



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2009 01006**

(22) Data de depozit: **02.12.2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.04.2014** BOPI nr. **4/2014**

(41) Data publicării cererii:
30.09.2011 BOPI nr. **9/2011**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA "DUNĂREA DE JOS"**
DIN GALAȚI, STR.DOMNEASCĂ NR.47,
GALAȚI, GL, RO

(72) Inventatori:
• **MAIER CĂTĂLINA, STR.BRĂILEI NR.88,**
BL.BR 5 B, SC.3, AP.6, GALAȚI, GL, RO;
• **EPUREANU ALEXANDRU,**
STR. ALEXANDRU LĂPUȘNEANU NR.16,
BL.B 6, AP.16, GALAȚI, GL, RO;

• **BANU MIHAELA, STR.SATURN NR.10,**
BL.B 2, SC.3, AP.28, GALAȚI, GL, RO;
• **PĂUNOIU VIOREL, STR.BASARABIEI**
NR.144, BL.N 3B, SC.3, AP. 42, GALAȚI,
GL, RO;
• **MARINESCU VASILICA,**
BD. GEORGE COȘBUC NR.37, BL.C 20,
AP.35, GALAȚI, GL, RO;
• **MARIN FLORIN BOGDAN,**
STR.TECUCIUL NOU NR.15, TECUCI, GL,
RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 6353768 B1; RO 57187; RO 111040 B1

(54) **METODĂ ȘI ECHIPAMENT PENTRU MODELAREA
COMPORTĂRII TABLELOR SUBȚIRI ÎN PROCESUL DE
AMBUTISARE CU NERVURI DE REȚINERE**



RO 126649 B1

1 Inventția se referă la o metodă de construcție a unui model redus care să descrie
comportarea tablelor subțiri în procesul de ambutisare cu nervuri de reținere, precum și la
3 un echipament destinat a fi folosit pentru implementarea metodei, cu scopul de a fi aplicat,
atât la proiectarea proceselor și echipamentelor tehnologice necesare pentru ambutisarea
5 din table subțiri a componentelor mecanice, cât și la controlul proceselor de ambutisare.

Sunt cunoscute metodele clasice de studiu al comportării tablelor în procesul de
7 ambutisare, cum ar fi, de exemplu, testul Eriksen. Aceste metode oferă o evaluare a compor-
tării în general a tablelor subțiri în cursul ambutisării și nu un model care să descrie compor-
9 tarea acestora în cursul unui proces concret de ambutisare, cu sau fără nervuri de reținere.

Din documentul **US 6353768 B1** este cunoscută o metodă de proiectare a unui proces
11 de fabricație ce cuprinde etapele de reprezentare a unei piese de lucru, printr-o multitudine
de elemente finite triunghiulare, fie printr-o reprezentare a sculelor de deformare, printr-o ecuație
13 matematică, simulând o deformare a piesei de prelucrat de către sculele de deformare cu
ajutorul unui model de element finit, în care modelul de element finit este integrat cu integrarea
15 explicită. Metoda este realizată cu un aparat care include un dispozitiv cu memorie care
stochează instrucțiuni într-un program de calculator și un procesor care execută instrucțiunile,
17 după simularea deformării piesei de prelucrat prin modelul elementului finit, caracteristicile
piesei și sculelor de deformare putând fi modificate pentru a se îmbunătăți forma finală a piesei
19 de prelucrat și a se produce o formă acceptabilă a piesei finale reale.

Documentul **RO 57187** face referire la un dispozitiv pentru măsurarea tensometrică
21 a forțelor de strângere și de ambutisare la piesele cilindrice, care este format dintr-un
subansamblu superior prevăzut cu un poanson de ambutisare și o bucă elastică pe care
23 sunt lipite niște traductoare tensometrice rezistive pentru măsurarea forței de ambutisare și
un subansamblu inferior constituit dintr-o placă de bază pe care se află placa de ambutisare
25 ce susține semifabricatul care este fixat de un inel de strângere și apoi de un inel profilat,
între inelul de strângere și niște suporturi rigide, fiind introduse niște elemente elastice pe
27 care se află lipite traductoare tensometrice rezistente, necesare măsurării forței de strângere.

O metodă cunoscută de modelare a comportării tablelor subțiri în cursul unui proces
29 concret de ambutisare cu nervuri de reținere este aceea bazată pe discretizarea în elemente
foarte mici, dar finite, atât a tablei semifabricat, cât și a elementelor deformatoare, și simula-
31 rea procesului de ambutisare folosind un produs software adecvat. Repetând simularea cu
valori diferite ale parametrilor geometrici ai matriței și ai plăcii de reținere, precum și cu legi
33 diferite de variație în timp și spațiu a forței de reținere, se obțin date privitoare la nivelul indi-
catorilor de calitate ai produsului și de economicitate ai procesului. Analiza acestor date stă
35 la baza proiectării proceselor și echipamentelor tehnologice.

Aceasta metodă de modelare a comportării tablelor subțiri în cursul ambutisării are
37 următoarele dezavantaje:

- derularea algoritmului de modelare cu elemente finite și simularea procesului de
39 ambutisare durează mult timp și de aceea, aplicarea acestuia pentru proiectarea procesului
și a echipamentului, în cazul unei fabricații care se modifică frecvent, este nerațională
41 economic, iar aplicarea acestuia pentru controlul proceselor de ambutisare este, practic,
imposibilă;

- rezultatele simulărilor ocazionate de proiectarea echipamentului și a procesului de
43 ambutisare cu nervuri de reținere a unui produs anume sunt specifice acestuia și nu mai pot
45 fi utilizate în cazul unui alt produs; ca urmare această metodă permite doar modelarea unui
proces de ambutisare anume și nu modelarea comportării tablei semifabricat în procesul de
47 ambutisare.

RO 126649 B1

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în furnizarea unei metode și a echipamentului necesar aplicării acesteia, cu care să se poată construi un model ce descrie comportarea tablei subțiri în cursul procesului deambutisare cu nervuri de reținere, model ce poate fi utilizat, atât la proiectarea operațiilor deambutisare, cât și la controlul acestora în timpulambutisării unui lot de piese.	1 3 5
Metoda pentru modelarea comportării tablelor subțiri în procesul deambutisare cu nervuri de reținere, în scopul proiectării și controlului unei operații deambutisare, potrivit invenției, înlătură dezavantajele de mai sus și pentru construirea modelului, care descrie această comportare, se parcurg următoarele etape: a) definirea operației reale deambutisare prin stabilirea valorilor unor mărimi specifice ale unei operații deambutisare, folosind datele inițiale disponibile;	7 9 11
b) descompunerea operației reale deambutisare în operații elementare reale și echivalarea fiecărei operații elementare componente cu un caz particular al operației generice, respectiv, evaluarea în fiecare punct al conturului primar, a valorilor unor caracteristici locale, apoi calcularea mediei valorilor fiecărei constante locale, care este considerată a fi valoarea caracteristicii corespunzătoare respectivei operații elementare;	13 15
c) modelarea fiecărei operații elementare reale, care constă din acumularea de date experimentale prin derularea unui număr de experimente fizice sau numerice, fiecare constând în derularea experimentală a unei operații elementare, urmată de construirea modelului unei operații elementare reale care este reprezentat de ansamblul relațiilor dintre niște descriptori și poziția curentă a culisorului preseii;	17 19 21
d) verificarea condiției de joncțiune la limitele de separație ale operațiilor elementare limitrofe, ce constă din calcularea fluxului cumulat de material corespunzător fiecărei operații elementare urmat de compararea fluxurilor și identificarea joncțiunilor inacceptabile, respectiv acelea la care diferența de flux depășește limita admisibilă;	23 25
e) inserarea unei operații elementare suplimentare atunci când diferența dintre fluxurile cumulate de material, corespunzătoare la două operații elementare limitrofe, depășește limita de toleranță;	27
f) asamblarea modelului global, prin reuniunea modelelor operațiilor elementare componente, pe baza căruia se va realiza proiectarea și controlul unei operații deambutisare a unui lot de piese.	29 31
Echipamentul destinat aplicării metodei de modelare a comportării tablelor subțiri în procesul deambutisare cu nervuri de reținere, care include un subansamblu superior prevăzut cu un poanson fixat pe culisorul unei prese și un subansamblu inferior constituit dintr-o placă de bază, în care pe placa de bază sunt fixate prin șuruburi un prim cadru care reține o epruvetă cu o forță de apăsare la reținerea plană, ce generează o forță de frecare în zona anterioară nervurii de reținere prin deplasarea epruvetei în timpul deformării ei, un al doilea cadru care reține epruveta cu o altă forță de apăsare, datorată pătrunderii nervurii de reținere, ce generează o a doua forță de frecare determinată de nervura de reținere prin deplasarea epruvetei în timpul deformării ei și un al treilea cadru care reține epruveta cu o forță de apăsare la reținerea plană, ce generează a treia forță de frecare în zona de după nervura de reținere, prin deplasarea epruvetei în timpul deformării ei, în canalele în formă de T ale plăcii de bază fiind poziționate și fixate niște suporturi care echilibrează forțele de frecare, pe primul cadru fiind fixat un element de deformare al matriței, schimbabil, astfel încât să se modifice valorile razei de racordare și razei de curbură ale zonei de deformare, iar pe poanson este fixat un alt element de deformare schimbabil, astfel încât să se modifice valorile razei de racordare și razei de curbură, în cursul derulării unui experiment cele trei cadre fiind reglate cu ajutorul unor perechi de șuruburi, prin setarea unor caracteristicile	33 35 37 39 41 43 45 47

1 locale la valorile necesare fiecărui experiment precum și prin setarea cursei poansonului la
2 valoarea de referință, în momentul deplasării culisorului, în fiecare punct distinct marcat în
3 lungul cursei acestuia, fiind măsurate forțele de frecare cu ajutorul unor traductoare piezo-
4 electrice, forța exercitată de poanson fiind măsurată de niște traductoare piezoelectrice prin
5 intermediul cărora placa de bază se așează pe masa presei.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

7 - modelul obținut este foarte aproape de realitatea fizică a procesului de ambutisare,
8 deoarece se construiește pe baza unor date experimentale specifice produsului și procesului
9 pentru care a fost construit;

10 - modelul este simplu și aplicarea lui la simularea procesului necesită foarte puțin
11 timp față de simularea cu elemente finite, ceea ce face ca acesta să poată fi utilizat, și pentru
12 conducerea procesului de ambutisare, nu numai pentru proiectarea procesului și
13 echipamentului tehnologic;

14 - baza de date ce a fost folosită la construcția modelului, corespunzător unui anumit
15 proces de ambutisare, poate fi folosită și la construcția oricărui alt model, care să descrie alt
16 proces de ambutisare.

17 Mai jos, invenția este prezentată pe larg, făcând referire la fig. 1...17 și la noțiunile
18 a)...k). În prezenta descriere de invenție, fig. 1...17 prezintă următoarele elemente:

19 - fig. 1 prezintă schema epruvetelor utilizate în realizarea experimentelor fizice;

20 - fig. 2 prezintă schema operației elementare generice;

21 - fig. 3 prezintă modul de obținere a conturului primar CP;

22 - fig. 4 prezintă modul de obținere a conturului secundar CS_j, a modului de
23 determinare a caracteristicilor r_{1i} și r_{2i}, precum și a modului de construcție a planurilor T_{1i}
24 și T_{2i};

25 - fig. 5 prezintă modul de obținere a conturilor terțiare CT_{1i} și CT_{2i};

26 - fig. 6 prezintă modul de obținere a valorii caracteristicii R_{1i};

27 - fig. 7 prezintă modul de obținere a valorii caracteristicii R_{2i};

28 - fig. 8 prezintă un exemplu de descompunere în operații elementare a operației de
29 ambutisare unei cutii dreptunghiulare;

30 - fig. 9 prezintă criteriile de evaluare a datelor experimentale în vederea includerii sau
31 nu a acestora în baza de date;

32 - fig. 10 reprezintă modul de generare a unor segmente intermediare în cazul
33 neîndeplinirii condițiilor de joncțiune între operațiile elementare alăturate;

34 - fig. 11 reprezintă modul de modificare a evoluției fluxului cumulat de material prin
35 introducerea unor operații elementare intermediare între două operații elementare alăturate;

36 - fig. 12 prezintă etapele de construcție a modelului global care descrie comportarea
37 tablei în cursul unei operații reale de ambutisare;

38 - fig. 13, 14, 15, 16 și 17 prezintă schema generală a echipamentului folosit la
39 aplicarea metodei, după cum urmează:

40 - fig. 13 reprezintă o secțiune cu un plan vertical a echipamentului;

41 - fig. 14 reprezintă vederea de sus a echipamentului în care subansamblul
42 poansonului nu a fost prezentat;

43 - fig. 15 prezintă construcția celor două cadre care asigură reținerea prin frecare
44 simpla a epruvetei;

45 - fig. 16 prezintă construcția cadrului care asigură reținerea cu nervuri de reținere a
46 epruvetei;

47 - fig. 17 prezintă construcția plăcii de bază a echipamentului.

RO 126649 B1

În prezenta descriere de invenție, noțiunile folosite au următoarele definiții:	1
a) Operația de ambutisare, ca noțiune, are o definiție extinsă, în sensul că aceasta include toate cele patru elemente constitutive care contribuie la derularea unei astfel de operații, și anume: i) tabla semifabricat, ii) elementele deformatoare, iii) piesa rezultată și iv) procesul de deformare. Altfel spus, o operație de ambutisare este complet precizată numai atunci când sunt stabilite valorile mărimilor, ce sunt specifice tuturor acestor patru elemente constitutive. Orice schimbare a valorii vreunei mărimi, specifică unuia sau altuia dintre cele patru elemente constitutive, determină apariția unei noi operații de ambutisare, diferită de cea inițială.	3 5 7 9
b) Operația elementară de ambutisare se definește ca fiind o parte componentă a operației de ambutisare, în care o anumită zonă din semifabricat este transformată într-o anumită zonă din piesa finită, folosind o anumită zonă din matriță, ce provoacă un anumit proces de deformare.	11 13
Operația elementară de ambutisare este o componentă de sine stătătoare, poate fi realizată fizic, independent de operația completă de ambutisare și este caracterizată de aceleași mărimi specifice ca și aceasta. O operație de ambutisare este echivalentă cu derularea simultană a operațiilor elementare ce o compun.	15 17
c) Mărimile specifice ale unei operații de ambutisare, fie ea elementară sau completă, sunt acele mărimi ale căror valori influențează atât modul de desfășurare, cât și rezultatul operației, și de aceea sunt folosite pentru a preciza o operație anume, distingând-o de alte operații. Pe de altă parte, mărimile specifice ale unei operații de ambutisare se referă, în concret, la unul sau altul dintre cele patru elemente constitutive ale operației de ambutisare.	19 21
Potrivit invenției, o operație elementară de ambutisare este precizată prin valorile a 22 mărimi specifice. În tabelul 1, acestea sunt prezentate generic și definite, textual și/sau grafic. Mărimile specifice ale unei operații de ambutisare, fie ea operație elementară sau operație completă sunt împărțite în două categorii: caracteristici și descriptori. Fie ele caracteristici ori descriptori, mărimile specifice sunt de două tipuri: i) mărimi specifice globale, ale căror valori sunt unice pentru întreaga operație de ambutisare, și ii) mărimi specifice locale, ale căror valori sunt valabile doar la nivelul uneia dintre operațiile elementare ce compun operația de ambutisare. La o mărime specifică locală, valoarea acesteia, aferentă întregii operații de ambutisare, este un vector, ale cărui componente sunt valorile respectivei mărimi specifice, corespunzătoare tuturor operațiilor elementare ce o compun.	23 25 27 29 31
d) Caracteristicile sunt acele mărimi specifice care se referă la partea „materializată” a operației de ambutisare, parte ce cuprinde primele trei elemente constitutive, și anume i) tabla semifabricat, ii) elementele deformatoare și iii) piesa rezultată. Astfel, caracteristicile pot fi, de exemplu, dimensiuni ale matriței sau ale tablei semifabricat, proprietăți ale materialului tablei, sau adâncimea de pătrundere a nervurii în vederea reținerii tablei și distribuția acestei adâncimi pe suprafața tablei semifabricat. Pentru aceste mărimi specifice, particular este faptul că valorile lor sunt setate înainte ca operația să aibă loc. În tabelul 1, liniile 1-17, este prezentată lista celor 17 caracteristici, potrivit invenției.	33 35 37 39
e) Descriptorii sunt acele mărimi specifice care se referă la partea „fenomenologică” a operației de ambutisare, parte ce cuprinde doar cel de-al patrulea element constitutiv al operației, și anume procesul de deformare. Descriptorii descriu reacțiile tablei la acțiunea elementelor deformatoare exercitată asupra ei, sau, cu alte cuvinte, descriu comportarea unei anumite table, în cursul deformării plastice. Aceste reacții se definesc prin forțele cu care tabla reacționează la acțiunea elementelor deformatoare, precum și prin apariția unor defecte specifice, cum ar fi ruperea sau formarea cutelor ca urmare a pierderii stabilității materialului. Privitor la descriptori, patru remarci sunt importante, și anume: i) valorile descriptorilor, spre deosebire de caracteristici, nu pot fi setate, ci doar măsurate în cursul derulării operației de ambutisare; ii) valorile descriptorilor, spre deosebire de caracteristici,	41 43 45 47 49

1 evoluează în cursul derulării operației de ambutisare; iii) valorile descriptorilor și evoluția
acestora în cursul ambutisării fac distincția între diferitele moduri în care tablele se comportă
3 pe parcursul deformării; iv) valorile descriptorilor și evoluția acestora depind doar de valorile
caracteristicilor. În tabelul 1, liniile 18-22, sunt prezentați și definiți descriptorii, potrivit
5 invenției.

7 f) Comportarea tablelor subțiri în procesul de ambutisare cu nervuri de reținere se
definește prin modul în care evoluează valorile descriptorilor în cursul derulării proceselor
de ambutisare, atunci când sunt setate diferite valori ale caracteristicilor.

9 g) Modelarea comportării tablelor subțiri în procesul de ambutisare cu nervuri de
reținere înseamnă că, dându-se: i) tabla semifabricat, ii) elementele deformatoare și iii) piesa
11 rezultată (adică dându-se valorile caracteristicilor), să se construiască un model, care să
descrie comportarea tablei în timpul ambutisării (adică să descrie evoluția valorilor
13 descriptorilor, în cursul derulării respectivului proces).

15 h) Proiectarea unei operații de ambutisare înseamnă: i) să se stabilească valorile
numerice ale caracteristicilor și ii) folosind modelul comportării tablei în cursul procesului de
deformare, construit potrivit invenției să se afle valorile și legile de variație corespunzătoare
17 ale descriptorilor, în scopul, atât de a valida valorile stabilite ale caracteristicilor, cât și de a
stabili valorile de referință în raport cu care să se monitorizeze desfășurarea operației la
19 ambutisarea fiecărui exemplar din lotul de piese ambutisate.

21 i) Controlul unei operații de ambutisare înseamnă că, în cursul ambutisării unui lot de
piese, o parte dintre descriptorii sunt monitorizați și, dacă deviația valorii vreunui descriptor
în raport cu valoarea lui de referință, stabilită la proiectare, depășește câmpul lui de tole-
23 ranță, atunci, folosind modelul comportării tablei în cursul procesului de deformare, construit
potrivit invenției, se modifică valorile numerice ale unora dintre caracteristici (modificarea are
25 loc în raport cu valorile stabilite la proiectarea operației), astfel încât toate exigentele privind
valorile descriptorilor să fie respectate.

27 j) Descrierea formală a comportării tablei în timpul ambutisării, potrivit invenției, este
realizată construind mai multe modele simple, locale, efemere și adaptive, în locul unui
29 model complicat, global, peren și fixat.

Atributul de a fi simplu al modelelor construite potrivit invenției este dat de faptul că
31 i) doar o parte dintre mărimile specifice ale operației de ambutisare, și anume descriptorii,
apar ca variabile ale modelului (și anume, ca variabile dependente), celelalte mărimi spe-
33 cifice, și anume caracteristicile, jucând rolul de constante ale modelului ii) funcțiile care des-
criu relațiile cauzale dintre variabilele modelului sunt simple, de exemplu funcții polinomiale.

35 Atributul de a fi local este dat de faptul că modelele construite potrivit invenției au
domeniul de valabilitate restrâns, în sensul că unul dintre modele se aplică doar la nivelul
37 unei singure operații elementare.

Atributul de a fi efemer este dat de faptul că aceste modele se construiesc potrivit
39 necesităților apărute în cazul concret actual, după care sunt abandonate. La cazuri concrete
noi, se construiesc modele noi.

41 Atributul de a fi adaptiv este dat de faptul că, tot în funcție de necesități, precizia de
modelare se mărește sau se micșorează, prin restrângerea, respectiv, extinderea, dome-
43 niului de valabilitate al fiecărui model.

45 k) Conturul se definește ca fiind intersecția piesei cu diferite planuri, și poate fi primar,
secundar sau terțiar. Dacă intersecția se face cu planul de separație, atunci conturul este
primar. Dacă planul de intersecție este perpendicular pe tangenta la conturul primar, într-un
47 anumit punct al acestuia, atunci conturul este secundar. În fine, dacă planul de intersecție
este perpendicular pe tangenta la un contur secundar, într-un anumit punct al acestuia,
49 atunci conturul este terțiar.

Mărimile specifice ale unei operații de ambutisare

Nr. crt.	Mărimea specifică	Tipul mărimii specifice: CG - caracteristica globală CL - caracteristica locală DG - descriptor global DL - descriptor local	Definiția mărimii specifice
(0)	(1)	(2)	(3)
1	g	CG	Grosimea materialului piesei
2	σ_c	CG	Limita la curgerea materialului
3	$R_{p0,2}$	CG	Limita la rupere a materialului
4	C	CG	Coeficient al legii de comportare a materialului, conform modelului Swift
5	n	CG	Coeficient al legii de comportare a materialului, conform modelului Swift
6	μ	CG	Coeficientul de frecare dintre material și elementele deformatoare
7	R1	CL	Raza de curbură la baza elementului, conform fig. 2
8	R2	CL	Raza de curbură la partea superioară a elementului, conform fig. 2
9	r1	CL	Raza de racordare a elementului 1, solidar cu poansonul, conform fig. 2
10	r2	CL	Raza de racordare a elementului 2, solidar cu placa activă, conform fig. 2
11	H	CL	Valoarea maximă a cotei z din fig. 2
12	L	CL	Lungimea conturului piesei corespunzătoare operației elementare
13	a	CL	Distanța dintre centrele de racordare ale elementelor 1 și 2, conform fig. 2
14	b	CL	Distanța dintre centrul de racordare al elementului 2 și primul punct de aplicare a forței Q, conform fig. 2
15	c	CL	Distanța dintre centrul nervurii de reținere și punctele de aplicare a forței de reținere plană Q, conform fig. 2
16	h	CL	Adâncimea de pătrundere a nervurii de reținere, conform fig. 2
17	Q	CL	Forța de apăsare la reținerea plană în, conform fig. 2
18	DM	DL	Deplasarea laturii libere a semifabricatului, conform fig. 2

Tabelul 1 (continuare)

Nr. crt.	Mărimia specifică	Tipul mărimii specifice: CG - caracteristica globală CL - caracteristica locală DG - descriptor global DL - descriptor local	Definiția mărimii specifice
(0)	(1)	(2)	(3)
19	P	DG	Forța exercitată de poanson
20	F1	DL	Forța de frecare în zona anterioară nervurii de reținere
21	F2	DL	Forța de frecare determinată de nervura de reținere
22	F3	DL	Forța de frecare în zona de după nervura de reținere

Modelul Swift al legii de comportare a materialului are expresia:

$$\sigma = C(\varepsilon_0 + \varepsilon^{-p})^n, \text{ unde } C \text{ și } n \text{ au valori caracteristice materialului considerat.}$$

Acesta este modelul legii de comportare care se utilizează în cadrul experimentelor numerice.

Metoda de modelare a comportării tablelor subțiri

Potrivit invenției, metoda de modelare a comportării tablelor subțiri în procesul de ambutisare cu nervuri de reținere pleacă de la decizia ca, în scopul construirii modelului, orice operație reală de ambutisare este descompusă într-un număr de operații elementare componente, iar fiecare dintre aceste operații elementare să fie echivalată cu un caz particular al operației elementare generice prezentată în fig. 2.

Pentru a modela comportarea tablelor subțiri în procesul de ambutisare cu nervuri de reținere, sunt necesare următoarele: a) definirea mărimilor specifice, atât cele ale operației elementare generice, cât și cele ale operațiilor reale de ambutisare, b) descompunerea operației reale de ambutisare într-un număr de operații elementare, c) modelarea fiecărei operații elementare astfel rezultate și d) construcția modelului comportării tablei în cursul operației reale de ambutisare.

a) Definirea mărimilor specifice

Mărimile ale căror valori influențează desfășurarea și rezultatul operației, numite mărimi specifice, sunt folosite pentru a preciza o operație anume, distingând-o de alte operații. În concret, mărimile specifice se referă la unul sau altul dintre cele patru elemente constitutive ale unei astfel de operații, și anume tabla semifabricat, elementele deformatoare, piesa rezultată și procesul de deformare.

Mărimile specifice operațiilor de ambutisare sunt împărțite în două categorii - caracteristici și descriptori - și se definesc separat pentru operația elementară generică și pentru operațiile reale.

În cazul operației elementare generice, mărimile specifice ale acesteia, fie ele caracteristici ori descriptori, sunt, potrivit invenției, cele definite în Tabelul 1.

În cazul unei operații reale de ambutisare, o anumită mărime specifică a acesteia se definește ca reuniune a valorilor respectivei mărimi specifice, corespunzătoare operațiilor elementare componente.

RO 126649 B1

De exemplu, caracteristica R1 a unei operații reale de ambutisare este un vector, $\{R1\}$, ale cărui componente sunt valorile caracteristicilor R1 ale tuturor operațiilor elementare componente, scrise într-o ordine convențională. Numărul de componente ale vectorului $\{R1\}$ este egal cu numărul de operații elementare componente.	1 3
b) Descompunerea unei operații reale de ambutisare în operații elementare	5
Potrivit invenției, în descompunerea operațiilor reale de ambutisare, aspectele principale sunt fundamentele procedurale ale acțiunii și procedura concretă de urmat. Aceste aspecte sunt detaliate în continuare.	7
b ₁) Fundamentele procedurale ale acțiunii de descompunere a unei operații de ambutisare în operații elementare	9
Descompunerea operației reale de ambutisare în operații elementare constă în delimitarea fiecărei operații elementare, de celelalte operații elementare ce compun operația reală de ambutisare, și particularizarea operației elementare generice, în vederea stabilirii caracteristicilor fiecărei operații elementare delimitată.	11 13
Delimitarea fiecărei operații elementare se bazează, la nivel conceptual, pe satisfacerea unor condiții, iar la nivel operațional, pe aplicarea unor criterii.	15
La nivel conceptual, delimitarea unei operații elementare se bazează pe satisfacerea următoarelor condiții:	17
- materialul aflat inițial într-o zonă clar delimitată din suprafața plană a semifabricatului să formeze, la finele procesului de ambutisare, o zonă, de asemenea clar delimitată, din suprafața piesei ambutisate;	19 21
- la nivelul fiecărei zone, valorile caracteristicilor (de exemplu adâncimea de pătrundere a nervurii de reținere) să se mențină constante, și distincte de cele corespunzătoare zonelor limitrofe;	23
- la limita de separație dintre două zone limitrofe, interacțiunea dintre materialul aparținând uneia dintre zone și cel ce aparține celeilalte zone să fie minimă.	25
La nivel operațional, delimitarea zonelor din semifabricat, piesă și matriță, precum și a operațiilor elementare aferente, se bazează pe descompunerea în mai multe segmente a conturului primar CP , care este un contur închis, definit ca intersecție a piesei ambutisate cu planul de separație P (fig. 3). Delimitarea segmentelor se face astfel încât, la nivelul fiecărui segment, variațiile maxime ale valorilor caracteristicilor locale să nu depășească valorile limita specifice fiecărei caracteristici.	27 29 31
Variațiile maxime ale valorilor unei caracteristici sunt stabilite de cel care aplică metoda, potrivit invenției. Cu cât mai mici sunt aceste variații, cu atât mai complex este modelul și mai precisă este modelarea. Particularizarea operației elementare generice, se face în două etape, după cum urmează.	33 35
În prima etapă operația elementară generică este particularizată la nivelul operației reale de ambutisare. Particularizarea se face precizând valorile celor 6 caracteristici globale arătate în tabelul 1, liniile 1-6, care vor juca rolul de constante pentru toate modelele operațiilor elementare ce compun operația reală de ambutisare. Valorile caracteristicilor globale se determină pe baza datelor inițiale privitoare la tabla semifabricat, elementele deformatoare și piesa rezultată.	37 39 41
În a doua etapă, operația elementară generică este particularizată, la nivelul fiecăreia dintre operațiile elementare componente. Pentru una dintre aceste operații elementare, particularizarea constă în precizarea valorilor celor 11 caracteristici locale arătate în tabelul 1, care vor juca rolul de constante ale modelului respectivei operații elementare. Particularizarea are loc în cursul acțiunii prin care operațiile elementare componente sunt delimitate și se realizează astfel. Mai întâi, valorile caracteristicilor locale se evaluează, în	43 45 47

1 fiecare punct al conturului primar CP , în scopul de a-l descompune în segmente, astfel încât,
 2 de-a lungul fiecărui segment, aceste valori să varieze mai puțin decât o valoare maximă
 3 tolerată. Capetele unui astfel de segment arată limitele zonelor din semifabricat, piesă și
 4 matriță, corespunzătoare uneia dintre operațiile elementare componente. Apoi, este calculată
 5 media valorilor fiecărei caracteristici locale, corespunzătoare punctelor segmentului. Această
 6 medie este considerată a fi valoarea caracteristicii, corespunzătoare respectivei operații
 7 elementare.

8 b_2) Procedura concretă de descompunere a unei operații reale de ambutisare în operații
 9 elementare. Cele două etape procedurale prezentate mai sus (adică delimitarea operațiilor
 10 elementare și particularizarea operației elementare generice) reprezintă acțiunea de des-
 11 compunere a operației reale de ambutisare în operații elementare. Criteriile de descompunere
 12 sunt valorile celor 6 caracteristici locale, arătate în Tabelul 1, liniile 7-12. Concret, aceste etape
 13 se desfășoară simultan și constau în examinarea conturului primar CP , stabilind, în fiecare
 14 punct, de exemplu punctul A_i , valorile primelor 5 criterii de descompunere a operației reale
 15 de ambutisare. În punctul A_i , valorile acestor criterii vor fi notate $R1_i$, $R2_i$, $r1_i$, $r2_i$, H_i .

16 Pentru a evalua valorile acestor prime 5 criterii, în punctul A_i , piesa ambutisată se
 17 intersectează cu un plan S_i , care conține punctul A_i și este perpendicular pe conturul primar
 18 CP (precum și, evident, și pe planul de separație P). Rezultă conturul secundar CS_i ; (fig. 4),
 19 care este un contur deschis, de lungime A_iB_i , unde B_i este punctul de pe contur care se află
 20 la cea mai mare depărtare de planul P . Distanța dintre punctul B_i și planul P este valoarea
 21 criteriului H_i . Evaluând curbura conturului secundar CS_i , în diferite puncte ale segmentului
 22 A_iB_i , se află punctele M_i și m_i , unde curbura are valori extreme. În punctul M_i , curbura este
 23 maxim pozitivă (convexitate maxima) iar raza de curbură a conturului este $r1_i$. Similar, în
 24 punctul m_i , curbura este maxim negativă (concavitate maximă), iar raza de curbură a
 25 conturului este $r2_i$.

26 Apoi, așa cum se arată în fig. 5, se intersectează suprafața piesei cu planul $T1_i$, care
 27 trece prin punctul M_i și este perpendicular pe conturul secundar CS_i (precum și, evident, și
 28 pe planul S_i). Linia de intersecție dintre planul $T1_i$ și suprafața piesei este conturul terțiar
 29 $CT1_i$ (fig. 6). Raza de curbură a conturului terțiar $CT1_i$, în punctul M_i este $R1_i$. Similar, se
 30 intersectează suprafața piesei cu planul $T2_i$, care trece prin punctul m_i și este perpendicular
 31 pe conturul secundar CS_i (precum și, evident, și pe planul S_i). Linia de intersecție dintre
 32 planul $T2_i$ și suprafața piesei este conturul terțiar $CT2_i$ (fig. 7). Raza de curburaăa conturului
 33 terțiar $CT2_i$, în punctul m_i este $R2_i$.

34 În acest fel, în punctul A_i de pe conturul primar CP , au fost determinate valorile
 35 primelor 5 dintre cele 6 criterii de decompunere a operației reale de ambutisare, și anume:
 36 $R1_i$, $R2_i$, $r1_i$, $r2_i$ și H_i . Pentru a determina valoarea celui de al șaselea criteriu, se parcurge,
 37 punct cu punct, conturul primar CP , începând cu punctul A_i , convențional ales, evaluând în
 38 fiecare punct primele 5 criterii. Să considerăm că s-a ajuns în punctul A_i . Valorile celor 5
 39 criterii corespunzătoare punctului A_i vor fi luate ca referință. Dacă, în următoarele puncte,
 40 valorile tuturor celor 5 criterii se modifică în raport cele de referință, dar modificarea se
 41 încadrează într-un domeniu maxim admis, în prealabil stabilit, atunci toate punctele
 42 examinate aparțin aceleiași zone. Când domeniul de variație este depășit de cel puțin unul
 43 dintre cele 5 criterii, atunci punctul respectiv, să considerăm că acesta este A_{i+1} , limitează
 44 zona curentă, iar valorile celor 5 criterii, corespunzătoare aceluși punct (adică punctului A_{i+1}),
 45 devin referință în raport cu care se definesc limitele domeniului de variație, ce vor fi folosite
 46 pentru evaluarea următoarelor puncte ale conturului primar CP . Rezultă că zona curentă este
 47 delimitată de punctele A_i , A_{i+1} , B_{i+1} , B_i . Lungimea arcului A_i , A_{i+1} este L_i și reprezintă valoarea

RO 126649 B1

celui de al șaselea criteriu al operației elementare cu numărul de ordine i . În acest fel, sunt delimitate n zone și sunt particularizate tot atâtea operații elementare, în care a fost descompusă operația reală de ambutisare. Numărul n de zone poate fi reglat prin modificarea corespunzătoare a domeniului admisibil de variație, în care cele 5 criterii de delimitare trebuie să se încadreze, la nivelul fiecărei zone. Dacă domeniul admisibil de variație este mai restrâns, atunci zonele delimitate sunt mai multe și mai mici, numărul operațiilor elementare, și deci a funcțiilor ce formează modelul comportării tablelor subțiri în cursul desfășurării respectivei operații concrete de ambutisare, este mai mare, iar precizia modelului este mai ridicată.

Pentru a exemplifica modul în care, potrivit invenției, are loc descompunerea operației reale de ambutisare în operații elementare, să considerăm cazul ambutisării unei cutii dreptunghiulare. Așa cum se arată în fig. 8, deformarea plastică a zonei $1-A_0-A_2-2$ din suprafața semifabricatului **SM** și transformarea acestei zone în zona $1-A_1-A_2-2$ a piesei finite **PF** reprezintă una dintre operațiile elementare ce compun operația de ambutisare a cutiei, întrucât, de-a lungul segmentului de contur A_1-A_2 , valorile primelor 5 criterii nu se modifică. Datorită simetriei, zonele simetrice din semifabricat și piesa finită sunt subiectul altei operații elementare, identică celei de mai sus. Pe de alta parte, transformarea zonei $2-A_0-A_4-3$ din suprafața semifabricatului **SM** în zona $2-A_3-A_4-3$ a piesei finite **PF**, precum și a zonelor simetrice acestora, reprezintă alte 2 operații elementare componente. Adăugând la acestea operația elementară de transformare a zonei $2-A_0-A_3-2$ a semifabricatului **SM** în zona $2-A_2-A_3-2$ a piesei finite **PF**, și alte trei operații elementare identice cu aceasta, corespunzătoare celorlalte colțuri ale cutiei, rezultă descompunerea operației de ambutisare în opt operații elementare, dintre care, datorită simetriei, doar 3 sunt distincte, celelalte fiind identice cu acestea.

În continuare, operația elementară generică este particularizată pentru fiecare dintre cele opt operații elementare, obținând astfel valorile celor 11 caracteristici locale. Rezultă datele prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Nr. crt. al operației elementare	Zona din linia de contur primar	Caracteristica locală										
		R1 [mm]	R2 [mm]	r1 [mm]	r2 [mm]	H [mm]	L [mm]	a [mm]	b [mm]	c [mm]	h [mm]	Q [mm]
1	A_1-A_2	∞	∞	3	5	40	40	38	3	15	2	200
2	A_2-A_3	39	69	3	5	40	108,4	38	3	15	0	200
3	A_3-A_4	∞	∞	3	5	40	60	38	3	15	2	200
4	A_4-A_5	39	69	3	5	40	108,4	38	3	15	0	200
5	A_5-A_6	∞	∞	3	5	40	40	38	3	15	2	200
6	A_6-A_7	39	69	3	5	40	108,4	38	3	15	0	200
7	A_7-A_8	∞	∞	3	5	40	60	38	3	15	2	200
8	A_8-A_1	39	69	3	5	40	108,4	38	3	15	0	200

c) Modelarea fiecărei operații elementare

RO 126649 B1

1 Potrivit invenției, pentru a modela o operație elementară trebuie derulate două acțiuni,
și anume acumularea de date experimentale și construirea modelului prin exploatarea
3 datelor acumulate.

c₁) Acumularea de date presupune mai întâi derularea unui număr de experimente,
5 fiecare constând în derularea experimentală a unei operații elementare. Datele obținute în
urma fiecărui experiment sunt acumulate pe un suport unic, ce va fi numit Baza de Date.
7 Baza de Date conține: Tabelul de Date în care sunt stocate informațiile obținute în urma
experimentelor, indecși și proceduri pentru adăugarea și/sau selectarea datelor în, respectiv,
9 din baza de date, utilizatori sau grupuri de utilizatori autorizați pentru folosirea Bazei de Date,
precum și mecanisme de securitate și gestiune a bazei de date. Tabelul de Date are forma
11 tabelului 3, prezentat mai jos. În momentul proiectării unei operații reale de ambutisare,
Tabelul de Date conține seturile de date înregistrate anterior, la care, la nevoie, se adaugă
13 noi seturi de date, obținute în cursul unui nou program experimental, special conceput și
derulat pentru cazul curent.

15 Toate operațiile elementare, ale căror date au fost înregistrate în Tabelul de Date,
sunt acceptabile din punct de vedere tehnic, în limitele domeniului acoperit de datele înregis-
17 trate. De aceea, reproducerea fizică a oricăreia dintre aceste operații elementare este posi-
bilă și conduce la obținerea acelorași date ce au fost deja înregistrate în Tabelul de Date.

19 Tabelul de Date are un număr de linii, fiecare corespunzând unui experiment, și un
număr de coloane din care 16 coloane reprezintă valorile caracteristicilor iar restul coloanelor
21 reprezintă valorile celor 5 descriptori, așa cum aceștia evoluează în timpul deplasării culi-
sorului preseii. De exemplu, într-un caz particular de aplicare a metodei, numărul coloanelor
23 corespunzătoare valorilor descriptorilor ar putea fi de 60, corespunzând la 5 descriptori și 12
valori ale coordonatei z, ce arată poziția culisorului preseii în timpul măsurării acestor mărimi.
25 Aceasta situație apare atunci când, convențional, s-a stabilit ca lungimea cursei culisorului
preseii este de 120 mm, iar între două măsurători succesive culisorul parcurge 10 mm.
27 Corespunzător acestui caz, în tabelul 3 sunt marcate câte 5 coloane corespunzătoare
valorilor descriptorilor, înregistrate pentru fiecare din cele 12 poziții ale culisorului preseii.

29 Numărul liniilor în Tabelul de Date este egal cu numărul de experimente înregistrate
în tabel.

31 Programul experimental cuprinde experimente numerice, realizate cu produse infor-
matice bazate pe metoda elementului finit, și experimente fizice, realizate cu echipamentul
33 ce face obiectul acestei invenții.

Fiecare experiment, fie el numeric sau fizic, se finalizează cu un set de date cu care
35 va fi completată încă o linie în Tabelul de Date (pe lângă cele existente la momentul
experimentului). În acest fel, numărul de linii ale Tabelului de Date crește cumulativ, ceea
37 ce înseamnă că baza pe care se construiesc modelele operațiilor elementare se lărgeste,
iar precizia modelelor rezultate crește. Mai mult, dacă mai multe întreprinderi aplică metoda
39 potrivit invenției și acceptă aceeași convenție privind incrementul de deplasare a culisorului
preseii între două măsurători succesive (10 mm, în exemplul de mai sus), atunci fiecare
41 întreprindere - utilizatoare autorizată a bazei de date - poate adăuga sau extrage seturi de
date din baza de date, întrucât formatul în care datele sunt înregistrate este același.

43 Un experiment fizic constă în derularea fizică a unei anumite operații elementare ale
cărei caracteristici au fost precizate (atât cele 11 caracteristici globale și locale, cât și cele
45 6 caracteristici locale reprezentând criteriile de descompunere, așa cum se arată în
tabelul 1).

RO 126649 B1

Prin puncte echidistante, se divide cursa culisorului presei, într-un număr de segmente egale, cu lungimea de 10 mm, de exemplu, precizând valorile coordonatei z corespunzătoare fiecărui punct. Lungimea cursei este convențional aleasă, de exemplu 120 mm, la toate experimentele. În cursul derulării fizice a respectivei operații elementare, la momentul când culisorul trece prin fiecare punct, se măsoară simultan valorile celor 5 descriptori arătați în tabelul 1. 1
3
5

Dacă în cursul experimentului, nu au apărut nici unul dintre defectele specifice proceselor de ambutisare (cutări sau ruperi de material, de exemplu), atunci datele rezultate în urma respectivului experiment sunt puse în formatul specific unui set complet de date din Tabelul cu Date și apoi sunt înregistrate. Dacă însă, când culisorul a ajuns în unul dintre puncte a aparut vreun defect, atunci se reține, se formatează sub forma specifică unui set incomplet de date și se înregistrează doar rezultatele obținute până în momentul când culisorul presei a ajuns în acel punct; rezultatele corespunzătoare restului de puncte de măsurare sunt ignorate. De exemplu, linia corespunzătoare experimentului 2 din tabelul 3, conține date doar până la o depășire $z=10$ mm a culisorului presei, în timp ce linia corespunzătoare experimentului 1 este completată cu rezultate până la cursa z a culisorului de 120 mm. Din acest motiv ca și datorită diferitelor valori ale mărimii caracteristice H corespunzătoare operațiilor elementare concrete analizate, în Tabelul de Date, lungimea cursei culisorului presei, pentru care există date înregistrate, poate diferi de la un set de date la altul. Valoarea maximă a cursei, înregistrată în acest tabel este egală cu 120 mm și reprezintă valoarea convențional aleasă de utilizatorul care implementează metoda ce face obiectul prezentei invenții. 7
9
11
13
15
17
19
21

RO 126649 B1

1

Tabelul 3

Tabelul de date

3

5

7

9

Nr.	g	σ_c	R_p 0,2	C	n	μ	R1	R2	H	r 1	r 2	L	a	b	c	h	Q	z = 10					...	z = 120					
																		DM	P	F1	F2	F3		DM	P	F 1	F 2	F3	
1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			
2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						-	-	-	-
3																													
4																													
...																													

Un experiment numeric constă în simularea derulării unei anumite operații elementare. Acesta este precizat în același mod ca și un experiment fizic. Rezultatele simulării sunt folosite pentru a determina valorile celor 5 descriptori, în momentele în care culisorul trece prin fiecare dintre punctele de măsurare care divizează cursa culisorului presei.

Dacă pentru verificarea apariției sau nu a defectelor, în cazul experimentelor fizice se realizează evaluarea directă a suprafeței piesei obținute, în cazul experimentelor numerice aceasta evaluare se realizează prin intermediul raportului tensiunilor normale principale σ_{22}/σ_{11} . Aceasta constă în stabilirea zonei în care se află acest raport față de valorile sale limită, **V1**, **V2** și **V3** (fig. 9), știind că aceste valori limită marchează momentele de pierdere a stabilității materialului și, implicit, apariția defectelor în piesa ambutisată. Mai precis, starea de tensiuni 1 corespunde stării de întindere+compresiune cu dominantă în compresiune care conduce la formarea cutelor în material, starea de tensiuni 2 corespunde stării de întindere + compresiune cu dominantă în întindere care determină revenirea elastică a materialului după încetarea procesului de deformare iar starea de tensiuni 3 corespunde stării de întindere biaxială care conduce la apariția fisurilor în material. Sunt reținute și înregistrate în Tabelul de Date doar rezultatele acelor experimente numerice la care starea de tensiuni s-a aflat în afara acestor trei zone prezentate mai sus, asigurându-se astfel calitatea pieselor obținute prin ambutisare cu nervuri de reținere.

Deoarece experimentele fizice sunt costisitoare se realizează în mare parte experimente numerice, doar unele dintre acestea fiind dublate de experimente fizice. Rolul dublării experimentelor numerice prin experimente fizice este acela de a valida sau corecta rezultatele numerice asigurând astfel corectitudinea datelor obținute prin extinderea experimentelor numerice.

c₂) Construcția modelului unei operații elementare reale consta în: i) extragerea din Tabelul de Date a unui Sub-Tabel de Date, care să conțină seturile de date corespunzătoare celor mai apropiați k vecini ai operației elementare ce trebuie modelată, urmata de ii) determinarea valorilor parametrilor modelului respectivei operației elementare, prin metode specifice, cunoscute, care nu formează obiectul prezentei invenții, cum ar fi metoda rețelelor neuronale, metoda regresiei sau alte metode de tip data mining.

De exemplu, în cazul unui model polinomial, parametrii modelului sunt coeficienții polinomului, iar valorile lor se obțin prin regresie. Rezultatul modelării este un grup de funcții polinomiale care permit să se determine valorile descriptorilor, pentru orice poziție a culisorului presei, data de valoarea coordonatei z.

În continuare, se prezintă exemplul parcurgerii planului experimental, în vederea acumulării de date și a construirii modelului numeric al operației elementare, aferente zonei **1-A₁-A₂-2** din fig. 3. Elaborarea planului experimental pentru procesul elementar, aferent zonei **1-A₁-A₂-2**, constă în realizarea unui număr de experimente numerice. Constantele corespunzătoare procesului elementar real considerat sunt cele prezentate în Tabelul 2, plus valorile caracteristicilor globale, respectiv: $g = 1 \text{ mm}$, $\mu = 0,01$, precum și caracteristicile corespunzătoare materialului DP600 $\sigma_c = 260 \text{ MPa}$, $R_{p0,2} = 840 \text{ Mpa}$, $C = 1093$ și $n = 0.187$. Într-o primă fază de proiectare (folosind simularea cu elemente finite) a procesului elementar, se obțin valorile unora dintre descriptorii săi, considerați variabile ale procesului, așa cum sunt ei definiți în tabelul 1. Valorile caracteristicilor care au generat rezultatele de mai sus constituie valorile nominale în jurul cărora se crează domeniul admisibil (val.nom.-T, val.nom.+T) de variație a lor pentru generarea planului experimental. Mărimea **T**, care definește domeniul admisibil de variație a unei caracteristici, este stabilită de către utilizator și determină precizia modelului obținut. Valorile limita **V1**, **V2** și **V3** ale raportului tensiunilor σ_{22}/σ_{11} sunt date în literatura de specialitate și sunt specifice materialului de ambutisat.

RO 126649 B1

1 Acestea sunt utilizate în etapa de evaluare a rezultatelor obținute în urma derulării planului
experimental. Rezultatele care corespund unor valori ale raportului tensiunilor σ_{22}/σ_{11} aflate
3 în intervalele $[V2, V3]$ și $[0, V1]$ sunt considerate acceptabile - nu determină pierderea stabi-
lității materialului - și sunt stocate în Tabelul de Date.

5 În cazul operației elementare considerate drept exemplu, modelul rezultat se
compune din următoarele funcții polinomiale:

7 $DM = 1446 - 34,012 z^2 + 0.0738 z$

$P = 51.594 + 0,042 z^2 + 0.1766 z$

9 $F1 = 2.0363 - 0.249 z^2 + 8.4657 z$

$F2 = 1.8285 - 0.0101 z^2 + 1.7181 z$

11 $F3 = -108.57 + 0.00131 z + 0.2358 z^2$

d) Construcția modelului care descrie comportarea tablei în cazul unei operații reale
13 de ambutisare.

Modelul comportării tablei în cazul unui proces real de ambutisare se obține prin
15 simpla reuniune a modelelor operațiilor elementare componente, după ce respectarea
condiției de jonctiune a fost asigurată la toate limitele de separație ale operațiilor elementare.

17 Condiția de jonctiune se verifică la limita de separație dintre două operații elementare
limitrofe și se referă la faptul că, pe tot parcursul derulării procesului de ambutisare, trebuie
19 să fie menținută sub o anumită valoare, considerată tolerabilă, diferența dintre „fluxul
cumulat” (notat **FC**) de material, corespunzător celor două operații elementare limitrofe.

21 Fluxul cumulat de material se evaluează pentru una dintre operațiile elementare
componente și în unul dintre acele puncte de pe cursa culisorului unde are loc măsurarea
23 descriptorului **DM**. Prin definiție, acest „flux cumulat” de material este raportul (exprimat în
%) dintre valoarea descriptorului **DM** în acel punct și valoarea lui maxima. “Fluxul cumulat”
25 de material variază între 0 și 100%, în cursul ambutisării. La începutul procesului, $z = 0$, **DM**
= 0, iar **FC** = 0. La finele procesului, coordonata z este egală cu lungimea cursei de
27 ambutisare, **DM** are valoarea maximă, iar **FC** = 100%. Pentru evaluarea „fluxului cumulat”
de material, se folosește modelul operației elementare respective.

29 Când diferența dintre “fluxurile cumulate”, corespunzătoare la două operații elemen-
tare limitrofe, depășește limita de toleranță, respectarea condiției de jonctiune se obține
31 inserând între cele două operații elementare, o operație elementară suplimentară. Segmentul
de pe conturul primar, care va fi asignat operației elementare suplimentare, se obține
33 cumulând doua sub-segmente, preluate de la cele doua segmente ce fuseseră asignate
operațiilor elementare limitrofe. Pentru exemplificare, în fig. 10 se arată, cum, pe conturul
35 primar **CP**, segmentele $A_k A_{k+1}$ și $A_{k+1} A_{k+2}$ sunt inițial asignate operațiilor elementare k și $k+1$,
având fluxurile cumulate FC_k și FC_{k+1} . Dacă între aceste operații elementare nu este
37 respectată condiția de jonctiune, atunci, prin punctele A_{k+1}' și A_{k+1}'' , se delimitează un nou
segment, care va fi asignat unei operații elementare suplimentare. Cele două operații
39 elementare inițiale sunt înlocuite cu alte trei astfel de operații, diferite de acestea, și anume
operația k' , ce corespunde segmentului $A_k A_{k+1}'$ și are fluxul cumulat FC_k' , operația $(k+1)'$, ce
41 corespunde segmentului $A_{k+1}' A_{k+1}''$ și are fluxul cumulat FC_{k+1}' , și operația $(k+1)''$, ce
corespunde segmentului $A_{k+1}'' A_{k+2}$ și are fluxul cumulat FC_{k+1}'' . Diferențele între fluxurile
43 cumulate ale acestor noi operații se micșorează, așa cum se arată în fig. 11, astfel încât
condiția de jonctiune ar putea să se respecte. Dacă totuși nu se respectă în toate jonctiunile,
45 atunci se continuă inserarea de operații elementare suplimentare, urmând procedura
descrisă mai sus. Această procedură se oprește numai când condiția de jonctiune este
47 satisfăcută peste tot.

RO 126649 B1

Etapele aplicării metodei de construcție a modelului global care să descrie comportarea tablei în cursul unei operații reale de ambutisare sunt, potrivit invenției, cele prezentate în fig. 12.	1 3
Prima etapă este definirea operației reale de ambutisare și constă în stabilirea valorilor celor 6 constante globale, folosind datele inițiale disponibile.	5
A doua etapă este descompunerea operației reale de ambutisare în operații elementare, pe baza criteriilor de descompunere, și stabilirea valorilor constantelor locale, pentru fiecare operație elementară componentă.	7
A treia etapă este modelarea operațiilor elementare componente, pe baza datelor cuprinse în Sub-Tabelul cu Date aferent fiecăreia. Pentru una dintre operațiile elementare componente, Sub-Tabelul de Date este obținut pe baza valorilor constantelor globale și locale, corespunzătoare respectivei operații elementare. Aceste valori sunt considerate ca referință, pentru a identifica în Tabelul de Date acele experimente la care caracteristicile globale și locale au valori apropiate de valorile corespunzătoare respectivei operații elementare. Modelarea constă în determinarea valorilor parametrilor modelului, pentru care modelul se compliază cel mai bine pe datele din Sub-Tabelul de Date.	9 11 13 15
A patra etapă este verificarea condiției de joncțiune la limitele de separație ale operațiilor elementare. Aceasta constă, mai întâi, în calculul fluxului cumulat de material, corespunzător fiecărei operații elementare, folosind modelul acesteia. Apoi, comparând aceste fluxuri, se identifică joncțiunile inacceptabile, adică acelea la care diferența de flux depășește limita admisibilă.	17 19 21
A cincea etapă constă în inserarea unei operații elementare suplimentare, în fiecare joncțiune inacceptabilă, și evaluarea valorilor constantelor locale ale noilor operații elementare apărute astfel. Aceste valori se completează cu valorile ce corespund operațiilor elementare nemodificate și se reia procedura, începând cu etapa 3.	23 25
Când condiția de joncțiune este satisfăcută peste tot, se trece la ultima etapă, și anume etapa a șasea. Aceasta este asamblarea modelului global și constă în simpla reuniune a modelelor operațiilor elementare componente. Apoi, modelul global este folosit pentru proiectarea și controlul operației de ambutisare a unui lot de piese, în conformitate cu definițiile h) și i) date acestor noțiuni, potrivit invenției.	27 29
Echipamentul destinat pentru aplicarea metodei	31
Potrivit invenției, echipamentul se utilizează pentru realizarea experimentelor fizice din cadrul planului experimental.	33
Construcția acestui echipament are drept punct de plecare schema operației elementare generice, prezentată în fig. 2.	35
Echipamentul include următoarele componente:	
Elementul de deformare 1 , care este schimbabil, astfel încât să se poată modifica valorile razelor r1 și r2 . Acesta este fixat pe poansonul 26 , care, la rândul lui, este fixat pe culisorul presei 27 . Epruveta 24 este centrată pe poansonul 26 , prin intermediul știfturilor 25 și fixată prin intermediul plăcuței 23 și al unor șuruburi. Elementele solidarizate cu poansonul 26 se deplasează pe lungimea cursei, odată cu culisorul presei 27 , determinând deformarea epruvetei 24 . Restul elementelor componente ale echipamentului nu se deplasează în timpul deformării epruvetei 24 , fiind solidarizate cu masa presei.	37 39 41 43
Elementul de deformare 2 al matriței, care este schimbabil, astfel încât să se poată modifica valorile razelor R1 și R2 ale zonei de deformare. Acesta este fixat, cu șuruburi, pe cadrul 3 .	45
Cadrul 3 , care reține epruveta cu forța Q , forță ce generează forța de frecare F1 , prin deplasarea epruvetei în timpul deformării ei. Acesta este fixat, prin șuruburi, pe placa de bază 12 .	47 49

RO 126649 B1

1 Cadrul **4** care reține epruveta cu forța **R** datorată pătrunderii **h** a nervurii de reținere,
forță ce generează forța de frecare **F2**, prin deplasarea epruvetei în timpul deformării ei.
3 Acesta este fixat, prin șuruburi, pe placa de bază **12**.

5 Cadrul **5**, care reține epruveta cu forța **Q**, forță ce generează forța de frecare **F3**, prin
deplasarea epruvetei în timpul deformării ei. Acesta este fixat, prin șuruburi, pe placa de
bază **12**.

7 Suporturile **6** și **7**, echilibrează forța de frecare **F1** și, în plus, susțin elementul de
deformare **2** al matriței. Acestea sunt fixate prin șuruburi, pe placa de bază **12**.

9 Suporturile **8** și **9**, echilibrează forța de reținere **F2**. Acestea sunt fixate, prin șuruburi,
pe placa de bază **12**.

11 Suporturile **10** și **11**, echilibrează forța de reținere **F3**. Acestea sunt fixate, prin
șuruburi, pe placa de baza **12**.

13 Placa de bază **12**, echilibrează forța de deformare **P** exercitată de poanson. Aceasta
este fixată, prin șuruburi, pe masa presei.

15 În cursul derulării unui experiment fizic, au loc următoarele acțiuni.

17 Elementele de deformare **1** și **2** sunt selectate corespunzător și fixate așa cum s-a
arătat mai sus.

19 Epruveta, selectată corespunzător, este trecută printre cadrele **3**, **4** și **5**, iar apoi este
fixată pe poansonul **26**.

21 Cotele **a**, **b**, și **c** sunt setate la valorile necesare fiecărui experiment, prin poziționarea
corespunzătoare a suporturilor **6** și **7**, **8** și **9**, **10** și **11**, în canalele în **T** ale plăcii de bază **12**.

23 Forța **Q** și pătrunderea **h** sunt setate la valorile necesare fiecărui experiment, prin inter-
mediul perechilor de șuruburi **20**, **21** și **22**, care sunt înșurubate în cadrele **3**, **4**, respectiv **5**.

25 Este setată cursa poansonului la valoarea de referință, de exemplu 120 mm, și
divizată printr-un număr de puncte echidistante, de exemplu 12 puncte, distinct marcate.

27 Se comandă deplasarea culisorului presei **27** și, în fiecare punct, forțele **F1**, **F2**, **F3**
sunt măsurate cu ajutorul traductoarelor piezoelectrice, respectiv, **13** și **14**, **15** și **16**, **17** și **18**,
prin intermediul cărora suporturile **6** și **7**, **8** și **9**, **10** și **11** rețin cadrele **3**, **4**, **5**. Forța **P** este
29 măsurată de patru traductoare piezoelectrice **19**, prin intermediul cărora placa de bază **12**
se așază pe masa presei folosită pentru realizarea programului experimental. De asemenea,
31 în fiecare punct marcat în lungul cursei, folosind aparate de uz general, se verifică apariția
defectelor specifice ambutisării și se măsoară descriptorul **DM**.

33 Valorile setate ale caracteristicilor sunt asociate cu valorile măsurate ale
descriptorilor, completând astfel un set de date.

	1
1. Metodă de construcție a unui model redus care descrie comportarea tablelor subțiri în procesul de ambutisare cu nervuri de reținere, în scopul proiectării și controlului unei operații de ambutisare, caracterizată prin următoarele etape:	3
a) definirea operației reale de ambutisare prin stabilirea valorilor mărimilor specifice (σ_c , $R_{p0,2}$, C , n și μ) ale unei operații de ambutisare, folosind datele inițiale disponibile;	5
b) descompunerea operației reale de ambutisare în operații elementare reale și echivalarea fiecărei operații elementare componente cu un caz particular al operației generice, respectiv, evaluarea, în fiecare punct al conturului primar CP , a valorilor unor caracteristici locale (R1 , R2 , r1 , r2 , H și L), apoi calcularea mediei valorilor fiecărei constante locale, care este considerată a fi valoarea caracteristicii corespunzătoare respectivei operații elementare;	7
c) modelarea fiecărei operații elementare reale, care constă din acumularea de date experimentale prin derularea unui număr de experimente fizice sau numerice, fiecare constând în derularea experimentală a unei operații elementare, urmată de construirea modelului unei operații elementare reale care este reprezentat de ansamblul relațiilor dintre niște descriptori (DM , P , F1 , F2 și F3) și poziția curentă (z) a culisorului presei;	9
d) verificarea condiției de joncțiune la limitele de separație ale operațiilor elementare limitrofe, ce constă din calcularea fluxului cumulat de material corespunzător fiecărei operații elementare urmat de compararea fluxurilor și identificarea joncțiunilor inacceptabile, respectiv, acelea la care diferența de flux depășește limita admisibilă;	11
e) inserarea unei operații elementare suplimentare atunci când diferența dintre fluxurile cumulate (FC) de material, corespunzătoare la două operații elementare limitrofe, depășește limita de toleranță;	13
f) asamblarea modelului global, prin reuniunea modelelor operațiilor elementare componente, pe baza căruia se va realiza proiectarea și controlul unei operații de ambutisare a unui lot de piese.	15
2. Echipament destinat aplicării metodei de la revendicarea 1, care include un subansamblu superior prevăzut cu un poanson (26) fixat pe culisorul (27) unei prese și un subansamblu inferior constituit dintr-o placă de bază (12), măsurarea tensometrică a forțelor de strângere și ambutisare realizându-se cu niște traductoare, caracterizat prin aceea că , pe placa de bază (12) sunt fixate prin șuruburi un prim cadru (3) care reține o epruvetă (24) cu forța (Q) de apăsare la reținerea plană, ce generează forța de frecare (F1) în zona anterioară nervurii de reținere prin deplasarea epruvetei (24) în timpul deformării ei, un al doilea cadru (4) care reține epruveta (24) cu forța (R) de apăsare, datorată pătrunderii nervurii de reținere, ce generează forța de frecare (F2) determinată de nervura de reținere prin deplasarea epruvetei (24) în timpul deformării ei și un al treilea cadru (5) care reține epruveta (24) cu o forță (Q) de apăsare la reținerea plană, ce generează forța de frecare (F3) în zona de după nervura de reținere, prin deplasarea epruvetei (24) în timpul deformării ei, în canalele în formă de T ale plăcii de bază (12) fiind poziționate și fixate niște suporturi (6 , 7 , 8 , 9 , 10 și 11) care echilibrează forțele de frecare (F1 , F2 și F3), pe primul cadru (3) fiind fixat un element de deformare (2) al matriței, schimbabil, astfel încât să modifice valorile razei de racordare (r2) și razei de curbură (R2) ale zonei de deformare, iar pe poanson (26) este fixat un element de deformare (1) schimbabil, astfel încât să modifice valorile razei de racordare (r1) și razei de curbură (R1).	17
	19
	21
	23
	25
	27
	29
	31
	33
	35
	37
	39
	41
	43
	45

RO 126649 B1

1 3. Echipament conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că**, în cursul derulării
unui experiment, cele trei cadre (3, 4 și 5) sunt reglate cu ajutorul unor perechi de șuruburi
3 (20, 21 și 22).

5 4. Echipament conform revendicărilor 2 și 3, **caracterizat prin aceea că**, prin setarea
unor caracteristicile locale (CL) la valorile necesare fiecărui experiment, precum și prin
setarea cursei poansonului (26) la valoarea de referință, în momentul deplasării culisorului
7 (27), în fiecare punct distinct marcat în lungul cursei acestuia, sunt măsurate forțele de
frecare (F1, F2 și F3) cu ajutorul traductoarelor piezoelectrice (13, 14, 15, 16, 17 și 18), forța
9 (P) exercitată de poanson fiind măsurată de niște traductoare piezoelectrice (19) prin
intermediul cărora placa de bază (12) se așază pe masa presei.

(51) Int.Cl.

G06F 17/50 (2006.01);

B21D 22/20 (2006.01)

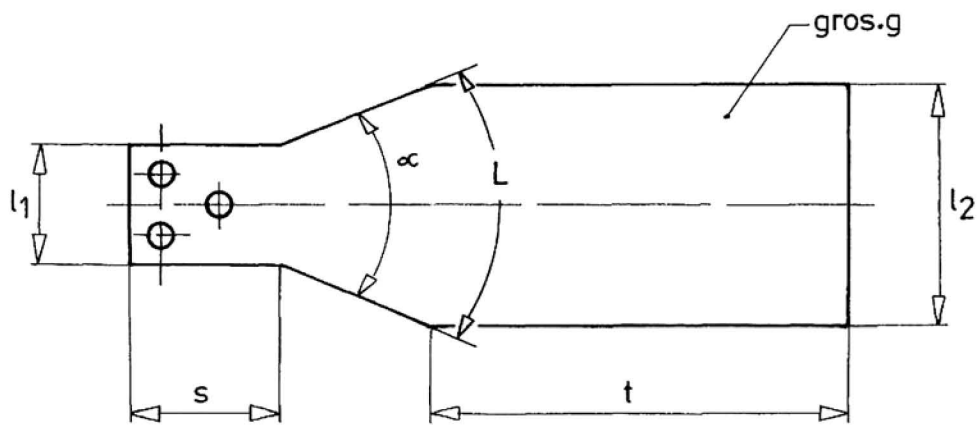


Fig. 1

(51) Int.Cl.

G06F 17/50 (2006.01);

B21D 22/20 (2006.01)

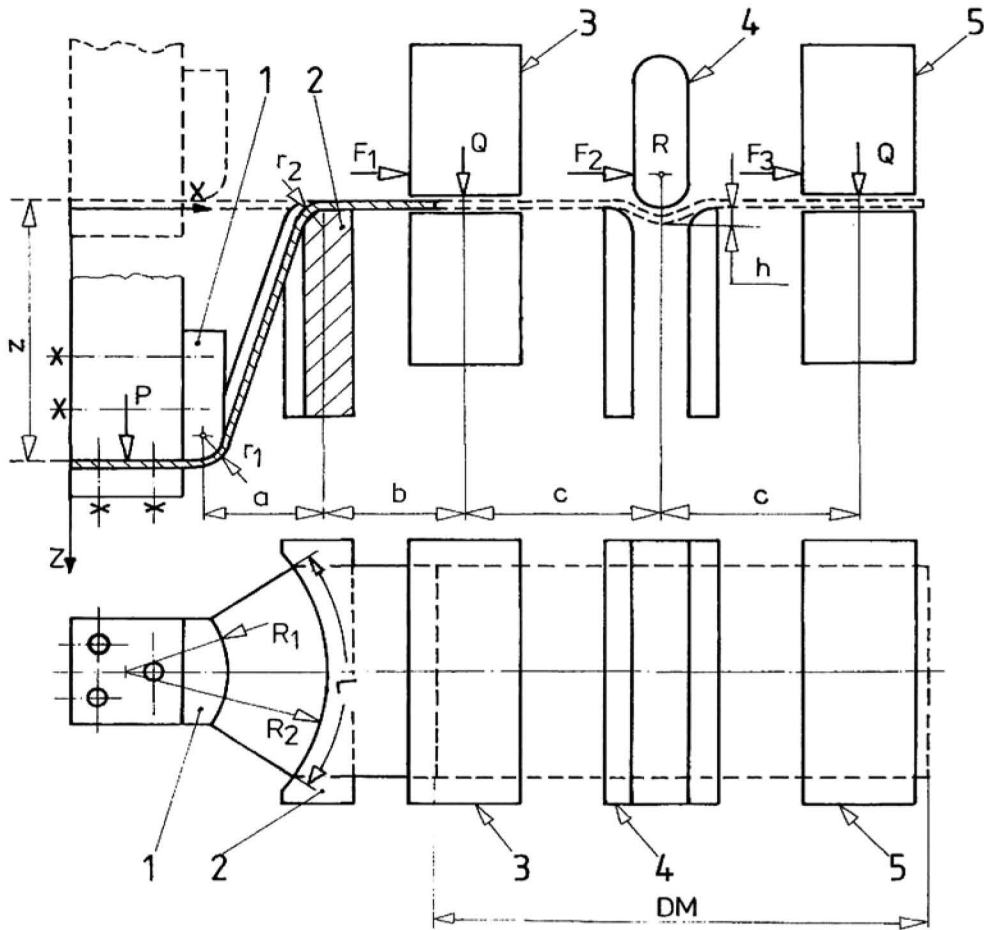


Fig. 2

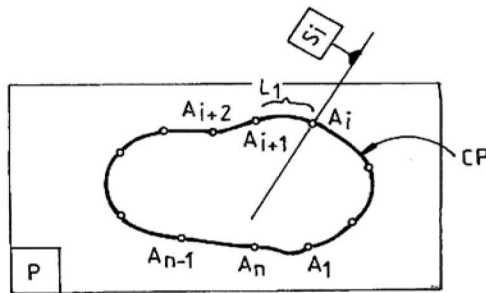


Fig. 3

(51) Int.Cl.

G06F 17/50 (2006.01);

B21D 22/20 (2006.01)

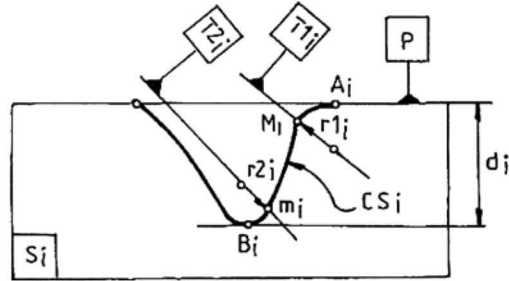


Fig. 4

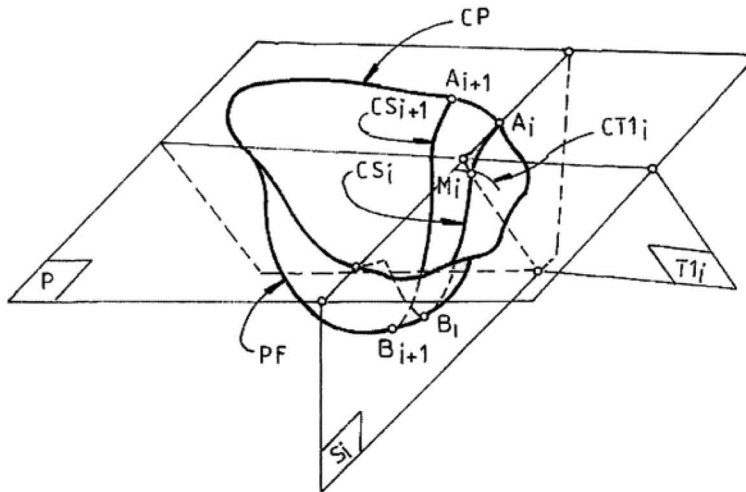


Fig. 5

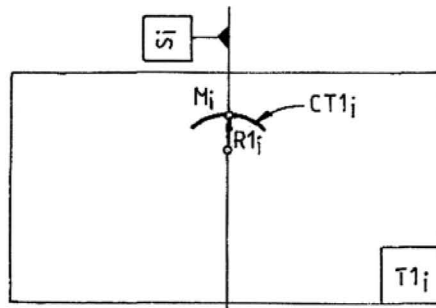


Fig. 6

(51) Int.Cl.

G06F 17/50 (2006.01);

B21D 22/20 (2006.01)

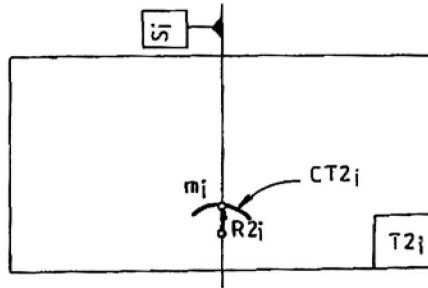


Fig. 7

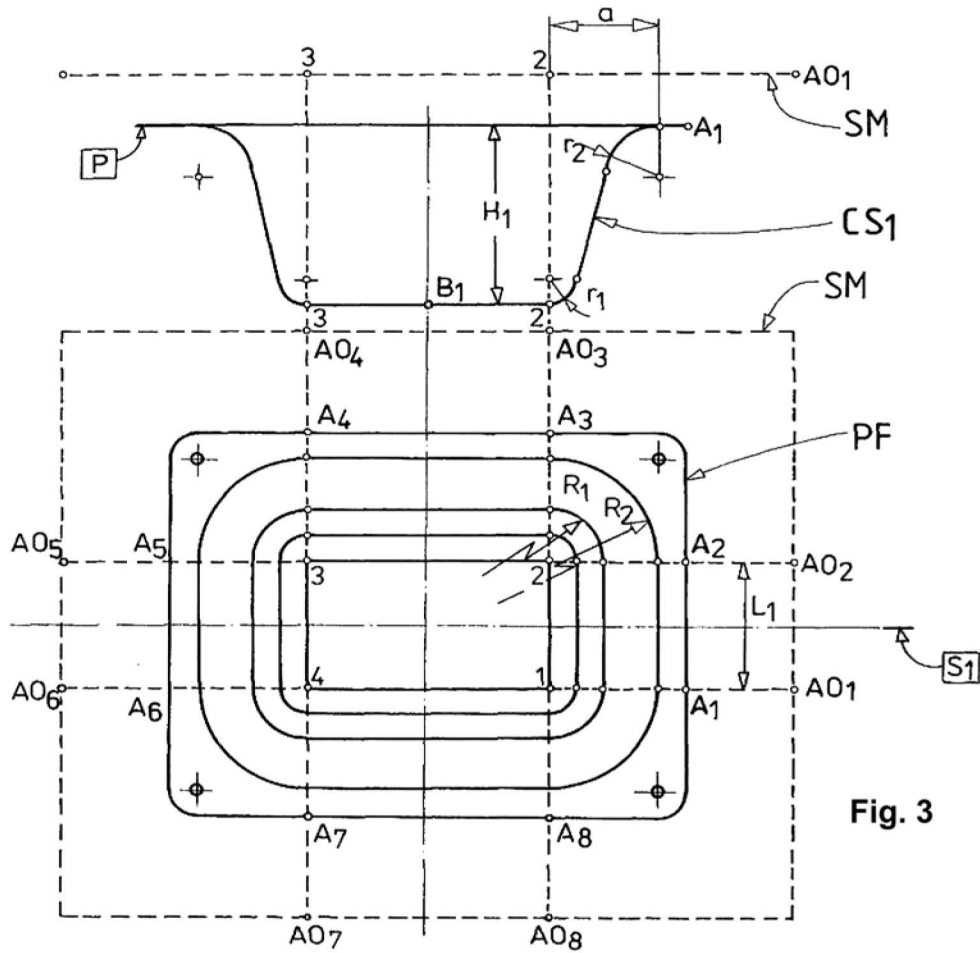


Fig. 3

Fig. 8

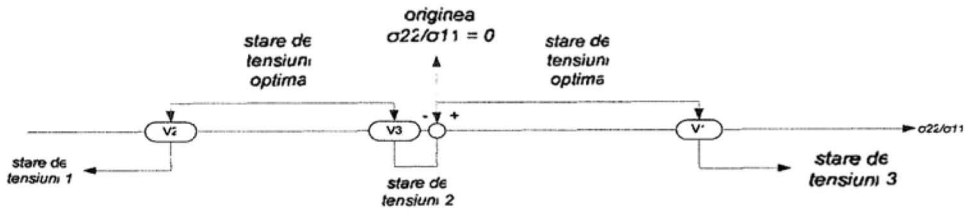


Fig. 9

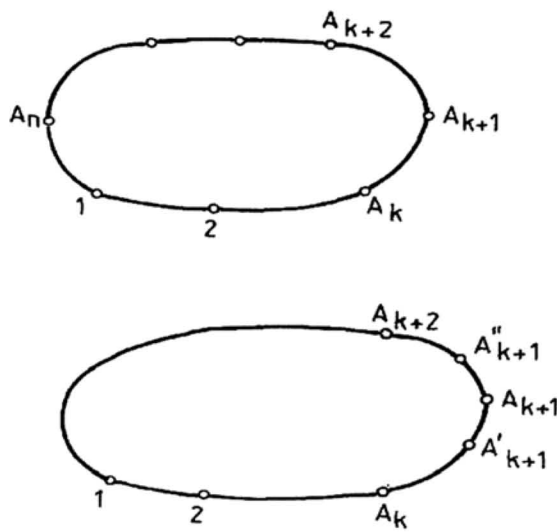


Fig. 10

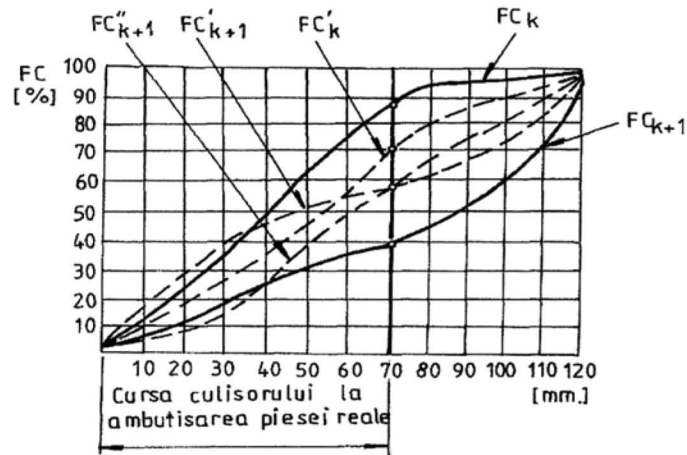


Fig. 11

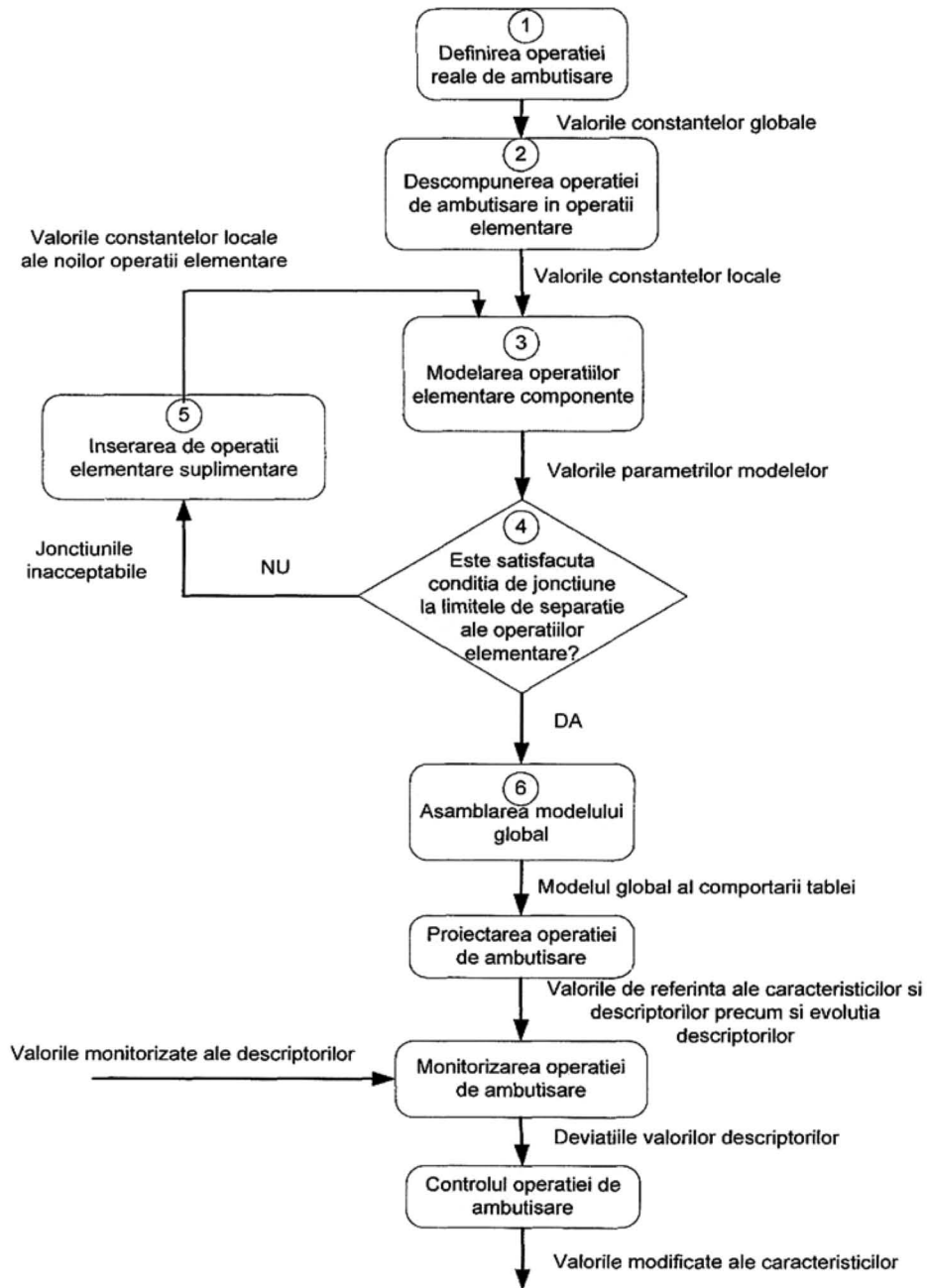


Fig. 12

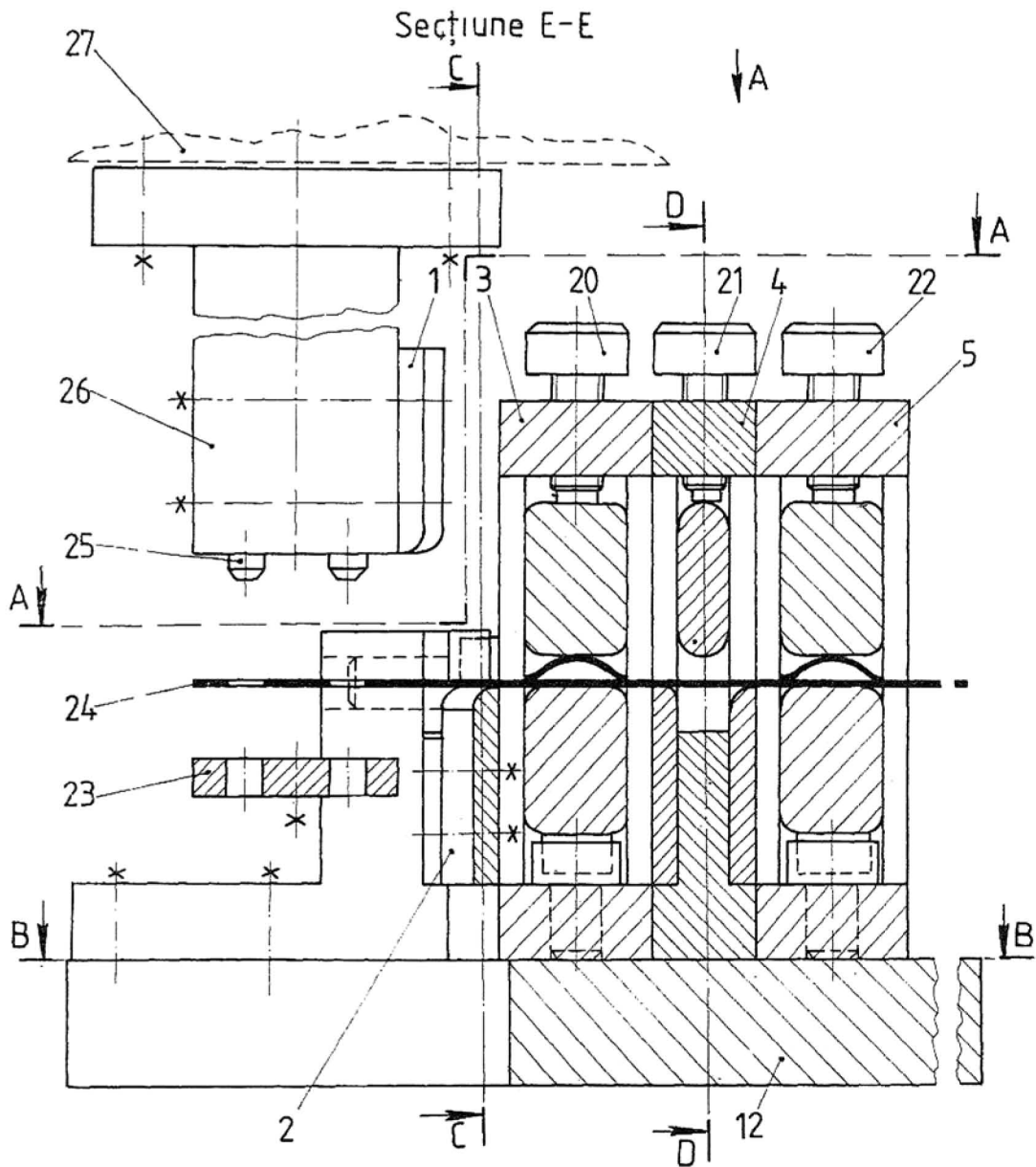


Fig. 13

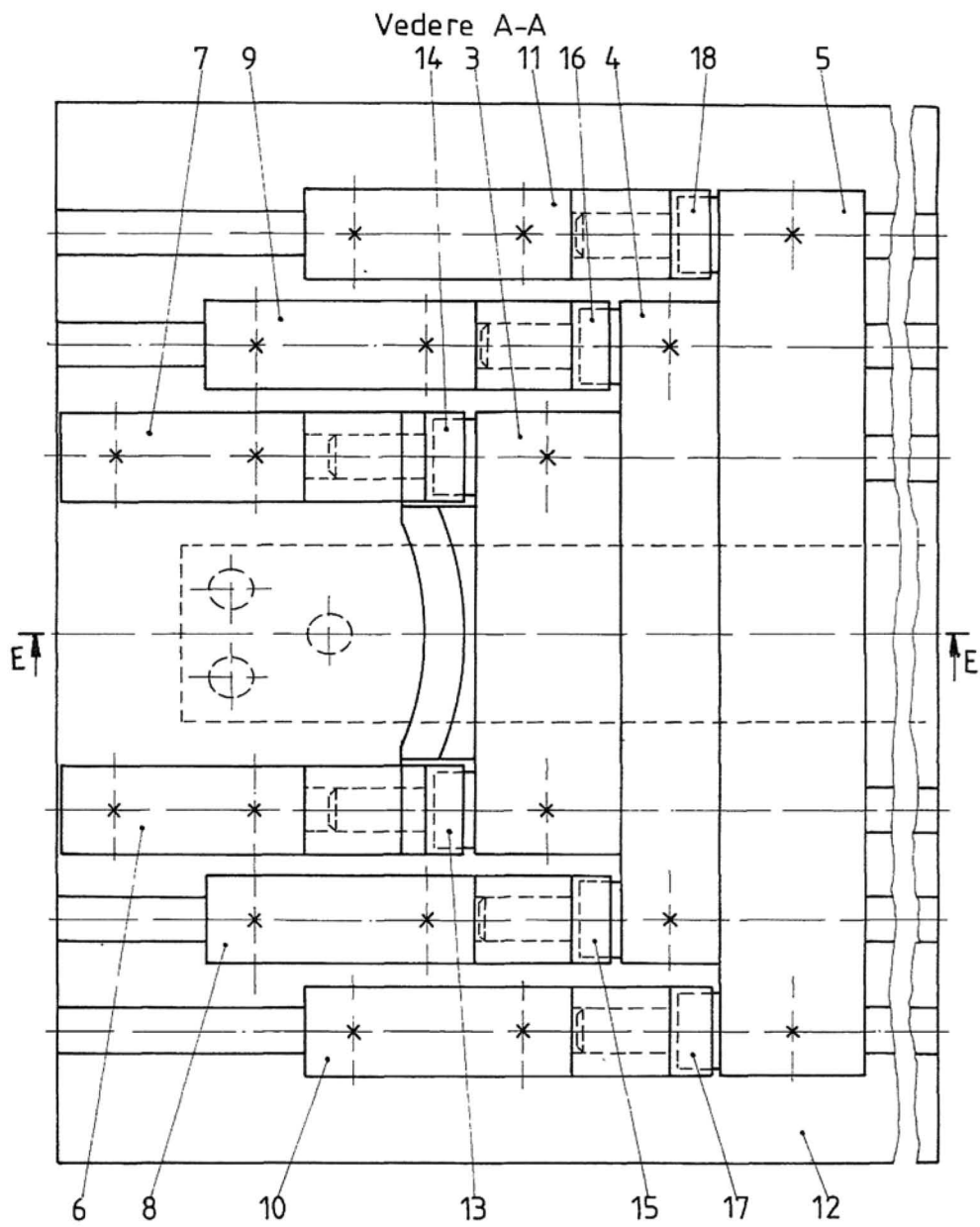


Fig. 14

(51) Int.Cl.

G06F 17/50 (2006.01);

B21D 22/20 (2006.01)

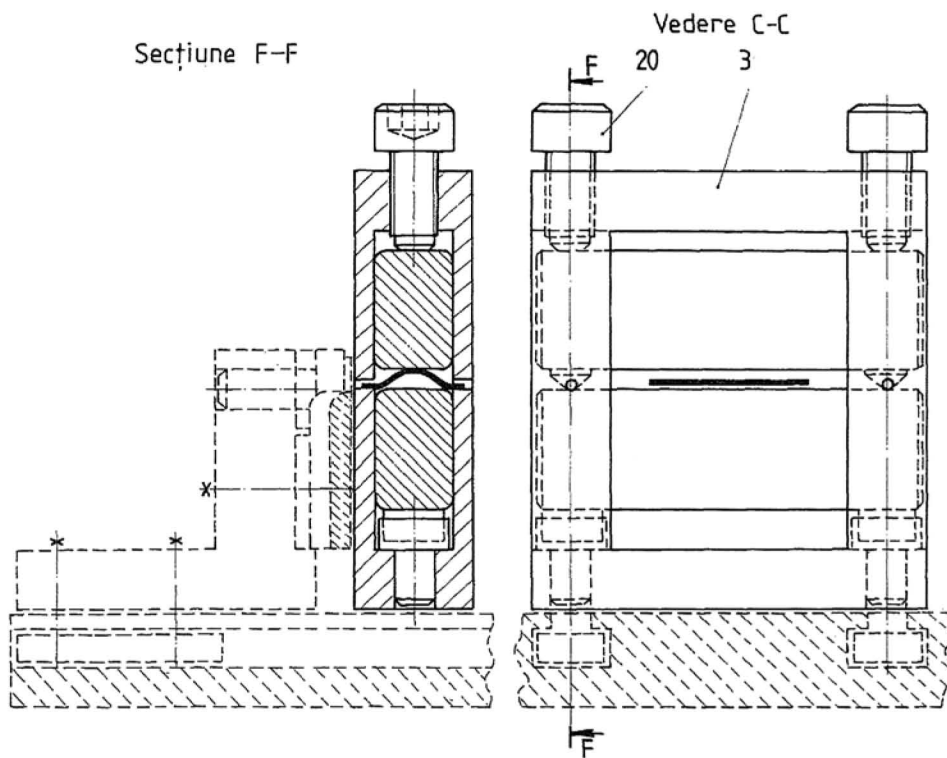


Fig. 15

(51) Int.Cl.

G06F 17/50 (2006.01);

B21D 22/20 (2006.01)

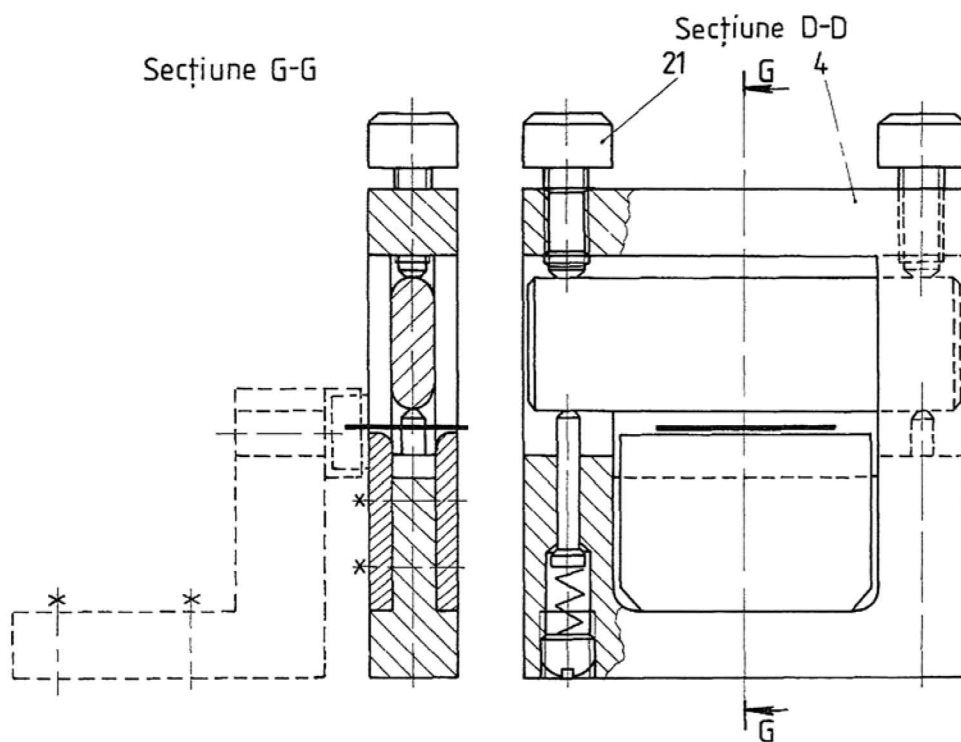


Fig. 16

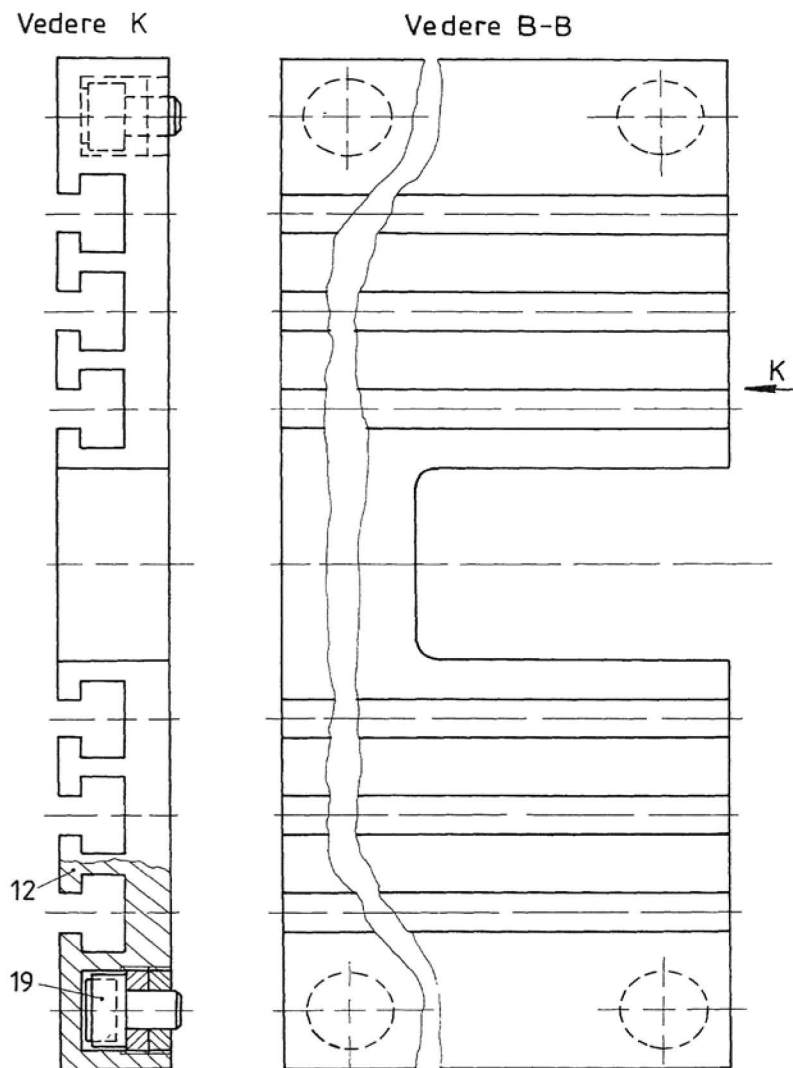


Fig. 17

