

## ULTRASUNETELE

Dintre vibrațiile sonore care ies din limitele de audibilitate ale urechii omenești, de un mare interes, din punct de vedere practic, sunt *ultrasunetele*, adică sunetele a căror frecvență este mai mare de 20 000 Hz.

Orientarea liliacilor, spre exemplu, se bazează pe faptul că aceștia emit semnale ultrasonore scurte de frecvențe între 30 – 60 kHz. Liliacul în zbor emite în medie cca. 30 semnale pe secundă. O parte din acestea sunt recepționate de urechile mari ale liliacului sub formă de semnale ecou, după un timp cu atât mai scurt cu cât obstacolul este mai aproape. Pe măsura apropierii de obstacol liliacul emite din ce în ce mai multe semnale într-o secundă ajungând ca de exemplu la un metru de obstacol să emită până la 60 semnale pe secundă. Aceasta permite liliacului să simtă precis poziția sa față de obstacole.

Importanța practică a ultrasunetelor este legată de lungimea de undă mică a acestora. Din această cauză, de exemplu, ultrasunetele pot fi emise și se propagă ca și razele de lumină sub formă de fascicule, spre deosebire de sunetele obișnuite care se împrăștie în toate direcțiile. Astfel se constată experimental că dacă lungimea undei emise este mai mică decât dimensiunile liniare ale sursei unda se va propaga în linie dreaptă sub formă de fascicul. În afară de aceasta, datorită lungimii de undă mici, fenomenul de difracție (ocolirea obstacolelor) nu apare decât pentru obstacolele de dimensiuni foarte mici în timp ce sunetele obișnuite ocolesc practic aproape orice obstacol întâlnit în cale.

Ultrasunetele suferă reflexia și refracția la suprafața de separare a două medii diferite la fel ca undele luminoase. Folosind acest fenomen au fost construite oglinzi concave sau lentile speciale care să concentreze într-un punct fascicule de ultrasunete.

Deoarece intensitatea undelor sonore este proporțională cu pătratul frecvenței, energia transportată de ultrasunete este mult mai mare decât energia sunetelor de aceeași amplitudine. Pe de altă parte în cazul ultrasunetelor fenomenul de absorbție care apare la propagarea tuturor oscilațiilor elastice devine foarte important. Intensitatea undei elastice scade cu distanța de la sursă după o lege exponențială  $I = I_0 e^{-kr}$ . Se poate arăta atât teoretic cât și experimental că  $k$  depinde atât de

caracteristicile mediului (densitate, vâscozitate, căldură specifică etc.) cât și de frecvența undei care se propagă crescând cu pătratul frecvenței. Din această cauză practic nu putem obține propagarea ultrasunetelor, de exemplu în aer, la o distanță mai mare de un kilometru. Mai mult, un ultrasunet de o frecvență de cca. 3000 kHz este practic absorbit complet, la o distanță de cca. 0,6 cm. În lichide coeficientul de absorbție este de 2-3 ordine de mărime mai mic decât în aer, iar în solide și mai mic, intensitatea ultrasunetelor fiind mult mai puțin atenuată.

Un fenomen interesant care apare la propagarea ultrasunetelor în lichide este fenomenul de cavitație care constă în apariția unor bule care se ridică la suprafață și se sparg. Aceasta se explică prin faptul că dilatățile și comprimările extrem de rapide care se succed în lichid duc la apariția unor mari tensiuni în anumite zone care fac să se "rupă" moleculele de lichid. Astfel iau naștere bulele care conțin vaporii și gazele dizolvate în lichid. Bulele mici se contopesc în bule mai mari care încep să vibreze și apoi se sparg dând naștere unor presiuni locale foarte mari care se manifestă sub formă de șocuri hidraulice în volume foarte mici. Deteriorarea paletelor turbinelor și a elicelor vapoarelor se explică prin fenomenul de cavitație produs de ultrasunetele generate de vibrațiilor mașinilor.

Înainte de a discuta câteva din aplicațiile practice ale ultrasunetelor să vedem cum pot fi produse. Vom trece peste procedeele mecanice (fluier ultrasonor, sirena ultrasonoră) și termice (cu ajutorul vibrațiilor unui arc electric) deoarece ultrasunetele produse de acestea au în genere amplitudini mici și sunt mai puțin importante practic. Să analizăm generatorul *piezoelectric*. Efectul piezoelectric constă în faptul că supunând un cristal la deformări de tracțiune sau comprimare după anumite direcții, pe fețele sale apar sarcini electrice egale de semne contrare care își schimbă rolul dacă înlocuim tracțiunea prin comprimare și invers. Există și efectul piezoelectric invers sau electrostricțiunea, pe care se bazează producerea ultrasunetelor, care constă în dilatări și comprimări succesive ale cristalului sub acțiunea unui câmp electric alternativ.

Partea esențială a generatorului constă dintr-o lamă piezoelectrică de obicei de cuarț pe fețele căreia sunt aplicați doi electrozi, sub forma unor straturi subțiri metalice, legați la o sursă de tensiune alternativă. Sub acțiunea câmpului electric alternativ lama începe să vibreze cu o frecvență egală cu cea a tensiunii aplicate. Vibrațiile lamei sunt transmise în mediul înconjurător sub formă de

ultrasunete. Cu astfel de generatori se poate ajunge până la frecvențe de cca. 150 000 kHz și la intensități ale radiației ultrasonore de la câteva zeci de wați pe cm<sup>2</sup> până la câteva sute de wați pe cm<sup>2</sup>.

Se pot produce ultrasunete și cu ajutorul efectului magnetostrictiv care constă în deformarea corpurilor feromagnetice (fier, nichel, cobalt) sub acțiunea unui câmp magnetic. Introducând o bară dintr-un astfel de material (Ni) într-un câmp magnetic, paralel cu lungimea ei (produs de exemplu de o bobină în care e introdusă bara), aceasta se scurtează. Când câmpul magnetic variază periodic (curentul care străbate bobina este periodic) bara se va scurta periodic. În cazul unor frecvențe mari ale câmpului alternativ vibrațiile capetelor barei dau naștere la unde ultrasonore. Pentru a obține amplitudini mari se aleg dimensiunile barei astfel ca să avem rezonanță între vibrațiile elastice proprii și frecvența curentului alternativ excitator. Generatorul magnetostrictiv este avantajos pentru producerea ultrasunetelor de frecvență joasă (de la 20 – 60 kHz) și energii considerabile.

Datorită frecvenței mari și a energiei mari pe care o transportă, ultrasunetele produc o serie de efecte fizico-chimice dintre care menționăm : distrugerea stărilor labile de echilibru; încălzirea mediului; formarea de sisteme disperse (emulsii și suspensii) și distrugerea de astfel de sisteme (coagulări); influențarea potențialelor electrochimice și a pasivității metalelor; voalarea plăcilor fotografice; creșterea vitezei unor reacții chimice; explozia substanțelor puțin stabile (de exemplu iodura de azot) etc.

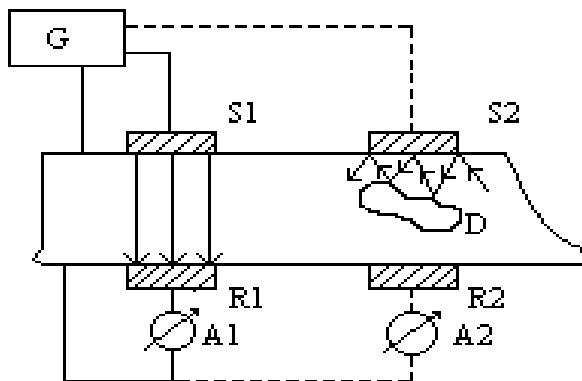
Proprietățile ultrasunetelor permit folosirea lor într-o mare varietate de aplicații practice.

Ultrasunetele produc încălzirea și redistribuirea substanței din celulele vii ceea ce duce la folosirea lor în terapeutică (încălzirea anumitor țesuturi și masajе adânci) precum și la conservarea alimentelor (prin folosirea unor ultrasunete de frecvență și intensitate potrivită care distrug microorganismele).

O altă aplicație a ultrasunetelor este legată de măsurarea adâncimii mărilor. În esență procedeul este același ca și în cazul folosirii sunetelor obișnuite, prezentând însă avantajul fasciculelor dirijate. De asemenea se pot produce semnale foarte scurte ceea ce mărește precizia măsurării intervalului de timp dintre producerea semnalului direct și înregistrarea celui reflectat.

Ultrasunetele se folosesc în diferite procese tehnologice cum ar fi : spălarea, curățarea, uscarea sau sudarea unor corpuri și de asemenea pentru prelucrarea unor piese. În principiu, prelucrarea cu ajutorul

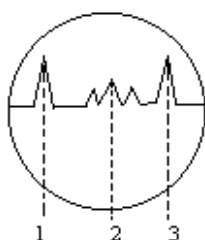
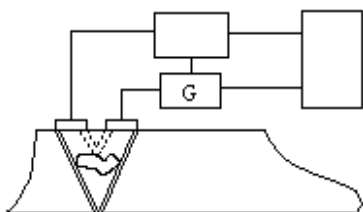
ultrasunetelor constă în următoarele : se introduce piesa (sau porțiunea de piesă) care trebuie prelucrată într-un lichid în care se găsesc în suspensie particule de praf abraziv dur. Sub acțiunea unei surse de ultrasunete în lichid apare fenomenul de cavitație. Datorită șocurilor hidraulice particulele de abraziv sunt lovite cu putere de suprafața piesei smulgând așchii din aceasta. Pe acest principiu se bazează construirea unor mașini unelte care să taie filetele și dinții pinioanelor fine, care rectifică piese complicate, taie și găuresc plăci etc.



Dintre numeroasele aplicații ale ultrasunetelor nu vom mai menționa decât defectoscopia ultrasonoră. Controlul ultrasonor permite stabilirea existenței unor defecte (fisuri, goluri) în interiorul unor piese metalice masive. Principalele tipuri de defectoscoape ultrasonore utilizează transmisia sau reflexia.

Fig. 1

În defectoscopul prin transmisie emițătorul și receptorul de ultrasunete sunt situate de o parte și de alta a piesei de cercetat (fig.1). Dacă între emițător și receptor nu există nici un defect (de exemplu între sursa S<sub>1</sub> și receptorul R<sub>1</sub>) semnalul ultrasonor transmis va trece neatenuat producând o anumită deviație a acului aparatului de înregistrare (A<sub>1</sub>). În cazul în care întâlnește un gol (D) o parte a semnalului ultrasonor este reflectat pe suprafața de separare dintre metal și aerul din golul respectiv și semnalul este mult atenuat ceea ce se va observa la aparatul indicator (A<sub>2</sub>). Dispozitivul folosit practic are o singură pereche emițător-receptor care este plimbată în lungul piesei de cercetat. Această metodă are două inconveniente : în primul rând ultrasunetele propagându-se prin piesă se reflectă pe fețele opuse ale acesteia îngreunând observarea defectelor; în al doilea rând acest procedeu nu permite stabilirea adâncimii la care se găsesc defectele.



**Fig.2 a)**

**Fig.2 b)**

Aceste inconveniente sunt în bună măsură eliminate de defectoscoapele prin reflexie (sau în impulsuri). La acestea emițătorul și receptorul sunt situate de aceeași parte a piesei unul lângă altul (fig.2a). Ultrasunetele se propagă prin piesă, ajung la fața opusă unde sunt reflectate și apoi revin la receptor. Dacă în piesă există un defect, semnalul ultrasonor se va reflecta de acesta și va ajunge mai devreme la receptor decât cel reflectat de fața opusă. Emițătorul generează impulsuri scurte la intervale lungi constante care împreună cu semnalul reflectat sunt marcate pe ecranul unui oscilograf. În fig.2b prin 1 și 3 am indicat locurile unde spotul luminos are devieri bruște care marchează momentele în care a fost emis semnalul ultrasonor și respectiv în care a fost receptat semnalul reflectat de fața opusă. Prin 2 am indicat locul unde este indicată primirea unui semnal reflectat de un defect. Poziția relativă a acestuia în raport cu 1 și 3 ne permite să determinăm adâncimea la care se găsește defectul.