



**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII**  
**Universitatea Națională de Știință și Tehnologie**  
**POLITEHNICA București**  
**Școala Doctorală de**  
**Inginerie Industrială și Robotică**

**Gabriela Valeria G. NEAMȚU (FOLEA)**

**TEZĂ DE DOCTORAT**  
**REZUMAT**

**Contribuții privind**  
**îmbunătățirea procesului de**  
**ștanțare în tehnologia**  
**flexografică cu ștanțe cu**  
**geometrie complexă**

***Conducător științific,***  
**Prof.univ.dr.ing. Cristina MOHORA**

**- 2024 -**



# **Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București**

**Decizie CSUD UNSTPB nr. 69 din 04.07.2024**

**Gabriela Valeria G. NEAMȚU (FOLEA)**

## **TEZĂ DE DOCTORAT REZUMAT**

**Contribuții privind îmbunătățirea procesului de ștanțare în  
tehnologia flexografică cu ștanțe cu geometrie complexă /**

**Contributions to the improvement of the die-cutting  
process in flexographic technology with complex  
geometry die-cuts**

### **COMISIA DE DOCTORAT**

Președinte	Prof.univ.dr.ing. Miron ZAPCIU	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București
Conducător științific	Prof.univ.dr.ing. Cristina MOHORA	
Referent	Prof. univ.dr.ing. Sever Gabriel RACZ	Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu
Referent	Prof. univ.dr.ing. Cătălin Gabriel DUMITRAȘ	Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași
Referent	Prof.univ.dr.ing. Tiberiu Gabriel DOBRESU	Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București

## Cuprins

<i>Cuvânt înainte</i> .....	3
Introducere .....	4
Legendă .....	5
<b>Partea I. Stadiul actual al cercetării privind procesul de ștanțare în tehnologia flexografică</b> .....	<b>7</b>
<b>Capitolul 1.</b> Stadiul actual al cercetării privind tehnologia flexografică .....	<b>9</b>
1.1. Tehnologia flexografică .....	9
1.2. Produse realizate prin tehnologia flexografică .....	10
1.3. Materiale care pot fi prelucrate prin tehnologia flexografică .....	12
1.4. Procesul de tipărire flexografică .....	14
<b>Capitolul 2.</b> Studiu privind rolul ștanțării în tehnologia flexografică .....	<b>21</b>
2.1. Produse care se pot obține prin ștanțare .....	21
2.2. Procesul de ștanțare în tehnologia flexografică .....	22
2.2.1. Caracteristicile ștanțării în tehnologia flexografică .....	22
2.2.2. Defecte specifice ștanțării în tehnologia flexografică .....	29
2.3. Oportunități lansate de tehnologia flexografică. Industria 4.0 .....	40
<b>Capitolul 3.</b> Concluzii privind stadiul actual al cercetării privind procesul de ștanțare în tehnologia flexografică ..	<b>43</b>
<b>Partea a II - a. Contribuții privind îmbunătățirea procesului de ștanțare în tehnologia flexografică cu ștanțe cu geometrie complexă</b> .....	<b>49</b>
<b>Capitolul 4.</b> Direcțiile, obiectivul principal și metodologia de cercetare-dezvoltare în vederea îmbunătățirii procesului de ștanțare în tehnologia flexografică cu ștanțe cu geometrie complexă .....	<b>51</b>
4.1. Direcții de cercetare-dezvoltare .....	51
4.2. Obiectivul principal al activității de cercetare-dezvoltare .....	51
4.3. Metodologia de cercetare-dezvoltare .....	52
<b>Capitolul 5.</b> Contribuții privind creșterea eficienței fluxului tehnologic de producție .....	<b>55</b>
5.1. Introducere .....	55
5.2. Studiu de caz .....	56
5.3. Rezultate obținute pentru două scenarii ale fluxului de producție .....	61
5.3.1. Interpretarea rezultatelor.....	67
5.4. Concluzii .....	70
<b>Capitolul 6.</b> Contribuții privind determinarea caracteristicilor principale care influențează calitatea produselor preformate obținute cu ajutorul ștanțelor cu geometrie complexă .....	<b>73</b>
6.1. Contribuții privind obținerea unei cutii preformate cu ajutorul ștanțelor cu geometrie complexă .....	73
6.1.1. Definierea cerințelor de calitate pentru produsele studiate .....	73
6.1.2. Contribuții privind îmbunătățirea procesului de ștanțare cu ștanțe cu geometrie complexă .....	77
6.1.3. Prezentarea produsului finit complex .....	81
6.2. Studiu privind utilizarea unui grup de ștanțe cu geometrie complexă .....	82
6.3. Contribuții privind creșterea calității ștanțelor cu geometrie complexă .....	86

6.3.1.	Materiale utilizate și geometria cuțitelor .....	86
6.3.2.	Tipuri de parametri analizați pentru construcția și reglarea ștanțelor cu geometrie complexă .....	87
6.3.3.	Programarea experimentelor .....	91
6.3.4.	Prelucrarea rezultatelor experimentale .....	92
6.3.5.	Interpretarea rezultatelor .....	99
6.4.	Concluzii .....	101
<b>Capitolul 7.</b> Realizarea modelului matematic pentru determinarea uzurii cuțitelor ștanței .....		105
7.1.	Metodologia de obținere a modelului matematic pentru studiul uzurii cuțitelor .....	105
7.2.	Parametri care intervin în procesul de ștanțare .....	107
7.3.	Formularea legilor de variație a parametrilor .....	108
7.4.	Modelul matematic .....	110
7.5.	Utilizarea algoritmului Simplex în rezolvarea modelului matematic .....	115
7.6.	Concluzii .....	122
<b>Capitolul 8.</b> Cercetări experimentale și contribuții personale privind uzura ștanțelor cu geometrie complexă .....		123
8.1.	Introducere .....	123
8.2.	Factori care pot determina retragerea prematură din producție a ștanțelor cu geometrie complexă .....	125
8.3.	Alegerea ștanțelor reprezentative pentru studiul lungimii maxime ștanțate și a uzurii cuțitelor .....	130
8.3.1.	Analiza metalografică a suprafeței cuțitelor ștanțelor .....	131
8.3.2.	Determinarea lungimii maxime ștanțate și a uzurii cuțitelor .....	133
8.3.3.	Analiza și identificarea ștanțelor reprezentative pentru studiul lungimii maxime ștanțate și a uzurii cuțitelor .....	134
8.4.	Contribuții personale privind îmbunătățirea procesului tehnologic de ștanțare .....	135
8.5.	Aplicarea modelului matematic în studiul grupului reprezentativ de ștanțe .....	137
8.5.1.	Legile de variație ale parametrilor pentru grupul reprezentativ de ștanțe .....	138
8.5.2.	Stabilirea intervalelor critice în procesul de ștanțare .....	141
8.5.3.	Rezolvarea modelului matematic prin algoritmul Simplex .....	146
8.5.4.	Identificarea soluțiilor optime generate de modelul matematic .....	150
8.6.	Formularea unui algoritm de reglare a parametrilor procesului de ștanțare .....	153
8.7.	Concluzii .....	154
<b>Capitolul 9.</b> Contribuții personale la îmbunătățirea procesului de ștanțare .....		157
9.1.	Testarea soluțiilor propuse pe ștanțe noi introduse în producție .....	157
9.2.	Validarea prin experimente a modelului matematic .....	161
9.2.1.	Rezultatele analizei comparative a cronogramelor cu variația uzurii cuțitelor .....	167
9.2.2.	Rezultatele analizei comparative a cronogramelor cu lungimea de material ștanțat .....	169
9.2.3.	Rezultatele aplicării restricțiilor de minimizare a uzurii cuțitelor .....	170
9.2.4.	Rezultatele aplicării tiparului comportamental propus în cadrul tirajelor din producție .....	172
9.3.	Implementarea în producție a metodelor utilizate în cercetare .....	175
9.4.	Considerații economice privind procesul de ștanțare .....	175
9.5.	Concluzii .....	176
<b>Capitolul 10.</b> Concluzii generale, contribuții principale și direcții de dezvoltare a cercetării .....		177
10.1.	Concluzii generale .....	177
10.2.	Contribuții principale .....	180
10.3.	Direcții de dezvoltare a cercetării .....	181
Bibliografie .....		183
ANEXE .....		189

## **Capitolul 1.**

### **Stadiul actual al cercetării privind tehnologia flexografică**

În acest capitol sunt prezentate produsele realizate și materialele utilizate în tehnologia flexografică. **Există o categorie de produse obținute prin tehnologie flexografică indispensabile marcării și identificării produselor sau obținerii de servicii care acoperă cele mai variate domenii, cum ar fi:** etichetele utilizate pentru semnalizare/informare la raft a produselor sau atașarea de produs pentru identificarea acestuia, biletele pentru evenimente culturale/sportive/târguri/expoziții, pentru transport terestru, aerian, maritim. Aceste produse sunt furnizate clienților sub formă pliată, în role sau bucăți.

Astfel de produse care implică ștanțări cu forme deosebite, la care se combină tăierea formei finite cu ștanțări transversale și longitudinale se obțin cu ajutorul tiparului flexografic. Acestea se pot încadra în categoria **produse complexe în flexografie**, atunci când includ, pe lângă tăierile pe contur pentru desprinderea totală sau parțială din banda de material, și elemente care pot fi dispuse în poziții apropiate, tangente sau intersectate, grupate simetric sau asimetric raportat la întreaga suprafață a produsului finit astfel:

- succesiuni de perforări de dimensiuni și la distanțe constante sau variabile, cu rol funcțional de rupere sau pliere;
- găuri perforate cu diferite forme și dimensiuni începând de la cercuri de  $\varnothing 2$  mm. Acestea pot fi combinate uneori cu creștări prin tăiere parțială în grosimea de material sau linii drepte imprimate în textura materialului, obținute prin presarea fibrelor, având rolul de a facilita îndoirea.

În producția de etichete și ambalaje (în special în sectorul alimentară, farmaceutic, cosmetic), sunt utilizate materialele plastice, hârtia și cartonul, impunând consumatorului final colectarea selectivă.

În stadiul actual, pentru suporturi de tipar carton și autocolant din hârtie semi-lucioasă, hârtie termosensibilă, se folosesc materiale certificate Forest Stewardship Council® (FSC), un exemplu fiind hârtia termică fără BPA [3, 4]. Marii producători de hârtie și carton termic au dezvoltat soluții pentru creșterea prelucrabilității materialelor termice prin tăiere, debitare și ștanțare.

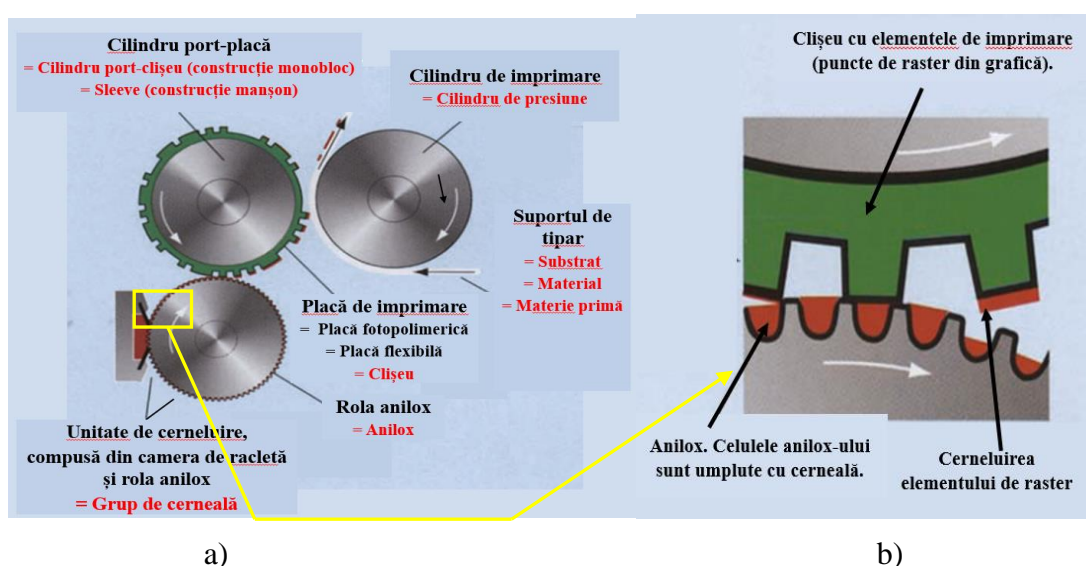


Fig. 1.6. Prezentarea tehnicii de imprimare flexografică într-un grup de tipar: a) schema de funcționare; b) elementele active în imprimare: clișeu și aniloxul [2, 12].

Obținerea produsului finit în tehnologia flexografică implică derularea următoarelor procese:

a) **procesul de tipar** (fig.1.6);

b) **procesul de finisare în linie cu tiparul**, se realizează imediat după imprimare, iar operațiile cel mai des întâlnite sunt: lăcuirea (aplicarea lacului este similară cu aplicarea cernelii); laminarea, (aplicarea adezivului pe folia cu care se laminează materialul imprimat este similară cu aplicarea cernelii); ștanțarea în cazul etichetelor, tag-urilor, produselor din carton subțire; debitarea laterală a rolei tipărite pentru îndepărtarea surplusului deșeu.

c) **procesul de finisare exterior mașinii de tipar**, se realizează prin debitarea rolelor imprimate la formatul finit de rolă impus de cerințele clientului, fiind utilizate mașini specializate pentru tăiat longitudinal rolele de material.

**Elementele variabile care intervin în procesul de tipar sunt: factorul uman, defecte ale materialelor utilizate, neconformități în funcționarea utilajului și factorii externi independenți de procesul de tipar.**

## **Capitolul 2.**

### **Studiu privind rolul ștanțării în tehnologia flexografică**

**Ștanțarea** este un proces tehnologic de finisare a produselor tipărite prin care se obține o anumită forma a produselor finite sau semifinite. Se pot obține diferite tipuri de autocolante, cartoane, produse pliabile din carton sau hârtie de diferite grosimi [24].

**Procesul de ștanțare flexografică** este caracterizat prin utilizarea ștanțelor din materiale flexibile sau de ștanțe monobloc utilizate în cazuri specifice.

Ștanțele flexibile au o formă plană [6,7], iar ștanțele monobloc au forma unor cilindri rotativi [30] executați din materiale speciale, pe care sunt gravate cuțitele de tăiere. Cilindrii gravați sunt utilizați rar, în mod obișnuit fiind utilizate ștanțele flexibile care prezintă avantajul unui cost redus și versatilitate [24].

**În cadrul tezei de doctorat s-au studiat ștanțele flexibile.**

Ștanțele flexibile sunt executate din tablă cu proprietăți specifice necesare prelucrării produsului dorit, având prevăzute pe una dintre fețe cuțitele cu care se va realiza prin tăiere geometria produsului finit (Fig. 2.1).



Fig. 2.1. Geometria unei ștanțe cu care se obțin etichete autocolante dreptunghiulare [31].



Fig. 2.2. Montarea ștanței pe cilindrul magnetic, prin rotirea acestuia [31].

a) **Caracteristicile tehnice ale ștanțelor flexibile** sunt reprezentate de: grosimea tablei, unghiul la vârf al cuțitelor de tăiere, forma cuibului de ștanță, numărul de repetiții al cuiburilor pe ștanță, repetiția ștanței (esențială în calculul încadrării produsului pe ștanță) și înălțimea cuțitelor de tăiere [28].



b) **Caracteristicile materialelor ștanțelor flexibile** depind de proprietățile antiadezive, durabilitate, rezistența la șocuri, fiind alese în funcție de materialul care trebuie ștanțat și tirajul produsului / repetabilitate comandă.

#### **Alegerea calității ștanței și a geometriei cuțitelor**

Pentru alegerea calității unei ștanțe și a geometriei cuțitelor se au în vedere mărimea tirajului previzionat pe un an de zile, tipul și grosimea de material care urmează a fi ștanțate.

În funcție de aceste considerente sunt ștanțe care necesită cromarea pentru a crește duritatea ștanței și producția de tiraje. Din această perspectivă unii producători clasifică ștanțele pe tipuri de caracteristici care includ și cromarea.

Alți producători de ștanțe clasifică ștanțele în funcție de unghiul cuțitelor de tăiere, indicând opțiuni suplimentare ce pot fi solicitate la execuția ștanței cum ar fi o calitate suplimentară a suprafeței ștanței (exemplu: depunere de strat antiadeziv) sau a cuțitului de tăiere (durificare cu laser) [28].

#### **Caracteristicile ștanțării flexografice**

Mașinile de tipar flexografic pot avea unul sau două grupuri de ștanțare [32]. În funcție de tipul de utilaj, aceste grupuri de ștanțare pot face parte intergantă din construcția liniei de imprimare, sau pot fi structuri independente, mobile, care pot fi montate în cadrul liniei tehnologice atunci când este necesară ștanțarea. Grupurile de ștanțare sunt poziționate după grupurile de imprimare.

După ștanțare produsul este finisat în rolă atunci când livrarea produsului se face în role, sau este preluat pe un conveyor atunci când livrarea produsului se face la bucată (forma plană).

Construcția unui grup de ștanțare implică în esență doi cilindri angrenați în plan vertical, din care cel puțin unul este magnetic, pe el fiind montată ștanța flexibilă, celălalt având rolul de a genera contra-presiune.

**În cadrul acestui capitol au fost abordate o serie de probleme care apar în procesul de ștanțare flexografică cum ar fi:**

#### **Defecte manifestate în ștanțarea de tiraje succesive, prin distrugerea mecanică a ștanței**

În ștanțarea de tiraje succesive, factorul uman intervine decisiv în manevrarea pieselor care se montează în grupul de ștanțare, existând cazuri în care, la o manipulare deficitară, ștanțele sunt primele din grupul de ștanțare care sunt predispuse distrugerii mecanice.



a)

b)

Fig. 2.14. Exemple de ștanțe distruse mecanic: a) suprafața tablei prezintă înțepături; b) colțul îndoit nu aderă la cilindrul magnetic [37].

### Defecte rezultate din colectarea de impurități între ștanță și cilindrul magnetic.

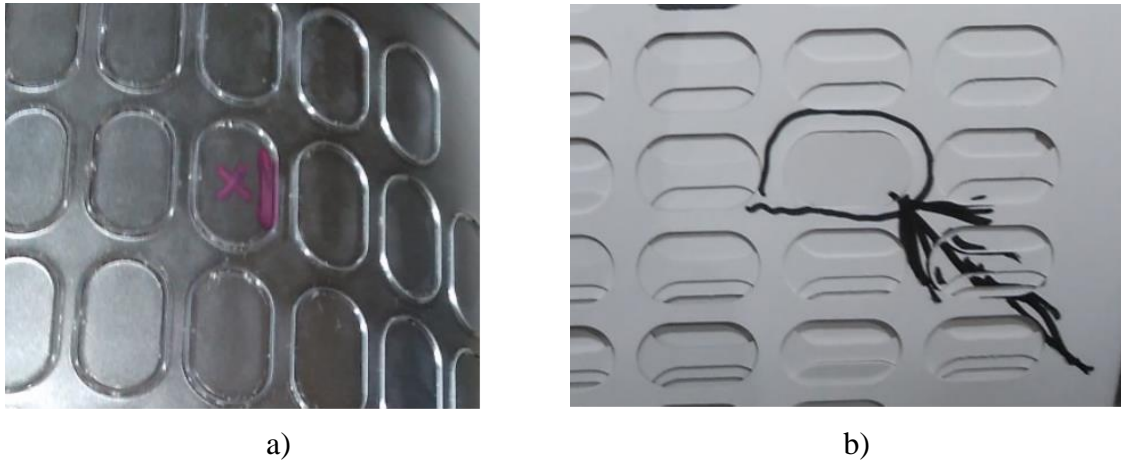


Fig. 2.17. Exemplu de ștanță complexă: a) cuțitul a fost distrus pe contur; b) deșeul nu a fost tăiat complet și a distrus câteva înfășurări de material pe rolă [31].

### Defecte identificate prin testare statică, la montarea ștanței pe cilindrul magnetic

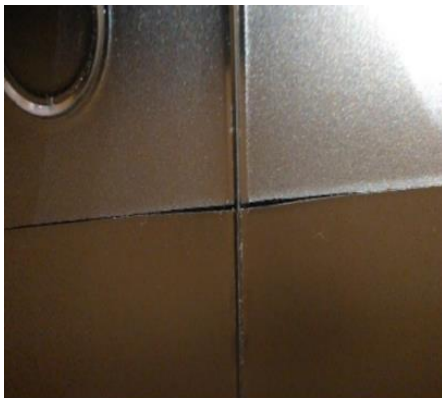


Fig. 2.20. Exemplu de ștanță a cărei lungime este mai mare decât repetiția cilindrului magnetic: capetele se suprapun [31].

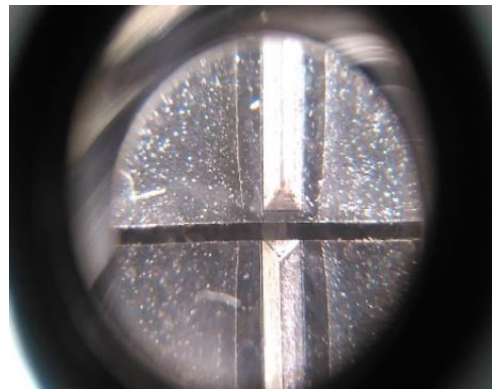


Fig. 2.21. Exemplu de ștanță cu cuțite longitudinale care nu au fost tăiate complementar ca să poată asigura continuitatea tăierii [31].

### Defecte identificate prin testare dinamică: muchie de cuțit exfoliată, cuiburi distruse.



Fig. 2.22. Pentru identificarea defectului, nu s-a îndepărtat deșeul de pe materialul ștanțat [37].

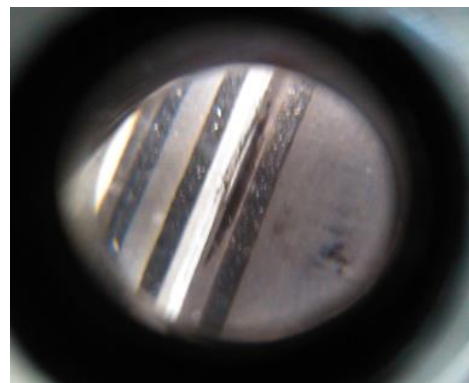


Fig. 2.23. Muchia de tăiere a cuțitului ștanței prezenta o exfoliere fină [37].



### Neconformități întâlnite la ștanțele cu perforații longitudinale

A fost studiat cazul **ștanțelor care s-au rotit pe cilindrul magnetic** în timpul tirajului de comandă. Analiza a fost generată de apariția repetată a acestui efect la obținerea unor etichete autocolante, în cazul unei ștanțe cu un număr mare de cuțite pe fața activă.

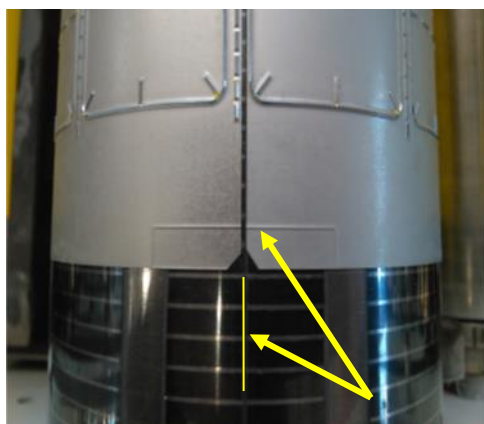


Fig. 2.28. Montajul corect al ștanței înainte de intrarea în tiraj [37].

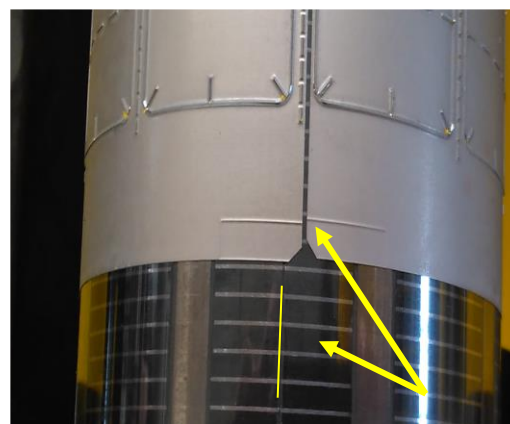


Fig. 2.29. După un scurt tiraj ștanța s-a rotit pe cilindrul magnetic [37].

Soluțiile pentru rezolvarea problemei sunt încă în cercetare.

### Defecte întâlnite în ștanțare cauzate de materialul care se ștanțează

Pe lângă defectele și neconformitățile ștanțelor descrise anterior, în procesele de producție flexografică apar și probleme generate de materialul din care se ștanțează produsele finite, material care poate avea abateri de la calitate.

### Grosime neuniformă a materialului ștanțat

Apariția într-un tiraj de comandă, a unor porțiuni de bandă de material cu grosime mai mare sau mai mică decât cea indicată în fișa tehnică de material, conduce la ștanțări neconforme, cu efecte negative asupra ștanțelor.

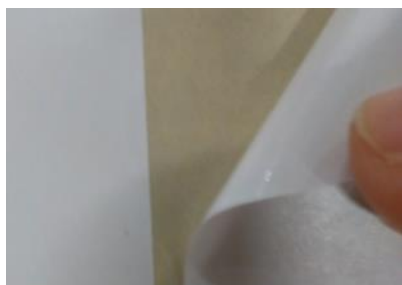


Fig. 2.32. Cuțitele nu taie corect eticheta autocolantă [31].



Fig. 2.33. Cuțitele străpung materialul [31].

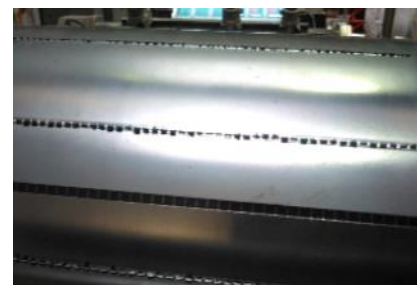


Fig. 2.34. Cuțitele sunt distruse pe linia cu perforații [31].

O sinteză a informațiilor din producție care au vizat astfel de cazuri întâlnite în tiraje, a indicat la toate ștanțele analizate o uzură prematură și neuniformă a cuțitelor care au condus la scăderea durabilității preconizate pentru fiecare model de ștanță (Fig. 2.34) și înlocuirea prematură a ștanțelor.

### **Capitolul 3.**

## **Concluzii privind stadiul actual al cercetării privind procesul de ștanțare în tehnologia flexografică**

Din analiza stadiului actual al cercetării-dezvoltării privind tehnologia flexografică și ștanțarea s-au desprins următoarele concluzii.

- Deși industria tipografică a trebuit să se reinventeze în ultimii 15–20 de ani datorită expansiunii facilităților oferite de internet, a bibliotecilor virtuale, tehnologia flexografică continuă să domine piața de etichete și ambalaje flexibile (v. § 1.1):
- **În cazul produselor complexe din carton studiate în teza de doctorat**, este foarte importantă verificarea tensionării rolurilor de material în momentul alimentării utilajului precum și alegerea corectă a datelor de programare a procesului. (v. § 1.4).
- **În lipsa unor proceduri clare pentru ștanțare, elaborate în detaliu, de multe ori s-a produs creșterea momentului forței de strângere a ștanței cu efect de uzură prematură a cuțitelor, consum mărit de ștanțe și lungimi mai mici de material ștanțat cu aceeași ștanță** (v. § 1.4).
- În funcție de mărimea tirajelor suprafața cu cuțite a ștanței poate fi supusă unor tratamente anti-antiadeziv sau de cromare pentru rezistența la uzură. De asemenea, cuțitele pot fi durificate cu laser la vârf, geometria lor fiind aleasă funcție de materialul care urmează a fi ștanțat (v. § 2.2).
- **În studiile de specialitate nu s-au găsit referințe despre modul în care tratamentele cuțitelor ștanței influențează procesul de ștanțare**, un astfel de studiu putând influența alegerea din punct de vedere economic a calității ștanței în funcție de tiraje (v. § 2.2).
- **Principalele caracteristici tehnice ale ștanțelor sunt:** • grosimea tablei; • înălțimea cuțitelor și unghiul de tăiere al acestora; • forma cuibului de ștanță (dreptunghi, cerc, elipsă, formă specială, forme particulare de tip cuțit transversal / longitudinal / perforații); • numărul de cuiburi pe ștanță; • repetiția ștanței (v. § 2.2).
- Finisarea produselor în flexografie se realizează prin următoarele procedee după cum urmează: • **ștanțare cu grup de ștanțare;** • **tăiere cu grupuri de debitare. În teza de doctorat s-a utilizat grupul clasic, cu cuțite disc rotative, pentru debitarea laterală a materialului** (v. § 2.4).
- Indiferent de forma produsului care trebuie obținut, în ștanțarea flexografică au fost întâlnite frecvent următoarele grupe de defecte (v. § 2.5): • **Defecte care apar după ștanțarea de tiraje succesive, prin distrugerea mecanică a ștanței;** • **Neconformități de execuție a ștanței;** • **Neconformități de proiectare a ștanței reflectate în produsul ștanțat;** • **Neconformități și defecte produse de materialul care se ștanțează.**
- Din analiza istoricului activității de ștanțare din tipografie, s-a constatat lipsa unor proceduri de lucru în producție necesare pentru regimurile de ștanțare în cazul reglării parametrilor de proces, respectiv a momentului forței de strângere a ștanței și a vitezei de ștanțare, care să poată fi aplicate cu ușurință de către tipografi, cu scopul reducerii uzurii premature a cuțitelor și obținerii unor lungimi mari de material ștanțat.

## **Capitolul 4.**

### **Direcțiile, obiectivul principal și metodologia de cercetare-dezvoltare în vederea îmbunătățirii procesului de ștanțare în tehnologia flexografică cu ștanțe cu geometrie complexă**

#### **4.1. Direcții de cercetare-dezvoltare**

- Creșterea eficienței fluxului tehnologic de producție flexografică;
- Determinarea principalelor elemente care afectează calitatea produselor preformate obținute cu ajutorul ștanțelor complexe; uzura prematură și neuniformă a cuțitelor, calitatea ștanței;
- Realizarea unui model matematic pentru problema de minimizare a uzurii cuțitelor ștanței;
- Cercetări experimentale și contribuții personale privind uzura cuțitelor în ștanțarea flexografică și validarea modelului matematic;
- Contribuții personale la îmbunătățirea procesului de ștanțare.

#### **4.2. Obiectivul principal al activității de cercetare-dezvoltare**

S-a urmărit dezvoltarea și implementarea în producția de tiraje a unei metodologii de ștanțare flexografică care să implice creșterea calității produselor preformate cu grad de complexitate ridicat, bazată pe modificarea controlată a parametrilor tehnologici de producție și aplicabilă pe orice tip de utilaje și complexități de ștanțe, astfel:

- (1) Dezvoltarea unei analize comparative a fluxului de producție flexografic, prin identificarea posibilităților de micșorare a timpilor auxiliari.
- (2) Îmbunătățirea procesului de ștanțare flexografică a produselor preformate complexe prin analiza a două modele de calitate exemplificate cu produsul *Cutie preformată*, respectiv Modelul de calitate pe niveluri de conceptualizare și Modelul de produs numit “calitate optimă”.
- (3) Elaborarea metodologiei bazate pe un model matematic care să descrie uzura cuțitelor în procesul de ștanțare flexografic, aplicabil oricărui tip de mașină de imprimare, indiferent de gradul de complexitate al ștanței.
- (4) Contribuții personale privind uzura cuțitelor în ștanțarea flexografică, prin studii privind: • fazele de tăiere a cartonului (material abraziv care uzează cuțitele); • cauzele care conduc la retragerea prematură din producție a ștanțelor, fără ca acestea să atingă uzura maximă a cuțitelor; identificarea ștanței cu număr maxim de cuțite care străpung concomitent materialul și calculul forțelor active în zonă.
- (5) Formularea unui algoritm de reglare al procesului de ștanțare flexografic, cu propunerea de soluții aplicabile direct în producție.
- (6) Contribuții personale la îmbunătățirea procesului de ștanțare: testarea soluțiilor propuse pe un număr de 3 ștanțe noi, executate și exploatare în aceleași condiții ca și ștanțele precedente. Programarea experimentelor prin metoda experimentelor factoriale, unde s-au efectuat teste pentru variația a doi parametri tehnologici (momentul forței de strângere a ștanței și viteza de ștanțare) în cadrul a 45 de experimente.
- (7) Validarea rezultatelor pe fiecare dintre intervalele critice identificate.

(8) Verificarea tiparului comportamental în tiraje a celor trei ștanțe noi, respectiv îndeplinirea condițiilor restrictive formulate la construcția modelului matematic și prezentarea rezultatelor obținute.

## **Capitolul 5.**

### **Contribuții privind creșterea eficienței fluxului tehnologic de producție**

O parte din contribuțiile prezentate în acest capitol au fost diseminate în lucrările autoarei [23, 48].

#### **5.1. Introducere**

În acest capitol se prezintă o analiză comparativă a fluxului tehnologic de producție într-o tipografie flexografică prin studierea posibilităților de reducere a timpilor auxiliari consumați în vederea creșterii eficienței fluxului tehnologic [46, 47].

Pe fondul complexității tiparului flexografic, datorat multitudinii de elemente care intervin pe parcursul fluxului de producție, s-a realizat prioritizarea produselor care intră la tipar, astfel încât să existe un timp optim de execuție al tirajelor prin micșorarea timpilor auxiliari. Au fost aplicate strategiile de modelare FIFO (primul intrat, primul ieșit) și MinSetup (reducerea timpilor auxiliari).

#### **5.2. Studiu de caz**

S-a studiat structura generală a unui proces de tipărire flexografică, care poate fi împărțit în 3 procese tehnologice: Tipar – Finisare – Livrare.

Descrierea procesului permite o reprezentare grafică simplă a procesului complex de tipar flexografic (Fig. 5.1), în sistem fiind transmise trei tipuri de date [48, 55]:

- **date de intrare verificabile;**
- **date de intrare necontrolabile;**
- **date de ieșire.**

Pentru studiul de caz, s-au ales, în ordinea de intrare a comenzilor repetitive în recepție, primele patru produse notate P1, P2, P3, P4, care aparțin unui singur tip de utilaj de tipar flexografic notat simbolic Utilaj 1.

Aspectele distinctive ale celor patru produse sunt:

- P1 reprezintă un produs imprimat pe folie și nu necesită ștanțare fiind utilizat ca ambalaj flexibil;
- P2 reprezintă un TAG (etichetă neadezivă cu rol de semnalizare sau marcarea), care conține linii transversale cu perforații, cu rol de pliere / rupere;
- P3 reprezintă o etichetă autocolantă, destinată aplicării pe ambalaje de tip recipient;
- P4 reprezintă un bilet imprimat pe ambele fețe, pe carton, fiind destinat activităților culturale.

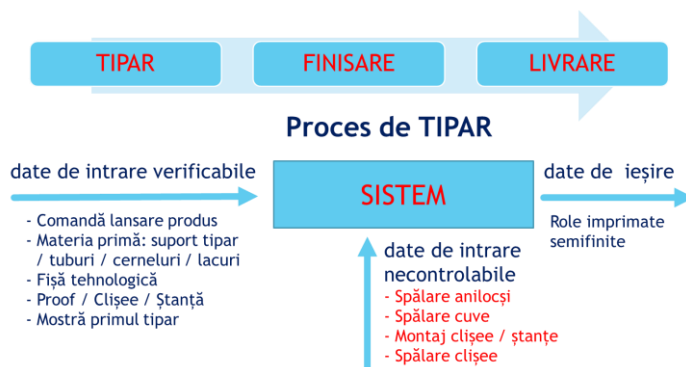
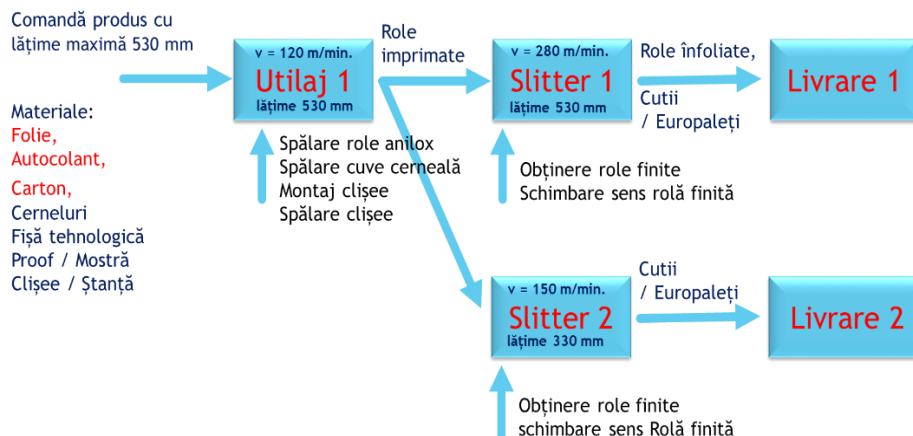


Fig. 5.1. Date de intrare și date de ieșire într-un proces de tipar flexografic [48].

## Structura procesului

În Fig. 5.2 s-a prezentat abordarea cercetării pentru creșterea eficienței fluxului tehnologic de producție flexografică, prin strategia FIFO (primul intrat, primul ieșit), aplicată studiului de caz, în care mărimile de intrare și mărimile de ieșire din sistem sunt reprezentate prin săgeți orizontale iar săgețile verticale reprezintă mecanismele de susținere a funcțiilor sistemului.



În Fig. 5.3 sunt reprezentate componentele fluxului de producție numerotate în ordinea succesiunii fazelor de lucru, în funcție de utilajele implicate și posturile de staționare și livrare,

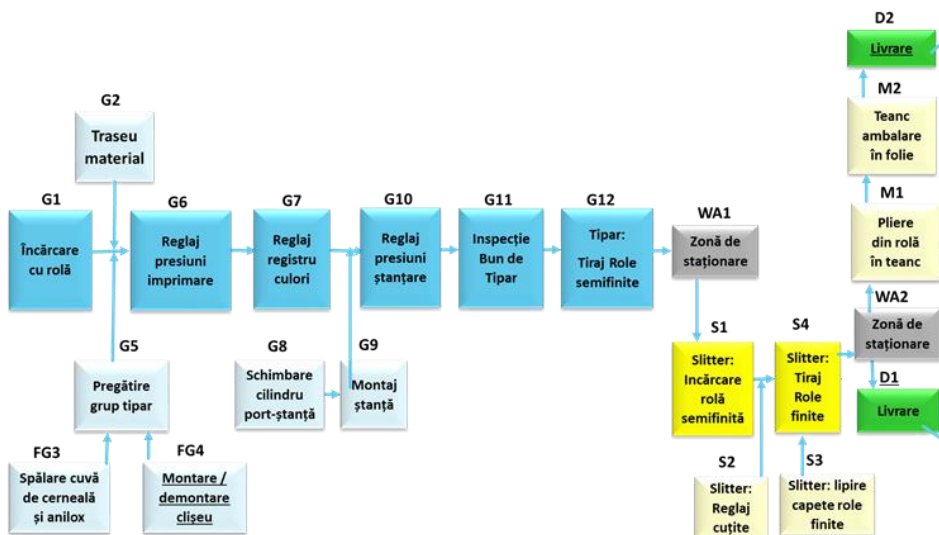


Fig. 5.3. Componentele active în fluxul de producție și ordonarea fazelor de lucru [48].

În flexografie, produsele tipărite pe ambele fețe implică un traseu special al materialului în utilaj pentru a se putea imprima pe verso, astfel că la următorul produs care intră în tipar, traseul trebuie refăcut. În studiul de caz, produsele P1, P2 și P3, nu necesită refacerea traseului după tipărirea produsului P4 imprimat ambele fețe, indiferent de ordinea în care intră la tipar, în schimb crește timpul de pregătire a traseului de material pentru tipărirea produsului P4.

Pentru rularea procesului de tipar, analiza timpilor auxiliari și studiul comparativ, au fost alese două scenarii de lucru, astfel [48, 56] :

- Scenariul 1 în care se face imprimarea independentă a fiecărui produs unul după celălalt, în ordinea sosirii (FIFO). Astfel, pentru fiecare produs tipărit sunt pregătite toate grupurile de cerneală și pentru fiecare produs ștanțat se instalează cilindrul de ștanțare corespunzător.

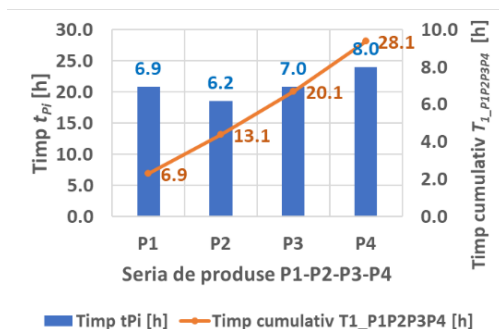


Fig. 5.4. Scenariul 1. Timpul de încărcare a utilajului  $T_{1\_P1P2P3P4} = 28,1 h$  pentru produsele P1, P2, P3 și P4 imprimate independent.

- Scenariul 2 în care produsele intră succesiv în tipar formând serii conform strategiei MinSetup. Pentru obținerea seriilor s-au aplicat diferite combinații ale celor patru tipuri de produse, obținându-se prin permutări, 24 de serii cu ordinea de intrare în tipar a produselor.

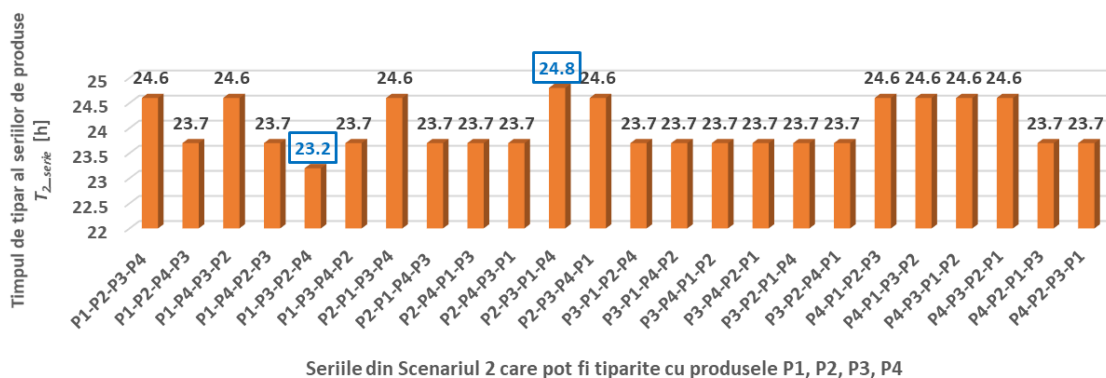


Fig. 5.9. Timpul  $T_{2\_serie}$  de încărcare al utilajului pentru producția tirajelor fiecăreia dintre cele 24 de serii obținute prin permutarea produselor P1, P2, P3 și P4 [48].

Din analiza creșterii eficienței fluxului tehnologic de producție flexografică, se desprind următoarele concluzii:

- Scenariul 1 este cel în care produsele au fost executate independent, în ordinea sosirii, timpul maxim de pregătire și execuție fiind: pentru P1 – 6,9 h, pentru P2 – 6,2 h, pentru P3 – 7,0 h, pentru P4 – 8,0 h. Timpul total de încărcare a utiajului pentru finalizarea tuturor celor patru produse este de 28,1 h.
- Scenariul 1 corespunde cazurilor în care în fluxul de producție sunt introduse produse neprogramate inițial, din cerința de a livra urgent produsul. Acesta este un mare consumator de timp.
- Scenariul 2 este scenariul în care se aplică strategia MinSetup prin care se face o comparație între scenariile obținute prin permutarea produselor P1, P2, P3, P4, alegându-se varianta cea mai bună, respectiv cu cel mai mic timp total auxiliar.



## **Capitolul 6.**

### **Contribuții privind determinarea caracteristicilor principale care influențează calitatea produselor preformate obținute cu ajutorul ștanțelor cu geometrie complexă**

Cercetarea privind determinarea elementelor principale care influențează calitatea produselor preformate obținute cu ajutorul ștanțelor complexe include și elemente diseminate în lucrările autoarei [23, 24, 31, 59].

Sunt prezentate particularități ale calității produselor complexe obținute prin imprimare flexografică.

#### **6.1.1. Definirea cerințelor de calitate pentru produsele studiate**

##### **Primul model de calitate al produsului, stabilit pe niveluri de conceptualizare**

Primul model de calitate (Fig. 6.1) al produselor de tip cutie s-a realizat în conformitate cu modelul de produs propus de Philip Kotler [58], cunoscut ca fondatorul „managementului marketingului”. Pornind de la analiza funcțiilor unei cutii cu rol de ambalare, s-au stabilit nivelurile de conceptualizare ale acesteia.

##### **Al doilea model de calitate al produsului, numit și calitate optimă**

Cel de al doilea model de produs este numit “calitate optimă” respectiv calitatea concretă, obiectivă a produsului obținut, prin care acesta satisface atât condițiile prevăzute în documentația tehnică, cât și solicitările cerute de client. Acest model de produs are în vedere atât infrastructura organizației tipografice, cât și resursele umane, permițând stabilirea activităților specifice asigurării calității produsului analizat.






<p><b>Produs potențial:</b> – reflectă nivelul posibil încă necunoscut.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Includerea în tipar a unor elemente de securitate: folie holografică, microtext (înălțimea corpului literei este mai mică de 1 mm), cerneluri invizibile la lumina zilei și vizibile în lumină UV, elemente ce pot fi citite de senzori electronici.</li> <li>• Propunere: păstrând forma cutiei, capacele nu pot fi deschise decât prin distrugere - soluție anti-furt produs ambalat în cutie.</li> </ul>	 <p style="text-align: center;">Folie holografică</p>
<p><b>Produs amplificat:</b> – adaugă avantaje diferențiale.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finisare tipar: elemente din grafică au depunere la rece de folie aerie (cold foil) + lăcuire selectivă. Aspectul cutiei sugerează un conținut / produs textil de calitate.</li> <li>• Clapele se închid și se deschid numai prin acționare manuală, produsul ambalat nu cade din cutie după manevrări repetitive.</li> </ul>	
<p><b>Produs așteptat:</b> – cuprinde un plus de caracteristici cunoscute de cumpărător.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cutie cu tipar / grafică imagine din policromie + cerneluri spot + lăcuire totală.</li> <li>• Elementele grafice sugerează distinct conținutul cutiei.</li> </ul>	
<p><b>Produs generic:</b> – produs cu elemente minime necesare.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cutie cu tipar / grafică în 2 culori 100% depunere + lăcuire totală.</li> <li>• Textul transmite informații despre conținutul cutiei.</li> </ul>	
<p><b>Produs de bază:</b> – cel mai simplu produs.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cutie fără tipar pentru uz general.</li> </ul>	

Fig. 6.1. Modelul de calitate al produsului *Cutie preformată*, pe niveluri de conceptualizare.

Modelul de calitate analizat este prezentat în Fig. 6.2: **caracteristicile prevăzute în fișa tehnică**, sunt incluse în cercul A, **caracteristicile realizate prin procesul de tipar**, sunt însumate în cercul B, **caracteristicile solicitate de client** sunt cele cuprinse în cercul C.

Pentru industria tipografică din România, aceste două modele de produs stau la baza stabilirii unor contracte realiste între producători și beneficiari. Din păcate, de foarte multe ori cerințele adresate tipografiilor flexografice devină necunoașterea proceselor tehnologice și a limitărilor specifice acestora.

Cu ajutorul diagramei Pareto, în Figura 6.5 s-au evidențiat grupele mari de probleme identificate în intervalul iunie 2016 – martie 2017; pe axa verticala din stânga s-a reprezentat frecvența apariției acestora, pe cea din dreapta s-a reprezentat în procente, frecvența apariției problemelor identificate. Barele albastre reprezintă frecvența cu care au apărut grupele de probleme; linia roșie indică frecvența cu care au apărut defectele cumulate, iar linia verde reprezintă pragul 80/20.

S-a constatat că procesele de producție au fost perturbate de 55 de ori din cauza problemelor din grupul de ștanțare, diagrama Pareto (Fig. 6.5) relevând faptul că 80% dintre ele au fost determinate de ștanțele care nu au tăiat suficient de adânc materialul, etichetele fiind prinse în matricea deșeu.

Diagrama Pareto din Figura 6.6. a fost realizată și pentru perioada septembrie 2017 – martie 2018.

### 6.1.2. Contribuții privind îmbunătățirea procesului de ștanțare cu ștanțe cu geometrie complexă

În baza informațiilor culese din fișele statistice de lucru din arhiva de producție înregistrate în perioada 2015 – 2020, precum și a desenelor de ștanțe aferente produselor complexe, **desene realizate de autoarea tezei**, au fost selectate toate tipurile de ștanțe complexe destinate obținerii de produse preformate.

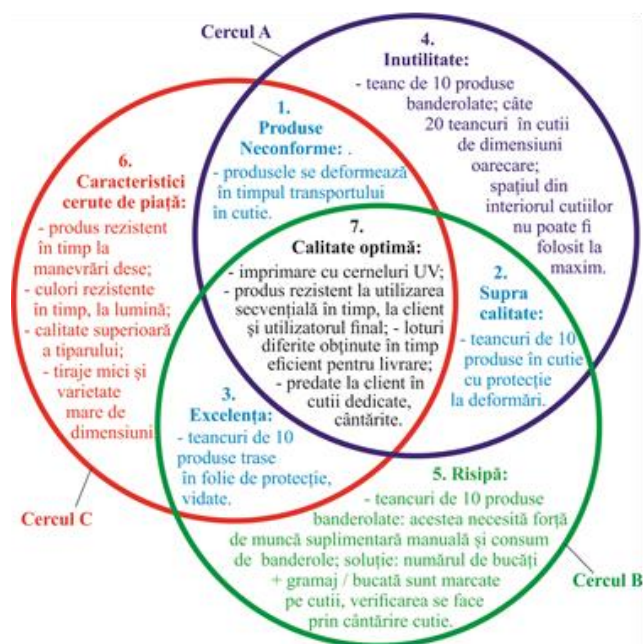


Fig. 6.2. Modelul de calitate optimă a produsului *Cutie preformată* rezultă din intersecția cercurilor A, B și C.

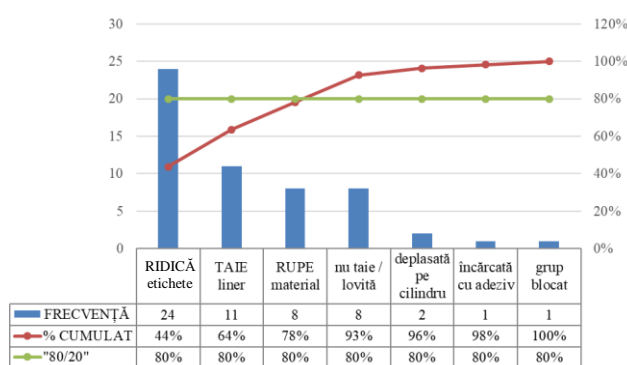


Fig. 6.5. Diagrama Pareto cu problemele identificate în ștanțare în perioada iunie 2016 – martie 2017 [59].

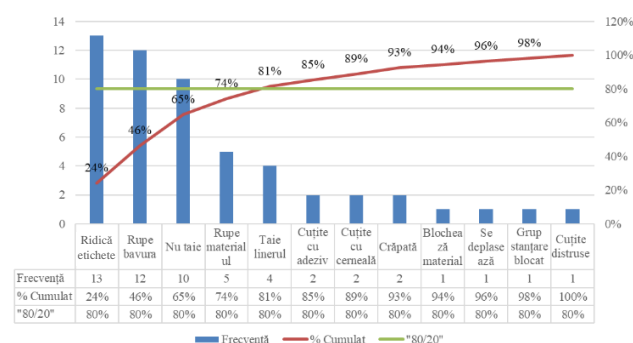


Fig. 6.6. Diagrama Pareto cu problemele identificate în ștanțare în perioada septembrie 2017 – martie 2018 [31].

**Au fost identificate 7 tipuri de modele de produse complexe care în perioada analizată au necesitat, pentru tirajele de comandă, un număr total de 45 de ștanțe.** Au fost analizate dimensiunile, complexitatea geometriei cuțitelor de pe ștanță și numărul de ștanțe uzate/distruse în tiraje.

**Pentru cercetare în teza de doctorat, s-a ales Modelul 3 de ștanță deoarece acesta a înregistrat cel mai mare consum de ștanțe, având cea mai complexă geometrie și poziționare a cuțitelor pe suprafața tablei.**

**Pentru ștanțele intrate în lucru la tirajele de comandă pe parcursul studiilor doctorale s-a reușit implementarea unor proceduri în fișele de lucru ale ștanțelor, a parametrilor de ștanțare în corelare cu evenimentele din procesul de producție tipar și ștanțare, activitate inițiată și supravegheată de autoarea tezei de doctorat.**

### 6.1.3. Prezentarea produsului finit complex

Produsul imprimat cercetat a fost **unul dintre produsele cele mai solicitate și complexe, utilizate în orice industrie. Grafica asociată formei, impune în ștanțare, necesitatea obținerii de găuri și dimensiuni identice pentru cele două părți care se suprapun prin pliere.**

**În arhiva de producție au fost identificate 24 de ștanțe Model 3. Pentru cercetare s-a ales studierea tuturor ștanțelor complexe la care dimensiunile produsului finit au fost constante, fără nici o modificare a pozițiilor / formelor găurilor sau a liniei cu perforații, permițând astfel analize și comparații pertinente pentru obținerea unor rezultate corecte. Au fost studiate în total 15 ștanțe Model 3.**

**În 2019, odată cu intrarea în programul de cercetare doctorală, autoarea tezei a participat direct la înregistrarea datelor suplimentare din producție (momentul forței de strângere a ștanței corelat cu viteza de ștanțare și cu lungimea de material ștanțat). De asemenea a urmărit atent evenimentele nedorite apărute la grupul de ștanțare și în procesul de ștanțare propriu-zisă.**

Proprietate, Unitate de măsură	Standard	Toleranță	Valoare
Grosime $\mu\text{m}$	ISO 534	$\pm 15\%$	450
Gramaj $\text{g}/\text{m}^2$	ISO 536	$\pm 2\%$	280
Conținut de umiditate %	ISO 287	$\pm 1.0\%$	8.5
Finețe față material $\mu\text{m}$	ISO 8791-4	max 1.3	0.8
Finețe spate material $\mu\text{m}$	ISO 8791-4	max 6	4

Fig. 6.17. Datele tehnice ale cartonului stratificat.

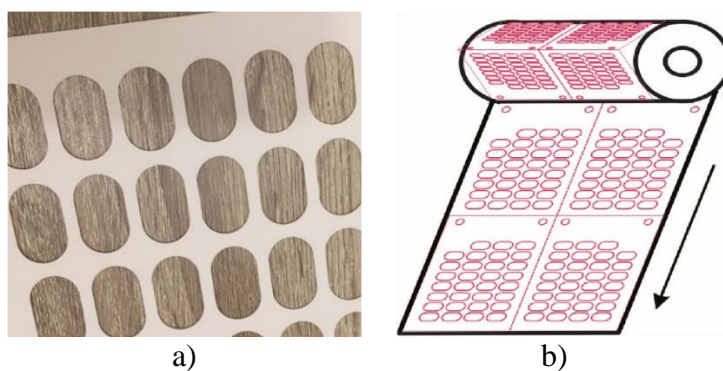


Fig. 6.18. Produsul final: a) mostră de carton cu compoziție stratificată b) schița unei role finite.

### 6.3. Contribuții privind creșterea calității ștanțelor cu geometrie complexă

În dezvoltarea cercetării privind îmbunătățirea procesului de ștanțare în tehnologia flexografică s-a studiat influența calității ștanțelor (necromate, cromate și cromate cu durificare laser la vârful cuțitelor).

**Studiile experimentale au fost efectuate pe 3 tipuri de ștanțe: necromată, cromată, cromată și durificată cu laser la vârful cuțitelor (notate M4, M3, M6) pentru prelucrarea aceluiași produs.**

### 6.3.1. Materiale utilizate și geometria cuțitelor

Calitatea unei ștanțe flexibile este definită de geometria cuțitului de tăiere și caracteristicile materialului. Oțelul din care este construită ștanța trebuie să fie rezistent la șoc și în același timp să aibă o durabilitate ridicată [69]. În plus, acesta trebuie să permită multiple cicluri de montare și demontare a ștanței pe cilindrul magnetic. Tipul fluxului de lucru și parametrii de proces influențează alegerea unui material specific pentru fabricația ștanței. Oțelul 50CrMo4 pentru scule are o rezistență foarte bună la abraziune și conductivitate termică. Este calibrat și are stabilitate la temperaturi mari.

Tabelul 6.1. Compoziția chimică a oțelului 50CrMo4 (1.7228): EN 10083-3-2006.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,46–0,54	max 0,4	0,5–0,8	max 0,025	max 0,035	0,9–1,2	0,15–0,3

Ștanțarea a fost realizată pentru un material abraziv, respectiv pentru carton de grosime 0,450 mm și gramaj de 280 g/m<sup>2</sup> destinat produsului complex analizat .

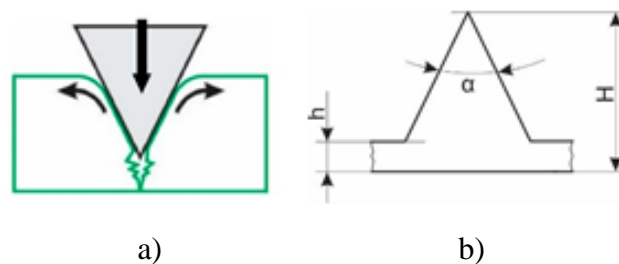


Fig. 6.29. Cuțitele ștanței: a) procesul de ștanțare; b) geometria cuțitelor ștanței:  
 $H$  – înălțimea cuțitelor;  $h$  – grosimea tablei ștanței;  
 $\alpha$  – unghiul de tăiere recomandat de producător.

### 6.3.2. Tipuri de parametri analizați pentru construcția și reglarea ștanțelor cu geometrie complexă

Au fost definiți următorii parametri:

- Gap – spațiul dintre corpul cilindrului magnetic și contra-cilindru (Fig. 6.30.a), care se calculează după cum urmează [24]:

$$Gap = (\Phi \text{ Inele de rulare} - \Phi \text{ Cilindru magnetic})/2 \quad (6.7)$$

Pentru cilindrul magnetic utilizat la ștanțarea produsului finit studiat, valoarea gap-ului a fost:

$$Gap = 145,586 \text{ mm} - 143,806 \text{ mm} = 0,890 \text{ mm} \quad (6.8)$$

- Clearance – spațiul dintre vârful cuțitului și contra-cilindrul de presiune; în cazul ștanțării prin străpungerea materialului, acesta are valoare pozitivă sau zero, iar în cazul autocolantelor acesta are valoare negativă (se taie fața de material până la liner) (Fig. 6.30.b).



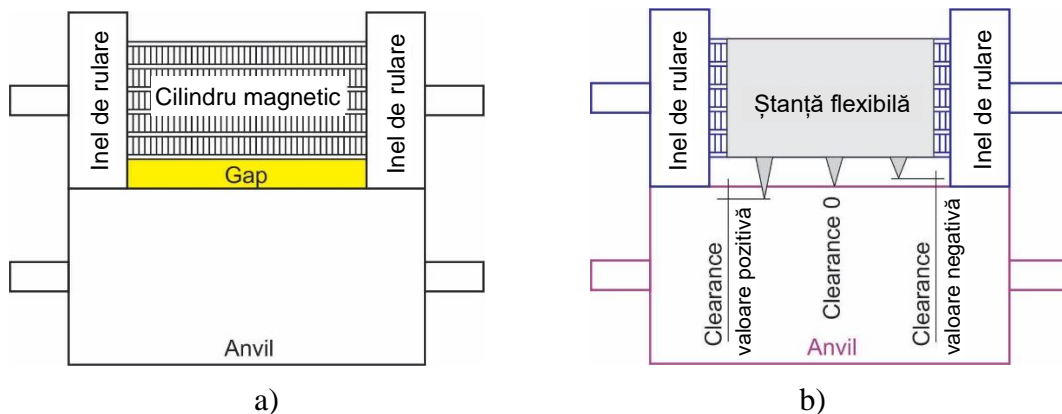


Fig. 6.30. Parametri grupului de ștanțare: a) definire gap; b) definire clearance.

Ștanțele au fost proiectate astfel încât la fiecare ștanțare completă obținută printr-o rotație a cilindrului magnetic pe care s-a montat ștanța, să rezulte 2 bucăți de produs cu următoarele caracteristici: 8 găuri circulare  $\Phi = 11 \text{ mm}$ , 124 de găuri tip dreptunghi cu două laturi semicerc de dimensiuni  $27 \text{ mm} \cdot 11 \text{ mm}$  și repetiția ștanței =  $2 \cdot 228,6 \text{ mm} = 457,2 \text{ mm}$ .

Toate cele 3 ștanțe M4, M3 și M6 au avut aceleași dimensiuni ale conturului plan de  $500 \text{ mm} \cdot 457,2 \text{ mm}$  și au fost executate cu aceeași geometrie a cuțitelor, înălțime și unghi la vârful, fiecare având același număr total de lungimi de cuțite pe ștanță care au fost prelucrate.

### 6.3.3. Programarea experimentelor

Experimentele au fost programate prin aplicarea metodei experimentelor factoriale. Astfel, pentru momentul forței de strângere a ștanțelor s-au ales atât valori mici cum ar fi  $M_{(f)} = 50; 70 \text{ Nm}$ , cât și valori uzuale ale stângerii ștanței,  $M_{(f)} = 90; 110 \text{ Nm}$ , iar pentru viteza de ștanțare s-au ales valori acceptate pentru imprimarea în procesul de tipar a produselor din această gamă și anume  $v = 50; 60 \text{ m/min}$ .

La cele 3 tipuri de ștanțe analizate, M4, M3 și M6 s-au luat în considerare strict perioadele în care au lucrat în condiții identice de funcționare, respectiv până la apariția primelor deșeuri neejectate complet din cuiburi, caz în care cuțitele uzate nu mai puteau asigura străpungerea totală a grosimii de material.

### Rezultate obținute în cazul cuțitelor fără cromare (ștanța M4)

Pentru a evalua comportamentul în exploatare a celor trei tipuri de ștanțe, a fost analizată uzura cuțitelor prin măsurarea înălțimii  $H$  a cuțitelor și a lungimii de material ștanțat.

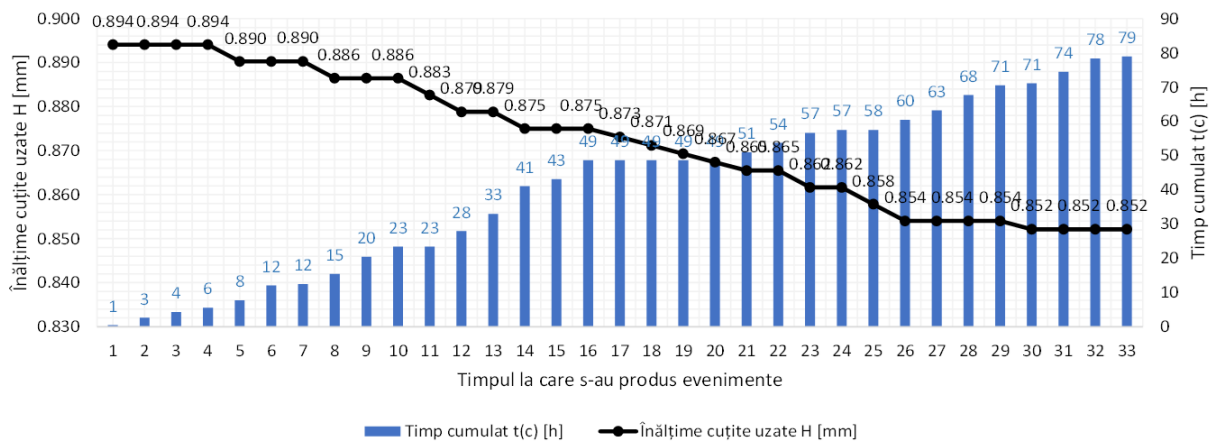


Fig. 6.35. Uzura cuțitelor ștanței M4 funcție de variația înălțimii cuțitelor la fiecare eveniment.

Durabilitatea ștanței M4 necromate a fost:

$$D_{dM4} = 239.253 \text{ m}/0,4572 \text{ m/rotatie} = 523.300 \text{ rotatii} \quad (6.17)$$

### Rezultate obținute în cazul cuțitelor cromate (ștanța M3)

Ștanța M3 a avut aceeași geometrie a cuțitelor ca ștanța M4, în acest caz partea activă fiind cromată.

Ștanța M3 a fost retrasă la apariția primelor deșeurii neejectate complet din cuiburi, respectiv în momentul în care cuțitele uzate nu mai asigurau străpungerea totală a grosimii de material, momentul maxim al forței de strângere fiind 120 Nm.

$$D_{dM3} = 271.157 \text{ m}/0,4572 \text{ m/rotatie} = 593.081 \text{ rotatii} \quad (6.18)$$

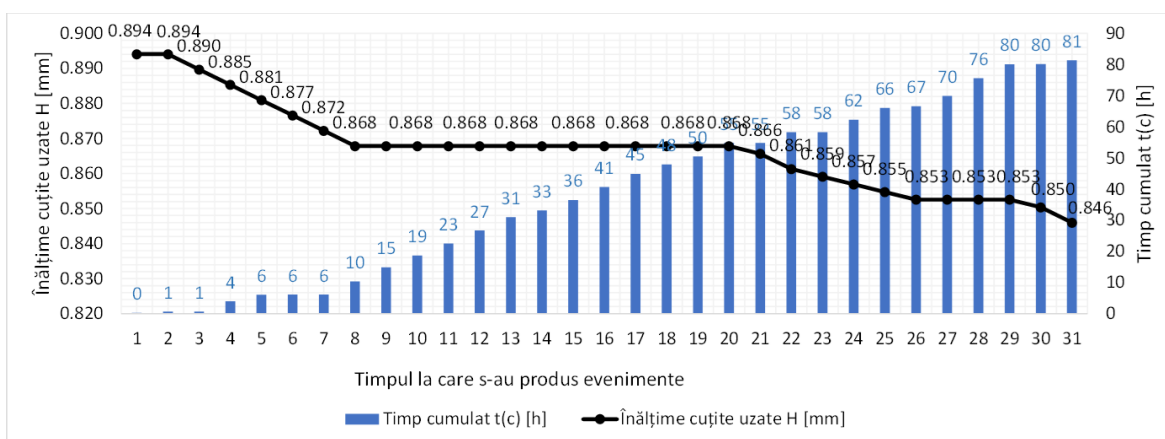


Fig. 6.39. Uzura cuțitelor ștanței M3 funcție de variația înălțimii cuțitelor la fiecare eveniment.

### Rezultate obținute în cazul cuțitelor cromate și durificate cu laser (ștanța M6)

Ștanța M6, a avut aceeași structură cu ștanțele M4 și respectiv M3, dar cuțitele acestea au fost cromate și durificate la vârf cu laser.

Ștanța a lucrat un timp maxim de 89 h cu un moment al forței de strângere și viteză constante, ștanța rămânând în continuare în producție.

$$D_{dM6} = 312.120 \text{ m}/0,4572 \text{ m/rotatie} = 682.677 \text{ rotatii} \quad (6.19)$$

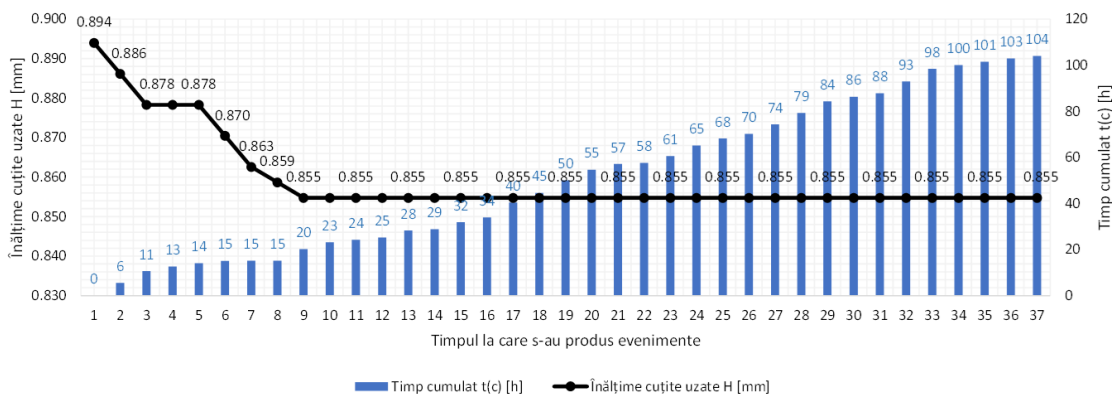


Fig. 6.43. Uzura cuțitelor ștanței M6 funcție de variația înălțimii cuțitelor la fiecare eveniment.



Înălțimile cuțitelor de pe ștanțe au fost măsurate înainte de primul tipar și după retragerea lor din producție. În total s-au efectuat 80 de măsurători, iar pentru stabilirea valorilor maxime și minime s-au calculat valorile medii aritmetice pe intervalele omogene ale măsurătorilor.

Analiza macrostructurii a fost realizată cu ajutorul unui microscop optic metalografic Basic VIS produs de KERN. Analiza la microscopul 50x a două cuțite adiacente de pe ștanța M4 necromată, uzată (Fig. 6.44), a indicat existența a două profile diferite, caracterizate astfel: unul a fost puternic rotunjit iar celălalt aplatisat, fapt ce scoate în evidență uzura neuniformă în contextul în care ambele cuțite intră concomitent în ștanțarea materialului abraziv, care a fost carton subțire. Imaginile au fost preluate la retragerea fizică a ștanței din producție, când înălțimea minimă a cuțitelor uzate a măsurat 0,846 mm.

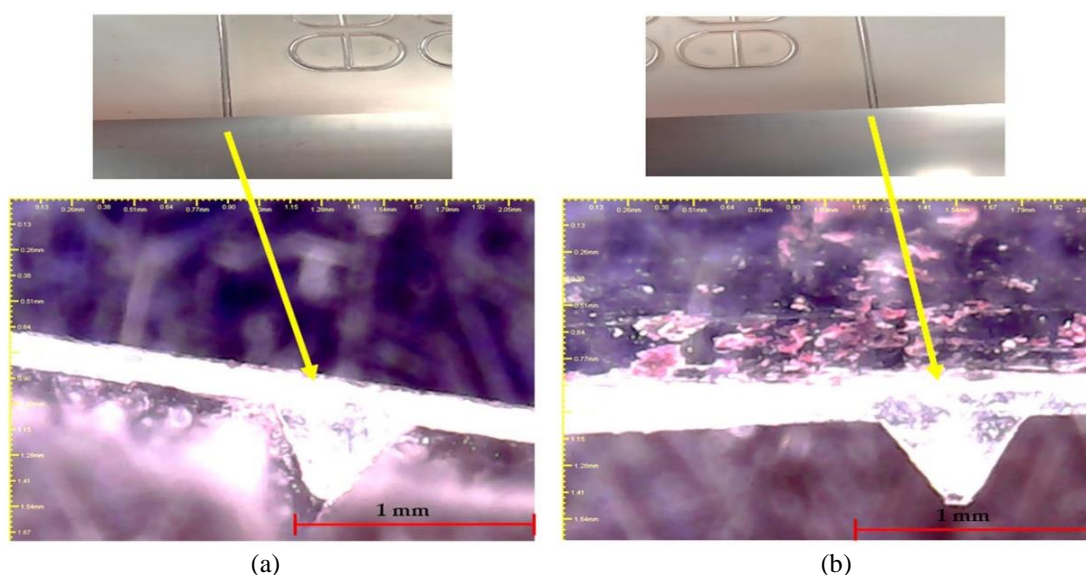


Fig. 6.44. Ștanța M4: (a) uzura cuțitului lateral stânga și (b) uzura cuțitului lateral dreapta.

Uzura cuțitelor ștanței M3 cromate a fost pusă în evidență cu microscopul 50x. Fig. 6.45 arată modul în care zona vârfului este puternic aplatisată în cazul a două cuțite care, fiind alăturate, intră concomitent în ștanțare, astfel că forma vârfurilor uzate este similară. Imaginile au fost preluate când ștanța M3 a fost retrasă din producție la apariția primelor deșeuri neejectate complet, cu înălțimea minimă a cuțitelor uzate de 0,846 mm.

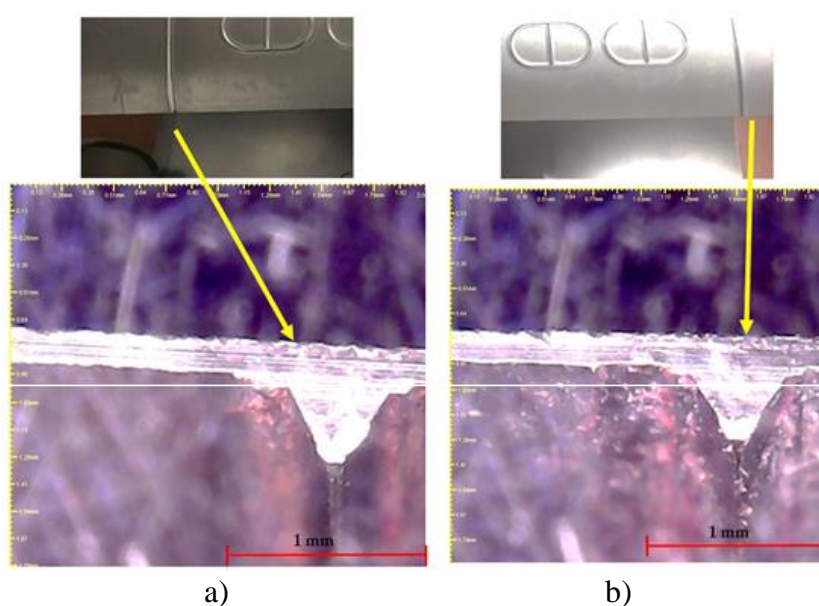


Fig. 6.45. Ștanța M3: a) uzura cuțitului lateral stânga; b) uzura cuțitului lateral dreapta.

După o lungime maximă ștanțată de 312.120 *m* obținută cu ștanța M6 cromată și cuțite durificate laser, s-a constatat un grad mic de uzură la vârful cuțitelor, care au apărut puțin uzate comparativ cu ale celorlalte ștanțe (Fig. 6.46).

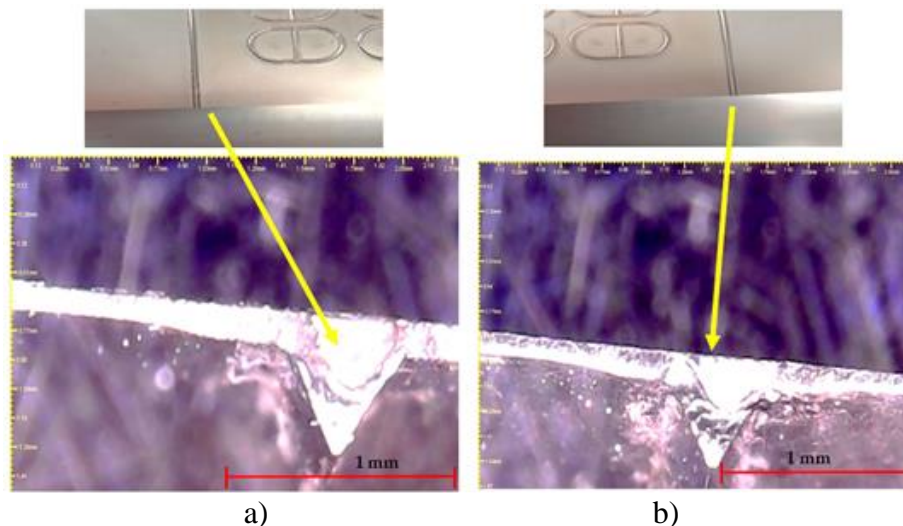


Fig. 6.46. Ștanța M6: a) uzura cuțitului lateral stânga; b) uzura cuțitului lateral dreapta.

Identificarea celor mai mari înălțimi ale cuțitelor la ștanța M4 necromată concomitent cu existența schimbărilor frecvente ale momentelor forței de strângere și ale vitezei de ștanțare a rezultat din faptul că pe suprafața activă a ștanței necromate a apărut cel puțin un cuțit uzat suficient cât să nu fie străpuns complet materialul, iar deșeul rezultat să rămână atârnat de cuib. Uzura aleatorie a cuțitelor se datorează variației de grosime a cartonului ștanțat și a faptului că hârtia/cartonul sunt materiale puternic abrazive, care afectează integritatea formei cuțitelor ștanței.

La toate cele trei ștanțe, apariția unui deșeu aninat de cuib determină aplicarea imediată a unui moment al forței de strângere suplimentar sau a unei modificări a vitezei de ștanțare. Aceste momente au fost marcate de cantități mici de material ștanțat la momente ale forței de strângere.

#### 6.4. Concluzii

- S-a realizat studiul de caz pentru produsul preformat *cutie pliabilă* din carton subțire, produsul fiind frecvent realizat prin acest proces tehnologic. (v. § 6.1).
- S-au identificat în arhivele de producție 7 tipuri de modele de produse preformate complexe, obținute prin tehnologie flexografică în perioada 2015 – 2020, care au necesitat un total de 45 de ștanțe asemănătoare consumate în tirajele de comandă (v. § 6.1.2).
- Au fost disponibile 11 ștanțe pentru cercetare, dar din totalul de 15 ștanțe, pentru 4 ștanțe existau doar informații cantitative și calitative. (v. § 6.2)

Analiza prin extrapolare a datelor privind durabilitatea ștanțelor a scos în evidență următoarele:

– Durabilitatea ștanței M6 a fost mai mare decât a celorlalte două, deoarece a avut cuțitele cromate și durificate laser, iar faptul că a rămas în producție pentru un timp mai îndelungat indicând o durabilitate mai mare, depășind 682.677 *rotatii*, uzura cuțitelor fiind constantă pe suprafața ștanței, în orice punct de pe cuțite.

– Durabilitatea ștanței M3 cromate a fost mai mare decât a ștanței M4 necromate cu 69.781,27 *rotatii*, ștanțând cu 31.900 *m* mai mult decât cu ștanța necromată. Astfel, cromarea ștanței M3 a îmbunătățit rezistența cuțitelor la tăierea cartonului, care este un material abraziv.

Durabilitatea ștanței M4 necromată comparativ cu cea a ștanței M3 cromată indică rezistența scăzută la ștanțarea unui material abraziv (carton) care prezintă variații de grosime de  $\pm 3\%$  de la  $0,463\text{ mm}$  la  $0,436\text{ mm}$ , rezultate din fabricație.

– S-a demonstrat faptul că prin cromarea și durificarea cu laser la vârf a cuțitelor s-a obținut o creștere la maximum a lungimii de material ștanțat, concomitent cu o uzură uniformă a cuțitelor și o scădere a numărului timpilor de reglare.

## **Capitolul 7.**

### **Realizarea modelului matematic pentru determinarea uzurii cuțitelor ștanței**

Realizarea modelului matematic pentru determinarea uzurii cuțitelor ștanței include și elemente diseminate în lucrările autoarei [23, 24, 87].

În acest capitol s-a studiat posibilitatea alegerii și realizării unui model privind procesul de ștanțare flexografică, pentru determinarea uzurii cuțitelor în ștanțarea cu ștanțe complexe, unde practica de producție a indicat un număr mare de ștanțe consumate pentru tiraje mici.

**Despre procesul de ștanțare flexografică există foarte puține detalii în literatura de specialitate, în momentul de față neexistând o metodologie care să ajute la utilizarea cea mai bună a ștanțelor în vederea obținerii unor lungimi maxime de material ștanțat în condiții optime de calitate a produsului finit.**

Au fost luate în considerare înălțimea cutitelor ștanței  $H$ , uzura cuțitelor  $W$ , viteza de ștanțare  $v$ , momentul forței de strângere  $M_f$  și lungimea materialului ștanțat  $L$  [24].

Construcția modelului matematic, bazat pe identificarea unor legi de variație a parametrilor și formularea unui criteriu de performanță, a avut drept obiectiv conceperea unui program de modificare a momentului forței de strângere a ștanței  $M_f$  și vitezei de ștanțare  $v$ , care în producția de tiraje să conducă la o micșorare a uzurii  $W$  a cuțitelor și implicit la o creștere a lungimii  $L$  de material ștanțat.

Transformările pe etape, au condus la obținerea programului (7.32) pentru a cărui rezolvare s-a aplicat **algoritmul Simplex** (Tabel 7.2).

$$\begin{cases}
 (\min)f = 0x_1 + Ex_2 + 0x_3 + 0x_4 + x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} \\
 x_1 - Ax_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} = 40 \\
 x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 + x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} = a_1 \\
 x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 - x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} = a_2 \\
 0x_1 + 0x_2 + x_3 - Bx_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} = v_0 \\
 0x_1 + 0x_2 + x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} = b_1 \\
 0x_1 + 0x_2 + x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 - x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} = b_2 \\
 0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} = 0 \\
 0x_1 - Cx_2 + 0x_3 + 0x_4 + x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} - x_{11} + 0x_{12} = W_0 - 0,001 \\
 0x_1 - Dx_2 + 0x_3 + 0x_4 + x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} - x_{12} = W_0 - 0,001 \\
 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 \geq 0; x_r \geq 0 \text{ unde } r = 6 - 12; x_s \geq 0 \text{ unde } s = 13 - 18 \text{ și } A, B, C, D, E \geq 0
 \end{cases} \quad (7.32)$$

Tabel 7.2. Aplicarea algoritmului Simplex pentru prima iterație.

			0	E	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	M	M	M	M	M	M	Iterația 1
CB	VB	VVB	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$	$x_{17}$	$x_{18}$	Coloana care iese din bază		
M	$x_{13}$	40	1	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	$40:1 = 40$
0	$x_6$	$a_1$	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$a_1:1 = a_1$
M	$x_{14}$	$a_2$	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	$a_2:1 = a_2$
M	$x_{15}$	$v_0$	0	0	1	-A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-
0	$x_8$	$b_1$	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
M	$x_{16}$	$v_b$	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-	
0	$x_{10}$	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
M	$x_{17}$	$W_0 - 0,001$	0	-B	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-
0	$x_{12}$	$W_0 - 0,001$	0	-D	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	1	0	-
	$f$	$(39,009 + a_2 + v_0 + v_b + W_0) \cdot M$	$2M$	$(-A - C) \cdot M$	$2M$	$-B \cdot M$	$M$	$*$	$-M$	$*$	$-M$	$*$	$-M$	$*$	$*$	$*$	$*$	$*$	$*$	$*$	$*$	$*$	

Metodologia poate fi utilizată în orice tipografie, în cazurile în care există un număr mare (dublu) de ștanțe retrase după tiraje mici de comenzi (comparativ cu tirajele preconizate), deși obținerea produsului complex ar necesita un consum mic anual de ștanțe.

## Capitolul 8.

### Cercetări experimentale și contribuții personale privind uzura ștanțelor cu geometrie complexă

O parte din cercetările experimentale și contribuțiile personale privind uzura cuțitelor în ștanțarea flexografică au fost diseminate în lucrările autoarei [24, 59, 87].

În vederea creșterii durabilității ștanțelor (creșterea lungimii materialului ștanțat și reducerea uzurii cuțitelor ștanței) s-a analizat evoluția uzurii cuțitelor unui grup de ștanțe flexibile din producție.

Cercetările experimentale au fost efectuate cu grupul de ștanțare prezentat în Figura 8.3.a. În plan longitudinal cuțitele sunt paralele cu suprafața de ștanțat, iar în plan transversal străpung treptat materialul de tip carton, în timpul rotirii (Fig. 8.3. b). Astfel, în zona de tangență a celor doi cilindri din grupul de ștanțare, putem distinge: cuțite care intră în tăiere prin segmente liniare, cuțite care intră în tăiere urmând contur curbiliniu și cuțite care taie paralel cu direcția de deplasare a benzii în mașină [87]. Astfel pe parcursul unei rotiri complete a ștanței, se disting șase tipuri de tăieri simultane (Fig. 8.3. b).



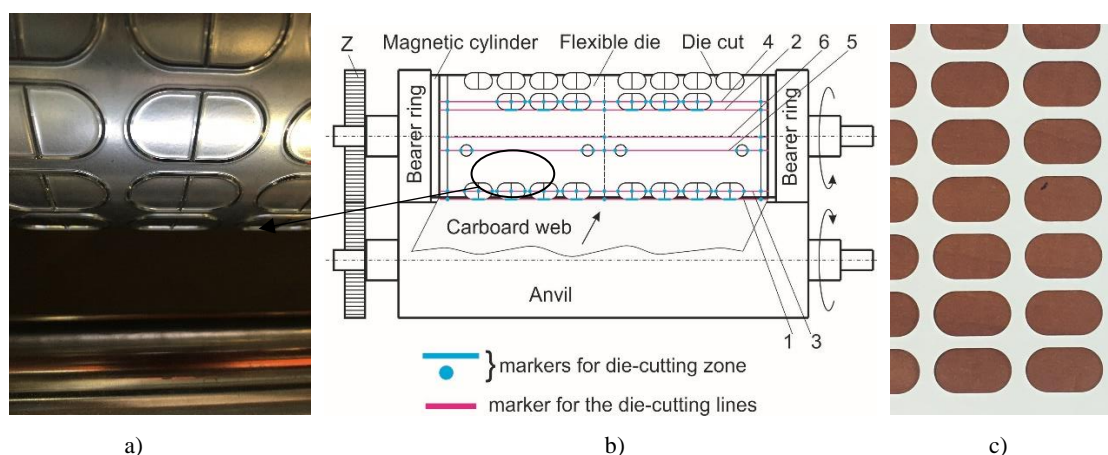


Fig. 8.3. Grupul de ștanțare: a) ștanța montată în grup; b) schița grupului de ștanțare cu marcarea zonelor de tăiere; c) produsul final.

Pentru toate tăierile efectuate cu fiecare dintre ștanțe, s-a utilizat același cilindru de angrenare magnetic port-ștanță (Fig 8.3), iar parametrii de setare ai utilajului pentru fiecare tiraj au fost aceiași: carton subțire cu grosimea de  $0,450\text{ mm}$ ; reglajul adâncimii de tăiere a ștanțelor s-a făcut prin apropierea cilindrului magnetic de contra-cilindrul de presiune prin intermediul unui dispozitiv cu șuruburi la care strângerea se realizează cu o cheie dinamometrică cu gradații între  $40 - 200\text{ Nm}$  [87].

### 8.3. Alegerea ștanțelor reprezentative pentru studiul lungimii maxime ștanțate și a uzurii cuțitelor

Începând cu 2019, pe parcursul a 4 ani, a fost studiat în paralel, comportamentul dinamic al unui număr total de 40 de ștanțe (numărul tuturor ștanțelor complexe utilizate la cele șapte modele de produse executate în tipografie în perioada 2019-2023).

În ultimii 10 ani pretențiile beneficiarilor au crescut, majoritatea solicitând o calitate cât mai bună materialului ștanței. Astfel, clienții solicită des producătorilor să durifice suprafața ștanței pentru o durabilitate mai mare, cum ar fi durificarea cu laser a cuțitelor la vârf. Din aceste considerente, au fost alese cele 8 ștanțe durificate cu laser la vârf.

Cele 8 ștanțe pe care s-au făcut cercetari experimentale au avut următoarele caracteristici comune:

- au fost utilizate în exclusivitate pentru ștanțarea aceluiași material, respectiv carton subțire cu gramajul de  $280\text{ g/m}^2$  ( $\pm 2\%$ ) ISO 536 și grosimea de  $450\text{ }\mu\text{m}$  ( $\pm 3\%$ ) ISO 534;
- s-au executat pentru cerințe de tiraj foarte mare de ordinul sutelor de mii de metri și de rezistență la abraziune, cartonul fiind un material abraziv;
- au avut aceeași geometrie a cuțitelor, respectiv profil triunghiular, cu unghiul la vârf de 70 de grade;
- au fost utilizate pentru ștanțarea aceluiași produs complex (Fig. 8.3.c);
- au fost executate cu suprafața cromată și vârfulurile cuțitelor durificate cu laser.

#### 8.3.2. Determinarea lungimii maxime ștanțate și a uzurii cuțitelor

Uzura cuțitelor și lungimea ștanțată sunt prezentate în Tabelul 8.2.

Cercetările experimentale au fost efectuate pe parcursul a 4 ani, în producția de tiraje reale. Cifrele fiind mari, pentru unitatea de măsură s-a ales un multiplu [ $\cdot 1000$  m] rotunjind rezultatul la 2 zecimale.

Au fost analizate pe rând cele 4 comportamente la limită ale ștanțelor din Tabel 8.3, cu următoarele caracteristici [87]:

- lungime minimă prelucrată, uzură minimă ștanță: D1 ;
- lungime minimă prelucrată, uzură maximă ștanță: M1 ;
- lungime maximă prelucrată, uzură maximă ștanță: M0 și D4 ;
- lungime maximă prelucrată, uzură minimă ștanță: aceasta reprezintă varianta optimă.

Tabel 8.2. Uzura cuțitelor și lungimea ștanțată [87]

Ștanța	$W_{\max}$ [mm]	$L_{\max}$ [ $\cdot 1000$ m]
M0	0,060	261,6
<u>M1</u>	0,053	36,1
<u>M2</u>	0,055	117,3
<u>M5</u>	0,040	3,4
D4	0,053	227,9
D1	0,005	41,5
D2	0,042	45,9
D3	0,033	28,0

Tabel 8.3. Tabelul de distribuție bidimensională a celor opt ștanțe: M0, M1, M2, M5, D1, D2, D3 și D4 [87]

$W_{\max}$ [mm] \ $L_{\max}$ [ $\cdot 1000$ m]	0,005 – 0,023	0,023 – 0,042	0,042 – 0,060	Număr de valori $W_{\max}$ în interval
3,4 – 89,5	D1	<u>M5</u> , D2, D3	<u>M1</u>	5
89,5 – 175,6			<u>M2</u>	1
175,6 – 261,6			M0, D4	2
Număr de valori $L_{\max}$ în interval	1	3	4	8

S-au determinat cauzele aleatorii care pot genera retragerea din producție a unei ștanțe înainte de uzura completă a cuțitelor. Defectele frecvent întâlnite la ștanțele complexe au fost prezentate în subcapitolul 8.1.1.

S-au întâlnit astfel de situații și la unele dintre ștanțele analizate. Astfel:

Ștanța D1 – a fost RETRASĂ după 41.500 m deoarece a fost lovită mecanic la ultimul reglaj deoarece cheia dinamometrică a căzut pe cuțitele ștanței distrugându-le.

Ștanța D2 – a fost executată la o lungime mai mare decât circumferința cilindrului, marginile ștanței s-au suprapus la montarea pe cilindrul magnetic, astfel că marginea ridicată s-a imprimat în material fiind RETRASĂ după 45.900 m.

Ștanța D3 – după execuție ștanța a fost lăsată plană, nepreformată, cu bavură la una din margini; la montarea pe cilindrul magnetic marginile s-au suprapus iar marginea ridicată s-a imprimat în material fiind RETRASĂ după 28.000 m.

Ștanța D4 – această ștanță a avut DEFECT de execuție pentru o zonă de cuțite care nu tăiau suficient de adânc, dar a fost păstrată în producție din necesitatea de a completa loturile de livrare, până la obținerea unei ștanțe noi. A înregistrat pierderi mari de material la reglaj: din 227.900 m ștanțați, 14.000 m au fost pierderi, și a avut o uzură mare a cuțitelor, de 0,053 mm.

Ștanța M0 – la această ștanță am înregistrat parametrii de ștanțare  $M_f, v$  numai de la aproximativ jumătatea duratei de viață a ștanței, când  $M_f = 110 Nm$ , respectiv de la momentul începerii programului de cercetare doctorală.



În urma acestor evenimente și a analizei Tabelului 8.2, s-au ales pentru analiză următoarele 3 ștanțe: M5, M1, M2 executate la aceeași calitate, cromate și durificate cu laser la vârful cuțitelor deoarece acestea reprezintă cazurile extreme care pot apărea în ștanțare.

#### 8.4. Contribuții personale privind îmbunătățirea procesului tehnologic de ștanțare

S-au propus și implementat următoarele modificări ale derulării procesului tehnologic de ștanțare în vederea îmbunătățirii acestuia, astfel:

Reglajul momentului forței de strângere  $M_f$  a ștanței s-a efectuat crescător, **cu valori din 10 în 10 unități și pornire de la  $M_{f0} = 40 Nm$ .**

Condițiile de ștanțare au fost identice la toate ștanțele, cu lamelă-opritor pentru îndepărtarea deșeurilor scăpate din grupul de ștanțare și cu suflante pentru evitarea prinderii deșeurilor în înfășurarea rolei. Aceste condiții au fost luate în calcul la stabilirea uzurii înălțimii cuțitelor de la valoarea maximă nominală a cuțitelor noi până la valoarea minimă măsurată a cuțitelor uzate.

Modelul matematic prezentat în capitolul anterior s-a aplicat la trei ștanțe reprezentative M5, M1 și M2.

#### 8.5.3. Rezolvarea modelului matematic prin algoritmul Simplex

$$\begin{cases}
 (\min)f = 0x_1 + 0,003x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} + Mx_{13} + Mx_{14} + Mx_{15} + M_4x_{16} + Mx_{17} \\
 x_1 - 10x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} + x_{13} + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} + 0x_{17} = 40 \\
 x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 + x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} + 0x_{13} + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} + 0x_{17} = 80 \\
 x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 - x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} + 0x_{13} + x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} + 0x_{17} = 70 \\
 0x_1 + 0x_2 + x_3 - 10x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} + 0x_{13} + 0x_{14} + x_{15} + 0x_{16} + 0x_{17} = 30 \quad (8.46) \\
 0x_1 + 0x_2 + x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} + 0x_{13} + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} + 0x_{17} = 40 \\
 0x_1 + 0x_2 + x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 - x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} + 0x_{13} + 0x_{14} + 0x_{15} + x_{16} + 0x_{17} = 30 \\
 0x_1 - 0,003x_2 + 0x_3 + 0x_4 + x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + x_{10} + 0x_{11} + 0x_{12} + 0x_{13} + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} + 0x_{17} = 0,003 \\
 0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} - x_{11} + 0x_{12} + 0x_{13} + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} + x_{17} = 0 \\
 0x_1 - 0,003x_2 + 0x_3 + 0x_4 + x_5 + 0x_6 + 0x_7 + 0x_8 + 0x_9 + 0x_{10} + 0x_{11} + x_{12} + 0x_{13} + 0x_{14} + 0x_{15} + 0x_{16} + 0x_{17} = 0,008 \\
 x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0, x_5 \geq 0, x_6 \geq 0, x_7 \geq 0 \text{ unde } r = 6 - 12, x_8 \geq 0 \text{ unde } s = 13 - 17
 \end{cases}$$

Tabel 8.8. Aplicarea algoritmului simplex pentru prima iterație.

			0	0.003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	M	M	M	M	M	Iterația 1
CB	VB	VVB	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$	$x_{14}$	$x_{15}$	$x_{16}$	$x_{17}$	Coloana care iese din bază				
M	$x_{13}$	40	1	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	40: 1 = 40
0	$x_6$	80	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80: 1 = 80
M	$x_{14}$	70	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	70: 1 = 70
M	$x_{15}$	30	0	0	1	-10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-
0	$x_8$	40	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
M	$x_{16}$	30	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-
0	$x_{10}$	0.003	0	-0.003	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
M	$x_{17}$	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-
0	$x_{12}$	0.008	0	-0.003	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
	$f$	170M	2M	-10M - 0.003	2M	-10M	M	*	-M	*	-M	*	-M	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	-

## 8.6. Formularea unui algoritm de reglare a parametrilor procesului de ștanțare

O soluție aplicabilă condițiilor existente din tipografia în care s-au efectuat testele, a fost înjumătățirea valorilor de creștere succesivă a parametrilor de proces  $M'_{fi} = 40 - 110 Nm$  și  $v'_k = 30 - 50 m/min$ .

## 8.7. Concluzii

S-au identificat fazele succesive de tăiere ale cartonului, în procesul de ștanțare flexografică.

Au fost evidențiate principalele cauze pentru care ștanțele complexe sunt frecvent retrase mai devreme din producție (fără a atinge uzura maximă a cuțitelor) și care generează pierderi importante în producție.

S-a analizat gradul de compexitate al ștanței și gradul de compexitate aferent procesului de ștanțare. S-a constatat că în zona de tangență a cilindrilor activi din grupul de ștanțare, se succed pe parcursul unei rotiri complete a ștanței, șase tipuri de tăieri concomitente în care sunt ștanțate combinații de secțiuni liniare, curbilinii și punctuale, în funcție de lungimea și poziția cuțitelor care intră în tăiere

Totalul ștanțelor studiate pe parcursul a 4 ani, începând din 2019 (începutul activității de cercetare doctorală) a acoperit 7 modele de ștanțe complexe și 40 de ștanțe consumate în producție.

S-au identificat 3 ștanțe reprezentative, M5, M1 și M2, în urma analizei uzurii cuțitelor și lungimii de material ștanțat aferent fiecărei ștanțe, precum și a rezultatelor obținute în urma studiului privind cauzele aleatorii care au determinat retragerea prematură din producție a unora dintre ele.

Având în vedere posibilitatea aplicării reglajelor din 5 în 5 unități, atât pentru momentul forței de strângere al ștanței cât și pentru viteza de ștanțare (variația fină a vitezei se realizează din panoul de comandă al utilajului) s-a formulat algoritmul de reglare al procesului de ștanțare flexografic.

## **Capitolul 9.**

### **Contribuții personale la îmbunătățirea procesului de ștanțare**

Cercetarea privind îmbunătățirea procesului de ștanțare, include și elemente diseminate în lucrările autoarei [23, 24, 87].

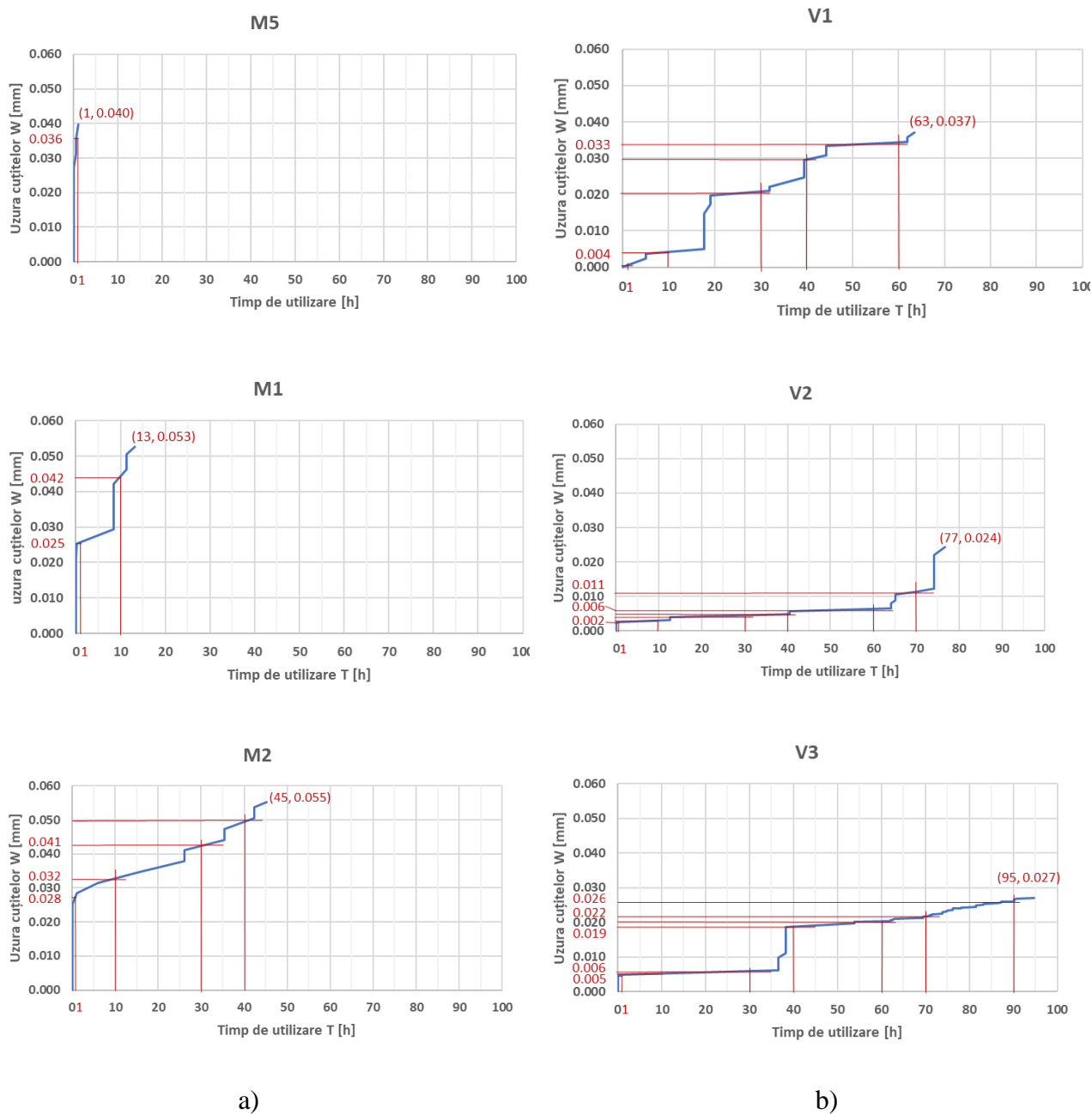
#### 9.1. Testarea soluțiilor propuse pe ștanțe noi introduse în producție

Pentru testarea soluțiilor propuse, s-au utilizat 3 ștanțe noi, notate V1, V2, V3, cromate, destinate tirajelor foarte mari (de ordinul sutelor de mii de metri) [24], iar cuțitele au fost durificate la vârf cu laser, profil triunghiular cu 70 grade la vârf.

Ștanțele au fost utilizate exclusiv pentru ștanțarea produsului complex studiat pentru materialul de tip carton subțire de gramaj  $280 (\pm 2\%) g/m^2$  ISO 536 și grosime  $450 (\pm 3\%) \mu m$  ISO 534.

Testarea celor trei ștanțe noi s-a derulat pe parcursul unui an de zile, timp în care au fost urmărite în procesul de producție.

Cu rezultatele obținute din experimente, s-a reprezentat cu ajutorul cronogramelor variația uzurii cuțitelor în funcție de timpul de utilizare al ștanțelor pentru cele două grupe de ștanțe: ștanțele M5, M1, M2 utilizate în condițiile vechi din producție și ștanțele noi V1, V2, V3 cu rezultatele din experimente propuse în urma cercetării (Fig. 9.1. a și b) [87].



a)

b)

Fig. 9.1. Variația în timp a uzurii cuțitelor ștanțelor:

- a) M5, M1, M2 – grupul de ștanțe noi utilizate în condițiile vechi din producție;  
 b) V1, V2, V3 – grupul de ștanțe noi după implementarea soluției propuse în teza de doctorat [87]

Din Fig. 9.1.a, pentru cronograma M5 s-a observat evoluția cu slabe performanțe a ștanței. A fost necesară creșterea forței de strângere, ceea ce a determinat o uzură rapidă a cuțitelor astfel că după o oră, uzura cuțitelor a ajuns la  $0,033 \text{ mm}$ . La valoarea de  $0,040 \text{ mm}$  ștanța a fost retrasă, deoarece nu a mai asigurat ejectarea deșeurilor iar efectul de rotire nu a mai putut fi oprit [87].

În comparație cu M5, pentru utilizarea ștanței timp de o oră, deși cronograma M1 a indicat o uzură mare a cuțitelor de  $0,025 \text{ mm}$ , ștanțarea a decurs normal, calitatea produsului fiind corespunzătoare. După 10 ore de funcționare uzura cuțitelor a ajuns la  $0,042 \text{ mm}$ , valoare la care ștanța M5 era deja retrasă. Peste această valoare, ștanța a mai lucrat 3 ore, iar uzura cuțitelor la retragerea din producție a fost de  $0,053 \text{ mm}$ .

Din grupul ștanțelor de analiză, M2 a avut cea mai bună evoluție pe intervalul  $M_f = 40 - 120 Nm$ , această ștanță fiind de referință în cadrul studiului efectuat. În cronograma M2, este indicată o uzură de  $0,028 mm$  după o oră de ștanțare, iar după 30 de ore de ștanțare uzura a ajuns la valoarea de  $0,041 mm$ , într-un timp de trei ori mai mare comparativ cu cel de zece ore de utilizare, corespunzător cuțitelor ștanței M1.

În paralel (Fig. 9.1.b) s-a analizat și grupul ștanțelor din experimente, V1, V2, V3. La acestea, s-au aplicat soluțiile modelului matematic astfel: în procedurile de lucru s-au modificat valorile succesiv crescătoare, respectiv s-au micșorat creșterile valorilor  $M_f$  de la 10 unități la 5 unități. S-a obținut o variație fină a momentului forței de strângere a ștanței. Concomitent variația vitezei la condițiile de tipar s-a reglat tot cu trepte de 5 unități. În același timp, s-a inițiat și procedura de repetare a intervalului de valori  $M_f = 70 - 90 Nm$  aplicat după valoarea  $M_f = 100 Nm$ .

Raportat la ștanțele din grupul din experimente, dintre cele trei, cea mai mică performanță a avut-o ștanța V1. Comparativ cu oricare din ștanțele grupului de ștanțe noi utilizate în condițiile vechi din producție, cronograma V1 indică valori net superioare. Astfel, după o oră de funcționare uzura cuțitelor era de  $0,004 mm$ , iar după 60 de ore uzura era de  $0,033 mm$ , pentru o perioadă de timp de șase ori mai mare față de uzura cuțitelor ștanței M2 după zece ore de ștanțare (M2 fiind cea mai bună din grupul M5, M1, M2).

Cronograma V2 a relevat rezultate superioare celor obținute cu ștanța V1, datorate aplicării mai devreme a intervalului de valori  $M_f = 70 - 90 Nm$ , respectiv după  $25.780 m$ , comparativ cu ștanța V1, unde aplicarea aceluiași interval de  $M_f$  s-a făcut după  $49.440 m$ . Astfel uzura cuțitelor nu a crescut rapid iar după 60 de ore de ștanțare a ajuns la valoarea de  $0,006 mm$ . După 77 de ore de utilizare ștanța a fost scoasă din teste având uzura cuțitelor de  $0,024 mm$ , practic valoarea uzurii cuțitelor ștanței M1 după o singură oră de ștanțare.

Cronograma V3 demonstrează efectele aplicării succesive a intervalului de valori  $M_f = 70 - 90 Nm$  fără a mai depăși valoarea de  $90 Nm$ . Aceste repetiții au fost aplicate după 54 de ore de funcționare și au avut ca efect o creștere moderată a uzurii cuțitelor.

După 70 de ore de funcționare uzura cuțitelor era de  $0,022 mm$ , ștanța V2 fiind scoasă din teste la uzura cuțitelor de  $0,024 mm$  la 77 de ore de utilizare. Ștanța V3 a funcționat 95 de ore și a ajuns la uzura de  $0,027 mm$ .

În tabelul 9.19 este prezentată analiza comparativă realizată după introducerea ștanțelor noi în producție și respectarea noilor reguli impuse de rezultatele cercetării realizate în cadrul tezei de doctorat.

Tabelul 9.19. Analiză comparativă privind comportamentul ștanțelor studiate

Die cut	Maximum knife wear $W_{max}$ [mm]	Time of use $T$ [h]	Maximum die cut length $L_{max}$ [ $\cdot$ 1000 m]
M5	0.040	0.52	3.4
M1	0.053	1.91	36.1
M2	0.055	2.90	117.3
V1	0.037	63.45	178.1
V2	0.024	76.70	225.9
V3	0.027	94.70	263.6

## 9.5. Concluzii

Până la efectuarea acestor studii și cercetări, în tipografie nu s-au obținut rezultate pozitive la ștanțarea produselor complexe, cu găuri și linii cu perforații, astfel că ștanțele erau retrase prematur din producție, din cauze care influențau calitatea produsului finit.

Experimentele prezentate în teză, rezultatele parțiale și cele finale obținute, au fost aplicate în paralel și celorlalte modele de ștanțe complexe, pe măsură ce acestea au intrat în producții de tiraje, rezultând în toate cazurile creșterea lungimii de material stantat. Aceste activități au fost coordonate direct de către autoarea tezei.

## **Capitolul 10.**

### **Concluzii generale, contribuții principale și direcții de dezvoltare a cercetării**

#### 10.1. Concluzii generale

(1) Teza de doctorat dezvoltă o serie de aspecte privind îmbunătățirea procesului de ștanțare în tehnologia flexografică cu ștanțe cu geometrie complexă, cum ar fi: creșterea eficienței fluxului tehnologic de producție flexografică și propunerea unui model matematic care permite găsirea soluțiilor optime privind scăderea uzurii cuțitelor ștanțelor flexibile.

(2) Importanța științifică a tezei de doctorat este susținută de contribuțiile aduse la realizarea și implementarea unei metodologii de exploatare a ștanțelor cu geometrie complexă utilizate în tehnologia flexografică, în producția de tiraje în conformitate cu comenzile primite și realizate într-o tipografie, bazată pe modificarea controlată a parametrilor tehnologici de producție, respectiv a momentului forței de strângere a ștanței și a vitezei de ștanțare.

(3) Din analiza stadiului actual, privind tehnologia flexografică și rolul ștanțării în flexografie, s-au desprins o serie de concluzii, prezentate în capitolul 3.

(4) Având în vedere datele și concluziile din analiza stadiului actual privind tehnologia flexografică și rolul ștanțării în flexografie, s-au considerat a fi de actualitate direcțiile de cercetare prezentate în capitolul 4.

(5) În raport cu stadiul actual și direcțiile de cercetare privind îmbunătățirea procesului de ștanțare în tehnologia flexografică cu ștanțe cu geometrie complexă, s-a determinat ca obiectiv principal al activității de cercetare în cadrul doctoratului (v. și § 4) dezvoltarea și implementarea în producerea de tiraje în conformitate cu comenzile, a unei metodologii de ștanțare flexografică care să implice creșterea calității produselor preformate cu grad de complexitate ridicat, bazată pe modificarea controlată a parametrilor tehnologici de producție și aplicabilă pentru orice tip de utilaje și ștanțe cu geometrie complexă. Concluziile relevante privind activitatea de cercetare pentru atingerea obiectivului principal, în raport cu elementele de referință metodologice (v. § 4), sunt următoarele:

- S-a îmbunătățit modul de programare a utilizării ștanțelor, prin identificarea și implementarea condițiilor care pot conduce la reducerea timpilor auxiliari, crescând eficiența utilizării la maximum a utilajelor (v. § 5).

- S-a identificat sursa timpilor auxiliari maximi consumați în producție, prin aplicarea scenariului 1 (FIFO), comparativ cu Scenariul 2 (MinSetup). S-a dovedit că, în producerea de tiraje realizate în cadrul companiei în care s-a desfășurat cercetarea, Scenariul 1 reflectă și cazurile în care apare cerința

de livrare urgentă a unui produs neprevăzut în programul curent de producție. Acestea sunt un mare consumator de timp, prin perturbarea fluxului de producție: schimbare de cilindru magnetic, preparare de cerneluri noi, spălare cuve pentru grupuri diferite de culoare, iar pierderile cresc substanțial dacă este necesară și schimbarea traseului materialului prin utilaj (v. § 5).

○ S-a propus un model matematic, ținând cont de: • restricțiile impuse de parametrii procesului de tipar flexografic – momentul forței de strângere a ștanței, viteza de ștanțare, uzura cuțitelor (măsurarea cuțitelor uzate) și lungimea de material ștanțat; • criteriul de performanță ales a fost minimizarea uzurii cuțitelor (v. § 7).

○ S-a aplicat metoda Simplex pentru rezolvarea modelului matematic (v. § 7).

○ Din cele 11 ștanțe, 3 dintre ele (ștanțele M4, M3 și M6) au fost cercetare experimental (v. § 6.3) cu scopul stabilirii influenței calității materialului ștanței (necromat, cromat și cromat cu durificarea la vârf a cuțitelor) conform scopului urmărit în teză, de îmbunătățire a procesului de ștanțare flexografic, prin obținerea de uzuri minime a cuțitelor ștanței (v. § 8.2). Astfel, s-au evidențiat următoarele aspecte:

- pentru ștanța necromată M4 s-a confirmat rezistența slabă la tăierea prin ștanțare flexografică a unui material puternic abraziv, cum a fost cel utilizat în toate experimentele (carton de grosime de 0,450 mm). Cuțitele s-au uzat neuniform foarte repede, iar deșeurile nu au mai fost ejectate complet din cuiburi, fiind necesară creșterea, la intervale scurte de timp, a momentului forței de strângere a ștanței;
- ștanța cromată M3 a permis o creștere a lungimii de material ștanțat cu 31.900 m mai mult față de ștanța necromată, prin îmbunătățirea rezistenței cuțitelor la tăierea materialului abraziv, dar insuficient pentru variațiile grosimii cartonului de +/- 3 % indicate de producător;
- ștanța M6 cromată și durificată cu laser la vârful cuțitelor a avut cea mai mare durabilitate dintre cele trei ștanțe, cuțitele uzându-se uniform pe toată suprafața ștanței, fapt confirmat prin analiza macrostructurii acestora, obținută cu ajutorul unui microscop optic metalografic, Basic VIS produs de KERN. Imaginile 50x preluate la retragerea ștanței M6 din producție au pus în evidență aspectul cuțitelor uniform uzate la vârf.

○ S-a constatat îmbunătățirea procesului de ștanțare prin aplicarea algoritmului propus pentru reglarea parametrilor de ștanțare: au fost executate 3 ștanțe noi (notate V1, V2, V3), care respectă aceleași cerințe de calitate ca și la ștanțele M5, M1, M2, respectiv de ștanțare a aceluiași tip carton subțire, de grosime 0,450 mm, și destinate pentru lucrul în tiraje foarte mari, de ordinul sutelor de mii de metri liniari (ștanțe cromate și durificate cu laser), cu 70 grade la vârful cuțitelor. Condițiile de producție au fost aceleași: la montarea în grupul de ștanțare s-a utilizat același cilindru magnetic, iar pe panoul de comandă al utilajului s-au setat aceleași date de intrare (v. § 9).

## 10.2. Contribuții principale

Pentru realizarea obiectivului principal al activității doctorale de cercetare, în cadrul studiului s-au adus următoarele contribuții:

- S-au realizat și implementat proceduri specifice asigurării calității procesului de tipar flexografic la care autoarea a participat direct: • procedură de pregătire a tipăririi; • procedură de tipărire mostră primul tipar; • procedură de tipărire mostre intermediare; • procedură de finisare cutii ștanțate.
- S-au construit două modele de calitate în scopul definirii cerințelor de calitate pentru produsele preformate complexe, obținute flexografic: un model de calitate pe niveluri de conceptualizare și un



model de calitate optimă pentru același produs. Modelele de calitate obținute în cadrul tezei s-au utilizat ulterior în colaborările cu diferiți beneficiari (v. § 6).

- S-a realizat construcția unui model matematic, ce poate fi aplicat prin particularizarea datelor, la orice model de ștanțe flexibile dedicate oricărui tip de mașini flexografice, în condițiile în care producerea de tiraje comandate de clienți prezintă uzuri rapide cu retrageri premature din producție, iar numărul ștanțelor consumate depășește consumul previzionat pentru comandă.
- Înainte de începerea cercetării, reglajul momentului forței de strângere a ștanței se făcea din 10 în 10 unități cu o valoare de începere de 40 Nm (valori permise de cheia dinamometrică). S-au implementat pe fluxul tehnologic rezultatele algoritmului de programare a parametrilor din procesul de ștanțare, prin creșterea momentului forței de strângere a ștanței cu valori constante din 5 în 5 unități.
- A fost concepută și implementată o metodologie pentru ștanțarea flexografică cu ștanțe cu geometrie complexă.

### 10.3. Direcții de dezvoltare a cercetării

1. Problematika uzurii cuțitelor ștanțelor flexibile utilizate în tehnologia flexografică necesită o activitate de cercetare continuă, de studiu al materialelor din care sunt executate ștanțele, precum și modul în care proprietățile acestora sunt compensate prin cromare, ambele influențând mărimea tirajelor.
2. Studiul utilizării ștanțelor din materiale noi, diferite de cele utilizate până acum. Este necesară utilizarea unor materiale de înaltă calitate, rezistente și durabile, necesare pentru obținerea detaliilor precise și a modelelor complexe în cadrul procesului tehnologic de ștanțare flexografică.
3. Folosirea unor programe de simulare a procesului de ștanțare în vederea optimizării procesului.
4. Cercetări privind dezvoltarea tehnologiei flexografice în Industria 4.0 și adaptarea ulterioară la Industria 5.0. Se vor studia posibilități de conectare a echipamentelor, crearea unui lanț de aprovizionare inteligent, convergența dintre mijloacele fizice și cele cibernetice prin intermediul IoT (Internetul Lucrurilor), dar și de digitalizare, automatizare, cu un accent special pe trecerea la transformarea digitală industrială, la tehnologiile de „cloud computing” și inteligență artificială.

## Bibliografie selectivă

- [2] Kipphan, H. *Printing Technologies with Permanent Printing Master*. In: Kipphan, H. (eds) *Handbook of Print Media*. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-29900-4\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-540-29900-4_2), ISBN 978-3-540-29900-4 (eBook) p. 125-126; 396, 2001.
- [3] Agenția Europeană de Mediu (AEM), *Deșeurile: o problemă sau o resursă?*, web p. <https://www.eea.europa.eu/ro/semnale/semnale-de-mediu-2014/articole/deseurile-o-problema-sau-o-resursa> (accesat 16.07.2020).
- [4] \*\*\*, Forest Stewardship Council®, *Fibre. Packaging. Paper. Hygiene*. Last updated: May 25, 2018. web p. <https://fsc.org/en/for-businesses/fibre>. (accesat 01.12.2019).
- [6] \*\*\*, Tesa®, *Create Sustainable Flexo Plate Mounting Solutions with tesa® Twinlock*, web p. <https://www.tesa.com/en/industry/paper-print/tape-applications/plate-mounting-tapes-flexographic-printing/adhesive-plate-mounting-sleeves>, (accesat 01.12.2019).

- [7] Petrovic, S., Kasikovic, N., *Sleeve type influence on flexographic print quality*, International Circular Of Graphic Education And Research, no. Issue: 11, pp. 35-51, 2018.
- [12] Kipphan, H. *Fundamentals*. In: Kipphan, H. (eds) Handbook of Print Media. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-29900-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-29900-4_1), ISBN 978-3-540-29900-4 (eBook), p. 46-48, 137-142, 2001.
- [23] Folea G.V., Bălan E., Mohora C.: *Considerations on Quality Assurance for Flexographic Print Products*. Annals of the Academy of Romanian Scientists, Series on Engineering Sciences, Volume 12, Number 1/2020, pag. 33-47 (2020), ISSN PRINT 2066 – 6950; ISSN ONLINE 2066 – 8570; Publisher Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, Indexată BDI: DOAJ, DOI <https://doi.org/10.56082/annalsarscieng.2020.1.33>  
<https://doaj.org/article/9d0ab5cf896549a78bbaef515785a5ec>.
- [24] Neamțu, G.V., Mohora, C., Anania, D.F., Dobrotă, D.: *Research Regarding the Increase of Durability of Flexible Die Made from 50CrMo4 Used in the Typographic Industry*. METALS, Volume 11, Issue 6, Article Number 996, Published JUN 2021, Indexed 2021-07-10, EISSN 2075- 4701, Document Type Article, Indexata Web of Science, DOI 10.3390/met11060996, Factor de impact: 2.695, Accession Number WOS:000666426700001 <https://Od10tnfrv-y-https-www-webofscience-com.z-e-nformation.ro/wos/woscc/fullrecord/WOS:000666426700001>.
- [28] Wink Stanzwerkzeuge GmbH & Co. KG, *Supercut Flexible Dies for Labels, Cutting Angle & Material*. Available online: <https://www.wink.de/products/flexible-dies/wwwwinkdesupercut/> (accessed on 05 May 2021).
- [30] Spilker Precision International GmbH, *Rotary cutters*. Available online: <https://www.spilker.com/products/rotary-cutters/> (accessed on 26.02.2024).
- [31] Folea, G.V., Cazac, V., *The Analysis Of The Particularities Of Flexible Dies And Of The Options To Ensure Quality In Flexo Die Cutting*, Annals of the Academy of Romanian Scientists, Series on Engineering Sciences, Vol. 10 Number 1 (2018), ISSN PRINT 2066 – 6950; ISSN ONLINE 2066 – 8570; Publisher Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, Indexata BDI: DOAJ, <https://doaj.org/article/a2831d8829d54728994d2af83604b835>.
- [32] Kocher+Beck GmbH + Co. *Totationsstanztechnik KG, Tooling Technology IOC Flexible Dies*. Available online: <https://www.kocher-beck.com/en/productsdivisions/tooling-technology/deinline-offset-cutting-ioceninline-offset-cuttingioc/ioc-flexible-dies/> (accessed on 2 February 2021).
- [37] **Gabriela Valeria Neamțu (Folea)**, *Lucrare de disertație: Analiza particularităților și posibilităților de asigurare a calității tiparului flexografic*, Conducător științific: conf.dr.ing. Viorica Cazac, Universitatea Politehnica din București, Facultatea de Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Departamentul Mașini și Sisteme de Producție, Programul de studii Tehnologii și Sisteme Poligrafice, 2018.
- [46] J.W. Gooch, *Encyclopedic Dictionary of Polymers, Flexography*, Springer, New York, 2011, pp. 255.
- [47] H. Kipphan, *Hanbook of Print Media Technologies and Production Methods*, Springer, Berlin/Heidelberg, Germany, 2001.
- [48] Neamțu, G.V., Mohora, C., Anania, D.F., Bălan, E.: *Comparative analysis of production flow scenarios in typographic industry*. Proceedings in Manufacturing Systems 16 (3), 99-108 , ISSN 2067-9238, pag.99-108, (2021). Indexată BDI: ProQuest si Index Copernicus <https://www.proquest.com/docview/2646986061/C742B300F55B427CPQ/1?sourcetype=Scholarly%20Journals> <https://journals.indexcopernicus.com/search/article?articleId=3323710>.
- [55] C. Mohora, D.F. Anania, E. Bălan. *Techniques for modeling polygraphic systems*, IVth International Symposium „Creativity Technology Marketing”, Technical University of Moldova, October 2017, Chișinău, pp. 97-102.
- [56] D. Popescu, D. Anania, C. Cotet, C. Amza, *Fully automated liquid penetrant inspection line simulation model for increasing productivity*, International Journal of Simulation Modeling, Vol. 12, No. 2, 2013, pp. 82-93.
- [58] Philip Kotler, *The Father of Modern Marketing*, web p., <http://www.philkotler.com/>.

[59] Folea G.V., Cazac V., *The analysis of particularities and possibilities for ensuring quality in flexo printing*, Annals of the Academy of Romanian Scientists, Series on Engineering Sciences, Vol. 9, No. 2, pp. 35 – 48 (2017), ISSN PRINT 2066 – 6950; ISSN ONLINE 2066 – 8570; Publisher Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, *Indexata BDI: DOAJ*,  
<https://doaj.org/article/4251897919a948a8a1424e933accdadc>

[69] Telasang, G.; Majumdar, J.D.; Padmanabham, G.; Manna, I. Wear and corrosion behavior of laser surface engineered AISI H13 hot working tool steel. *Surf. Coat. Technol.* 2015, 261, 69–78, doi:10.1016/j.surfcoat.2014.11.058.

[87] Neamțu, G.V., Mohora, C., Tiliță, D., Bălan, E. *Analysis of the Wear of Die Cut Knives Used in Flexographic Technology*. In: Moldovan, L., Gligor, A. eds\_ The 17th International Conference Interdisciplinarity in Engineering. Inter-ENG 2023, “George Emil Palade” University of Medicine, Pharmacy, Science and Technology of Târgu Mureș Faculty of Engineering and Information Technology, www.inter-eng.umfst.ro , 5 - 6 October 2023 Târgu Mureș, Romania. Conference paper First Online: 29 March 2024. First published in Lecture Notes in Networks and Systems, vol 926., pp 79–90, 2024 by Springer Nature, Print ISBN 978-3-031-54663-1, Online ISBN 978-3-031-54664-8, Indexata BDI: Scopus, Springer Link, [https://doi.org/10.1007/978-3-031-54664-8\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-54664-8_8) [https://0d10lnftx-y-https-link-springer-com.z.e-nformation.ro/chapter/10.1007/978-3-031-54664-8\\_8](https://0d10lnftx-y-https-link-springer-com.z.e-nformation.ro/chapter/10.1007/978-3-031-54664-8_8) <https://0d10enfue-y-https-www-scopus-com.z.e-nformation.ro/record/display.uri?eid=2-s2.0-85190651878&origin=resultslist&sort=plff&src=s&sid=8d873de424442cc3df0c3d7ca478949b&sot=b&sdt=b&s=TITLE->

<https://0d10enfue-y-https-www-scopus-com.z.e-nformation.ro/record/display.uri?eid=2-s2.0-85190651878&origin=resultslist&sort=plff&src=s&sid=8d873de424442cc3df0c3d7ca478949b&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABSKEY%28Analysis+of+the+Wear+of+Die+Cut+Knives+Used+in+Flexographic+Technology%29&sl=112&sessionSearchId=8d873de424442cc3df0c3d7ca478949b&relpos=0> .