

## OBSERVATII PRIVIND REALIZAREA UNOR PIESE DIN OȚELURI DE DAMASC

Ioan SURUGIU\*, Adelina HRITUC, Vasile ERMOLAI, Marius Andrei BOCA

<sup>1</sup>Departamentul de Tehnologia Construcțiilor de Mașini, Facultatea de Construcții de Mașini și Management Industrial, Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, România

\*Autorul corespondent: Ioan Surugiu, e-mail: [surugiu.jon@gmail.com](mailto:surugiu.jon@gmail.com)

**Rezumat.** În conformitate cu informațiile identificate în diverse surse bibliografice, oțelurile de Damasc se obțin în esență prin solidarizarea ca urmare a forjării la cald a unor fâșii de tablă din oțeluri cu diferite conținuturi de carbon și de elemente de aliene. Necesitățile de mai bună cunoaștere a proprietăților și utilizării oțelului de Damasc, au fost întreprinse activități de realizare a unei probe din oțel de Damasc. Plecând de la aceste informații, au fost parcurse etapele necesare realizării unei probe din oțel de tipul oțelului de Damasc, plecând de la condițiile accesibile în cadrul unui mic atelier mecanic. Este de așteptat ca materialul probei să probeze caracteristici de anizotropie, urmând ca în viitor să se efectueze cercetări în această direcție.

**Cuvinte cheie:** oțel de Damasc, apariție, utilizare, modalități de obținere, probă din oțel de Damasc

### Introducere

Oțelurile sunt aliaje ce conțin fier și carbon în calitate de principale elemente de aliene, conținutul de carbon fiind mai mic de 2,11% și urmând ca aliajele cu mai mult de 2,11% carbon să fie denumite fonte. În prezent, oțelurile sunt materialele metalice cu cea mai mare răspândire, ele fiind folosite în structura unor componente ce trebuie să asigure o rezistență mecanică ridicată, o bună rezistență la uzare atunci când componentele din oțel sunt supuse unor solicitări de contact etc. Pentru îmbunătățirea comportării oțelurilor la diferite tipuri de solicitări, în oțel se introduc elemente de aliene în diferite proporții.

Dacă se ia în considerare conținutul elementelor de aliene, se constată că există două categorii de oțeluri:

- oțeluri nealiante (denumite oțeluri obișnuite sau oțeluri carbon), care, în principiu, au în componență numai fier și carbon și care conțin cantități foarte mici din alte elemente;
- oțeluri aliate, în a căror componență se găsesc, în afară de fier și carbon și alte elemente de aliene, așa cum sunt cromul, nichelul, manganul, vanadiul, molibden, wolframul etc. [1].

Oțelul de Damasc este un oțel căruia cei care l-au creat au urmărit să îi asigure în primul rând atât o bună tenacitate, dar și o duritate ridicată și care să permită, în acest fel, utilizarea lui în realizarea unor scule cu care să se efectueze operații de tăiere cu relativă ușurință a unor componente din alte materiale, inclusiv prin lovire (prin șoc). O anumită preferință s-a manifestat și în legătură cu faptul că după aplicarea unor procedee de lustruire, piesele din oțel de Damasc (săbii și cuțite, în principiu) prezintă o rețea de linii ondulate fine, de culoare mai închisă, pe un fond în general de culoare gri deschis. Liniile închise corespund unor zone cu un conținut mai ridicat de carbon, în timp ce zonele cu nuanțe de gri deschis sunt asociate cu prezența unui conținut mai redus de carbon.

Un concept înrudit cu cele de oțel de Damas este cel de oțel Wootz, acesta fiind un oțel ce se obține într-un creuzet și care dispune de benzi caracterizate printr-un conținut mai ridicat de carbon și care se diferențiază ca aspect de restul masei de oțel [2]. În esență, benzile apar ca urmare a prezenței unor componente microscopice de carburi într-o matrice de martensită sau perlită, în cazul oțelurilor cu un conținut mai ridicat de carbon sau a unor straturi de ferită și perlită în oțelurile cu un conținut de carbon mai mic. Oțelurile Wootz par să fi apărut pe la mijlocul mileniului I î.Hr. în sudul Indiei [2].

Spre sfârșitul mileniului I, devin cunoscute oțelurile de Damasc, fiind menționate de către scriitorii și cercetătorii islamici al-Kindi (al cărui nume complet este Abu Ya'qub ibn Ishaq al-Kindi, circa 800 - 873 d. Hr.) și al-Biruni (numele complet al acestuia fiind Abu al-Rayhan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni, circa 973 - 1048 d.Hr.). Cei doi cercetători au luat în considerare mai multe ipoteze prin care s-a ajuns la denumirea de „oțeluri de Damasc”, una dintre acestea plecând de la denumirea capitalei actuale a Siriei.

Pe de altă parte, se consideră că, de-a lungul evoluției societății omenesti, au fost pierdute informațiile privind soluțiile tehnologice inițiale de obținere a oțelurilor de Damasc, spre sfârșitul mileniului I investindu-se eforturi de identificare a modului în care erau fabricate anterior aceste categorii de oțeluri.

Verhoeven et al. au realizat o cercetare experimentală ce a urmărit identificarea modului de apariție a liniilor ondulate pe suprafețele probelor [3]. S-au utilizat răcirii lente și rapide ale probelor. Autorii lucrării sunt de părere că liniile ondulate se pot forma ca urmare a microsegregării în V între dendrite în timpul forjării probelor realizate din lamele.

Strobl și Haubner au apreciat că procedeul Damasc conduce la niște piese în cazul cărora avem de-a face cu niște componente din oțel sudate prin forjare [4]. Ei au utilizat metode metalografice, microscopie optică și măsurători de duritate Vickers pentru o mai bună caracterizare a oțelurilor de Damasc. Într-o lucrare ulterioară, Strobl et al. au considerat că tehnologiile de fabricare a oțelului de Damasc prin folosirea unor plăci din oțeluri cu diferite concentrații de carbon conduce la obținerea unui material compozit stratificat, capabil să permită combinarea unor proprietăți ale oțelurilor inițiale [5]. A fost posibilă obținerea unei săbii prin forjarea cu răsucire a pachetului de table din oțeluri ce conțineau carbon în proporții diferite.

Sherby și Wadsworth au arătat că oțelurile de Damasc de bună calitate conțineau 1,0-2,1 % carbon și că erau, ca atare, oțeluri hipereutectoide [6]. Asemenea oțeluri dispuneau de proprietăți mecanice deosebite la temperaturi scăzute și intermediare.

Cercetările ale căror rezultate sunt expuse în prezenta lucrare au urmărit testarea posibilităților de realizare a unei probe din oțel de Damasc. Apreciind că această probă conține un material anizotrop, devine interesantă studierea unor proprietăți mecanice ale unor epruvete realizate din proba de oțel de Damasc.

### **Cerințe care au condus la apariția oțelurilor de Damasc**

Așa cum s-a menționat anterior, piesele realizate din oțel de Damasc (în mod obișnuit, cuțite, săbii, topoare, diverse lame de tăiere etc.) trebuie să dispună de o bună tenacitate, pentru a evita ruperea lor la o solicitare prin șoc, dar și de o duritate suficient de mare, ceea ce ar fi trebuit să le asigure o rezistență ridicată la solicitări mecanice și respectiv o bună rezistență la uzare.

S-a considerat astfel că acele componente din oțel carbon sau dintr-un oțel slab aliat ar putea oferi tenacitatea dorită, în timp ce componentele din oțel de scule, din oțel de arc, din oțel de rulmenți etc. ar putea asigura o ridicată rezistență la solicitări mecanice și respective la solicitări de uzare.

### **Rezultate ale unor încercări de a obține piese din oțeluri de Damasc forjate**

În scopul de a iniția o serie de cercetări referitoare la proprietățile și la utilizările oțelurilor de Damasc, a fost luată în considerare realizarea unor probe din asemenea oțeluri, prin presarea la cald împreună a unor fâșii de tablă din oțeluri având compoziții chimice și proprietăți fizico-mecanice diferite.

Principalele etape parcurse în acest sens au fost cele prezentate în continuare.

- a) Alegerea oțelurilor ce vor fi incluse în așa-numitul oțel de Damasc. S-a apreciat astfel că un oțel carbon laminat la cald cu o rezistență la rupere de 50 daN/mm<sup>2</sup> ar putea asigura tenacitatea necesară, un oțel de arc ar conferi anumite caracteristici de elasticitate, un oțel de scule și un oțel manganos ar permite creșterea rezistenței la uzare a materialului probei ce urma să fie executată;
- b) realizarea prin procedee de debitare unor fâșii de tablă din oțelurile menționate, cu suprafețe de 150 x 25 mm și cu grosimi de ordinal câtorva milimetri (Fig. 1);

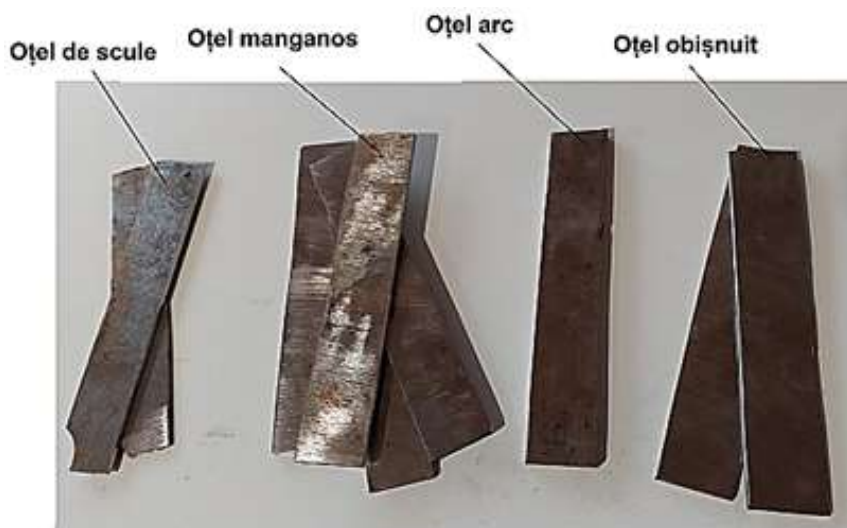


Figura 1. Fâșii obținute prin tăierea unor foi de tablă din diferite oțeluri

- c) Șlefuirea cu bandă abrazivă, pentru a îndepărta, pe cât posibil, oxizii ce ar putea constitui obstacole în calea unei bune îmbinări la cald a lamelor din diferite oțeluri. O eficientă înlăturare a eventualelor oxizi ar putea fi realizată în mod eficient și prin utilizare a unor operații de decapare;
- d) Degresarea suprafețelor lamelor, folosind în acest scop diluanți adecvați;
- e) Constituirea pachetului de lame prin presarea mai întâi a lor cu ajutorul unei menghine;
- f) Solidarizarea lamelor, prin crearea unor cordoane de sudură pe fiecare dintre suprafețele ansamblului constituit de lame (Fig. 2);
- g) Atașarea prin sudare a unei tije care să permită manevrarea pachetului de lame în timpul forjării la cald (Fig. 3);



Figura 2. Presarea fâșiilor de tablă



Figura 3. Aspectul pachetului de fâșii de tablă după crearea unor cordoane de sudură și respectiv sudarea unei tije pentru manevrarea probei la presare

- h) Încălzirea pachetului de lame într-un cuptor, până la temperaturi de 1000 – 1200 ° C, în mai multe secvențe, cu amplasarea prealabilă pe pachet a unor mici cantități de borax, destinate să diminueze procesul de apariție a unor oxizi sau să contribuie la eliminarea oxizilor formați la încălzirea și forjarea pachetului de lame;
- i) Presarea pachetului de lame într-un mod specific forjării la cald, operație ce contribuie la solidarizarea între ele a lamelor din diferite oțeluri. Această presare se poate efectua folosind o presă de forjă, dar pot fi desigur utilizate și alte utilaje de presare, așa cum este, de exemplu, presa cu cric din Fig. 4;



**Figura 4. Presarea probei încălzite în cuptor**

j) Răcirea pachetului de lame, situație care ar putea genera călirea zonelor din probă din oțeluri înalt aliate și asigurarea, în acest fel, a unei durități ridicate a zonelor din pachet ce conțin asemenea oțeluri;

k) Șlefuirea suprafețelor în cazul cărora este necesară obținerea unei rugozități scăzute sau a unui luciu și îndepărtarea straturilor de oxizi generați în timpul operației de forjare;

l) Aplicarea unor soluții chimice capabile să pună în evidență liniile curbe corespunzătoare suprafețelor de separație dintre lamele inițiale. Se pot utiliza în acest scop soluții apoase ale unor acizi sau soluții apoase ce conțin clorură ferică. Este necesară apoi utilizarea unor soluții de neutralizare a substanțelor chimic active aplicate anterior, prin folosirea unor soluții apoase de bicarbonat de sodiu și respectiv printr-o spălare atentă și uscare cu aer cald.

După atacarea cu substanțe chimic active a suprafeței probei pregătite prin operațiile menționate anterior, este posibilă sesizarea acelor linii ondulate, generate prin diferențele dintre culoarea gri deschis a oțelului carbon sau slab aliat și respectiv culoarea gri închis spre negru, corespunzătoare prezenței unor zone din oțel înalt aliat.

Probleme mai dificile în parcurgerea etapelor menționate anterior pentru obținerea unei probe din oțel de Damasc au fost cele generate de:

a) Necesitatea realizării unui dispozitiv de presare, în cazul de față a unei prese cu cric 5000 daN;

b) Dificultatea răsucirii probei, datorate durității mari a oțelurilor înalt aliate cu plasticitate scăzută, implicând folosirea eventuală a unui dispozitiv de răsucit. Aspectul probei după răsucire este cel din figura 5;



**Figura 5. Aspect al probei răsucite, prelucrate și pasivizate**

c) Posibile probleme la realizarea tratamentului termic, datorită valorilor diferite ale coeficienților de dilatare/contractie termică ale oțelurilor componente;

d) Dificultatea polizării probei datorită unor zone cu duritate mare, care pot necesita folosirea unor pânze abrazive destinate chiar prelucrării prin abrazare a oțelurilor înalt aliate.

În figura 6 sunt prezentate imagini ale probei înainte și după răsucire.



Figura 6. Aspectul probei realizate înainte și după răsucire

### Concluzii

Studiul literaturii de specialitate a evidențiat utilizarea, în anumite perioade, a unor oțeluri așa-numite de Damasc, preferate pentru aspectul lor și respectiv pentru unele proprietăți mecanice deosebite. Analiza unor ipoteze de obținere a unor asemenea oțeluri a condus la conturarea unor posibilități de obținere și cercetare a unor probe din respectivele oțeluri. Au fost parcurse, în acest sens, etapele indicate în literatura de specialitate, realizându-se o probă ce conține zone distincte din oțel de scule, oțel manganos, oțel de arc, oțel carbon. În viitor, se intenționează realizarea mai multor probe din oțel în concordanță cu recomandările specifice obținerii oțelului de Damasc și efectuarea unor cercetări referitoare la comportarea probelor la diferite solicitări mecanice.

**Mulțumiri.** Autorii mulțumesc pentru observațiile și sugestiile primite din partea trei conferențiar dr. ing. Margareta Coteață și a dlui prof. univ. dr. ing. Laurențiu Slătineanu, de la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași.

### Referințe

1. Nanu, A. *Tehnologia materialelor*. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1983.
2. SRINIVASAN, S., RANGANATHAN, S. *India's legendary wootz steel: an advanced material of the ancient world*. In: *Iron and Steel Heritage of India*, Universities Press - IIM series in Metallurgy and Materials Science, 2004, pp. 69-82.
3. VERHOEVEN, J.D., PENDRAY, A.H., DAUKSCH, W.E., S.R. WAGSTAFF. Damascus steel revisited. In: *The Minerals, Metals & Materials Society*, 2018, 70, pp. 1331-1336. <https://doi.org/10.1007/s11837-018-2915-z>.
4. STROBL, S., HAUBNER, R. Characterisation of steel composites produced by the Damascus technique. In: *Materials Science Forum*, 2015, pp. 825-826. 852-859.
5. STROBL, S., HAUBNER, R., SCHEIBLECHNER, W. Damascus steel inlay on a sword blade – production and characterization. In: *Key Engineering Materials*, 2017, 742, pp. 333-340. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.742.333>.
6. SHERBY, O.D., WADSWORTH, J. Ancient blacksmiths, the Iron Age, Damascus steels, and modern metallurgy. In: *Journal of Materials Processing Technology*, 2001, 117, pp. 347-353. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(01\)00794-4](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(01)00794-4).