AŞCHIEREA CU VIBRAŢII FORŢATE DE ÎNALTĂ FRECVENŢĂ

VM 5

1. Scopul şi conţinutul lucrării

- Cunoaşterea aplicaţiilor vibraţiilor de înaltă frecvenţă în construcţia de maşini;
- Studierea mecanismului de aşchiere cu vibraţii tangenţiale de înaltă frecvenţă;
- Familiarizarea studenţilor cu principalele efecte ale câmpului ultrasonor în procesul de aşchiere;
- Studiul componentelor instalaţiei de aşchiere în câmp ultrasonor.

2. Consideraţii generale

2.1. Utilizarea vibraţiilor introduse forţat în procesul de aşchiere

În cadrul metodelor tehnologice de prelucrare dimensională cu îndepărtare de material, vibraţiile forţate de joasă frecvenţă şi cele ultrasonore formează obiectul mai multor procedee de lucru, două dintre acestea fiind mai bine cunoscute:

◈ ***Vibraţiile forţate de joasă frecvenţă*** (infrasonore sau sonore) introduse în procesul de aşchiere urmăresc, în general, să asigure fragmentarea pe lungime a aşchiilor de curgere. Ţinând cont că rolul vibraţiilor în acest caz este de a modifica periodic secţiunea aşchiei (oscilarea sculei are loc în general pe direcţia de avans, cu asigurarea unei frecvenţe de vibrare în concordanţă cu frecvenţa mişcării principale de aşchiere) şi a crea în acest fel puncte de concentrare a tensiunilor (din care ulterior aşchia se va fragmenta), procedeul are la bază acelaşi mecanism de lucru ca la aşchierea clasică – transformarea energiei mecanice în energie de deformare, desprindere şi îndepărtare sub formă de aşchii a adaosului de prelucrare. De aceea, el este considerat ca fiind un *procedeu neconvenţional* de aşchiere (alături de „aşchiere cu avans micşorat periodic” sau „aşchierea cu autovibraţii”), încadrat însă în rândul *metodelor convenţionale de prelucrare* (fig. 5.1).

◈ ***Vibraţiile ultrasonore*** utilizate la prelucrarea prin *eroziune abrazivo-cavitaţională în câmp ultrasonor (eroziune cu ultrasunete)* asigura oscilarea, cu amplitudine mică dar acceleraţie foarte mare, a particulelor abrazive aflate în suspensie într-un lichid. La aceasta metoda de prelucrare, cunoscută sub denumiri ca ***U**ltra**S**onic **M**achining (U.S.M.)*, prelevarea de material are loc în special datorită ciocnirilor particulelor abrazive de materialul de prelucrat, care vor desprinde microaşchii de pe suprafaţa semifabricatului, energia cinetică fiind preluată de granule de la pseudosculă. Deci, prin mecanismul ei, metoda este prin definiţie o *metodă neconvenţională*.

În paralel, a fost dezvoltat un alt procedeu de aşchiere cu vibraţii forţate, prin al cărui mecanism s-a urmărit creşterea performantelor aşchierii clasice.

VIBRAŢII Draft Student

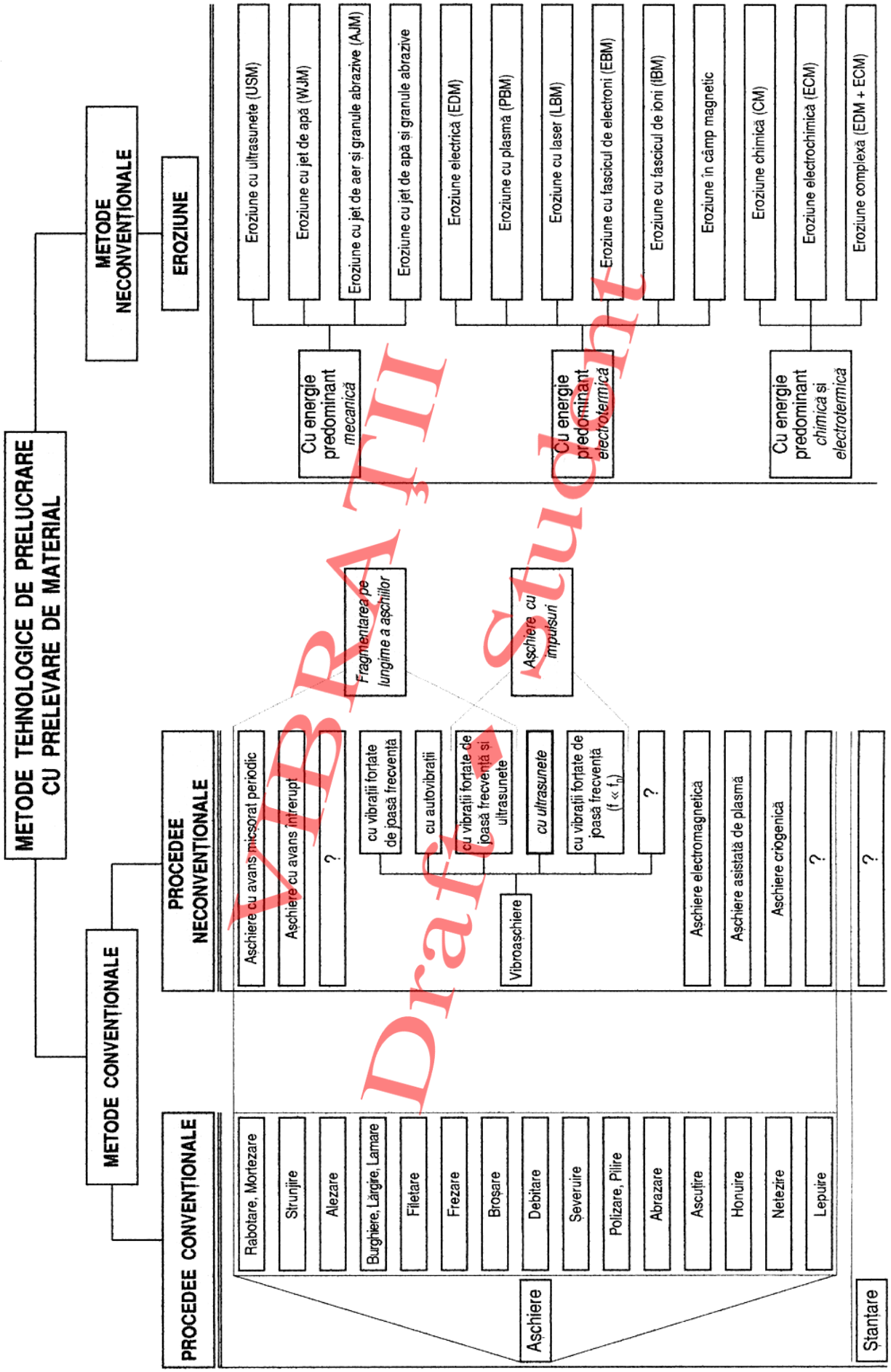

Fig. 5.1. Locul ocupat de vibraţiile ultrasonore în cadrul metodelor tehnologice de prelucrare

VIBRAŢII Draft Student

În acest scop, în procesul de aşchiere, peste mişcarea principală s-a introdus o mişcare oscilatorie suplimentară (la nivelul sculei sau al piesei), contactul între faţa de degajare a dintelui sculei aşchietoare şi materialul de prelucrat sau aşchie fiind întrerupt periodic (se realizează un joc între aşchie şi faţa de degajare a sculei). Atunci când frecvenţa mişcării suplimentare este mult diferită de frecvenţele proprii ale elementelor sistemului tehnologic MUSDP, iar raportul dintre viteza principala de aşchiere v şi viteza de vibrare v_v asigură realizarea periodică a jocului aşchie-sculă, forţa de aşchiere devine dinamică, căpătând caracter de forţă-impuls, cu urmări pozitive asupra forţei medii de aşchiere, a calităţii şi preciziei suprafeţelor prelucrate ş.a. Acest procedeu de vibroaşchiere se poate realiza prin introducerea vibraţiilor de joasă frecvenţă (în general la operaţiile de prelucrare prin aşchiere care se desfăşoară prin definiţie la viteze mici de lucru şi în condiţii strict nedeterminate) sau a vibraţiilor ultrasonore (16 ÷ 40 kHz) şi nu poate fi considerată o metoda neconvenţională, deoarece ea respectă regulile generale clasice de deformare a materialului aşchiat; se poate încadra însă în categoria *procedeelor neconvenţionale* de prelucrare prin aşchiere. În mod nejustificat, procedeul este tratat uneori în literatura de specialitate ca metoda neconvenţională, alături de eroziunea abrazivo-cavitaţională în câmp ultrasonor.

Având în vedere faptul că termenul de „vibroaşchiere” sau „aşchiere cu vibraţii” se referă cel mai adesea la aşchierea reală în prezenta vibraţiilor inerente procesului, dar şi la aşchierea cu vibraţii forţate de joasă frecvenţă introduse pentru fragmentarea aşchiilor, în cazul aşchierii cu vibraţii de înaltă frecvenţă introduse forţat, literatura de specialitate recomandă utilizarea altor termeni, precum „*aşchiere în câmp ultrasonor*”, „*aşchiere cu vibraţii de înaltă frecvenţă*”, „*aşchiere cu forţe dinamice*” sau „*vibroaşchiere cu forţe dinamice tip impuls*”, care sunt mai aproape de fenomenul fizic ce stă la baza procedeului.

În general, cercetările asupra vibroaşchierii au fost efectuate pe două direcţii distincte, în funcţie de scopul urmărit: aşchierea cu vibraţii de joasă frecvenţă pentru fragmentarea pe lungime a aşchiilor şi aşchierea în câmp ultrasonor.

2.2. Aplicaţiile vibraţiilor de înaltă frecvenţă în construcţia de maşini

Ultrasunetele reprezintă undele acustice a căror frecvenţă se situează deasupra domeniului de percepţie a organului auditiv uman. Este greu a se trage o linie netă de demarcaţie între domeniul undelor sonore şi domeniul ultrasunetelor. Chiar dacă sunetele au teoretic frecvenţa între 20 Hz şi 20.000 Hz, în condiţii normale omul distinge domeniul (16) 20 Hz ÷ 16.000 Hz.

În tehnică se obişnuieşte a se considera că vibraţiile ultrasonore au frecvenţa cuprinsă între 16.000 Hz şi $10^9 \div 10^{10}$ Hz, fiind utilizate preponderent ultrasunete de frecvenţă medie (până la 150 kHz) şi cele cu frecvenţă ridicată (peste 500 kHz).

◆ Aplicaţiile industriale ale ultrasunetelor se bazează în principal pe patru efecte ale câmpului ultrasonic: • efectul de „*înmuiere acustică*”, • efectul de „*durificare acustică*”, • *efectul termic* şi • cel *de reducere a frecării de contact*. Datorită acestor efecte principale şi a altora, precum creşterea energiei interne a materialului, topirea locală,

VIBRAŢII Draft Student

distrugerea peliculei cu oxizi ş.a., undele ultrasonore de mare energie influenţează nu numai structura şi proprietăţile mecanice ale materialului supus prelucrării, ci şi proprietăţile fizico-chimice şi condiţiile limită la suprafaţa de contact sculă-semifabricat. Eficienţa acestora a fost verificată în industria constructoare de maşini (la deformarea plastică a metalelor – tragerea ţevilor şi a barelor, tragerea sârmelor, la laminare, stanţare, ambutisare; la sudarea materialelor metalice şi nemetalice; în tratamentele termice sau la turnare, în defectoscopia ultrasonoră), în industria chimică (efectul de creştere a vitezei de dizolvare, difuziune şi cristalizare; efectul de spălare), în industria alimentară, industria uşoară etc.

În cadrul preocupărilor orientate spre introducerea vibraţiilor ultrasonore în procesul de aşchiere – în scopul prelucrării cu forţe de tip impuls, până în prezent, echipe de cercetare din Japonia, fosta U.R.S.S., China, Marea Britanie, Germania, S.U.A., România ş.a. au abordat mai multe aspecte, legate de:

- mecanismele caracteristice aşchierii cu forţe de tip impuls;
- forţele şi puterea de aşchiere;
- forma şi dimensiunile aşchiilor detaşate;
- eforturile reziduale din stratul superficial;
- temperatura de aşchiere;
- uzura şi durabilitatea sculelor utilizate sau ascuţite în câmp ultrasonor;
- rugozitatea şi precizia suprafeţelor prelucrate;
- rezistenţa la corodare şi uzare a suprafeţelor prelucrate;
- echipamente pentru introducerea vibraţiilor ultrasonore în procesul de aşchiere;
- echipamente specifice pentru măsurarea anumitor parametri caracteristici procesului;
- adaptarea maşinilor-unelte pentru aşchierea cu ultrasunete şi dezvoltarea unor utilaje specifice.

Cercetările frecvente au avut în vedere, în primul rând, măsurarea componentelor forţelor de aşchiere (dinamice sau valorile medii), aspectul, calitatea şi precizia suprafeţelor prelucrate, forma şi dimensiunile aşchiilor detaşate şi uzura sculelor utilizate.

2.3. Mecanismele de aşchiere în câmp ultrasonor

Pentru explicarea fenomenelor fizico-mecanice ce au loc la aşchierea în câmp ultrasonor, cercetătorii au studiat mecanismele simple de vibroaşchiere, comparativ cu aşchierea convenţională. Mecanismele simple de aşchiere în câmp ultrasonor au la baza schema de aşchiere liberă ortogonală, peste care se suprapune mişcarea suplimentară oscilatorie (introdusă la nivelul sculei sau al piesei), orientată pe una din cele 3 direcţii ale sistemului de coordonate (fig. 5.2).

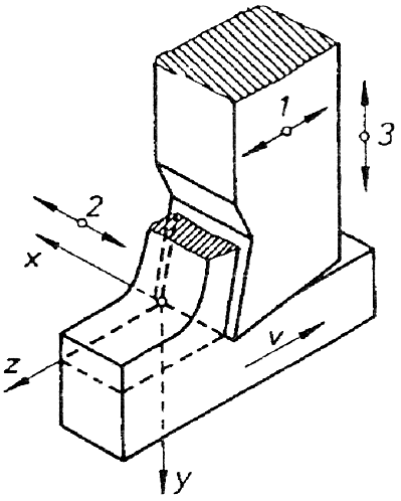

Fig. 5.2. Direcţiile simple de oscilare a dintelui aşchietor la aşchierea liberă ortogonală în câmp ultrasonor

◆ ***La aşchierea liberă ortogonală clasică***, atât grosimea

VIBRAT Draft Student

aşchiei *a'* şi pasul de forfecare a acesteia *e*, cât şi adâncimea de aşchiere *a* sunt variabile *(fig.5.3)*. Motivaţia constă în dinamica procesului de aşchiere clasică, sistemul tehnologic M.U.S.D.P. fiind un sistem cu rigiditate limitată. Oscilaţiile de frecvenţă mică ce apar pe durata aşchierii efective la nivelul zonei de contact sculă-semifabricat determină variaţia aleatoare a adâncimii de aşchiere; la deplasări elementare $I_{T1} \neq I_{T2} \neq I_{T3}$, adâncimea de aşchiere va fi variabilă, unei adâncimi de aşchiere micşorate $a_1=a-\Delta a_1$, corespunzându-i un element de aşchie subţire $a'_1=a'-\Delta a'_1$ şi un pas de forfecare e_1 mic (v.fig. 5.3a).

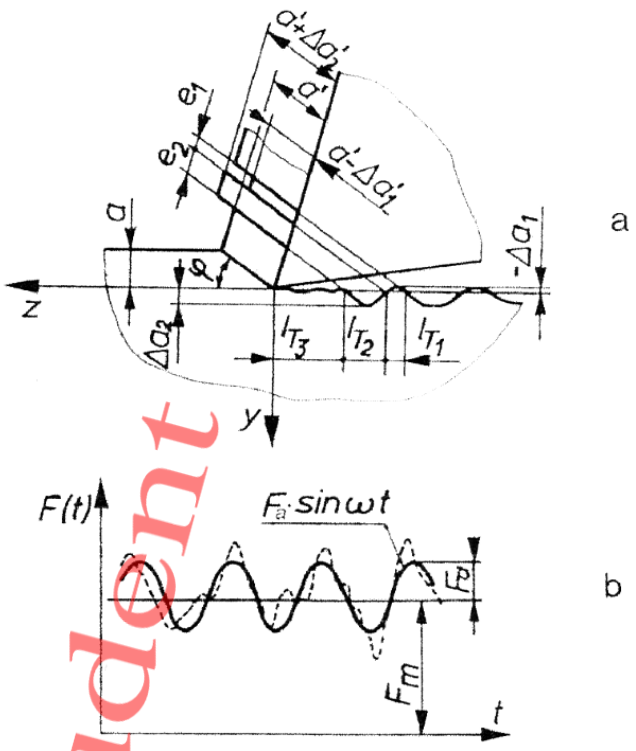

Fig. 5.3. Variaţia adâncimii de aşchiere *a*, a grosimii aşchiei *a'*, a pasului de forfecare *e* şi a forţei de aşchiere *F* la aşchierea clasică

Conform *modelului de aşchiere dinamic real*, forţa de aşchiere poate fi considerată ca fiind alcătuită din două componente (fig. 5.3b): o componentă statică, medie F_m şi o componentă aleatoare $F_a(t)$, care poate fi considerată, într-o primă aproximaţie, ca variind sinusoidal, după legea $F_a(t)=F_0 sin\omega t$ (linia continuă din figură). În mod real, în cazul aşchierii obişnuite, această componentă aleatoare se apropie de o variaţie sinusoidală numai în cazul vitezelor foarte mari, când se poate afirma că procesul de aşchiere se desfăşoară în domeniul staţionar şi când se obţin cele mai bune rezultate pentru aşchierea clasică (calitate de suprafaţă, precizie de forma şi de poziţie reciprocă). Forţa de aşchiere poate fi definită de relaţia:

$$F(t) = F_m + F_a(t) = F_m + F_0 \cdot \sin \omega t \qquad (5.1)$$

Instrumentele moderne de măsurare a rezistenţei de aşchiere (captorii piezoelectrici), sunt capabili să urmărească şi componenta aleatoare, punându-se deci în evidentă ambele componente ale forţei. Măsurarea forţelor cu dinamometre de tip mecanic sau aprecierea eforturilor de aşchiere prin măsurarea energiei consumate de motorul electric al maşinii-unelte, a permis punerea în evidentă numai a componentei medii F_m conducând, în mod simplist, la definirea unui *model de aşchiere ideal-static*, conform căruia adâncimea de aşchiere *a* şi pasul *e* dintre planele de forfecare se menţin constante.

Studierea *aşchierii libere cu vibraţii introduse în proces* a necesitat definirea a trei **mecanisme simple de vibroaşchiere,** care au la baza mecanismul aşchierii libere ortogonale clasice, peste care se suprapune o mişcare suplimentară oscilatorie, orientată strict pe una din direcţiile de aşchiere (fig. 5.2).

VIBRAŢII Draft Student

◈ Mecanismul de vibroaşchiere simplă cu oscilaţii ultrasonore tangenţiale

Pentru explicarea mecanismului de aşchiere, s-a analizat – comparativ cu aşchierea obişnuită, *rabotarea ortogonală în câmp ultrasonor*, când aşchierea are loc în prezenţa mişcării principale sculă-piesă, de viteză constantă v (*viteza nominală*) şi a mişcării suplimentare oscilatorii de viteză v_v variabilă, definită de ecuaţia (5.2) şi executată pe aceeaşi direcţie Oz (fig. 5.4):

$$z = A \cdot \sin \omega t \qquad (5.2)$$

Pe durata unei perioade T de oscilare a sculei are loc contactul cu materialul de prelucrat şi formarea elementului de aşchie *1* – în timpul t_c, iar pe durata $T - t_c$ se formează un joc între aşchie şi faţa de degajare (fig. 5.5), joc care va face ca reluarea contactului aşchie-sculă, în perioada următoare, să se facă sub acţiunea unei forţe cu caracter dinamic. Pentru cazurile în care $v \geq A\omega$, faţa de degajare a sculei intră în contact cu aşchia, condiţiile vibroaşchierii nemaifiind îndeplinite, iar mecanismul de aşchiere devine analog aşchierii clasice. *Viteza de aşchiere limită pentru care nu mai sunt satisfăcute condiţiile necesare vibroaşchierii a fost denumită* ***viteză critică*** **(v_c)** şi este dependentă de amplitudinea A şi de frecvenţa f a mişcării vibratorii, conform relaţiei (5.3):

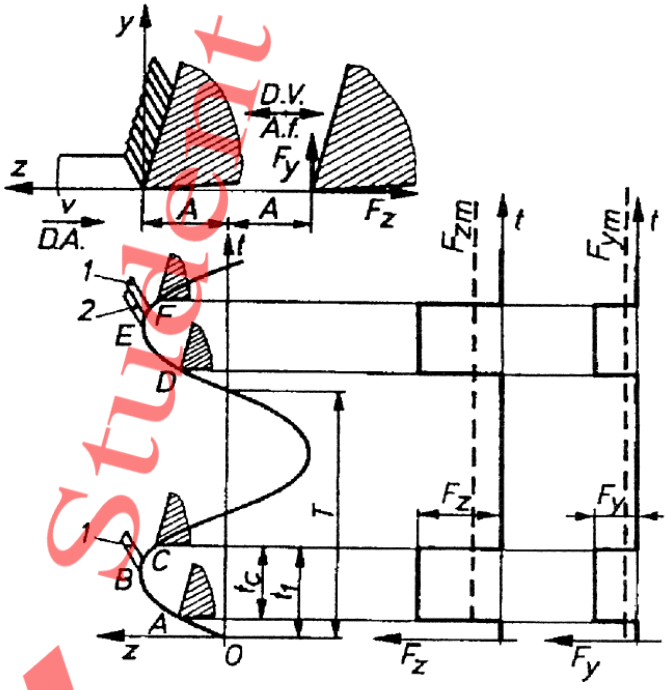

Fig. 5.4. Mecanismul aşchierii cu vibraţii tangenţiale: *D.A.* – direcţia de aşchiere; D.V. – direcţia de vibrare; *1, 2* – aşchii

$$v_c = A\omega = 2\pi A f \qquad (5.3)$$

Efectele pozitive ale vibraţiilor aplicate pe direcţia principală de aşchiere sunt puse pe seama contactului intermitent sculă-aşchie şi deformării materialului semifabricat prin aplicarea unor forţe cu caracter dinamic, astfel încât rezistenţa medie de aşchiere este pronunţat mai mică decât la aşchierea clasică[1]. Pentru asigurarea eficienţei procedeului, este importantă realizarea unei frecvenţe ridicate a mişcării vibratorii (mult mai mare decât frecvenţa proprie a componentelor sistemului tehnologic), cât şi realizarea unei amplitudini A cât mai mari. Aceasta va permite creşterea vitezei de aşchiere v în condiţiile asigurării jocului periodic dintre faţa de degajare şi aşchie. În această situaţie, se constată un efect de creştere a rigidităţii

[1] Mecanismele de vibroaşchiere simplă cu oscilaţii ultrasonore introduse în direcţie radială sau pe direcţie axială, cât şi mecanismele de vibroaşchiere complexă diferă esenţial de cel prezentat mai sus şi nu face obiectul prezentei lucrări.

VIBRATII Draft ◆ Student

aparente a cuplului sculă-piesă, ceea ce a făcut ca acest mecanism de vibroaşchiere în câmp ultrasonor să fie numit «*mecanism de aşchiere cu insensibilitate la vibraţii*».

3. Instalaţie pentru aşchierea cu vibraţii ultrasonore

3.1. Caracteristicile constructive ale instalaţiei de laborator

Construcţia generală a instalaţie utilizate la acţionarea vibratorie ultrasonoră cuprinde (fig. 5.6) un *generator de vibraţii* de înaltă frecvenţă *1* şi o linie acustică, formată dintr-un *transductor sau vibrator 2* (de tip magnetostrictiv sau electrostrictiv), un *convertor direcţional 3*, numit şi *transformator de undă sau ghid de undă* – cu rol de a transmite şi/sau a transforma tipul de undă primită de la transductor, un *concentrator 4*, numit şi *amplificator ultraacustic sau sonotrodă* – cu rolul de a mări amplitudinea vibraţiilor şi *scula propriu-zisă 5*.

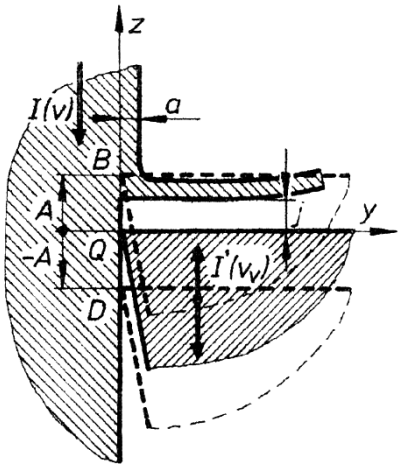

Fig. 5.5. Formarea jocului dintre aşchie şi faţa de degajare la aşchierea cu vibraţii tangenţiale

Transductorul asigură, la suprafaţa de cuplare cu transformatorul de undă (sau în lipsa acestuia, la suprafaţa de cuplare) oscilaţii ultrasonore de mică amplitudine (câţiva micrometri) – de tip longitudinal sau torsional. *Transformatorul de undă* nu se ataşează sistemului acustic decât atunci când este necesară transformarea tipului de undă asigurat de transductor (de obicei din unde longitudinale în unde torsionale, încovoietoare sau transversale), ori distanţa necesară între transductor şi concentrator.

Sistemele acustice cel mai des utilizate conţin transductori de unde longitudinale.

În cadrul sistemelor constructive simple (ce nu conţin transformatori sau ghiduri de undă) cu transductori de unde longitudinale, elementele componente prezintă particularităţi legate îndeosebi de operaţia pe care o execută şi direcţia de introducere a vibraţiilor la nivelul sculei. Se cunosc soluţii constructive utilizate la strunjire, burghiere, broşare, frezare, ferestruire, danturare, tarodare, pilire, abrazare, honuire, şeveruire, corijare discuri abrazive.

Instalaţia acustică existentă în laborator şi destinată strunjirii cu vibraţii tangenţiale de înaltă frecvenţă (fig. 5.7), este compusă dintr-o linie acustică *1* (transductor magnetostrictiv – concentrator cilindric în trepte – cuţit), un generator de unde ultrasonore *2* şi o instalaţie de răcire, formată dintr-un rezervor *3*, o

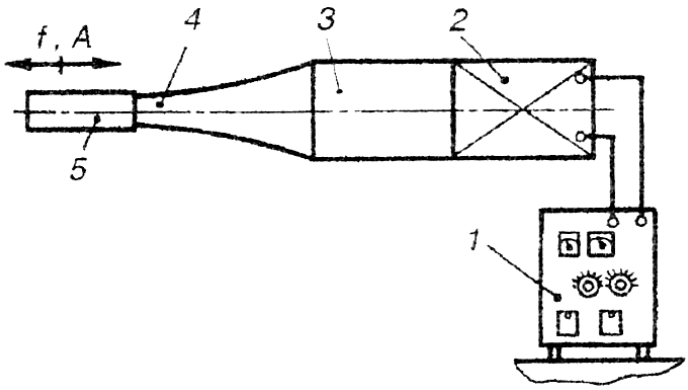

Fig. 5.6. Structura unei instalaţii acustice

VIBRAŢII Draft student

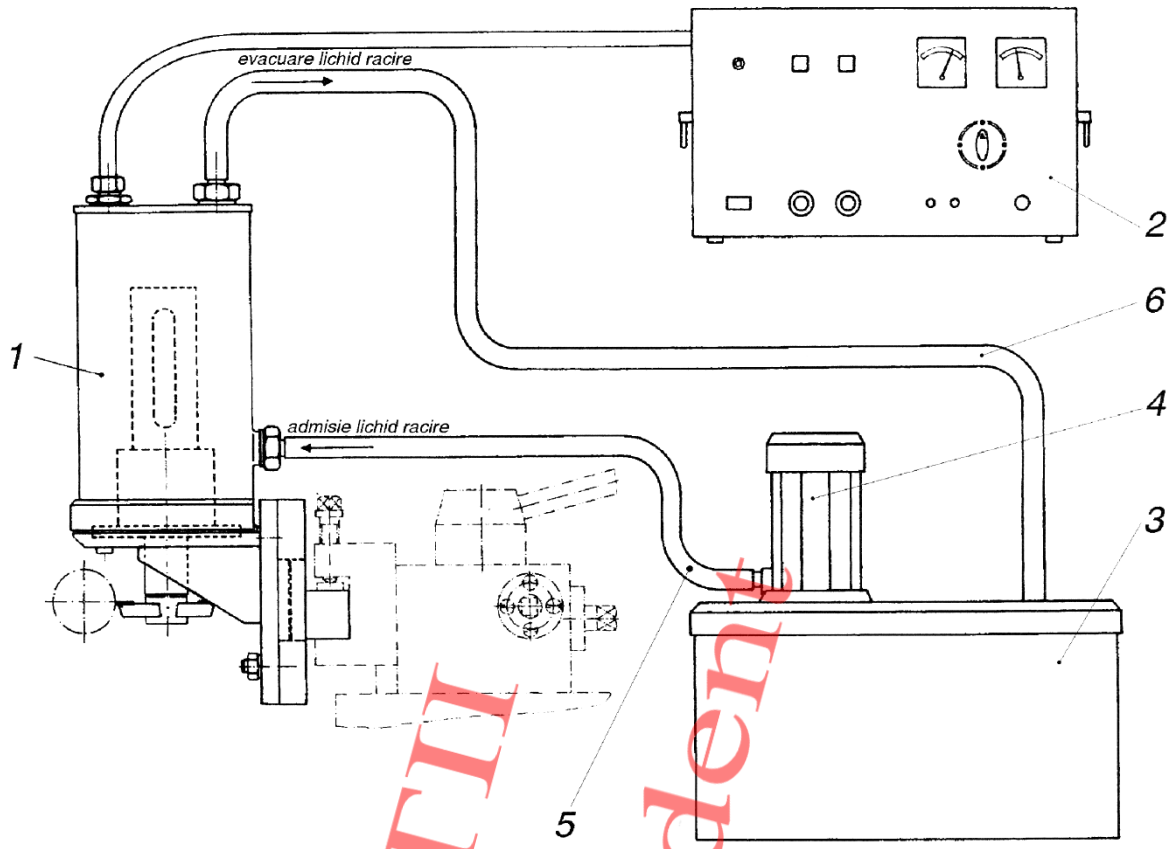

Fig. 5.7. Schema instalaţiei de strunjire cu vibraţii ultrasonore tangenţiale: *1*– linie acustică; *2* – generator de unde ultrasonore; *3* – rezervor de lichid de răcire; *4* – electropompă; *5* – furtun de admisie; *6* – furtun de evacuare

electropompă *4*, un furtun de admisie *5* şi unul de evacuare *6*.

Elementul principal al liniei acustice este – aşa cum apare detaliat în figura 5.8, transductorul *1* de unde longitudinale, confecţionat din tole de nichel de înaltă puritate (99,97% Ni) şi grosime 0,1 mm, în forma de π, pe braţele căruia sunt înfăşurate o bobina de excitaţie *2* şi o bobina *3* de polarizare a miezului.

Transductorul este fixat prin lipire cu o răşină epoxidică *Loctite* de suprafaţa frontală a unui amplificator acustic cilindric în trepte *4*, cu factorul de amplificare 2,3. Pe suprafaţa opusă a transductorului s-a lipit un strat de 6 mm de cauciuc spongios *5*, cu rol de absorbitor dinamic.

La extremitatea liberă a concentratorului *4* s-a fixat – prin intermediul unui şurub diferenţial *6* – un cuţit dublu *7*, armat cu plăcute dure din CMS, grupa K10.

Pentru răcirea transductorului magnetostrictiv, sistemul acustic a fost montat în interiorul unui cilindru *8*, prin care circulă un lichid de răcire. Cablurile electrice de alimentare *9* ale bobinelor au fost trecute prin capacul *10* al cilindrului *8* şi etanşate cu ajutorul dopului filetat *11* şi al piuliţei *12*. Lichidul de răcire este introdus în cilindru printr-un ştuţ *13*, situat la partea inferioară a cilindrului *8* şi evacuat pe la partea superioară a acestuia, printr-un ştuţ *14*.

Linia acustică este poziţionată într-un locaş al suportului înclinabil *15*, centrat şi fixat la rândul acestuia întru-un suport fix *16*, montat în suportul port-cuţit al strungului.

VIBRAŢII Draft Student

3.2. Forţe la aşchierea în câmp ultrasonor

La aşchierea în câmp ultrasonor, asupra forţelor de aşchiere influenţează următoarele mărimi:

• *parametrii mişcării vibratorii: amplitudinea A şi frecvenţa f.* Forţele scad la creşterea amplitudinii, iar creşterea frecvenţei de vibrare în domeniul 18 ÷ 40 kHz nu modifică forţa medie de aşchiere, la respectarea condiţiei $v<v_c/3$;

• *viteza de aşchiere* influenţează forţa până la atingerea valorii critice. La creşterea vitezei, forţa creşte pronunţat începând din jurul valorii $0{,}5v_c$ pentru ca, după valoarea $v = v_c$ să atingă valoarea forţei de la aşchierea convenţională;

• *avansul*, prin creşterea lui, determină la vibroaşchiere o creştere aproximativ liniară a forţei, dar mai puţin accentuată faţă de aşchierea clasică;

• *adâncimea de aşchiere* determină, la mărirea ei, creşterea slabă a forţei principale

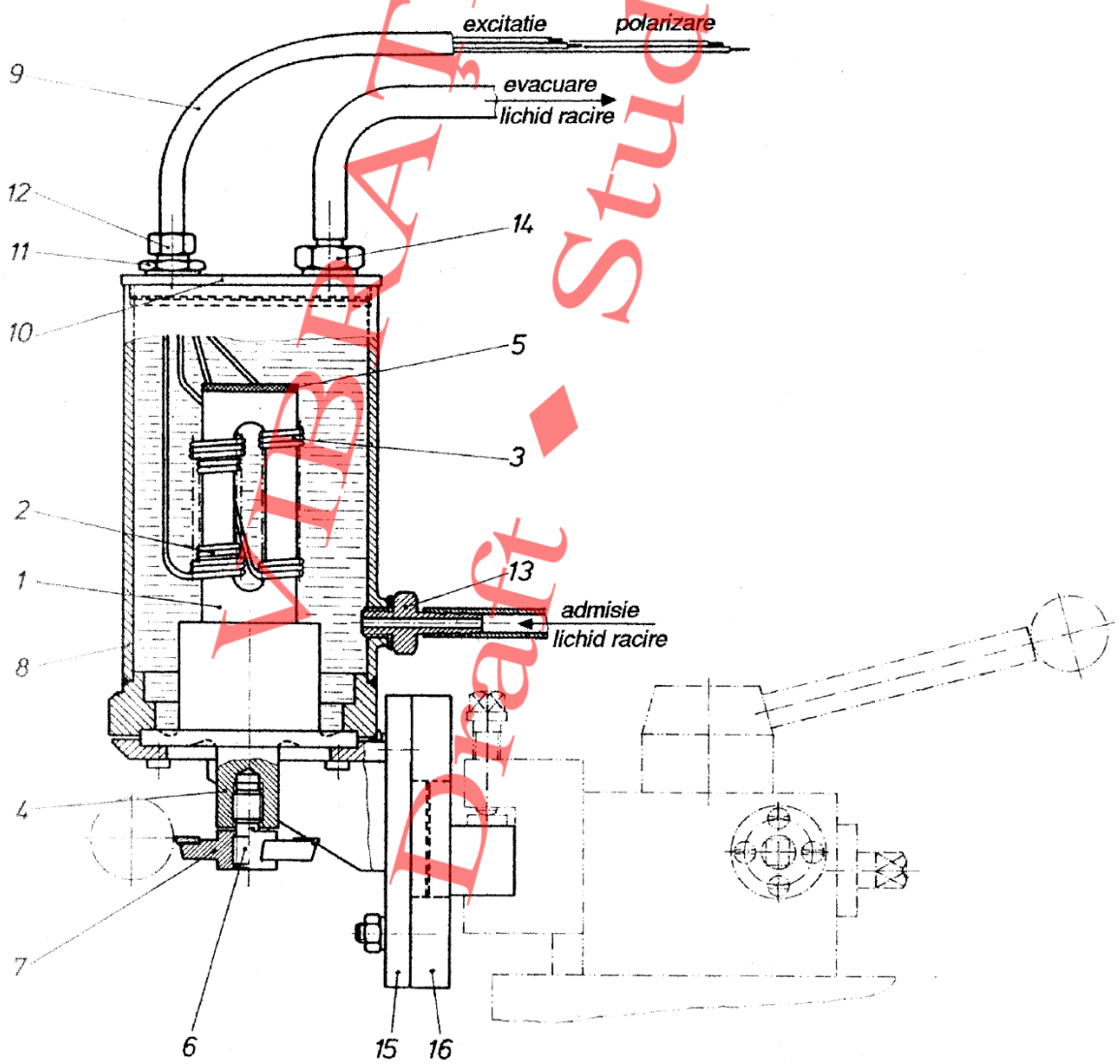

Fig. 5.8. Componenţa sistemului vibrator ultrasonor: *1* – transductor; *2* – bobină de excitaţie; *3* – bobină de polarizare; *4* – amplificator acustic; *5* – cauciuc spongios; *6* – şurub diferenţial; *7* – cuţit dublu; *8* – cilindru; *9* – cabluri electrice; *10* – capac; *11* – dop filetat; *12* – piuliţă de etanşare; *13* – ştuţ de admisie; *14* – ştuţ de evacuare; *15* – suport înclinabil; *16* – suport fix

VIBRAŢII Draft ◆ Student

(semnificativ mai mică decât la aşchierea obişnuită);

• majorarea *unghiului de degajare constructiv* conduce la uşoara scădere a componentelor F_z şi F_y (practic rămân constante);

Majoritatea cercetărilor orientate asupra forţelor de aşchiere s-au axat pe compararea acestora cu cele de la aşchierea clasică, unii autori definind, pentru simplificare, rapoartele:

$$K_{F_z} = \frac{F_{zt}}{F_{zv}} \; ; \qquad K_{F_y} = \frac{F_{yt}}{F_{yv}} \tag{5.4}$$

în care indicii „*t*'' şi „*v*'' indică valorile de la aşchierea clasică şi, respectiv, de la vibroaşchiere.

3.3. Instalaţia de măsurare a forţei la vibroaşchiere

Pentru măsurarea componentei principale F_z a forţei la aşchierea cu vibraţii ultrasonore tangenţiale se utilizează un echipament de măsurare (ataşat instalaţiei de vibroaşchiere), formată dintr-o punte tensometrică, un calculator cu placă de achiziţie de date şi un inscriptor XY (fig. 5.9).

Pe cuţit au fost montate patru traductoare electrotensometrice rezistive, legate în punte Wheatstone, care poate fi echilibrată prin reglarea punţii tensometrice. Determinarea forţei medii de aşchiere se poate realiza, cu o precizie acceptabilă, prin citirea directă a valorii pe panoul frontal al punţii şi înmulţirea acesteia cu scara adoptată. Pentru măsurarea precisă a forţei medii şi eventual trasarea grafică a variaţiei acesteia în timp, se utilizează calculatorul şi placa de achiziţie, respectiv inscriptorul XY.

Având în vedere modul de amplasare a traductoarelor rezistive, cu echipamentul de măsurare prezentat în fig. 5.9 se poate determina influenţa parametrilor regimului de aşchiere sau influenţa parametrilor mişcării oscilatorii asupra valorii medii a forţei principale de aşchiere.

4. Metodologia desfăşurării lucrării practice

1°. Se studiază schema instalaţiei de vibroaşchiere şi modul de funcţionare a acesteia;
2°. Se studiază schema echipamntului de măsurare a forţei medii F_z şi se stabilesc parametrii de lucru;
3°. Se porneşte instalaţia de producere a ultrasunetelor şi se verifică funcţionarea corectă a acesteia;
4°. Se echilibrează puntea tensometrică şi se stabileşte scara de amplificare;
5°. Se ridică curbele experimentale şi, cu ajutorul datelor oferite de calculator (valorile maxime şi minime ale forţei înregistrate – date în mV) şi având în vedere constanta de etalonare, se calculează valoarea medie a forţei de aşchiere în prezenta ultrasunetelor şi în absenţa lor, precum şi evoluţia vârf la vârf a semnalului, în cazul procesului de aşchiere cu şi fără ultrasunete. La stabilirea scării graficului de variaţie se va alege ca origine (valoarea 0 a forţei) forţa medie de aşchiere pentru poziţia retrasă a cuţitului.

VIBRAMU Draft student

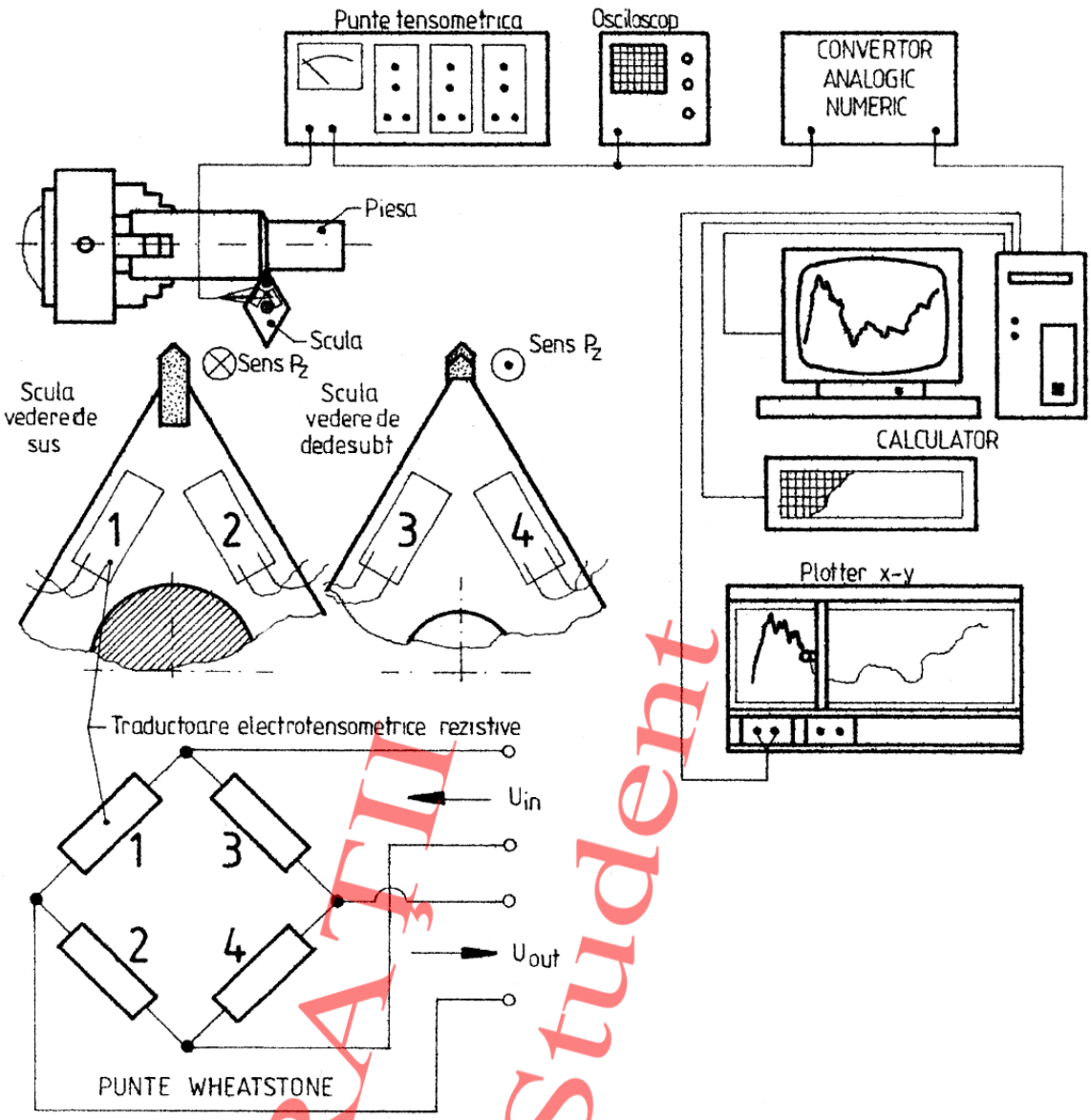

Fig. 5.9. Componenţa echipamentului de măsurare a forţei instantanee la aşchierea cu vibraţii ultrasonore tangenţiale

6°. Pe baza graficului trasat (conform modelului dat în fig.5.10) se fac observaţii asupra raportului dintre forţele medii măsurate la aşchierea în câmp ultrasonor şi la aşchierea clasică.

5. Conţinutul referatului

◈ **Ca parte teoretică**, referatul va trebui să conţină date şi schiţe referitoare la instalaţia de vibroaşchiere şi la echipamentul de măsurare a forţelor;

◈ **Ca parte practică**, referatul va conţine:

• parametrii regimului de lucru şi valorile experimentale obţinute (trecute într-un tabel);

• graficul trasat(impus de conducătorul lucrării), pe care se vor marca valorile calculate (după modelulcelui din fig. 5.10);

• graficul de variaţie a forţelor medii, la modificarea unui parametru al procesului de aşchiere;

• observaţii asupra influenţei câmpului ultrasonor asupra forţelor de aşchiere.

VIBRAŢII Draft Student

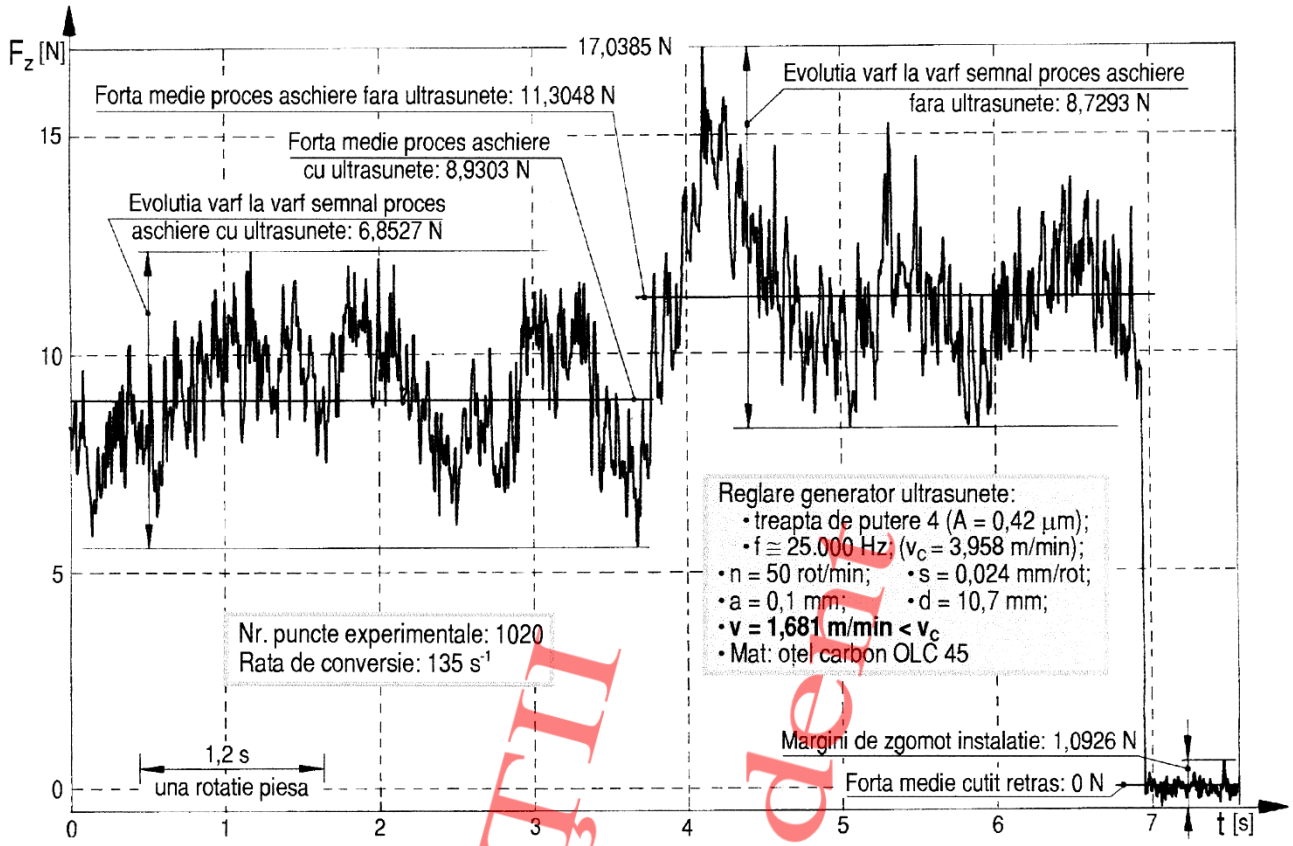

Fig. 5.10. Forţa principală de aşchiere F_z la strunjirea oţelului carbon

VIBRAŢII Draft ◆ Student