

# TENDINȚE ÎN CONSTRUCȚIA DISPOZITIVELOR DE PRINDERE RECONFIGURABILE

Prof. dr. ing. Tudor PĂUNESCU

Universitatea „Transilvania” din Brașov

**REZUMAT.** În această lucrare se încearcă o sistematizare a realizărilor recente din domeniul reconfigurării dispozitivelor de prindere ale mașinilor unelte. Sunt sistematizate principalele strategii de flexibilizare a dispozitivelor de prindere, fiind analizate și exemplificate: dispozitivele reconfigurabile modulare și nemodulare, cele programabile și inteligente.

**Cuvinte cheie:** dispozitive de prindere, reconfigurare, flexibilitate.

**ABSTRACT.** In this paper, an attempt at summarizing the recent development in the field of the reconfiguration of the machine tool workholders is made. Flexible workholding strategies are sistematized and few are analyzed and exemplified: modular and non-modular reconfigurable fixtures, programable and intelligent workholdings.

**Keywords:** workholding, reconfiguration, flexibility.

## 1. INTRODUCERE

O tendință constantă, sesizabilă în ultima perioadă de timp, este orientarea producției spre necesitățile tot mai diversificate ale consumatorului. În consecință, s-au dezvoltat puternic tehnologiile și echipamentele flexibile care au capacitatea să răspundă rapid și eficient la cererile unei piețe concurențiale foarte dinamice, cu pretenții de calitate crescute.

Cu toate că în ultimii ani s-au întreprins numeroase cercetări în domeniu, dispozitivele de prindere (DP) pentru mașini-unelte (MU) nu au evoluat atât de rapid ca celelalte echipamente din cadrul sistemelor flexibile de prelucrare.

Una din tendințele care au influențat puternic construcția DP este mărirea numărului de axe numerice ale mașinilor unelte, în particular ale centrelor de prelucrare (CP). Astfel, dacă anterior CP cu cinci axe erau întâlnite doar în industria aeronautică, astăzi acestea și-au mărit mult aria de aplicare în toată industria prelucrătoare prin așchiere.

Utilizarea CP cu cinci sau mai multe axe numerice a determinat direct mutații în construcția, exploatarea și precizia DP:

➤ Datorită posibilităților cinematice extinse ale CP cu cinci axe, piesele pot fi prelucrate din mai multe părți, mai puțin suprafața folosită la așezare, deci numărul de dispozitive necesare scade.

➤ Deoarece pot fi prelucrate numeroase suprafețe dintr-o singură prindere a semifabricatului, sunt necesare DP aerisite care să permită accesul nerestricționat al sculelor așchietoare.

➤ Se efectuează un transfer al surselor erorilor de la DP la CP, precizia piesei depinde mai puțin de dispozitiv și mai mult de MU, urmarea directă este obținerea de precizii mai mari.

➤ În același setup se prelucrează suprafețe multiple cu scule scurte și rigide care rezistă la solicitări mari, în consecință și DP trebuie să fie optimizat din punct de vedere a rigidității.

➤ Fiindcă din aceeași prindere se efectuează de multe ori prelucrări de degroșare, semifinisare și finisare, dacă piesele sunt deformabile elastic, sistemul de fixare trebuie să aplice forțe variabile.

➤ Utilizarea DP acționat fluidic instalat pe CP cu cinci axe pune probleme de alimentare datorită faptului că acesta este la capătul unui lanț cinematic serial format sănii, mese rotative care au mișcări relative ample.

Deși strategiile de flexibilizare a DP sunt numeroase (fig.1) doar relativ puține au actualmente aplicabilitate industrială, preponderente fiind DP modulare.

## 2. DISPOZITIVELE DE PRINDERE RECONFIGURABILE MODULARE

În zilele noastre locul și rolul dispozitivelor de prindere modulare (DPM) este clar definit. În general, kiturile disponibile comercial permit construirea unor DP care au precizia uzuală a dispozitivelor dedicate și un cost comparabil cu al dispozitivelor universale.

Pentru poziționarea și orientarea (P&O) precisă a modulelor dispozitivului se utilizează: ghidarea pe suprafețe plane, mai exact canale T – pene; centrarea pe

suprafețe cilindrice tip bolț – alezaj și sisteme hibride. Cel de al doilea prezintă numeroase avantaje în condițiile producției flexibile, în consecință există tendința de a îl înlocui pe primul. Principalele atuuri ale acestuia sunt: realizează precizii de P&O mai mari;

DPM pot fi reconstruite mai rapid, necesitând operații de reglaj dimensional mai puține sau deloc comparativ cu cele bazate pe canale T; sunt mai sigure în exploatare; sistemele cu bolțuri au durabilitate mai mare; sunt mai ușor de întreținut și protejat în exploatare.

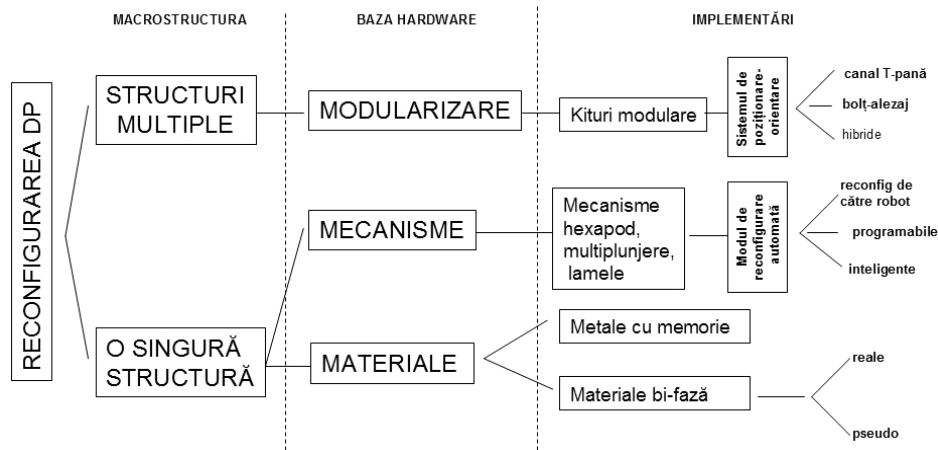


Fig. 1. Principalele strategii de flexibilizare a DP.

Principalele limitări ale utilizării DPM sunt: un set modular este scump în consecință durata medie de exploatare economică a unui set modular este aproximativ 20 de ani; componentele de bază utilizează oțeluri aliate rezistente la uzură 60 HRC, prelucrate în clasele 5, 6, 7 ISO; datorită necesității inserierii mai multor module erorile geometrice ale componentelor asamblate se însumează, ducând atât la scăderea preciziei cât și la diminuarea rigidității; un DPM este construit pe baza unui set dat, deci numărul combinațiilor este limitat; concepția DPM pentru semifabricate cu forme complicate este dificilă, necesitând proiectanți cu înaltă calificare.

Din punct de vedere a specializării, seturile modulare pentru DP instalate pe mașini unelte se împart în două categorii: sisteme de uz general și sisteme tip multi-menghină [33]. În afară de acestea se observă tendința de specializare a acestora pentru asamblarea de DP utilizate la: sudură [30, 19, 34], control [27, 31] și prelucrare prin electroeroziune [24].

Marea majoritate a kiturilor au în componență module cu acționare manuală [22, 26, 28, 25, 20, 29, 23, 32], fapt ce permite paletizarea dispozitivelor și integrarea lor ușoară în sisteme flexibile de prelucrare cu transfer automat. Există un singur kit care poate integra și module de fixare cu acționare hidraulică [20]. La acesta apar dificultăți de poziționare a modulelor datorită furtunurilor de alimentare, în plus dacă dispozitivul este paletizat este necesară conservarea strângerii piesei, DPM se complică prin prezența unui acumulator și a unui sistem de cuplare-decuplare rapidă hidraulică.

Reconfigurarea DPM aflate în exploatare industrială se face exclusiv manual. Au fost concepute seturi

modulare special destinate configurării automate [9, 10] deoarece automatizarea operațiilor de P&O și de fixare a modulelor concepute a fi reconfigurate manual este complicată și neeconomică. În general, puținele sisteme de acest tip sunt destinate aplicațiilor în care se dezvoltă forțe mici sau medii, multe fiind doar brevetate sau în fază de prototip.

The General Motors R&D Center [10, 11] a dezvoltat recent un sistem modular reconfigurabil de către roboți industriali (fig. 2).

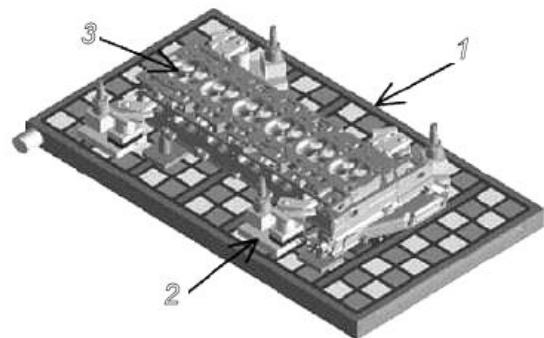


Fig. 2. Sistem modular magneto-hidrostatic [10].

Într-o primă variantă (fig. 2) placa de bază (1) este magnetică, astfel P&O și fixarea modulelor se face mult mai ușor, deoarece se elimină șuruburile utilizate în kiturile cu instalare manuală. Placa are în componență magneți AlNiCo polarizabili prin impuls magnetic și magneți permanenți NbFeB. Se lucrează cu două nivele de magnetizare: unul scăzut necesar conservării P&O modulelor (2) și unul ridicat pentru strângerea finală. În

afară de modulele cu bază din material feromagnetic se pot utiliza și module prinse mecanic. În a doua variantă, aplicabilă pieselor de dimensiuni mari, placa este din oțel și modulele sunt magnetice. Modulele dispozitivului cu rol de fixare, rezemare suplimentară au acționări proprii prin pompe simple cu piston, acționate prin șurub.

### 3. DISPOZITIVELE DE PRINDERE RECONFIGURABILE MONOSTRUCTURĂ

DP reconfigurabile monostructură sunt mult mai rar aplicate industrial comparativ cu cele modulare, însă se apreciază că au un potențial de dezvoltare mare. Acestea permit adaptarea la forma piesei, fie prin multi-mecanisme simple, fie prin materiale cu schimbare de fază sau aliaje cu memorie.

Marea majoritate a celor din prima categorie utilizează elemente de contact discrete cu semifabricatul, sub forma unor matrice de plunjere [4, 1, 14]. Plunjerile se adaptează pasiv formei piesei, având un mediu hidraulic de echilibrare sau sub acțiunea unor arcuri, blocarea făcându-se cu un mecanism comun sau cu mecanisme individuale.

Un DP cu matrice de plunjere instalat pe un CP orizontal care lucrează cu tehnologie bazată de web, a fost dezvoltat de către Afrezi R.M. [1]. În condițiile automatizării flexibile complete a prelucrării este necesar un DP rapid reconfigurabil după forma piesei. Noul concept utilizează un semifabricat bară indexat axial, care este așchiat din mai multe prinderi cu același DP (fig. 3.a-c). DP propriu-zis este integrat într-un subsansamblu montat pe masa CP și este format din două module cu matrice ortogonală de plunjere, fiecare plunjer este acționat hidrostatic separat.

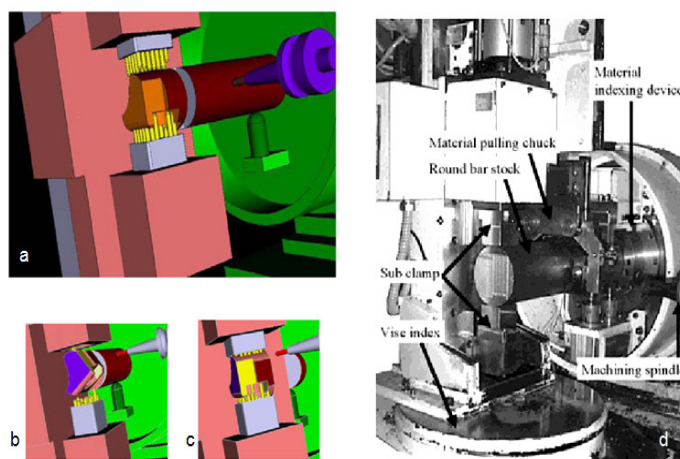


Fig. 3, a-c. Etapele de utilizare a DP cu matrice de plunjere, 3d. Vedere generală a sistemului [1].

DP reconfigurabile bazate pe materiale care își schimbă faza se pot clasifica în două categorii [9]: cu schimbare reală de fază (între starea lichidă și cea solidă) și cu pseudoschimbare de fază, materialele sub formă de pulbere trecând de la o fază fluidă la una rigidă. Tehnologia bazată pe prima categorie de materiale este relativ scumpă și pretențioasă. Conform [12] aliajele bazate pe bismut îndeplinesc condițiile necesare: temperatură joasă de topire  $47^{\circ}\text{C}$ ; netoxice; proprietatea de mărire a volumului la solidificare este benefică pentru fixarea piesei. Recent, s-au încercat cu succes și alte materiale mai ieftine cum ar fi apa [34].

Li Beizhi și Yang Jianguo au dezvoltat un DP universal, încapsulat [3], aplicabil în producția flexibilă. DP este construit modular din plăci care se pot demonta ușor pentru a permite accesul sculelor așchietoare. Pentru P&O semifabricatului se utilizează matricele de bolțuri. Liantul este aliajul Bi-Sn, care în final este îndepărtat prin periere cu ajutorul unei soluții de oxid de zinc.

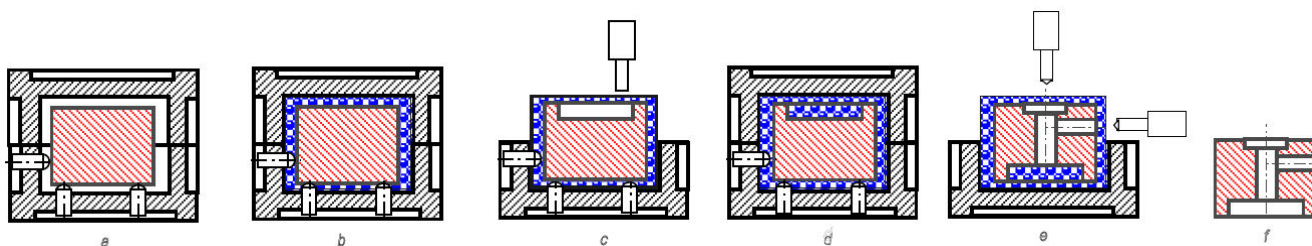


Fig. 4. Schema de exploatare a unui DP reconfigurabil încapsulat cu aliaj Bi-Sn [3].

### 4. DISPOZITIVE DE PRINDERE PROGRAMABILE

Dispozitivele de prindere programabile, utilizează mecanisme conduse numeric care sunt purtătoare de reazeme și elemente de fixare. Frecvente sunt două

tipuri de lanțuri cinematice spațiale: închise, hexamobile (platforme Stewart) [7, 6] și lanțuri cinematice deschise [21]. Primele au o rigiditate apreciabilă, mult mai mare decât structurile seriale; erorile cinematice din cuple nu se cumulează ca la lanțurile cinematice deschise, ci eroarea totală este o medie a acestora; frecvența naturală este înaltă.

La Universitatea Wisconsin-Madison, SUA au fost concepute o serie de dispozitive programabile având în componență platformele Stewart comerciale Fanuc și algoritmi aferenți de sinteză și control [7]. Rigiditatea DP și preciziile realizate sunt suficiente pentru operații uzuale de asamblare mecanică sau prin sudură.

Marea majoritate a DP, inclusiv cele modulare, sunt concepute pe baza principiului asamblare de jos în sus (de la placa de bază la piesă). Dacă reazemele sunt plasate de distanțieri, formând structuri turn, precizia de P&O a piesei este afectată datorită cumulului de erori ale componentelor înseriate.

Jonsson M. și Ossbahr G. [6] propun o nouă strategie a construirii dispozitivului: de sus în jos, care elimină dezavantajul enunțat anterior. Sistemul ART (Affordable Reconfigurable Tooling) (fig. 5) este destinat P&O precise a pieselor cu configurație spațială complexă. Acesta este format din: 1 – piesa; 2 – modul FLEXPOD fără acționare proprie; 3 – sistem de măsurare metrologic; 4 – robot industrial tip portal. Robotul este utilizat ca element de acționare a modulelor FLEXPOD, dar și ca mijloc de măsurare. Acesta se conectează automat cu platforma superioară a modului FLEXPOD, pe care o poziționează și orientează. Dacă este nevoie se lucrează și cu un sistem de măsurare 3 care realizează feed-back-ul, acesta contribuind la mărirea precizie. O altă variantă utilizează platforme Stewart care au acționări proprii, în acest caz robotul fiind degrevat de

sarcina de configurare a platformelor. Sistemul este mai ieftin și mai precis decât cel descris anterior [6].

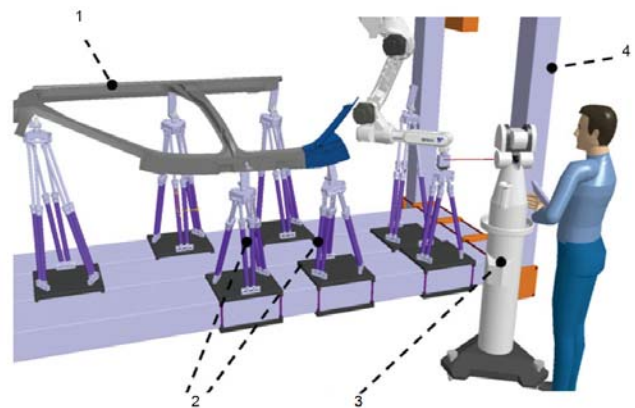


Fig. 5. Structura sistemului ART [6].

Familia de module de poziționare și orientare F-100iA, produsă de FANUC [21], este destinată în principal asamblării dispozitivelor de prindere programabile utilizate la operații de sudură (fig. 6a). Modulele care poziționează și orientează elementele DP au trei, patru sau cinci grade de mobilitate, sunt acționate electric, fiecare axă este dotată cu câte o frână (fig. 6b). Precizia de poziționare este de 0,25mm iar cea de repetabilitate de 0,07mm, la 180mm față de prima axă de rotație.

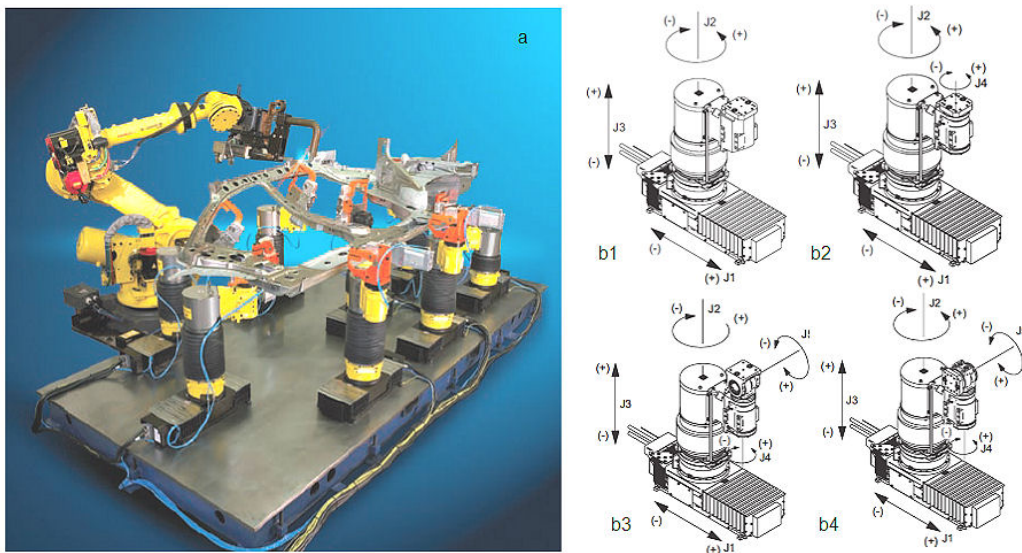


Fig. 6. Sistemul FANUC F-100iA de dispozitive modulare [21].

Pentru prinderea pieselor cu grosime mică care trebuie prelucrate pe multe suprafețe, dintr-o singură prindere, Szykiewicz W. propune utilizarea unor reazeme suplimentare (agenți-roboti) care au capacitatea de a se deplasa în plan și de a efectua sprijiniri suplimentare după necesități [15].

## 5. DISPOZITIVE DE PRINDERE INTELIGENTE

Un dispozitiv de prindere „inteligent” (DPI) are funcții suplimentare comparativ cu unul clasic [8, 2]:

generarează automat precis și rapid configurația DP; modulele de reazem, de fixare, sunt controlate automat ca secvențe de intrare în acțiune; DPI este dotat cu control adaptiv al forțelor de fixare aplicate, obiectivul fiind minimizarea deformațiilor piesei; poate determina P&O reală a piesei și corecta automat programul CN al MU. DPI construite până acum au implementate cel mult câte o funcție sau subfuncție din cele amintite.

Controlul adaptiv al DPI are două componente: statică, care pe baza determinării P&O reale a piesei corectează automat programul CN și una dinamică, care la pierderea contactului piesei cu un reazem sau bridă, tendință de alunecare, vibrații, modifică forțele aplicate.

Compensarea erorilor de P&O ale piesei se poate face incomplet pe o MUCN cu trei axe și complet pe una cu cinci axe. Studii aprofundate în acest domeniu s-au făcut și se fac la Hong Kong University of Science and Technology [5, 16, 17] și la National University of Singapore [8]. Ideile de bază sunt: simplificarea structurii DP, acesta conținând reazeme și elemente de fixare executate imprecis, deci mult mai ieftine decât cele utilizate în componența DP clasice; utilizarea CP dotat în magazia de scule cu un instrument de palpăre wireless pentru determinarea P&O reale a semifabricatului relativ la sistemul de referință al MU, operație urmată de corectarea automată a programului CN. O problemă dificilă este minimizarea numărului de puncte de măsurare, de care depinde direct productivitatea procesului.

Controlul adaptiv, dinamic al DP necesită un sistem senzorial robust și un software corespunzător care să filtreze numeroșii factori perturbatori. Soluția unei plăci de bază a DP care să aibă și funcția de dinamometru a fost abandonată din considerente de cost și rigiditate. Actualmente se utilizează senzori de forță plasați pe reazemele și bridele DP și pe baza acestor informații se calculează forțele, momentele de așchiere. De exemplu, la Universitatea din Hanovra, Institutul de Ingineria Producției și a Mașinilor Unelte [3] a fost recent construit un dispozitiv flexibil cu rigiditate ridicată destinat prinderii pieselor supuse frezării. Sistemul senzorial atașat fiecărei bride L este format din: trei mărci tensometrice cu poziție optimizată care măsoară forțele pe tot atâtea direcții; un senzor utilizat pentru eliminarea efectului variației temperaturii asupra mărcilor tensometrice și un microsenzor, realizat în tehnologie MEMS, pentru măsurarea nivelului accelerațiilor. Dispozitivul a fost testat în condiții de exploatare industrială și a răspuns așteptărilor.

Deși cercetările în domeniu sunt numeroase [8, 3] foarte puține DP cu control adaptiv sunt disponibile comercial. Unul dintre acestea este sistemul TOPus IQ [18] care are capacitatea de a adapta forța de strângere aplicată de o mandrină cu bușă elastică și de compensare a forțelor centrifuge care diminuează strângerea la turații mari. În figura 7a este reprezentată mandrina dotată cu o bușă elastică specială care are suprafețe piramidale cu grid de bile (3) în scopul obținerii unor forțe de frecare mici și constante.

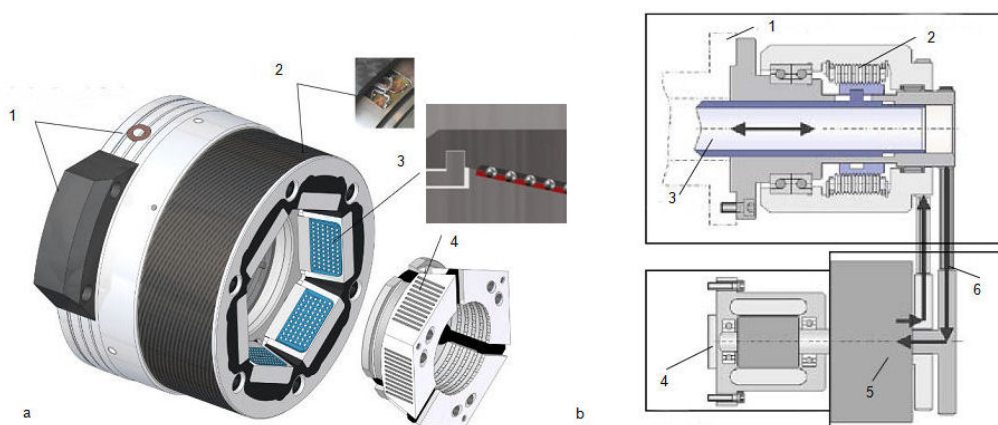


Fig. 7. Sistemul TOPus IQ [18].

În figura 7a cu 1 sunt notate componentele senzorului care măsoară turația iar cu 2 senzorul de forță. În figura 7b este schițată schema sistemului de acționare a barei cu care este conectată bușă elastică: 1 – axul strungului; 2 – mecanism planetar cu cuplă elicoidală; 3 – bara de tracțiune; 4 – motor electric; 5 – demultiplicator; 6 – curea dințată. Informațiile de la

senzor se transmit wireless la controlerul care comandă forța de tracțiune a barei. TOPus IQ poate menține constantă forța de fixare în limite strânse, de exemplu toleranța este de 1kN pentru o strângere de 120kN.

Unul dintre cele mai complexe sisteme de acest gen, numit „Intelligent Fixturing System” (IFS) a fost lansat la IMTS2000 [14]. IFS este destinat prinderii de

semifabricate cu formă aproximativ paralelipipedică din industria auto.

Ciclul de lucru al IFS este următorul: semifabricatul paletizat intră în sistem pe conveiorul 2 având o P&O oarecare; sistemul video 3 identifică semifabricatul; robotul 1 preia piesa de la postul de identificare video și îl plasează la postul flexibil de bazare și fixare 6. Acest post utilizează ca elemente de rezemare-fixare tip matrice de plunjere; după ce semifabricatul este fixat întregul dispozitiv 5 este deplasat la o mașină de măsurat în coordonate, care îi determină P&O reală; datele sunt transmise unui sistem de microcorecție a orientării semifabricatului, care aliniaza semifabricatul pe două axe de cu precizie de 2 secunde; în final DP este transferat prin conveiorul central la un centru de prelucrare 4.

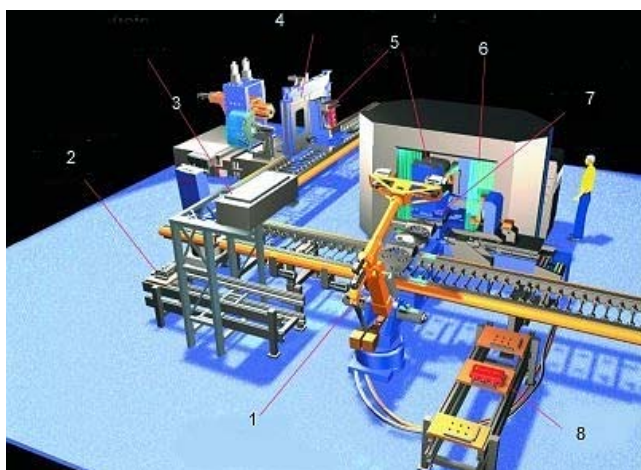


Fig. 7. Structura IFS [14].

## 6. CONCLUZII

Dintre dispozitivele reconfigurabile cea mai mare răspândire o au cele modulare, DP reconfigurabile monostructură fiind mult mai puțin aplicate, dar se apreciază că au un potențial mare de dezvoltare.

Există tendința de diversificare a kiturilor modulare și actualmente sunt în etapă de cercetare sisteme modulare pentru DP care să fie reconfigurate de către roboți industriali sau autonom. O structură promițătoare pentru DP programabile este platforma Stewart, iar pentru DP adaptabile formei piesei matricea de plunjere.

Deși există încercări de a se transforma DP într-un produs mecatronic, realizările viabile în mediul industrial sunt puține. Cele inteligente nu au atins încă maturitatea necesară exploatării industriale. Există câteva realizări, dar care îndeplinesc doar câte o funcție simplă cum ar fi aplicarea adaptivă a forțelor de fixare sau determinarea

automată a poziției reale a piesei relativ la sistemul de referință al MU și corectarea programului CN.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Afzeri R.M., *Pin type Clamping Attachment for Remote Setup of Machining Process*. World Academy of Science, Engineering and Technology, no. 38, 2008, 48-53.
- [2] Bakker O.J., *Control Methodology and Modelling of Active Fixtures*. PhD thesis, University of Nottingham, 2010.
- [3] Denkena B., *Sensing Fixtures for Process Monitoring*. Innovative Production Machines and Systems (IPROMS) 2009.
- [3] Li B., Yang J., *Industrialization of Reference Free Part Encapsulation Fixtures*, China's high technology development plan (863-511-943-010), 2001.
- [4] Bi Z.M, Zhang W.J., *Flexible fixture design and automation: review, issues and future directions*, Int. J. Prod. Res. 2001, vol. 39, no. 13, 2867-2894.
- [5] Chu Yunxian, *Workpiece Localization: Theory, Algorithms and Implementation*. PhD thesis, The Hong Kong University of Science and Technology, 1999.
- [6] Jonsson M., Ossbahr G., *Aspects of reconfigurable and flexible fixtures*, Production Engineering, Volume 4, Number 4, 2010, 333-339.
- [7] Kong Z, Ceglarek D., *Fixture configuration synthesis for reconfigurable assembly using procrustes-based pairwise optimization*, Transactions of NAMRI/SME, Volume XXXI, 2003, 403-410.
- [8] Nee A.Y.C., *An Advanced Treatise on Fixture Design and Planning*, Word Scientific, 2004.
- [9] Leondes C., *Computer aided design, engineering and manufacturing*. Systems techniques and applications, Vol. III, Operational Methods in CAD, Cap. 3, CRC Press LLC, 2001.
- [10] Koren Y., *The Global Manufacturing Revolution: Product-Process-Business Integration and Reconfigurable Systems*, 8.4. Reconfigurable fixtures, Wiley Series in Systems Engineering and Management, 2010.
- [11] Lin Y.T., *Reconfigurable Workholding fixture*, US Patent 6887729B2, 2005.
- [12] Morgan G., *Workholding with fusible alloy*, Aircraft engineering and aerospace technology, Vol. 71, no. 7, 1999, 576-578.
- [13] Păunescu T., Bulea H., Paunescu R., *Dispozitive modulare*. Vol. 1. Construcție, exploatare. Editura Universității „Transilvania” din Brașov, 2006, ISBN (10) 973-635-424-4, ISBN 978-973-635-724-4.
- [14] Rakowski L., *An Intelligent Fixturing System*, Modern Machine, Shop, 11/15/2002.
- [15] Szykiewicz W., *Planning system for multi-agent based reconfigurable fixtures*, Journal of Telecommunications and Info. Technology, no. 3, 2010, 71-76.
- [16] Xiong Z., *Workpiece Localization and Computer Aided Setup System*. PhD thesis, The Hong Kong University of Science and Technology, 2002.
- [17] Xiong Z., *A Near-Optimal Probing Strategy for Workpiece Localization*. IEE Transactiona on Robotics, Vol. 20, no. 4, August 2004, 668-676.

### Documentație de la firmele:

- [18] HAINBUCH America Corp., [www.hainbuch.com](http://www.hainbuch.com)

- |                                                                                          |                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| [19] BLUCO Corporation, <a href="http://www.bluco.com">www.bluco.com</a>                 | [27] Measurement Solutions Ltd., <a href="http://www.spcsoftware.co.uk">www.spcsoftware.co.uk</a>  |
| [20] Carr Lane Manufacturing Co., <a href="http://www.carrlane.com">www.carrlane.com</a> | [28] NABEYA Co.,Ltd., <a href="http://www.nabeya.co.jp">www.nabeya.co.jp</a>                       |
| [21] Fanuc Robotics, <a href="http://www.fanurobotics.com">www.fanurobotics.com</a>      | [29] NORELEM, <a href="http://www.norelem.fr">www.norelem.fr</a>                                   |
| [22] Andreas Maier GmbH, <a href="http://www.amf.de">www.amf.de</a>                      | [30] Paul Marino Gauges. Inc. <a href="http://www.pmargage.com">www.pmargage.com</a>               |
| [23] Erwin Halder KG, <a href="http://www.halder.de">www.halder.de</a>                   | [31] R&R Sales and Engineering, , <a href="http://www.cmmfixture.com">www.cmmfixture.com</a>       |
| [24] Hirschmann GmbH, <a href="http://www.Hirschmanngmbh.com">www.Hirschmanngmbh.com</a> | [32] TE-CO Inc., <a href="http://www.te-co.com">www.te-co.com</a>                                  |
| [25] IMAO Corporation, <a href="http://www.imao.co.jp">www.imao.co.jp</a>                | [33] TRIAG AG, <a href="http://www.triag.com">www.triag.com</a>                                    |
| [26] Heinrich Kipp Werk, <a href="http://www.kipp.com">www.kipp.com</a>                  | [34] Horst Witte Gerätebau Barskamp KG, <a href="http://www.horst-witte.de">www.horst-witte.de</a> |
- 

### Despre autor

Prof. dr. ing. **Tudor PĂUNESCU**  
Universitatea „Transilvania” din Brașov

Cadru didactic la Universitatea „Transilvania” din Brașov, Facultatea de Inginerie Tehnologică, catedra TCM, cu preocupări în domeniile: dispozitive pentru mașini unelte, robotică industrială și sisteme flexibile de fabricație. A publicat peste 90 de articole cu caracter științific și este autor sau coautor la 6 cărți apărute în edituri centrale și la 5 cărți publicate pe plan local.