

CERCETĂRI PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA COMPORTĂRII LA DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE CU PLASTICITATE SCĂZUTĂ

Șef lucrări dr. ing. Claudia GIRJOB ¹

¹ Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu, Sibiu, România

REZUMAT. Lucrarea prezintă cercetări experimentale realizate în scopul determinării modalităților de îmbunătățire a comportării la prelucrarea prin deformare plastică a materialelor metalice cu plasticitate scăzută. Cercetările au vizat aliajul de magneziu AZ31B. Principala avantaj al acestui material constă în densitatea lui foarte scăzută ($1,74\text{g/cm}^3$) el fiind utilizat la obținerea unor elemente componente din industria auto și aeronautică, componente ce trebuie să aibă o greutate cât mai mică [6].

Cuvinte cheie: materiale metalice cu plasticitate scăzută, AZ31B, încercarea la tracțiune.

ABSTRACT. The paper presents experimental researches carried out in order to determine the ways of improving the deformation behavior of low plasticity metallic materials. Researches focused on magnesium aluminum alloy AZ31B. The main advantage of this material is its very low density (1.74 g/cm^3), which is used to produce components in the automotive and aeronautical industry, components that have to be with light weight [6].

Keywords: metallic materials with low plasticity, AZ31B, tensile test.

1. INTRODUCERE

În scopul completării bazei de cunoștințe în ceea ce privește comportarea la deformare plastică a materialelor metalice cu plasticitate scăzută, în general, și în special a aliajului de magneziu AZ31B, în cadrul lucrării de față sunt prezentate o serie de cercetări experimentale și rezultatele acestora.

Obiectivele cercetării experimentale au fost stabilite pe baza concluziilor desprinse în urma analizei stadiului actual al cunoașterii în domeniul materialelor cu plasticitate scăzută și pe baza unor considerente practice legate de aplicabilitatea rezultatelor cercetării. Prelucrarea prin deformare plastică a materialelor metalice cu plasticitate scăzută se realizează la temperaturi ridicate, de până la 400°C [2, 3, 4]. Dezavantajul principal al acestui procedeu este creșterea semnificativă a costului echipamentelor de prelucrare deoarece elementele active ale sculelor de prelucrare și semifabricatul trebuie să fie încălzite în timpul prelucrării. Există și soluția ca semifabricatul să fie încălzit în prealabil dar apare dezavantajul datorat răcirii acestuia în timpul operațiilor de manipulare [5].

O alternativă pentru îmbunătățirea comportării la deformare plastică a materialelor metalice cu plasticitate scăzută constă în aplicarea asupra semifabricatului a unui tratament termic înainte de realizarea propriu-zisă a operației de deformare plastică [8].

În acest sens a fost studiată influența tratamentelor termice, aplicate tablei nedeformate, asupra comportării la deformare realizată la temperatura mediului ambiant și au fost determinate principalele caracteristici mecanice ale unor materialelor metalice cu plasticitate scăzută prin încercarea la tracțiune.

Cercetările au fost realizate pentru aliajul de magneziu AZ31B care este un aliaj cu plasticitate scăzută. Materialul s-a aflat în două stări, și anume: starea netratată, corespunzătoare aliajului livrat, fără să îi fie aplicate tratamente termice sau mecanice; respectiv starea tratată termic, corespunzătoare aliajului tratat termic, la diferite temperaturi și durate de menținere, înainte de începerea procesului de deformare plastică [7].

2. DETERMINAREA CARACTERISTICILOR MECANICE

Determinarea caracteristicilor mecanice s-a realizat prin încercare la tracțiune conform standardului european SR EN 10002-1:2002.

Materialele utilizate au fost aliajul de magneziu AZ31B în stare netratată respectiv tratată termic, la diferite temperaturi și perioade de menținere.

Încercările s-au realizat pe table cu grosime de 1 mm din aliajul menționat prin supunerea epruvetelor la acțiunea unei forțe de tracțiune, în direcția

ÎMBUNĂȚIREA COMPORTĂRII LA DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

axei longitudinale, provocând astfel alungirea lor și ulterior ruperea [1].

Prin aceste încercări au fost determinate următoarele caracteristici: rezistența la tracțiune, modulul de elasticitate, limita de curgere, alungirea totală la rupere, alungirea totală la curgere. S-a urmărit ca limita de curgere să fie cât mai mică pentru ca arcurile elastice după deformare să fie cât mai mici, diferența între rezistența la tracțiune și limita de curgere să fie cât mai mare respectiv alungirea specifică la rupere fie cât mai mare în vederea obținerii unei bune comportări la deformare plastică [9].

Aceste caracteristici sunt determinate deoarece sunt necesare ulterior pentru definierea comportării elasto-plastice în cadrul simulării numerice a unor procese de deformare plastică a materialelor studiate, prin metoda elementului finit.

Epruvetele utilizate au fost epruvete proporționale cu lungime calibrată de 75 mm și lățime de 12,5 mm, cu secțiune transversală dreptunghiulară (fig. 2.1).

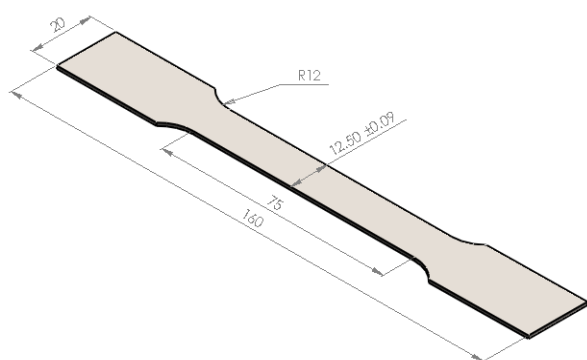


Fig. 2.1. Epruvetă.

Standul utilizat pentru încercarea la tracțiune este compus din mașina pentru încercări mecanice tip Instron 5587 comandată și controlată cu ajutorul software-ului Bluehill2. Acest program a fost utilizat și pentru prelucrarea rezultatelor obținute în urma testelor de încercare la tracțiune.

Tratamentul termic aplicat asupra unor epruvete din aliajul de magneziu AZ31B a fost realizat cu ajutorul unui cuptor electric - Nabertherm L15/11/P320.

Au fost realizate treisprezece seturi de epruvete (tabelul 1).

După prelucrarea statistică a datelor experimentale au fost obținute curbele tensiune convențională (σ) – alungire (A) pentru aliajul de magneziu AZ31B atât în stare netratată (fig. 2.2) cât și în stare tratată termic (fig. 2.3, fig. 2.4, fig. 2.5, fig. 2.6).

Limita de curgere convențională $R_{p0,2}$ este 161,94 N/mm², alungirea la rupere A_r este 12,37% iar rezistența maximă la tracțiune R_m este 261,06 N/mm², ruperea epruvetei realizându-se fragil, fără gătuire

Tabelul 1. Epruvete utilizate pentru încercarea la tracțiune

| Nr. set epruvete | Material | Număr epruvete/set | Temperatura de încălzire [0C] | Durata de menținere [ore] |
|------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------|---------------------------|
| 1. | AZ31B Stare netratată | 6 | - | - |
| 2. | AZ31B Stare tratată | 6 | 150 | 1 |
| 3. | | 6 | 150 | 3 |
| 4. | | 6 | 150 | 5 |
| 5. | | 6 | 250 | 1 |
| 6. | | 6 | 250 | 3 |
| 7. | | 6 | 250 | 5 |
| 8. | | 6 | 350 | 1 |
| 9. | | 6 | 350 | 3 |
| 10. | | 6 | 350 | 5 |
| 11. | | 6 | 450 | 1 |
| 12. | | 6 | 450 | 3 |
| 13. | | 6 | 450 | 5 |

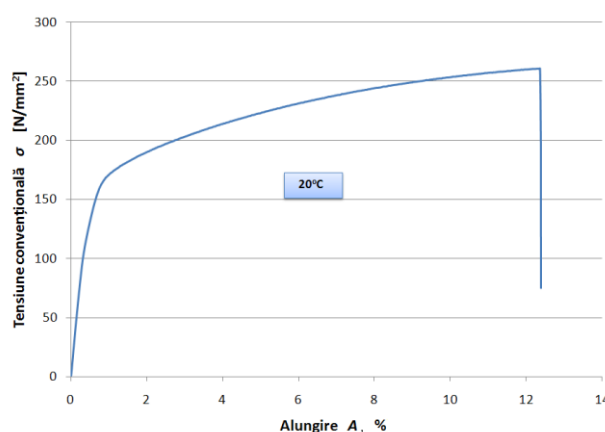


Fig. 2.2. Curba tensiune convențională (σ) – alungire (A) pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare netratată

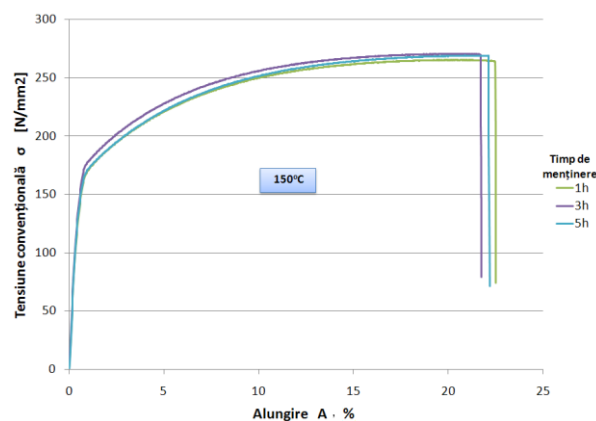


Fig. 2.3. Curbele tensiune convențională (σ) – alungire (A) pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare tratată termic la temperatura de 150°C

Pentru toate cele trei perioade de menținere comportarea epruvetelor este similară: alungirea la rupere ia valori între 21,71% și 22,48%, limita de curgere convențională $R_{p0,2}$, are variație mică între 166,721N/mm² și 162N/mm², rezistența la tracțiune R_m are valori între 270,65N/mm² și 265,34N/mm².

Se constată creșterea cu aproximativ 80% a alungirii față de epruveta în stare netratată. Timpul de menținere la temperatura de 150°C nu influențează comportarea materialului la tracțiune.

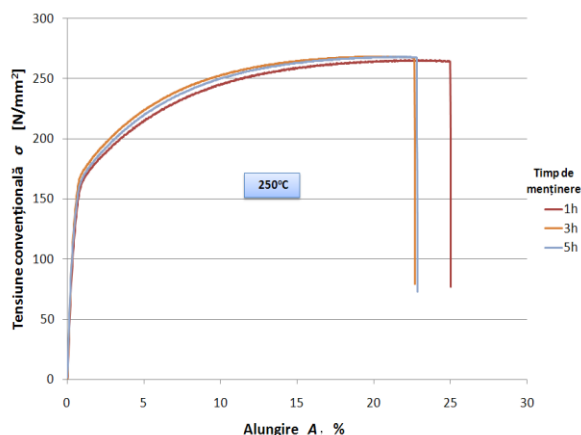


Fig. 2.4. Curbele tensiune convențională (σ) – alungire (A) pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare tratată termic la temperatura de 250°C

Alungirea la rupere are valori între 22,83% și 25,03%, creșterea fiind de aproximativ 100% față de epruveta în stare netratată. Se observă că o creștere a timpului de menținere peste trei ore nu influențează semnificativ valoarea alungirii la rupere.

Există o variație mică a limitei de curgere convențională $R_{p0,2}$ între 156,674N/mm² și 162,755 N/mm². Valoarea minimă a limitei de curgere convenționale se obține pentru perioada de menținere de o oră.

Rezistența la tracțiune R_m este maximă, 268,50 N/mm², pentru perioada de menținere de trei ore.

Valorile alungirii la rupere sunt apropiate, între 21,34% și 23,12%, maxima fiind pentru timp de menținere de o oră. Se constată creșterea acesteia cu aproximativ 86% față de epruveta în stare netratată. Creșterea timpului de menținere la temperatura de 350°C diminuează alungirea la rupere.

Limita de curgere convențională $R_{p0,2}$ are variație mică între 156,828N/mm² și 162,313N/mm².

Rezistența la tracțiune R_m este maximă, 268,33N/mm², pentru timp de menținere de trei ore.

La temperatura de 450°C se constată o oxidare puternică a epruvetelor deși, în timpul tratamentului termic, ele au fost învelite în folie de aluminiu și

dispuse între plăci din oțel inoxidabil. Încercarea la tracțiune a fost însoțită de vibrații (zgomote) datorită apariției, în structura materialului, a microfisurilor. În acest caz comportarea materialului nu este uniformă ca în cazul celorlalte tratamente termice aplicate, variațiile caracteristicilor mecanice fiind mari. Alungirile la rupere au valori între 8,95% și 19,31%. Limita de curgere convențională $R_{p0,2}$ are variație mare între 82,51N/mm² și 139,483N/mm².

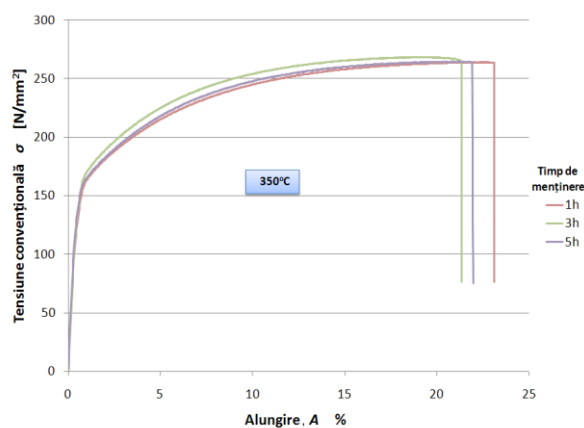


Fig. 2.5. Curbele tensiune convențională (σ) – alungire (A) pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare tratată termic la temperatura de 350°C

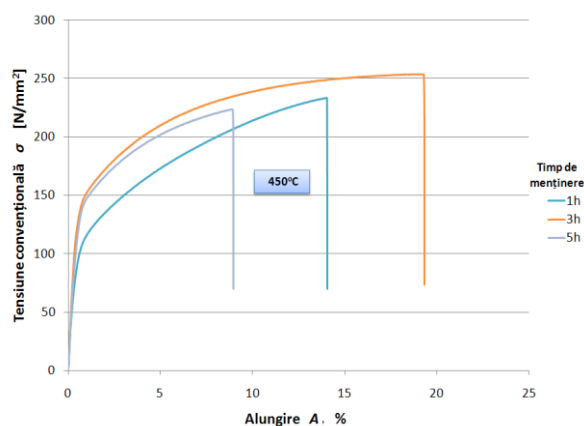


Fig. 2.6. Curbele tensiune convențională (σ) – alungire (A) pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare tratată termic la temperatura de 450°C

Analiza comparativă a valorilor limitei de curgere convenționale $R_{p0,2}$ pentru aliajul de magneziu AZ31B tratat termic, conduce la concluzia că există o variație mică între valoarea minimă, de 156,67 N/mm², obținută pentru temperatura de 250°C și timp de menținere de o oră și valoarea maximă, de 166,72 N/mm², corespunzătoare temperaturii de 150°C și perioadă de menținere de o oră (fig. 2.7).

De asemenea se observă o variație mică a valorilor rezistenței la tracțiune R_m , minima fiind de 265,42 N/mm², pentru temperatura de 250°C și timp de menținere de o oră respectiv maxima fiind de

ÎMBUNĂȚIREA COMPORTĂRII LA DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

270,65 N/mm² pentru temperatura de 150°C și timpul de menținere de trei ore (fig. 2.8).

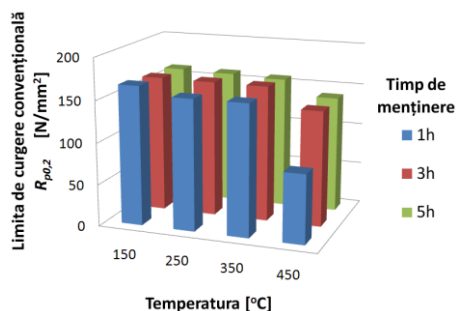
Pentru aprecierea capacității de deformare a materialelor este concludentă însă diferența dintre rezistența la tracțiune și limita de curgere convențională (fig. 2.9) [8]. Valoarea maximă, 108,75 N/mm²,

se obține pentru tratamentul termic la temperatura de 250°C și timp de menținere de o oră.

Alungirea la rupere A_r are valoarea maximă de 25,03% pentru tratamentul termic la temperatura de 250 °C și timp de menținere de o oră și valoarea minimă, 21,34%, la temperatura de 350°C și timp de menținere de trei ore (fig. 2.10).

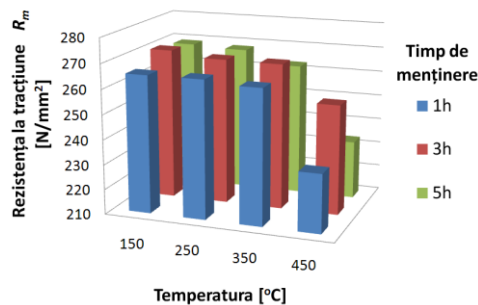
| Limita de curgere convențională $R_{p0,2}$ [N/mm ²] la temperatura [°C] de: | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|
| Timp de menținere | 150 | 250 | 350 | 450 |
| 1h | 166,72 | 156,67 | 156,83 | 82,51 |
| 3h | 163,32 | 162,76 | 162,31 | 138,49 |
| 5h | 162,00 | 160,39 | 157,82 | 139,48 |

Fig. 2.7. Variația limitei de curgere convenționale $R_{p0,2}$ pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare tratată.



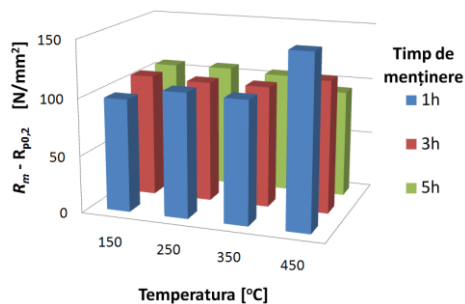
| Rezistența la tracțiune R_m [N/mm ²] la temperatura [°C] de: | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|
| Timp de menținere | 150 | 250 | 350 | 450 |
| 1h | 265,34 | 265,42 | 264,01 | 233,51 |
| 3h | 270,65 | 268,50 | 268,33 | 254,01 |
| 5h | 269,04 | 268,14 | 262,96 | 233,29 |

Fig. 2.8. Variația rezistenței la tracțiune R_m pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare tratată.



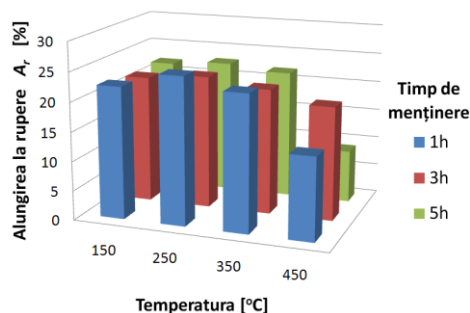
| $(R_m - R_{p0,2})$ [N/mm ²] la temperatura [°C] de: | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|
| Timp de menținere | 150 | 250 | 350 | 450 |
| 1h | 98,62 | 108,75 | 107,18 | 151,00 |
| 3h | 107,34 | 105,74 | 106,02 | 115,52 |
| 5h | 107,04 | 107,75 | 105,14 | 93,81 |

Fig. 2.9. Variația diferenței $(R_m - R_{p0,2})$ pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare tratată.



| Alungirea la rupere A_r [%] la temperatura [°C] de: | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|
| Timp de menținere | 150 | 250 | 350 | 450 |
| 1h | 22,48 | 25,03 | 23,12 | 14,06 |
| 3h | 21,71 | 22,65 | 21,34 | 19,31 |
| 5h | 22,11 | 22,83 | 21,91 | 8,95 |

Fig. 2.10. Variația alungirii la rupere A_r pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare tratată.



Pentru a determina tratamentul termic optim pentru aliajul de magneziu AZ31B, din punct de vedere al capacității de deformare, au fost utilizate criteriile din literatura de specialitate [9]: valoarea diferenței dintre rezistența la tracțiune și limita de curgere să fie cât mai mare, limita de curgere să fie cât mai mică și alungirea la rupere să fie cât mai mare. Pe baza acestor criterii, pentru aliajul de magneziu AZ31B tratamentul termic optim, din punct de vedere al capacității de deformare, este la temperatura de 250 °C și timp de menținere de o oră.

Caracteristicile mecanice pentru aliajul de magneziu AZ31B atât în stare netratată cât și în stare tratată termic la temperatura de 250°C și timp de menținere o oră sunt prezentate în tabelul 2 iar curbele tensiune convențională (σ) – alungire (A) în figura 2.11.

Tabelul 2. Caracteristicile mecanice ale aliajul de magneziu AZ31B

| Caracteristici mecanice | AZ31B | |
|---|------------------------|---------------------------------|
| | Stare netratată (20°C) | Stare tratată termic (250°C/1h) |
| Limita de curgere convențională $R_{p0,2}$ [N/mm ²] | 161,94 | 156,67 |
| Rezistența la tracțiune R_m [N/mm ²] | 261,06 | 265,42 |
| $(R_m - R_{p0,2})$ [N/mm ²] | 99,12 | 108,74 |
| Alungirea la rupere A_r [%] | 12,37 | 25,03 |

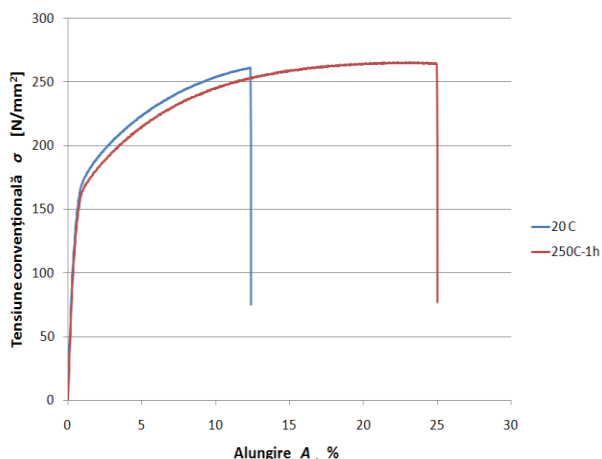


Fig. 2.11. Curbele tensiune convențională (σ) – alungire (A), pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare netratată respectiv tratată la temperatura de 250°C, timp de menținere de 1h

Compararea valorilor caracteristicilor mecanice pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare netratată respectiv tratată termic, conduce la concluzia că, în urma aplicării unui tratament termic la temperatură de 250 °C și perioadă de menținere de o oră diferența dintre rezistența la tracțiune și limita de curgere crește de la 99,12N/mm² la 108,74N/mm², limita de curgere

scade de la 161,94N/mm² la 156,67N/mm² iar alungirea la rupere crește de la 12,37% la 25,03%.

Conform criteriilor prezentate anterior se poate afirma că există o îmbunătățire a comportării la deformare a aliajului de magneziu AZ31B în urma aplicării unui tratament termic, anterior aplicării procesului de deformare plastică.

5. CONCLUZII

Concluziile principalele desprinse în urma analizei rezultatelor obținute prin încercări la tracțiune uniaxială sunt următoarele: există o variație mică a limitei de curgere în cazul aplicării tratamentelor termice, valoarea minimă fiind pentru tratamentul termic la temperatura de 250°C și timp de menținere de o oră; diferența dintre rezistența la tracțiune și limita de curgere este maximă pentru același tratament termic iar alungirea la rupere are o creștere semnificativă (de aproximativ două ori) pentru tratamentul menționat anterior față de starea netratată.

Tratamentul termic optim, din punct de vedere al comportării la tracțiune uniaxială, este la temperatura de 250 °C și perioadă de menținere de o oră. În acest caz valorile caracteristicilor mecanice sunt superioare valorilor obținute pentru aliajul de magneziu AZ31B în stare netratată.

Comparând rezultatele obținute cu cele prezentate în literatura de specialitate se observă că aliajul de magneziu AZ31B are o comportare la deformare plastică similară în cazul prelucrării la temperatură constantă de 50°C cu cazul prelucrării la temperatura mediului ambiant dar, prin aplicarea, în prealabil, a unui tratat termic la temperatura de 250°C timp de o oră. Odată cu creșterea temperaturii de prelucrare peste 50 °C capacitatea de deformare a aliajului de magneziu AZ31B crește putându-se obține grade de deformare mult mai mari.

Concluzia generală a cercetărilor efectuate este că aliajul de magneziu AZ31B tratat termic, prin încălzire la temperatură de 250°C timp de o oră, se poate utiliza pentru procedee de deformare plastică la rece, cu grade mici de deformare, comportarea lui fiind mai bună decât a celui în stare netratată.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Chalal H., Racz S.G., Balan T., *Springback of thick sheet AHSS subject to bending under tension*. International Journal of Mechanical Sciences, Vol. 59, n°1, 2012.
- [2] Dumitrescu L, Mihalevschi D., Badescu L., Manciulea I., *Nanostructured Coating Materials*. Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Vol.13, 2008.

ÎMBUNĂTĂȚIREA COMPORTĂRII LA DEFORMARE PLASTICĂ A MATERIALELOR METALICE

- [3] Engel B., Buhl J., *Metal Forming - Process, Tools, Design*. Edited by Mohsen Kazeminezhad, ISBN 978-953-51-0804-7, 2012.
- [4] Friedrich, H.E., Mordike, B.L., *Technology of Magnesium and Magnesium Alloy*, Springer – Verlag, 2006.
- [5] Kaya M. S., *Improving the Formability Limits of Lightweight Metal Alloy Sheet Using Advanced Processes*. Dissertation, 2008.
- [6] Medraj M., Parvez A., *Analyze the importance of Magnesium-aluminium-strontium alloys for more fuel efficient automobile*. Automotive, no. 45, 2007.
- [7] Girjob C., Bologa O., Racz G., Biris C., *Experimental Research of the Formability of Lightweight Metallic Materials Used in Automotive Industry*, Applied Mechanics and Materials, Vol 760, Trans Tech Publications, Elvetia, 2015.
- [8] Girjob C., Bologa O., Racz G., Biris C., *The Metal Forming Research Centre Of "Lucian Blaga" University Of Sibiu – Acting As Research And Technology Transfer Pole*, 7th International Conference on Education and New Learning Technologies, 6-8 July, Barcelona, Spain, 2015.
- [9] Teodorescu M., Zgură Gh., *Tehnologia presării la rece*. Editura didactică și pedagogică, București, România, 1980.

Despre autor

șef lucrări dr. ing. **Claudia GIRJOB**

Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu, Sibiu, România

Absolventă a Universității Politehnica Timișoara, Facultatea de Mecanică, specializarea Roboți Industriali (1997) și a programului de master Tehnica vibrațiilor și vibropercuțiilor la aceeași universitate (1998). Este doctor în Inginerie Industrială din 2010. În prezent este titulară a disciplinelor Sisteme de conducere în robotică, Mecatronica autovehiculului, Sisteme mecatronice aplicate. A publicat: 1 carte, 1 manual didactic, 1 îndrumar de laborator și peste 25 de articole științifice în țară și în străinătate