

CERCETAREA METODELOR ALTERNATIVE DE REALIZARE A BILELOR DE DEO ROLL



Teză de doctorat - Rezumat
pentru obținerea titlului științific de doctor la
Universitatea Politehnică Timișoara
în domeniul de doctorat Inginerie Mecanică
autor ing. Dan Florin Teușdea

conducător științific Prof.univ.dr.ing. Erwin-Christian Lowasz
luna 09 anul 2022

1. Introducere

Materialele polimerice sunt utilizate într-o serie largă de aplicații industriale [1, 2, 3]. Pe primele locuri se situează ambalajele, cu o pondere de 39,6% din total, urmate de construcții cu 20,4% și industria auto cu 9,6% [5]. Utilizarea pe scară largă a produselor din materiale polimerice generează însă tot mai multe probleme de mediu. În acest sens, Parlamentul European a emis Directiva 2019/904 obligatorie a fi pusă în aplicare în toate țările Uniunii Europene [7]. Directiva reglementează conceptul de economie circulară și acordă prioritate produselor reciclabile, reutilizabile, durabile și netoxice. Directiva recomandă introducerea sistemelor de reutilizare și reducere a cantităților de deșuri generate. Legislația europeană promovează și tehnologiile alternative care generează reduceri ale consumurilor specifice de materii prime și energie. În cadrul acestei lucrări sunt cercetate metodele alternative de realizare a bilelor de deo roll care să răspundă cerințelor mai sus enumerate.

2. Considerații teoretice privind materialele polimerice și tehnologiile de procesare

Polimerii sunt compuși macromoleculari, obținuți din monomeri, prin reacții de polimerizare. Gradul de polimerizare „n” reprezintă numărul moleculelor de monomer care se unesc pentru a forma o macromoleculă [1,2,8].

Sursele principale de obținere a materialelor polimerice sunt hidrocarburile (combustibili fosili sau gazeși) [1,2,8]. În ultimii ani, aceste surse s-au diversificat, prin implementarea tehnologiilor de reciclare mecanică și chimică precum și prin dezvoltarea bio-polimerilor.

Cele mai utilizate materiale polimerice obținute din hidrocarburi sunt poliolefinele. Din această categorie fac parte polietilena și polipropilena [1].

Polietilena este un polimer termoplastic, semicristalin, de culoare albă sau semitransparent, obținut prin procesul de polimerizare a etilenei. Structura macromoleculară este liniară cu un număr mai mic sau mai mare de ramificații.

Polipropilena este un material termoplastic, semicristalin, care se obține prin polimerizarea propilenei. Polipropilenele au diferite compoziții chimice, fiind disponibile sub formă de homopolimeri sau copolimeri.

Materialele polimerice sunt utilizate pe scară largă la fabricarea ambalajelor pentru industria produselor cosmetice. În ultima perioadă, au fost dezvoltate tehnologii moderne de fabricație și au apărut rețete noi de materiale polimerice [3]. Materialele polimerice nou-apărute substituie cu succes materiale precum: sticla, metalul sau lemnul.

La nivel global se înregistrează o creștere permanentă a consumului de produse cosmetice: creme, deodoranți și antiperspirante. Publicația „Statista” prezintă o sinteză a pieței globale a

deodoranților începând cu anul 2012, precum și previziunile până în anul 2025. Conform publicației, ritmul mediu anual de creștere al acestei piețe este estimat la 3,5-4% [12].

Produsele de tip deo roll sunt produse întâlnite frecvent pe rafturile magazinelor de profil. Reperetele care alcătuiesc aceste produse pot fi realizate din materiale polimerice precum: polipropilena (PP), polietilena de înaltă densitate (PEID), polietilena de joasă densitate (PEJD), tereftalatul de polietilenă (PET).

3. Prezentarea temei de cercetare și a obiectivelor tezei de doctorat

Tema de cercetare se referă la metode alternative de fabricație a bilelor de deo roll.

Definiția bilei de deo roll: *obiect din material polimeric de formă sferică, cu pereți subțiri, care prin mișcarea de rotație în dispozitivul de dozare, asigură transferul lichidului (deodorantului) dintr-un recipient pe corpul uman* [13,14].

Metoda clasică de obținere a bilelor de deo roll constă în fabricarea acestora prin tehnologia de extrudare-sufolare-matrițare, bilele sferice obținându-se dintr-o singură bucată [15, 33, 35].

Inconveniente majore ale tehnologiei clasice sunt :

- cantitatea mare de deșeu tehnologic, care poate ajunge până la 40% din cantitatea de material procesată. Acest deșeu trebuie măcinat și reintrodus în proces, ceea ce duce la consumuri suplimentare de material și energie (Figura 3.2);
- grosimea inconstantă a pereților, ceea ce implică consumuri suplimentare de material.

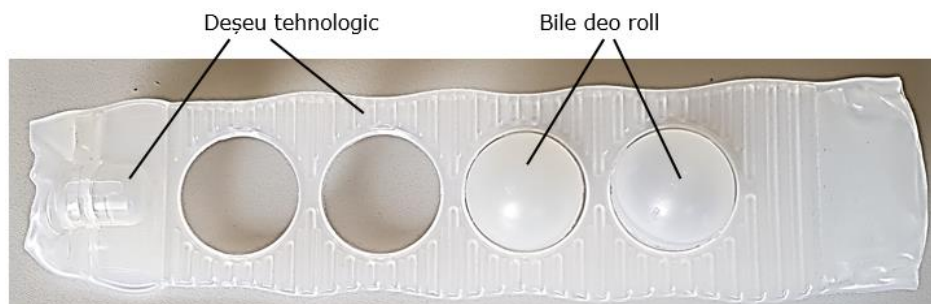


Figura 3.2. Deșeu rezultat la tehnologia clasică de extrudare-sufolare-matrițare.

Ulterior, bilele brute având diametrul nominal $D_B = 25,7$ mm sunt șlefuite și calibrate la diametrele impuse de specificație $D_N = 25,4$ mm.

Teza de doctorat propune *metode alternative* de fabricație a bilelor de deo roll prin *sudarea a două semisfere* (Figura 3.5). Prin aceste metode se poate controla mai precis grosimea pereților bilelor și implicit masa lor.



Figura 3.5. Tehnologia alternativă de obținere a bilelor prin sudarea a două semisfere.

Tehnologia clasică de producere a bilelor de deo roll este stabilă, dar se caracterizează prin productivități mici și consumuri mari de materii prime și energie. Având în vedere

volumele considerabile de produse cosmetice pe piața globală, este foarte important ca tehnologiile alternative să ofere productivități mai mari. Pe piață au început să apară echipamente de fabricație a bilelor de deo roll prin metode alternative [37], dar numărul acestora este încă foarte mic, procesele tehnologice sunt instabile și volumele produse sunt limitate. Asadar, există în continuare un mare potențial de dezvoltare a tehnologiilor alternative.

Din studiile efectuate, rezultă că ar trebui concepută o linie de fabricație care să asigure o productivitate de 60-80 de milioane de bile deo roll pe an.

Obiectivele principale ale tezei de doctorat au fost următoarele:

1. Reducerea consumurilor de materii prime și energie la fabricarea bilelor de deo roll, în contextul actual de creștere generalizată a prețurilor la nivel mondial;
2. Asigurarea reciclabilității bilelor de deo roll în concordanță cu cerințele de sustenabilitate și de trecere la o economie circulară;
3. Identificarea unor tehnologii de fabricație a bilelor de deo roll care să asigure productivități mai mari în comparație cu tehnologia clasică;
4. Configurarea unei linii de producție de mare viteză a bilelor de deo roll;
5. Valorificarea rezultatelor cercetării în industrii care utilizează repere de formă sferică (automotive, jucării, agrement, medicină, etc).

4. Metode alternative de realizare a bilelor de deo roll

Încă din faza de proiectare a produselor din materiale polimerice, există o tendință firească de realizarea a acestora dintr-o singură componentă. De foarte multe ori însă, forma acestor produse este mult prea complexă pentru a putea fi injectate în matrițe. Ca urmare, devine inevitabilă realizarea acestora din două sau mai multe subcomponente, care vor fi ulterior asamblate în vederea obținerii produsului finit [18,38].

Procedeele de sudare a materialelor polimerice se împart în trei categorii: sudarea termică, sudarea prin frecare și sudarea cu unde electromagnetice (Figura 4.2).

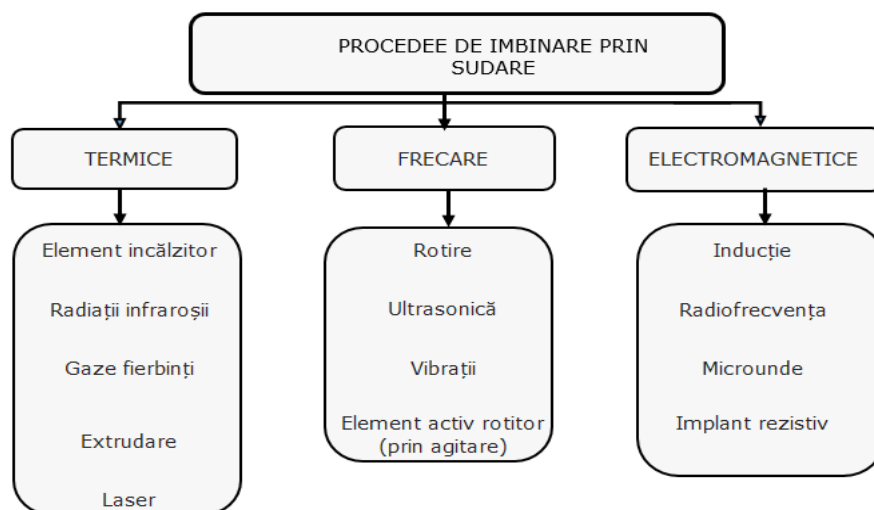


Figura 4.2. Procedee de îmbinare prin sudare a materialelor polimerice [38].

În continuare sunt prezentate procedeele de sudare a bilelor de deo roll care au dat cele mai bune rezultate.

Sudarea bilelor de deo roll cu element încălzitor

Schița semisferei care stă la baza obținerii bilelor de deo roll prin sudarea cu plită fierbinte este prezentată în Figura 4.9 .

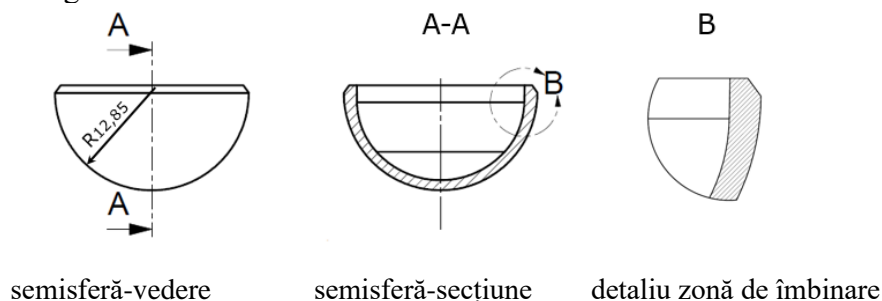


Figura 4.9. Schița semisferei care stă la baza obținerii bilelor de deo roll prin sudarea cu plită fierbinte.

Elementul încălzitor utilizat în acest procedeu este o plită fierbinte [44, 67]. Transferul de căldură de la plită la semisferele supuse sudării se realizează prin aducerea semisferelor (1) în contact cu plita fierbinte (2). Semisferele sunt menținute în contact cu plita până la atingerea temperaturii prestabilite. După încălzirea semisferelor, plita este retrasă iar cele două semisfere încălzite sunt aduse în contact direct până la finalizarea fazei de răcire. Schematizarea operațiilor de sudare cu plită fierbinte este redată în Figura 4.8.

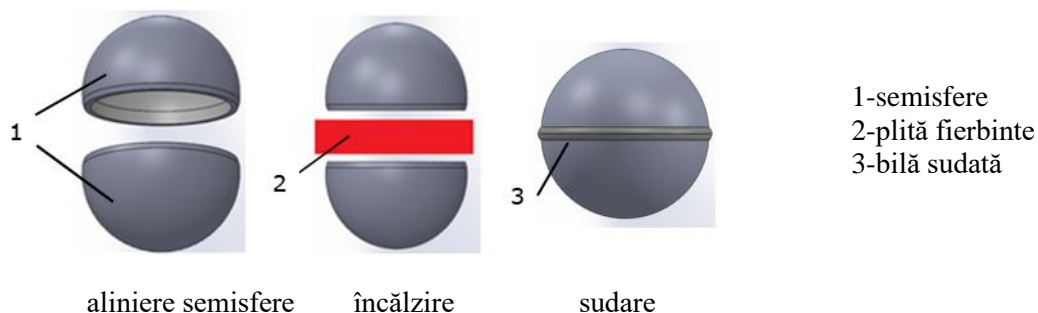


Figura 4.8. Schematizarea operațiilor de sudare a semisferelor cu plită fierbinte.

Sudarea bilelor de deo roll cu radiații infraroșii

Sudarea bilelor de deo roll cu radiații infraroșii este asemănătoare cu sudarea cu plită fierbinte. Deosebirea între cele două procedee constă în modul de încălzire a semisferelor prin aducerea acestora în proximitatea unei surse radiante în infraroșu [45, 46, 48].

Sudarea cu ultrasunete a bilelor de deo roll

Fazele tehnologice caracteristice procedurii de sudare cu ultrasunete [74,78] a bilelor de deo roll, prezentate în Figura 4.66, sunt:

- A. poziționarea și fixarea semisferei superioare în sonotrodă și a semisferei inferioare în nicovală;
- B. punerea în contact a celor două semisfere prin coborârea sonotrodei;
- C. sudarea celor două semisfere prin activarea blocului ultrasonic;
- D. evacuarea bilei sudate.

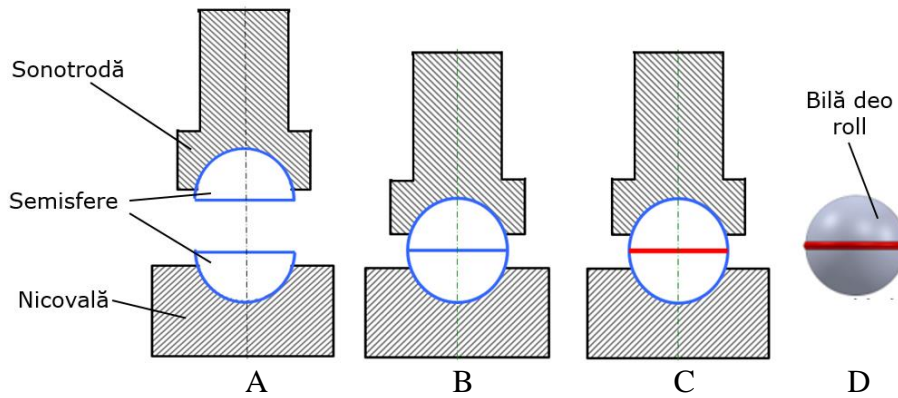


Figura 4.66. Fazele tehnologice ale procedurii de sudare cu ultrasunete a bilelor de deo roll.

Experimentele de sudare cu ultrasunete au fost efectuate prin utilizarea a două echipamente de sudare cu frecvențe diferite : 20 kHz, respectiv 35 kHz [79, 80].

În programul experimental de sudare cu ultrasunete la frecvența de 20 kHz, a fost utilizat un echipament specializat de sudare cu ultrasunete, marca Stapla Ultraschal, echipat cu o sonotrodă adaptată pentru sudarea bilelor de deo roll (Figura 4.67).

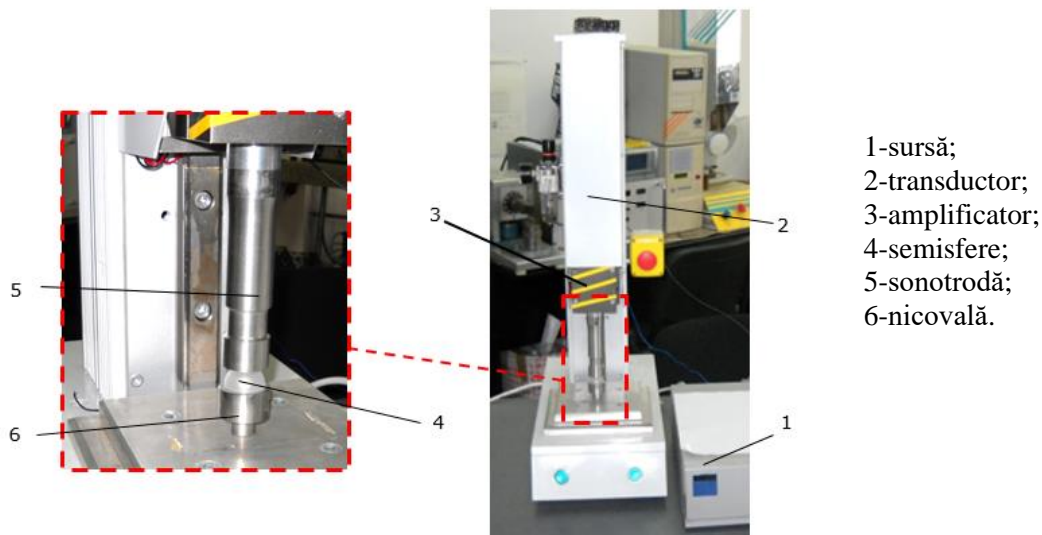


Figura 4.67. Stand experimental de sudare a bilelor de deo roll cu ultrasunete la frecvența de 20 kHz.

Experimentele de sudare a bilelor de deo roll la frecvența de 35 kHz au fost efectuate pe un stand de sudare cu ultrasunete, marca Herman Ultrasonics [80]. Optimizarea sonotrodei s-a realizat prin utilizarea unui software specializat de simulare cu element finit.

5. Determinări de calitate a bilelor de deo roll

Metode de determinare a calității bilelor de deo roll.

Pentru determinarea calității bilelor de deo roll se pot utiliza două metode principale de control: distructiv și nedistructiv.

Metode de control nedistructiv a bilelor de deo roll

Cea mai simplă metodă de control nedistructiv o reprezintă metoda de *control vizual* [81]. Este cea mai rapidă metodă care permite observarea imediată a defectelor apărute la bilele sudate (bavuri, crăpături, opacizări, deviații de la forma sferică, etc).

O altă metodă de control nedistructiv aplicabilă în cazul bilelor de deo roll este cea cu lichide penetrante. Metoda se bazează pe imersarea bilelor sudate în alcool izopropilic pigmentat cu un colorant care pune în evidență defecte greu de detectat cu ochiul liber (pori, microfisuri, etc).

Metode de control distructiv ale bilelor de deo roll

Cele mai uzuale metode de control distructiv sunt :

- prin secționarea bilelor [81];
- prin determinarea proprietăților mecanice [81, 87, 93].

Metoda de control distructiv prin *secționarea bilelor* permite o analiză vizuală a defectelor din interiorul bilelor. Cele mai frecvente defecte observate prin această metodă sunt:

- refulări excesive de material în interiorul bilei;
- discontinuități sau crăpături în cordonul de sudură.

Metoda de control prin determinarea *proprietăților mecanice* constă în aplicarea unei forțe de compresiune asupra bilei pe două direcții: ecuatorială și polară (Figura 5.2).

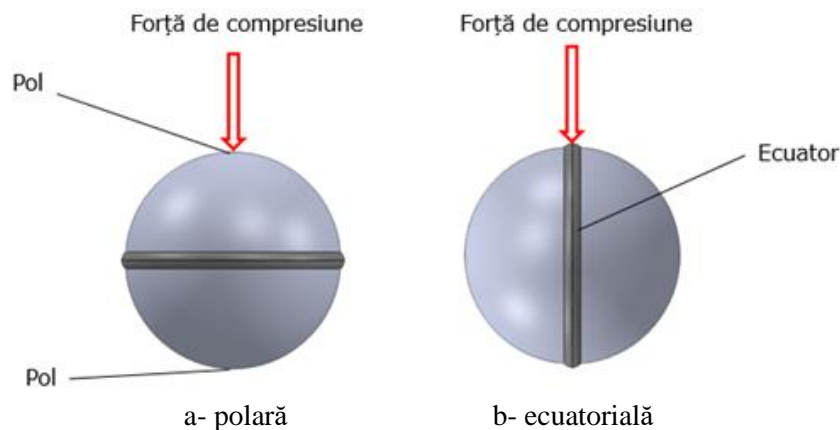
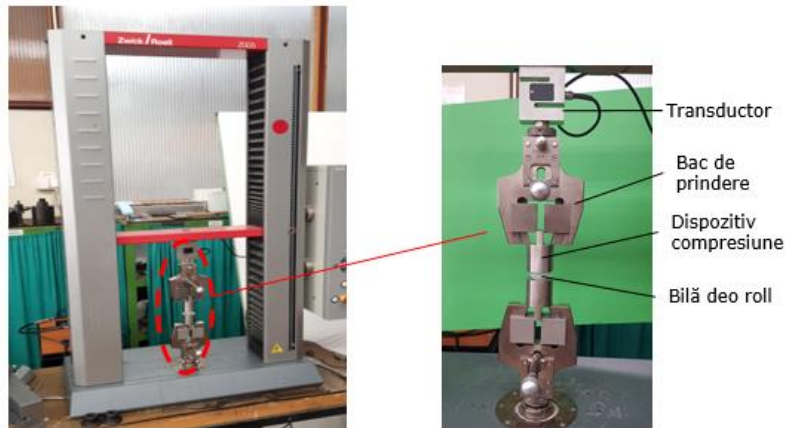


Figura 5.2. Direcțiile de aplicare a forței de compresiune.

În vederea realizării măsurărilor s-a utilizat un stand de măsurare marca Zwick /Roell (Figura 5.4-a), echipat cu un sistem de compresiune cu traductor KAP-TC/ KI 0.05/ Fnr 06 6716/ 2.0 mV/V = 5Kg, marca AST Germany Dresden (Figura 5.4-b).



a-vedere generală b- detaliu: sistem de compresiune cu transductor

Figura 5.4. Stand de măsurare a forțelor și deformațiilor marca Zwick /Roell.

Reprezentarea grafică a tuturor curbelor de compresiune obținute prin intermediul programului software Zwick/Roell este redată în Figura 5.20.

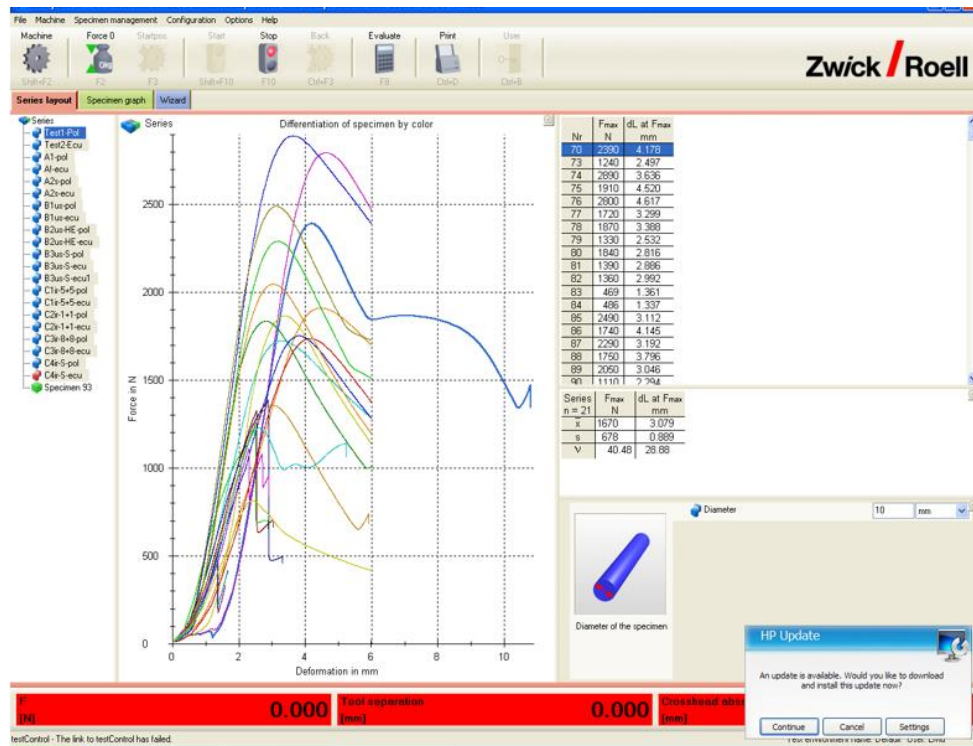


Figura 5.20. Reprezentarea grafică a curbelor de compresiune (Forțe-Deformații) obținute prin intermediul programului de software Zwick/Roell pentru toate tehnologiile de fabricare a bilelor de deo roll.

Pentru sintetizarea rezultatelor obținute la măsurările efectuate pentru toate tehnologiile studiate s-au analizat *forțele medii* de compresiune. Reprezentarea forțelor medii de compresiune pentru toate loturile de bile de deo roll este redată în graficul din Figura 5.21.

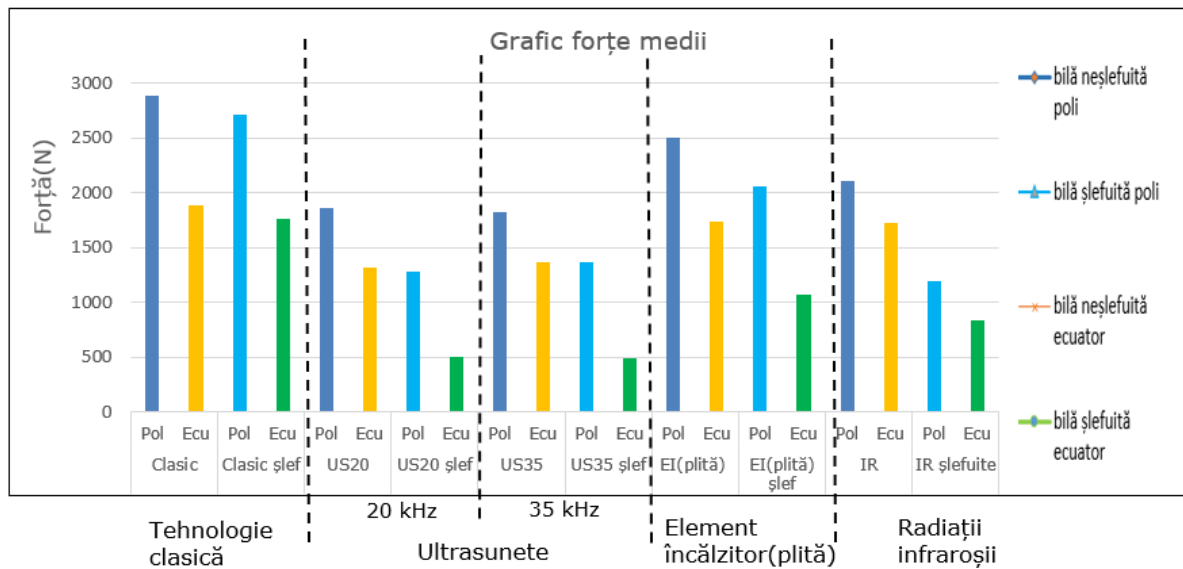


Figura 5.21. Reprezentarea forțelor medii de compresiune pentru toate loturile de bile.

Se observă o variabilitate foarte mare a valorilor forțelor de compresiune în funcție de: tehnologia utilizată, direcția de aplicare a forței de compresiune și de operația de prelucrare prin șlefuire.

Observații și discuții

1. Rezistența cea mai mare la compresiune corespunde bilelor obținute prin metoda clasică, urmată de cea cu element încălzitor (plită). Rezistența cea mai mică este cea măsurată la bilele obținute prin sudarea cu ultrasunete, atât la frecvența de 20 kHz cât și la frecvența de 35 kHz.
2. În toate tehnologiile, la solicitarea de compresiune se observă un comportament anizotrop, prin care, cea mai mică rezistență la compresiune a fost măsurată pe direcție ecuatorială atât la bilele brute (neșlefuite), dar mai ales la cele finite (șlefuite);
3. Rezistența mai slabă la compresiune pe direcție ecuatorială este determinată în primul rând de calitatea sudurilor, dar și de parametrii procesului tehnologic de șlefuire;
4. Determinarea rezistenței la compresiune pe direcție ecuatorială trebuie să stea la baza planului de verificare a calității bilelor șlefuite și neșlefuite;
5. În prezent nu există informații clare care să impună valori specifice ale rezistenței la compresiune a bilelor de deo roll. Specificațiile impuse de fabricanții de produse cosmetice se referă în general la aspecte dimensionale, de funcționalitate și de estetică vizuală;
6. Existența unor valori mai mici ale rezistenței mecanice nu duce automat la restricționarea metodelor alternative de fabricare a bilelor de deo roll ;
7. Este necesară optimizarea tehnologiei actuale de șlefuire a bilelor de deo roll.

În urma determinărilor de calitate se pot centraliza rezultatele obținute pentru fiecare tehnologie de fabricare a bilelor de deo roll (Tabelul 5.10).

Tabelul 5.10. Centralizator sintetic cu rezultatele obținute pentru fiecare tehnologie de fabricare a bilelor de deo roll.

Nr crt	Indicator evaluat	Tehnologia clasică	Tehnologii alternative				
			US	F	EI	IR	L
1	Timp de ciclu de sudare (s)	16 -18	6-9	NE	10-12	13 - 15	NE
2	Consumul de material pe unitatea de produs (g)	2,8	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
3	Calitatea sudurii	Nu necesită sudare	slabă	slabă	bună	bună	slabă
4	Productivitate (mii bile/oră)	3-5	NE	NE	10 - 12	6-8	NE
5	Forța medie la compresiune a bilei șlefuite la ecuator (N)	1766	494	NE	1075	831	NE
6	Capabilitate de proces (Cpk) referitoare la masele bilelor (Cpk>1)	0,56	4,47	NE	1,9	3,24	NE
7	Know how de proces	mare	slab	slab	slab	slab	slab

Legendă:

US - sudare cu ultrasunete;

IR - sudare termică cu element încălzitor;

F - sudare prin frecare;

L - sudare cu laser ;

EI - sudare termică cu element încălzitor;

NE - neevaluat.

6. Configurarea unei linii de fabricație a bilelor de deo roll prin sudarea semisferelor.

În urma analizării rezultatelor din Tabelul 5.10 se pot identifica tehnologiile care permit transpunerea acestora în linii de fabricație de serie mare. Fiecarui parametru evaluat i s-a atribuit un scor de la 0 la 3 (0- neevaluat, **1- slab**, **2- mediu**, **3- bun**). Prin însumarea scorurilor indicatorilor evaluați a rezultat un indicator de performanță pentru fiecare tehnologie în parte. A fost calculat și un indicator de performanță exprimat în valori procentuale, raportat la tehnologia clasică (actuală).

Cuantificarea procedeelor de sudare sub aspectul transunerii în linii de fabricație a bilelor deo roll este prezentată în Tabelul 6.1.

Tabelul 6.1. Cuantificarea tehnologiilor de sudare a bilelor de deo roll.

Nr crt	Indicator evaluat	Tehnologia clasică	Tehnologii alternative				
			US	F	EI	IR	L
1	Timp de ciclu de sudare	1	3	0	2	1	0
2	Consumul de material pe unitatea de produs	1	3	3	3	3	3
3	Calitatea sudurii	3	1	1	2	2	1
4	Productivitate	1	0	0	2	2	0
5	Forța medie la compresiune a bilei șlefuite măsurată la ecuator	3	1	0	2	1	0
6	Capabilitatea de proces referitoare la masele bilelor	2	3	0	3	3	0
7	Know how (experiență în domeniul fabricării bilelor)	3	1	1	1	1	1
Indicator de performanță		14	12	5	15	13	5
Indicator de performanță (%)		100	85	36	107	93	36
Estimare probabilitate de utilizare a procedeeului tehnologic într-o linie de fabricație		în uz	mică	mică	mare	medie	mică

Tehnologiile alternative de fabricare prin sudare a bilelor de deo roll considerate ca fiind adecvate pentru producția de serie mare sunt :

- sudarea cu element încălzitor (cu sau fără contact direct);
- sudarea cu radiații infraroșii.

Din cercetările prezentate rezultă că metoda de sudare cu element încălzitor este metoda alternativă cea mai fezabilă pentru producerea în serie mare a bilelor de deo roll, urmată de sudarea cu radiații infraroșii. Metoda de sudare cu ultrasunete are un potențial ridicat de implementare, dar necesită cercetări suplimentare în vederea îmbunătățirii calității sudurilor și a creșterii productivității.

Configurarea unei linii de fabricație a bilelor de deo roll prin sudarea semisferelor cu element încălzitor

Rezultatele experimentale obținute permit configurarea unui sistem integrat de producere și asamblare a bilelor de deo roll din polipropilenă la o cadență de aproximativ 100-150 de repere sudate/min. Schema de principiu a unei linii de fabricație de mare productivitate, care se bazează pe sudarea semisferelor cu element încălzitor, este redată în Figura 6.1 [67].

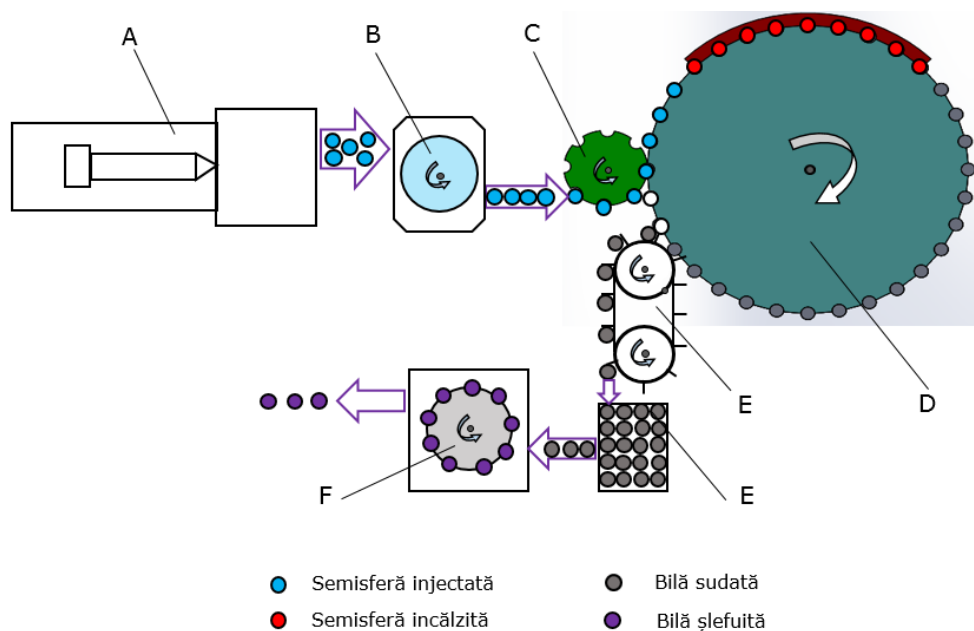


Figura 6.1. Schema de principiu a unei linii flexibile de mare productivitate pentru producerea și asamblarea bilelor de deo roll.

Linia de fabricație este alcătuită din următoarele echipamente:

- A- sistemul de producție a semisferelor din polipropilenă;
- B- sistemul de alimentare și orientare a semisferelor;
- C- unitatea de inserție a semisferelor;
- D- echipamentul de asamblare prin sudare a bilelor de deo roll;
- E- sistemul de evacuare a bilelor sudate;
- F- stația de acumulare a bilelor de deo roll;
- G- echipamentul de șlefuire și calibrare a bilelor de deo roll.

Proiectarea mecanismelor cu camă cilindrică

Echipamentul de asamblare prin sudare a bilelor de deo roll, având schema de principiu prezentată în Figura 6.10, reprezintă partea inovativă a tezei și conține două mecanisme cu camă spațială cilindrică cu canal, în varianta cu came fixe și suportți port-tachet în mișcare sincronă de rotație [94, 95, 98]. Cele două came cilindrice fixe sunt came simetrice (superioară și inferioară). Asigurarea contactului permanent dintre camă și rola tacheților se realizează prin intermediul canalului executat în camă (prin formă). Spațiul de lucru tehnologic al sistemului de tip carusel este situat între suportții port-tachet aflați în mișcare sincronă de rotație. Fiecare tachet susține un dispozitiv purtător al unei semisfere fixată vacuumatic din poziția de preluare a semisferelor și până la evacuarea bilelor sudate.

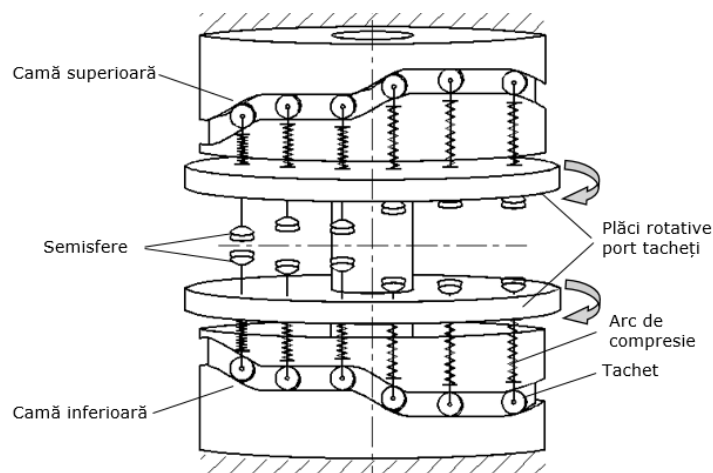


Figura 6.10. Schema cinematică a unui sistem de tip carusel pentru asamblarea bilelor de deo roll.

În concordanță cu procesul tehnologic de sudare a semisferelor de deo roll se poate defini planul general de mișcare a tachețului mecanismului cu camă cilindrică cu canal superioară conform cu Figura 6.11. Analog, planul general de mișcare a tachețului mecanismului cu camă cilindrică cu canal inferioară este simetric față de abscisă.

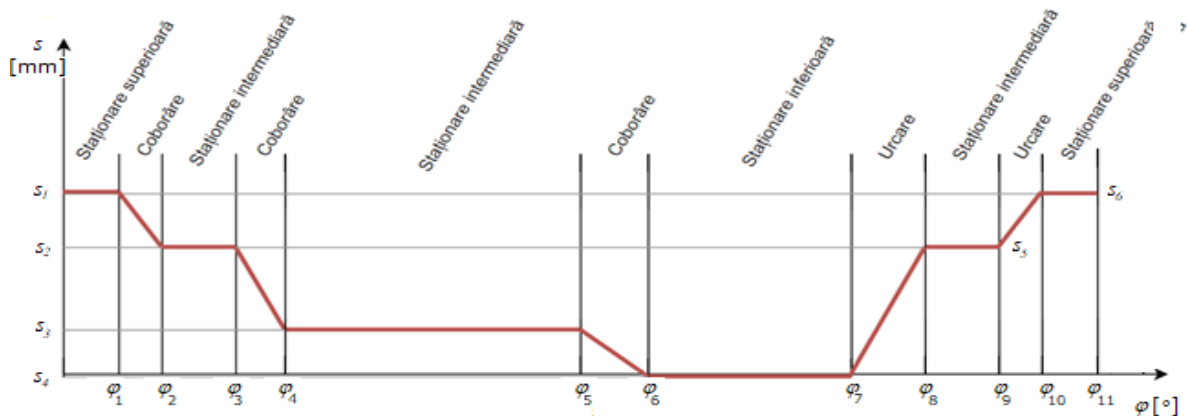


Figura 6.11. Planul general de mișcare a tachețului pentru mecanismul cu camă cilindrică cu canal superioară.

Legile de mișcare pentru cursele de urcare și coborâre (Figura 6.12) se vor alege pe baza valorilor caracteristice adimensionale care satisfac cerințele fiecărei faze tehnologice [99, 100]. Legile de mișcare pentru mecanismul cu camă cilindrică cu canal inferioară se vor determina analog, acestea fiind în oglindă față de axa φ .

Astfel, pentru evitarea șocurilor moi a fost aleasă legea de mișcare sinusoidală care are

valoarea caracteristică adimensională a vitezei $c_v=2$, dar și valoarea caracteristică adimensională a șocului $c_j=39,5$ față de legea de mișcare sinusoidală modificată cu $c_j=69,5$ dar și față de legea de mișcare cosinusoidală cu $c_j=+\infty$, care produce șocuri moi.

Pentru faza tehnologică care necesită accelerații mari a fost aleasă legea de mișcare polinomială 4-5-6-7 care nu produce șocuri și are valoarea caracteristică adimensională a accelerației cea mai mare $c_a=7,51$.

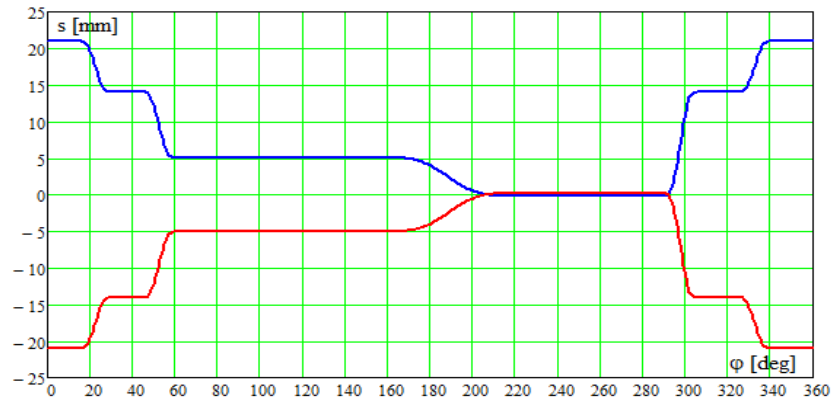


Figura 6.12. Legea de mișcare al tachețului pentru mecanismul cu camă cilindrică cu canal, superioară și inferioară.

În Figura 6.13 sunt reprezentate profilele camelor cilindrice cu canal desfășurate în pozițiile corespunzătoare impuse de condițiile tehnologice și constructive. Între profilele teoretice ale celor două came s-a impus o distanță tehnologică de $l = 200$ mm și raza roților tachețelor $r_R = 15$ mm.

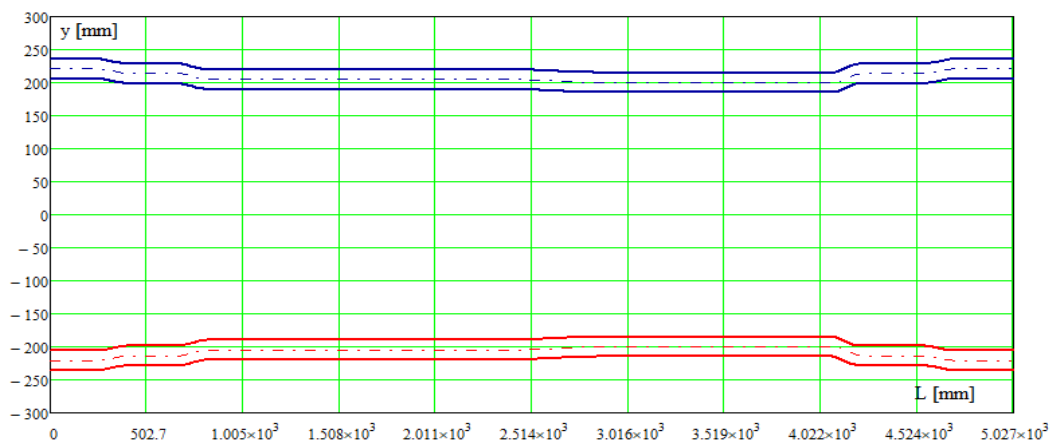


Figura 6.13. Profilele teoretice și reale ale camelor cilindrice cu canal, superioară și inferioară.

7. Concluzii finale și direcții viitoare de cercetare

Concluzii finale

Creșterea accelerată a prețurilor la materii prime și energie, schimbările climatice pe care le observăm tot mai des, cerințele de trecere la o economie circulară și competiția de pe piața bunurilor de consum impune o adaptare rapidă a tehnologiilor de fabricație. Industria produselor cosmetice se subscrie și ea aceluiași trend, iar cercetările realizate în prezenta lucrare au scopul de a răspunde acestor provocări.

Cercetările efectuate au identificat metode și tehnologii alternative de reducere a

consumurilor de materii prime și energie la fabricarea unor componente din industria produselor cosmetice, denumite generic, bile de deo roll.

Alegerea materialelor polimerice s-a realizat ținând cont de aspectele de reciclabilitate atât a bilelor de deo roll cât și a celorlalte componente care intră în componența produsului destinat consumatorului final.

Au fost realizate cercetări comparative ale tehnologiilor de sudare a componentelor din materiale polimerice, fiind efectuate experimente și măsurări calitative multiple de dimensiuni, rezistență mecanică și de aspect vizual. Din cercetările efectuate au fost selectate câteva tehnologii care pot asigura creșteri semnificative de productivitate în cazul fabricației bilelor de deo roll (Tabelul 7.1).

Tabelul 7.1. Cuantificarea finală a tehnologiilor de sudare a bilelor de deo roll.

Indicator evaluat	Tehnologia clasică	Tehnologii alternative				
		US	F	EI	IR	L
Indicator de performanță (%)	100	85	36	107	93	36
Estimare probabilitate de utilizare a procedurii tehnologice într-o linie de fabricație	în uz	mică	mică	mare	medie	mică

Tehnologiile alternative care pot sta la baza unor linii de fabricare a bilelor de deo roll sunt sudarea cu element încălzitor și sudarea cu radiații infraroșii.

Materializarea rezultatelor acestor cercetări poate sta la baza conceperii unei linii flexibile de fabricație de mare productivitate a bilelor de deo roll.

Rezultatele cercetării pot fi valorificate și la fabricarea obiectelor sferice cu pereți subțiri, în diverse industrii (automotive, jucării, articole de agrement, implanturi medicale, protecția mediului, etc). În cazul fabricației de obiecte sferice care nu necesită faza de șlefuire, viabilitatea acestor tehnologii alternative devine și mai mare, inclusiv sudarea cu ultrasunete.

Direcții viitoare de cercetare

Valorificarea rezultatelor cercetărilor prezentate în teza de doctorat constituie o platformă solidă în definirea direcțiilor viitoare de cercetare:

- Optimizarea tehnologiei de sudare cu ultrasunete;
- Optimizarea procesului tehnologic de șlefuire a bilelor de deo roll;
- Standardizarea specificațiilor tehnice, a procedurilor de testare și acceptanță a bilelor de deo roll;
- Proiectarea și realizarea unei linii de fabricație de mare productivitate a bilelor de deo roll;
- Identificarea unor produse similare, de formă sferică, cu pereți subțiri, care pot fi fabricate prin metodele alternative studiate;
- Testarea unor materiale alternative utilizate la fabricarea bilelor de deo roll care să răspundă cerințelor de sustenabilitate și trecere la economia circulară.

Bibliografie

- [1] Șereș I., Materiale termoplastice pentru injectare, tehnologie, încercări, Imprimeria de Vest Oradea, 2002
- [2] Iclanzan, T., curs Tehnologia prelucrării materialelor plastice și compozite, Editura Politehnica Timișoara, 2006
- [3] MatWeb, On line materials information, <http://www.matweb.com/search/MaterialGroupSearch.aspx>, accesat la data de 05.02.2022
- [5] Publicatia Plastics Europe, <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2021/>, accesat la data de 05.02.2022
- [7] Directiva Parlamentului European și a Consiliului European 2019/904, <http://data.europa.eu/eli/dir/2019/904/oj>, accesat la data de 05.02.2022
- [8] Harper C.A., Edward M.P., Plastics materials and proceses, John Wiley & Sons, New Jersey, 2003
- [12] Publicatia STATISTA, Size of the global antiperspirant and deodorant market from 2012 to 2025, <https://www.statista.com/statistics/254668/size-of-the-global-antiperspirant-and-deodorant-market/>, accesat la data de 05.02.2022
- [13] Schmidt P., Hindle, D., Goede, R., Stoelben, P., Improvements in or relating to deodorant balls, US patent US20170079403A1, 2015
- [14] Stoelben P., Schmidt, P., Schawo, R., Roll on dispenser balls, US patent US20170013938A1, 2017
- [15] Berry-MH Plastics, Produse de tip roll-on, <https://mhplastics.com/product-range/50ml-roll-on-deodorant-cylindrical>, accesat la data de 11.02.2022
- [18] Amanat N., James N.L., McKenzie D.R., Welding methods for joining thermoplastic polymers for the hermetic enclosure of medical devices, Elsevier, Medical Engineering & Physics 32 pp 690–699, 2010
- [33] Extrudarea prin suflare, https://www.google.ro/search?q=injection+blow+molding&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiD38Wf4pDiAhVSEVAKHewyBz8Q_AUIDigB&biw=1680&bih=902#imgrc=nxz-pJ5Ox6c5UM:&spf=1557484602364, accesat la data de 12.02.2022
- [35] Extrusion blow molding machines, <https://www.youtube.com/watch?v=RLL2tkaU-7Q>, accesat la data de 12.02.2022
- [37] MMC Packaging - Roll-On Ball Sphere Welding, <https://www.youtube.com/watch?v=aEDXSnwk0jo>, accesat la data de 12.12.2021
- [38] Grewell D., Benatar A., Welding of plastics: fundamentals and new developments, International Polymer Processing (XXII), pp 43–60, 2007
- [44] Poopat B., Benatar A., Park J.B., Comparative study of contact and non-contact hot plate welding of HDPE, The 58th annual technical conference of the society of plastics engineers—plastics the magical solution (ANTEC 2000), pp 1117–21, 2000
- [45] Chen Y.S., Benatar A., Infrared welding of polypropylene, the 53rd annual technical conference of the society of plastics engineers-the plastics challenger : a revolution in education (ANTEC 95), pp 1235–8, 1995.
- [46] Potente H., Michel P., Heil M., Infrared radiation welding-a method for welding high-temperature resistant thermoplastics , The 49 th annual technical conference of the society of plastics engineers-plastics: rendez-vous with excellence (ANTEC 91), pp 2502–4, 1991
- [48] Teușdea D.F., Sîrbu N-A., Vodă M., Oancă O., Lovasz E-C., TIMA 2019, Researches on Manufacturing Deo-Roll Balls by Infrared Radiation Welding, vol. 1557, pp. 21-30, Advanced Materials Research, 2020
- [67] Teușdea D.F., Lovasz E-C., Vodă M., Sîrbu N-A., Maniu I., Bizet J.P., Study on High

Productivity Manufacturing Line for Deo Roll Balls, New Advances in Mechanisms, Mechanical Transmissions and Robotics ,volume 88, MTM & Robotics 2020, pp 201-211, 2021

[74] Dukane, <https://www.dukane.com/blog/2010/09/13/the-6-quick-steps-to-a-successful-ultrasonic-assembly>, accesat la data de 12.02.2022

[78] Chuah Y.K., Chien L.H., Chang B.C., Liu S.J., Effects of the shape of the energy director on far-field ultrasonic welding of thermoplastics, Polymer Engineering and Science (40), pp 157–67, 2000

[79] Teușdea D., Oancă O., Vodă M., Sîrbu N-A., Lovasz E-C., TIMA 2019, Researches on Manufacturing Deo-Roll Balls by Ultrasonic Welding, vol. 1557, pp. 58-72. Advanced Materials Research, 2020

[80] Teușdea D.F., Sîrbu N-A., Vodă M., Roșu A., Iacobici R., Considerations about Hollow Polypropylene Balls Manufacturing by Ultrasonic Welding, Researches on Manufacturing Deo-Roll Balls by Ultrasonic Welding, vol. 1164, pp. 35-45, Advanced Materials Research, 2021

[81] Teușdea D., Sîrbu N-A., Vodă M, TIMA 2021, Considerations regarding the quality of welds on hollow plastic balls obtained by joining two ball halves, vol. 332, pp. 143-155, Solid State Phenomena, 2022

[87] Tripa P., Rezistența materialelor, Editura Mirton, Timișoara, 1999

[93] Brown R., Handbook of polymer testing, Rapra Technology, United Kingdom, 2002

[94] Luck, K., Modler, K.-H., Getriebetechnik - Analyse, Synthese, Optimierung. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo Hong Kong Barcelona Budapest, 2. Auflage, 1995

[95] Lovasz E.C. Cărăbaș I., Principii de sinteză a mecanismelor cu roți dințate și came; Editura Politehnica, 2006

[98] Volmer J., Getriebetechnik Lehrbuch. VEB Verlag Technik, Berlin, 1968

[99] ***, VDI Richtlinien 2143-1. Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe, 1980

[100] ***, VDI Richtlinien 2143-2. Bewegungsgesetze für Kurvengetriebe Praktische Anwendung, 1987