

INSTITUȚIA ORGANIZATOARE DE STUDII UNIVERSITARE DE DOCTORAT
UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN PLOIEȘTI
DOMENIUL FUNDAMENTAL – ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL DE DOCTORAT – INGINERIE MECANICĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

Abstract

CERCETĂRI PRIVIND FUNCȚIONAREA ȘI COMPORTAREA ÎN EXPLOATARE A INSTALAȚIILOR DE USCARE DIN STAȚIILE DE PRODUCERE A MIXTURILOR ASFALTICE

Autor: ing. Andrei-Ion BURLACU

Conducător științific: Prof.univ.habil.dr.ing. Marius Gabriel Petrescu

Ploiești 2026

INSTITUȚIA ORGANIZATOARE DE STUDII UNIVERSITARE DE
DOCTORAT UNIVERSITATEA PETROL-GAZE DIN PLOIEȘTI
DOMENIUL FUNDAMENTAL – ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL DE DOCTORAT – INGINERIE MECANICĂ

TEZĂ DE DOCTORAT

**CERCETĂRI PRIVIND FUNCȚIONAREA ȘI COMPORTAREA
ÎN EXPLOATARE A INSTALAȚIILOR DE USCARE DIN
STAȚIILE DE PRODUCERE A MIXTURILOR ASFALTICE**

**RESEARCH ON THE OPERATION AND OPERATIONAL
BEHAVIOR OF DRYING UNITS IN ASPHALT
MIXTURE PRODUCTION PLANTS**

Autor: ing. Andrei-Ion BURLACU

Conducător științific: Prof.univ.habil.dr.ing. Marius Gabriel Petrescu

Nr. Decizie 113 din 12.02.2025

Comisia de doctorat:

Președinte	Conf.univ.dr.ing. Marius BĂDICIOIU	de la	Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești
Conducător științific	Prof. univ. habil. dr. ing. Marius Gabriel PETRESCU	de la	Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești
Referent oficial	Prof.univ.dr.ing. Ilare BORDEAȘU	de la	Universitatea Politehnica din Timișoara
Referent oficial	Prof. univ. habil. dr. ing. Sorin-Ștefan BIRIȘ	de la	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA din București
Referent oficial	Prof.univ.habil.dr.ing. Dorin George BĂDOIU	de la	Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești

Ploiești 2026

Cuprins

<u>INTRODUCERE</u>	17
<u>1. REPERE BIBLIOGRAFICE PRIVIND CERCETĂRILE ÎN DOMENIUL TEMEI TEZEI DE DOCTORAT. IMPORTANȚA TEMEI ABORDATE ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT</u>	19
<u>1.1. Analiza critică a cercetărilor efectuate în domeniul temei tezei de doctorat</u>	19
<u>1.2. Importanța temei abordate și obiectivele tezei de doctorat</u>	24
<u>2. ASPECTE GENERALE PRIVIND FABRICAREA BETONULUI ASFALTIC</u>	27
<u>2.1. Repere în istoria asfaltului</u>	27
<u>2.2. Definiții</u>	29
<u>2.3. Clasificarea mixturilor asfaltice</u>	33
<u>2.4. Fabricarea mixturilor asfaltice</u>	36
<u>2.5. Concluzii</u>	39
<u>3. CONSTRUCȚIA ȘI FUNCȚIONAREA USCĂTOARELOR ROTATIVE ORIZONTALE. CONDIȚII SPECIFICE DE EXPLOATARE</u>	41
<u>3.1. Aspecte privind construcția și funcționarea uscătoarelor rotative orizontale</u>	41
<u>3.1.1. Tipuri de uscătoare</u>	44
<u>3.1.2. Aspecte termice specifice uscătoarelor din instalațiile de producere a mixturilor asfaltice</u>	45
<u>3.2. Caracteristicile tehnico-funcționale ale echipamentului studiat</u>	49
<u>3.3. Condiții de exploatare specifice uscătoarelor orizontale rotative</u>	53
<u>3.4. Concluzii</u>	55
<u>4. CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA FACTORILOR CONSTRUCTIV-FUNCȚIONALI ASUPRA EFICIENȚEI USCĂTOARELOR ROTATIVE ORIZONTALE</u>	57
<u>4.1. Studiul influenței parametrilor tehnologici asupra eficienței uscătorului rotativ orizontal</u>	58
<u>4.1.1. Materiale și metode</u>	58
<u>4.1.2. Rezultatele analizei</u>	62
<u>4.1.3. Comentarii</u>	70
<u>4.2. Studiul influenței formei geometrice a zborurilor asupra eficienței uscătorului rotativ orizontal</u>	71
<u>4.2.1. Materiale și metode</u>	71
<u>4.2.2. Rezultatele analizei</u>	74
<u>4.2.3. Comentarii</u>	82
<u>4.3. Concluzii</u>	82

5.	<u>CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND FENOMENELE DE UZARE SPECIFICE ZBORURILOR DIN COMPONENTA USCĂTOARELOR ROTATIVE ORIZONTALE</u>	86
5.1.	<u>Aspecte generale privind fenomenele de uzare</u>	86
5.2.	<u>Cercetări experimentale (de laborator) pentru determinarea comportării la uzare a materialelor utilizate la construcția zborurilor din componenta uscătoarelor rotative orizontale</u>	88
5.2.1.	<u>Caracterizarea materialelor epruvetelor supuse încercărilor și determinarea parametrilor microgeometrici ai acestora</u>	91
5.2.2.	<u>Caracterizarea materialelor din care sunt confecționate rolele și determinarea parametrilor microgeometrici ai acestora</u>	96
5.2.3.	<u>Desfășurarea încercărilor</u>	98
5.2.4.	<u>Interpretarea rezultatelor</u>	106
5.3.	<u>Cercetări experimentale (pe stand experimental) pentru determinarea comportării la uzare a materialelor propuse spre a fi utilizate la fabricarea zborurilor uscătoarelor rotative orizontale</u>	107
5.4.	<u>Cercetări experimentale (de laborator) pentru evaluarea rezistenței la coroziune a materialelor utilizate la construcția zborurilor din componenta uscătoarelor rotative orizontale</u>	114
5.4.1.	<u>Considerații teoretice</u>	115
5.4.2.	<u>Materialele și metodele utilizate în cercetare</u>	117
5.4.3.	<u>Alegerea și pregătirea probelor supuse experimentelor</u>	119
5.4.4.	<u>Rezultatele obținute în urma experimentelor</u>	120
5.5.	<u>Concluzii</u>	123
6.	<u>Metodă de estimare a duratei de viață a zborurilor uscătoarelor rotative pe baza datelor experimentale (stand experimental)</u>	127
6.1.	<u>Determinarea funcției rată de defectare</u>	128
6.2.	<u>Determinarea duratei de viață (operare) a probelor prin raportare la pierderea masică</u>	130
6.3.	<u>Aprecierea uzurii zborului (plan) prin raportare la pierderea masică și suprafața ariei afectată de uzură</u>	132
6.4.	<u>Concluzii</u>	137
7.	<u>Cercetări privind îmbunătățirea comportării la uzare abrazivă a zborurilor uscătoarelor rotative orizontale</u>	139
7.1.	<u>Cercetări, in-situ, privind creșterea rezistenței la uzare abrazivă a zborurilor uscătoarelor rotative orizontale, utilizând încărcare prin sudare, cu materiale dure</u>	140
7.2.	<u>Analiza uzurii abrazive (eroziv-abrazive) a zborurilor uscătoarelor rotative orizontale, pe baza modelelor matematice</u>	161
7.2.1.	<u>Modelele Finnie</u>	161
7.2.2.	<u>Modelele Hutchings</u>	162
7.3.	<u>Concluzii</u>	174
8.	<u>CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DIRECȚII DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR</u>	177

Listă de figuri

<i>Figura 2.1. Lucrători colectând asfalt pe Lacul Trinidad [39].</i>	28
<i>Figura 2.2. Pietriș: a – natural [44]; b – concasat [45]</i>	31
<i>Figura 2.3. Stație de mixturi asfaltice [49].</i>	36
<i>Figura 2.4. Instalație de producere a mixturilor asfaltice cu turn de lotizare</i>	37
<i>Figura 2.5. Instalație de producere a mixturilor asfaltice cu tambur de amestecare (Drum Mixing Plant)[39].</i>	38
<i>Figura 3.1. Zborurile din interiorul unui tambur de uscare și încălzire [52,53].</i>	42
<i>Figura 3.2. Uscător rotativ orizontal din stația de asfalt (prelucrare după [39]).</i>	43
<i>Figura 3.3. Tambur rotativ de uscare/ încălzire în: a – contracurent; b - echicurent (prelucrare după [54]).</i>	45
<i>Figura 3.4. Zonele caracteristice ale unui tambur uscător în contracurent [53].</i>	46
<i>Figura 3.5. Evidențierea zonei de uscare/împrăștiere din tamburul uscător [55].</i>	47
<i>Figura 3.6. Evidențierea zonei de ardere din tamburul uscător [55].</i>	48
<i>Figura 3.7. Simularea deplasării agregatelor și a gazelor arse în interiorul uscătorului, folosind DEM [57].</i>	48
<i>Figura 3.8. Captură din panoul de comandă al uscătorului ECO 2000, tip TT 8.22 aflat în dotarea firmei STRABENBAU LOGISTIC SRL</i>	49
<i>Figura 3.9. Descrierea tamburului de uscare (vedere dinspre arzător):1 – calea de transport a materialului; 2 - instalația de uscare; 3 - șasiul/dispozitivele de siguranță [55,58].</i>	50
<i>Figura 3.10. Descrierea tamburului de uscare (vedere dinspre alimentator):1 – bandă de alimentare;</i>	50
<i>Figura 3.11. Corpul tamburului cu module prevăzute cu zboruri (pale): 1 - mantaua tamburului;</i>	51
<i>Figura 3.12. Tambur uscător BENNINGHOVEN - forma și dispunerea zborurilor [55,58].</i>	52
<i>Figura 3.13. Imagine din interiorul tamburului de uscare/ încălzire a agregatelor.</i>	53
<i>Figura 3.14. Zborurile din zona de dispersare a tamburului uscător BENNINGHOVEN: a – piese noi, înaintea montajului; b – piese uzate, după funcționare.</i>	54
<i>Figura 4.1. Configurația tamburului de uscare/încălzire BENNINGHOVEN [58].</i>	58
<i>Figura 4.2. Caracteristici dimensionale ale modelului studiat: a - modul de dispunere a zborurilor în tambur; b – caracteristicile geometrice și dimensionale ale zborurilor modelate.</i>	59
<i>Figura 4.3. Caracteristicile particulelor (agregatelor) utilizate în analiză: a - forma și dimensiunile particulelor utilizate în simulare; b - forma reală a particulelor; c – imagine corespunzătoare determinării densității particulelor în vrac.</i>	60
<i>Figura 4.4. Determinarea gradului de ocupare a particulelor în zona activă a tamburului.</i>	62
<i>Figura 4.5. Variația AOR în timpul rotirii tamburului uscătorului cu o turație de 8 rot/min.</i>	63
<i>Figura 4.6. Variația AOR în timpul rotirii tamburului uscătorului cu o turație de 10 rot/min</i>	64
<i>Figura 4.7. Variația AOR în timpul rotirii tamburului uscătorului cu o turație de 15 rot/min.</i>	64
<i>Figura 4.8. Dispersarea particulelor în zona activă a tamburului în poziția corespunzătoare orei 11.</i>	65
<i>Figura 4.9. Dispersarea particulelor în zona activă a tamburului în poziția corespunzătoare orei 12.</i>	66
<i>Figura 4.10. Dispersarea particulelor în zona activă a tamburului în poziția corespunzătoare orei 1.</i>	67
<i>Figura 4.11. Determinarea suprafeței de aglomerare a particulelor în zona activă a tamburului.</i>	69
<i>Figura 4.12. Valorile procentului ariei ocupate de particule în zona activă a tamburului, după eliminarea suprafeței de aglomerare a particulelor în poziția corespunzătoare orei 12.</i>	70
<i>Figura 4.13. Modelele geometrice propuse pentru analiză: A - zboruri tip L; b - zboruri tip cârlig; c - zboruri tip cupă; d - zboruri dreptunghiulare cu unghi dublu.</i>	72
<i>Figura 4.14. Particulele analizate: a - forma reală a agregatelor; b - forma și dimensiunile particulelor modelate utilizate în cadrul analizei DEM.</i>	73

<i>Figura 4.15. Influența formei zborurilor asupra masei de agregat expuse în timpul unei rotații complete, în funcție de turația tamburului, pentru un grad de umplere de 10%</i>	79
<i>Figura 4.16. Influența formei zborurilor asupra masei de agregat expuse în timpul unei rotații complete, în funcție de turația tamburului, pentru un grad de umplere de 15%</i>	80
<i>Figura 4.17. Influența formei zborurilor asupra masei de agregat expuse în timpul unei rotații complete, în funcție de turația tamburului, pentru un grad de umplere de 20%</i>	80
<i>Figura 4.18. Influența formei zborurilor asupra gradului de dispersare a particulelor în funcție de turația tamburului</i>	81
<i>Figura 4.19. Influența formei zborurilor asupra gradului de dispersare a particulelor în funcție de gradul de umplere a tamburului</i>	81
<i>Figura 5.1. Tipuri de zboruri de uscare/dispersare (împrăștiere) specifice tamburului uscător BENNINGHOVEN.</i>	89
<i>Figura 5.2. Configurația epruvetelor de încercat (din oțel) și a rotelor din granit: a – epruvetă din oțel, prelevată dintr-un zbor al uscătorului; b - rolă din granit.</i>	89
<i>Figura 5.3. Tribometrul Baroid utilizat în cadrul programului experimental: a – tribometrul în timpul experimentului; b – montajul cuplei de frecare probă oțel-rolă granit; c – imagine de ansamblu a tribometrului Baroid.</i>	90
<i>Figura 5.4. Utilizarea profilometrului de tip SURTRONIC 3+.</i>	93
<i>Figura 5.5. Curbele de profil, rugozitate și portanță pentru proba C/2.</i>	94
<i>Figura 5.6. Curbele de profil, rugozitate și portanță pentru proba G/1.</i>	95
<i>Figura 5.7. Curbele de profil și ondulație pentru rolele din granit 2 și 7: a – profilogramă rola 2; b – ondulație rola 2; c - profilogramă rola 7; d – ondulație rola 7.</i>	97
<i>Figura 5.8. Rezultatele primului set al încercărilor de uzură, oțelurile S, C, D, E, F, G.</i>	101
<i>Figura 5.9. Rezultatul primului set de încercări de uzură (exemplificare) - Proba S/1 uzată, după 120 minute – 8 cicluri - de funcționare</i>	102
<i>Figura 5.10. Rezultatul celui de al doilea set de încercări de uzură (exemplificare) - Proba S/2 uzată, după 80 minute – 8 cicluri - de funcționare</i>	102
<i>Figura 5.11. Rezultatele celui de al doilea set al încercărilor de uzură, oțelurile S, C, D, E, F, G</i>	106
<i>Figura 5.12. Rizuri datorate prezenței nisipului: a – proba C/2; b – proba D/2</i>	107
<i>Figura 5.13. Standul experimental utilizat la încercările de uzură.</i>	108
<i>Figura 5.14. Dispunerea probelor (zborurilor la interiorul tamburului).</i>	109
<i>Figura 5.15. Desenele de execuție ale zborurilor și ale elementelor de prindere la interiorul cuvei.</i>	109
<i>Figura 5.16. Rezultatele experimentale obținute pe stand.</i>	113
<i>Figura 5.17. Potențostatul VoltaLab PGZ 100: a. - consola potențostatului; b. - celula de coroziune</i>	118
<i>Figura 5.18. Celula de coroziune.</i>	118
<i>Figura 5.19. Rezultatele testelor de coroziune efectuate pe epruvetele din oțel E. Înregistrări experimentale - diagrama Evans cu dreptele lui Tafel.</i>	120
<i>Figura 5.20. Rezultatele testelor de coroziune efectuate pe epruvetele din oțel F. Înregistrări experimentale - diagrama Evans cu dreptele lui Tafel.</i>	121
<i>Figura 5.21. Rezultatele testelor de coroziune efectuate pe epruvetele din oțel G. Înregistrări experimentale - diagrama Evans cu dreptele lui Tafel.</i>	121
<i>Figura 5.22. Rezultatele testelor de coroziune efectuate pe epruvetele din oțel S. Înregistrări experimentale - diagrama Evans cu dreptele lui Tafel.</i>	122
<i>Figura 6.1. Zboruri uzate ale uscătorului rotativ orizontal (exemplificare din instalație).</i>	127
<i>Figura 6.2. Timpul de operare corespunzător pierderii procentuale masice a probelor [99].</i>	132
<i>Figura 6.3. Distribuție neuniformă a uzurii pe suprafața probei (zborului): a – reprezentare tridimensională; b – reprezentare bidimensională [99].</i>	133
<i>Figura 6.4. Reducerea medie a grosimii pentru proba (zborul) din oțelul G: a - prima vedere; b - a doua vedere.</i>	135
<i>Figura 6.5. Reducerea medie a grosimii pentru proba (zborul) din oțelul S: a - prima vedere; b - a doua vedere.</i>	136

<i>Figura 7.1. Uzură neuniformă în lungul profilului zborului.</i>	141
<i>Figura 7.2. Zborurile supuse programului experimental: a – zborul original; b – zborurile cu depuneri dure în unul, respectiv, două straturi.</i>	142
<i>Figura 7.3. Dispunerea caroiajului destinat măsurătorilor de grosime și duritate, pentru cordoanele de sudură: a – reprezentare grafică; b și c – zborurile reale cu depuneri în unul, respectiv, două straturi.</i>	143
<i>Figura 7.4. Evoluția pierderii de material (pierderea în grosime), măsurată pe profilul zborului, pentru cele 9 materiale studiate:</i>	159
<i>Figura 7.5. Viteza medie de uzare abrazivă, în lungul profilului zborului, mm/oră x 10⁻³</i>	160
<i>Figura 7.6. Parametrii geometrici de impact ai unei particule sferice pe suprafața țintă [111].</i>	164
<i>Figura 7.7. Variația ratei de uzură în funcție de viteza de impact pentru materialele metalice analizate, cu primul model Finnie, pentru concentrația de particule abrazive cu efecte de micro-tăiere de: (a) 64.95 [kg/m³], (b) 97.35 [kg/m³] and (c) 129.9 [kg/m³].</i>	167
<i>Figura 7.8. Variația ratei de uzură în funcție de viteza de impact pentru materialele metalice analizate, cu al doilea model Finnie, pentru concentrația de particule abrazive cu efecte de micro-tăiere de: (a) 12.99 [kg/m³], (b) 19.47 [kg/m³] și (c) 25.98 [kg/m³].</i>	168
<i>Figura 7.9. Variația ratei de uzură în funcție de viteza de impact pentru materialele metalice analizate, cu modelul Hutchings: (a) primul model, (b) al doilea model.</i>	169
<i>Figura 7.10. Variația ratei de uzură în funcție de unghiul de incidență pentru materialele metalice analizate, cu primul model Finnie, pentru o viteză de impact de: (a) 0.92 m/s, (b) 1.15 m/s și (c) 1.73 m/s, și considerând concentrația de particule abrazive cu efecte de micro-tăiere de 129.9 kg/m³</i>	171
<i>Figura 7.11. Variația ratei de uzură în funcție de unghiul de incidență pentru materialele metalice analizate, cu al doilea model Finnie, pentru o viteză de impact de: (a) 0.92 m/s, (b) 1.15 m/s și (c) 1.73 m/s, și considerând concentrația de particule abrazive cu efecte de micro-tăiere de 25.98 kg/m³.</i>	173

Listă de tabele

<i>Tabelul 2.1. Materiale granulare folosite pentru fabricarea mixturilor asfaltice [46].</i>	31
<i>Tabelul 2.2. Simbolizarea și notarea mixturilor asfaltice (conform SR EN 13108) [48].</i>	34
<i>Tabelul 4.1. Parametrii de interacțiune utilizați în cadrul simulării DEM.</i>	61
<i>Tabelul 4.2. Valorile procentului ariei ocupate de particule (AOR %).</i>	63
<i>Tabelul 4.3. Valorile procentului ariei ocupate de particule (AOR_{cor} %) în poziția corespunzătoare orei 12.</i>	69
<i>Tabelul 4.4. Valorile procentuale ale ariei ocupate de particule pentru zboruri tip L</i>	74
<i>Tabelul 4.5. Valorile procentuale ale ariei ocupate de particule pentru zboruri tip cârlig</i>	74
<i>Tabelul 4.6. Valorile procentuale ale ariei ocupate de particule pentru zboruri tip cupă</i>	75
<i>Tabelul 4.7. Valorile procentuale ale ariei ocupate de particule pentru zboruri dreptunghiulare cu unghi dublu (AOR).</i>	75
<i>Tabelul 4.8. Comparatie privind modul de dispersare a particulelor în funcție de forma zborurilor, pentru un grad de umplere de 10%.</i>	76
<i>Tabelul 4.9. Comparatie privind modul de dispersie a particulelor în funcție de forma zborurilor, pentru un grad de umplere de 15%.</i>	77
<i>Tabelul 4.10. Comparatie privind modul de dispersie a particulelor în funcție de forma zborurilor, pentru un grad de umplere de 20%.</i>	78
<i>Tabelul 5.1. Compoziția chimică a probelor din oțel.</i>	91
<i>Tabelul 5.2. Valorile durităților pentru epruvetele testate.</i>	92
<i>Tabelul 5.3. Valorile rugozității epruvetelor din oțel.</i>	93
<i>Tabelul 5.4. Valorile rugozităților rolelor din granit.</i>	96
<i>Tabelul 5.5. Rezultatele primului set de încercări de uzură, pentru proba S.</i>	98
<i>Tabelul 5.6. Rezultatele primului set de încercări de uzură pentru proba C/I</i>	99
<i>Tabelul 5.7. Rezultatele primului set de încercări de uzură pentru proba D/I</i>	99
<i>Tabelul 5.8. Rezultatele primului set de încercări de uzură pentru proba E/I</i>	100

<u>Tabelul 5.9. Rezultatele primului set de încercări de uzură pentru proba F/1</u>	100
<u>Tabelul 5.10. Rezultatele primului set de încercări de uzură pentru proba G/1</u>	101
<u>Tabelul 5.11. Rezultatele celui de al doilea set de încercări de uzură pentru proba S/2</u>	103
<u>Tabelul 5.12. Rezultatele celui de al doilea set de încercări de uzură pentru proba C/2</u>	103
<u>Tabelul 5.13. Rezultatele celui de al doilea set de încercări de uzură pentru proba D/2</u>	104
<u>Tabelul 5.14. Rezultatele celui de al doilea set de încercări de uzură pentru proba E/2</u>	104
<u>Tabelul 5.15. Rezultatele celui de al doilea set de încercări de uzură pentru proba F/2</u>	105
<u>Tabelul 5.16. Rezultatele celui de al doilea set de încercări de uzură pentru proba G/2</u>	105
<u>Tabelul 5.17. Rezultatele cântăririlor probelor.</u>	110
<u>Tabelul 5.18. Pierderile de masă ale zborurilor, în urma încercărilor efectuate pe standul experimental.</u>	111
<u>Tabelul 5.19. Valorile durităților măsurate la suprafața probelor</u>	112
<u>Tabelul 5.20. Parametrii determinați pentru probele testate în mediu apos.</u>	122
<u>Tabelul 5.21. Ierarhizarea celor patru oțeluri selectate, în urma testelor de uzare abrazivă și coroziune</u>	123
<u>Tabelul 6.1. Funcțiile ratei de defectare pentru probele analizate [99].</u>	129
<u>Tabelul 6.2. Grosimea medie a probelor, raportată la masa medie a acestora [99].</u>	130
<u>Tabelul 6.3. Durata limită de viață (operare), corespunzător pierderii a 2 grame din masa fiecărei probe [99].</u>	131
<u>Tabelul 6.4. Timpul de operare (în ore) corespunzător pierderii procentuale masice a probelor [99].</u>	131
<u>Tabelul 6.5. Reducerea medie a grosimii pentru proba (zborul) din oțelul G, în condițiile unei uzuri neuniforme pe suprafața de lucru [99].</u>	137
<u>Tabelul 6.6. Reducerea medie a grosimii pentru proba (zborul) din oțelul S, în condițiile unei uzuri neuniforme pe suprafața de lucru [99].</u>	137
<u>Tabelul 7.1. Caracteristicile materialelor utilizate la depunerile prin sudare.</u>	144
<u>Tabelul 7.2. Rezultatele măsurătorilor de duritate (media a 26 de valori).</u>	145
<u>Tabelul 7.3. Valorile grosimii – măsurători pe proba fără depunere (proba S).</u>	146
<u>Tabelul 7.4. Valorile grosimii – măsurători pe probe cu un singur strat de depunere.</u>	148
<u>Tabelul 7.5. Valorile grosimii – măsurători pe probe cu două straturi de depunere</u>	150
<u>Tabelul 7.6. Caracteristicile materialelor analizate.</u>	164
<u>Tabelul 7.7. Parametrii relațiilor de calcul [107].</u>	165
<u>Tabelul 7.8. Valorile vitezei de uzare pentru materialele analizate, la viteza de impact de 2 m/s</u>	170

MULȚUMIRI

Pe întreaga perioadă de desfășurare a activităților necesare realizării acestei teze de doctorat am beneficiat de îndrumarea competentă și de sprijinul moral al conducătorului științific, prof.univ.habil.dr.ing. Marius Gabriel PETRESCU, director al Școlii Doctorale al Universității Petrol-Gaze din Ploiești, de ajutorul și susținerea conducerii și colegilor de la SC STRABENBAU LOGISTICS SRL, care au asigurat sprijin logistic pe tot parcursul programului experimental, de colaborarea cadrelor didactice din Departamentul de Inginerie Mecanică al Facultății de Inginerie Mecanică și Electrică din Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, care au ajutat la realizarea încercărilor experimentale și a aplicațiilor care au necesitat utilizarea unor produse informatice specializate. Adresez, tuturor acestora, cele mai calde mulțumiri și îi asigur de întreaga mea recunoștință.

Doresc să le mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare și integritate academică: doctor inginer Liviu TOADER, prof.univ.habil.dr.ing. Ion NAE și conf. univ.habil.dr.ing. Maria TĂNASE pentru încurajările și sprijinul acordat atunci când am fost în dificultate, pentru disponibilitatea de care au dat dovadă ori de câte ori am solicitat ajutor de specialitate.

Mulțumesc, în mod deosebit domnului conf. univ.dr.ing. Eugen Victor LAUDACESCU, care a fost alături de mine pe întreg drumul parcurs în cadrul programului de cercetare care a stat la baza elaborării acestei teze de doctorat.

Nu în ultimul rând, doresc să adresez mulțumiri familiei mele și tuturor persoanelor pe care nu le-am menționat mai sus, pentru ajutorul, timpul și sprijinul acordate în toată această perioadă.

Ploiești,

drd.ing. Andrei-Ion BURLACU



ABSTRACT

În cadrul tezei de doctorat, cu titlul ***”CERCETĂRI PRIVIND FUNCȚIONAREA ȘI COMPORTAREA ÎN EXPLOATARE A INSTALAȚIILOR DE USCARE DIN STAȚIILE DE PRODUCERE A MIXTURILOR ASFALTICE”***, autorul și-a propus să abordeze aspectele – considerate esențiale – care influențează funcționarea uscătoarelor rotative orizontale, utilizate în stațiile de fabricare a mixturilor asfaltice, din punct de vedere al eficienței și al degradării prin uzare a acestora. Pornind de la aceste considerente, cercetările - ale căror rezultate sunt prezentate detaliat și argumentate în lucrare - evidențiază influența pe care, parametrii tehnologici o exercită asupra eficienței funcționării uscătoarelor pentru agregate minerale și, de asemenea, analizează modelele și mecanismele specifice de uzură care se manifestă la amenajările interioare ale uscătoarelor (denumite, uzual, *”zboruri”*) în scopul identificării unor soluții de creștere a duratei de funcționare a acestora.

Obiectivele stabilite, pentru a fi atinse în cadrul programelor de cercetare derulate pe perioada elaborării tezei de doctorat, au fost următoarele:

- Studiarea, pe baza literaturii de specialitate, a aspectelor specifice funcționării uscătoarelor rotative orizontale utilizate la uscarea agregatelor minerale, a parametrilor care influențează eficiența procesului de uscare și a factorilor care determină degradarea prin uzare a zborurilor uscătoarelor. În acest sens s-au analizat condițiile de operare ale uscătoarelor rotative orizontale utilizate la uscarea agregatelor minerale și s-au asociat acestora fenomenele de uzare care se manifestă cu preponderență la aceste utilaje: uzarea prin abraziune (uzarea eroziv-abrazivă) și uzarea prin coroziune (în atmosferă umedă);

- Modelarea fenomenelor de dispersare a particulelor abrazive în interiorul uscătoarelor rotative orizontale în scopul optimizării traiectoriilor acestora. În fapt, studiarea traiectoriilor particulelor a condus la identificarea parametrilor optimi de funcționare (turație și grad de umplere a tamburului) pentru un uscător rotativ cu uscare directă a agregatelor utilizat în stațiile de producere a asfaltului, în scopul obținerii unei eficiențe maxime a dispersării agregatelor, utilizând metoda numerică de analiză cu elemente discrete (DEM);

- Simularea proceselor de dispersare a particulelor de agregate minerale, prin analiză numerică folosind DEM, pentru a evidenția influența formei zborurilor asupra eficienței gradului de dispersie pentru agregatele minerale, prin raportare la aria suprafeței ocupate de particulele dispersate în zona activă a tamburului;

- Cercetarea, prin metode tribologice experimentale, a fenomenelor de uzare specifice materialelor folosite la fabricarea zborurilor uscătorului rotativ (bazat pe analiza uzurii abrazive/abraziv-erozivă a zborurilor), utilizând testerul Baroid. Încercările au constatat în supunerea epruvetelor la un proces de uzare generat de frecarea manifestată între suprafața de testare a acestora și o rolă din granit aflată în mișcare de rotație. Fiecare set de încercări a fost caracterizat de parametrii specifici: mediul de încercare (două condiții de operare: în aer și în nisip uscat), turația rolei de granit, forța de apăsare a rolei pe suprafața epruvetei, timpul de încercare, numărul de cicluri de încercare;

- Cercetarea, prin metode experimentale, utilizând un stand proiectat și construit de doctorand, a comportării la uzare pentru diferite materiale propuse spre a fi utilizate la fabricarea zborurilor uscătoarelor. Programul experimental a beneficiat de epuvete confecționate din 6 (șase) mărci, diferite, de oțel. Încercările s-au efectuat în condițiile utilizării, drept mediu abraziv, a unui amestec de agregat mineral uscat, granulație 4-8 mm;

- Cercetarea posibilităților de îmbunătățire a comportării la uzare a zborurilor prin aplicarea, pe suprafața acestora a unor straturi din materiale dure, utilizând încărcarea prin sudare, în unul, respectiv, două straturi. În acest scop au fost utilizate 4 (patru) tipuri de materiale de încărcare – două sub formă de electrozi înveliți și două sub formă de sârmă de sudură. Zborurile încărcate cu cele 4 tipuri de materiale au fost monitorizate în condiții normale de exploatare, prin măsurarea pierderilor în grosime;

- Cercetarea comportării la coroziune a diverselor tipuri de oțeluri în vederea formulării de propuneri pertinente privind utilizarea materialelor la construcția zborurilor uscătoarelor rotative orizontale;

- Stabilirea unei metode de estimare a duratei de viață a zborurilor uscătoarelor rotative. Metoda propusă a fost dezvoltată pe baza rezultatelor experimentale obținute în laborator, pe un stand care reproduce o porțiune din echipamentul real. Pornind de la aceste rezultate au fost identificate funcțiile matematice utilizate pentru modelarea ratelor de defectare (uzură) ale zborurilor prin referire la mărimi caracteristice pentru evaluarea uzurii: pierderea de masă a materialului, reducerea grosimii piesei, aria suprafeței afectată de uzură. Fenomenul de uzură a fost modelat luând în considerare atât varianta uzurii uniforme, cât și varianta uzurii distribuită diferențiat pe suprafața activă a zborului.

Teza de doctorat este structurată în opt capitole, pe parcursul cărora este prezentată problematica specifică funcționării uscătoarelor rotative orizontale – utilizate în stațiile de fabricare a mixturilor asfaltice -, cercetările concentrându-se pe analiza comportării zborurilor, cumulând aspectele de ordin: constructiv (geometrie și material), funcțional (turație și grad de umplere) și tribologic (uzare abrazivă și coroziune), în scopul stabilirii unor repere pentru aprecierea eficienței procesului de uscare și a duratei de viață a componentelor respective.

Primul capitol - ***”REPERE BIBLIOGRAFICE PRIVIND CERCETĂRILE ÎN DOMENIUL TEMEI TEZEI DE DOCTORAT. IMPORTANȚA TEMEI ABORDATE ȘI OBIECTIVELE TEZEI DE DOCTORAT”***- are scopul de a prezenta importanța temei abordate în contextul în care utilajul studiat are un rol hotărâtor în asigurarea calității mixturilor asfaltice. Cercetările asupra uscătoarelor rotative orizontale s-au limitat la studierea fenomenelor de transfer termic și a procesului de dispersare a materialelor granulare supuse uscării. Chiar și în aceste condiții, modelările au fost simplificate prin utilizarea, în principal, a unor particule cu forme convenabile (sferice) care să necesite resurse informatice cât mai reduse.

Problema uzării zborurilor din uscătoare nu apare ca fiind tratată în mod special în literatură, probabil și din cauza multitudinii factorilor implicați în proces. Chiar dacă zborurile sunt considerate componente ”consumabile” cu rată mare de înlocuire, studierea mecanismelor de uzare și alegerea unor materiale cu caracteristici mecanice superioare, pot oferi soluții care să conducă la creșterea eficienței în funcționarea uscătoarelor pentru agregate minerale.

În ceea ce privește fenomenele de coroziune care se pot manifesta în uscătoarele orizontale rotative, nu s-au dezvoltat studii specifice. Pot fi considerate drept referințe încercările de coroziune efectuate pe materiale din categoria celor utilizate la fabricarea zborurilor uscătoarelor. Totuși, în teza de doctorat, au fost incluse teste de laborator care au vizat evaluarea rezistenței la coroziune – în mediu apos – a materialelor studiate.

Tema tezei de doctorat și obiectivele declarate de autorul acesteia sunt specifice industriei betonului de asfalt, urmărind să ofere soluții practice în vederea eficientizării operației de uscare a agregatelor minerale, creșterii rezistenței la uzare a zborurilor din uscătoarele rotative orizontale și programarea intervențiilor asupra zborurilor pe baza estimării duratei de viață a acestora.

În capitolul 2, cu titlul **”ASPECTE GENERALE PRIVIND FABRICAREA BETONULUI ASFALTIC”**, este prezentat, la început, un scurt istoric a ceea ce numim azi, generic **”asfalt”**. În ceea ce privește utilizarea asfaltului la drumuri, istoricii au stabilit că primul sistem elaborat de autostrăzi a fost construit în jurul anului 1500 de către incașii din Peru, acestea fiind pavate cu o compoziție similară macadamului bituminos modern [1].

În același capitol sunt menționate materialele care intră în componența mixturii asfaltice clasice și caracteristicile acestora. Se face, de asemenea, o clasificare a mixturilor asfaltice și se prezintă tehnologia utilizată la fabricarea acestora. Producerea mixturilor asfaltice și, în particular, a betonului asfaltic, reprezintă procese complexe ai căror parametri tehnologici trebuie menținuți în limite stricte. Deoarece temperatura de lucru la malaxarea amestecului asfaltic – aceasta depinzând, în special, de temperatura agregatelor minerale la ieșirea din uscător – reprezintă o condiție esențială pentru asigurarea omogenității mixturii, se poate evidenția rolul decisiv al uscătorului în instalațiile de producere a asfaltului. Având în vedere și condițiile de operare – interacțiunea zborurilor cu agregatele minerale de diverse dimensiuni și forme – caracterizate prin fenomene de natură eroziv-abrazivă, rezultă necesitatea evaluării permanente a stării tehnice a uscătoarelor și identificarea unor măsuri pentru creșterea eficienței proceselor de uscare.

În capitolul 3, intitulat **”CONSTRUCȚIA ȘI FUNCȚIONAREA USCĂTOARELOR ROTATIVE ORIZONTALE. CONDIȚII SPECIFICE DE EXPLOATARE”**, autorul realizează o introducere în domeniul utilajelor folosite la uscarea și încălzirea agregatelor minerale, în scopul utilizării acestora la fabricarea mixturilor asfaltice.

La nivel industrial, cele mai utilizate uscătoare pentru material granular sunt uscătoarele cu tambur rotativ, iar dintre acestea, preponderente sunt uscătoarele de tip direct.

Uscătorul de agregate minerale este cel mai solicitat echipament din instalația de fabricare a asfaltului deoarece elementele amestecătoare (zborurile) ale acestuia sunt supuse permanent acțiunii abraziv-erozive dezvoltată din partea agregatelor, în condițiile unor temperaturi relativ ridicate la interiorul tamburului și a unei umidități crescute. În aceste condiții apare un cumul de condiții care favorizează degradarea componentelor uscătorului, în special degradarea zborurilor.

Elementele supuse celor mai dure condiții de lucru sunt zborurile din zona de dispersare. Zborurile sunt supuse unui proces intens eroziv-abraziv care se manifestă pe suprafețele active ale acestora, la contactul cu particulele de agregate minerale: uzare prin frecare în timpul încărcării și

ridicării agregatelor și uzare prin lovire pe suprafața zborurilor, ca urmare a impactului particulelor de agregate aflate în cădere ca urmare a împrăstierii.

Uscătorul care face obiectul cercetărilor prezentate în cadrul tezei de doctorat se află în dotarea firmei STRABENBAU LOGISTIC SRL. Acesta este un tambur de uscare ECO 2000, tip TT 8.22, fabricat de Benninghoven GmbH & Co. KG. Uscătorul are o capacitate de operare de 145 ... 320 t/oră la o turație a tamburului de 7,5 ... 10 rot/min.

În capitolul 4, având titlul **”CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA FACTORILOR CONSTRUCTIV-FUNCȚIONALI ASUPRA EFICIENȚEI USCĂTOARELOR ROTATIVE ORIZONTALE”**, sunt prezentate rezultatele obținute de autor în urma cercetărilor care au vizat stabilirea condițiilor optime de operare pentru uscătoarele rotative orizontale (turația tamburului, grad de umplere al tamburului) precum și studiul influenței formei zborurilor asupra eficienței uscării unor particule poliedrice complexe, calculând procentul din aria activă a secțiunii transversale a uscătorului ocupată de particule.

În vederea optimizării parametrilor de funcționare (turație și grad de umplere a tamburului) precum și pentru analiza comparativă a influenței formei geometrice a zborurilor asupra eficienței uscătoarelor rotative cu uscare directă a agregatelor - din stațiile de producere a asfaltului - s-a utilizat metoda numerică de analiză cu elemente discrete DEM. Analizele comparative - corespunzător unor valori diferite ale parametrilor funcționali și unor forme geometrice diverse ale zborurilor - s-au efectuat prin evaluarea eficienței maxime a dispersării agregatelor minerale.

Modelul geometric al tamburului uscător a fost realizat în Ansys Space Claim. Modul de curgere al particulelor solide a fost determinat utilizând metoda de calcul numeric cu elemente discrete (DEM), cu ajutorul produsului software Rocky 2022 R2.

Pentru determinarea AOR (aria ocupată de particule în secțiunea activă) a fost utilizat programul de prelucrare a imaginilor ImageJ.

Rezultatele programului experimental descris în acest capitol au fost diseminate prin publicarea a două articole științifice și prezentarea unei lucrări științifice în cadrul unei conferințe internaționale.

În capitolul 5 - **”CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND FENOMENELE DE UZARE SPECIFICE ZBORURILOR DIN COMPONENTA USCĂTOARELOR ROTATIVE ORIZONTALE”** – sunt prezentate metodele adoptate, modul de lucru și rezultatele obținute în cadrul unui program experimental complex care a vizat studierea, în laborator, a comportării diferitelor materiale metalice (oțeluri) în condițiile simulării mediului de operare – particule abrazive și umiditate - al zborurilor în interiorul uscătoarelor.

În contextul lucrărilor de preparare a mixturilor asfaltice, fenomenul de uzură abrazivă este principalul responsabil de scoaterea din funcțiune a utilajelor dinamice, parțial sau total.

Uzura abrazivă poate provoca deteriorări unităților de uscare. În cazul zborurilor din uscătorul rotativ orizontal, uzura abrazivă se manifestă în asociere cu uzarea prin coroziune datorată mediului umed rezultat prin vaporizarea apei din masa de agregate minerale.

În prima parte a acestui capitol, doctorandul a prezentat modul de lucru și rezultatele unor programe experimentale - care au presupus utilizarea testerului Baroid și un stand experimental

conceput de autorul tezei de doctorat - pentru evaluarea rezistenței la uzare abrazivă (eroziv-abrazivă) a materialelor utilizate în prezent sau identificate de autor ca posibil a fi utilizate la fabricarea zborurilor.

În partea a doua a capitolului, programul experimental s-a concentrat pe determinarea parametrilor electrochimici care influențează comportamentul la coroziune al materialelor utilizate – sau posibil a fi utilizate - la fabricarea zborurilor din componența uscătoarelor rotative orizontale din industria mixturilor asfaltice. Cercetările au avut scopul de a completa informațiile obținute – și prezentate în capitolele anterioare ale tezei de doctorat – în urma cercetărilor efectuate asupra materialelor din care sunt confecționate zborurile uscătoarelor, cu privire la comportarea acestora la acțiunea abraziv-erozivă a agregatelor supuse uscării.

Rezultatele programului experimental descris în acest capitol au fost diseminate prin publicarea a 4 articole științifice și depunerea (publicarea) unei cereri de brevet de invenție înregistrată la OSIM.

În capitolul 6 al tezei de doctorat, intitulat **”METODĂ DE ESTIMARE A DURATEI DE VIAȚĂ A ZBORURILOR USCĂTOARELOR ROTATIVE PE BAZA DATELOR EXPERIMENTALE (STAND EXPERIMENTAL)”**, autorul propune o metodă de calcul estimativ pentru durata de viață a zborurilor uscătoarelor rotative orizontale. Pentru a beneficia de o argumentare solidă, metoda propusă a fost aplicată pe baza rezultatelor experimentale obținute, de către autor, în laborator, pe standul prezentat în capitolul 5. Pornind de la rezultatele obținute în urma încercărilor de uzură, au fost identificate funcțiile matematice care modelează ratele de defectare (uzare) ale zborurilor, prin raportare la mărimi caracteristice evaluării uzurii: pierderea masică de material; reducerea grosimii piesei; suprafața afectată de uzură.

Fenomenul de uzură a fost modelat luând în considerare atât situația uzurii uniforme pe suprafața zborului, cât și situația uzurii diferențiate pe suprafață. Aceste ipoteze au fost determinate de observațiile efectuate asupra uscătorului real ale cărui zboruri – în special în zona de uscare/dispersare – prezintă o uzură neuniformă, evidentă, pe lungime. Metoda propusă, însă, poate fi extinsă la orice categorie de materiale și piese, cu condiția ca funcția ratei de defectare să fie identificată în prealabil - eventual pe baza unui experiment de laborator.

Rezultatele obținute au fost diseminate prin publicarea unui articol științific.

În capitolul 7, cu titlul **”CERCETĂRI PRIVIND ÎMBUNĂTĂȚIREA COMPORTĂRII LA UZARE ABRAZIVĂ A ZBORURILOR USCĂTOARELOR ROTATIVE ORIZONTALE”**, autorul tezei de doctorat propune o soluție de îmbunătățire a comportării la uzare a materialelor utilizate la confecționarea zborurilor (o bună parte a acestor materiale au fost utilizate în cadrul programelor experimentale care fac obiectul tezei).

Prima parte a acestui capitol prezintă rezultatele unui program experimental desfășurat in situ. Pentru a îmbunătăți comportarea la uzare a materialelor, în condițiile specifice funcționării uscătoarelor, s-a adoptat metoda depunerii de straturi dure, prin sudare, pe suprafața activă a zborurilor. Depunerile s-au executat sub forma unor probe – având la bază zborurile originale ale uscătorului rotativ Benninghoven ECO 2000 - reprezentate de cordoane de sudură depuse pe lungimea

profilului zborurilor. Depunerea de straturi dure pe lungimea profilului zborului a fost determinată de uzarea neuniformă – dovedită în practică - pe această traiectorie.

Studiile au fost efectuate, prin comparație, pe zborurile utilizate în mod obișnuit în uscătorul rotativ – materialul din care sunt fabricate este oțelul S235JR SR EN 10025:2:2004/AC:2005 – și pe zboruri, din același material, pe a căror suprafață posterioară – considerată ca suprafață efectiv ”activă”, suferind impactul direct cu particulele de agregate minerale - au fost depuse, prin sudare, diferite materiale dure – au fost utilizate patru tipuri de materiale de depunere -, depunerile realizându-se în unul și, respectiv, două straturi.

În a doua parte a capitolului sunt prezentate rezultatele obținute în urma modelării matematice a fenomenelor de uzare abrazivă (eroziv-abrazivă) care caracterizează zborurile uscătoarelor rotative horizontale. S-au utilizat modelele Finnie și Hutchings, având acuratețea cea mai mare pentru analiza acestor fenomene.

În capitolul 8, intitulat ”**CONCLUZII. CONTRIBUȚII ORIGINALE. DIRECȚII DE CONTINUARE A CERCETĂRILOR**”, sunt redate cele mai importante concluzii desprinse din studiile prezentate în cadrul tezei de doctorat, sunt precizate contribuțiile originale ale autorului tezei și sunt menționate elementele cu aplicabilitate practică rezultate în urma cercetărilor dezvoltate de către autor.

Sunt precizate, de asemenea, propuneri privind principalele direcții de continuare a cercetărilor, pornind de la rezultatele teoretice și experimentale obținute de doctorand.

Cuvinte cheie: asfalt; agregate minerale; uscător rotativ orizontal; zbor; uzare/ uzură; abraziune/ eroziune; DEM; model matematic; depuneri dure.

* * *

Principalele **concluzii** care se desprind din rezultatele cercetărilor teoretice și experimentale dezvoltate și prezentate în conținutul tezei de doctorat, sunt următoarele:

- Operația de care depinde, în principal, calitatea mixturii asfaltice – asigurarea legăturii dintre agregatele minerale și celelalte componente ale mixturii asfaltice – o reprezintă uscarea. În ansamblul echipamentelor din stațiile de producere a asfaltului se remarcă – din punct de vedere al condițiilor de operare și al rolului determinant în asigurarea calității produselor – uscătoarele pentru agregate minerale;
- Elementele din componența uscătorului rotativ orizontal supuse celor mai dure condiții de lucru sunt zborurile din zona de dispersare. Zborurile sunt supuse unui proces intens eroziv-abraziv care se manifestă pe suprafețele active ale acestora, la contactul cu particulele de agregate minerale: uzare prin frecare în timpul încărcării și ridicării agregatelor și uzare prin lovire pe suprafața zborurilor, ca urmare a impactului particulelor de agregate aflate în cădere ca urmare a împrăstierii;

- În general, descărcarea particulelor din zbor începe atunci când zborul – prin raportare la cadranul unui ceasornic - este în poziția de la ora 9 și se termină în jurul poziției de la ora 4;
- Eficiența dispersării agregatelor a fost estimată prin calculul procentului ariei ocupate de particule în zona activă a tamburului (*AOR*). Într-o primă etapă a analizei, calculele au arătat că utilizarea unui grad de umplere mai mare (20%) conduce la randamente mai mari, întrucât *AOR* este mai mare;
- Analizând imaginile ce redau traiectoriile particulelor în diferite poziții din timpul rotirii tamburului, s-a observat că, atunci când se utilizează grade de umplere mai mari, apare o suprafață de aglomerare a agregatelor în intervalele marcate de pozițiile orare 6-9 sau 3-6, ceea ce face ca eficiența uscării să scadă datorită grosimii mari a perdelei de agregate. Astfel, s-au refăcut calculele, determinând procentul ariei ocupate de particule (*AOR_{cor}*), procesând imaginile, după ce a fost eliminată zona de aglomerare a agregatelor. Noile rezultate au demonstrat că soluția cea mai bună din punct de vedere al eficienței uscării corespunde unui grad de umplere de 15% și unei turații de 10 rot/min;
- Nu este indicat a se lucra cu turații mari (15 rot/min) în special pentru grade de umplere mai mici (10% și 15%) deoarece, în această situație, are loc o scădere a randamentului, agregatele fiind împinse sub efectul forței centrifuge, spre mantaua tamburului;
- La grade de umplere mici (10%), dispersarea maximă a particulelor se produce în intervalul marcat de pozițiile orare 11-12, în timp ce la grade de umplere mai mari (15% și 20%), dispersia maximă se produce în intervalul dintre pozițiile corespunzătoare pozițiilor orare 11 și 2, ceea ce înseamnă că un grad de umplere mai mare asigură dispersarea agregatelor o perioadă mai îndelungată, deci o eficiență mai mare;
- Utilizarea unor turații mari (15 rot/min) amplifică efectele forței centrifuge, împingând agregatele către mantaua tamburului, ceea ce determină scăderea randamentului prin reducerea suprafeței ocupată de particule dispersate;
- Forma zborului are un rol important în timpul de retenție al particulelor pe zona periferică a tamburului și, prin urmare, trebuie corelată cu viteza de rotație pentru a identifica soluția optimă privind dispersia particulelor. Forma de zbor trebuie aleasă, ținând cont și de gradul de umplere a tamburului, din aceleași motive privind reținerea particulelor pe zbor;
- Zborurile sub formă de cupă au cel mai mic randament, justificat prin gradul mare de reținere a particulelor în timpul rotirii tamburului;
- Zborurile în formă de L au, pe ansamblu, randament satisfăcător, comparabil cu al zborurilor dreptunghiulare cu unghi dublu (originale) la grad mic de umplere (10%) și sensibil mai mic la grade de umplere de 15% și 20%, cu o singură excepție – la grad de umplere 20% și turația de 10 rot/min unde sunt aproape identice;
- Zborurile cârlig prezintă performanțe comparabile cu ale zborurilor dreptunghiulare cu unghi dublu, diferențierea între acestea realizându-se în funcție de gradul de umplere a tamburului, după cum urmează: la grad de umplere de 10%, rezultatele sunt similare; la grad de umplere de 15% zborurile dreptunghiulare cu unghi dublu au randament superior;

la grad de umplere de 20% zborurile în cârlig au randament superior, fiind devansate cu puțin numai la viteze de rotație de 15 rot/min. Se constată că, indiferent de gradul de umplere, zborurile în cârlig prezintă o stabilitate a randamentului la turații de 8 – 10 rot/min. Deci, pentru a obține o stabilitate ridicată a valorilor – o distribuție cât mai uniformă a particulelor de agregat pe toată durata unei rotații - reprezentând volumul agregatului expus la uscare în timpul unei rotații complete a tamburului pentru o gamă largă de grade de umplere și viteze de rotație, cele mai potrivite sunt zborurile de tip cârlig. În același timp, eficiența este ridicată, asemănătoare zborurilor dreptunghiulare cu unghi dublu.

- Zborurile dreptunghiulare cu unghi dublu au rezultate net superioare la turații mari, respectiv 20 rot/min. Chiar dacă zborurile dreptunghiulare cu unghi dublu prezintă, în medie, cele mai bune performanțe în ceea ce privește expunerea particulelor la uscare, performanța lor prezintă, totuși, variații mari ale valorilor ariei de expunere în raport cu parametrii tehnologici: viteza de rotație și gradul de umplere;
- Analizând rezultatele încercărilor experimentale efectuate pe testerul Baroid, utilizând șase tipuri de oțeluri (notate S, C, D, E, F, G) s-a constatat că: 1) În prezența nisipului (agregatelor minerale) uscat, probele supuse încercărilor manifestă, așa cum era de așteptat, o uzură mai pronunțată decât în condițiile încercării fără mediu intermediar (nisip); 2) Prezența nisipului, ca mediu intermediar, accentuează fenomenul de abraziune, pe suprafața probei fiind evidențiate rizuri în direcția de acțiune a rolei din granit; 3) Prezența nisipului, în condițiile antrenării acestuia în mișcare, la rotirea rolei din granit, accentuează fenomenul de eroziune, suprafața probei fiind mult mai afectată (se observă ciupituri evidente) decât în cazul absenței nisipului; 4) Cea mai bună comportare la uzare (eroziune) a manifestat-o oțelul G iar cea mai slabă oțelurile: D, C și S, în această ordine. La examinarea suprafețelor acestor ultime trei probe se constată rizuri accentuate cu evidente urme de smulgeri fragile (consecința, posibil, a unei comportări fragile conferită de conținutul mai ridicat de C și Mn);
- Analizând rezultatele încercărilor experimentale efectuate pe standul experimental conceput de autorul tezei de doctorat, s-a constatat că: 1) În prezența agregatelor cu granulație mai mare decât a nisipului, probele supuse încercărilor își păstrează oarecum, tendința manifestată în timpul încercărilor precedente, pe tribometrul Baroid; 2) Cea mai bună comportare la uzare a manifestat-o oțelul G iar cea mai slabă oțelurile: D, C și S, în această ordine. Se observă că, la aceste ultime 3 oțeluri, fenomenul de durificare superficială a avut cea mai mică intensitate în comparație cu celelalte oțeluri. Din analiza evoluției durităților – măsurate pe probele instalate pe standul experimental, după 20 ore de funcționare – se observă că vitezele de uzare cu valori reduse corespund unei durificări accentuate a materialului probelor (a se vedea probele: G, F și E);
- Vitezele de uzare, pentru toate cele 6 oțeluri încercate, în cele trei condiții de încercare (*aer – primul set de încercări pe testerul Baroid; nisip – al doilea set de încercări pe testerul Baroid; agregat – încercări pe standul experimental*), sunt următoarele:

$$V_u (S), aer = 37,360 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (S), \text{ nisip} = 76,440 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (S), \text{ agregat} = 35,000 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (C), \text{ aer} = 46,480 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (C), \text{ nisip} = 91,260 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (C), \text{ agregat} = 32,875 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (D), \text{ aer} = 80,840 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (D), \text{ nisip} = 152,580 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (D), \text{ agregat} = 32,375 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (E), \text{ aer} = 16,800 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (E), \text{ nisip} = 33,420 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (E), \text{ agregat} = 27,280 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (F), \text{ aer} = 24,680 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (F), \text{ nisip} = 47,940 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (F), \text{ agregat} = 29,490 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (G), \text{ aer} = 14,920 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (G), \text{ nisip} = 28,860 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

$$V_u (G), \text{ agregat} = 26,750 \times 10^{-3} \text{ g/oră}$$

- Examinând rezultatele obținute la testele de coroziune se observă că viteza de coroziune variază semnificativ în funcție de materiale. De exemplu, proba E prezintă cea mai mare rată de coroziune ($68,65 \mu\text{m/an}$), în timp ce proba prezintă cele mai mici rate de coroziune ($25,36 \mu\text{m/an}$). Prin urmare, pentru uscătoarele rotative utilizate pentru uscarea agregatelor minerale, din punct de vedere al rezistenței la coroziune, oțelul S este cel mai potrivit. Oțelul G, deși s-a remarcat printr-o rezistență foarte bună la abraziune, în condițiile unui mediu apos manifestă o rezistență la coroziune cu 55% mai mică decât oțelul S.
- Ierarhizarea celor patru oțeluri selectate, în urma testelor de uzare abrazivă – pe testerul Baroid și pe standul experimental - și coroziune, este redată în tabelul 5.21. Se observă că oțelul G manifestă cea mai bună comportare, urmat de oțelul S care a avut cea mai bună comportare la coroziune, surclasând astfel oțelurile E și F;
- Utilizarea metodei celor mai mici pătrate în analiza datelor experimentale obținute prin încercări de uzură – uzură abrazivă - poate ajuta la optimizarea fenomenelor tehnice, în general, și a fenomenelor de uzură în special. Autorul a propus un algoritm pentru evaluarea gradului de uzură (exprimat ca pierdere de masă și reducere a grosimii) a elementelor de tip „zbor” ale uscătoarelor rotative. Măsura uzurii a fost utilizată în continuare pentru a estima durata de viață a probelor luate în considerare;

- Funcția care ajută la estimarea timpului limită de operare poate fi aplicată prin impunerea unei pierderi de masă (exprimată procentual) față de masa inițială a probei. Pentru fiecare categorie de oțel studiată, funcția care exprimă limita duratei de viață poate fi utilizată pentru a estima evoluția uzurii indiferent de tipul de piesă examinată. În aceste condiții, tehnica propusă de autor poate fi un instrument rapid pentru evaluarea gradului de uzură sau duratei de viață remanente a pieselor industriale. Procedura poate fi aplicată și în cazurile în care uzura se manifestă diferențiat pe suprafața pieselor. În acest caz trebuie efectuată o evaluare prealabilă a extinderii suprafețelor cu grade diferite de uzură. Metoda propusă poate fi extinsă la orice categorie de material sau piesă, cu condiția ca, mai întâi, să fie identificată funcția ratei de defectare, eventual prin experiment de laborator;
- Rezultatele obținute în urma experimentelor in-situ au condus la următoarele concluzii:
 - Evoluția pierderii de grosime pentru proba S (zborul original) confirmă dezvoltarea unei uzuri neuniforme pe profilul zborurilor (Figura 7.1) zonele cele mai afectate fiind cele corespunzătoare intervalelor de marcaj 14 – 26;
 - Duritatea materialelor depuse nu exercită o influență notabilă asupra comportării la uzare abrazivă, așa cum nici gradul de durificare (Tabelul 7.2) nu oferă informații relevante în privința comportării la uzare. Depunerea unui al doilea strat de material dur a contribuit la creșterea durității stratului depus. Acest aspect nu prezintă, totuși, garanția unei mai bune comportări la uzare;
 - Aplicarea unor depuneri de materiale dure, prin sudare, are efecte contradictorii în privința comportării la uzare abrazivă, în funcție de tipul de material utilizat și forma de prezentare a acestuia;
 - Depunerile dure efectuate cu electrozi – SAFER R 400 și SAFER R 600, corespunzător probelor E400 și E600 – nu au avut un efect favorabil în ceea ce privește reducerea uzurii abrazive. În majoritatea situațiilor, aceste materiale au dovedit un comportament la uzare mai slab decât al materialului de bază. O posibilă explicație ar fi legată de atmosfera neprotectoare în care se realizează, uzual, sudarea cu electrozi înveliți;
 - Depunerile efectuate cu sârmă – Fluxofil 51 și Fluxofil 56, corespunzător probelor F51 și F56 – conduc la obținerea unor rezultate favorabile, îndeosebi în cazul utilizării materialului Fluxofil 51. Utilizarea sârmei Fluxofil 51 pentru acoperirea suprafeței de lucru a zborului a condus la aplatizarea (uniformizarea) tendinței de uzare accentuată în intervalul punctelor de măsurare 14 – 26, cele mai afectate de acest fenomen de degradare;
 - Depunerea unui al doilea strat de material dur nu conduce la creșteri importante ale rezistenței la uzare abrazivă. În consecință, nu se justifică aplicarea depunerilor dure în două straturi;
 - Se constată numeroase zone pe suprafața zborului, pe care s-au depus straturi dure, a căror grosime, după o anumită perioadă de funcționare, a scăzut sub valoarea de 8 mm, reprezentând grosimea unui zbor nou. Rezultă că, în aceste zone, în timpul funcționării, stratul/straturile depuse s-au desprins, particulele abrazive acționând directă supra

materialului de bază. Desprinderea se poate datora, în principal, unor condiții improprii de sudare – suprafața supusă depunerii insuficient curățată; aderență scăzută a stratului depus, ca urmare a unei pătrunderi reduse (depunerea efectuându-se prin sudare manuală, pe o suprafață cu geometrie complexă, variabilitatea parametrilor de sudare fiind greu de evitat) – sau unui impact foarte puternic determinat de masa și traiectoria aleatorii ale particulelor de agregate minerale;

- Reprezentările grafice, de tipul celor din Figura 7.4 și Figura 7.5., necesită o apreciere mai mult calitativă decât cantitativă datorită caracterului intens aleatoriu al fenomenelor de uzare care se produc prin impactul agregatelor minerale pe suprafața zborurilor. Sub acest aspect se poate aprecia că vitezele de uzare pot prezenta valori foarte diferite de la un zbor la altul, prin raportare la același punct de pe suprafața acestora dar, tendința evoluției uzurii - pe suprafața zborurilor și pe lungimea profilului acestora – este aceeași, așa cum reiese și din reprezentările din Figura 7.4;
- Rezultatele modelărilor au condus la următoarele concluzii:
 - Cele două modele Finnie dau rezultate similare, cu mici diferențe rezultate din considerarea cantității de particule efecte abrazive.
 - Cele două concepte ale uzării prin eroziune ale lui Hutchings conduc la diferențele observate în Tabelul 7.8 și Figura 7.9.
 - Ambele modele utilizate în studiul efectuat arată o creștere exponențială a vitezei de uzare abrazivă cu creșterea vitezei de impact, pentru aceiași parametri de calcul utilizați în modele.
 - Viteza uzării abrazive, estimată cu cel de-al doilea model Finnie, este mai mică decât cea evaluată cu primul model Finnie pentru toate cazurile analizate. Diferențele sunt date de faptul că procentul masic al particulelor abrazive, cu efectele de microașchiere este de 10% în cazul celui de-al doilea model, față de 50% în cazul primului model (ipotezele pe baza cărora sunt concepute cele două modele).
 - Conform modelelor Finnie, așa cum reiese din
 - Conform modelelor Finnie, așa cum reiese din Figura 7.10 și Figura 7.11, abraziunea generată de particule are intensitate maximă asupra materialelor analizate, pentru unghiuri de impact cu suprafața zborului având valori de 3° ÷ 5° .
 - Modelele matematice scot în evidență influența durtății suprafețelor erodate asupra uzării abrazive. Rezultatele grafice din Figura 7.7, Figura 7.8 și Figura 7.9 arată că o creștere a durtății conduce la o viteză a uzării mai mică. Totuși, în practică, aceste rezultate nu au fost confirmate pe deplin, ceea ce dovedește o dată în plus caracterul total aleator – se poate spune, chiar, imprevizibil - manifestat de fenomenele de uzare specifice funcționării zborurilor uscătoarelor rotative orizontale din stațiile de fabricare a amestecurilor asfaltice.
 - Analizând evoluția vitezei de uzare în funcție de unghiul de incidență (unghiul la care particulele de agregat mineral lovesc suprafața superioară posterioară a zborurilor), se observă că uzura maximă apare la valori scăzute ale unghiului de incidență. Această

situație corespunde în principal deplasării, cu frecare, a particulelor de agregat pe suprafața zborurilor. De aici se poate trage concluzia că uzarea zborurilor se datorează, în principal, frecării particulelor de agregat mineral pe suprafața posterioară a acestora și, într-o măsură mai mică, lovirii suprafeței zborurilor de către particulele de agregat care cad din sectorul superior al secțiunii uscătorului, în timpul perioadei de descărcare/dispersare.

Rezultatele obținute în urma cercetărilor efectuate în cadrul tezei de doctorat contribuie, cu certitudine, la înțelegerea mai bună a fenomenelor ce însoțesc funcționarea uscătoarelor de tip tambur rotativ orizontal și la identificarea unor soluții tehnice/tehnologice adecvate aplicațiilor în care se utilizează astfel de echipamente.

Pe baza programelor de cercetare prezentate în cadrul tezei de doctorat și a rezultatelor obținute în urma derulării acestora, se pot evidenția următoarele contribuții originale, ale autorului, în domeniul temei studiate:

- Analiza și sistematizarea surselor bibliografice referitoare la funcționarea uscătoarelor rotative orizontale utilizate pentru uscarea agregatelor minerale, în cadrul stațiilor de preparare a mixturilor asfaltice;
- Modelarea fenomenelor de dispersare a particulelor abrazive – utilizând modele de particule poliedrice complexe - în interiorul uscătoarelor rotative orizontale în scopul optimizării traiectoriilor acestora;
- Dezvoltarea - aplicând metoda de calcul numeric cu elemente discrete (DEM), cu utilizarea produsului software Rocky 2022 R2 și programul de prelucrare a imaginilor ImageJ - metodei de determinare a condițiilor optime de operare pentru uscătoarele rotative orizontale (turația tamburului, grad de umplere al tamburului), având zboruri cu forme diverse, în scopul eficientizării uscării agregatelor minerale;
- Simularea proceselor de dispersare a particulelor de agregate minerale, prin analiză numerică folosind DEM, pentru a evidenția influența formei zborurilor asupra eficienței gradului de dispersie pentru agregatele minerale, prin raportare la aria suprafeței ocupate de particulele dispersate în zona activă a tamburului;
- Dezvoltarea unui program experimental complex care a vizat studierea, în laborator, a comportării diferitelor materiale metalice (oțeluri) în condițiile simulării mediului de operare – particule abrazive și umiditate - al zborurilor în interiorul uscătoarelor;
- Cercetarea, prin metode tribologice experimentale, a fenomenelor de uzare specifice materialelor folosite la fabricarea zborurilor uscătorului rotativ (bazat pe analiza uzurii abrazive/abraziv-erozivă a zborurilor), utilizând testerul Baroid;
- Cercetarea, prin metode experimentale, utilizând un stand proiectat și construit de doctorand, a comportării la uzare pentru diferite materiale propuse spre a fi utilizate la fabricarea zborurilor uscătoarelor;
- Determinarea parametrilor electrochimici care influențează comportamentul la coroziune al materialelor utilizate – sau posibil a fi utilizate - la fabricarea zborurilor din componența uscătoarelor rotative orizontale din industria mixturilor asfaltice;

- Propunerea unei metode de estimare a duratei de viață a zborurilor uscătoarelor rotative, pe baza rezultatelor experimentale obținute în laborator. Fenomenul de uzură a fost modelat luând în considerare atât varianta uzurii uniforme, cât și varianta uzurii distribuită diferențiat pe suprafața activă a zborului;
- Dezvoltarea unui program experimental, desfășurat in situ, care a vizat îmbunătățirea comportării la uzare a materialelor utilizate la confecționarea zborurilor (o bună parte a acestor materiale au fost utilizate în cadrul programelor experimentale care fac obiectul tezei). S-a adoptat metoda depunerii de straturi dure, prin sudare, pe suprafața activă a zborurilor. Depunerile s-au executat sub forma unor probe – având la bază zborurile originale ale uscătorului rotativ Benninghoven ECO 2000 - reprezentate de cordoane de sudură depuse pe lungimea profilului zborurilor;
- Modelarea matematică a fenomenelor de uzare abrazivă (eroziv-abrazivă) care caracterizează zborurile uscătoarelor rotative orizontale. S-au utilizat modelele Finnie și Hutchings, având acuratețea cea mai mare pentru analiza acestor fenomene;
- Proiectarea, realizarea practică și utilizarea în cadrul programelor experimentale a unui stand care reproduce, la scară redusă, uscătorul rotativ orizontal care a făcut obiectul studiilor dezvoltate în teza de doctorat.

Cea mai mare parte a rezultatelor prezentate în conținutul tezei de doctorat au fost publicate în lucrări științifice sau comunicate în cadrul unor manifestări științifice, ori au constituit subiect pentru publicarea unui brevet de invenție, la care doctorandul a fost prim autor sau coautor, așa cum se prezintă în continuare:

- Marius Gabriel Petrescu, Aristia-Ioana Popovici, **Andrei Burlacu**, Gheorghe Dan Isbășoiu, Eugen Laudacescu, Teodor Dumitru and Maria Tănase, Modeling of Flight-Specific Degradation Phenomena in Rotary Dryers Used in the Asphalt Industry, in *Lubrication Science - Challenges and Emerging Technologies*, 15 July 2025, DOI: 10.5772/intechopen.1011562, <https://www.intechopen.com/profiles/643065> , ISBN 978-1-83635-027-9 [111]
- **A I Burlacu**, M Tănase , C Ilincă și M G Petrescu, Optimizing the trajectory of aggregates in drying units from the asphalt plants, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1262 (2022) 012003, (ISI Proceedings) doi:10.1088/1757-899X/1262/1/012003, IOP Publishing, 2022 [70];
- **Andrei Burlacu**, Marius Gabriel Petrescu, Teodor Dumitru, Adrian Niță, Maria Tănase, Eugen Laudacescu, Ibrahim Ramadan, Costin Ilinca, Numerical Approach Regarding the Effect of the Flight Shape on the Performance of Rotary Dryers from Asphalt Plants, *Processes*, 2022, 10, 2339, <https://doi.org/10.3390/pr10112339> [71]
- **Burlacu, A. I.**; Tănase M.; Ilincă, C.; Petrescu M. G., Optimizing the trajectory of aggregates in drying units from the asphalt plant, *The 10th International Conference on Advanced Concepts in Mechanical Engineering – ACME 2022*, Mechanical Engineering Faculty, in the „Gheorghe Asachi” Technical University of Iasi, Romania, 09-10 June 2022 [112]
- Adrian Niță, Marius Gabriel Petrescu , Teodor Dumitru, **Andrei Burlacu**, Maria Tănase, Eugen Laudacescu, Ibrahim Ramadan, Experimental Research on the Wear Behavior of Materials

Used in the Manufacture of Components for Cement Concrete Mixers, **Materials**, **2023**, Volume 16, Issue 6, 2326, <https://doi.org/10.3390/ma16062326> [26]

- Petrescu, M.G.; Ripeanu, R.G.; Laudacescu, E.; Tanase, M.; Niță, A.; **Burlacu, A.** Characterization of Materials Used in the Concrete Industry, from the Point of View of Corrosion Behavior. *Coatings* **2024**, *14*, 800. <https://doi.org/10.3390/coatings14070800> [84]
- **A. Burlacu**, M.G. Petrescu, R.G. Ripeanu, T. Dumitru, E.V. Laudacescu, I.N. Ramadan, A. (blades), 18 th International Conference on Tribology, SERBIATRIB '23, Kragujevac, Serbia, 17-19 May 2023, pag. 475-484, Proceedings, ISBN: 978-86-6335-103-5 [83]
- **Andrei Burlacu** , Marius Gabriel Petrescu , Răzvan George Ripeanu , Teodor Dumitru , Eugen Victor Laudacescu , Ibrahim Naim Ramadana , Adrian Niță, Experimental Investigations on Wear Phenomena Specific to Rotary Dryer Flights (Blades), in Tribology in Industry, Vol. 46, No. 1 (2024) 56-65, DOI: 10.24874/ti.1549.08.23.10 [113]
- Petrescu, M.G.; **Burlacu, A.***; Isbășoiu, G.D.; Dumitru, T.; Tănase, M. Estimating the Lifetime of Rotary Dryer Flights Based on Experimental Data. *Processes* **2024**, *12*, 993. <https://doi.org/10.3390/pr12050993> [99]
- Niță, A.; Laudacescu, E.; Petrescu, M.G.; Dumitru, T.; **Burlacu, A.**; Bădoiu, D.G.; Tănase, M. Experimental Research Regarding the Effect of Mineral Aggregates on the Wear of Mixing Blades of Concrete Mixers. **Materials** **2023**, *16*, 5047. doi: [10.3390/ma16145047](https://doi.org/10.3390/ma16145047) [114]
- Adrian Niță, Marius Gabriel Petrescu, Teodor Dumitru, **Andrei Burlacu** , Maria Tănase, Eugen Laudacescu, Ibrahim Ramadan, *Correlating the Wear Resistance of Mixer Blade Materials with Chemical Composition under Accelerated Conditions: An Experimental Study on Cement Concrete Mixer Component Durability*, International Virtual Conference on Materials Science and Engineering, Materials Science Meeting 2023 (Recent Research, Cutting-edge technologies and innovations in materials science and engineering), june 16-17, **2023** [115]
- Maria TANASE, Marius Gabriel PETRESCU, **Andrei BURLACU**, Enhancing rotary dryer efficiency in asphalt mixture production through flight shape optimization: a dem-based investigation, 1st International Congress of Social Sciences October 20-21, 2023/ KONYA, Turcia, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.intelliserve.com.tr/wp-content/uploads/2023/12/doc.pdf> [116]
- Petrescu Marius Gabriel, **Burlacu Andrei**, Laudacescu Eugen, Tănase Maria, Stand pentru studiul fenomenului de uzare a palelor (zborurilor) din componența uscătoarelor cu tambur rotativ, utilizate pentru uscarea materialelor pulverulente de diferite dimensiuni și configurații , Cerere Brevet de invenție, RO-BOPI 2/2025 din 28.02.2025/ G01L 5/28

Tema tezei de doctorat oferă, în continuare, posibilități de studiere a fenomenelor complexe care caracterizează funcționarea uscătoarelor rotative orizontale, în general, și a celor destinate uscării agregatelor minerale, în particular. Dintre direcțiile de continuare a cercetărilor se pot menționa:

- Includerea în cadrul simulărilor DEM a fenomenelor termice generate de efectul flăcării la interiorul uscătorului. În acest caz – considerând diferite grade de umiditate la nivelul agregatelor minerale – se vor suprapune efectele tribologice peste cele de natură termică;

- Aplicarea unor procedee de sudare automatizate/robotizate în vederea dezvoltării unor straturi dure depuse pe suprafețele active ale zborurilor și studierea comportării acestora în exploatare;
- Identificarea unor materiale cu rezistență superioară la uzare, a căror utilizare pentru fabricarea zborurilor să răspundă inclusiv criteriilor de eficiență economică și tehnologică;
- Studierea efectului numărului și poziției zborurilor – prin raportare la axa uscătorului – asupra eficienței procesului de uscare, în corelație cu forma geometrică a zborurilor.

Teza de doctorat, prin modelele și programele experimentale dezvoltate, prin rezultatele obținute – multe dintre acestea demonstrând aplicabilitate în practica industrială – și prin aspectele inovatoare evidențiate, considerăm că reprezintă o contribuție importantă la dezvoltarea cunoașterii și operării utilajelor tehnologice pentru uscarea materialelor pulverulente.

BIBLIOGRAFIE

1. Babilonul Si Vechiul Testament Available online: https://www.academia.edu/36486390/Babilonul_si_vechiul_testament (accessed on 1 April 2025).
2. Asphalt Mixing Plants | Asphalt Production | Benninghoven Available online: <https://www.wirtgen-group.com/ocs/en-be/benninghoven/asphalt-mixing-plant-105592-c/> (accessed on 29 July 2025).
3. Lisboa, M.H.; Vitorino, D.S.; Delaiba, W.B.; Finzer, J.R.D.; Barrozo, M.A.S. A Study of Particle Motion in Rotary Dryer. *Braz. J. Chem. Eng.* **2007**, *24*, 365–374, doi:10.1590/S0104-66322007000300006.
4. Revol, D.; Briens, C.L.; Chabagno, J.M. The Design of Flights in Rotary Dryers. *Powder Technology* **2001**, *121*, 230–238, doi:10.1016/S0032-5910(01)00362-X.
5. Silveira, J.C.; Lima, R.M.; Brandao, R.J.; Duarte, C.R.; Barrozo, M.A.S. A Study of the Design and Arrangement of Flights in a Rotary Drum. *Powder Technology* **2022**, *395*, 195–206, doi:10.1016/j.powtec.2021.09.043.
6. Karali, M.A.; Sunkara, K.R.; Herz, F.; Specht, E. Experimental Analysis of a Flighted Rotary Drum to Assess the Optimum Loading. *Chemical Engineering Science* **2015**, *138*, 772–779, doi:10.1016/j.ces.2015.09.004.
7. Nascimento, S.M.; Santos, D.A.; Barrozo, M.A.S.; Duarte, C.R. Solids Holdup in Flighted Rotating Drums: An Experimental and Simulation Study. *Powder Technology* **2015**, *280*, 18–25, doi:10.1016/j.powtec.2015.04.038.
8. Karali, M.A.; Specht, E.; Herz, F.; Mellmann, J.; Refaey, H.A. Unloading Characteristics of Flights in a Flighted Rotary Drum Operated at Optimum Loading. *Powder Technology* **2018**, *333*, 347–352, doi:10.1016/j.powtec.2018.04.052.
9. Silvério, B.C.; Arruda, E.B.; Duarte, C.R.; Barrozo, M.A.S. A Novel Rotary Dryer for Drying Fertilizer: Comparison of Performance with Conventional Configurations. *Powder Technology* **2015**, *270*, 135–140, doi:10.1016/j.powtec.2014.10.030.
10. Hellou, M.; Lominé, F.; Benhsine, I.; Roques, Y. Theoretical Description of the Motion of a Particle in Rotary Dryer. *Can J Chem Eng* **2019**, *97*, 103–114, doi:10.1002/cjce.23213.
11. Mellmann, J. The Transverse Motion of Solids in Rotating Cylinders—Forms of Motion and Transition Behavior. *Powder Technology* **2001**, *118*, 251–270, doi:10.1016/S0032-5910(00)00402-2.
12. Ghasemi, A.; Hasankhoei, A.; Parsapour, G.; Razi, E.; Banisi, S. A Combined Physical and DEM Modelling Approach to Improve Performance of Rotary Dryers by Modifying Flights Design. *Drying Technology* **2021**, *39*, 548–565, doi:10.1080/07373937.2020.1711522.
13. Silveira, J.C.; Brandao, R.J.; Lima, R.M.; Machado, M.V.C.; Barrozo, M.A.S.; Duarte, C.R. A Fluid Dynamic Study of the Active Phase Behavior in a Rotary Drum with Flights of Two and Three Segments. *Powder Technology* **2020**, *368*, 297–307, doi:10.1016/j.powtec.2020.04.051.
14. Xie, L.; Yang, L.; Su, L.; Xu, S.; Zhang, W. A Novel Rotary Dryer Filled with Alumina Ceramic Beads for the Treatment of Industrial Wastewaters: Numerical Simulation and Experimental Study. *Processes* **2021**, *9*, 862, doi:10.3390/pr9050862.
15. L. Le Guen F. Huchet P. Tamagny Drying and Heating Modelling of Granular Flow: Application to the Mix-Asphalt Processes. *JAFM* **2011**, *4*, doi:10.36884/jafm.4.03.11936.
16. Wen, H.; Zhang, K. Simulation of Aggregate Heating in Asphalt Plants. In Proceedings of the Pavement Materials, Structures, and Performance; American Society of Civil Engineers: Shanghai, China, May 5 2014; pp. 19–28.

17. Cimbola, Zdravko; Dolaček-Alduk, Zlata Managing Thermal Energy of Exhaust Gases in the Production of Asphalt Mixtures. *Teh. vjesn.* **2018**, 25, doi:10.17559/TV-20180313124037.
18. Jullien, A.; Gaudefroy, V.; Ventura, A.; De La Roche, C.; Paranhos, R.; Monéron, P. Airborne Emissions Assessment of Hot Asphalt Mixing: Methods and Limitations. *Road Materials and Pavement Design* **2010**, 11, 149–169, doi:10.1080/14680629.2010.9690264.
19. Zhang, L.; Jiang, Z.; Weigler, F.; Herz, F.; Mellmann, J.; Tsotsas, E. PTV Measurement and DEM Simulation of the Particle Motion in a Flighted Rotating Drum. *Powder Technology* **2020**, 363, 23–37, doi:10.1016/j.powtec.2019.12.035.
20. Gu, C.; Li, P.; Yuan, Z.; Yan, Y.; Luo, D.; Li, B.; Lu, D. A New Corrected Formula to Predict Mean Residence Time of Flexible Filamentous Particles in Rotary Dryers. *Powder Technology* **2016**, 303, 168–175, doi:10.1016/j.powtec.2016.08.011.
21. Benhsine, I.; Hellou, M.; Lominé, F.; Roques, Y. Influence of Flight Shape on Discharging Profiles of Granular Material in Rotary Dryer. *EPJ Web Conf.* **2017**, 140, 03023, doi:10.1051/epjconf/201714003023.
22. Pruthviraj Savalagi, H.C.Chittappa FLIGHT DESIGN FOR ROTARY BAGASSE DRYER. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* **2017**, 4.
23. Katinas, E.; Chotěborský, R.; Linda, M.; Kuře, J. Sensitivity Analysis of the Influence of Particle Dynamic Friction, Rolling Resistance and Volume/Shear Work Ratio on Wear Loss and Friction Force Using DEM Model of Dry Sand Rubber Wheel Test. *Tribology International* **2021**, 156, 106853, doi:10.1016/j.triboint.2021.106853.
24. Arruda, E.B.; Façanha, J.M.F.; Pires, L.N.; Assis, A.J.; Barrozo, M.A.S. Conventional and Modified Rotary Dryer: Comparison of Performance in Fertilizer Drying. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* **2009**, 48, 1414–1418, doi:10.1016/j.cep.2009.07.007.
25. Ghasemi, A.; Hasankhoei, A.; Razi, E.; Parsapour, G.; Banisi, S. Increasing Drying Efficiency by Modifying the Design of Feed Chute of the Gol-e-Gohar Pelletizing Plant Ball Mill. *Journal of Mining and Environment* **2018**, doi:10.22044/jme.2018.7447.1599.
26. Niță, A.; Petrescu, M.G.; Dumitru, T.; **Burlacu**, A.; Tănase, M.; Laudacescu, E.; Ramadan, I. Experimental Research on the Wear Behavior of Materials Used in the Manufacture of Components for Cement Concrete Mixers. *Materials* **2023**, 16, 2326, doi:10.3390/ma16062326.
27. Jungedal, M. Mild Impact Wear in a Concrete Mixer, An Evaluation of Wet Abrasive Wear. Master thesis, Royal Institute of Technology Department of Material Science and Engineering: Stockholm, Sweden, 2012.
28. Fasano, J.; Janz, E.E.; Myers, K. Design Mixers to Minimize Effects of Erosion and Corrosion Erosion. *International Journal of Chemical Engineering* **2012**, 2012, 1–8, doi:10.1155/2012/171838.
29. López, D.; Congote, J.P.; Cano, J.R.; Toro, A.; Tschiptschin, A.P. Effect of Particle Velocity and Impact Angle on the Corrosion–Erosion of AISI 304 and AISI 420 Stainless Steels. *Wear* **2005**, 259, 118–124, doi:10.1016/j.wear.2005.02.032.
30. Khalid, Y.A.; Sapuan, S.M. Wear Analysis of Centrifugal Slurry Pump Impellers. *Industrial Lubrication and Tribology* **2007**, 59, 18–28, doi:10.1108/00368790710723106.
31. Sapate, S.G.; RamaRao#, A.V. Effect of Erodent Particle Hardness on Velocity Exponent in Erosion of Steels and Cast Irons. *Materials and Manufacturing Processes* **2003**, 18, 783–802, doi:10.1081/AMP-120024975.
32. Blau, P.J. *Wear of Materials*; Elsevier, 2003; ISBN 978-0-08-044301-0.
33. Machado, Á.R.; Diniz, A.E. Tool Wear Analysis in the Machining of Hardened Steels. *Int J Adv Manuf Technol* **2017**, 92, 4095–4109, doi:10.1007/s00170-017-0455-2.

34. Kumar, S.S.; Hiremath, S.S. A Review on Abrasive Flow Machining (AFM). *Procedia Technology* **2016**, *25*, 1297–1304, doi:10.1016/j.protcy.2016.08.224.
35. Jawahir, I.S.; Brinksmeier, E.; M'Saoubi, R.; Aspinwall, D.K.; Outeiro, J.C.; Meyer, D.; Umbrello, D.; Jayal, A.D. Surface Integrity in Material Removal Processes: Recent Advances. *CIRP Annals* **2011**, *60*, 603–626, doi:10.1016/j.cirp.2011.05.002.
36. Grasser, D.; Corujeira Gallo, S.; Pereira, M.; Barnett, M. Experimental Investigation of the Effect of Insert Spacing on Abrasion Wear Resistance of a Composite. *Wear* **2022**, 494–495, 204277, doi:10.1016/j.wear.2022.204277.
37. Zhang, H.; Feng, P.; Ying, W. Abrasive Wear and Optimal Installation Angle of Concrete Double-Horizontal Shaft Mixer Stirring Blades. *SN Appl. Sci.* **2020**, *2*, 1067, doi:10.1007/s42452-020-2775-3.
38. Jensen, L.R.D.; Fundal, E.; Møller, P.; Jespersen, M. Wear Mechanism of Abrasion Resistant Wear Parts in Raw Material Vertical Roller Mills. *Wear* **2011**, *271*, 2707–2719, doi:10.1016/j.wear.2011.03.018.
39. WEST VIRGINIA DIVISION OF HIGHWAYS ASPHALT PLANT TECHNICIAN INSTRUCTION MANUAL Available online: <https://transportation.wv.gov/highways/mcst/Documents/Technician%20Manuals/2017%20Asphalt%20Plant%20Technician%20Instruction%20Manual.pdf> (accessed on 29 July 2025).
40. Constantin Daniel *Civilizatia Sumeriana*; Sport-Turism, 1983;
41. Cine a Inventat Asfaltul - Inventatorul Asfaltului Available online: <https://www.cineainventat.ro/asfaltul/> (accessed on 1 April 2025).
42. Gudron - Wikipedia Available online: <https://ro.wikipedia.org/wiki/Gudron> (accessed on 30 July 2025).
43. Asfalt - Wikipedia Available online: <https://ro.wikipedia.org/wiki/Asfalt> (accessed on 30 July 2025).
44. Pea Gravel: Versatile Beauty and Functionality for Your Landscaping Projects Available online: <https://www.goldengardenssupply.com/shop-landscaping-supplies/pea-gravel/> (accessed on 30 July 2025).
45. Stone in Chapin, SC Available online: <https://www.theoriginallandscapesupply.com/store/57-Stone-p378856237> (accessed on 30 July 2025).
46. Reglementarea Tehnică “Normativ Privind Mixturile Asfaltice Executate La Cald. Condiții Tehnice de Proiectare, Preparare Și Punere În Operă a Mixturilor Asfaltice”. Indicativ AND 605-2016, Din 29.11.2017 Actualizat 2025 - Lege5.Ro Available online: <https://lege5.ro/gratuit/gi3dsmzrga3a/reglementarea-tehnica-normativ-privind-mixturile-asfaltice-executate-la-cald-conditii-tehnice-de-proiectare-preparare-si-punere-in-opera-a-mixturilor-asfaltice-indicativ-and-605-2016-din-29112017> (accessed on 9 April 2025).
47. ÎMBRĂCĂMINȚI RUTIERE BITUMINOASE: https://www.ct.upt.ro/studenti/cursuri/lucaci/Imbr_rutiere_bitum.pdf (accessed on 30 July 2025).
48. Denumirea, Simbolul Și Notarea Mixturilor Asfaltice : https://lege5.ro/Gratuit/gi3dsmzrga3a/denumirea-simbolul-si-notarea-mixturilor-asfaltice-prezentate-in-tabelul-1-sunt-in-conformitate-cu-cerintele-seriei-de-standarde-sr-en-13108-reglementare-capitolul-i-generalitati-sectiunea-a-2-a-defin?dp=gi2tenrwgu2daoa#google_vignette (accessed on 30 July 2025).
49. Asphalt Batch MIXing Hot-Mix-Plant Batch Type - SOLID 1972 Available online: <https://solid1972.com/product/batch-mix-plant-single-tower/> (accessed on 30 July 2025).

50. DUEX Industrial Systems in Mumbai Available online: <https://duex.nowfloats.com/> (accessed on 30 July 2025).
51. Drying Drum in Asphalt Mixing Plant: Role, Components & Maintenance Available online: <https://www.zoomline.com.cn/the-role-of-the-drying-drum-in-asphalt-mixing-plant/> (accessed on 30 July 2025).
52. Introduction to Rotary Dryers | Processing Magazine Available online: <https://www.processingmagazine.com/material-handling-dry-wet/powder-bulk-solids/article/53042431/introduction-to-rotary-dryers> (accessed on 30 July 2025).
53. https://www.tilindia.in/Assets/Pdf/Astec_Double_Barrel.Pdf Available online: https://www.tilindia.in/assets/pdf/Astec_Double_Barrel.pdf (accessed on 30 July 2025).
54. Dryer Selection: Counter Flow vs Parallel Flow - Tarmac International Inc. Available online: <https://tarmacinc.com/dryer-selection-counter-flow-vs-parallel-flow/> (accessed on 30 July 2025).
55. https://www.wirtgen-group.com/Binary/Full/o228335v95_Dryer_drum_Highlight_flyer_enGB.Pdf Available online: https://www.wirtgen-group.com/binary/full/o228335v95_Dryer_drum_Highlight_flyer_enGB.pdf (accessed on 30 July 2025).
56. | AsphaltPro Magazine | ADM's EX Series Single-Drum Counterflow System Available online: <https://theasphaltpro.com/articles/adms-ex-series-single-drum-counterflow-system/> (accessed on 30 July 2025).
57. Aggregate Data Aids Hot Mix Asphalt Production | Global Highways Available online: <https://www.globalhighways.com/wh6/feature/aggregate-data-aids-hot-mix-asphalt-production> (accessed on 30 July 2025).
58. Cartea Tehnica Statie Asfalt Mba 160 - Benninghoven | PDF Available online: <https://ro.scribd.com/document/622761216/Cartea-Tehnica-Statie-Asfalt-Mba-160-Benninghoven> (accessed on 30 July 2025).
59. Uscator Cu Tambur Rotativ Idd (Incalzire Si Uscare Directa) Available online: <https://calorset.all.biz/uscator-cu-tambur-rotativ-idd-incalzire-si-uscare-g88087> (accessed on 30 July 2025).
60. How to Change Flights on Dryers and Drum Mixers | AsphaltPro Magazine | How to Change Drum Flights Available online: <https://theasphaltpro.com/articles/how-to-change-drum-flights/> (accessed on 30 July 2025).
61. Ajayi, O.O.; Sheehan, M.E. Application of Image Analysis to Determine Design Loading in Flighted Rotary Dryers. *Powder Technology* **2012**, *223*, 123–130, doi:10.1016/j.powtec.2011.05.013.
62. Niță, A.; Laudacescu, E.; Ramadan, I.N.; Petrescu, M.G. An Example for Determining the Physical Parameters Used in DEM Modelling for the Interaction Process between Aggregates and Working Equipment. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **2022**, *1262*, 012028, doi:10.1088/1757-899X/1262/1/012028.
63. Kešner, A.; Chotěborský, R.; Linda, M.; Hromasová, M.; Katinas, E.; Sutanto, H. Stress Distribution on a Soil Tillage Machine Frame Segment with a Chisel Shank Simulated Using Discrete Element and Finite Element Methods and Validate by Experiment. *Biosystems Engineering* **2021**, *209*, 125–138, doi:10.1016/j.biosystemseng.2021.06.012.
64. Lvov, V.; Chitalov, L. Semi-Autogenous Wet Grinding Modeling with CFD-DEM. *Minerals* **2021**, *11*, 485, doi:10.3390/min11050485.

65. Workshop 01 - Transfer Chute - PDFCOFFEE.COM Available online: <https://pdfcoffee.com/workshop-01-transfer-chute-4-pdf-free.html> (accessed on 31 July 2025).
66. Philbert Muhayimana, Process Optimization of a Small Scale Ball Mill for Mineral Processing Using Discrete Element Method, Master of Science Thesis, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, 2019.
67. Rocky User Manual. **2025**.
68. Nakamura, H.; Takimoto, H.; Kishida, N.; Ohsaki, S.; Watano, S. Coarse-Grained Discrete Element Method for Granular Shear Flow. *Chemical Engineering Journal Advances* **2020**, 4, 100050, doi:10.1016/j.cej.2020.100050.
69. Dumitru, T.; Ilincă, C.; Tănase, M. Influence of Technological Parameters on the Behaviour in Operation of the Asphalt Milling Equipment. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **2022**, 1262, 012018, doi:10.1088/1757-899X/1262/1/012018.
70. **Burlacu**, A.I.; Tănase, M.; Ilincă, C.; Petrescu, M.G. Optimizing the Trajectory of Aggregates in Drying Units from the Asphalt Plants. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **2022**, 1262, 012003, doi:10.1088/1757-899X/1262/1/012003.
71. **Burlacu**, A.; Petrescu, M.G.; Dumitru, T.; Niță, A.; Tănase, M.; Laudacescu, E.; Ramadan, I.; Ilincă, C. Numerical Approach Regarding the Effect of the Flight Shape on the Performance of Rotary Dryers from Asphalt Plants. *Processes* **2022**, 10, 2339, doi:10.3390/pr10112339.
72. Herea-Buzatu C-Tin, Uzarea Organelor de Săpare Ale Mașinilor de Construcții, ISBN 978-973-7636-55-3, Ed. Proxima, București, 2008;
73. UZAREA SI TIPURILE DE UZURI CE APAR IN FUNCTIONAREA MASINILOR, UTILAJELOR SI INSTALATIILOR Uzarea Si Influenta Ei Asupra Duratei de Functionare a Masinilor, Utilajelor Si Instalatiilor Available online: https://www.academia.edu/32916390/UZAREA_SI_TIPURILE_DE_UZURI_CE_APAR_IN_FUNCTIONAREA_MASINILOR_UTILAJELOR_SI_INSTALATIILOR_Uzarea_si_influenta_ei_asupra_duratei_de_functionare_a_masinilor_utilajelor_si_instalatiilor (accessed on 1 August 2025).
74. [Http://Www.Omtr.Pub.Ro/Didactic/Tribosisteme/Cap8.Pdf](http://Www.Omtr.Pub.Ro/Didactic/Tribosisteme/Cap8.Pdf) Available online: <http://www.omtr.pub.ro/didactic/tribosisteme/cap8.pdf> (accessed on 1 August 2025).
75. [Https://Doctorat.Upg-Ploiesti.Ro/Images/Doctorat/Anunturi_doctorat/2017/SNM/Rezumatul_tezei_de_doctorat.Pdf](https://Doctorat.Upg-Ploiesti.Ro/Images/Doctorat/Anunturi_doctorat/2017/SNM/Rezumatul_tezei_de_doctorat.Pdf) Available online: https://doctorat.upg-ploiesti.ro/images/Doctorat/Anunturi_doctorat/2017/SNM/Rezumatul_tezei_de_doctorat.pdf (accessed on 1 August 2025).
76. ASM Handbook, Volume 18. Friction, Lubrication and Wear Technology. ASM International, USA. 1995.;
77. Osara K., Characterization of Abrasion, Impact-Abrasion and Impact Wear of Selected Materials. Doctoral Thesis. Tampere University of Technology, Finland. 2001.
78. Hawk J.A. et al., in Modern Tribology Handbook (Ed. B. Bhushan). Volume 2. Materials, Coatings and Industrial Applications. CRC Press, USA. 2001.;
79. Rîpă M., Deleanu L., Deteriorări În Tribosisteme, Editura Zigotto, Galați 2008.;
80. Neale M.L., Gee M., Guide to Wear Problems and Testing for Industry, Professional Engineering Publishing Limited London and Bury St. Edmunds, UK, 2000;
81. Godet, Maurice. "The Third-Body Approach: A Mechanical View of Wear." *Wear* 100 (1984): 437-452.

82. A. **Burlacu**, Contribuții La Creșterea Durabilității Unităților de Uscare Din Stațiile de Producere a Mixturilor Asfaltic, Raport de Cercetare Științifică Nr. 3 La Teza de Doctorat, 2023, Ploiești;
83. A. **Burlacu**, M.G. Petrescu, R.G. Rîpeanu, T. Dumitru, E.V. Laudacescu, I.N. Ramadan, A. Niță, Experimental Investigations on Wear Phenomena Specific to Rotary Dryer Flights (Blades). In Proceedings of the Proceedings; Kragujevac, Serbia, May 17 2023; pp. 475–484.
84. Petrescu, M.G.; Ripeanu, R.G.; Laudacescu, E.; Tanase, M.; Niță, A.; **Burlacu**, A. Characterization of Materials Used in the Concrete Industry, from the Point of View of Corrosion Behavior. *Coatings* **2024**, *14*, 800, doi:10.3390/coatings14070800.
85. *ASTM A29/A29M-23 Standard Specification for General Requirements for Steel Bars, Carbon and Alloy, Hot-Wrought*; **2023**.
86. *EN 10083- Steels for Quenching and Tempering*; **2006**.
87. *EN 10025 - Hot Rolled Products of Structural Steels*; **2019**.
88. SR EN ISO 6507-1:2018 - Metallic Materials. Vickers Hardness Test. Part 1: Test Method.
89. SR EN ISO 6506-1:2015 - Metallic Materials.
90. Dangar, S; Sen, A.; Mukherjee, S Optimization of Surface Roughness Parameters through Regression Model Analysis. *Int. J. Eng. Res. Technol.* **2014**, *3*.
91. ISO 4287:1997 Geometrical Product Specifications (GPS) — Surface Texture: Profile Method — Terms, Definitions and Surface Texture Parameters.
92. Cimpoeșu, R.; Roman, A.-M. COROZIUNEA SUPRAFETELOR - Aplicații -. **2023**.
93. Mansfeld, F. Simultaneous Determination of Instantaneous Corrosion Rates and Tafel Slopes from Polarization Resistance Measurements. *J. Electrochem. Soc.* **1973**, *120*, 515, doi:10.1149/1.2403489.
94. Dudu, C.; Drumeanu, A.C.; Ripeanu, R.G.; Dinita, A. Some Considerations Regarding the Influence of Working Conditions on the Corrosion Wear of the Injection Water Treatment Plant Equipment. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* **2020**, *724*, 012033, doi:10.1088/1757-899X/724/1/012033.
95. Ripeanu, R.G.; Ispas, V.; D, I. Austenitic Stainless Steel Type AISI 316L Corrosive Behaviour in Hair Shampoo Medium. *Journal of the Balkan Tribological Association* **2012**, *18*, 36–43.
96. *Handbook of Cathodic Corrosion Protection*; 1997; ISBN 978-0-88415-056-5.
97. *Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements.*; ASTM G5-94;
98. *Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens*; ASTM G1-90;
99. Petrescu, M.G.; **Burlacu**, A.; Isbășoiu, G.D.; Dumitru, T.; Tănase, M. Estimating the Lifetime of Rotary Dryer Flights Based on Experimental Data. *Processes* **2024**, *12*, 993, doi:10.3390/pr12050993.
100. Białobrzaska, B.; Jasiński, R. Correction: Białobrzaska, B.; Jasiński, R. Resistance to Abrasive Wear with Regards to Mechanical Properties Using Low-Alloy Cast Steels Examined with the Use of a Dry Sand/Rubber Wheel Tester. *Materials* **2023**, *16*, 3052. *Materials* **2023**, *16*, 7152, doi:10.3390/ma16227152.
101. Hruscirov, M. M.; Babicev, M. A Resistance to Abrasive Wear of Structurally Inhomogeneous Materials. *Friction and Wear in Machinery* **1958**, *12*, 5–24.

102. Hunt, T. M., - *Handbook of Wear Debris Analysis and Particle Detection in Liquids*, Elsevier Applied Science, London, 1993;
103. Hutchings, I.M. A Model for the Erosion of Metals by Spherical Particles at Normal Incidence. *Wear* **1981**, 70, 269–281, doi:10.1016/0043-1648(81)90347-1.
104. Tudor, A.; Vlase, M. *Uzarea Materialelor (Materials Wear)*; Editura Bren: Bucharest, Romania, 2010;
105. *EN 14700:2022 Welding Consumables - Welding Consumables for Hard-Facing*;
106. *ISO 14175:2008 Welding Consumables — Gases and Gas Mixtures for Fusion Welding and Allied Processes*;
107. DNV-RP-O501 Managing Sand Production and Erosion Available online: <https://www.dnv.com/energy/standards-guidelines/dnv-rp-o501-managing-sand-production-and-erosion/> (accessed on 17 March 2025).
108. Finnie, I. Erosion of Surfaces by Solid Particles. *Wear* **1960**, 3, 87–103, doi:10.1016/0043-1648(60)90055-7.
109. Finnie, I. Some Observations on the Erosion of Ductile Metals. *Wear* **1972**, 19, 81–90, doi:10.1016/0043-1648(72)90444-9.
110. Tabor, D., - *The Hardness of Metals*, Clarendon, Oxford, 1951;
111. Petrescu, M.G.; Popovici, A.-I.; **Burlacu**, A.; Isbășoiu, G.D.; Laudacescu, E.; Dumitru, T.; Tănase, M. Modeling of Flight-Specific Degradation Phenomena in Rotary Dryers Used in the Asphalt Industry. In *Lubrication Science - Challenges and Emerging Technologies*; Soni, D.S., Pandya, D.S., Menghani, D.J.V., Eds.; IntechOpen: Rijeka, 2025.
112. **Burlacu**, A. I.; Tănase M.; Ilincă, C.; Petrescu M. G., Optimizing the Trajectory of Aggregates in Drying Units from the Asphalt Plant, The 10th International Conference on Advanced Concepts in Mechanical Engineering – ACME 2022, Mechanical Engineering Faculty, in the „Gheorghe Asachi” Technical University of Iasi, Romania, 09-10 June 2022.
113. **Burlacu**, A.; Gabriel Petrescu, M.; George Rîpeanu, R.; Dumitru, T.; Victor Laudacescu, E.; Naim Ramadana, I.; Niță, A. Experimental Investigations on Wear Phenomena Specific to Rotary Dryer Flights (Blades). *Tribol. Ind.* **2024**, 46, 56–65, doi:10.24874/ti.1549.08.23.10.
114. Niță, A.; Laudacescu, E.; Petrescu, M.G.; Dumitru, T.; **Burlacu**, A.; Bădoiu, D.G.; Tănase, M. Experimental Research Regarding the Effect of Mineral Aggregates on the Wear of Mixing Blades of Concrete Mixers. *Materials* **2023**, 16, 5047, doi:10.3390/ma16145047.
115. Adrian Niță, Marius Gabriel Petrescu, Teodor Dumitru, Andrei **Burlacu** , Maria Tănase, Eugen Laudacescu, Ibrahim Ramadan Correlating the Wear Resistance of Mixer Blade Materials with Chemical Composition under Accelerated Conditions: An Experimental Study on Cement Concrete Mixer Component Durability.; June 16 2023.
116. Maria Tanase, Marius Gabriel Petrescu, Andrei **Burlacu**, Enhancing Rotary Dryer Efficiency in Asphalt Mixture Production through Flight Shape Optimization: A Dem-Based Investigation, 1st INTERNATIONAL CONGRESS OF SOCIAL SCIENCES October 20-21, 2023/ KONYA, Turcia, Chrome-Extension://Efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/Https://Www.Intelliserve.Com.Tr/Wp-Content/Uploads/2023/12/Doc.Pdf.