A XVII-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești"
SEBEȘ, 2017

PROIECTAREA UNUI DISPOZITIV DE PRINDERE COMPLIANT PENTRU PIESE CU FIXARE ÎN DOUĂ PUNCTE

Daniel LATEȘ, Marius CĂȘVEAN

DESIGN OF A COMPLIANT GRIPPING DEVICE FOR TWO POINTS FIXING PARTS

Based on the structure of a technological device with applicability in mini and micro parts manufacturing industry, will present the transformation of a conventional mechanism into a compliant device. First part of the paper will bring in front the main notions from the technological device field, later on the description and the design of a compliant gripping device. This paper will continue with the simulation, device analysis and finally some conclusions to be made and future directions of the research.

Keywords: technological device, compliant mechanism, design, simulation
Cuvinte cheie: dispozitiv tehnologic, mecanism compatibil, proiectare, simulare

1. Domeniul dispozitivelor tehnologice

Tendințele actuale în ceea ce privește asamblarea structurilor, pieselor de o complexitate ridicată sau a unor elemente sensibile la forța de prindere, sunt orientate în direcția unui ciclu de producție cât mai scurt, asigurarea preciziei corespunzătoare sau a economiei substanțiale de energie necesară proceselor implicate. În procesele automate de producție, prinderea unor piese și metoda de prindere este legată de

siguranța și protecția personalului și a echipamentelor, alături de îndeplinirea sarcinilor propuse.

1.1. Conceptul dispozitivelor tehnologice de prindere

Procesul de fixare a piesei de lucru este un factor important și aceasta trebuie facută cu foarte mare atenție [1].

Dispozitivul tradițional, cu mandrină, pentru prindere piesă de lucru, poate fi o sursă semnificativă de erori, datorită metodologiei de fixare a piesei și datorită toleranțelor admise. Sunt două mari surse de erori, originare din contactul între părțile implicate [2].

Diferite metode de prindere și fixare au fost utilizate pe scară largă în industrie. În funcție de natura materialelor aflate în contact, fixarea este catalogată ca fiind una mai precisă sau mai puțin precisă. Bineînțeles că această calitate și siguranță a prinderii are influență directă asupra rezultatelor finale, astfel se poate ca o fixare de calitate să reducă vibrațiile apărute în sistem sau în cazul în care piesa fixată în dispozitiv este expusă unor prelucrări, să fie obținute suprafețe de calitate superioară și încadrare în cerințele impuse. În special, suportul de prindere pentru piesă trebuie să suprime deformarea piesei în timpul unor operații tehnologice [1].

Se întâmplă ca uneori să fie subestimat procesul de prindere a unor piese, asta din cauza faptului că pare foarte natural pentru prinderea cu mâna liberă a unui obiect [3].

1.2. Istoria dispozitivelor

Diferite dispozitive s-au dezvoltat pe parcursul anilor, acestea pornind de la o simplă idee, ulterior evoluând și perfecționându-se. Mecanismele moderne din zilele noastre au la bază concepțiile clasice și în mare măsură respectă aceleași legi și principii și spre exemplu există piese electrice ce conțin straturi de semiconductori ce trebuie să fie susținute cu o forță uniformă de contact pentru a-i asigura o poziționare de precizie.

1.3. Avantaje ale unui dispozitiv compliant

Elementele cheie ale dispozitivului sunt date de structura monolitică a acestuia, fiind compus dintr-o singură piesă, putând fi realizat chiar prin turnare, acesta fiind capabil să realizeze sarcini specifice. Acest lucru îl face lipsit de orice zgomot de natură mecanică, în zona cuplelor, spre deosebire de un dispozitiv convențional. De asemenea nu este necesară ungerea în zona cuplelor. Faptul că este

compus decât dintr-o singură piesă reduce timpul de fabricare și asamblare al acestuia, cât și costul.

Alt aspect pozitiv, deținut de dispozitivele compliante, este dat de greutatea redusă ale acestora, fiind un factor ce ajută în domeniul aerospace la nevoie, sau aduce beneficii companiilor de transport prin faptul că este redus costul. Un avantaj semnificativ este posibilitatea realizării de micropiese pentru mașini sau a altor micromecanisme [4]. Pe lângă toate acestea, un mecanism compliant este un dispozitiv capabil să transmită forță sau mișcare, datorită structurii sale și gradului de deformare [5].

2. Prezentarea unui dispozitiv clasic

Odată cu avansarea în fabricarea de semiconductori și display-uri, cererea în inspecția produselor a devenit tot mai riguroasă [6]. Dispozitivele clasice au o structură mai rigidă, compusă din mai multe elemente legate fie prin cuple de rotație fie prin cuple de translație, astfel asigurând mișcarea necesară îndeplinirii funcției pentru care au fost concepute. Un dispozitiv clasic necesită o oarecare întreținere pentru a încetini uzura și pentru a funcționa la parametri corespunzători o perioadă cât mai îndelungată, aici făcând referire la sisteme de ungere, înlocuirea unor piese la un anumit interval de timp sau respectarea condițiilor de lucru.

2.1. Descrierea și utilizarea dispozitivului

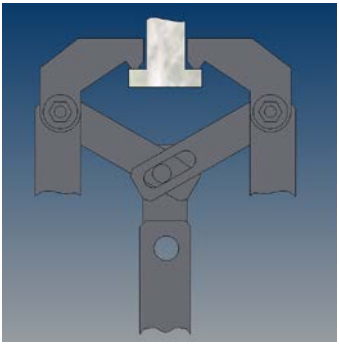
Mecanismul asigură fixarea în două puncte a pieselor. Datorită pârghiei intermediare este posibilă fixarea a două piese de grosimi diferite.

2.2. Desenul dispozitivului clasic

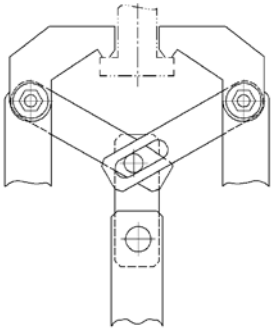
Pe baza dispozitivului de prindere a pieselor în două puncte din îndrumătorul de proiectare, s-a modelat acesta în programul Autodesk Inventor Professional 2015, în figura 1 (a). În figura 1 (b) se poate vedea desenul de asamblare al acestui dispozitiv. Între cele două brațe de prindere se poate vedea desenat și schițată piesa [8], [9].

2.3. Cinematica mișcării dispozitivului

Pe baza modelului CAD, s-a desenat lanțul cinematic al dispozitivului tehnologic, descris în figura 2, care este compus din cilindrul hidraulic 1, elementele cinematice 2 și piesa 3.



a.



b.

Fig. 1 Mecanism clasic cu pârghii

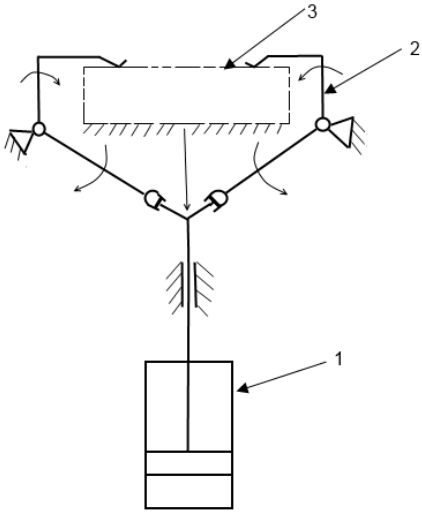


Fig. 2 Lanțul cinematic al dispozitivului

3. Proiectarea și studierea dispozitivului tehnologic compliant

Prin urmare, s-a conceput un dispozitiv compliant de prindere, cu fixare în două puncte, ce ar avea capacitatea de a pune piesa de lucru într-o anumită poziție fixă, pentru ca ulterior aceasta să fie asamblată unei structuri sau pentru a se putea realiza anumite operații tehnologice asupra acesteia, cum ar fi debitare, găurire, frezare, rectificare, etc.

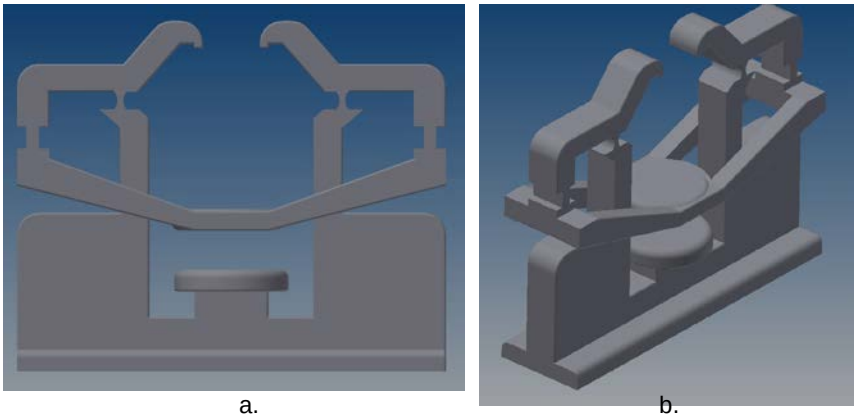
3.1. Mecanismele compliante

Mecanismele compliante pot soluţiona aceleaşi deziderate ca şi mecanismele articulate clasice, respectiv: aducerea unui element într-o succesiune de poziţii, generarea unei traiectorii şi generarea unei funcţii matematice. În timpul deformării conexiunilor elastice, traiectoriile în general necirculare ale anumitor puncte îndeplinesc în mecanism rolul

curbelor suport, numărul parametrilor necesari pentru definirea acestora fiind superior acelora care definesc un cerc suport. Prin urmare, datorită caracteristicilor tehnice ale mecanismelor compliante, ele sunt tot mai des studiate şi întâlnite în sisteme de poziționare, de manipulare, de fixare etc. [10].

3.2. Proiectare dispozitiv

Dispozitivul a fost conceput și adaptat ca fiind o unitate de prindere, păstrând în același timp elementele funcționale originale. Comportamentul mecanic al dispozitivului este comparabil cu funcționalitatea unui gripper, [7]. Pentru proiectarea dispozitivului s-a folosit programul de proiectare avansată Autodesk Inventor Professional 2015. În figura 3 se poate vedea modelarea conceptului dispozitivului compliant. Dispozitivul proiectat este din marca oțelului C45, introducând în modelare caracteristicile lui mecanice.

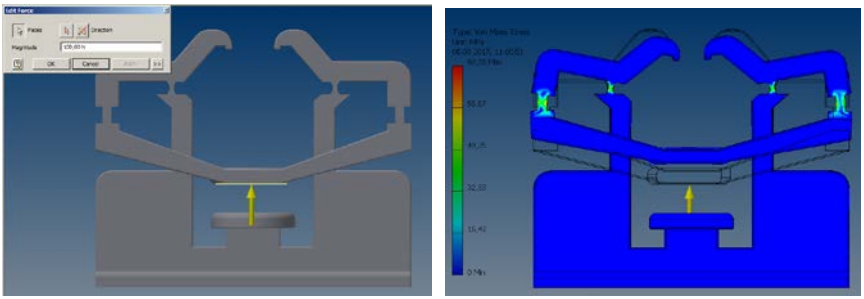


a. b.

Fig. 3 Proiectare 3D dispozitiv compliant

3.3. Analiza FEM

Pentru realizarea simulării mișcării mecanismului, a tensiunilor von Mises și a deplasărilor elementelor cinematice, s-a utilizat librăria specială a softului Inventor Stress Analysis 2015, [11]. În figura 4 (a) se poate vedea zona de aplicație a forței cât și sensul ei, indicată prin săgeata galbenă. În figura 4 (b) se poate vedea cursa brațelor mobile cât și a brațelor de prindere.

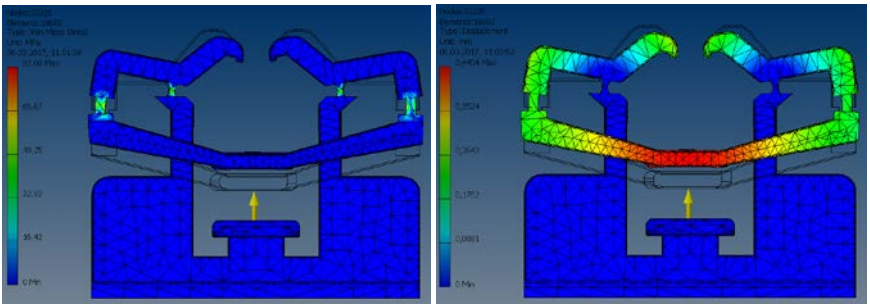


a. b.

Fig. 4 Punctul de aplicare a forței și mișcările dipozitivului

Pentru realizarea simulării, după aplicarea forței de 100 N în direcția și sensul prezentat în figura anterioară, s-a realizat discretizarea mecanismului în elemente finite, figura 5 (a).

Tot în această imagine se pot vedea tensiunile la nivelul cuplelor compliante. În figura alăturată, figura 5 (b), se pot observa deplasările brațelor dispozitivului.



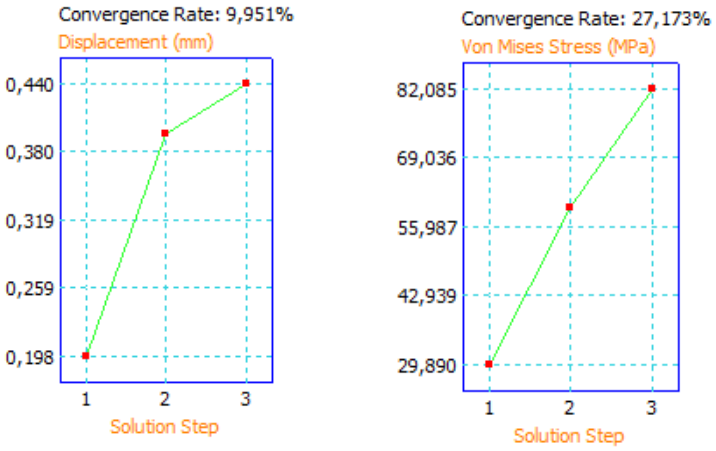
a. b.

Fig. 5 Tensiunile din cuplele elastice și deplasările brațelor

Graficele de la figura 5 arată rezultatele deplasărilor și tensiunilor von Mises din structura dispozitivului.

Deplasările maxime ale brațelor de prindere în cazul acesta pot fi de 0,44 mm.

Tensiunile din cuple ajung la 82 N/mm^2 (MPa) ceea ce arată că ajunge doar la o tensiune de 10 % din valoarea de curgere a materialului utilizat.



a. b.

Fig. 6 Graficul deplasărilor și tensiunilor din dispozitiv

4. Concluzii și direcții de cercetare

■ Dispozitivul tehnologic compliant proiectat, satisface nevoile cerute pentru îndeplinirea funcției de prindere și fixare a pieselor pentru diferite etape tehnologice. Acest dispozitiv conceput, prezintă o precizie bună și asigură o repetabilitate și fiabilitate în funcționare datorită cuplelor compliante realizate.

■ Avantajul principal al acestui dispozitiv, față de cel clasic este acela de realizare a lui la dimensiuni mini și micrometrice. Întreținerea lui ușoară și acționarea cu actuatoare, pot face parte din continuarea avantajelor necontestabile ale tehnologiilor mecanismelor compliante.

■ Ca și direcții de cercetare se propun optimizarea structurii, realizarea fizică a dispozitivului și testarea acestuia având forme diferite ale cuplelor elastice. De asemenea se dorește compararea comportamentului dispozitivului în condițiile în care acesta este realizat din materiale diferite.

BIBLIOGRAFIE

[1] Aoyama, T., Kakinuma, Y., *Development of Fixture Devices for Thin and Compliant Workpieces* , Dept. Of System Design Engineering, Keio University, Yokohama, Japan, CIRP Annals – Manufacturing Technology, Volume 54, Issue 1, (2005), Pages 325-328.

[2] Kostyantyn, M., Hankyu, S., Kornel, E., *A shape memory alloy based tool clamping*, Journal of Materials Processing Technology 212 (2012) 735-744.
[3] Gualtiero Fantoni, Marco Santochi, Gino Dini, Kirsten Tracht , Bernd Scholz-Reiter, Juergen Fleischer, Terje Kristoffer Lien, Guenther Seliger, Gunther Reinhart, Joerg Franke, Hans Nørgaard Hansen, Alexander Verl, *Grasping devices and methods in automated productions processes*, CIRP Annals-Manufacturing Technology 63, (2014) 679-70.
[4] * * * Brigham Young University – Compliant Mechanism Research https://compliantmechanisms.byu.edu/content/intro-compliant-mechanisms.
[5] Alejandro E. Albanesi, Martin A. Pucheta, Victor D. Fachinotti*, A new method to design compliant mechanisms based on the inverse beam finite element model*, Mechanism and Machine Theory 65, (2013), 14-28.
[6] Jer-Wei, L., Yu-Ching, L., Kuo-Shen, C., Yun-Hui, L., *Design and control of a cascaded piezoelectric actuated two-degrees-of-freedon positioning compliant stage,* Precision Engineering 45 (2016) 374-386.
[7] Thalke, N., Andreas, D., *Micro-clamps for precise positioning of 120° silicon double mirrors in a MOEMS gyroscope*, Microelectronic Engineering 159 (2016) 27-31.
[8] Tero, M., Istvan Papp, I., *Dispozitive de Control,* Editura Universității Petru Maior, Târgu-Mureș, 2002.
[9] Tero, Mircea, *Proiectarea Dispozitivelor,* Târgu-Mureș, Editura Universității “Petru Maior”, 2003.
[10] Lateş, D., Ianoşi-Andreeva-Dimitrova, A., *Mecanism compliant spațial de poziționare cu șase grade de libertate,* Conferința Națională Multidisciplinară ”Profesorul Ion D. Lăzărescu”, Ediția a III-a, ISBN 978-973-126-712-8, Cugir, 2015.
[11] * * * http://www.autodesk.com/products/inventor/features/simulation-visualization/stress-analysis

Asistent universitar, Dr. Ing. Daniel LATEȘ,
Cadru asociat al Departamentului de Inginerie Industrială şi Management,
Universitatea Petru Maior din Târgu Mureș,
email: ddan005@gmail.com

Ing. Marius CĂȘVEAN,
Departamentul de Mecatronică şi Dinamica Maşinilor,
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
email: marius.casvean@yahoo.com