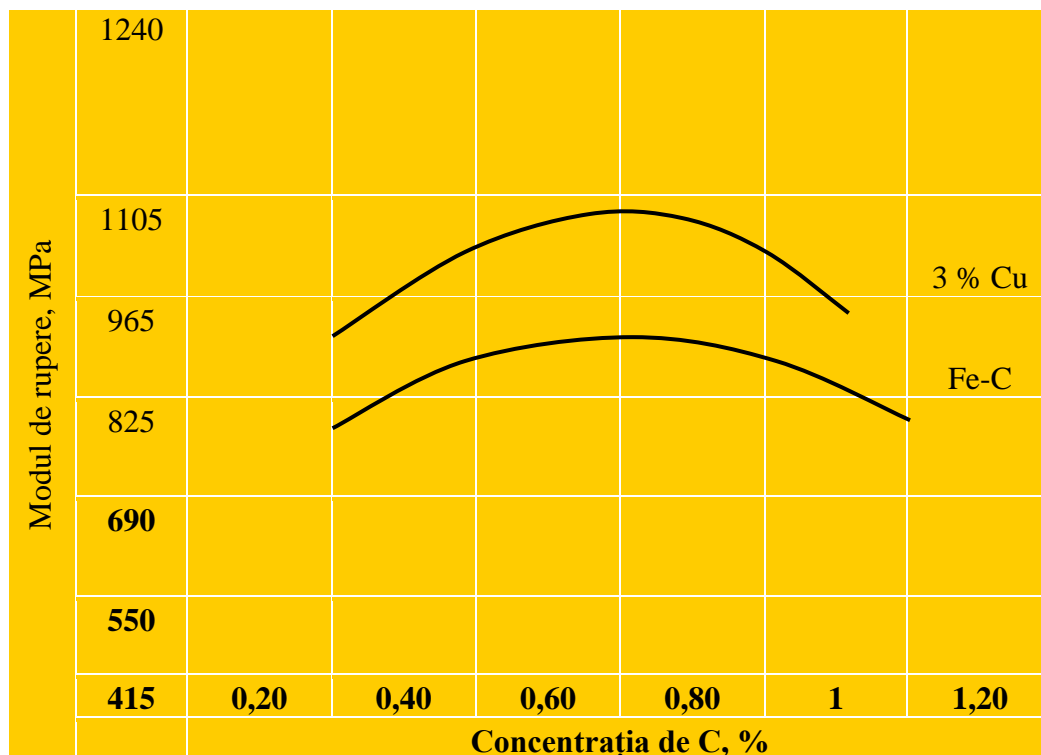


Fig. 7. Variația modulului de elasticitate longitudinal în funcție de conținutul în Cu și C

4 Concluzii

- alegerea unor tipuri de materiale, cu compoziții chimice diferite, ce să fie supuse încercărilor mecanice;
- comportarea materialelor sinterizate pe bază de pulberi de fier la solicitările mecanice de rezistență (tracțiune, compresiune și reziliență), atât la temperatura mediului ambiant cât și la temperaturi scăzute;
- materialul cu cea mai bună rezistență la tracțiune în cazul solicitărilor efectuate la temperatura mediului ambiant este FeC50U3, pentru care îmbogățirea în cupru a condus la creșterea rezistenței mecanice;
- este importantă alegerea fluidului de răcire, a mediului de răcire cât și a instalației de răcire, pentru încercările la temperaturi scăzute, alegerea are la bază faptul că piesele ce urmau a fi răcite erau de dimensiuni mici astfel se recomandă cuvele de răcire și nu instalații complexe și faptul că fluidul de răcire trebuie să permită o temperatură cât mai scăzută, cea mai scăzută temperatură corespunde azotului lichid;
- ceea ce este caracteristic materialelor sinterizate indiferent de mediile de cercetare și este diferit de materialele compacte se referă la faptul că alungirea materialului este insesizabilă la nivel microscopic în cazul materialelor sinterizate, iar găuirea este inexistentă, ruperea se face la nivelul punților de legătură, de aceea se spune că avem o rupere în pori.

BIBLIOGRAFIE

1. C. Atanasiu, *Încercarea materialelor*, Editura Tehnică București 1982
2. A.S.T.M., *American Society for Testing Materials*, Philadelphia, SUA, 1986
3. M.P.I.F., *Standard 10, Preparing and Evaluating Tensile Specimens of Powder Metallurgy Materials*, Metal Powder Industries Federation, Princeton, SUA, 1995
4. M.P.I.F., *Standard 35, Material Standards for PM Structural Parts*, Metal Powder Industries Federation, Princeton, NJ, SUA, 1994
5. STAS/SREN-10045-1-1993, *Încercări de rezistență, Produse din pulberi metalice sinterizate*, Colecție de standarde
6. ISO 5740, *Încercări de rezistență, Materiale metalice sinterizate*, Colecție de standarde
7. SR, ISO 5755/2, *Încercări la temperatură scăzută*, Colecție de standarde
8. C. Ionici, *Studii asupra comportării oțelurilor sinterizate supuse solicitărilor mecanice la temperaturi scăzute*, Teză de doctorat, Universitatea din Craiova 2004

-
- Primit la data de 16 octombrie 2006, acceptat la data de 14 noiembrie 2006
 - Revizie științifică: **dr. ing. Nicușor IONIȚĂ**
-



- Absolventă a Facultății de Mecanică din Institutul Politehnic „Traian Vuia Timișoara”, 1991;
- Doctor în Științe Inginerești, 2004 Craiova;
- Șef lucrări în Universitatea „Constantin Brâncuși” din Tg-Jiu.

Cristina IONICI



- Absolvent al Facultății de Mecanică din Institutului Politehnic „Traian Vuia Timișoara”, 1988;
- Absolvent al Facultății de Drept din Universitatea „Constantin Brâncuși” Tg-Jiu;
- Responsabil AQ DRML Craiova.

Valentin IONICI