



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2010 00783**

(22) Data de depozit: **02/09/2010**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/04/2017** BOPI nr. **4/2017**

(41) Data publicării cererii:
30/05/2012 BOPI nr. **5/2012**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA TEHNICĂ "GHEORGHE
ASACHI" DIN IAȘI,**
BD. PROF. D. MANGERON NR.67, IAȘI, IS,
RO

(72) Inventatori:
• **GOANȚĂ VIOREL, STR.SUCIDAVA NR.5,
BL.259A, SC. TR.1, ET.5, AP.18, IAȘI, IS,
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
ES 2239507 A1; RO 126965 A2

(54) **METODĂ DE EVALUARE A NIVELULUI DEFORMAȚIEI
PLASTICE A UNEI PIESE**



RO 127437 B1

1 Invenția se referă la o metodă pentru evaluarea nivelului deformației plastice utilizând
încercarea de duritate, care se poate utiliza în industria chimică și petrochimică, precum și
3 în cazul oricăror echipamente mecanice care lucrează la solicitări dinamice și/sau sub tem-
peratură, acolo unde este necesară determinarea duratei de viață a respectivelor echipa-
5 mente aflate în exploatare.

 Sunt cunoscute relații de calcul ce stabilesc corelații între valoarea durezzații și limita
7 de curgere sau rezistența la rupere, pentru materiale care nu au lucrat în condiții de exploa-
tare (**Tabor D.**, *“The Hardness of Metals”*, ISBN: 198507763, Oxford Publisher, 2000).

 Aceste corelații se stabilesc pe cale experimentală, rezultând relații empirice în func-
9 ție de clasa de materiale pe care s-au efectuat determinările. Relațiile obținute se bazează
pe încercările de duritate efectuate pe materialul nesolicitat anterior, și pe încercarea de trac-
11 țiune efectuată până la rupere, pe baza căreia se pun în evidență limita de curgere și rezis-
tența la rupere. Sunt cunoscute, de asemenea, studii efectuate de diverși cercetători, privind
13 influența numărului de cicluri de solicitare asupra duratei de viață a componentelor în funcțio-
nare. În același context sunt trasate grafice de variație a durezzații în raport cu deformația
15 zonală ϵ sau cu numărul de cicluri de solicitare. Se cunosc și studii efectuate pe baza deter-
minării durezzații, pentru a evidenția variațiile caracteristicilor în materialul cordonului de sudură
17 și în zona de material influențată termic. Tot încercările de duritate se utilizează pentru a
determina variații ale acesteia în zonele deformate plastic, și întărite ca urmare a contactului
19 dintre diverse suprafețe. Mai sunt cunoscute studii privitoare la influența parametrilor tehnolo-
gici de fabricare, sau a parametrilor tehnologici privind procesele de acoperire asupra
21 valorilor durezzații (**Sarikaya O.**, *“Effect of some parameters on microstructure and
23 hardness of alumina coatings prepared by the air plasma spraying process”*, Surface
and Coatings Technology, Vol. 190, Issue 2-3, 21 Jan. 2005, pp. 388-393).

 De asemenea, documentul **ES 2239507 A1** prezintă o metodă de evaluare a unor
25 proprietăți mecanice ale unor materiale metalice din componența unor piese, prin trasarea
curbei tensiune-deformație caracteristică materialului metalic, cu determinarea tensiunii
27 reprezentative de deformare 10%, și realizarea unor determinări de duritate pe materialul de
caracterizat, pe baza cărora se calculează modulul de elasticitate și tensiunea de curgere
29 specifică durezzații determinate, care astfel caracterizează starea de deformare a materialului
piesei, prin intermediul curbei tensiune-deformație.

 Este cunoscut, de asemenea, din documentul **RO 126965 A2**, și un procedeu pentru
33 determinarea pe trei direcții a caracteristicilor elastice ale unor materiale compozite polime-
rice, armate cu țesătură, constând în: trasarea graficelor de variație a tensiunii în funcție de
35 deformația longitudinală, pentru trei probe; determinarea alungirilor specifice, a modulului de
elasticitate longitudinală și transversală, și a coeficienților de contracție Poisson.

 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în expertizarea stării unei com-
37 ponente, piese etc., ce lucrează în anumite condiții de exploatare, ce fac posibilă apariția de
deformații plastice semnificative, prin evaluarea nivelului de deformație plastică a piesei, prin
39 intermediul unor determinări de duritate.

 Metoda de evaluare a nivelului deformației plastice a unei piese prin determinări de
41 duritate, conform invenției, rezolvă această problemă tehnică prin aceea că este realizată
prin etapele de:

 - determinare a curbei tensiune-deformație pentru materialul din care este confec-
45 ționată piesa de analizat, și împărțirea acesteia în zone de risc de funcționare a componentei
mecanice cu materialul metalic aflat în zona respectivă;

 - realizarea unor încercări de duritate Vickers pe direcția longitudinală a piesei;

RO 127437 B1

- determinarea punctului j de pe curba caracteristică tensiune-deformație căruia îi corespunde duritatea determinată, și caracterizarea materialului piesei solicitate în funcție de zona de pe această curbă, căreia îi corespunde punctul j determinat, determinarea zonei de pe curba tensiune-deformație căreia îi corespunde duritatea obținută a piesei de caracterizat fiind realizată prin etapele de:	1
- calculare a ariei A_p de sub curba caracteristică tensiune-deformație, obținută experimental, corespunzătoare deformației plastice ϵ_p remanente în probă după îndepărtarea solicitării, cu ajutorul unor probe din materialul din care este confecționată piesa, tracționate dincolo de limita de curgere, și al unui program de calcul;	3
- realizarea pe probele solicitate a unor încercări de duritate Vickers pe direcția longitudinală și, predilect, în zona cea mai deformată plastic, determinată;	5
- trasarea graficului de variație: arie A_p - duritate HV și stabilirea legii de variație;	7
- determinarea ariei A_{pj} corespunzătoare valorilor durității zonei maxim solicitate a piesei, determinată prin analiză cu elemente finite, pe baza legii de variație A_p -HV stabilită;	9
- determinarea cu datele obținute a punctului j de pe curba caracteristică: tensiune-deformație trasată până la rupere, căruia îi corespunde aria A_{pj} , și evaluarea nivelului de deformație plastică a piesei.	11
Determinarea din timp a nivelului deformațiilor plastice acumulate în componenta aflată în exploatare poate conduce la evitarea producerii de accidente catastrofale. Prin metoda propusă se poate determina durata de viață rămasă pentru exploatare, și se poate lua decizia funcționării în continuare, a monitorizării atente sau a înlocuirii componentei studiate.	13
Metoda conform invenției prezintă următoarele avantaje:	15
- pe baza unei proceduri simple, deloc costisitoare, se poate determina, cu ajutorul unor aparate portabile, duritatea unor piese, componente etc., ce au funcționat în condiții de exploatare un anumit număr de ore;	17
- valoarea durității determinată <i>in situ</i> va conduce, având în vedere corelația stabilită în laborator, la determinarea gradului de deformare plastică suferit de respectiva componentă;	19
- încadrând deformația plastică într-o zonă corespunzătoare de pe curba caracteristică, se poate determina durata de viață rămasă pentru respectiva componentă ce va lucra în aceleași condiții;	21
- în funcție de stadiul deformației plastice remanente, din zona cea mai solicitată, se poate lua decizia ca piesa, componenta etc., verificată, să fie înlocuită, pentru a nu se ajunge la distrugerii catastrofale.	23
Invenția este prezentată pe larg în continuare, printr-un exemplu de realizare în legătură și cu fig. 1...6, ce reprezintă:	25
- fig. 1, forma epruvetei plate de tracțiune, conform SREN 10002:1996, pe suprafața căreia se vor efectua și încercări de duritate, după tracțiune;	27
- fig. 2, curba caracteristică pentru epruveta din oțelul X20CrMoV121, solicitată la tracțiune până la rupere;	29
- fig. 3, curba caracteristică pentru epruveta din oțelul OL-45, solicitată la tracțiune până la rupere;	31
- fig. 4, un exemplu de determinare a ariei A_p corespunzătoare deformației plastice pentru o epruvetă din OL-45 solicitată dincolo de limita de curgere;	33
- fig. 5 și 6, variația ariei A_p în raport cu duritatea HV pentru cele două materiale utilizate.	35

RO 127437 B1

1 Inventția propusă prezintă o metodă experimentală și analitică, privind stabilirea unei
2 corelații între valoarea durtății și gradul de deformație plastică. Această corelație se stabi-
3 lește pe baza încercărilor efectuate în laborator, asupra unor epruvete solicitate la tracțiune
4 până la diverse sarcini de solicitare, peste limita de curgere, pe suprafața acestor epruvete
5 făcându-se și încercări de duritate. Pe componentele care lucrează în exploatare, și la care
6 este posibilă apariția deformațiilor plastice, se determină duritatea în zonele cele mai solici-
7 tate și, pe baza corelației amintite mai sus, se determină nivelul deformației plastice în acele
8 zone ce reprezintă un indiciu asupra duratei de viață rămase pentru exploatarea respective-
9 lor componente. Dacă valoarea durtății în zona cea mai solicitată indică o deformație plas-
10 tică semnificativă, se poate lua decizia înlocuirii componentei.

11 Inventția se aplică, în cazul realizării de expertize tehnice ale componentelor sau utila-
12 jelor ce lucrează în exploatare, atunci când se dorește determinarea duratei de viață a
13 acestora și, prin urmare, să se analizeze posibilitatea ca aceste componente să lucreze în
14 continuare sau nu. O asemenea expertiză este rapidă și nu foarte costisitoare, și implică
15 încercări de duritate cu aparate portabile în zone cu posibilitatea cea mai mare de deformare
16 plastică. Este evident faptul că trebuie cunoscută anterior legea de variație dintre duritate și
17 aria de sub curba caracteristică corespunzătoare deformației plastice remanente, care se
18 obține așa cum a fost descris în paragraful anterior.

19 Dezavantajele studiilor prezentate în cadrul stadiului actual al tehnicii este acela că
20 de la relațiile empirice, stabilite pe această cale, nu se pot face extrapolări în ceea ce
21 privește estimarea duratei de viață a unei componente aflate deja în exploatare.

22 În continuare se prezintă un exemplu de determinare a corelației duritate-aria cores-
23 punzătoare deformației plastice remanente.

24 Din două oțeluri diferite, respectiv, X20CrMoV121 și OL-45, s-au confecționat probe
25 plate, standardizate, pentru încercarea de tracțiune (fig. 1). Curbele caracteristice ten-
26 siune-deformație obținute pentru cele două materiale prin încercarea la tracțiune, și furnizate
27 de mașina de încercat, sunt prezentate în fig. 2 și 3, de unde se poate observa caracterul
28 tenace al celor două materiale, cu un pronunțat palier de curgere pentru OL-45. Se mențio-
29 nează faptul că încercarea se face în controlul deformației probei cu o viteză mică de defor-
30 mare. Pentru ambele materiale s-a solicitat câte o epruvetă până la rupere, celelalte epru-
31 vete disponibile solicitându-se la tracțiune până la anumite forțe, dincolo de limita de curgere,
32 așa cum se prezintă în fig. 4, unde se arată curba trasată de mașina de încercat pentru o
33 probă din OL-45 solicitată în domeniul plastic până în punctul P12. Pentru oțelul
34 X20CrMoV121 s-au solicitat în condițiile de mai sus un număr de 6 epruvete, iar pentru
35 OL-45 s-au încercat un număr de 22 de epruvete. În fig. 4 aria A_p de sub curba caracteristică
36 este corespunzătoare deformației plastice ϵ_p , remanente în probă după îndepărtarea
37 solicitării. Din fig. 4 rezultă faptul că aria A_p se poate calcula cu ușurință pe baza relației:

$$A_{p_j} = \sum_i \left(\frac{(\sigma_{i+1} + \sigma_i) \cdot (\epsilon_{i+1} - \epsilon_i)}{2} - \frac{\sigma_p \cdot \epsilon_E}{2} \right) \quad (1)$$

39
40
41
42 în care mărimile prezente în relația (1) se iau din șirurile de date furnizate pe baza achiziției
43 de date de la mașina de încercat:

44 - σ_i și σ_{i+1} sunt tensiunile în punctul i , respectiv, $i+1$, și reprezintă baza mică, respectiv,
45 baza mare a trapezului din fig. 4;

46 - ϵ_i și ϵ_{i+1} sunt deformațiile din punctul i , respectiv, $i+1$, iar $(\epsilon_{i+1} - \epsilon_i)$ reprezintă înălți-
47 mea trapezului din fig. 4;

RO 127437 B1

- σ_p este tensiunea corespunzătoare punctului din domeniul plastic în care s-a oprit încercarea;	1
- ϵ_E este deformația elastică ce dispare odată cu încetarea solicitării.	3
Se remarcă faptul că, dacă există un fișier de date ce conține valorile pentru mărimile de mai sus, se poate calcula aria A_p corespunzătoare oricărui punct i de pe curba caracteristică, trasată până la rupere. Pentru fiecare probă, solicitată la tracțiune ca mai sus, și pentru care s-a determinat aria A_p , s-au efectuat și determinări ale durității Vickers. Se menționează faptul că, pentru probele la care nu a apărut gătuirea, încercările de duritate s-au efectuat aproximativ la mijlocul probei (pe lungime). La probele la care a apărut gătuirea, încercările de duritate s-au efectuat în zona puternic deformat plastic. Pe fiecare probă s-au efectuat câte 18 încercări de duritate (9 încercări pe câte 2 rânduri, pe lățimea probei), reținându-se valoarea medie a 16 încercări (s-au eliminat valorile maximă și minimă). Fiecareia dintre valorile durității Vickers (HV) i se atașează aria A_p corespunzătoare. Utilizând aceste date, se trasează graficele din fig. 5 și 6, ce reprezintă variația ariei corespunzătoare deformației plastice remanente, în raport cu valoarea durității Vickers determinată pe proba astfel deformată. Din examinarea celor două grafice se constată următoarele:	5
- graficele trasate pentru oțeluri diferite (X20CrMoV121 și OL-45) au alură asemănătoare;	7
- pentru ambele grafice se poate deduce o lege de variație (corelație) asemănătoare (de tip polinomial) între aria corespunzătoare deformației plastice remanente, și duritatea Vickers determinată pe proba solicitată în domeniul plastic;	9
- la ambele grafice se stabilește un palier în vecinătatea zonei de curgere, și are loc o creștere pronunțată pentru probele solicitate, cu mult pe aceasta limită;	11
- se constată că duritatea are valori din ce în ce mai mari pentru probele puternic deformat plastic.	13
Se poate spune că valorile durității sunt proporționale cu nivelul deformației plastice acumulate în proba supusă solicitării. Pentru materialele de mai sus și, în general, pentru oțel se poate determina o relație între gradul de deformare plastică și mărimea durității Vickers, de forma:	15
$A_p = A (HV)^3 + B (HV)^2 + C (HV) + D \quad (2)$	17
în care coeficienții A, B, C și D pot fi determinați pe baze experimentale, ca în descrierea de mai sus. Pe baza celor prezentate, procedeul ce trebuie urmat pentru determinarea corelației dintre duritatea Vickers și aria corespunzătoare deformației plastice, și, pe această bază, a duratei de viață rămase pentru o componentă ce lucrează în anumite condiții de exploatare, poate fi rezumat astfel:	19
- pentru materialul din care este confecționată piesa, componenta etc. aflată în exploatare, se trasează, la tracțiune până la rupere, curba caracteristică tensiune-deformație, cu viteză mică de deformație, și pe mașină de încercat cu posibilitatea achiziției datelor privitoare la tensiune și deformație;	21
- analizând curba caracteristică, se vor încerca la tracțiune cât mai multe probe din același material, până în puncte dincolo de limita de curgere;	23
- cu ajutorul unui program de calcul simplu, utilizând fișierele de date și relația (1), se va calcula aria A_p pentru fiecare probă în parte;	25
- pe probele astfel solicitate (dincolo de limita de curgere) se vor face încercări de duritate (Vickers). Dacă proba a suferit gătuire, încercările de duritate se vor face în respectiva zonă puternic deformată plastic;	27
- se trasează graficul de variație A_p -HV și se stabilește legea de variație (corelația) care, pentru oțeluri, poate fi de forma dată de relația (2);	29

RO 127437 B1

- 1 - pentru componenta aflată în exploatare (rezervor, conductă, braț macara etc.) se
poate face o analiză cu elemente finite, în vederea determinării zonei celei mai solicitate,
3 dacă aceasta nu este cunoscută anterior, sau dacă nu se intuiește;
- 5 - în zona de maximă solicitare, determinată la punctul 6, se fac determinări ale
durității Vickers HV, cu ajutorul aparatelor portabile;
- 7 - pe baza valorilor durității determinate la punctul 7, și a legii de variație Ap-HV, dată
de o relație de tipul relației (2), se determină aria A_{p_j} ;
- 9 - cu ajutorul fișierelor de date existente, se identifică punctul j , de pe curba caracteris-
tică, trasată până la rupere, căruia îi corespunde aria A_{p_j} ;
- 11 - pe baza exemplului din fig. 3 ne putem găsi în una dintre cele trei situații:
- 13 - punctul j de pe curba caracteristică se află în dreptul zonei **A**. În aceste
condiții, componenta aflată în exploatare mai poate funcționa în continuare, fără probleme;
- 15 - dacă punctul j se află pe curba caracteristică în dreptul zonei **B**, funcționarea
în continuare a componentei trebuie urmărită cu atenție;
- 17 - dacă punctul j se află pe curba caracteristică în dreptul zonei **C**, respectiva
componentă trebuie înlocuită imediat.
- 19 Ca urmare, utilizând procedeul descris mai sus, se poate determina durata de viață
rămasă pentru anumite componente care au fost solicitate dincolo de limita elastică, pe baza
încercării de duritate Vickers pe componenta aflată în exploatare.

RO 127437 B1

Revendicare

	1
Metodă de evaluare a nivelului deformației plastice a unei piese, prin determinări de duritate, cuprinzând etapele de:	3
- determinare a curbei tensiune-deformație pentru materialul din care este confecționată piesa de analizat, și împărțirea acesteia în zone de risc de funcționare a componentei mecanice, cu materialul metalic aflat în zona respectivă;	5
- realizare a unor încercări de duritate Vickers pe direcția longitudinală a piesei;	7
- determinare a punctului j de pe curba caracteristică tensiune-deformație, căruia îi corespunde duritatea determinată, și caracterizarea materialului piesei solicitate în funcție de zona de pe această curbă căreia îi corespunde punctul j determinat, caracterizată prin aceea că determinarea zonei de pe curba tensiune-deformație căreia îi corespunde duritatea obținută a piesei de caracterizat se realizează prin etapele de:	9
- calculare a ariei A_p de sub curba caracteristică tensiune-deformație, obținută experimental, corespunzătoare deformației plastice ϵ_p remanente în probă după îndepărtarea solicitării, cu ajutorul unor probe din materialul din care este confecționată piesa, tracționate dincolo de limita de curgere, și al unui program de calcul;	11
- realizarea pe probele solicitate a unor încercări de duritate Vickers pe direcția longitudinală și, predilect, în zona cea mai deformată plastic, determinată;	13
- trasarea graficului de variație: arie A_p duritate HV și stabilirea legii de variație;	15
- determinarea ariei A_{pj} corespondentă valorilor durității zonei maxim solicitate a piesei, determinată prin analiză cu elemente finite, pe baza legii de variație A_p -HV stabilite;	17
- determinarea cu datele obținute a punctului j de pe curba caracteristică tensiune-deformație, trasată până la rupere, căruia îi corespunde aria A_{pj} , și evaluarea nivelului de deformație plastică a piesei.	19
	21
	23
	25

(51) Int.Cl.

G01N 3/08 (2006.01);

G01N 3/40 (2006.01)

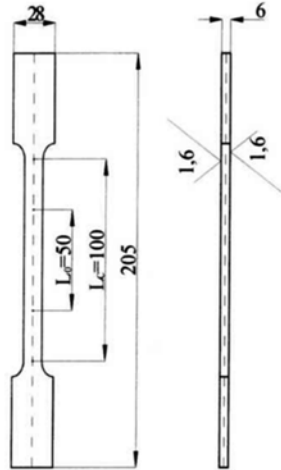


Fig. 1

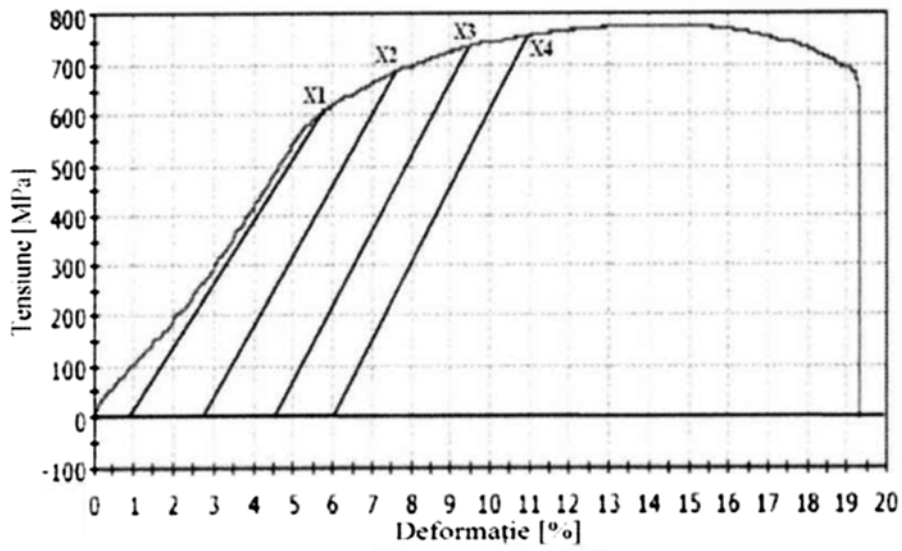


Fig. 2

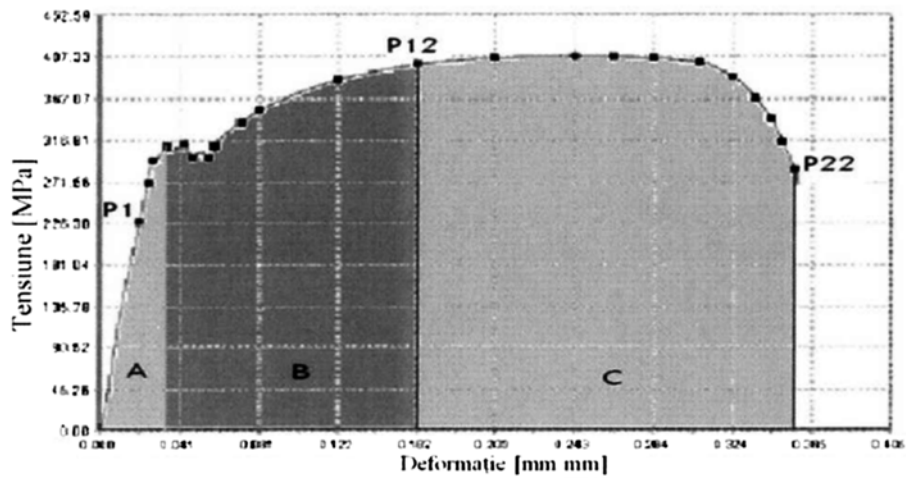


Fig. 3

(51) Int.Cl.

G01N 3/08 (2006.01);

G01N 3/40 (2006.01)

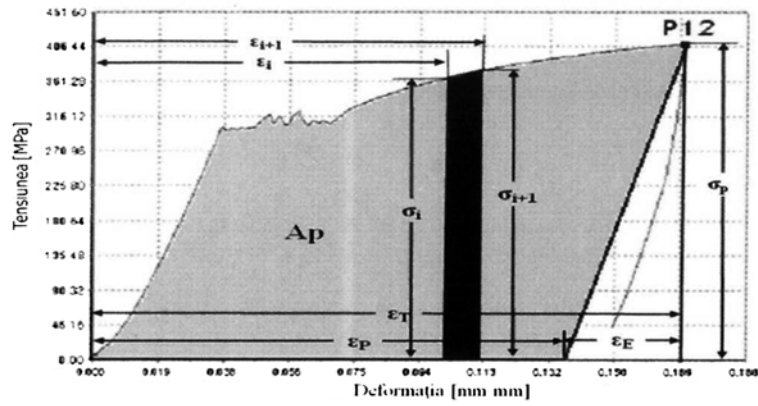


Fig. 4

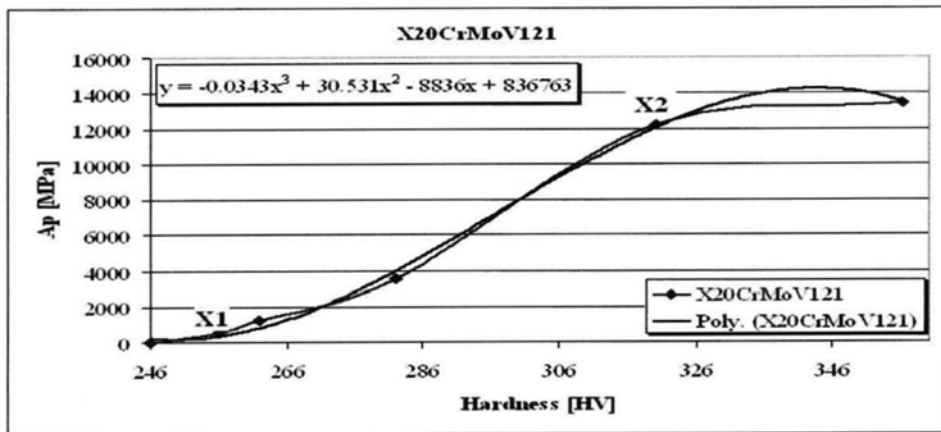


Fig. 5

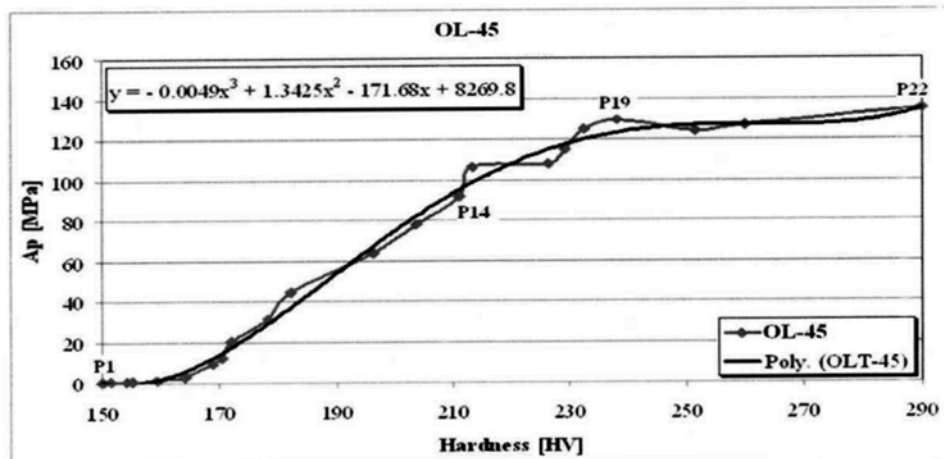


Fig. 6



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
 Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
 sub comanda nr. 179/2017