

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2020 00242**

(22) Data de depozit: **06/05/2020**

(41) Data publicării cererii:  
**29/11/2021** BOPI nr. **11/2021**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE ÎN SUDURĂ  
ȘI ÎNCERCĂRI DE MATERIALE - ISIM  
TIMIȘOARA, BD.MIHAI VITEAZU NR.30,  
TIMIȘOARA, TM, RO;**  
• **NANO INTELIFORM S.R.L.,  
CALEA MOȘNIȚEI NR.21, TIMIȘOARA, TM,  
RO**

(72) Inventatori:  
• **VERBIȚCHI VICTOR,  
STR.DUMITRU KIRIAC, NR.10, AP.11,  
TIMIȘOARA, TM, RO;**  
• **SÎRBU NICUȘOR-ALIN, ă  
STR.GAVRIL MUSICESCU NR.161, AP.2,  
TIMIȘOARA, TM, RO;**  
• **VLASCICI MIOMIR, STR.ROMULUS,  
NR.41, TIMIȘOARA, TM, RO**

(54) **METODĂ DE EXECUȚIE A UNOR ȚEVI DREPTUNGHIUARE  
ȘI PĂTRATE DIN ALIAJE DE ALUMINIU, PRIN PROCEDEUL  
DE SUDARE PRIN FRECARĂ CU ELEMENT ACTIV ROTITOR  
(FSW)**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de execuție a unor țevi din aliaje de Al cu secțiunea dreptunghiulară sau pătrată a căror laturi se încadrează în domeniul cuprins între 10...100 mm, cu grosimea de perete cuprinsă între 2...5 mm, metoda utilizând procedeul de sudare prin frecare cu element activ rotitor FSW pentru execuția propriu - zisă, precum și procesarea prin frecare cu element activ rotitor FSP pentru perfecționarea formei, aspectului și a unor caracteristici tehnice ale îmbinărilor. Metoda conform invenției constă în utilizarea unui șablon (1) pe care se amplasează două table (2 și 3) din aliaj de Al, de o parte și de alta a șablonului (1), care au fost îndoite în prealabil în formă de U pe șablonul (1), iar ambele table (2 și 3) sunt fixate pe șablonul (1) prin strângere cu niște bride (4), niște menghine (5) și niște șuruburi (6), prin care tablele (2 și 3) sunt fixate pe masa unei mașini FSW (7), unde tablele (2 și 3) sunt îmbinate cu ajutorul unei unelte FSW (8) care este poziționată pe cele două table (2 și 3), în așa fel încât pinul uneltei FSW (8) este introdus complet în cele două table pe linia de contact dintre acestea, iar umărul uneltei FSW (8) este introdus în cele două table pe o adâncime de pătrundere  $h = 0,2...0,3$  mm, astfel încât unealta FSW (8) se rotește cu o turație  $n = 600...3500$  rot/min și se deplasează pe direcția X cu o viteză  $v_{(x)} = 1...10$  mm/s, iar în continuare au loc re poziționări ale uneltei (8) ori de câte ori linia de îmbinare este întreruptă de bride sau menghine, precum și când linia de îmbinare depășește lungimea mesei

mașinii FSW (7), poziționarea și parcurgerea fiecărui traseu de îmbinare de pe cele două fețe ale șablonului (1) repetându-se până când liniile de îmbinare sunt parcurse complet, astfel încât s-a executat o țevă dreptunghiulară sau pătrată, prin procedeul de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW), după care urmează procesarea prin frecare cu element activ rotitor (FSP).

Revendicări: 2  
Figuri: 3

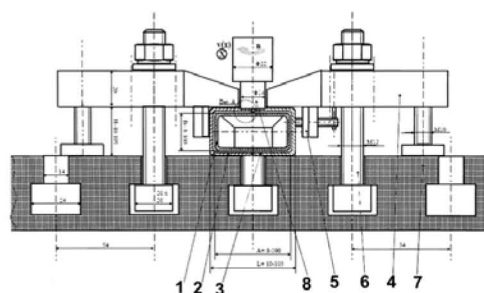


Fig. 1



18

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. a	2020 ep 242
Data depozit	06-05-2020

(a) **Metodă de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate din aliaje de aluminiu, prin procedeul de sudare prin frecare cu element activ rotitor (FSW)**

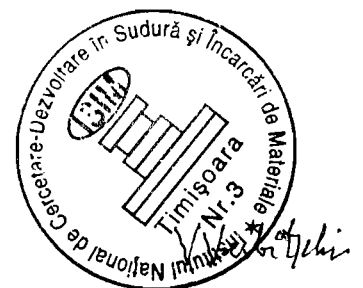
**- Descrierea invenției -**

(b) *Invenția se referă* la o metodă de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate, în domeniul de dimensiuni 10 – 100 mm al fiecărei laturi a dreptunghiului (sau pătratului) secțiunii transversale a țevii, utilizând semifabricate în formă de table din aliaje de aluminiu, de grosime în domeniul 2 – 5 mm, respectiv aplicând procedeul de sudare prin frecare cu element activ rotitor (friction stir welding, FSW) pentru execuția propriu-zisă, precum și procesarea prin frecare cu element activ rotitor (friction stir processing, FSP) pentru perfecționarea formei, aspectului, structurii și a unor caracteristici tehnice ale îmbinărilor.

Sudarea FSW este un procedeu de îmbinare neconvențional, iar procesarea FSP este un un procedeu neconvențional de tratament termomecanic. Se estimează și unele posibilități de implementare a metodei și la alte aplicații.

Metoda este destinată pentru procedeele menționate, care se caracterizează prin faptul că ele efectuează prelucrarea materialelor prin deformare plastică la rece, respectiv în domeniul de plasticitate al materialelor, până la maximum 80% din nivelul temperaturii (după scara de grade centigrade Celsius) de topire a acestor materiale, deci fără topirea lor. Principiul de funcționare al acestor procedee constă în utilizarea frecării în vederea generării căldurii necesare pentru aducerea materialelor procesate la temperatura de plastifiere necesară pentru deformarea plastică în condiții corespunzătoare sau optime a pieselor de procesat, în scopul realizării operațiilor de prelucrare dorite asupra acestora.

În cazul sudării FSW, scopul este realizarea îmbinării dintre două materiale similare sau disimilare prin agitarea și amestecarea mecanică a materialelor cu ajutorul uneltei specializate, care agită cele două materiale până la combinarea intimă a acestora în cadrul unei structuri comune. În cazul procesării FSP, scopul este modificarea structurii unui anumit metal de bază prin agitarea și amestecarea mecanică a materialului cu ajutorul uneltei specializate, care agită zonele din vecinătatea imediată a pinului uneltei până la combinarea intimă a acestor zone în cadrul unei structuri noi, cu caracteristici mecanice îmbunătățite.



(c) În stadiul actual al tehnicii, se execută țevi pătrate și dreptunghiulare din aliaje de aluminiu, prin tehnologia de fabricație industrială prin extrudarea anumitor aliaje de aluminiu, în stare plastifiată, în matrițe pentru formare continuă, în cadrul unor instalații care realizează un anumit nivel de presiune asupra cantității de aliaj de aluminiu, care trebuie extrudată. În scopul îndeplinirii cerințelor de calitate ale țevilor pătrate și dreptunghiulare, ca produse executate prin această tehnologie, se efectuează monitorizarea în timp real a parametrilor de funcționare ai utilajelor specializate pentru procedeul de extrudare menționat, precum și reglarea în timp real a acestor parametri, prin software specializat și dedicat.

Asupra desfășurării procesului de extrudare influențează și anumiți factori: forma, dimensiunile și materialul forme de extrudare, forma și dimensiunile incintei de presiune pentru extrudare, forma dimensiunile și poziționarea ghidajelor pentru extrudatele care ies din matrița de formare, natura, compoziția chimică și caracteristicile materialului de extrudat, starea suprafeței materialului de extrudat, starea de tratament mecanic, termic sau chimic, structura materialelor de extrudat, etc. Întrucât există numeroase variabile ale tehnologiei de extrudare, există mai multe variante ale procedeului sau mai multe procedee a extrudare.

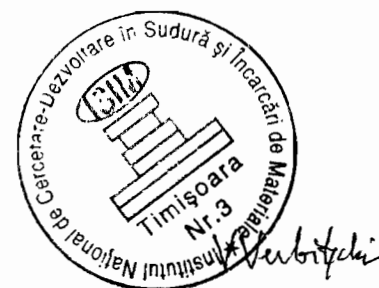
Randamentul energetic al procedeelor de extrudare este influențat de toți parametrii și factorii enumerați mai sus. Procedeele sunt foarte complexe și ele sunt analizate în detaliu prin software specializat de simulare, modelare și proiectare. Unele programe din această categorie se bazează pe analiza prin metoda elementului finit. Rezultatele analizei conduc la selectarea anumitor domenii de valori pentru parametrii procedeelor sau pentru anumiți factori.

La procedeele de extrudare, menținerea grosimii pereților semifabricatului extrudat este esențială pentru desfășurarea procedeului de extrudare, respectiv pentru rezultatele extrudării. Dificultățile tehnologice sunt cauzate în primul rând de această cerință tehnică.

În tehnica actuală sunt cunoscute două variante principale ale tehnologiei de extrudare:

- producerea unor profile deschise din aliaje de aluminiu (în formă de L, U, tablă ondulată, etc.); acestea se pot executa și prin laminare;
- extrudarea profilelor închise (țevi rotunde, țevi pătrate, țevi dreptunghiulare, țevi cu alte profile ale secțiunilor, etc. Execuția acestor semifabricate este mai complexă și mai dificilă. Soluția aceasta este foarte complexă, iar din acest motiv este și foarte costisitoare. Laminarea pe dorn calibrat este o altă tehnologie de fabricație a profilelor închise, la fel de dificilă și cu costuri mari.

Pe lângă tehnologia de fabricație a țevilor prin extrudare, există și tehnologia de fabricație a țevilor prin sudare pe generatoare, prin anumite procedee de sudare prin topire, care este mai puțin răspândită pentru aliaje de aluminiu. Această tehnologie se confruntă cu dificultățile cauzate de stratul de oxid de aluminiu, ceea ce este un dezavantaj major. De asemenea, efectul termic al sudării cauzează modificări ale structurii în mod asimetric, ceea ce conduce la anizotropia caracteristicilor mecanice pe secțiunea țevilor, un alt dezavantaj important.



(d) Problema pe care o rezolvă invenția este elaborarea unei metode de îmbinare FSW și de procesare FSP pentru execuția de țevi dreptunghiulare și pătrate din aliaje de aluminiu, ca o metodă inovativă de execuție a țevilor dreptunghiulare și pătrate, care utilizează table din aliajele de aluminiu, care se îndoaie ca profile U, cu mijloace disponibile în ateliere mecanice, fără a face apel la utilaje specifice industriei metalurgice. În continuare, aceste table profilate în U se așează pe șablonul utilizat la profilarea în U, iar ansamblul preliminar format din astfel de două profile U din table amplasate pe șablon se poziționează pe masa unei mașini FSW specializate sau a unei mașini de frezat, unde se execută îmbinarea celor două table profilate, utilizând procedeul FSW.

După executarea îmbinării prin FSW, în funcție de scopul urmărit, se poate aplica procesarea FSP, pentru perfecționarea îmbinărilor executate, respectiv pentru îmbunătățirea structurii și a caracteristicilor mecanice ale acestor îmbinări.

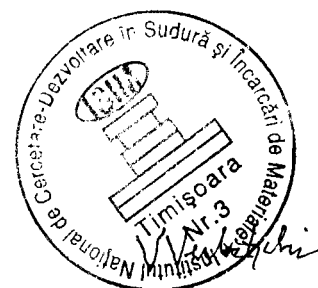
Metoda de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate din table de aliaje de aluminiu, prin procedeul FSW are unele avantaje tehnico-economice asupra metodei de execuție prin extrudare, care vor fi explicate pe parcurs. Acestea permit un regim mecanic adecvat și un randament mai ridicat al procesului tehnologic în cazul utilizării procedurii FSW pe metale de bază sub formă de table plane profilate în U, în condiții de atelier mecanic, conform anumitor cerințe tehnologice, dar utilizând echipamente de complexitate mai redusă, cu consum mai redus de energie, respectiv cu tensiuni interne și deformații minime ale materialelor de bază utilizate, în comparație cu metodele complexe de extrudare din tehnica actuală.

Metoda de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate din table de aliaje de aluminiu, utilizând îmbinarea FSW și procesarea FSP, conform invenției, înlătură dezavantajele menționate la pct. (c), prin aceea că metoda are următoarele modalități de realizare, mai avantajoase:

1. Debitarea unor fâșii din table plane de aluminiu, de grosime 2 - 5 mm, având lungimea și lățimea în funcție de dimensiunile țevilor care trebuie executate.

2. Profilarea în formă de profile U, în conformitate cu figura 1 și figura 2, având dimensiuni corespunzătoare, prin îndoirea fâșiilor de table executate în etapa precedentă. Îndoirea se execută pe un șablon, cu mijloace specifice unui atelier mecanic, fără a fi necesare utilaje specifice industriei metalurgice.

3. Poziționarea ansamblului de montaj provizoriu format din șablon și din tablele profilate în U, pe masa unei mașini specializate FSW sau pe masa unei mașini de frezare. Având în vedere dimensiunile uzuale ale semifabricatelor actuale (table, care au lungimea maximă de 3 m, respectiv profile sau țevi dreptunghiulare și pătrate, care au lungimea de maximum 6 m), dimensiunile subansamblului provizoriu pentru montaj vor fi de acest ordin de mărime, în ceea ce privește lungimea. Poziționarea se poate efectua prin 8 - 10 poziționări succesive ale subansamblului provizoriu pentru montaj, pe masa utilajului. Dar lungimea subansamblului poate fi mai redusă, de exemplu 0,60 - 3,00 m. Lățimea de gabarit a subansamblului este de maximum 100 - 120 mm, iar înălțimea subansamblului este de maximum 100- 120 mm, având în vedere dimensiunile menționate la început, pentru utilizarea metodei propuse aici.



4. Elaborarea unui program de îmbinare FSW și a unui program de procesare FSP, pentru executarea îmbinării FSW, urmată de executarea procesării FSP, pe lungimea permisă de cursele de deplasare a unelei FSW în spațiul de lucru al utilajului FSW sau al mașinii de frezare. După elaborare și verificare, acest program va fi repetabil, cu condiția respectării stricte a cotelor de poziționare și a dimensiunilor tablelor care se îmbină, a șablonului și a pieselor de prindere (bride, menghine, șuruburi, etc.), precum și cu respectarea naturii aliajului din care sunt executate tablele. Programul se execută în câteva faze, în funcție de poziționările și prinderile succesive. Astfel, în memoria automatului pentru conducerea mașinii FSW trebuie să fie memorate și disponibile mai multe programe, pentru întreaga gamă de țevi care se execută pe utilajul FSW sau pe mașina de frezat, care se utilizează.

5. Execuția unui program de îmbinare FSW automată și de procesare FSP automată, pentru a executa o țevă dreptunghiulară (sau pătrată) de anumite dimensiuni, program selecționat dintre programele elaborate, în conformitate cu cele prezentate la pct. 4, de mai sus.

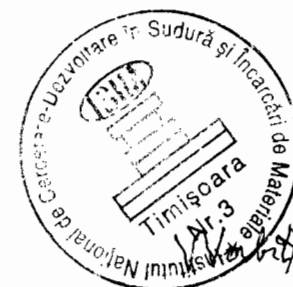
Tablele de îmbinat prin această metodă se poziționează pe șablonul sau modelul pe care ele au fost profilate în formă de U. Acest șablon constituie dispozitivul de poziționare. El se fixează cu menghine, bride, șuruburi, piulițe și piese anexe pe masa de lucru a unui utilaj FSW sau a unei mașini de frezare, în funcție de dimensiunile țevilor care trebuie realizate. Cel mai adecvat șablon este chiar o țevă dreptunghiulară sau pătrată, fabricată din oțel. Aceasta are rezistența mecanică și rigiditatea necesare pentru a menține forma prevăzută, în timpul procesului de execuție a țevilor dreptunghiulare și pătrate din aliaj de aluminiu.

- În funcție de valorile parametrilor de îmbinare FSW și de procesare FSP, precum și de utilizările țevilor din aliaj de aluminiu executate prin această metodă, șablonul din țevă de oțel poate fi extras din țeava din aliaj de aluminiu executată sau poate rămâne în interior, ca miez de rezistență ridicată, pentru anumite aplicații;

Se poate pune întrebarea, de ce nu se utilizează direct țevile dreptunghiulare sau pătrate din oțel. Răspunsul este următorul: Țevile de aluminiu se aplică la construcții metalice ușoare, pentru rezistență la coroziune, unde oțelul este neadecvat, din cauza raportului rezistență/greutate mai redus decât la aliaje de aluminiu. De asemenea, aliajele de aluminiu au rezistență la coroziune corespunzătoare, spre deosebire de oțel, care nu are rezistență la coroziune, iar de aceea el necesită acoperiri de protecție.

În cazul în care se execută țevi din aliaje de aluminiu, pe șabloane de lungime mai mare, de 4 - 6 m sau mai mult, mai sunt necesare două suporturi laterale, situate la capetele ansamblului preliminar format din șablon și din tablele profilate în U amplasate pe șablon.

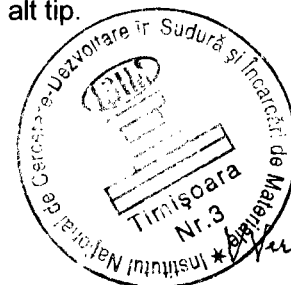
(e) Metoda de execuție a unor țevi pătrate și dreptunghiulare din aliaj de aluminiu, prin procedeul de îmbinare FSW și prin procesare FSP, propusă aici, conform invenției, este descrisă în continuare.



Scopul metodei propuse este de a obține țevi pătrate și dreptunghiulare, pornind de la semifabricate din categoria table netede din aliaje de aluminiu, care sunt accesibile pe piața materialelor pentru construcții metalice, la un preț de achiziție relativ redus. De asemenea, prețul mai redus al metodei elaborate reflectă complexitatea mai redusă a tehnologiei care se aplică, ceea ce nu înseamnă însă că nivelul tehnic al tehnologiei nu este ridicat. Utilajul FSW necesar pentru metoda propusă are gradul de complexitate al unei mașini de frezat, dar la nivelul tehnic internațional actual al acestei categorii de utilaje, având acționări digitale de precizie, precum și un automat pentru automatizare mașini (MAC), pentru conducerea automată a proceselor. Acest automat este la un nivel superior al performanțelor, comparativ cu un controler logic programabil PLC, din generația precedentă. Aceste dotări asigură desfășurarea adecvată a proceselor FSW și FSP, cu eforturi mecanice minimize ale uneltei FSW în timpul proceselor, care conduc la obținerea de rezultate corespunzătoare ale fabricației.

Energia termică este dezvoltată în timpul procesului FSW de frecarea și deformarea metalelor de bază exercitate de umărul uneltei, precum și de pinul uneltei. În metoda propusă, producerea energiei termice prin frecare are un randament mai mare, deoarece suportul tablelor care se îmbină este peretele țevii șablon, a cărui grosime este de 1 – 3 mm, pentru dimensiunile de 10 – 100 mm ale laturii țevilor care se obțin prin metoda propusă. Masa peretelui țevii șablon este mult mai redusă decât masa unei table de bază de 20-25 mm a unui dispozitiv de poziționare pentru operații FSW, utilizat în alte cazuri. De aceea, peretele țevii șablon acumulează o cantitate de căldură mai redusă până la atingerea temperaturii de plastifiere a metalului de bază la țevilor din aliaj de aluminiu, amplasate deasupra. De asemenea, datorită grosimii reduse a peretelui țevii șablon, secțiunea prin care se transmite căldura din zona de operare a uneltei FSW, spre zonele alăturate, este mai redusă, astfel încât căldura se acumulează în zona de acțiune a uneltei FSW, ceea ce favorizează ridicarea rapidă a temperaturii până la temperatura de plastifiere. În schimb, la tehnologia de extrudare, efortul mecanic contribuie în măsură mai redusă la plastifierea metalului, iar temperatura de plastifiere se obține prin metode de încălzire exterioare, suplimentare. În acest mod, se apreciază că randamentul total al procesului mecano-termic complex al procedurii FSW aplicat prin metoda propusă aici este superior randamentului procesului de extrudare. Se pot efectua anumite calcule energetice în acest sens, dar pentru concizia exprimării, se menține raționamentul logic.

Metoda propusă se aplică în câteva etape, în funcție de lungimea țevii care trebuie executată și de modalitățile de fixare cu bride și menghine a tablelor, pentru a se evita deformările și deplasările tablelor. Fiecare etapă corespunde la o poziționare și o prindere pe masa de lucru a unui utilaj FSW sau de frezat. În fiecare etapă se execută cel puțin un rând de îmbinare FSW. Dacă prinderile cu bride și menghine nu permit execuția unui singur rând FSW, se execută câteva rânduri pentru fiecare poziționare a subansamblului preliminar de table profilate în U amplasate de șablon. Gaura finală a fiecărui rând FSW se corectează prin una sau două treceri FSP, prin care se corectează și alte eventuale imperfecțiuni de lipsă de consolidare sau de alt tip.



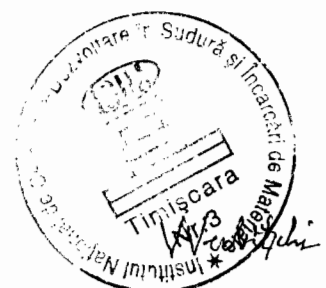
Se impune corelarea comenzilor pentru actuatorile echipamentului de procesare prin frecare, în cadrul programelor de îmbinare FSW automată, astfel încât să se obțină randamentul maxim al procesului tehnologic, prin reducerea intervalelor pentru fazele intermediare ale procesului, în care are loc disiparea energiei dezvoltate prin procesul de frecare în masa pieselor de sudat, fără ca această energie să fie folosită în mod util pentru plastifierea materialelor de bază.

În legătură directă cu această precizare, se recomandă ca tablele de îmbinat FSW și de procesat prin FSP, amplasate pe șablon, să fie izolate termic față de masa mașinii FSW, prin introducerea unor plăci din materiale izolatoare termic, pentru a nu exista pierderi de energie termică pentru încălzirea mesei utilajului FSW, nici prin radiație și convecție în mediul ambiant.

Forța de apăsare pe verticală trebuie să aibă o valoare corespunzătoare pentru a realiza temperatura necesară prin procesul de frecare, dar fără a produce pătrunderea prea adâncă a uneltei de frecare în metalele de bază, ceea ce provoacă reducerea inutilă și nedorită a grosimii metalelor de bază; în cazul în care pătrunderea este excesivă, îmbinarea realizată prin procedeul FSW prezintă imperfecțiunea de lipsă de material, care trebuie evitată. În acest scop, trebuie reduse denivelările, revenirile elastice și efectul de bombare a suprafeței metalelor de bază în timpul proceselor FSW și FSP pentru execuția de țevi pătrate și dreptunghiulare prin metoda propusă acum. Pentru reducerea denivelărilor menționate, se aplică menghine sau bride pentru apăsarea verticală constantă, astfel încât umărul și pinul uneltei să participe numai la procesul de îmbinare propriu-zis, fără a efectua nivelarea nedorită a suprafeței metalului de bază, prin adâncimea de pătrundere variabilă în metalul de bază a umărului uneltei.

În scopul evitării apariției imperfecțiunilor de lipsă de consolidare, de tipurile cavitare, canal sau tunel, care afectează negativ caracteristicile îmbinărilor FSW, trebuie aplicate forțe laterale orizontale, perpendiculare pe direcția de sudare FSW. Aceste forțe trebuie să producă refularea materialului agitat, astfel încât golurile de material să dispară prin comprimare. Forțele de strângere laterală se aplică prin montarea unor menghine și bride pentru strângerea pe direcție orizontală. Toate aceste menghine și bride reduc spațiul de deplasare la uneltei FSW, astfel încât amplasarea lor este foarte dificilă și solicită multă ingeniozitate.

Corelarea comenzilor pentru fiecare fază a procesului de prelucrare prin frecare se realizează prin respectarea diagramei de timp a procesului tehnologic, transpusă în programul de funcționare automată a utilajului de prelucrare prin frecare, pentru fiecare tronson al liniei de îmbinare a tablelor profilate în U. Aceasta permite realizarea efectelor energetice necesare în fiecare fază elementară a procesului de frecare. În unele situații este necesară programarea în mod adecvat în timp a comenzilor în cadrul programului de funcționare automată, pentru distribuirea în timp și în spațiu, într-un anumit mod, a efectelor energetice ale procesului de sudare, în funcție de configurația pieselor de sudat.





Dimensiunile țevilor pătrate și dreptunghiulare care se execută prin această metodă depind de dimensiunile șablonului sau modelului întrebuițat.

În conformitate cu figura 1 și figura 3.a, în cazul în care șablonul care se utilizează este o țeavă dreptunghiulară (sau pătrată) de oțel cu dimensiunile exterioare ale secțiunii dreptunghiulare  $A \times B$ , dimensiunile exterioare  $L \times H$  ale secțiunii tablei profilate în U din aliaj de aluminiu, care se execută pentru acest model, se calculează cu relațiile următoare:

$$L / 2 = A / 2 + t + \Delta t \quad \text{este lățimea exterioară a țevii profilate în U;} \quad (1)$$

$$H = B + 2 t + 2 \Delta t \quad \text{este înălțimea exterioară a țevii profilate în U;} \quad (2)$$

În aceste relații s-au utilizat următoarele notații (în conformitate cu figura 1 și figura 3.a):

$$A = 40 \text{ mm} \quad \text{este lățimea țevii șablon;} \quad (3)$$

$$B = 20 \text{ mm} \quad \text{este înălțimea țevii șablon;} \quad (4)$$

$$t = 2,0 \text{ mm} \quad \text{este grosimea tablei țevii profilate în U;} \quad (5)$$

$$\Delta t = 0,5 \text{ mm} \quad \text{este interstițiul (jocul) dintre țeava profilată în U și țeava șablon;} \quad (6)$$

Îmbinarea FSW a tablelor profilate de aliaj de aluminiu se execută de preferință pe latura mai mare a țevii șablon, adică pe latura A.

Pentru a obține tabla profilată în U cu dimensiunile L și H menționate, trebuie cunoscută valoarea lățimii desfășurate a fâșiei de tablă din aliaj de aluminiu, care se îndoie pentru a forma tabla profilată în U. Întrucât îndoirea se face pe linia mediană a grosimii tablei, în primă aproximație, lungimea desfășurată este:

$$L(\text{desfășurată}) = B + 2 (t/2 + \Delta t) + 2 [(A/2) + (t/2 + \Delta t)] \quad (7)$$

În această situație, pe raza interioară de îndoire, metalul se comprimă și se deformează, iar pe raza exterioară de îndoire, metalul se întinde și crapă. Pentru a evita acest comportament, se introduce un adaos de pentru îndoire, iar relația de calcul pentru lungimea desfășurată devine:

$$L(\text{desfășurată}) = B + t + 2\Delta t + A + t + 2\Delta t + 2 (\pi/2) R \quad (8)$$

unde:





$(\pi/2)R$  este lungimea sectorului de cerc pentru îndoirea tablei, în dreptul unei muchii a țevii șablon, ca adaos pentru o îndoire;

$R$  este raza de racordare pentru îndoirea tablei de aluminiu;

Valoarea razei de racordare  $R$  trebuie stabilită cu mare precizie, în așa fel încât îndoirea să solicite mai puțin materialul tablei.

Astfel, raza de racordare  $R$  se poate calcula cu relația:

$$R = t/2 + \Delta R \quad (9)$$

În această relație,  $\Delta R$  reprezintă un adaos care ține cont că, în condiții reale, sectorul de îndoire al tablei exterioare nu se așează perfect pe șablon.

Adaosul  $\Delta R$  este estimat, pe bază experimentală, la valoarea următoare:

$$\Delta R = 1,0 \text{ mm} \quad (10)$$

Înlocuind relația 9 în relația 8, se obține următoarea formulă de calcul pentru lățimea desfășurată a fâșiei pentru execuția tablei profilate în U:

$$L(\text{desfășurată}) = A + t + 2\Delta t + B + t + 2\Delta t + 2(\pi/2) (t/2 + \Delta R) \quad (11)$$

După efectuarea calculelor, se obține forma finală pentru formula de calcul a lungimii desfășurate, bazată pe experimente:

$$L(\text{desfășurată}) = A + B + 2t + 4\Delta t + \pi (t/2 + \Delta R) \quad (12)$$

Dacă înlocuim valorile numerice în conformitate cu figura 1 și figura 3.a, se obține următoarea valoare pentru lățimea desfășurată a fâșiei pentru execuția tablei profilate în U:

$$L(\text{desfășurată}) = 40 + 20 + 2 \cdot 2 + 4 \cdot 0,5 + \pi \cdot (2/2 + 1) \quad (13)$$

$$L(\text{desfășurată}) = 72,28 \text{ mm} \quad (14)$$

În cazul în care lățimea desfășurată are valoarea prea mică, sau dacă îndoirea nu este efectuată corect, între cele două table profilate în U rămâne un interstițiu, care duce la formarea unor imperfecțiuni de consolidare (cavitate, canal sau tunel), dar și la defecte, care trebuie evitate.



(f) Metoda de execuție a unor țevi dreptunghiulare sau pătrate din table de aliaj de aluminiu, prin îmbinare FSW și procesare FSP, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- Metoda propusă realizează țevi dreptunghiulare și pătrate, prin utilizarea unor semifabricate sub forma de table netede, relativ ușor accesibile și la un preț relativ redus, pe piața materialelor metalice pentru construcții ușoare.

- Metoda propusă realizează țevi dreptunghiulare și pătrate, utilizând o soluție tehnică mai accesibilă din punct de vedere tehnologic, anume prin utilizarea procesului de îmbinare FSW și de procesare FSP, care sunt mai accesibile și care necesită echipamente relativ mai puțin complexe și costisitoare, comparativ cu procedeul tehnologic de extrudare, utilizat în prezent la fabricarea unor profile din aliaje de aluminiu, inclusiv țevi pătrate și dreptunghiulare, destinate pentru construcții metalice ușoare.

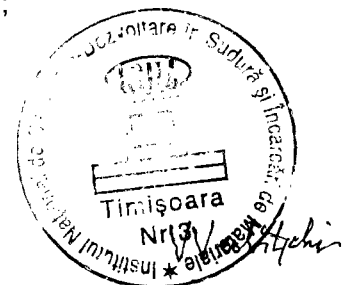
- Mecanismele de prindere și de ajustare a poziției tablelor de metal de bază de la metoda propusă au o anumită dimensionare și precizie de execuție, care asigură precizia dimensională a execuției țevelor pătrate și dreptunghiulare, fără a recurge la costuri suplimentare ridicate.

- Sistemele de reglare ale echipamentelor FSW realizează menținerea poziției uneltei FSW față de tablele de metal de bază cu precizie de 10 microni față de valoarea prescrisă. Vitezele de deplasare X-Y-Z sunt menținute la valorile prescrise cu precizia de 10 microni/secundă. Menținerea turației față de valoarea prescrisă se realizează cu precizia de 1,0 rot/min. Forțele aplicate pe direcțiile X-Y-Z sunt menținute cu precizia de ordinul 10 N, față de valoarea prescrisă. În această situație, precizia de execuție a îmbinărilor FSW, respectiv a țevelor dreptunghiulare și pătrate executate prin metoda propusă, prin procedeul FSW, este de ordinul de mărime 0,030-0,040 mm, estimată prin cumulara efectelor pe cele patru grade de libertate ale unui utilaj FSW de nivel tehnic mediu din generația actuală. Acest nivel de precizie este adecvat pentru nivelul toleranțelor de fabricație pentru clasa de execuție mijlocie sau chiar ridicată. Desigur că nivelul de execuție nu depinde numai de aceste caracteristici.

- Prin metoda propusă se evită soluțiile tehnologice dificile, specifice tehnologiei de extrudare și costurile aferente;

- Dispozitivul de îmbinare FSW și de procesare FSP este simplu, întrucât el constă din șablonul pentru profilarea și menținerea formei de profil U al tablelor care se îmbină, la care se adaugă câteva bride, menghine, șuruburi, piulițe și accesorii, care sunt necesare din punct de vedere tehnologic pentru precizia cerută. Dispozitivul nu necesită operațiuni de întreținere. Acest dispozitiv are un cost redus, estimat la câteva sute de Euro, întrucât el are în componență doar câteva materiale, la care sunt efectuate câteva prelucrări;

- Metoda abordată produce jocuri reduse în mecanismele acționărilor utilajelor pentru FSW și FSP, evaluate la 0,2 – 0,3 mm la muchia de atac a umărului uneltei FSW;



- Consumul de unelte FSW este redus, deoarece uneltele funcționează în aliaje de aluminiu, care au rezistența la rupere și duritatea de valori mai reduse, în stare plastifiată, comparativ cu alte materiale;

- Consumul de energie electrică al motoarelor acționărilor pentru deplasările X-Y-Z și pentru rotirea uneltei este mai redus decât la extrudare, unde eforturile mecanice sunt foarte ridicate;

- Metoda asigură controlul asupra formei, dimensiunilor, aspectului, caracteristicilor mecanice și proprietăților fizico-chimice ale metalului pieselor la care se execută operațiuni de îmbinare și procesare prin frecare cu element activ rotitor;

- În funcție de valorile parametrilor de îmbinare FSW și de procesare FSP, șablonul din țeavă de oțel poate fi extras din țeava din aliaj de aluminiu executată sau poate rămâne în interior, ca miez de rezistență ridicată;

- Deformația pieselor de metal de bază la care se aplică metoda propusă este mai redusă, deoarece regimul termic este controlat, la aplicarea procedeeleor FSW și FSP.

(g) Se dă, în continuare, **un exemplu de realizare a invenției**, în legătură și cu figura 1, figura 2, figura 3.a și figura 3.b.

Figura 1 prezintă principiul metodei de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate din aliaje de aluminiu, prin procedeele FSW și FSP, precum și dispozitivul de poziționare.

Figura 2 prezintă un exemplu de țeavă profilată în prealabil prin îndoire în U, pentru metoda de execuție a țevilor dreptunghiulare și pătrate, prin procedeele FSW și FSP.

Figura 3.a prezintă detaliat poziționarea uneltei FSW, în raport cu țevile de îmbinat și de procesat.

Figura 3.b prezintă un detaliu privind adâncimea de pătrundere a umărului uneltei în metalul de bază, ca parametru la procedeele FSW și FSP, pentru metoda propusă.

(h) Metoda de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate din aliaje de aluminiu, prin procedeul de îmbinare FSW și de procesare FSP, conform invenției, prin referire la figura 1, constă în utilizarea unui șablon 1, pe care se amplasează o tablă 2 din aliaj de aluminiu, precum și o tablă 3 din aliaj de aluminiu, iar tablele 2 și 3 au fost în prealabil îndoite în formă de profil U (figura 2) pe șablonul 1, de o parte și de alta a acestuia, iar ambele table sunt fixate prin strângere pe șablonul 1 cu niște bride 4, niște menghine 5 și niște șuruburi 6, iar tablele 2 și 3 sunt metale de bază (MB) de îmbinat prin FSW (și de procesat prin FSP), poziționate pe masa unei mașini FSW 7, astfel încât, conform invenției, o unealtă FSW 8 este poziționată pe cele două table 2 și 3, în contact cu acestea (figura 3.a), pinul uneltei 8 fiind introdus complet în cele două table pe linia de contact dintre acestea, iar umărul uneltei 8 fiind introdus în cele două table pe o adâncime de



pătrundere  $h = 0,2 - 0,3$  mm (figura 3.b), astfel încât unealta 8 se rotește cu o turație  $n = 600 - 3500$  rot/min și se deplasează pe direcția X cu o viteză  $v(x) = 1-10$  mm/s (până la max. 33 mm/s), astfel încât, conform invenției, adâncimea de pătrundere  $h$ , turația  $n$  și viteza de deplasare  $v(x)$  sunt parametrii principali ai unui proces de îmbinare FSW, urmat de un proces FSP (pentru perfecționarea structurii îmbinării sau pentru corectarea unor eventuale imperfecțiuni), astfel încât, conform invenției, unealta 8 parcurge complet traseul pe linia de îmbinare dintre tablele 2 și 3,

iar apoi se efectuează o nouă poziționare a tablelor pe masa mașinii FSW 7, pentru un nou traseu (aferent unui nou tronson al liniei de îmbinare, întrucât linia de îmbinare poate fi întreruptă de bride sau menghine, respectiv linia de îmbinare poate depăși lungimea mesei mașinii FSW), după care unealta 8 parcurge complet noul traseu, iar apoi poziționarea și parcurgerea fiecărui traseu de îmbinare se repetă până când linia de îmbinare este parcursă complet, astfel încât, conform invenției, s-a executat o îmbinare completă a tablelor 2 și 3 pe o parte a șablonului 1,

iar apoi, ansamblul provizoriu constituit din șablonul 1, împreună cu tablele 2 și 3 este răsturnat cu  $180^\circ$  față de masa utilajului FSW 7, pentru a fi accesat pe partea opusă de către unealta 8, după care se reia pe această parte toată seria de prinderi ale ansamblului provizoriu și de parcurgeri ale traseelor de îmbinare,

astfel încât, conform invenției, parcurgerea tuturor traseelor de îmbinare și intermediare se efectuează prin programe automate elaborate în prealabil pentru fiecare traseu aferent fiecărei poziționări, fiecare program fiind elaborat în acest scop prin software-ul de utilizare al mașinii FSW, astfel încât, conform invenției, după parcurgerea tuturor traseelor de îmbinat, pe ambele părți, s-a executat o țevă dreptunghiulară sau pătrată din tablele 2 și 3 de aliaj de aluminiu, prin procedeul FSW (și procedeul FSP), conform metodei de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate din table de aliaj de aluminiu, prin procedeele FSW și FSP.

(i) Invenția poate fi **aplicată industrial** pe mașini specializate pentru îmbinare FSW și pentru procesare FSP, în scopul executării unor țevi dreptunghiulare sau pătrate din aliaje de aluminiu, ca soluție tehnică mai eficientă, alternativă la fabricația acestor țevi prin tehnologia de extrudare, tehnologia de laminare sau alte tehnologii de sudare.

Pregătirea adecvată a pieselor de îmbinat prin FSW și de procesat prin FSP, mecanizarea și automatizarea permit repetabilitatea execuției și îndeplinirea cerințelor tehnice de calitate.

Aplicațiile țintă constau în amenajări, construcții ușoare și structuri sudate solicitate la coroziune în atmosferă. Domeniile vizate ale aplicațiilor sunt: construcții, electrotehnică, industria prelucrătoare, material rulant și industria de automobile.

Procedeul FSW și procedeul FSP sunt ecologice, deoarece ele nu utilizează substanțe toxice și nu produc deșeuri sau substanțe nocive.

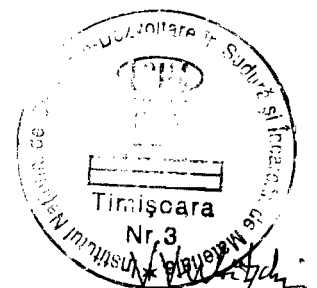


4

**Metodă de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate  
din aliaje de aluminiu, prin procedeul de sudare prin frecare  
cu element activ rotitor (FSW)**

**Revendicări**

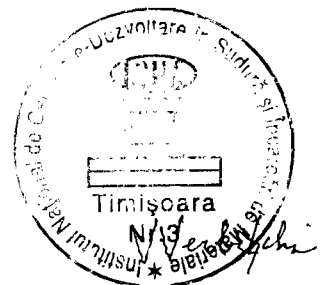
**1. Metoda de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate din aliaje de aluminiu, prin procedeul de îmbinare FSW și de procesare FSP, conform invenției, caracterizată prin aceea că, prin referire la figura 1, ea constă în utilizarea unui șablon 1, pe care se amplasează o tablă 2 din aliaj de aluminiu, precum și o tablă 3 din aliaj de aluminiu, iar tablele 2 și 3 au fost în prealabil îndoite în formă de profil U (figura 2) pe șablonul 1, de o parte și de alta a acestuia, iar ambele table sunt fixate prin strângere pe șablonul 1 cu niște bride 4, niște menghine 5 și niște șuruburi 6, iar tablele 2 și 3 sunt metale de bază (MB) de îmbinat prin FSW (și de procesat prin FSP), poziționate pe masa unei mașini FSW 7, astfel încât, conform invenției, o unealtă FSW 8 este poziționată pe cele două table 2 și 3, în contact cu acestea (figura 3.a), pinul uneltei 8 fiind introdus complet în cele două table pe linia de contact dintre acestea, iar umărul uneltei 8 fiind introdus în cele două table pe o adâncime de pătrundere  $h = 0,2 - 0,3$  mm (figura 3.b), astfel încât unealta 8 se rotește cu o turație  $n = 600 - 3500$  rot/min și se deplasează pe direcția X cu o viteză  $v(x) = 1-10$  mm/s, astfel încât, conform invenției, adâncimea de pătrundere  $h$ , turația  $n$  și viteza de deplasare  $v(x)$  sunt parametrii principali ai unui proces de îmbinare FSW, urmat de un proces FSP (pentru perfecționarea structurii îmbinării sau pentru corectarea unor eventuale imperfecțiuni), astfel încât, conform invenției, unealta 8 parcurge complet traseul pe linia de îmbinare dintre tablele 2 și 3, iar apoi se efectuează o nouă poziționare a tablelor pe masa mașinii FSW 7, pentru un nou traseu (aferent unui nou tronson al liniei de îmbinare, întrucât linia de îmbinare poate fi întreruptă de bride sau menghine, respectiv linia de îmbinare poate depăși lungimea mesei mașinii FSW), după care unealta 8 parcurge complet noul traseu, iar apoi poziționarea și parcurgerea fiecărui traseu de îmbinare se repetă până când linia de îmbinare este parcursă complet, astfel încât, conform invenției, s-a executat o îmbinare completă a tablelor 2 și 3 pe o parte a șablonului 1, iar apoi, ansamblul provizoriu constituit din șablonul 1, împreună cu tablele 2 și 3 este răsturnat cu  $180^\circ$  față de masa utilajului FSW 7, pentru a fi accesat pe partea opusă de către unealta 8, după**



care se reia pe această parte toată seria de prinderi ale ansamblului provizoriu și de parcurgeri ale traseelor de îmbinare,

astfel încât, conform invenției, parcurgerea tuturor traseelor de îmbinare și intermediare se efectuează prin programe automate elaborate în prealabil pentru fiecare traseu aferent fiecărei poziționări, fiecare program fiind elaborat în acest scop prin software-ul de utilizare al mașinii FSW, astfel încât, conform invenției, după parcurgerea tuturor traseelor de îmbinat, pe ambele părți, s-a executat o țevă dreptunghiulară sau pătrată din tablele 2 și 3 de aliaj de aluminiu, prin procedeul FSW (și procedeul FSP), conform metodei de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate din table de aliaj de aluminiu, prin procedeele FSW și FSP.

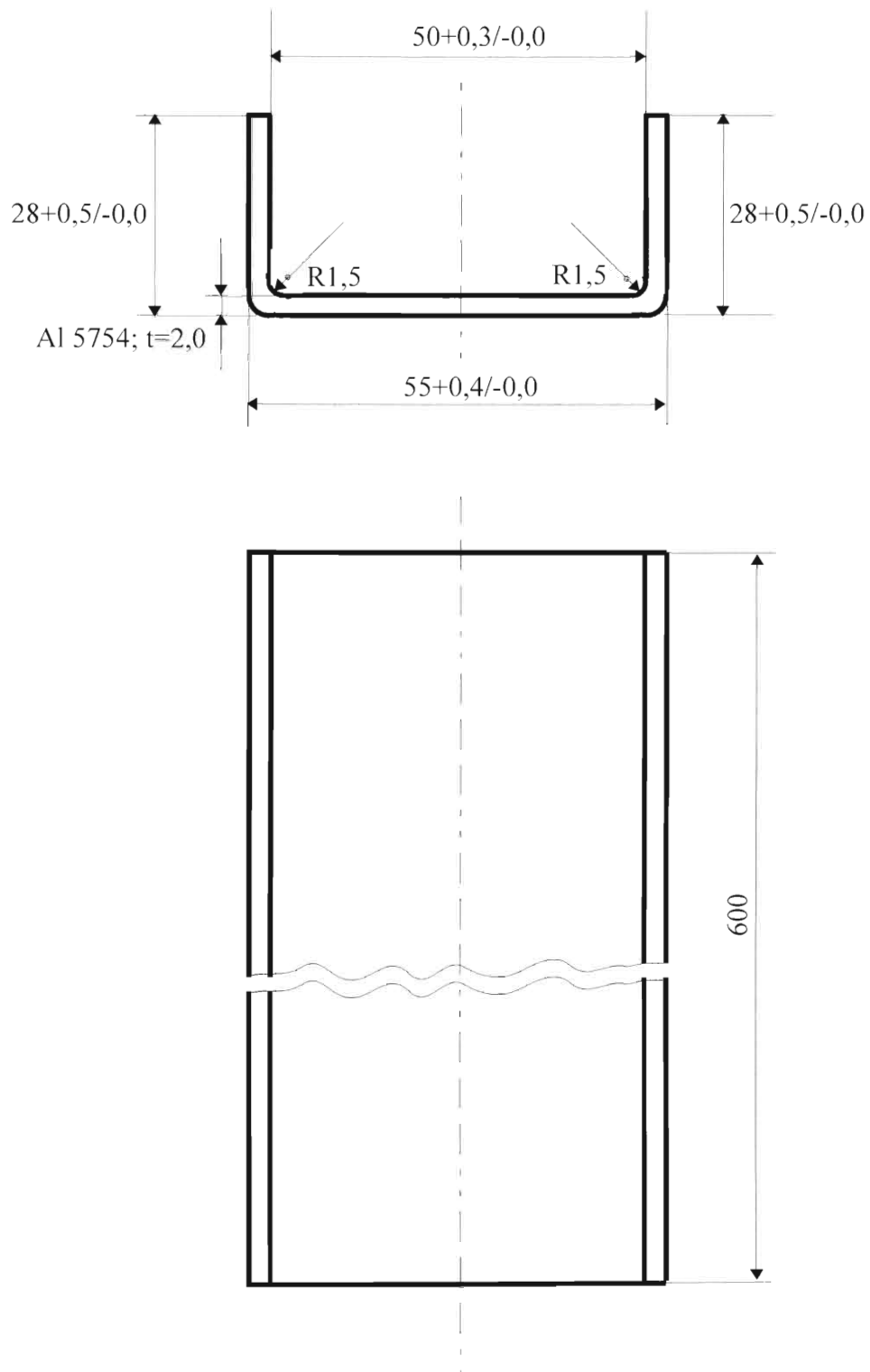
**2. Dispozitiv pentru metoda de execuție a unor țevi dreptunghiulare și pătrate din aliaje de aluminiu, prin procedeul de îmbinare FSW și de procesare FSP, conform invenției, caracterizat prin aceea că, prin referire la figura 1, el are următoarele componente: un șablon 1, pe care se amplasează o tablă 2 din aliaj de aluminiu, precum și o tablă 3 din aliaj de aluminiu, iar tablele 2 și 3 au fost în prealabil îndoite în formă de profil U (figura 2) pe șablonul 1, de o parte și de alta a acestuia, iar ambele table sunt fixate prin strângere pe șablonul 1 cu niște bride 4, niște menghine 5 și niște șuruburi 6, iar tablele 2 și 3 sunt metale de bază (MB) de îmbinat prin FSW (și de procesat prin FSP), poziționate pe masa unei mașini FSW 7, astfel încât, conform invenției, o unealtă FSW 8 este poziționată pe cele două table 2 și 3, în contact cu acestea (figura 3.a), pinul uneltei 8 fiind introdus complet în cele două table pe linia de contact dintre acestea, iar umărul uneltei 8 fiind introdus în cele două table pe o adâncime de pătrundere  $h = 0,2 - 0,3$  mm (figura 3.b), astfel încât unealta 8 se rotește cu o turație  $n = 600 - 3500$  rot/min și se deplasează pe direcția X cu o viteză  $v(x) = 1-10$  mm/s.**







## DESENE



Observație. Tablă profilată în U, pentru executarea unei țevi pătrate de 55 mm x 55 mm.  
Dimensiunile inițiale ale tablei 600 mm x 110 mm x 2,0 mm. Necesari de materiale: 2 buc.

FIGURA 2



## DESENE

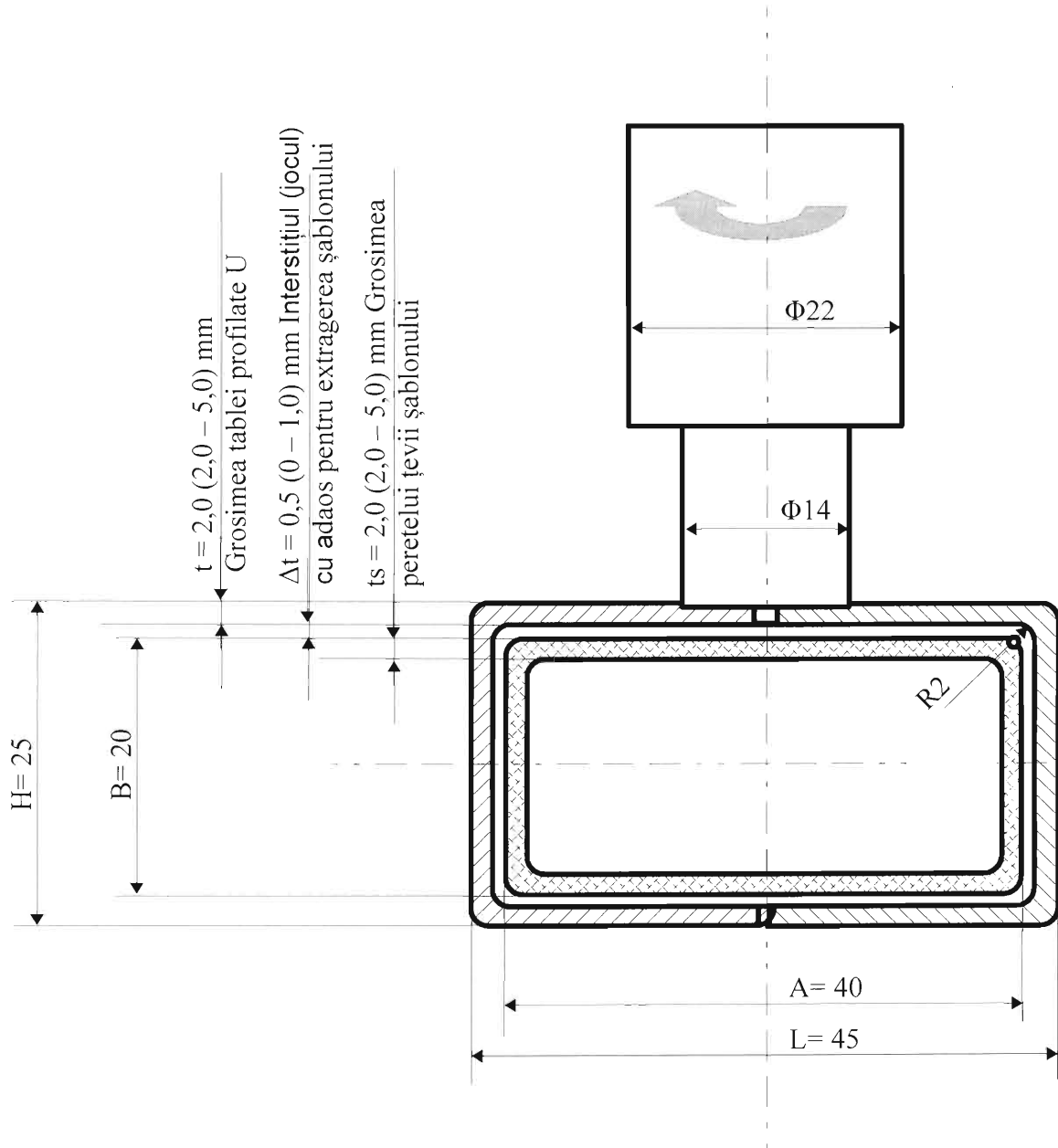


FIGURA 3.a



## DESENE

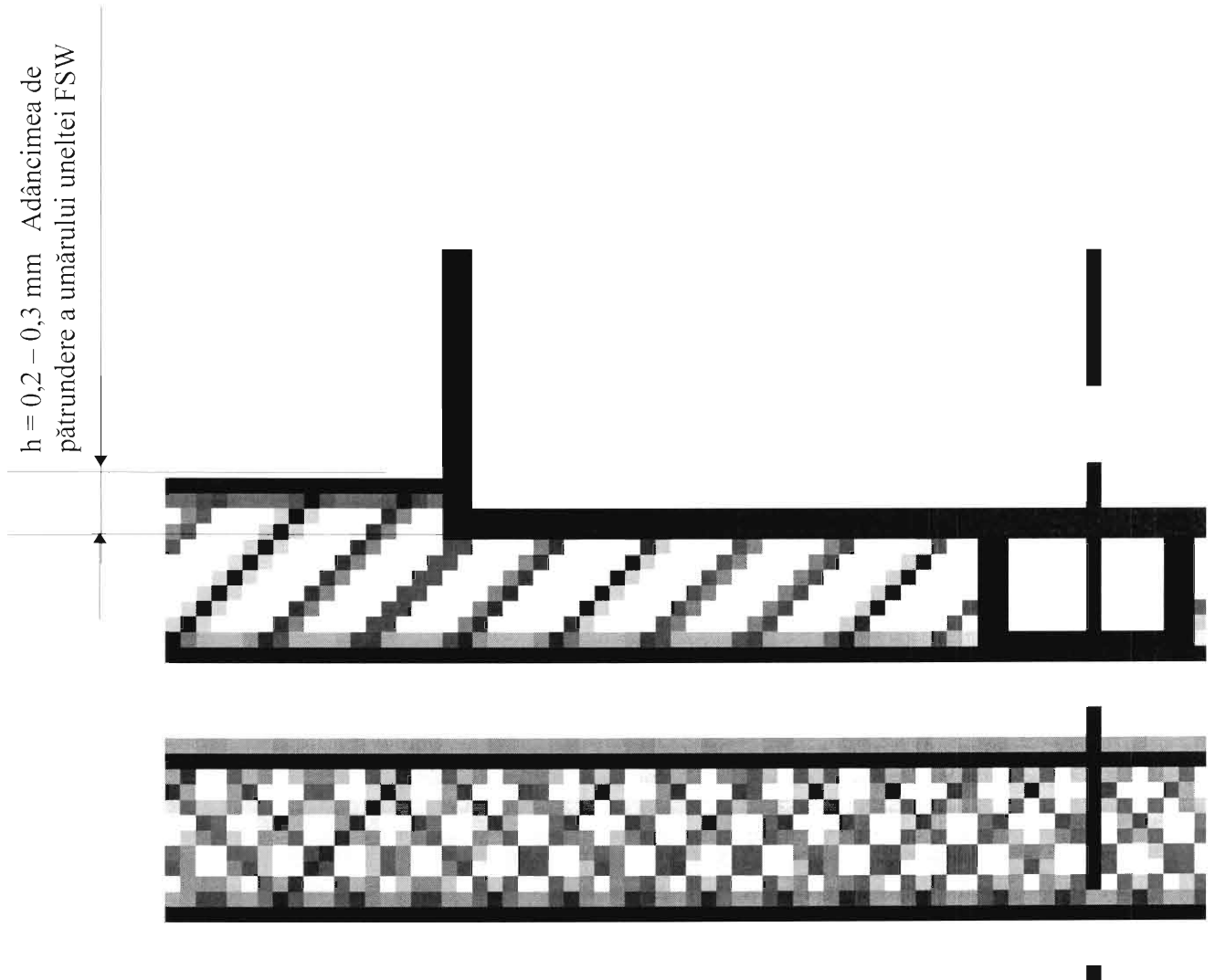
Det. AScara 20:1

FIGURA 3.b

