

Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați
Facultatea de Inginerie
programul de studii: Proiectare si Simulare in ingineria sudarii

Lucrare de Disertatie

Sisteme si proceduri de inspectie video 3D a structurilor sudate complexe

Absolvent: Rotaru Silviu

Coordonator Stiintific,
SL. Dr. ing. Mistodie Luigi

promoția: iulie 2020

Tema:**Sisteme si proceduri de inspectie video 3D a structurilor sudate complexe****Cuprins:**

1. Structuri sudate complexe tip “orthotropic deck closed ribs” utilizate ca constructia podurilor
2. Inspectia vizuala utilizand videoscope si boroscoape clasice
3. Variante automatizate si robotizate autonome tip tractor
4. Video inspectia 3D cu vizualizarea 3D in casti de realitate virtuala
5. Teghnologii si proceduri de video inspectie pentru structuri sudate inchise.

1. STRUCTURI SUDATE COMPLEXE TIP “ORTHOTROPIC DECK CLOSED RIBS” UTILIZATE CA CONSTRUCTIA PODURILOR

1.1.Podul suspendat peste Dunare de la Braila

Podul suspendat de la Braila, al cincilea pod peste Dunare in Romania, e mai aproape de realizare ca niciodata. Promis in repetate randuri de toate guvernele care s-au perindat la conducere in ultimii 20 de ani, proiectul are finalizat Studiul de Fezabilitate din 2016 si vine la pachet cu peste 20 de km de drum de legatura construiti de la zero, de-o parte si de alta a Dunarii. Costul total al proiectului: circa 500 de milioane de euro.

-Lungime: 23,4 km - 1,9 km doar Podul (cu o deschidere de 1,2 km) + ~20 km drum nou;

-Cost constructie: cca. 433 mil. euro (valoarea contractului de proiectare + executie);

Studiul de Fezabilitate al Podului suspendat de la Braila a fost elaborat in 2016 si aprobat in comitetele tehnico-economice din Ministerul Transporturilor si Compania de Drumuri. Realizarea podului este prinsa in Master Planul de Transport, cu surse de finantare nerambursabile aferente perioadei 2014 - 2020. Conform informatiilor din SF, valoarea totala a investitiei depaseste 2 miliarde de lei, fara TVA.



Foto: Hotnews

Lungimea totala a Proiectului este de 23,413 km si cuprinde doua sectiuni:

- drumul principal Braila - Jijila, cu o lungime 19,095 km (include si lungimea podului si a viaductelor de acces (viaduct de acces la pozitia km 4+486.10, cu o lungime de 110 m si viaduct de acces la pozitia km 6+570,52 km, cu o lungime de 110m);

- drumul de legatura cu DN22 Smardan - Macin, in lungime de 4,328 km
Astfel, traseul incepe la intersectia DN2B Buzau- Braila - Galati cu Soseaua Baldovinesti (km 110+344 DN2B). Traseul drumului proiectat se termina la km 19+095, in DN22 Rm.Sarat □ Braila - Tulcea (km 108+310), spre Tulcea. Traseul include o ramificatie de la km 7+940, in directia sud, pana la intersectia cu drumul existent Smardan - Macin (DN22).

Podul suspendat

- Lungimea totala de 1.974,30 de metri, din care 1.120 metri reprezinta deschiderea centrala si doua deschideri laterale de 489,65 m si 364,65 m.
- Latimea totala a podului va fi de 31,70 metri.
- Calea pe pod va avea 22,00 metri si va fi alcatuita din 4 benzi de circulatie de cate 3,50 m latime fiecare, 4 benzi de incadrare de cate 0,5 m latime, doua acostamente de 1,50 m latime si o zona mediana cu latimea de 3,00m.
- La acestea se adauga, de o parte si de alta, 2 benzi aditionale pentru trafic pietonal, biciclete si intretinere, trotuarele avand de cate 2,80 m fiecare.
- Va fi pozitionat intre km 4+596,10 si km 6+570,52 pe drumul principal Braila-Jijila, respectiv la km 165+800 pe fluviul Dunarea (kilometraj pe Dunare, masurat de la Sulina). De o parte si de alta vor fi construite doua viaducte de acces in lungime de cate 110 metri, care se vor adauga lungimii podului suspendat.
- Sistemul de suspendare cuprinde un cablu principal si tiranti verticali de legatura intre tablier si cablul principal. Blocurile de ancorare sunt integrate in teren, in afara digurilor Dunarii.
- Tablierul este realizat din grizi casetate cu inaltime de 3.5 m. Grinda casetata din otel este alcatuita dintr-un platelaj ortotrop cu placi rigidizate de minim 16 mm grosime si saibe de rigidizare dispuse la 600 mm. Antretoazele sunt localizate la fiecare 4.0 m si sunt rigidizate cu placi prevazute cu degajari.

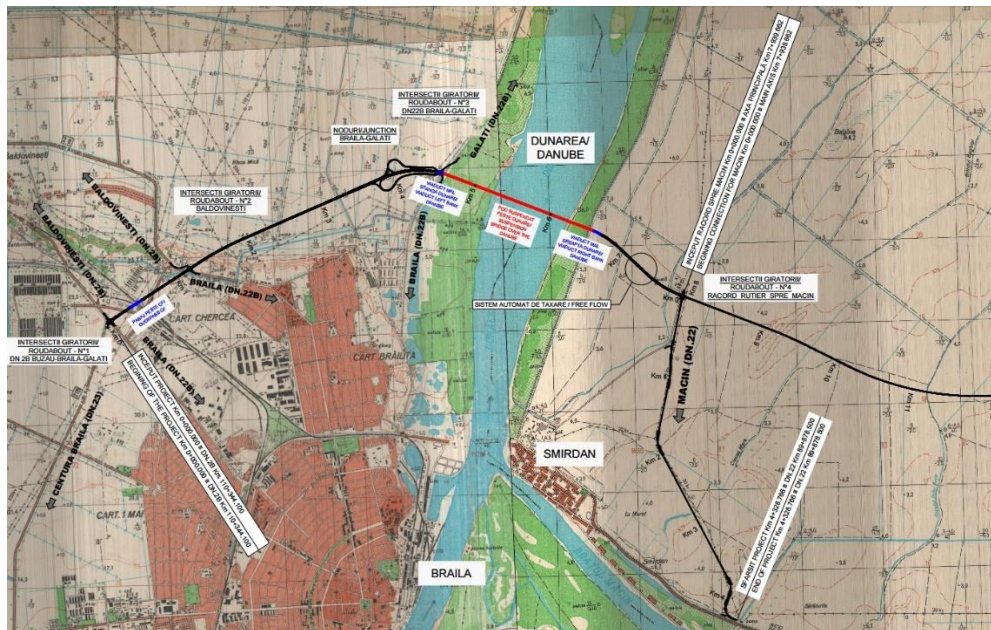
Drumul principal Braila - Jijila

Va avea o lungime de 19,095 Km si va fi prevazut cu doua benzi de circulatie pe sens, benzi de incadrare, acostamente, zona mediana si zona de parapete. Pe tronsonul cuprins intre km 4+486,10 si km 6+680,30, unde drumul traverseaza fluviul Dunarea, se vor construi doua viaducte de acces in lungime de cate 110,00 metri fiecare. Traseul include o ramificatie pe directia Sud, pana la intersectia cu drumul existent Smardan - Macin (DN22).

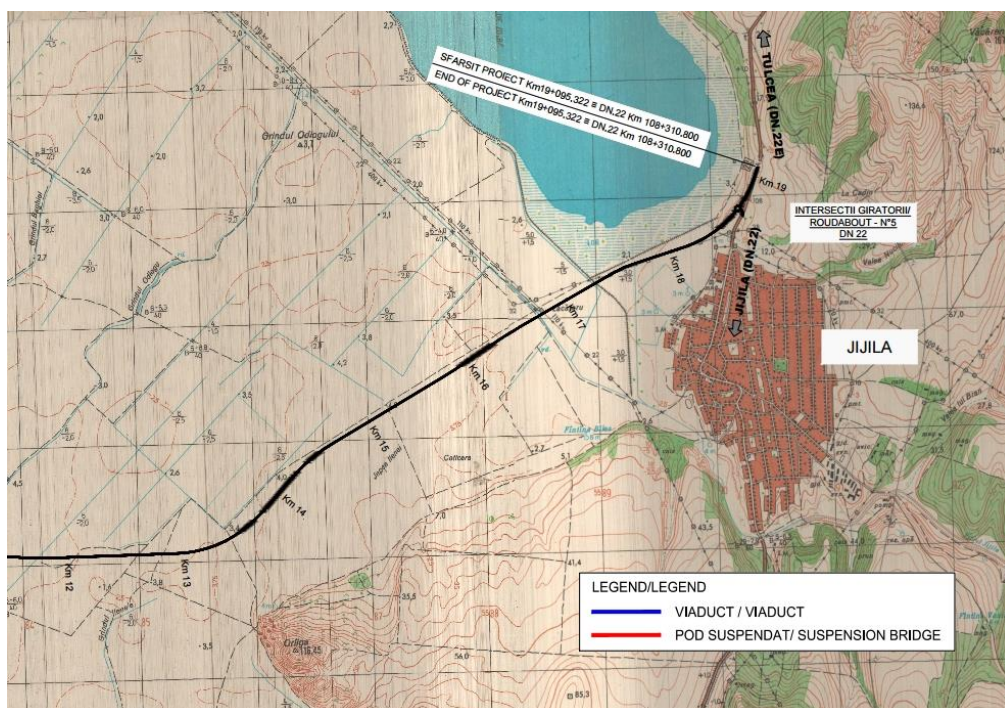
Drumul de legatura cu DN22 Smardan - Macin

Cu o lungime de 4,328 km, acest drum va fi prevazut cu o banda de circulatie pe sens. Drumul de legatura urmeaza sa porneasca de la km 7+940 al drumului

principal (Braila- Jijila) si se va intersecta cu DN22 Smardan-Macin.



Planurile de amplasament



Planurile de amplasament

Cronologia proiectului:

1996 - Studiu de prefizabilitate care a avut la baza un studiu din 1986 ce a analizat trei amplasamente pentru constructia Podului peste Dunare in zona Braila

1997 - Actualizare a studiului din 1996, ca urmare a Planului de Amenajare a Teritoriului Județean Braila

2001 - Studiul "Constructia unui Pod peste Dunare in zona Braila", elaborat de JETRO (Japan External Trade Organization), in colaborare cu S.C. IPTANA S.A. Bucuresti, in vederea obtinerii unui imprumut de la statul Japonez.

2003 - Studiul de fezabilitate elaborat de S.C. IPTANA S.A dupa normele romanesti, cu obtinerea unor acorduri si avize

18 iunie 2014 - A fost lansata licitatiea pentru "Reactualizare Studiu de Fezabilitate pentru Pod suspendat peste Dunare in zona Braila". Valoarea estimata: 10,65 milioane de lei (fara TVA)

24 octombrie 2014 - Au fost depuse noua oferte la licitatie.

28 aprilie 2015 - A fost atribuit contractul catre ISPCF + PEGASO INGEGNERIA (loc 1) cu oferta de 5.635.643,87 RON (fara TVA).

27 octombrie 2016 - SF-ul este aprobat in cadrul Comitetului Tehnico - Economic al CNAIR

22 martie 2017 - SF-ul este aprobat in Comitetul Tehnico - Economic al MT

18 aprilie 2017 - CNAIR SA a transmis Agentiei Nationale pentru Achizitii Publice, Documentatia de Atribuire pentru executia unui Proiect care cuprinde Podul suspendat peste Dunare, in zona Braila. Dupa obtinerea validarii, CNAIR SA urmeaza sa publice Anuntul de Participare pentru lansarea licitatiei publice.

2 mai 2017 - Constructia Podului peste Dunare de la Braila, scoasa la licitatie: 500 de milioane de euro, un an si jumatate proiectarea, trei ani executia

"Dupa ce va fi construit, Podul suspendat de la Braila se va numara printre primele cinci poduri din Europa, ca deschidere centrala (1.120 metri). Cu o valoare pentru proiectare si executie de 2.025.494.965 Lei fara TVA (aproximativ 500 de milioane de euro), acesta reprezinta cel mai mare contract pentru un proiect de infrastructura, atribuit in ultimii 27 de ani.

Contractul va fi atribuit in baza celui mai bun raport calitate-pret, iar durata acestuia va fi de 114 luni. Astfel 18 luni sunt alocate proiectarii, 36 de luni executiei lucrarilor iar perioada de garantie va fi de minim 60 de luni.

22 august 2017 - Au fost depuse doua oferte pentru realizarea podului peste Dunare, contract estimat la 525 milioane de euro:

- asocierea Astaldi SpA (Italia) - IHI Infrastructure Systems (Japonia)
- asocierea China Communication Construction Company Ltd (China) - China Road and Bridge Corporation (China) - Eptisa Servicios de Ingenieria SL (Spania) - Euro Construct Trading '98 SRL (Romania) - CCCC Second Harbour Engineering Co Ltd (China) - CCCC Highway Consults Co Ltd (China)

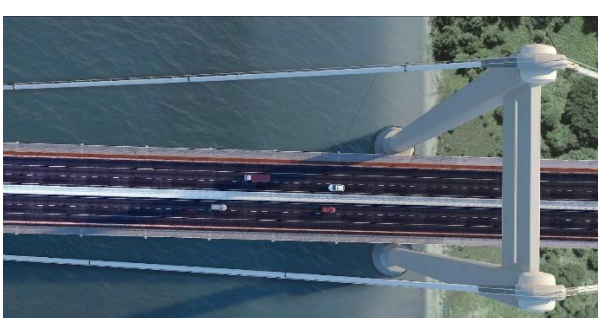
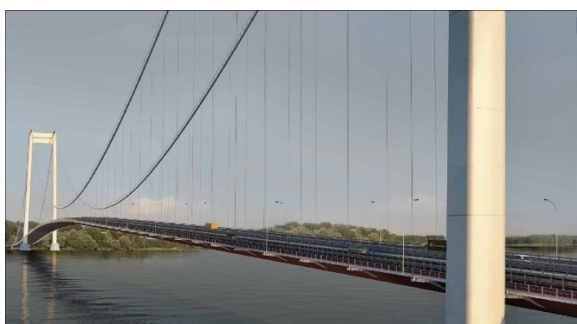
20 octombrie 2017 - Asocierea Astaldi - IHI Infrastructure Systems a fost declarata castigatoarea contractului pentru proiectarea si executia Podului

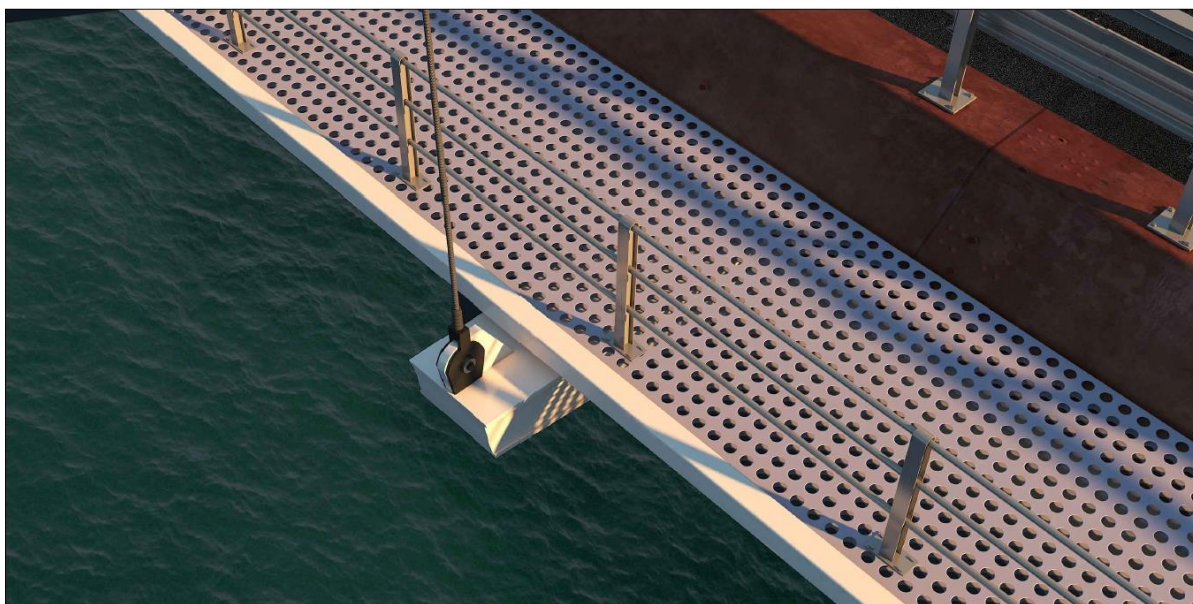
suspendat peste Dunare in zona Braila, cu o valoare de 1.995.932.260,25 lei, fara TVA (circa 433 de milioane de euro).

21 decembrie 2017 - Proiectul este puternic subfinantat pe 2018, cu o alocare bugetara de doar 23,8 milioane de lei, adica putin peste 1% din valoarea proiectului, in conditiile in care odata semnat contractul avansul trebuie sa fie de minim 15%.

15 ianuarie 2018 - A fost semnat contractul pentru proiectarea și execuția podului suspendat peste Dunăre în zona Brăila, între CNAIR S.A. și Asocieria ASTALDI S.p.A. – IHI INFRASTRUCTURE SYSTEMS CO. LTD.

17 ianuarie 2018 - Randari cu Podul suspendat peste Dunare - cum ar putea arata:





Randari cu Podul suspendat peste Dunare

26 martie 2018 - Proiectul Podului peste Dunăre de la Brăila, blocat înainte să înceapă. Compania de Drumuri nu a finalizat la timp licitațiile de relocare a utilităților

20 decembrie 2018 - Încep lucrările la podul suspendat peste Dunăre - Ministerul Transporturilor a emis autorizația pentru începerea lucrărilor de construcție aferente etapei I: executarea celor două turnuri ale podului, pe malul Dunării, în zona județelor Tulcea și Brăila.

Durata de execuție din prima etapă este de 17 luni de la data începerii efective a lucrărilor.

2. INSPECTIA VIZUALA UTILIZAND VIDEOSCOPE SI BOROSCOAPE CLASICE

2.1 Definirea și clasificarea senzorilor

Sub noțiunea de "senzori pentru sudarea cu arc electric" se înțeleg dispozitivele și aparatele care, ca parte componentă a unei instalații de sudare, sesizează un anumit fenomen sau date nedimensionate privind "starea" sau după posibilități geometria (configurația) pieselor care urmează să fie sudate. Informațiile sunt transmise mai departe sub diferite forme (semnale) în vederea urmăririi și menținerii în parametrii doriți ai fenomenului cum ar fi în cazul procesului de sudare, reglarea poziției capului de sudare în raport cu rostul și pe cât posibil, reglarea mărimilor procesului de sudare.

Se înțelege prin senzor partea unei instalații de măsură care este expusă nemijlocit fenomenului de măsurat. În construcția de roboți industriali senzorii sunt utilizați pentru măsurarea unor mărimi necinematice referitoare la starea mediului, mărimi fizice, influențe stohastice ale mediului, cât și recunoașterea unor forme și poziții ale obiectelor.

După teoria lui Jäger se deosebesc următoarele categorii de noțiuni:

- **Senzorul** este elementul de conversie, care transformă o mărime neelectrică într-una care poate fi evaluată electric.
- **Sistem cu senzori:** este o unitate funcțională pentru înregistrarea și reprezentarea mărimilor de măsurare sau pentru recunoașterea formelor obiectelor. Sistemele cu senzori se compun din senzori și din unități microelectronice de prelucrare conectate cu acestea.

Sistemele senzoriale au drept scop transformarea semnalelor recepționate privind proprietățile obiectelor din mediul înconjurător (geometrice, electrice, mecanice, optice, acustice, magnetice, chimice) în informații folosite pentru îndeplinirea funcției prescrise robotului industrial.

- **Tehnica senzorilor:** înglobează totalitatea operațiilor de hardware și de software pentru reprezentarea unei mărimi de măsurare sau a unor combinații de mărimi de măsurare într-un semnal care poate fi prelucrat automat.

Un senzor constă din receptor, convertor, amplificator și elemente de prelucrare a rezultatelor măsurătorii (figura 2.1).

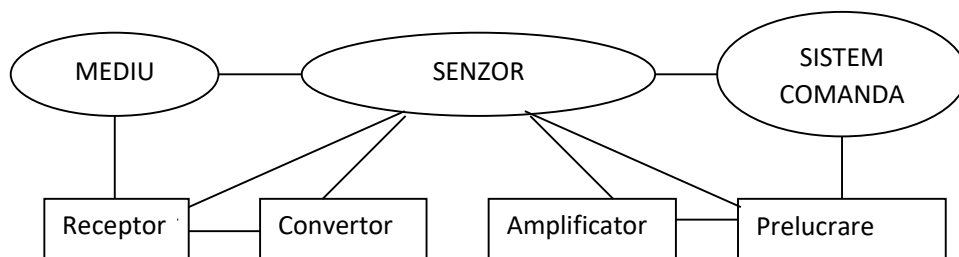


Figura 2. 1. Definirea unui senzor

Receptorul este partea senzorului care generează un semnal dependent de fenomenul de măsurat. Receptorul lucrează fie cu contact fizic (cu acțiune apropiată), fie fără contact mecanic (cu acțiune independentă) funcționarea lui bazându-se pe principii mecanice, electromagnetice, fluidice, optice, ultrasonice, electrice (tensometric, potențiometric, inductiv, capacitiv, piezoelectric).

Convertorul transformă informația din analog în numeric sau invers, sau măsoară impulsurile înregistrate.

Senzorul percepe rostul prin intermediul componentelor vectorului de traseu în punctul J_c (figura 2.2).

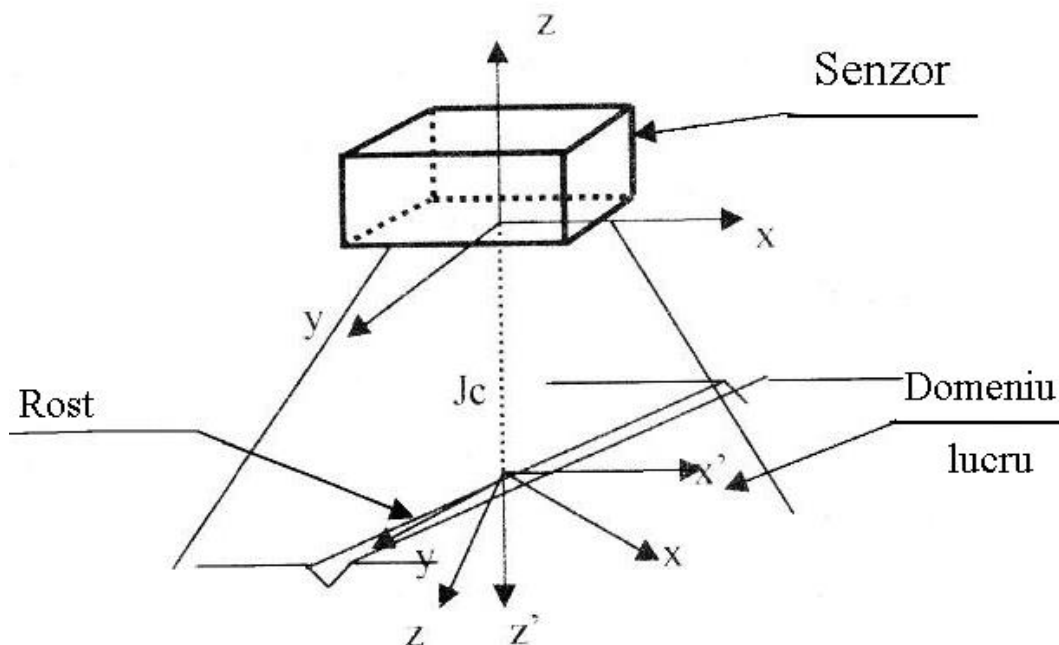


Fig. 2.2. Schița de lucru a senzorului.

Pentru a calcula vectorul de traseu trebuie calculată fiecare componentă a sa prin utilizarea următoarelor relații:

$$J_c x = J_c x - (J_c x - J_c y) * J_c y$$

$$J_c z = J_c x * J_c y$$

Pentru calculul componentei $J_c y$ într-un punct "k" pot fi utilizate mai multe relații:

-Formula lui Stirling

$$J_c y(k) = 1/2p[3J_c(k) - 4J_c(k-1) + J_c(k-2)]$$

unde: p = pasul de eșantionare al traseului.

-Formula interpolării polinomiale.

$$J_c y(k) = 1/20 p[21J_c(k) - 13J_c(k-1) - 17J_c(k-2) + 9J_c(k-3)]$$

Un senzor pentru sudare prin topire cu arc electric este de fapt definit după cum urmează: "Se numește **senzor** un detector care este capabil de monitorizarea (urmărirea) și controlarea operației de sudare pe baza propriilor capacități de a detecta situații externe și interne, afectînd rezultatele sudării și de a transmite valorile detectate ca un semnal de detecție (identificare) "

Sistemele de detecție (senzori) a rostului pieselor care se sudează sunt necesare la sudarea automatizată a acestora deoarece nu poate fi cunoscută cu precizie poziția lor, aceasta deoarece repetitivitatea poziției pieselor la operația de sudare nu este suficientă pentru a garanta realizarea sudurii în bune condiții. Această lipsă de repetitivitate poate fi datorată:

- defectelor mașinii de sudat.
- poziției reciproce de asamblare a pieselor.
- deformațiilor în timpul sudării.

Actualmente mașinile de sudat și roboții fără senzori de rost sudează în principal piese cu deformații mici și deci de dimensiuni mici și cu puține îmbinări sudate. Prin utilizarea senzorilor de rost se va mări domeniul de aplicare al sudării automate. În plus utilizarea senzorilor a produs un important impact asupra extinderii procedeelor de sudare iar o poziționare precisă a sârmei electrod în raport cu rostul permite o mai mare receptivitate a condițiilor de aplicare a procedurii și în consecință o viteză de sudare mai mare cu urmări benefice asupra efectelor termice.

Un senzor este capabil de a determina caracteristicile spațiale și geometrice ale rostului și/sau ale pieselor de sudat. Senzorul ideal execută :

- 👍 localizarea rostului pentru sudare.
- 👍 determinarea punctului de început și sfârșit a rostului pentru sudare.
- 👍 urmărirea traseului rostului pentru sudare.
- 👍 măsoară caracteristicile spațiale ale rostului (pozițiile flancului rostului, bisectoarea unghiului format de rost, unghiul interior, orientarea sa în spațiu).
- 👍 măsoară caracteristicile geometrice ale rostului (mijlocul, lățimea, profunzimea, distanța dintre piese, cantitatea de metal depusă, forma cordonului, etc.)
- 👍 funcționează în prezenta arcului electric și în timpul mișcării de oscilație a capului de sudare și este fiabil în mediul de sudare (stropi, fum, căldură, lumina arcului, câmp magnetic, etc.).
- 👍 nu mărește dimensiunea capului de sudare și dacă este posibil funcționează fără facilități suplimentare.
- 👍 este independent de procedeul de sudare utilizat.
- 👍 este independent de tipul rostului considerat.

În figura. 2.3 este prezentat un sistem de sudare automat de înaltă tehnologie.

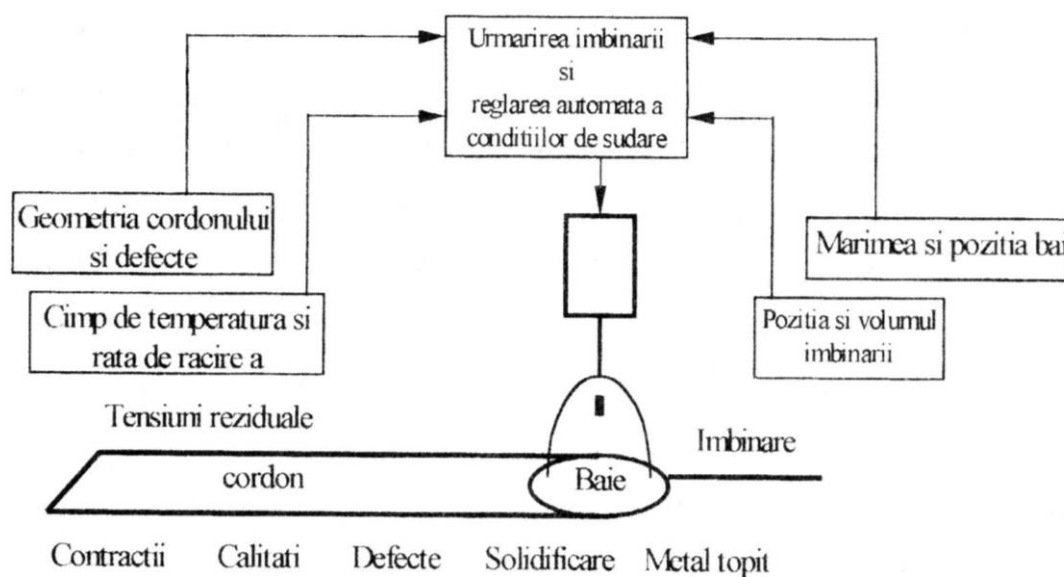


Figura 2.3. Sistem automat pentru sudare

Piesele care se sudează prezintă adesea toleranțe foarte largi făcând astfel mai greu "învățarea" unor căi de parcurs pentru capul de sudare. Pentru urmărirea rostului se pot utiliza două etape:

① înainte de pornirea procesului de sudare punctul de start al liniei rostului care trebuie căutat și găsit.

② în timpul sudării urmărirea liniei rostului pentru corectarea traseului preînvățat.

Urmărirea corectă a rostului este un factor de primă importanță alături de alegerea corectă a parametrilor de proces (curent, tensiune, viteză de sudare, viteza de pendulare, viteza de avans a sârmei, etc.), în realizarea unei îmbinări sudate de calitate.

Senzorii sunt cheile tehnologice pentru rezolvarea automatizării sudării cu arcul electric. În ultimii 30 de ani au fost dezvoltate diferite tipuri de senzori iar punctul de "euforie" l-a constituit anul 1980.

Se pot separa două etape în procesul de orientare senzorială:

- ❶ Obținerea semnalelor privind proprietățile corespunzătoare ale obiectelor.
- ❷ Prelucrarea acestor semnale pentru extragerea informației necesare.

A doua etapă se împarte și ea în două subetape:

- prelucrarea preliminară în scopul "perfecționării" semnalului (de regulă prin programare)
- analiza în scopul izolării informației necesare (de regulă prin programare).

În cazul analizei stadiului actual al tehnicii senzorilor trebuie constatat că "euforia" anilor '80 a cedat estimărilor realiste din ultimii ani privind posibilitățile tehnicii actuale.

O multitudine de sisteme senzoriale au fost dezvoltate și dintre acestea numai un număr restrâns și-au găsit utilizare în procesele de producție industriale. Cauzele acestei neutilizării sunt diverse, astfel putem enumera:

- ☞ sistemele senzoriale pentru sudare cu roboți trebuie mereu adaptat la fiecare caz în parte. Sensorul universal nu este realizabil.
- ☞ posibilitățile de integrare pentru senzori în sistemele robotizate sunt și astăzi satisfăcătoare. Prelucrarea informațiilor date de senzor în timp util suprasolicita multe comenzi ale roboților.
- ☞ condiții auxiliare ale tehnicii de execuție nu permit încă o utilizare diversificată, a senzorilor, astăzi, datorită soluțiilor tehnice nesatisfăcătoare cu toate că acest lucru ar fi de dorit.
- ☞ aspectele economice deasemenea nu permit investiții deosebite în tehnica senzorilor, deoarece prețul de cost este pentru anumite categorii de senzori foarte ridicat (un exemplu îl constituie senzorii optici).
- ☞ deseori întreprinderilor le lipsește personalul specializat în privința posibilităților de utilizare a senzorilor la robotii industriali.

- ☞ procesele care au loc în arcul electric pot influența la anumite tipuri de senzori buna funcționare a senzorului și a conlucrării lui cu sistemul de interpretare a datelor.
- ☞ în anumite situații capul de sudare își mărește gabaritul (datorită senzorului) reducându-i posibilitățile de manevrabilitate și acces.

2.1 Clasificarea senzorilor

Există diferite tipuri de senzori care pot fi clasificați după diverse criterii, avându-se în vedere că fiecare principiu fizic care poate oferi informații despre starea unui obiect intră ca bază de plecare pentru o funcție senzorială. După modul de funcționare, senzorii se clasifică în două categorii:

- ☞ Senzori activi - sunt cei care pentru realizarea conversiei mărimii neelectrice în mărime electrică nu necesită aport de energie suplimentară.
- ☞ Senzori pasivi - sunt cei care în aceleași condiții necesită aport de energie suplimentară.

Dacă se alege ca și criteriu de clasificare funcțiile pe care le îndeplinesc senzorii se pot distinge următoarele categorii:

✓ *Senzori de urmărire a rostului.* Acest tip de senzori permit determinarea caracteristicilor spațiale ale rostului. Ei furnizează în general poziția unui punct al rostului orientarea lui putând fi obținută prin mijloace complementare sau prin calcul. Ei sunt în general plasați în apropierea capului de sudare și atașați la extremitatea brațului robotului de sudare.

✓ *Senzori metrologici.* Aceste sisteme permit relevarea caracteristicilor generale ale rostului și conduc la urmărirea lor. Ele dau în egală măsură acces la mărimi și permit reglarea parametrilor de sudare pentru menținerea unei calități a îmbinării sudate constante (defecte de racordare, profunzime, volum de metal depus).

✓ *Senzori de proces.* Ei permit controlul operației de sudare în desfășurare pentru a determina dacă ele răspund criteriilor de calitate. Acest sistem poate conduce un proces de sudare în curs de desfășurare și poate determina caracteristicile acestuia sau ale îmbinării sudate obținute. În acest din urmă caz poate fi inclusă și sudarea multipas. Acest tip de senzori se plasează la extremitatea brațului robotului lângă capul de sudare.

✓ *Senzori de recunoaștere.* Acest tip de senzori permit recunoașterea (pentru comparare cu "imagini" model) rosturilor sau zonelor caracteristice ale pieselor de sudat pentru a le localiza.

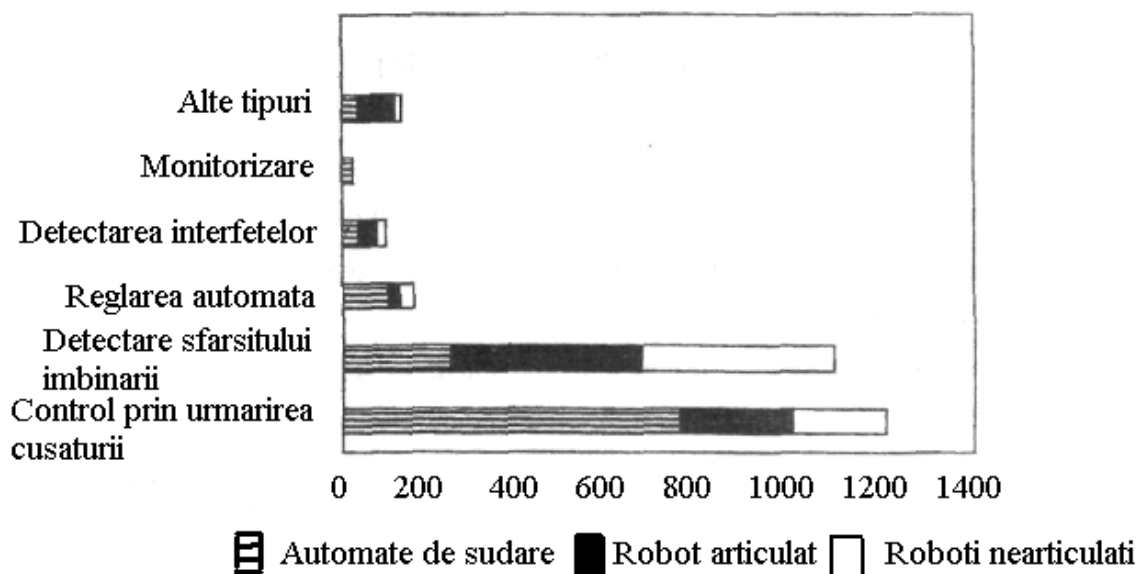


Figura 2.4. Volumul de aplicare a senzorilor la sudarea cu arc electric

Pentru senzorii din aceeași categorie se pot distinge două moduri diferite de lucru după cum utilizează sau nu parametrii de sudare (compatibil sau nu cu procesul de sudare). Se disting astfel senzori "un pas" pentru utilizarea în cursul operației de sudare și "doi pași" care sunt utilizați în afara procesului de sudare propriu-zis. Senzorii de ultimul tip sunt utilizați în general pentru a pregăti operația de sudare, pentru a determina poziția și traseul (forma) rostului și punctele strategice ale acestuia. Indiferent de principiul fizic utilizat, senzorii trebuie obligatoriu să reziste mediului nefavorabil din jurul arcului electric. Cu toate acestea în producție actualmente cei mai utilizați sunt senzorii care acționează pe baza analizei parametrilor arcului electric (figura 2.5).

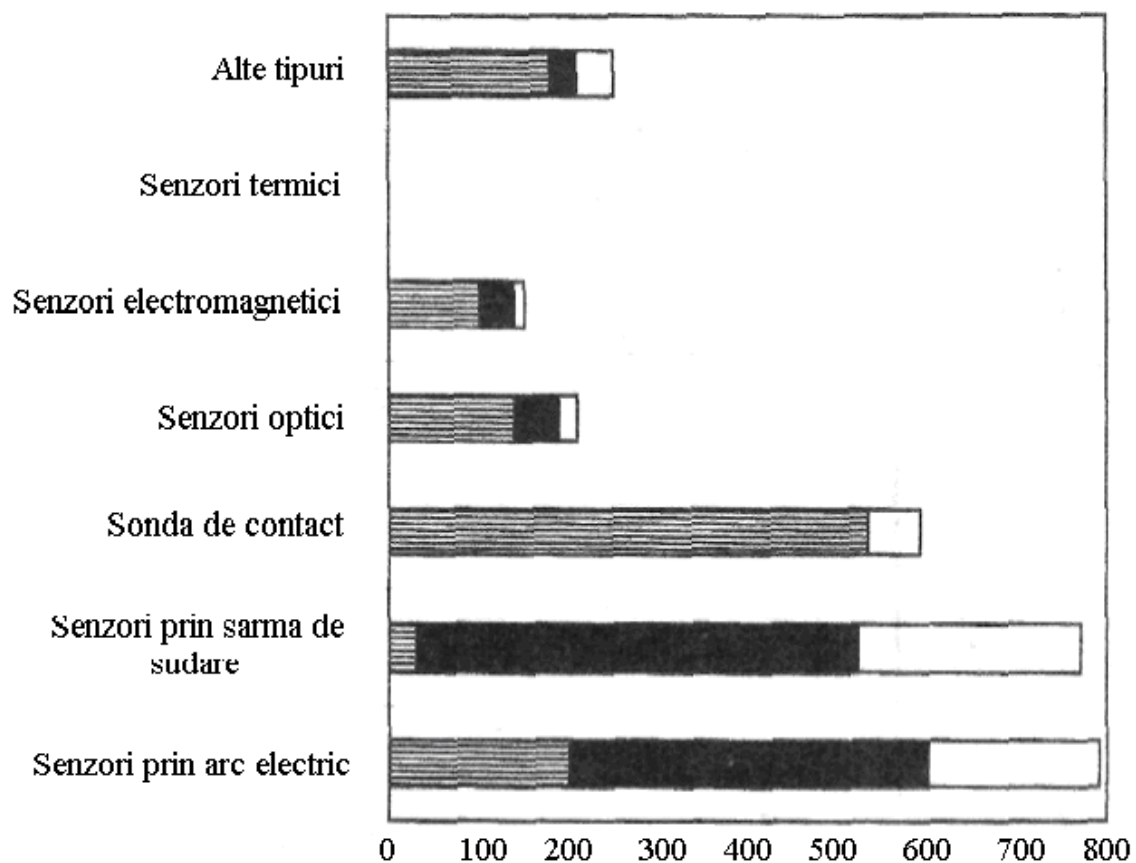


Figura 2.5. Volumul de utilizare a diferitelor tipuri de senzori

Contact cu piesele	✕ Contact mecanic	➔ Electromecanic	✕ Masurarea deplasarii	↺ Potentiometric ↺ Inductiv ↺ Optoelectronic ↺ Capacitiv ↺ Fluid
			☆ Masurarea forteii	
		➔ Activ		➤ Potentiometric ➤ Piezoelectric ➤ Inductiv ➤ Capacitiv ➤ Motor pas cu pas
		➔ Tactil matricial		
	✕ Contact electric	▪ Electrode ▪ Diuza		

Fara contact cu piesa	✖ Inductiv	✓ Magnetic		☆ Circuit unic ☆ Masurare diferentiala ☆ Circuite multiple
		✓ Curenti Foucault		⚡ Circuit unic ⚡ Masurare diferentiala ⚡ Circuite duble ⚡ Circuite multiple ⚡ Relevée de profil
	✖ Masurarea arcului	➔ Deviatie in camp magnetic ➔ Deviatie mecanica ➔ Cap cu doi electrozi ➔ Masurarea parametrilor arc		
	✖ Optic	★ Observare	🔍 Inainte de sudare	• 2D • Selectiv • Stereoviziune
			🔍 Arc	♦ Camera TV ♦ Camera in infrarosu
		★ Intesitate luminoasa	🔍 Contraste 🔍 Retrodifuzari 🔍 Reflexie	
		★ Triangulatie		▣ 1D ▣ 2D ▣ 3D
		★ Distanta		◇ Proximetrie ◇ Masura de faza
	✖ Alte tipuri		⚡ Fluid ⚡ Hiperfrecvente ⚡ In infrarosii ⚡ Ultrasonic ⚡ Capacitiv	

Figura 2.6. Clasificarea senzorilor

3. SENZORI TACTILI

Rosturile de sudare sunt supuse toleranțelor de poziție și sunt detectate exact cu cheltuieli tehnice relativ scăzute prin introducerea unor sisteme de senzori tactili adică senzori care sunt în contact direct cu piesele ce se sudează. Pe lângă conducerea capului de sudare prin dispunerea lor în fața capului de sudare, aceste sisteme s-au dovedit "folositoare" pentru determinarea începutului și sfârșitului cusăturii în numeroase utilizări ale sudării mecanizate și robotizate.

Datorită contactului direct dintre partea mecanică (tija palpatoare) a senzorului și piesă uzura acestuia este mare în exploatare.

Acest tip de senzori sunt în contact direct cu piesele care se sudează și se împart în două categorii:

- ❶ senzori de contact mecanic.
- ❷ senzori de contact electric.

❶ Senzori de contact mecanic

Cele mai simple dezvoltări de sisteme tactile de conducere după rostul de sudare se bazează pe explorarea mecanică a unui rost sau muchie în corelație cu o transpunere directă asupra capului de sudare a unor mișcări de corectare în conformitate cu principiul brațului remorcă. Pentru aceasta elementele de exploatare sunt potrivite constructiv formei rostului. Dezvoltarea în continuare a condus la noi sisteme de senzori în acest domeniu:

- ✎ senzori electromecanici,
- ✎ senzori activi,
- ✎ senzori matriciali.

1.2. Senzori electromecanici

În acest caz rostul pentru sudare ghidează tija unui palpator menținând capul de sudare corect poziționat. Semnalele electrice emise de senzor se aplică unor motoare pe diferite axe de reglare fapt care face posibilă corectarea dimensională exactă a poziției capului de sudare față de rost.

Printre primele echipamente comercializate și care sunt și astăzi foarte răspândite este cel prezentat în figura 3.1:

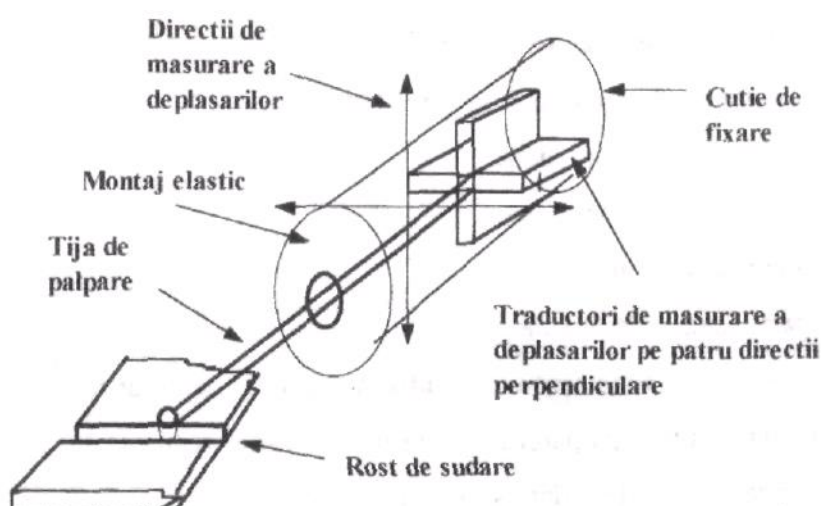


Figura 3.1. Schema de principiu a senzorului "CEC I P"

Traductoarele care măsoară deplasarea sunt traductoare potențiometrice liniare dispuse perpendicular unul în raport cu celălalt pe un palpator. Acest senzor permite detectarea și urmărirea rostului pe orizontală și verticală. Măsurarea deplasării laterale se face în raport cu poziția de referință a tijei palpatorului. Poziția de referință corespunde unui semnal de ieșire nul pentru traductorul ce măsoară deplasarea laterală. În momentul în care se produce o deplasare a vârfului palpatorului cu o anumită valoare "d" față de poziția sa din axă, va apărea o tensiune ($U_y = 0$) a cărei mărime depinde de deplasarea vârfului palpatorului (d). Tensiunea este preluată de către un echipament electronic și aplicată unor motoare care readuc capul de sudare în poziția de referință. Reglarea poziției verticale se face în același mod, alegându-se axa de referință și reglându-se pentru această poziție valoarea zero pentru tensiune ($v_z = 0$). Menținerea palpatorului pe rost se realizează prin crearea unei mici presiuni (forțe) exercitate prin intermediul unor resorturi.

Avantajele principale ale acestui tip de senzor sunt:

- 👍 rapiditatea răspunsului la perturbații
- 👍 robustețe în construcție
- 👍 simplitate în funcționare.
- 👍 preț de cost mic.

Principalele dezavantaje sunt:

- 👎 nu este simetric, iar pentru măsurarea deplasărilor verticale necesită o orientare a tijei palpatorului care trebuie astfel realizată încât acesta să fie situat în fața capului de sudare și în axa rostului.
- 👎 gabarit mare, cutia este de aproximativ 8 [cm] în diametru și lungă de 12 [cm], iar lungimea medie a palpatorului este de 10 [cm].
- 👎 extremitatea tijei palpatorului nu este universală. Ea trebuie adaptată funcției de forma secțiunii transversale a rostului.
- 👎 datorită plasării punctului de palpate în fața capului de sudare la o anumită distanță există probleme de conducere corectă în punctele de inflexiune ale traseului rostului.

În timp aceste tipuri de senzori au fost îmbunătățite obținându-se performanțe superioare. Dintre acestea se pot enumera:

- ✖ Senzor ABC. El funcționează pe același principiu descris anterior dar este mult mai precis ($\pm 0,1$ mm). Acest tip de senzor este dispus paralel cu axa capului de sudare și este folosit la roboții O. T. C. pentru învățarea traiectoriei rostului înainte de sudare.
- ✖ Senzor Ciclomatic. El este practic identic ca și construcție cu senzorii anteriori, având particularitatea că utilizează traductoare identice care nu necesită un contact mecanic direct.

✖ Sensor tactil cu două grade de libertate. Aplicațiile acestui tip de sensor sunt întâlnite la roboții industriali pentru urmărirea rostului de sudare și sunt plasați în fața capului de sudare.

✖ Sensor Mitsubishi Denki Kabushiki, în acest caz deplasarea punctelor de palpare sunt detectate prin simple contacte electrice dispuse după axe perpendiculare. Simplitatea funcțională îl face utilizabil cu succes în robotică.

✖ Sensor Cabrol. În acest caz contactul mecanic nu este realizat de un palpator special ci de către capul de sudare cu nivelul de bază al acestuia. Baza capului de sudare vine în contact cu marginea șanfrenului în momentul oscilației acestuia la sudare. Utilizarea acestui principiu este limitată la determinarea lății șanfrenului.

✖ Sensor Caterpillar. Acest sensor utilizează în construcția sa traductoare opto-electronice. Acest sensor este fixat direct pe capul de sudare ca în figura 3.5. Principiul de lucru este ca și al senzorilor anteriori rotațiile orizontale (O_h) și verticale (O_v) fiind sesizate de către traductoarele opto-electrice care prin intermediul sistemului electronic comandă deplasarea capului de sudare în poziție optimă. Acest tip de sensor poate fi utilizat pe roboți industriali.

✖ Sensor ESAB. Principiul de lucru al acestui sensor este ca și în cazul senzorului CECIL, deplasările măsurându-se cu traductoare opto-electronice. Acest tip de sensor se utilizează în cazul roboților industriali la sudare MIG/MAG.

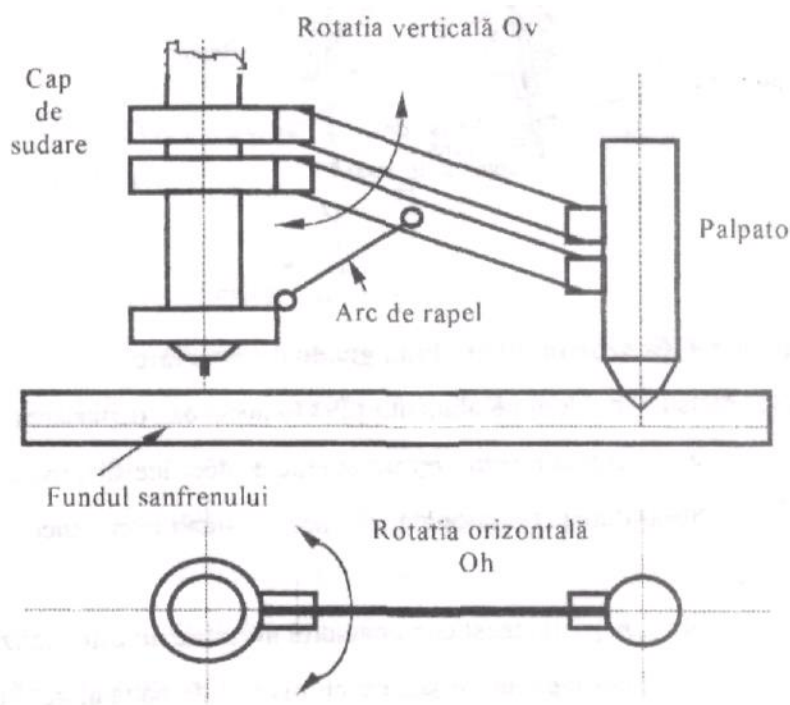


Figura 3.5 Sensor tactil Caterpillar

1. 2. Senzori activi

Senzorii activi au un punct de palpăre deplasabil de-a lungul diferitelor axe prin una sau mai multe acționări. Aceste acționări permit deplasarea punctului de palpăre și determinarea caracteristicilor geometrice ale rostului. Din această categorie de senzori cei mai utilizați sunt:

➔ **Senzorul SAF.** Acest senzor este compus din elemente clasice cum ar fi palpatorul și traductorul potențiometric. Senzorul este activ deoarece vârful de palpăre este antrenat într-o mișcare de translație prin intermediul unui cilindru pneumatic până la atingerea pieselor care se sudează, (figura 3. 7). După atingerea pieselor valoarea curentului de ieșire de la traductor este comparat cu o valoare de referință și în funcție de această comparație se realizează corectarea poziției capului de sudare. Palparea rostului de sudare se face periodic comparându-se valorile obținute cu cele programate și făcându-se corecțiile de rigoare.

Utilizarea acestui senzor se limitează la cusături și cu piese solidarizate prin puncte de sudură.

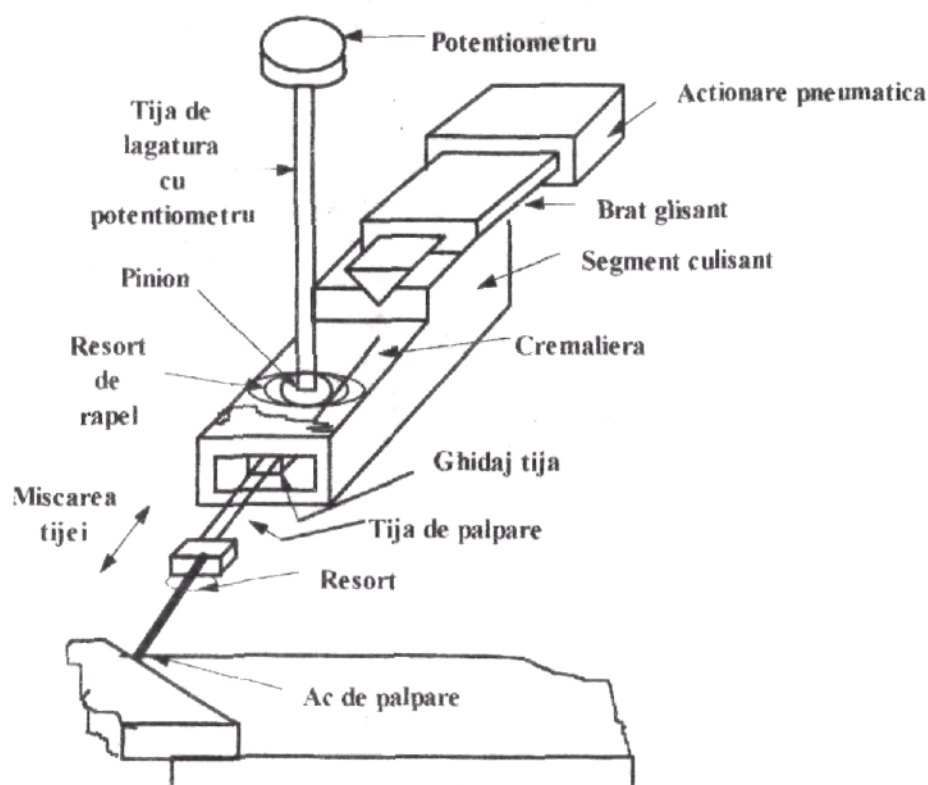


Figura 3. 7 Senzor S. A. F.

➔ **Senzor realizat la Institutul I. Ștefan**, în cazul acestui senzor traiectoria de controlat este în permanență palpată și controlată. Acest senzor are trei grade de libertate și este utilizat în cazul roboților utilizați la sudare.

➔ **Senzor D. Malai - Institutul Politehnic Timișoara**. Senzorul este de tip inductiv cu palpare bilaterală a rostului preluând informația de abatere, în raport cu o poziție de referință. Proiectat să lucreze simultan pe cele două flancuri ale rostului, senzorul furnizează informații total separate, iar comenzile de corecție aferente vor fi de asemenea separate.

➔ **Senzor FIAT**. Acest senzor este în principal realizat dintr-o tijă palpatoare antrenată mecanic de motoare pas cu pas după două axe perpendiculare. Acționarea motorului pas cu pas furnizează poziția exactă a palpatorului, senzorul fiind foarte sensibil la obstacole. Senzorul este comandat prin intermediul unui computer astfel încât să fie urmărit traseul rostului dorit.

➔ **Senzor capacitiv C. Silindean**. Este un senzor tactil de contact mecanic, activ, potențiometric de urmărire a rostului de sudare. Acest tip de senzor se pretează a fi utilizat pentru automatele de sudare la procedee de sudare MIG, MAG, SAF și realizează menținerea capului de sudare pe direcția comandată de către senzor.

1. 3. Senzori matriceali

Avându-se în vedere limitele utilizării palpatoarelor în contact cu suprafețele pieselor care se sudează s-a căutat reducerea suprafeței de contact dintre un palpator și rost. Pentru realizarea acestui deziderat s-a căutat o organizare matricială a palpatoarelor. Schema unui astfel de senzor matricial este prezentată în figura 3. 14. Acesta este compus din palpatoare (electrozi) dispuse pe două rânduri paralele, în primul rând fiind dispuse șapte palpatoare iar în al doilea rând, două palpatoare. Acest senzor permite urmărirea rosturilor la sudare în trei plane.

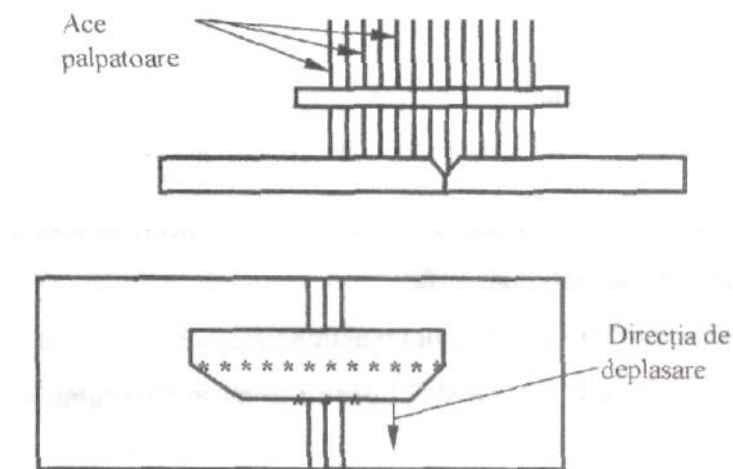


Figura 3. 14 Senzor matricial

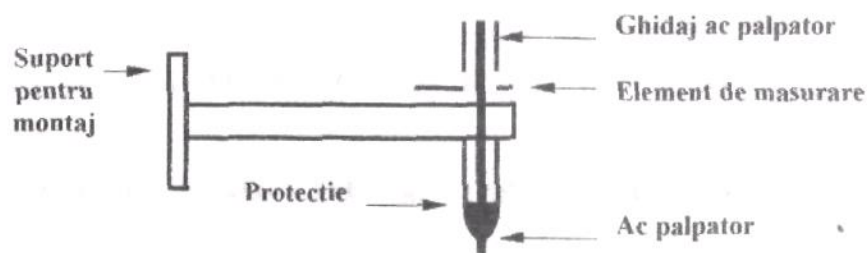


Figura 3. 15 Principiul unei unități de măsurare

Fiecare palpator execută o mișcare independentă, modul de deplasare a acestuia fiind înregistrat prin intermediul unui element de măsurare și centralizat la nivelul unui computer care coordonează mișcarea capului de sudare. Schița simplificată a unei unități de măsurare este prezentată în figura 3. 15. În practică acești senzori sunt puțin utilizați, fiind puțin fiabili în prezența arcului electric în special datorită împrăștiilor cu metal topit care pot conduce la blocarea palpatoarelor. De asemenea uzura palpatoarelor este mare.

Bibliografie:

Victor Cozmei, Podul suspendat peste Dunare de la Braila - un proiect asteptat de peste 20 de ani, HotNews.ro, Miercuri, 19 aprilie 2017

http://monitorizari.hotnews.ro/stiri-infrastructura_proiecte-21721187-podul-suspendat-peste-dunare-braila-proiect-asteptat-peste-20-ani.htm

Opening of Turkey's Longest Suspension Bridge, the Osman Gazi Bridge
- Cuts Crossing Time over Izmit Bay from North to South to Just Six Minutes

<https://www.ihl.co.jp/iis/en/news/2016/160704.html>

<https://www.ihl.co.jp/iis/en/news/2017/180117.html>

<https://www.ihl.co.jp/iis/en/news/2013/131204.html>

<https://www.ihl.co.jp/iis/en/news/2011/110909.html>

Gebze-Orhangazi-Izmir motorway: Osman Gazi Bridge construction timelapse | World Finance,
<https://www.youtube.com/watch?v=onvqjOvmGLY>

Premieră: filmare completă cu podul suspendat de la Brăila - 31.07.2019,

<https://www.youtube.com/watch?v=BWOvXeIm2xg>

Asa va arata podul suspendat Braila, <https://www.youtube.com/watch?v=eDxNeqGe0Rk>

Ponte sospeso sul Danubio a Braila (Romania), <https://www.youtube.com/watch?v=CGhYcAWCjk0>

În fiecare lună se finalizează patru tronsoane metalice pentru tablierul noului pod peste Dunăre,
<https://www.youtube.com/watch?v=74gOlgs0am0>

https://en.wikipedia.org/wiki/New_Europe_Bridge

Astaldi a facut publice randarile podului peste Dunare,

<https://www.youtube.com/watch?v=O1uDLDuZ5pI>

Update construire pod peste Dunare, zona Braila-Tulcea

<https://www.youtube.com/watch?v=QEnp80uC64E>

<https://www.uct-media.com/2019/03/video-astaldi-facut-publice-randarile.html>

<http://www.contec-aps.com/business-areas/bridges-rehabilitation/orthotropic-steel-bridges.html>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13296-018-0180-1>

<https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/bridge/17020/001.cfm>

<https://www.fhwa.dot.gov/publications/focus/12apr/12apr00.cfm>

www.fhwa.dot.gov/bridge/pubs/if12027/if12027.pdf

<https://www.taim.psu.edu/assets/docs/manufacturability-of-orthopedic-steel-bridge-decks.pdf>

https://abc-utc.fiu.edu/wp-content/uploads/sites/52/2016/01/News-Apr-12-webinar_04-12-12.pdf

http://www.orthotropic-bridge.org/www/2013/Docs/Full_Page_Ad.pdf

<http://www.orthotropic-bridge.org/>

https://www.jasbc.or.jp/images/imageparts/title/release/ppt/2012/H24_06.pdf

<https://wisconsindot.gov/dtsdManuals/strct/manuals/bridge/ch-all.pdf>

<https://www.dot.state.mn.us/bridge/maintenance-manual.html>