

## CIRCUITE INTEGRATE FLEXIBIL-RIGIDE – OPORTUNITĂȚI ȘI PROBLEME

Silvia Gangan, Mihail Rotaru, Iurii Dubrovin

Technical University of Moldova, Messrs. Joint Venture Stock Company the plant “TOPAZ”  
[gangan\\_silvia@mail.ru](mailto:gangan_silvia@mail.ru), [eltopaz@mail.ru](mailto:eltopaz@mail.ru)

**Abstract:** *The article is devoted to the interesting possibility of implementation of design solutions - flex-rigid multilayer printed circuit boards. The benefits of flex-rigid circuit boards are demonstrated, also the problems in developing and implementing of technology into production are observed. Are described the typical defects and recommendations for their elimination are suggested. Modes of the most problematic operations are given as well as a scheme of the production process.*

**Keywords:** *circuit integrat (CI), flexibil, multistrat, rigid, polyimid, găuri, strat, pelicula.*

### I. Introducere

Circuitele Integrate flexibil-rigide prezintă o posibilitate deosebit de interesantă de rezolvarea unor probleme de construcție a aparatului electronic. În general, pe piața republicilor CSI acest produs este absolut nou și necunoscut. Foarte puține întreprinderi abea încep să se intereseze de procesele tehnologice de fabricație a CI flexibil-rigide, pe când în țările dezvoltate ele sunt utilizate în diferite domenii, începând cu tehnica sofisticată până la aparatul de larg consum. Scopul acestei prezentări constă în familiarizarea beneficiarilor potențiali cu avantajele acestui produs și oportunitățile pe care el sugerează.

### II. Particularitățile tehnologice, probleme și soluții

În ultimii ani interesul față de utilizarea tehnologiilor flexibile a crescut enorm și există o multitudine de comenzi la proiectarea și fabricarea structurilor diferite de CI flexibil-rigide.

Popularitatea acestor circuite este predeterminată de avantajele multiple de utilizare a lor în aparatul electronic, inclusiv:

- **Se reduc substanțial dimensiunile de gabarit și masa produselor** (*Dimensiunile de gabarit pot fi reduse prin realizarea construcției interioare în forma de etajeră, constituită din 3-4 părți rigide, conectate între ele cu părțile flexibile. Datorită înălțimilor mici ale componentelor atașabile la suprafață grosimea rezultantă a dispozitivului electronic montat va atinge cel mult 10-20 mm);*
- **Posibilitatea încorporării blocurilor electronice în carcasa de orice formă complicată** (*Telefonul mobil, stația de emisie-recepție radio miniatură pentru mineri, un aparat medical mobil, etc. – toate trebuie adaptate la corpul uman și ca urmare au forma foarte complicată. Fabricarea lor fără CI flexibil-rigide este imposibilă;*
- **Posibilitatea de a renunța la utilizarea conectorilor de legătură** (*Sloturile sunt necesare pentru a efectua legătura electrică între blocuri. În cazul CI flexibil-rigide această funcție o îndeplinesc părțile flexibile ale circuitului);*

- **Se majorează fiabilitatea conexiunilor** (*Una din problemele de exploatare a blocurilor electronice în condiții de vibrație, umiditate, variația temperaturii – este dispariția parțială sau completă a contactelor în conectoare. Este o problemă tipică pentru aparatura de bord, pentru transportul auto, avia și aparatură portativă. În aceste cazuri, conexiunea flexibil-rigidă exclude problema contactelor*);
- **Se simplifică montajul electronic** (*Aparatura tipică este constituită din câteva blocuri care sunt conectate la plata-cross, cu ieșirea ulterioară la conectoarele exterioare. Utilizarea CI flexibil-rigide dă posibilitate de a renunța la efectuarea comutațiilor în interiorul blocului. Aceasta accelerează montarea blocului, simplifică procesul de asamblare, reduce manopera, sporește calitatea și durata de funcționare ca urmare la renunțarea comutațiilor prin fire de conexiune*);
- **Se asigură flexibilitatea dinamică a conexiunilor** (*Este posibilitate de îndoiri și desdoiri multiple cu raza mică – până la 5 mm*);
- **Se simplifică deservirea și cheltuielile de exploatare** (*Prin reducerea numărului de contacte electrice*).

Procesul de fabricare a circuitelor integrate flexibil-rigide se deosebește foarte mult de procesul tehnologic a circuitelor imprimate rigide. În primul rând, aici se utilizează materiale absolut noi:

- polyimidul (keptonul);
- prepregul (strat adeziv) cu o scurgere limitată la încălzire și presare;
- pelicula de acoperire și protecție a stratului flexibil și altele.

Particularitățile lor caracteristice sunt următoarele:

- temperatura de presare a părții flexibile este mai joasă decât în cazul circuitelor rigide;
- temperatura de presare a părții flexibile cu cea rigidă este mai avansată;
- procedura de curățare a găurilor mult prea complicată;
- stabilitatea dimensiunilor lineare ale straturilor mai redusă ce înrăutățește suprapunerea exactă a elementelor de interconexiune în structurile multistrat.

Întreprinderea mixtă „Uzina Topaz” SA a elaborat procesul tehnologic de fabricație a CI flexibil-rigide. Acum se fac eforturi pentru asimilarea procesului tehnologic în producție, pentru serii mici și mijlocii. Dificultățile principale care au apărut în procesul de elaborare a tehnologiei țin de regimurile optime de presare (profil de temperatură, presiune și timp), regimuri de găurire, precum și efectuarea proceselor fotochimice.

Primul impediment în fabricarea CI flexibil-rigide constă în necesitatea elaborării, producerii și testării dispozitivelor tehnologice speciale/universale/, necesare în producția C.I. flexibil-rigide multistrat, inclusiv dispozitive pentru găuri pilot, presare, rame pentru exponare, cositorire, testări.

O dificultate tehnologică importantă constă în apariția defectelor de fabricație sub forma incluziunilor de aer între straturi, în cadrul procesului de presare. Procesul de acoperire a desenului schemei cu pelicula de protecție și topirea stratului adeziv se declanșează la temperaturile de (120-150) °C [1]. Pentru întărirea stratului adeziv sunt necesare temperaturi mai avansate – în limitele (170 – 200)°C. Tratatamentul la temperaturi mai avansate înrăutățește proprietățile stratului adeziv, solidificarea insuficientă însă duce la scăderea rigidității chimice a produsului. Defectele procesului de presare se vor evidenția ulterior, la cositorire fierbinte, în HAL. Produsele micromoleculare, ne polimerizate parțial, și incluziunile gazoase, la încălzire se dilată brusc și provoacă stratificarea structurei multistrat, între stratul adeziv și comutația din cupru. De aceea regimurile de presare prezintă o problemă de optimizare.

Pentru prevenirea defectelor de acest gen s-a stabilit că este necesară respectarea următoarelor condiții:

- Pelicula de protecție trebuie să fie tăiată astfel, ca dimensiunile ei să fie mai mici decât dimensiunile câmpului de lucru a CI (desenului corodat) cu 3-4 mm, întrucât bulele de aer pot apărea în urma încheierii precoce a peliculei de protecție la periferia CI.
- Straturile interioare flexibile trebuie presate în prealabil, în scopul prevenirii decalajului desenului în straturi diferite.
- Înainte de presare straturile interioare se vor usca la temperatura de  $(110-120)^{\circ}\text{C}$  timp de 45-60 minute, apoi - în vid, pentru prevenirea procesului de piroliză a polyimidului și stratificarea structurii la tratamentele termice ulterioare, mai ales la HAL-proces. La uscarea în vid temperatura pres-formei cu straturile interioare se va încălzi cu viteza de  $5-7^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , pînă la temperatura solidificării prepregului ( $171^{\circ}\text{C}$ ), după ce se va aplica presiunea.
- Linia de gabarit neîntreruptă din cupru prevăzută pe perimetrul CI flexibil pentru asigurarea stabilității dimensiunilor geometrice se va întrerupe pe alocuri, pentru înlesnirea înlăturării incluziunilor gazoase din structura multistrat.

Structura multistrat este prezentată în fig. 1, regimul de presare ales este în fig. 2, iar schema procesului tehnologic – în fig.3.

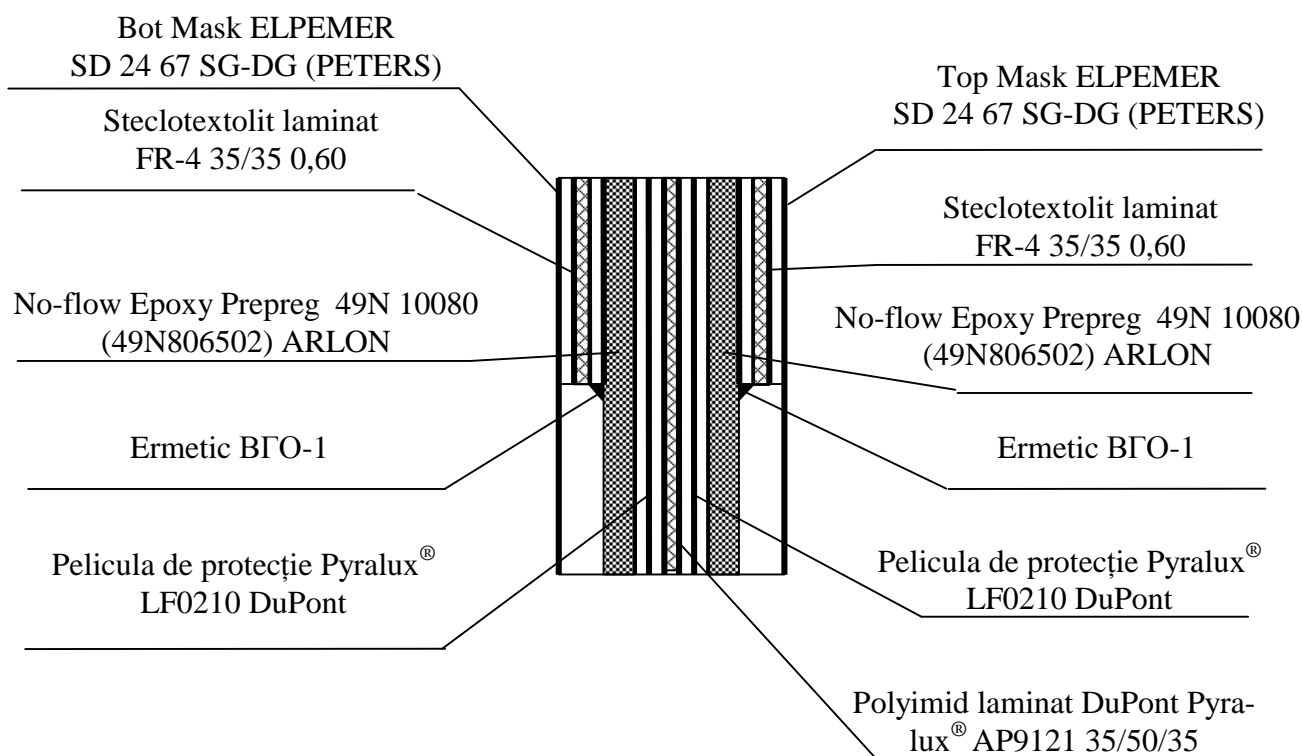


Fig. 1 Profilul CI flexibil-rigid multistrat, cu 6 straturi de comutație

O altă problemă rezolvată a constat în alegerea regimurilor de perforare. Ne respectarea parametrilor de sfredelire duce la apariția a două categorii de defecte: smulgerea materialului adeziv din pereții găurilor și deformarea peliculei de polyimid, cu formarea profilului de tipul “căciulița țintei” [2]. Când se formează “căciulița țintei”, polyimidul elimină adeziv în jurul său. Ca urmare, adeziv rămâne ulterior în găuri, în forma de dungi.

Pentru circuitele integrate cu 6 straturi înălțimea setului prezintă o țagă. Când numărul de straturi este mai mic de 6, atunci simultan pot fi sfredelite 2 țagle. Regimurile alese, optime pentru CI cu 6 straturi de comutație sunt prezentate în tabelul 1.

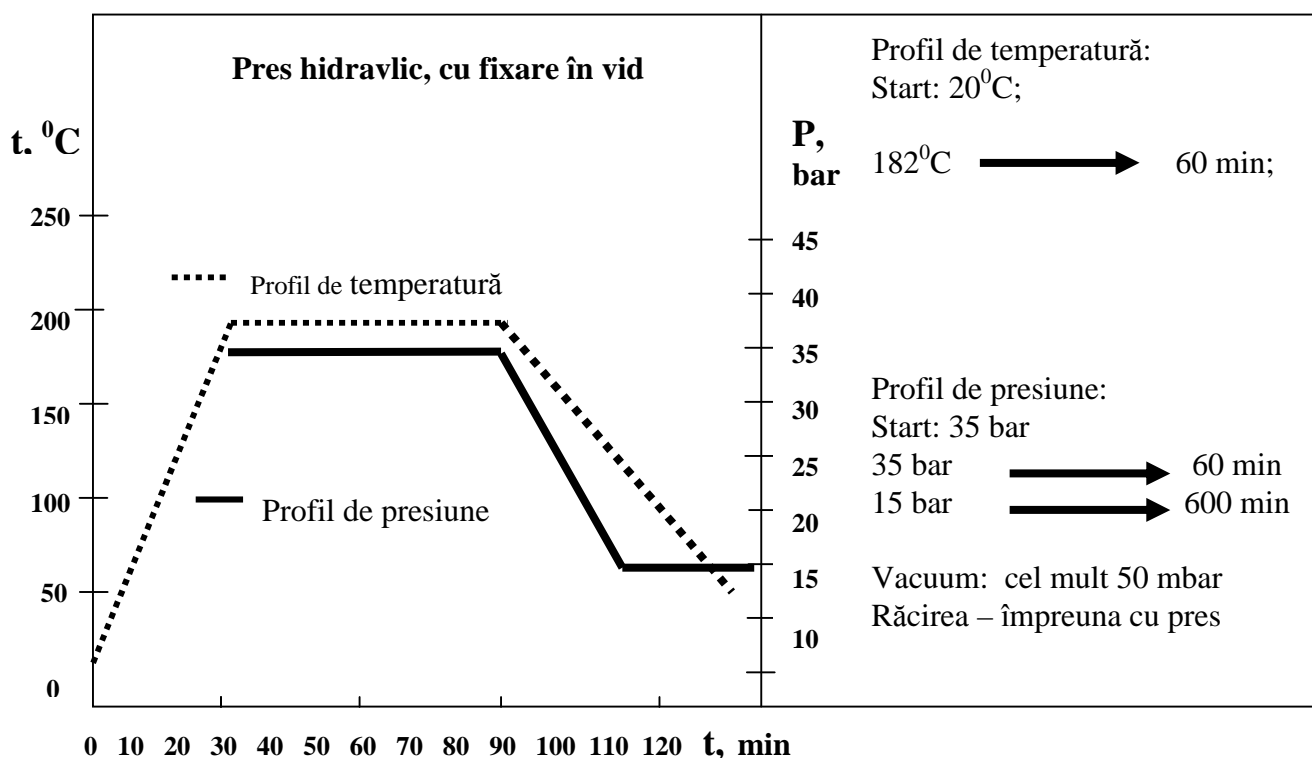


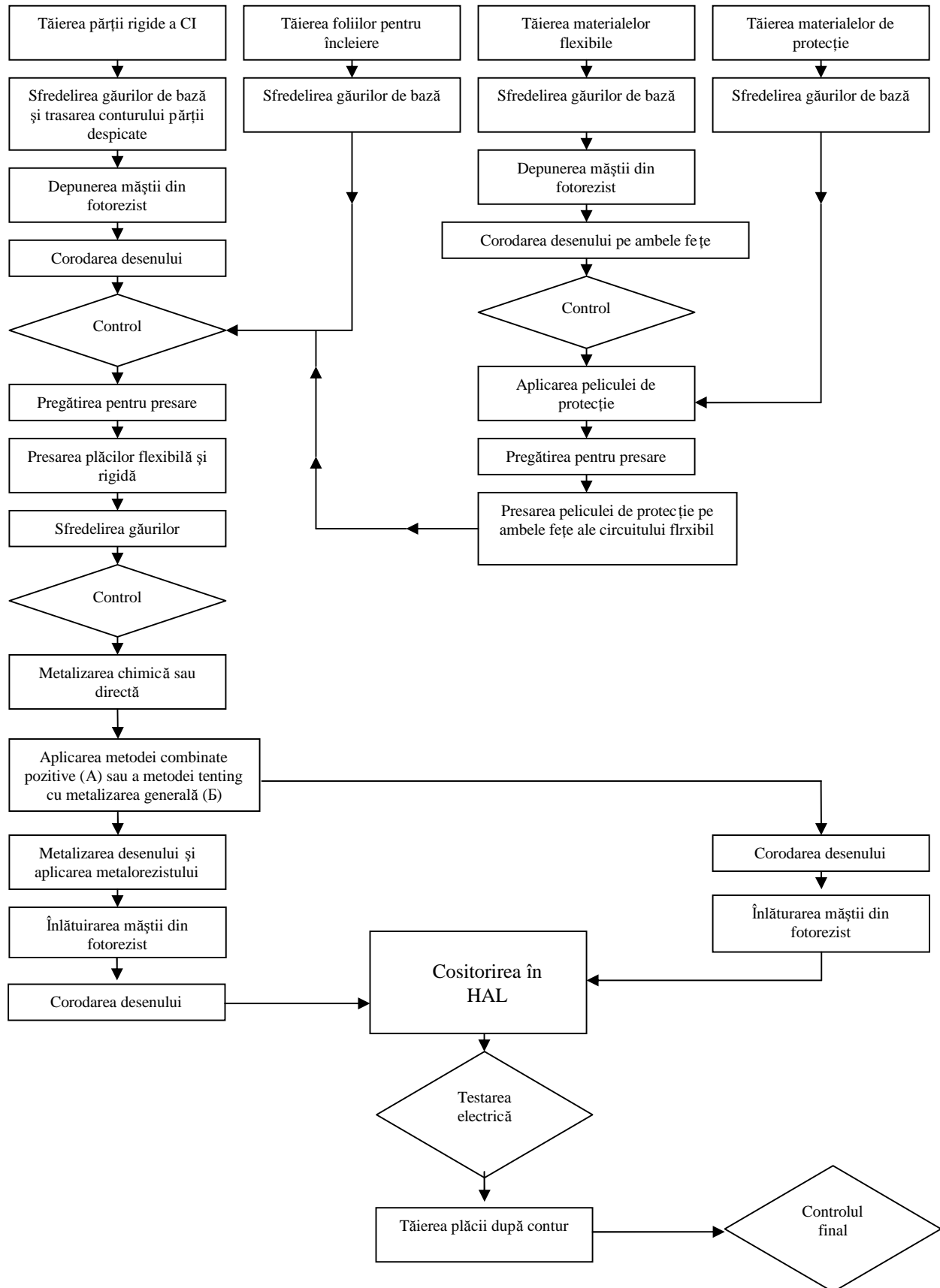
Fig.2 Regimul de presare a structurii multistrat

Tabelul 1 Parametri de sfredelire a găurilor la LAM-100 BÜRKLE

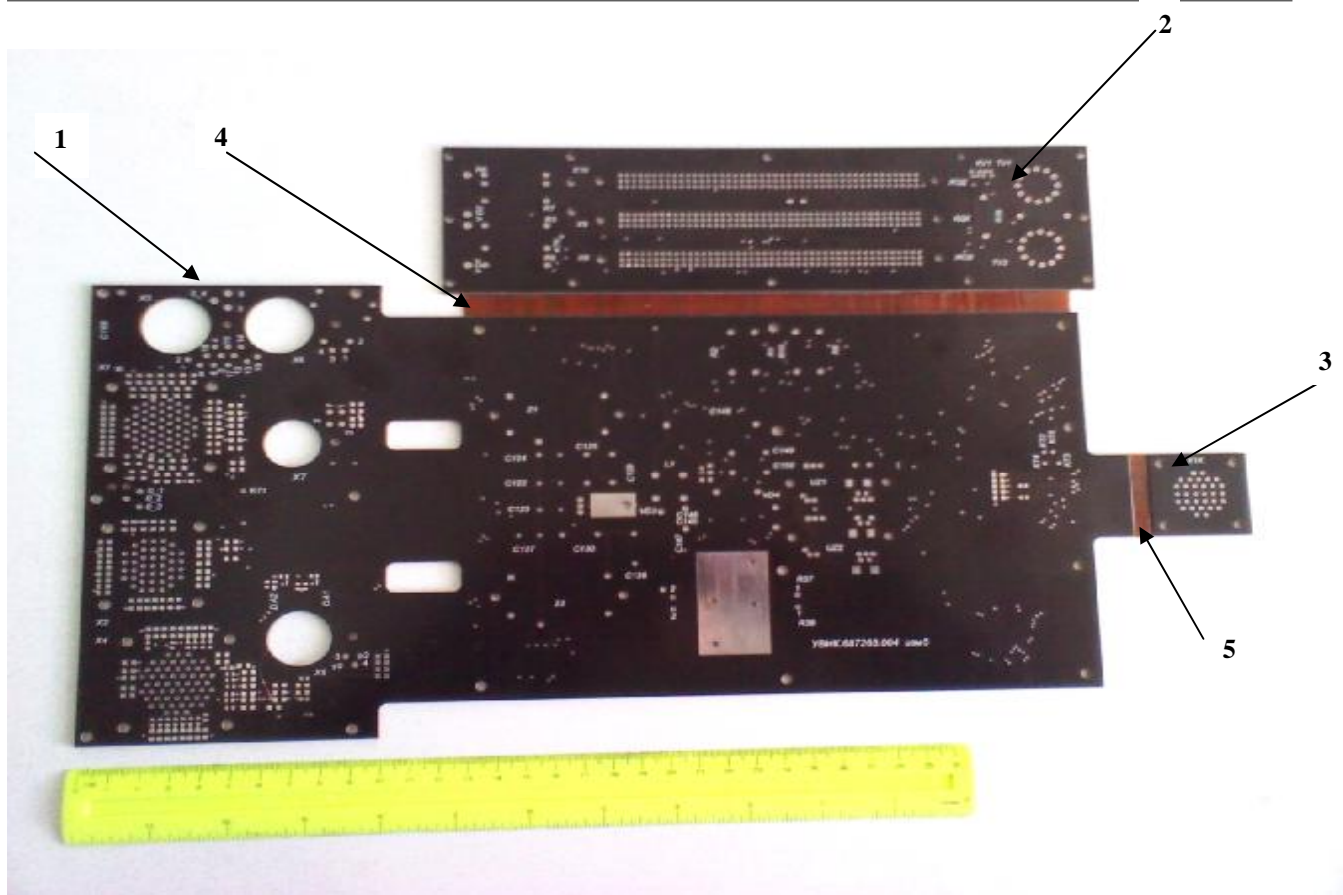
Diametrul burghiului, mm	0,4-0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3-1,4	1,5
Viteza de intrare, mm/s	25	25	25	25	20	20	15
Viteza de ieșire, mm/s	99	99	99	99	99	99	99
Viteza de rotație, 1000 rot/min	60	58	48	46	43	42	42
Numărul de țagle perforate simultan	1	1	1	1	1	1	1

Se recomandă de utilizat burghiuri din carborund care permit sfredelirea calitativă până la 1500 - 2000 de găuri. Nu se recomandă utilizarea burghiurilor reascuțite, întrucât în acest caz în procesul de sfredelire ele generează multă căldură ce duce la șariajul materialului.

În figura 4 este prezentat primul CI flexibil-rigid cu 6 straturi de comutație fabricat în Moldova, în februarie 2012, circuit care imbină partea flexibilă și cea rigidă.



**Fig. 3** Schema procesului de fabricare a CI flexibil-rigide multistrat



**Fig.4** CI flexibil-rigid, constituit din 3 părți rigide (1, 2, 3), unite cu circuitul flexibil (4, 5)

### III. Concluzie

În procesul de fabricare a CI flexibil-rigide cele mai sensibile operații sunt: presarea structurii multistrat, sfredelirea găurilor și HAL-proces.

Înainte de presare straturile interioare trebuie uscate în aer, la temperaturile avansate, apoi - în vid, pentru prevenirea procesului de piroliză a polyimidului și stratificarea structurii la tratamentele termice ulterioare, mai ales la HAL-proces.

Pentru sfredelirea găurilor trebuie utilizate burghiuri noi, din carborund.

Durata HAL-procesului nu trebuie să depășească 6 sec.

Piața CI flexibil-rigide crește vertiginos, de aceea eforturile pentru elaborarea tehnologiei de fabricație și asimilarea ei în producție sunt justificate pe deplin.

### IV. Bibliografie

1. Медведев А., д.т.н., профессор, Мылов Г., Люлина В., Набатов Ю., Семенов П., Сержантов. А. *Изготовление гибких и гибко-жестких печатных плат*, Москва: Технологии в электронной промышленности, №5, 2008, стр.32-40.

2. Люлина В., Медведев А., д.т.н., профессор, Мылов Г., Набатов Ю., Семенов П., Сержантов А., Шкундина С. *Производство гибких плат с металлизированными отверстиями*, Москва : Технологии в электронной промышленности, №4, 2008, стр. 24-29.