

EQUIPMENT FOR TURNING ULTRASONIC VIBRATION GENERATION FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

ANGELESCU Cerasela-Nicoleta, CORPACI Angela, CREȚU Raluca și GHEBU Andreea-Ana
 Facultatea de Inginerie Industrială și Robotică, Specializarea: DIPI,
 Anul de studii: I, e-mail: angi_98@yahoo.com

Conducător științific: Prof.dr.ing **Daniel GHICULESCU**

SUMMARY: The paper presents current theoretical and practical considerations regarding the transformation of longitudinal ultrasonic waves into torsional waves with the help of helical-shaped concentrators, integrated in ultrasonic chains with usual transducers for longitudinal waves. The strategic marketing of the product is presented to determine the needs resulting from interviews and to obtain the product characteristics. Potential customers were also located. The concentrator variant was modeled and the propagation of ultrasonic waves within them was simulated, using finite element analysis with the dedicated program, Comsol Multiphysics. The influence of the geometric elements of the concentrators on the amplification of the oscillations and on their own frequency was studied, in order to obtain the resonance condition necessary for the realization of the ultrasonic chains.

CUVINTE CHEIE: lanțuri ultrasonice, unde torsionale, modelare, simulare, elemente finite.

1. Introducere

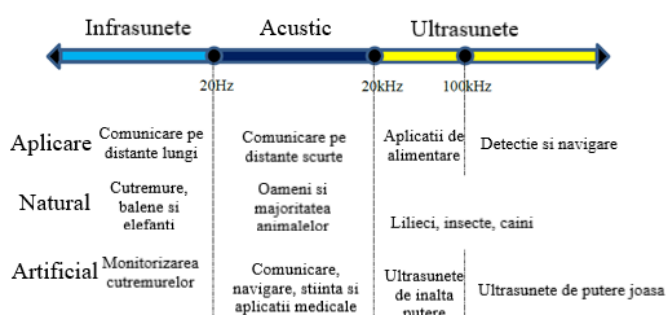


Fig. 1 Clasificarea undelor sonore [1]

„Ultrasonic”(US) este un termen care face referire la aplicarea undelor sonore, în transportul energiei mecanice mai mare decât pragul sonor. Acesta este considerat, uzual, 20kHz. Numărul de secvențe repetate per unitate de timp reprezintă frecvența care poate fi utilizată pentru a clasifica undele sonore (Fig 1). Așadar, cuvântul „ultrasonic” se folosește ca termen scurt pentru orice echipament ce utilizează unde ultrasonice. Având în vedere modul de vibrație, undele sunt de mai multe tipuri,

printre care cele *longitudinale* și *torsionale*.

2. Stadiul actual

Transductorul ultrasonic este elementul care transformă cu randament impus energia primară (electrică) în energie acustică. După principiul de transformare a energiei se întâlnesc mai multe tipuri de transductoare, dintre care cele mai răspândite sunt cele magnetostriective și piezoelectrice.

Concentratorul ultrasonic permite ca energia acustică să fie concentrată într-un volum mai mic și să se obțină unde ultrasonice de intensități ridicate; face legătura între transductor și obiectul de transfer cu scopul de a mări amplitudinea de oscilație și de a asigura un accord de impedanță între transductor și sarcina din spațiul de lucru [2].

Pentru obținerea undelor torsionale trebuie făcute modificări geometrice la (concentrator). Aceste modificări geometrice constau în crearea unui număr de caneluri răsucite de-a lungul concentratorului, pentru a produce căi de undă în spirală.

3. Marketing strategic al produsului

Marketingul strategic este un proces care pornește de la o analiză a pieței și a concurenților, trece prin selectarea țintei de referință și studiul tendințelor industriei, până la dezvoltarea unui program de marketing precis și a strategiilor de poziționare pentru a satisface nevoile pieței, implicit a clienților. Marketingul strategic se concentrează asupra modului de a dezvolta un avantaj competitiv prin intermediul planificării [3].

În continuare am identificat și formulat 3 nevoi ale clienților.

N1: Nevoia de creștere a calității suprafeței prelucrate;

N2: Nevoia de a realiza suprafețe elicoidale interioare și exterioare în materiale dure pe mașini clasice existente

N3: Nevoia de creștere a productivității a prelucrării materialelor de duritate ridicată

Pentru fiecare nevoie identificată anterior am stabilit următoarele:

a) Oportunitățile de piață (Motivele formulării nevoii):

Pentru nevoia N1: Inexistența pe piață a unui echipament de prelucrare prin electroeroziune cu ajutorul ultrasunetelor;

Pentru nevoia N2: Inexistența pe piață a unui echipament de prelucrare prin electroeroziune cu ajutorul ultrasunetelor care să realizeze suprafețe elicoidale în materiale dure pe mașini clasice;

Pentru nevoia N3: Reducerea costurilor la realizarea prelucrării suprafețelor complexe

b) Clienții pentru desfacerea produselor:

-IMM-uri care au mașini clasice de electroeroziune; micro-întreprinderi; întreprinderi mici și mijlocii; instituții de cercetare; universități tehnice; ateliere de reparații.

Metoda de utilizare pentru culegerea informațiilor brute despre nevoile clienților este interviul. În tabelul 1 se regăsesc răspunsurile de la o persoană interviuată.

Tabel 1. Interviul pentru identificarea cerințelor clienților (exemplu)

Client: Pavel Cristian Adresa: Str. Ion Iriceanu, Nr. 157, Bl. 3, Ap.25, București TELEFON: 0784 215 342 Doriți să colaborați? Da		Intervievator: Corpaci Angela Data: 10.05.2021 Utilizări curente: Ocupația utilizatorului: Inginer ofertare	
Întrebare/Îndemn	Declarație client	Cerința interpretată	
Utilizări tipice			
<input type="checkbox"/> În activitatea dvs. utilizați echipament de prelucrare cu ajutorul ultrasunetelor?	Da, utilizez un astfel de echipament	Produsul se folosește pentru operații cu îndepărtare de material cu ajutorul ultrasunetelor	
<input type="checkbox"/> Care sunt cele mai frecvente operații realizate cu ajutorul ultrasunetelor?	Aș dori ca produsul să poată realiza operații de găurire și filetare	Produsul poate realiza operații multiple	
<input type="checkbox"/> Care sunt cele mai frecvente tipuri de materiale pe care le utilizați?	Aș dori ca produsul să prelucreze oțeluri aliate	Produsul prelucrează materiale dure	
Aspecte plăcute la produsul actual			
<input type="checkbox"/> Este manevrabil ?	Produsul trebuie să poată fi transportat ușor	Echipamentul are o masă mică	
Aspecte neplăcute la produsul actual			
<input type="checkbox"/> Există pericolul rănirii utilizatorului?	Aș dori ca produsul să asigure protecția utilizatorului	Produsul asigură protecția utilizatorului	
Propuneri de îmbunătățire			
<input type="checkbox"/> Ați dori ceva anume de la "Echipamentul de generare a vibrațiilor ultrasonice torsionale" ?	Produsul trebuie să aibă un design plăcut și o formă ergonomică	Produsul are un design plăcut și o formă ergonomică	

Deoarece două sau mai multe din informațiile culese de la clienți au același conținut, dar formulare este diferită, am realizat „traducerea” declarațiilor clienților în cerințe.

O modalitate de reducere a numărului inițial de cerințe interpretate este aceea de grupare a lor după gradul lor de asemănare (sens identic, sens asemănător). Ierarhizarea cerințelor clienților a condus la identificarea unui anumit număr de cerințe, pe care le numim primare, iar pentru acestea am stabilit importanța relativă în tabelul 2.

Tabel 2. Importanța relativă a cerințelor

<i>Cerințele clienților ierarhizate</i>	<i>Importanța relativă</i>
Echipamentul realizează operații de îndepărtare de material cu ajutorul ultrasunetelor	5
Produsul poate realiza operații multiple	5
Produsul poate prelucra diferite materiale	5
Echipamentul oferă un spațiu optim de lucru între sculă și piesă	4
Produsul poate prelucra piese de diferite dimensiuni	5

4. Stabilirea specificațiilor

O etapă importantă a procesului de dezvoltare a unui produs o reprezintă stabilirea specificațiilor obiectiv ale produsului, acele valori ale mărimilor caracteristice ale cerințelor, pentru care succesul pe piață al produsului este posibil. Aceste valori se stabilesc în funcție de specificațiile produselor concurente, astfel încât acestea să asigure un avantaj, atât din punct de vedere funcțional, cât și tehnic al produsului dezvoltat. [4]

Pentru a determina specificațiile obiectiv trebuie găsită o corespondență între fiecare cerință primară și mărimea măsurabilă care o caracterizează conform tabel 3.

Tab. 3 Matrice mărimi cerințe

Nevoi		Caracteristici																	
		Dimensiuni de gabariți	Greutate echipamentul	Putere consumată lant ultrasonic [W]	Frecvență ultrasonică	Amplitudinea vibrațiilor	Tensiune alimentare	Spațiu de lucru între sculă și piesă	Dimensiuni interioare/exterioră a suprafeței prelucrate [mm]	Precizie sablon	Dimensiune electrod	Dimensiune filer prelucrare a	Dimensiuni maxime ale piesei prelucrat	Masa piesei de prelucrat	Viteza maximă de prelucrare	Calitatea prelucrării [um]	Asigură protecția utilizatorului M.T.B.F	Design-Ergonomie	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Realizează operații de îndepărtare de material cu ajutorul ultrasunetelor				•	•													
2	Realizează operații multiple									•	•	•							
3	Poate prelucra diferite materiale								•	•					•				
4	Oferă un spațiu optim de lucru între sculă și piesă							•											
5	Poate prelucra piese de dimensiuni diferite								•				•	•	•				
6	Transformă energia electrică în energie mecanică						•												
7	Amplifica vibrațiile					•									•				
8	Puterea consumată a lantului ultrasonic este mică			•			•												
9	Amplifică tensiunea și frecvența primită				•	•	•												
10	Este ușor de folosit																		•
11	Se întretine ușor																		•
12	Are o greutate optima	•	•																
13	Este însoțit de cartea tehnică																		•
14	Asigură protecția utilizatorului																	•	
15	Ocupă un spațiu mic	•	•								•								
16	Poate realiza mai multe operații									•	•	•			•				
17	Este ușor de dezasamblat	•																	
18	Are un design placut și o formă ergonomică																		•

Pentru stabilirea valorilor obiectiv ideale și limită acceptabile se alege, pentru fiecare mărime, un obiectiv ideal (rezultatul cel mai bun la care echipa poate să spere) și un obiectiv limită acceptabil (valoare care permite ca produsul să fie viabil din punct de vedere comercial) conform tabel 4. În acest scop s-au folosit următoarele moduri de exprimare:

Tab. 4 Specificații obiectiv (Valori limita și valori ideale)

Nr. Măr.	Nr. cerinței	Mărimea	Imp. Rel.	Tipul caracter	Unități	Val. Lim.	Val. Ideale
1	12,15,17	Dimensiuni de gabarit	5		cm	-	-
2	12,15	Greutatea echipamentului	4	STB	kg	<3.5	0
3	8	Putere consumată lanț ultrasonic	5	STB	W	100-180	0
4	1,9	Frecvență ultrasonică	5	GTB	Hz	>40000	Infinit
5	1,7,9	Amplitudinea vibrațiilor	5	NTB	μ	[4-5]	5
6	6,8,9	Tensiune alimentare		GTB	V	[0-1200]	1000
7	4	Spațiu de lucru între sculă și piesă	5		cm	-	-
8	3,5	Dimensiuni interioare/exterioare a suprafeței prelucrate	5		mm	-	-
9	2,3,16	Precizie șablon	5	NTB	μm	[0.001-0.002]	0.001
10	2,15,16	Dimensiune electrod	5	NTB	mm	[0.2-30]	20
11	2,16	Dimensiune filet prelucrare	5	NTB	mm	0-300	200
12	5	Dimensiuni maxime ale piesei de prelucrat	5		mm	-	-
13	5	Masa piesei de prelucrat	5		kg	-	-
14	2,3,5,7,16	Viteza maximă de prelucrare	5	NTB	mm ³ /min	[300-700]	450
15	10	Calitatea prelucrării	4		Da/Nu	Da	Da
16	14	Asigură protecția utilizatorului	5		Da/Nu	Da	Da
17	13	M. T. B. F.	3	GTB	ore	5000-10000	Infinit
18	10,11,18	Design-Ergonomie	4		Da/Nu	Da	Da

5. Proiectarea conceptuală

- Descompunerea funcției generale în funcții componente

Funcțiile componente reprezintă însușiri ale produsului care determină funcția generală:

Funcții componente:

Prinderea lanțului ultrasonic

Funcții secundare:

- desfacerea suruburilor radiale de prindere pe flansa nodala;
- introducerea lanțului ultrasonic; strangerea suruburilor radiale.

Reglarea și alinierea axelor sculei, transductorului și dispozitivului de transmitere a vibrațiilor (aliniere perfectă) pentru a nu conduce la apariția altor vibrații, în afara celor dorite, în raport cu suprafața piesa de prelucrat

Funcții secundare:

- desfacerea suruburilor de reglare a perpendicularității;
- alinierea axei sculei în raport cu piesa de prelucrat;

Alimentarea cu dielectric:

Funcții secundare:

- orientarea orificiului de spalare cu dielectric către zona de lucru;

Crearea cavității induse ultrasonic

Funcții secundare:

- b) alimentarea palniei cu dielectric;
- c) actionarea lantului ultrasonic de spalare de catre generatorul de ultrasunete;

crearea cavitatiei induse ultrasonic in palnia de alimentare;

Prelucrarea prin electroeroziune asistata de ultrasunete;

Functii secundare:

- a) generarea descarcarii electrice intre scula si semifabricat de catre generatorul de ultrasunete;
- b) producerea vibratiilor ultrasonice in lantul ultrasonic

a) Actionare lantului ultrasonic

b) Producerea cavitatiei in interstitiul de prelucrare

Evacuarea particulelor prelevate:

Functii secundare:

- a) Asigurarea fluxului de curgere a substantei vascoase
- b) Eliminarea particulelor rezultate în urma prelucrării din dielectric

Desprinderea piesei prelucrate

Functii secundare:

- a) Desfacerea sistemului de prindere al piesei
- b) Desprinderea piesei prelucrate

- Modelare cu metoda elementelor finite

Modelarea geometrică a fost abordată în programul Inventor, unde se realizează forma secțiunii concentratorului, raza acestuia, conicitatea și lungimea acestuia. Construirea concentratorului s-a realizat în funcție de secțiunea și diametrul acestuia. Determinarea frecvenței proprii a concentratorului și simularea funcționării acestuia s-a realizat în programul Comsol Multiphysics. (fig.2)

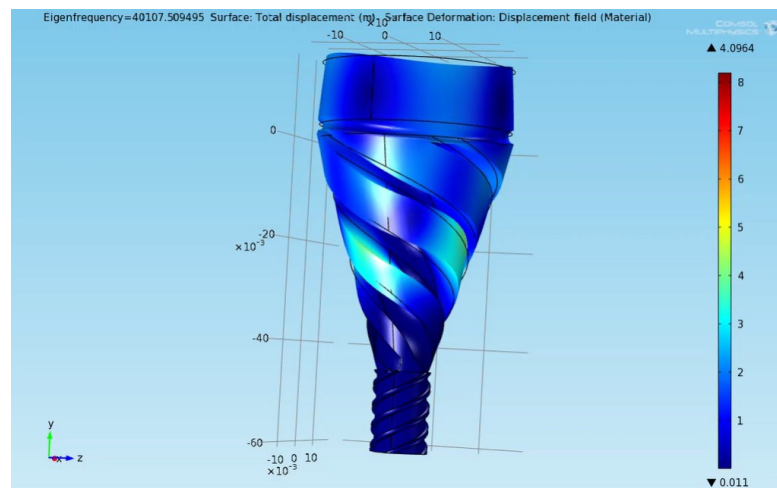


Fig.2. Simularea modului de vibrație prin facilitatea "Play"

6. Proiectarea detaliată

Proiectarea detaliată a fost abordată în programul Inventor prin construirea unei prinderi a lanțului ultrasonic pe capul de lucru al unei mașini cu comandă numerică. (fig.3)

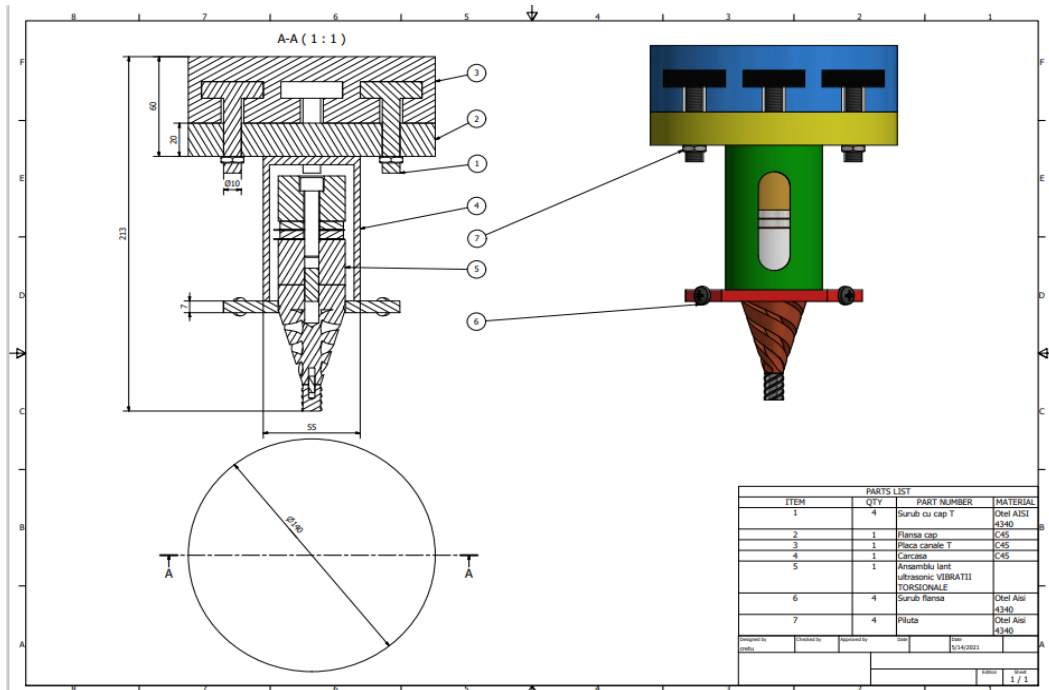


Fig. 3. Ansamblu final lanț ultrasonic

7. Comercializarea și reciclarea produsului

Clienți potențiali

În figura 4 sunt prezentate zonele de interes de pe teritoriul României cu posibili clienți (companii care activează în domeniul prelucrărilor prin intermediul electroeroziunii):

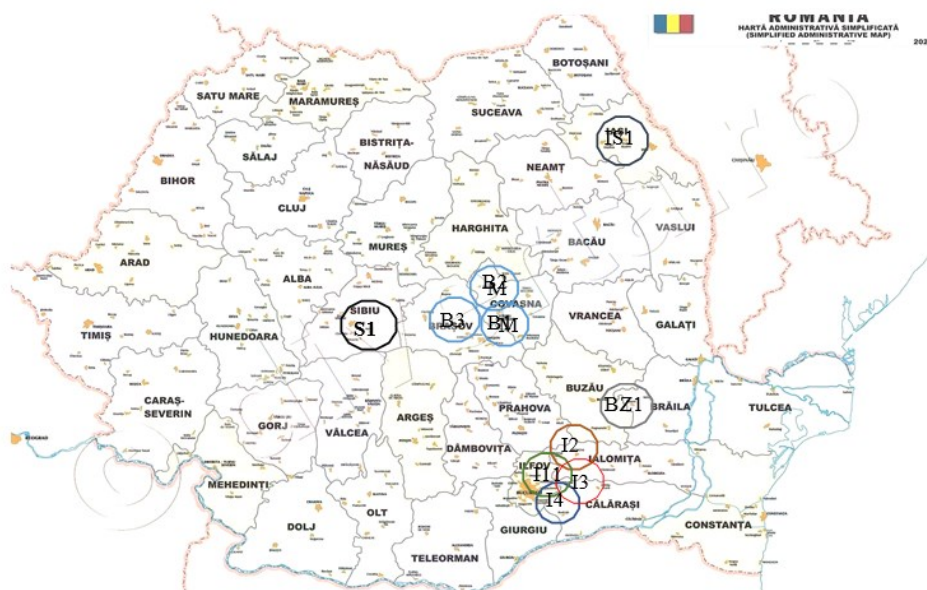


Fig.4. Potențiali clienți pe teritoriul României

IS1- GEDEREX, Iași

Prelucrări mecanice componente complexe cu toleranță redusă și cerințe de înaltă precizie. [5]

BZ1- FERMIT STANTE SI MATRITE, Buzău

Activitatea principala are ca scop realizarea produselor total integrate in procesul de fabricatie. Diversitatea SDV-urilor se reflecta prin multitudinea destinatiilor acestora in procesele de productie ale clientilor nostri precum productia de garnituri de etansare si de frana, productia de piese auto, productia de ambalaje termoformate din industria farmaceutica, productia de articole tehnice aferente activitatii din ramura constructiilor industriale si civile, componente ale instalatiilor industriale, componente ale masinilor si utilajelor agricole, piese pentru instalatii industriale din agricultura. [6]

I1- DR. KOCHER, Ilfov

Activitatea de bază a firmei Dr. Kocher SRL este producția de matrițe pentru turnare sub presiune și matrițe de injecție pentru masă plastică, execuția de piese turnate sub presiune și execuția de diverse confecții metalice de mici dimensiuni. În prezent sunt unicii reprezentanți în România pentru firma germană producătoare de componente pentru mașini CNC și centre de prelucrare cu comandă numerică ISEL Automation și pentru firma japoneză producătoare de mașini de eroziune SODICK.[7]

Reciclarea componentelor produsului

Echipamentul cu vibrații US torsionale are în componența sa piese din diferite materiale.

În figura 5 se observă categoriile de materiale: oțel (Oțel ANSI 4340, C45, Oțel Inoxidabil 440 C), cupru electrolitic și titanat zirconat de plumb (PZT), dintre care, reciclabile sunt oțelul și cuprul.

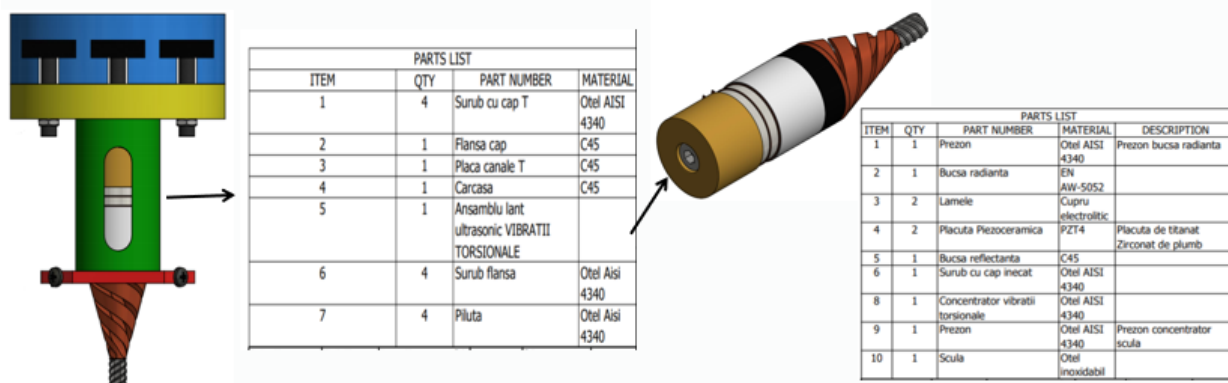


Fig. 5. Materialele folosite pentru Echipament de generare a vibrațiilor ultrasonice torsionale

- **Reciclarea OȚELULUI:**

Din punct de vedere al mediului, reciclarea oțelului are un impact enorm asupra reducerii emisiilor de CO₂. Dintre gazele cu efect de seră, dioxidul de carbon (CO₂) este relevant pentru industria siderurgică. Reciclarea reduce semnificativ cantitatea de emisii de CO₂ realizată prin extragerea și prelucrarea minereurilor. Potrivit Asociației Mondiale a Oțelului, fiecare tonă de oțel reciclat reduce în medie 1,5 tone de emisii CO₂ și 13 gigajouli de energie primară. În figura 6 se prezintă ciclul de reciclare al oțelului și beneficiile reciclării. [8]

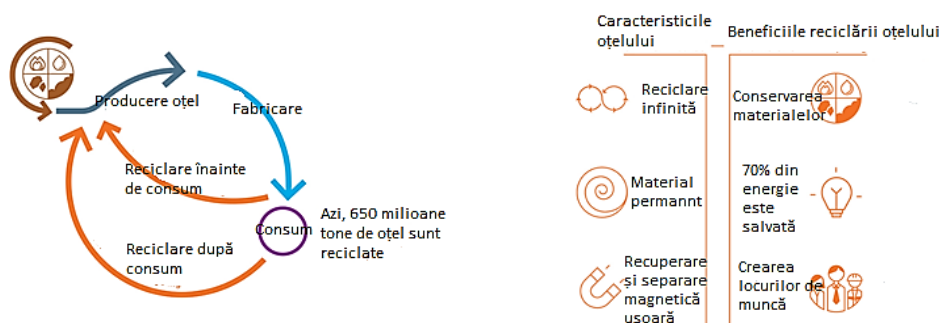


Fig. 6 Ciclul de reciclare al oțelului și beneficiile reciclării [8]

- **Reciclarea CUPRULUI:**

Potrivit raportului publicat de Grupul Internațional de Studiere al Cuprului (International Copper Study Group – ICSG) 41,5% din cuprul utilizat în Europa provine din reciclare. Astfel, cerința pentru cupru este asigurată din reciclare, într-un procent progresiv. Creșterea resurselor ajută la satisfacerea cererii tot mai mari pentru acest metal (cu 250% mai mult ca în anii 1960), în același timp reducând impactul producției asupra mediului și asigurând disponibilitatea pentru generațiile viitoare. [9]

8. Concluzii

Vibrațiile torsionale se obțin prin realizarea unor canale sau caneluri pe concentrator. Aceste modificări geometrice constau în crearea unui număr de caneluri răsucite de-a lungul concentratorului, pentru a produce căi de undă în spirală.

În urma testării în programul Comsol Multiphysics s-a realizat geometria concentratorului astfel încât variația frecvenței să fie egală cu cea propusă de 40000 Hz.

În programul Inventor s-a realizat prinderea lanțului ultrasonic de capul de lucru al mașinii cu comandă numerică într-un punct nodal pentru evitarea vibrațiilor generate de oscilații.

9. Bibliografie

- [1]. Al-Budairi H.D., *Design and analysis of ultrasonic horns operating in longitudinal and torsional vibration*, PhD thesis., UK, 2012, disponibil la <http://theses.gla.ac.uk/3851/>, accesat la: 6.04.2021
- [2]. Marinescu N.I, Ghiculescu, D. s.a. Tehnologii cu oscilații ultrasonice, Printech, București, 2019.
- [3]. Swaim, R. (2009), *The Strategic Drucker*, Editura Times Group, India, ISBN 812-65250-5-3
- [4]. Suport de laborator 2020-2021, IAAC disciplina Dezvoltarea Produselor 1, <https://curs.upb.ro/course/view.php?id=1516> accesat la data de 05.05.2021
- [5]. Site oficial GEDEREX, <https://gederex.ro> accesat la data de 07.05.2021
- [6]. Site oficial FERMIT STANTE SI MATRITE, <http://www.fermit-stante-matrite.com.ro> accesat la data de 07.05.2021
- [7]. Site oficial DR. KOCHER, <https://www.drkocher.ro> accesat la data de 07.05.2021
- [8]. Autor, Mathilde Carlier (2021), “Steel industry - Statistics & Facts”
- [9]. Autor, International Copper Study Group (2019), “Cooper recycling”