

Fig.5.49 Variante principale de senzori acustici:
 a) varianta cu emițător și receptor separați
 b) varianta cu emițător și receptor unic

Pe baza acestui principiu, s-au realizat senzori acustici tactili pentru determinarea formei pieselor. La realizarea acestor senzori s-au avut în vedere în plus, față de cele specificate anterior, următoarele:

- coeficientul de reflexie (vezi 5.3.13.1) pentru o limită de separație cauciuc siliconic / aer este practic -100 %. Semnul minus semnifică faptul că unda incidentă și cea reflectată sunt defazate cu 180° .
- coeficientul de reflexie pentru o zonă de separație cauciuc siliconic / oțel (semnificând contactul bac - piesa metalică) este de 95 %. Semnul pozitiv pentru coeficientul de reflexie R indică

faptul că unda ecou lipsește în acest caz.

- pentru o viteză a undelor sonore de $c = 1000$ m/s prin cauciucul siliconic, timpul necesar unui impuls sonor de a traversa și a se întoarce pe distanța de 3 mm este de 6 μ s. În cazul comprimării stratului de cauciuc siliconic, cu până la 80 % din grosimea inițială (aprox. 0.6 mm), timpul necesar impulsului sonor este de 24 ns. Acest aspect nu este de nereșolvat din punct de vedere tehnic.

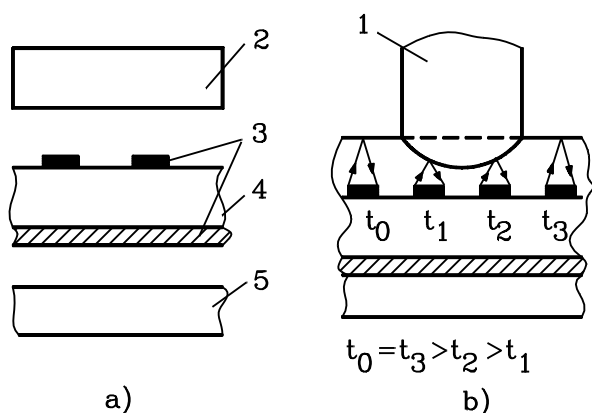


Fig.5.50 Senzor tactil acustic: a) elementele componente; b) principiul de funcționare (1-obiect; 2-cauciuc siliconic; 3-electrozi; 4-PVDF; 5-strat de bază)

Poliflorura de vinilid (PVDF) datorită proprietăților piezoelectrice deosebite (superioare ceramicelor convenționale - titanat - zirconat, de exemplu) a fost preferată pentru realizarea senzorilor tactili. Elementele componente și principiul de funcționare a unui astfel de senzor este prezentat în figura 5.50.

Metalizarea suprafețelor materialului piezoelectric s-a realizat prin tehnici fotolitografice. Intervalele de timp necesare reflexiei pe cele două limite de separație: cauciuc siliconic - aer (lipsă contact), cauciuc siliconic - piesă (existență contact) permite

determinarea distribuției presiunii de contact și ridicarea unei histograme echivalentă cu forma corpului prehenșat. Schema de prelucrare a informației este asemănătoare cu cele prezentate în cazurile anterioare.

5.4 Senzori tactili de alunecare

5.4.1 Generalități

Asemănător modelului uman, fixarea unei piese în efectorul robotului industrial este condiționată prin calitatea prehensării și nu prin forța de prehensare. Calitatea prehensării poate fi estimată prin controlul mobilității relative a piesei față de bacul efectorului. Tehnicile utilizate în acest scop sunt fie originale, fie decurg din senzorii tactili prezentați anterior. Trei posibilități se fac remarcate pentru determinarea alunecării:

1. măsurarea unor vibrații apărute la alunecarea piesei;
2. transformarea mișcării liniare a obiectului într-o mișcare de rotație a unui element și înregistrarea acesteia;
3. determinarea gradientului variației presiunii de contact între bacurile efectorului și piesă.

5.4.2 Detectarea alunecării pe baza de vibrații

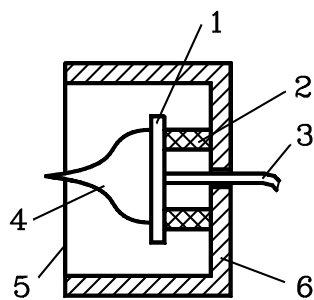


Fig.5.51 Senzor de alunecare

Starea de alunecare a piesei preluată se determină prin măsurarea vibrațiilor (apărute ca urmare a alunecării) unui element aflat în contact cu piesa.

Varianta unui senzor de alunecare este prezentată în figura 5.51 (1- traductor piezoelectric; 2-amortizor din cauciuc; 3- cablu de legătură; 4-ac din safir; 5-membrană metalică; 6- carcasă). Contactul dintre piesa preluată și senzor se realizează prin acul (4) fixat în membrana elastică (5). Pierderea contactului conduce la vibrații ale acului (4). Aceste vibrații sunt sesizate prin intermediul traductorului piezoelectric (1).

5.4.3 Detectarea alunecării pe baza rotației unui element

Detectarea alunecării unei piese între bacurile efectorului se bazează pe realizarea unui contact punctiform sau liniar între piesă și o sferă sau cilindru (element primar) înglobate în bac (fig.5.52). La apariția alunecării, forțele de frecare μN dintre piesă și elementul primar asigură rotația acestora din urmă. Amplitudinea mișcării definește proporția alunecării.

Senzorul tactil trebuie să asigure și determinarea direcției de alunecare (după axa O_x sau O_z). Acest lucru se poate realiza de exemplu prin dispunerea a două elemente primare având axe de rotație perpendiculare (fig.5.52b).

Cuantificarea mișcării de rotație a elementului primar se realizează prin diverse metode:

a) măsurare optică. Această metodă este analoagă traductoarelor de deplasare incrementale. Discul incremental este solidar cu elementul primar (rolă sau sferă). Sursa luminoasă (E) și receptorul (R) se găsesc de o parte și de alta a discului incremental, în poziție imobilă. Rotația discului incremental față de (E) și (R) indică alunecarea piesei preluată.

În figura 5.53 se prezintă soluția constructivă a unui astfel de senzor (1-arc lamelar; 2-osie imobilă; 3-rulment; 4-strat din cauciuc cu grosime de 0.65 mm; 5-emitor; 6-disc incremental; 7-receptor).

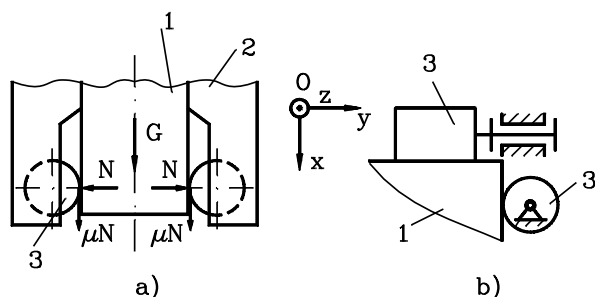


Fig.5.52 Principiul de lucru al senzorului de alunecare:
a) detectarea alunecării; b) detectarea sensului alunecării
(1-piesă; 2-bac; 3-rolă)

Senzorul se fixează în bacul efectorului prin intermediul arcului lamelar "1". Se asigură în acest mod o mobilitate pe direcția forței de prehensare. Diametrul exterior al senzorului este de 19.3 mm. Pasul unghiular al discului incremental este de 12° [5.26].

b) *măsurare inductivă*. Rola (2) (din cauciuc) montată în bacul (1) al efectorului, modifică prin rotația sa (ca urmare a alunecării) poziția magnetului (3) față de bobina (4). Variația tensiunii din

circuitul bobinei va fi o măsură a mișcării de alunecare (fig.5.54).

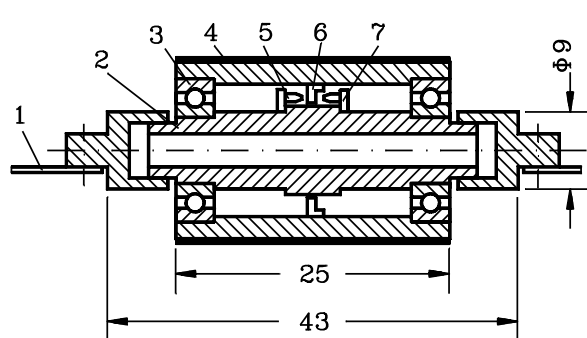


Fig.5.53 Senzor tactil de alunecare

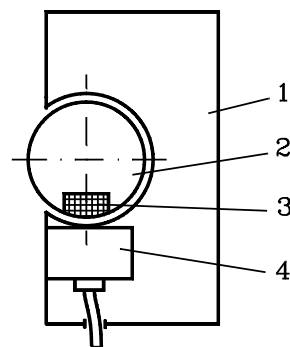


Fig.5.54 Senzor tactil de alunecare

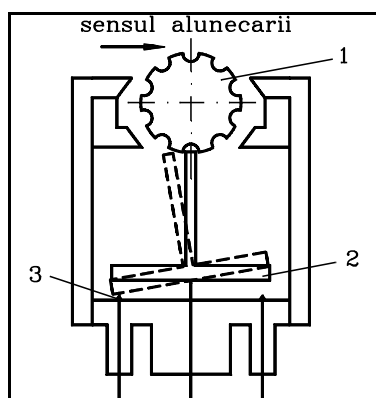


Fig.5.55 Senzor tactil de alunecare

măsurare a deplasării de rotație (capacitiv, rezistiv etc).

c) *măsurare tensometrică*. Momentul de rotație, creat de forțele de frecare, produce torsionarea unui element elastic ce are rolul de a ghida mișcarea de rotație a rolei. Acest moment este măsurat pe cale tensometrică și reprezintă o informație cantitativă și calitativă despre alunecarea piesei prehensate.

d) *măsurare binară ("DA" sau "NU")*. Această metodă are la bază închiderea sau deschiderea unor contacte electrice dispuse sub un disc conductor. Discul conductor se sprijină pe o pârghie elastică (2) care se deformează datorită forțelor de contact dintre piesa prehensată și o bilă intermediară cu concavitate (1) (fig.5.55). În funcție de contactele închise (3), se poate determina care este sensul de rotație. Pe lângă metodele prezentate anterior se poate folosi orice altă metodă de

5.4.4 Detectarea alunecării prin translația unui element

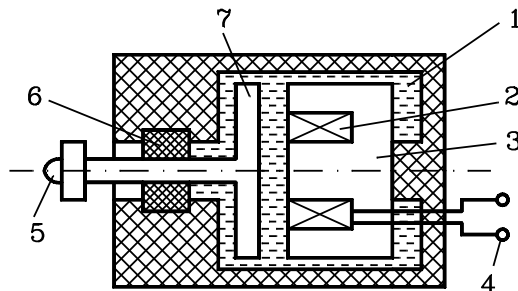


Fig.5.56 Senzor tactil de alunecare (1-amortizor cu fluid; 2-bobină; 3-traductor inductiv; 4-circuit de măsură; 5-cap de palpăre; 6-amortizor cu frecare uscată; 7-armătură mobilă)

Forțele de frecare dintre piesa preluată și un element primar pot asigura translația acestuia din urmă. În figura 5.56 se prezintă soluția unui senzor tactil, pentru detectarea alunecării, realizat prin această metodă. Mișcarea de translație a miezului (7) este sesizată de traductorul inductiv (3). Pentru a elimina influența vibrațiilor, soluția prevede două tipuri de amortizoare: unul fluid (1) iar unul cu frecare uscată (6).

5.4.5 Detectarea alunecării pe baza variației presiunii de contact

Orice tehnică (prezentată anterior) pentru senzorii tactili poate fi folosită pentru sesizarea alunecării.

Acest lucru devine posibil prin extragerea a două categorii de informații de la fiecare "punct" sensibil al senzorului:

- suma variației bruște a presiunii pe fiecare element sensibil (este posibil acest lucru pentru toate categoriile de senzori tactili);
- suma amplitudinii presiunii de contact, cu întârziere, pe fiecare element sensibil (este posibil acest lucru doar pentru senzorii tactili cantitativi).

În cazul unei preluări stabile, diferența în timp între două informații succesive este nulă. Existența unei alunecări a piesei între bacurile efectorului conduce la variația calitativă și cantitativă a informației pe fiecare element sensibil.

5.5 Senzori tactili care modelează pielea umană

Pielea umană este unul din principalii senzori naturali ai omului alături de retina optică, organul lui Corti și mucoasa olfactivă.

Pielea umană se manifestă ca un convertor mecano-electric și piroelectric. Pornind de la acest aspect și de la modelul biomecanic al pielii umane s-au făcut încercări pentru a realiza senzori tactili care să modeleze cât mai fidel modelul de referință.

Prin analiza diverselor categorii de materiale posibile a fi utilizate, s-a concluzionat că polifluorura de viniliden (PVDF) este cea recomandabilă datorită proprietăților piezoelectrice, piroelectrice, stabilității chimice și mecanice. Sarcina electrică generată prin efect piezoelectric și piroelectric va fi o măsură a presiunii de contact exercitate și a variațiilor de temperatură la nivelul senzorului. Se impune o decuplare a celor două fenomene.

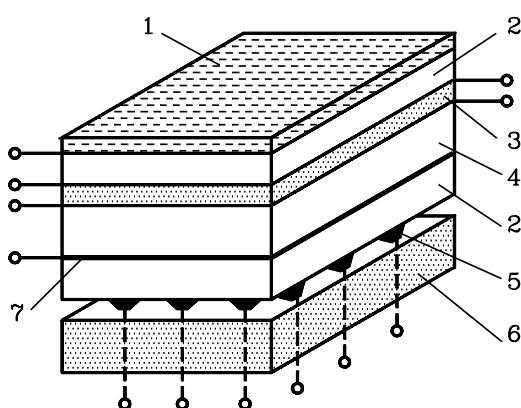


Fig.5.57 Senzor tactil (piele artificială): 1-strat protector; 2-PVDF; 3-strat rezistiv; 4-elastomer conductiv; 5-electrod; 6-placă cu circuite imprimate; 7-placă metalică

În figura 5.57 este prezentată schița principială a unui senzor tactil care modelează pielea umană. Separarea celor două influențe (mecanică și termică) s-a realizat prin aplicarea, la nivelul suprafeței de contact, a unui strat subțire din elastomer cu conductivitate termică redusă. Acest strat introduce o întârziere între detectarea semnalului mecanic și cel termic. În plus stratul din elastomer contribuie la creșterea sensibilității senzorului la solicitare mecanică. Stratul dermic este modelat de o peliculă de PVDF cu grosimea de aprox. 100 μm. Stratul epidermic utilizează același material având grosimea de 40 μm.

Pelicula de PVDF din "stratul dermic" este în contact pe suprafața inferioară cu o placă având degajări cilindrice în care sunt plasați electrozi metalici. Placa metalică lipită pe suprafața superioară a peliculei de PVDF formează împreună cu electrozii metalici 8-16 condensatori electrice.

Pelicula de PVDF din "stratul epidermic" are aplicată pe suprafața inferioară un înveliș rezistiv. Acest strat rezistiv este conectat la o sursă de tensiune ridicând temperatura întregului senzor la valoarea de 37⁰ C. La contactul senzor tactil - piesă are loc o disipare a căldurii prin stratul epidermic. O piesă metalică, având o conductivitate termică ridicată, disipă în mod rapid căldura primită și va fi considerată ca rece de către senzor. O piesă din material plastic (are conductivitate termică redusă) va fi considerată ca și caldă.

"Stratul epidermic" este sensibil atât la excitații mecanice cât și termice oferind însă doar informații grosiere.

"Stratul dermic" sesizează forțe de contact fiind mai puțin sensibil la variațiile de temperatură.

Modelul realizat a permis sesizarea unor forțe în intervalul 0.01 - 40 N. Presiunea maximă până la care caracteristica senzorului este liniară a avut valoarea de 80 MPa.

Bibliografie cap.6

- [5.1] Baciu, C.C.-Anatomia funcțională și biomecanica aparatului locomotor, Editura Sport-Turism, București, 1977
- [5.2] Pruski, A.-Robotique generale, Editura Marketing, Paris, 1988
- [5.3] Stanciu, D.-Senzori. Prezent și perspectivă, Ed.Tehnică, București, 1987
- [5.4] Popov, E.P.-Sistemî ociuvstvlenia i adaptivnîe promîşlennîe robotî, Maşinostroenie, Moskva, 1985
- [5.5] Hackwood, S.,s.a.-Torque-sensitive tactile array for robotics, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.363-369

- [5.6] De Groot, A.W.-Effect of sensor size in robotic tactile sensor arrays, "Robotica",nr.4, vol.6, oct.1988, p.285-287
- [5.7] Weber, M.-Sensoren in Greifern fur Kleinteile,"Feingeratetechnik",nr.11, 1985, p.495
- [5.8] Checinski, S.S., s.a-Magnetoelastic tactile sensor, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.229-235
- [5.9] Luo, R.C., s.a.-An imaging tactile sensor with magnetostrictive transduction, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.113-122
- [5.10] Dolga, V.-Construcția traductoarelor și senzorilor, Lito.Universității Tehnice din Timișoara, Timisoara, 1992
- [5.11] Nakamura, Y., s.a.-A piezoelectric film sensor for robotic end effectors, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.247-257
- [5.12] Rebman, J.- A tactile sensor with electrooptical transduction, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.145-155
- [5.13] Crosnier, J.J.-Grasping systems with tactile sense using optical fibres, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.210-217
- [5.14] Schmid, D.,s.a-Taktile Sensoren fur adaptive multisensorielle Greifsysteme, "Robotersysteme", nr.3, 1988, p.157-160
- [5.15] Robertson, B.E.,s.a.-Tactile sensor system for robotics, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.327-332
- [5.16] Snyder, E.W., s.a.-Conductive Elastomers as Sensor for Industrial Parts Handling Equipment,"IEEE Transactions on Instr. and Measurement", march 1978, nr.1, p.94
- [5.17] Tanie, K., s.a.-A high-resolution tactile sensor, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.189-198
- [5.18] Mott, D.H., s.a.-An experimental very-high resolution tactile sensor array, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.179-188
- [5.19] Sato, N., s.a.- A method for three-dimensional part identification by tactile transducer, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.133-143
- [5.20] Russell, A.R.-Thermal sensor for object shape and material constitution, "Robotica", vol.6, 1988, p.31-34.
- [5.21] Frankel, D.-Traductoare galvanomagnetice, Editura Facla, Timișoara, 1973
- [5.22] Titeica, R., s.a.-Fizica generală, vol.1, Editura Tehnică, București, 1971
- [5.23] Gherșgal, D.A., s.a.-Aparate cu ultrasunete, Editura Tehnica, Bucuresti, 1962
- [5.24] Grahn, A.R., s.a.-Robotic ultrasonic force sensor arrays, "Proc. 3rd Int. Conf. Robot Vision and Sensors, 1983", Bedford, p.298-315
- [5.25] Kovacs, Fr., Rădulescu, C.-Roboți industriali (vol.I-II), Lito.Universității Tehnice din Timișoara, Timisoara, 1993
- [5.26] Fu, K.S., s.a-Robotics:Control, Sensing, Vision, and Intelligence, McGraw-Hill Book Com., NewYork, 1987
- [5.27] Juckenack, D.-Handbuch der Sensortechnik Messen mechanischer Grossen, Moderne Industrie Verlag, Londsberg, 1990
- [5.28] Shaumburg, H.-Sensoren, B.G.Teubner Stuttgart, 1992
- [5.29] Bonfig, K.W.-Sensoren und Sensorsysteme, Expert Verlag, 1991
- [5.30] Hasegawa,K.-Servo.techniques in industrial robot, "Robot", 1984, nr.42, pag.67-71
- [5.31] Dolga, V.- A tactile sensor proposal, Proc. 5th RAAD, p.335, Budapest, june 1996