

REGIONALNI CENTAR IZ PRIRODNIH
I TEHNIČKIH NAUKA U VRANJU

ULTRAZVUK

AUTORI:

MARKO POPOVIĆ, GORAN JOVANOVIĆ, 2. godina Gimnazije

MENTOR:

MAJA VELJKOVIĆ

Profesor fizike, Gimnazija Stevan Jakovljević

ULTRAZVUK

DA LI STE SE IKADA ZAPITALI ŠTA JE ULTRAZVUK? OVDE ĆETE
DOBITI ODGOVORE NA VAŠA PITANJA.

HAVE YOU EVER ASKED YOURSELF WHAT IS ULTRASOUND? HERE
YOU WILL GET THE ANSWERS TO ALL OF YOUR QUESTIONS.

AUTORI:

MARKO POPOVIĆ, GORAN JOVANOVIĆ

MENTOR:

MAJA VELJKOVIĆ

Profesor fizike, Gimnazija Stevan Jakovljević

REZIME:

Ultrazvuk je zvuk čija je frekvencija iznad gornje granice čujnosti za normalno ljudsko uho, a koja iznosi 20 kHz. Brzina prostiranja zvučnih talasa u čvrstim sredinama je prilično veća nego u tečnostima i gasovima npr. u bakru iznosi 4700m/s. U čvrstim sredinama mogu postojati pored longitudinalnih talasa i trasverzalnih i površinski talasi. Kao jedinica za merenje intenziteta zvuka koristi se W/m^2

KLJUČNE REČI:

piezoelektrični generatori, magnetostruktivni generatori, longitudinalni talasi, trasverzalni talasi, površinski talasi

SUMMARY:

Ultrasound is sound with a frequency above the upper limit of hearing for normal human ear, which is 20 kHz. Speed of propagation of sound waves in solid areas is rather larger than in liquids and gases, eg. in copper is 4700m / s. The solid areas may exist in addition to longitudinal waves and surface waves and trasverzalnih. As a unit for measuring sound intensity used W/m^2 .

KEY WORDS:

piezoelectric generators, magnetostrictive generators, longitudinal waves, trasverzalni waves, surface waves

Uvod

Ultrazvuk je zvuk čija je frekvencija iznad gornje granice čujnosti za normalno ljudsko uho, a koja iznosi 20 kHz (20000 herca).

Ultrazvučna tehnika je prvo našla primenu u otkrivanju i lociranju podmornica. Ti prvobitni uređaji su nazivani sonari. Na sličan način danas ribari otkrivaju jata riba u moru. Ultrazvuk u medicini danas koristi isti princip. Prve primene ultrazvuka u medicini su zabeležene još 1937. godine, ali je stvarna primena počela 1945. godine. U biomedicinskoj dijagnostici i terapiji poslednjih godina sve je veća primena ultrazvuka. On se koristi za detekciju položaja pojedinih organa u telu, položajastranih tela, kretanje nekih organa u telu, merenje brzine protoka krvi, razbijanje "kamena" u bubregu, itd. Prema savremenim saznanjima ultrazvuk nema štetna dejstva na organizam, a ako i postoje ona su sasvim mala, pa se kada je to moguće koriste kao zamena za rentgenska i nuklearna snimanja. U medicinskim primenama objekat posmatranja je ljudsko telo. Ono se sastoji od tkiva i organa koji su u osnovi kombinacija tečnosti, gasova i čvrstih tela. Zahvaljujući tome što kosti, meko tkivo koje se sastoji uglavnom od vode i gasova, u šupljinama tela, imaju različite koeficijente slabljenja za ultrazvuk u mogućnosti smo da ultrazvučnim merenjem formiramo potpunu sliku o unutrašnjoj konfiguraciji ljudskog tela.

ULTRAZVUK-OPŠTI FIZIČKI POJMOVI

Pod mehaničkim talasima podrazumevamo elastična treperenja delića u gasovitim, tečnim i čvrstim sredinama. Pošto se u ovim sredinama delići međusobno povezani elastičnim silama, poremećaj delića iz ravnotežnog položaja dovodi do dve osnovne pojave: 1) delić osciluje oko svog ravnotežnog položaja; 2) pomeraj jednog delića izaziva iste pomeraje iz susednih delića te nastaje treperenje delića kroz sredinu u pravcu prostiranja ove pojave dok se ne utroši sva energija talasanja. Učestalost treperenja ili frekvencija predstavlja broj oscilacija koje izvodi delić u jedinici vremena, npr. u sekundi. Jedinica za učestalost je 1 cikl za sekundu (C/S) ili 1 Hertz (Hz), za jednu potpunu oscilaciju. Vreme treperenja (T), sa učestanošću (φ) vezana je Zakonom koji važi za sva talasanja u prirodi:

$$\varphi = 1/T \text{ (C/S)}$$

Mehanički talasi se na osnovu učestalosti dele na:

- infrazvuk
- zvuk
- ultrazvuk

-hiperzvuk

Zvuk je jedini mehanički talas koga čoveče uho može da registruje i zbog toga je i on među prvima proučen. Bez obzira na učestalost treperenja za sve mehaničke talase važe isti zakoni akustike. Pošto je većina zakona izvedena na primeru zvučnih talasa, kod pojedinih definicija zadržala se "zvuk" kao npr. kod veličine "brzina prostiranja zvuka" iako se misli na brzinu prostiranja ultrazvuka.

Brzina prostiranja treperenja sa jednog delića na drugi naziva se brzina prostiranja zvuka ili kraće brzina zvuka, i zavisi samo od sredine u kojoj se ova pojava odigrava, a ne i od učestalosti treperenja. Brzina zvuka je različita u različitim sredinama. Tako na primer u vazduhu na temperaturi od 20°C iznosi 340 m/s. Brzina zvuka u fluidima zavisi od gustine fluida. U svežoj vodi iznosi 1450m/s, a u slanoj vodi sa 3-4% soli iznosi 1550m/s. Obično se uzima da brzina prostiranja zvuka kroz vodu iznosi 1500m/s. Brzina prostiranja zvučnih talasa u čvrstim sredinama je prilično veća nego u tečnostima i gasovima npr. u bakru iznosi 4700m/s. U čvrstim sredinama mogu postojati pored longitudinalnih talasa i trasverzalnih i površinski talasi. Brzina prostiranja trasverzalnih talasa u nekoj sredini iznosi oko 48% brzine prostiranja longitudinalnih talasa u toj sredini, a brzina prostiranja površinskih iznosi 90% brzine prostiranja transverzalnih talasa.

Treperenje delića oko svog ravnotežnog položaja dovodi do pojave zgušnjavanja i razredjivanja. Pojave zgušnjavanja i razredjivanja sredine naizmenično se smenjuju i prenose se zajedno sa prenošenjem same pojave treperenja, a održavaju se u naizmeničnoj promeni pritiska koji vlada u sredini u kojoj se proizvodi zvuk ili ultrazvuk. Zgušnjavanje i razredjivanje sredine zavisi od elastične deformacije izazvane izvorom mehaničkog treperenja. Kao uzrok treperenja se javlja naizmenični pritisak, pomocu koga se određuje jačina mehaničkog talasa. Delovanje mehaničkog pritiska može se primetiti po pojavi gejzira na površini tečnosti u pravcu prostiranja ultrazvuka.

Talaska dužina je najkraće rastojanje izmedju dva maksimuma pritiska (zgušnjavanja) ili izmedju dva minimuma pritiska (razredjivanja). Izmedju talasne dužine (λ), učestalosti (φ) i brzine prostiranja postoji odnos koji važi za sva talasanja u prirodi.

$$\lambda = C / \varphi$$

λ -talaska dužina

C-brzina prostiranja talasa

φ -frekvencija talasa

Odnos pritiska i brzine delića naziva se karakteristična impedanca sredine. Ona ima poseban značaj u akustici, pa prema tome i u oblasti ultrazvuka. Karakteristična impedanca karakteriše neku sredinu i sa njome se određuju mnoge pojave u prostiranju talasa. Intenzitet zvuka predstavlja energiju talasa koja u jedinici vremena prodje kroz jediničnu površinu normalnu na pravac prostiranja. Tako kod ravanskog talasa intenzitet iznosi: $I=P/S$

I-objektivna jačina zvuka

P-zvučna snaga koja se prenese kroz normalnu površinu

S-normalna površina

Kao jedinica za merenje intenziteta zvuka koristi se W/m^2 . Snaga izvora mehaničkog talasa predstavlja energiju koja u jedinici vremena zrači izvor u sredinu u kojoj se prostire talas. U akustici se operiše sa vrednostima intenziteta i pritiska u vrlo širokim granicama. Na primer, naše uho registruje zvučne intenzitete u opsegu od oko 10^{12} . Zato se u akustici intenzitet (energije ili snage) i vrednost pritiska (ili brzine delića) upoređuju i decibelima a ne u direktnim brojnim odnosima. Decibel je deseti deo Bela, a Bel je logaritamski odnos dve veličine iste prirode, sa logaritamskom osnovom 10. Decibel se piše u skraćenom obliku "dB". Iako se ultrazvuk razlikuje od zvuka samo po učestalosti, ipak postoji kvalitativna razlika u pogledu dejstva između zvuka i ultrazvuka. Sama razlika u talasnim dužinama dovodi do tih kvalitativnih promena.

ULTRA ZVUK-DOBIJANJE ULTRAZVUKA

Za dobijanje ultrazvuka koriste se ultrazvučni generatori. To su ustvari pretvarači energije izvora napajanja u ultrazvučnu energiju. Osnovni element ultrazvučnog generatora predstavlja deo koji pretvara dovedenu energiju u ultrazvučnu. Naziv toga dela još nije terminološki utvrđen. Ima više naziva: pretvarač, ultrazvučna glava, vibrator.

Prema vrsti energije koja se neposredno pretvara u ultrazvučnu generatori ultrazvuka se dele na: mehaničke i elektronske.

Mehanički generatori koriste kinetičku energiju gasova i tečnosti, a elektronski koriste elektromagnetsku energiju oscilatornog kola.

Elektronski generatori se prema efektu koji se koristi za proizvodjenje ultrazvuka dele na piezoelektrične i magnetnostriktivne generatore ultrazvuka. Za sve generatore ultrazvuka, odnosno ultrazvučne vibratore, karakteristično je da proizvode ultrazvučne talase u nekoj sredini mehaničkim treperenjem nekog pogodnog elastičnog sistema. Pri tome se, radi boljeg

iskorišćavanja odnosno pretvaranja pogonske energije u ultrazvučnu, koristi rezonanca, mehanička kod piezoelektričnih i magnetostruktivnih, akustična kod mehaničkih generatora, ali ne kod svih jer neki rade i bez rezonance.

Pretvaračke sposobnosti piezoelektričnih i magnetostruktivnih vibratora karakterišu se faktorom sprege (K). Faktorom sprege se izražava sposobnost pretvaranja električne u mehaničku energiju, odnosno magnetske u mehaničku energiju vibratora. Ona u izvesnom smislu karakteriše stepen korisnog dejstva vibratora ali ne u potpunosti.

Kvadrat elektromehaničkog faktora sprege, kod piezoelektričnih vibratora, definiše se kao odnos mehaničke energije stvorene u vibratoru prema električnoj energiji, dovedenoj ka vibratoru.

$$K_{em}^2 = \frac{\text{potencijalna mehanička energija}}{\text{potencijalna električna energija}}$$

A magnetomehanički faktor sprege kod magnetostruktivnih vibratora, tj. kao odnos mehaničke energije u vibratoru prema magnetskoj energiji dovedeno je ka vibratoru.

$$K_{mm}^2 = \frac{\text{potencijalna mehanička energija}}{\text{potencijalna magnetska energija}}$$

Kod piezoelektričnih generatora za proizvodnju ultrazvuka koriste se piezoelektrični efekti. Ti efekti se javljaju kod piezoelektričnih materijala. Oni poseduju vrlo korisnu kombinaciju električnih i mehaničkih osobina: pod pritiskom oni se električki polarizuju, i obrnuto, pod dejstvom električnog polja se deformišu. Kod piezoelektričnih materijala postoji uzajamna veza u oba pravca između električnih i mehaničkih osobina. Pri delovanju sile i pojavi deformacije javlja se napon na elektrodama - direktni piezoelektrični efekat, a pri delovanju električnog napona na elektrodama, javlja se deformacija i pritisak na okolnu sredinu - inverzni piezoelektrični efekat. Kod svih piezoelektričnih materijala javljaju se deformacije ne samo u pravcu delovanja sile, nego i u drugim pravcima.

Za objašnjenje direktnog piezoelektričnog efekta može se uzeti kristal kvarca. Atom silicijuma ima četiri slobodna pozitivna opterećenja, to u molekulu kvarca daje ukupno četiri negativna opterećenja. Dakle molekul kvarca je neutralan. Ako se na elektrode dovede neka sila, kristal će se deformisati i doći će do pojave potencijalne razlike usled pomeranja pozitivno naelektrisanog atoma silicijuma sa gornje strane prema unutra, i usled pomeranja negativno naelektrisanog atoma kiseonika sa donje strane prema unutra. Radi toga će gornja elektroda postati negativna, a donja pozitivna. Ovaj proces dovodi do javljanja napona na elektrodama.

Piezelektrični efekat se javlja kod dvadeset kristalnih materija od trideset dve moguće klase kristala. U akustici se za vibratore koriste samo nekoliko vrsta kristala. Za ultrazvučne svrhe se koriste samo četiri vrste kristala, od kojih se kvarc nalazi u prirodi, a ostale tri vrste se veštački prave. To su: Senjetova so, amonijum dihidrogen fosfat (ADP) i litijum sulfat (LH). Za ultrazvučne svrhe se takodje koristi i veštačka polikristalinska keramika: barijum-titanat. Kristal kvarca i barijum-titanat imaju široku primenu skoro u svim oblastima ultrazvuka.

Kvarc je najstariji piezelektrični materijal. Na njemu je još 1880. godine otkriven piezelektričan efekat. U dobre osobine ovog kristala spadaju: visoka radna temperatura, najmanja temperaturna zavisnost rezonantne učestalosti, postojanost na vlazi i velika mehanička čvrstoća. Kristali kvarca nalaze se u prirodi i samo se od odabranih vrsta mogu izraditi upotrebljive pločice.

Kvarcne pločice se najčešće izradjuju u kružnom obliku. Za ultrazvučne svrhe mora biti obeležena metalnim elektrodama. One se prave od srebra ili hroma a ponekad i od zlata. Elektrode prekrivaju prednju i zadnju stranu pločica tako da između njih ostane razmak za debljinu pločice. Radi povećanja razmaka i većeg obezbedjenja od preskoka varnice elektrode ne prekrivaju cele površine već samo do blizu ivice, na rastojanju 1-3 mm.

Radi postizanja većeg intenziteta ultrazvuka sa kvarcnom pločicom ponekad se primenjuje koncentrisanje ultrazvučnih talasa u jednu tačku. Po analogiji sakupljanja svetlosti zrakova u žižu, prave se kvarcne pločice u zakrivljenom obliku. Ovim načinom može se postići 150 puta veći intenzitet ultrazvuka u jednoj tački, u poredjenju sa intenzitetom koji proizvodi dotična pločica u blizini svoje površine.

Pobudjivanje piezelektričnih vibratora se vrši visoko frekventnom energijom odgovarajuće učestanosti iz elektronskih oscilatora odnosno generatora.

Tu se javljaju dva osnovna problema: električno prilagodjavanje na izlazno kolo visokofrekventnog generatora i dovodjenje visokog napona na elektrode piezelektričnog vibratora. Prvi problem se rešava pomoću spregnutih oscilatornih kola. Rešavanje drugog problema zavisi od konkretnih uslova rada vibratora.

I magnetostriktivni materijal, kao i piezelektrični, poseduju korisnom kombinacijom između magnetnih i mehaničkih osobina pojedinih metala i njihovih legura. Pod uticajem magnetnog polja oni se deformišu, a pod pritiskom menjaju magnetne osobine. I ovde, kao i kod piezelektričnih materijala, imamo direktni i indirektni magnetostriktivni efekat. Direktni magnetostriktivni efekat izražava se u pojavi deformacije materijala, a inverzni magnetostriktivni efekat izražava se u pojavi da se pod dejstvom sile menjaju magnetne

osovine materijala. Materijali koji se koriste za magnetostruktivne vibracije dele se na dve grupe: na metalne i keramičke. U prvu grupu spadaju: nikel i razne legure, a u drugu spadaju feritne keramike: nikel-cink-ferit, nikel-ferit i dr.

Magnetostruktivni vibratori mogu biti različitog oblika. Element od feromagnetskog materijala može biti šipka ili cev. Presek (Q) je stvarni presek materijala, a površina (s) je aktivni deo koji zrači. Magnetostruktivni vibratori se prave i u obliku limova koji podsećaju na limove za transformatore. Ovi limovi se koriste da bi se smanjili gubici usled vrtložnih struja. Osim u pravougaonom obliku, limovi se rade još u obliku prstena. Ovakvi vibratori zrače ultrazvučne talase u svim pravcima.

Pobudjivanje vibratora sa magnetostruktivnim materijalom vrši se najčešće uz predmagnetizaciju, jer nepolarizovani sistemi se ne mogu iskoristiti u pogledu snage kao polarizovani sistemi. Predmagnetizacija vibratora se vrši najčešće preko istog namotaja, kojim se pobudjuje i na treperenje, ali se može vršiti i posebnim namotajem.

Glavna prednost magnetostruktivnih vibratora leži u jednostavnosti i ekonomičnosti njegove izrade. Kod nižih učestanosti mogu se njime proizvesti znatne ultrazvučne energije, a da se ne pretera u njegovom pobudjivanju. Kod ovih vibratora dovedena električna energija se pretvara najpre u mehaničku energiju treperenja vibratora a zatim se ovo treperenje prenosi na sredinu, tj. mehanička energija vibratora se pretvara u akustičnu energiju sredine.

Pored ovih pomenutih generatora za proizvodjenje ultrazvuka koriste se i drugi generatori. Gasni generator tipa Hartman je tip generatora gde se koristi kinetička energija gasova za proizvodjenje ultrazvučnih talasa.

Poseban značaj ima za proizvodjenje ultrazvuka u vazduhu. Princip rada Hartmanovog generatora počiva na jednoj pojavi kod isticanja gasova kroz uzak otvor u slobodan prostor. Kada mlaz vazduha isteče iz mlaznika pod takvim pritiskom da brzina isticanja premaši brzinu zvuka u vazduhu, onda u neposrednoj blizini mlaznika nastaje polje promenljivog pritiska u mlazu, koji se menja sa udaljavanjem od mlaznika. Polja između minimalnog i maksimalnog pritiska se zovu polja nestabilneta. Ta polja igraju značajnu ulogu u proizvodjenju ultrazvučnih talasa kod gasnih generatora. Ako se akustični rezonantni sistem (Helmholtsov rezonator) postavi u polje nestabilneta, nastaje punjenje i pražnjenje rezonatora, a samim tim će i generator proizvoditi ultrazvučne talase. Pojava, koja je iskorišćena kod Hartmanovog generatora, predstavlja specijalan slučaj vrtloženja, koji se uvek javlja kod isticanja nekog fluida pod pritiskom kroz uzak otvor. Pošto se sa tečnostima ne mogu postići brzine isticanja veće od brzine prostiranja zvuka, pojava vrtloženja je iskorišćena na drugi način. U blizini otvora gde ističe tečnost, Janovski i Polhman su postavili jednu

metalnu ploču sa oštrim ivicama tako da oštra ivica seče mlaz.

Ploča je učvršćena na onim mestima i na takav način da može slobodno treperiti na osnovnoj rezonantnoj učestalosti. Ovakvo dobijanje ultrazvuka postiže se pomoću pištaljke za tečne sredine tipa Janovski-Pohlman.

Ultrazvuk se može dobiti pomoću ultrazvučnih sirena. One predstavljaju mehaničke generatore sa kojima se mogu postići velike akustične snage u vazduhu. Vrlo su sigurne u pogonu i lako se mogu menjati učestanosti u čitavom području.

ULTRAZVUK-OSOBI NE I DEJSTVA ULTRAZVUKA

Praktično korišćenje ultrazvuka zasniva se na dvema osobinama: na dobrom prostiranju kroz tečnost, metale, i na dejstvima ultrazvuka na sredinu kroz koju se prostire pri čemu je moguće na neki način iskoristiti njegovu energiju.

Za ultrazvučne, kao i za druge talase vrede isti zakoni prostiranja pa prema tome imaju iste osobine. I kod ultrazvučnih talasa mogu postojati prema načinu širenja kroz sredinu, dve vrste talasa: sverični i ravanski talasi, zatim i ultrazvučne talase moguće je usnopljavati, prelamati i menjati im pravac prostiranja putem odbijanja. Sverični talas potiče od tačkastog izvora, kod koga su dimenzije male u odnosu na talasnu dužinu, i širi se u prostor u svim pravcima. Pošto je upravljanje pravcem širenja talasa važno u praktičnoj primeni, ovaj oblik širenja talasa se retko koristi kod ultrazvučnih talasa. Ravanski talas proizvode izvori talasanja čije su aktivne površine ravne i imaju dimenzije nekoliko puta veće od talasne dužine. Samo ravne površine sa beskonačnim dimenzijama mogu proizvesti idealne ravanske talase.

Pravolinijsko prostiranje je osobina i ultrazvučnih i svetlosnih talasa. Sto su talasi kraće talasne dužine u toliko je pravolinijsko prostiranje pravilnije. Kod dužih talasa imamo pojavu savijanja talasa, dakle odstupanje od pravoliniskog prostiranja. Odbijanje talasa nastupa kada talas naiđe na prepreku ili prilikom prelaza iz jedne sredine u drugu, pri čemu može nastupiti i prelamanje.

Apsorpcija ultrazvučnih talasa predstavlja gubitak energije usled osobina sredine pri prostiranju kroz nju. Pošto prostiranje talasa predstavlja elastičnu deformaciju sredine, jasno je da se treperenje delića mora obavljati na račun utroška energije talasa koji se manifestuje zagrevanjem sredine. Step en apsorpcije zavisi od veličine unutrašnjeg treperenja, od

dovodjenja toplote i toplotnog zračenja. Kao što znamo pod mehaničkim talasima podrazumevamo treperenje delića u gasovitim, tečnim i čvrstim sredinama. Postoje tri tipa talasa: **longitudinalni, trasverzalni i površinski**. Samo se longitudinalni talasi prostiru u svim sredinama, gasovitim, tečnim i čvrstim. Ostala dva tipa mogu se prostirati samo u čvrstim sredinama.

Longitudinalni talas se karakteriše treperenjem delića po putanjama koje leže paralelno sa pravcem prostiranja. Ovaj talas ima najveću brzinu prostiranja. On se može proizvesti treperenjem bilo koje površine koja leži normalno na pravac prostiranja.

Trasverzalni talas se karakteriše treperenjem delića po putanjama koje leže normalno na pravac prostiranja talasa. Njihova brzina prostiranja je upola manja od brzine longitudinalnih talasa. Trasverzalni talas se može proizvesti delovanjem poprečne sile, tj. pomeranjem gore-dole površine koje leže normalno na pravac prostiranja.

Površinski talas se karakteriše treperenjem delića po površini talasa. Proizvodjenje ovih talasa je slično proizvodjenju trasverzalnih talasa. Ono se vrši pomeranjem površine napred-nazad paralelno sa površinom tela.

Ultrazvučni talasi se mogu prostirati u čvrstim telima u vazduhu i u vodi. Ultrazvuk se u metalima i drugim čvrstim telima prostire sa relativno malim gubicima, sa malom apsorpcijom. Na ovoj osobini su zasnovane važne primene ultrazvuka u industriji, za ispitivanje materijala, a u elektronici za takozvane linije zakašnjenja. Za telekomunikacione svrhe na većoj udaljenosti se ne može primeniti prostiranje ultrazvuka kroz čvrsta tela, zato što ne postoje takva tela koja su homogena po celoj svojoj dužini.

Jedan deo primene ultrazvuka počiva na jednoj osobini ultrazvuka, na dobrom prostiranju kroz guste sredine. Drugi deo primene ultrazvuka u industriji i drugim granama (u medicini i biologiji) počiva na iskorišćavanju energije ultrazvučnih talasa. Postoje tri energetska dejstva ultrazvuka:

1. dejstvo kavitacije
2. dejstvo koagulacije
3. termičko dejstvo

Koje će se dejstvo ispoljiti i u kojoj meri zavisi od više faktora:

- sredina delovanja ultrazvuka
- učestalost
- snaga zračenja i površina pod dejstvom talasa, odnosno intenzitet zračenja
- vreme zračenja i dr.

Kavitaciono dejstvo se ispoljava naročito u tečnim sredinama, a u manjoj meri u čvrstim sredinama. Sve primene ultrazvuka na bazi iskorišćenja energije u tečnostima, zasnivaju se na dejstvu kavitacije. Pojava kavitacije nastupa tek kod određenog intenziteta. Ispod tog graničnog intenziteta nema pojave kavitacije pa se energija neiskorišćuje. Pod kavitacijom u hidrodinamici se podrazumeva obrazovanje mehurića usled vrtloženja i zagrevanja. Međutim, pojava kavitacije se opaža i pod dejstvom ultrazvučnih talasa. Postoji fizička analogija između pojava kod ključanja tečnosti i kavitacije usled dejstva ultrazvuka. Pojava kavitacije usled zagrevanja vode se odvija na sledeći način:

Kada se voda zagreva do tačke ključanja na normalnom pritisku, usled zagrevanja smanjuju se kohezione sile i u tački ključanja voda prelazi u paru uz pojavu mnogih mehurića, njihovim uveličavanjem i izbijanjem na površinu kao pojava vrenja vode. Pod dejstvom ultrazvuka u tečnostima se dešavaju slične pojave kao i kod zagrevanja. Ako se ultrazvučni talasi, proizvedeni u tečnostima, dovoljno jaki da proizvedu promene pritiska, većih od onog koji vlada u tečnostima onda će se za vreme razradjivanja stvoriti naponi koji će „kidati“ sredinu, doći će do pojava sličnim onim kod zagrevanja, do obrazovanja mehurića u tečnostima i do njihovog povećavanja. Da bi se u tečnosti počeli obrazovati mehurići, potrebne su relativno male ultrazvučne snage. Npr: stvaranje mehurića može se postići pod normalnim okolnostima u vodi kod jačine ultrazvuka od oko $0,3 \text{ Watt/cm}^2$.

Kavitacija se javlja u tri oblika: u obliku mirne degazacije, u obliku hladnog isparenja i u obliku malih eksplozija tečnosti.

Mirna degazacija se javlja kod ultrazvuka koji stvara naizmenične pritiske veličine od oko $0,25_{\text{atm}}$. Ona se prepoznaje po pojavi i kretanju vidljivih mehurića u ultrazvučnom snopu talasa. Obrazovanje mehurića ne stvara šum. Pojava hladnog isparenja dolazi kada veličina ultrazvučnog pritiska dostigne vrednost od oko $1,25_{\text{atm}}$, i ispoljava se u mnoštvu sličnih mehurića, uz pojavu magle iznad tečnosti. Ova pojava je vrlo interesantna za posmatranje. Kada se potpuno hladna voda izloži dejstvu ultrazvuka, počinje naglo da se isparava kao pri najjačem ključanju.

Treći oblik kavitacije mnogo je teže proizvesti i zapaziti. Ovaj fenomen se sa mnogo teškoćama može proizvesti u ulju. Kod veličine pritiska od oko 4_{atm} , mogu se opaziti mala eksplozivna kidanja mehurića ali samo u mraku i pri pogodnom osvetljenju tečnosti.

Koagulacija predstavlja skupljanje sitnih delića rasprašenih u gasovima ili tečnostima, u veće deliće koji se kao takvi mogu slobodnim padom izlučiti. Dejstvo koagulacije primenjuje se kod tzv. aerozola a delom i kod hidrozola. Ovo dejstvo ultrazvuka iskorišćeno je za prečišćavanje gasova iz fabrika koji sadrže otrovne materije opasne za ljude, stoku i useve u okolini fabrike. Prečišćavanje gasova ultrazvukom se prvenstveno koristi kod onih aerozola kod kojih su čestice tako male da se običnim filterskim sistemom ne mogu efikasno očistiti.

Termičko dejstvo ultrazvuka se javlja u tečnim i gasovitim sredinama. U ovim sredinama mogu da nastupe znatna povišenja temperature usled delovanja ultrazvučnih talasa. Povišenje temperature potiče od apsorpcije energije talasa, koja se pretvara u toplotu u sredini delovanja. Zagrevanje sredine je u direktnoj zavisnosti od koeficijenta apsorpcije. Tako npr. ako se u ultrazvučno polje sirene veće snage stavi vata, ona se zapali posle šest sekundi, a male životinje kao miševi i pacovi uginu posle kratkog vremena. Termičko dejstvo ultrazvuka iskorišćeno je u medicini i veterini. Interesantno je spomenuti još jedno tzv. oksidirajuće dejstvo koje ima primenu u sterilizaciji mleka i dr. prehrambenih artikala, jer uništava mikrobe i bakterije, a isto tako u zajednici sa ostalim dejstvima postiže pozitivne efekte u lečenju. Oksidaciono dejstvo je posledica delovanja kavitacije, što znači da je vezano sa intezivnijim ultrazvučnim talasima.

Zahvaljujući svim ovim dejstvima u čovečjim i životinjskim organizmima, ultrazvuk je našao vrlo korisnu i zahvalnu primenu u biologiji, odnosno medicini i veterini.

ZAKLJUČAK:

Ultrazvuk je našao svoju primenu u svim delovima tehnike i ima veoma važan domen u medicini. Revolucija koju je izazvao u nauci veoma je važna za ljudski rod. Svi mi znamo za šta se sve koristi i gde se sve primenjuje, ali retko ko zna kako tačno nastaje, bez obzira na to mi danas ne možemo zamisliti svoj život bez ultrazvuka.

LITERATURA:

1. <http://sr.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B2%D1%83%D0%BA>
2. Ing. Djordje Kovačević: "ULTRAZVUK I NJEGOVA PRIMENA U INDUSTRIJI", "ŠTA JE TO ULTRAZVUK"
3. Ing Branko Cerovac i Ing. Djordje Kovačević "ULTRAZVUK I NJEGOVA PRIMENA U TEHNICI I MEDICINI"