



UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE
ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE
POLITEHNICA BUCUREȘTI

TEZĂ DE DOCTORAT

Rezumatul lucrării

Studii și cercetări experimentale privind
optimizarea regimurilor de prelucrare a
materialelor compozite din lemn

Conducător științific,

Prof.dr.ing. ec. Vasile BENDIC

Doctorand,

Elena BACIOI

2024

Cuprins

Introducere	3
Partea I. Stadiul actual al pieței mobilei, materialelor compozite lemnoase și a echipamentelor de prelucrare utilizate în industria mobi	4
Capitolul 1.	4
1.1. Generalități. Piața internă și externă	4
1.2. Mediul concurențial al pieței de mobilă din România	5
Concluzie	5
Bibliografie	5
Capitolul 2 . Principalele materiale compozite lemnoase și echipamente de prelucrare a lemnului utilizate la studiile și cercetările experimentale	6
2.1. Materiale compozite lemnoase	6
2.1.1. PAL melaminat	6
2.1.2. MDF (Fibră de densitate medie)	8
2.1.3. MULTIPLEX	12
Concluzie	15
Capitolul 3. Dinamica geometriei frezei utilizate în cadrul cercetării	15

3.1. Alegerea echipamentului adecvat	15
3.2. Prelucrarea lemnului	17
Bibliografie	20
 <i>Capitolul 4. Echipamente de prelucrare a lemnului utilizate în experimentele din această teză</i>	 21
4.1. CNC EVOLUTION 7405 4mat (Computer Numeric Control)	21
4.2. Sistemul ATOS ScanBox BP	22
4.3. Utilizările sistemului ATOS ScanBox BPS	22
4.4. Cameră de termoviziune FLIR CX SERIES	23
4.4.1. Caracteristicile principale ale aparatului de măsurat temperatură FLIR CX-Series	23
Concluzie	24
 <i>Partea II. Cercetări experimentale privind optimizarea regimurilor de prelucrare a materialelor compozite din lemn</i>	 25
 <i>Capitolul 5. Metodologia cercetării regimului de aschiere</i>	 25
5.1. Descriere setului de freze utilizat în timpul cercetării	25
 <i>Capitolul 6. Metodologia cercetării regimurilor de aschiere la prelucrarea materialelor lemnoase</i>	 31
6.1. Schema de abordare a cercetării comportamentului frezelor în timpul uzinării diferitelor materiale lemnoase.....	31
 <i>Capitolul 7. Modelul matematic al rezultatelor cercetărilor experimentale obținute la prelucrarea materialelor compozite lemnoase</i>	 32

7.1. Introducere	32
7.2. Stabilirea metodei de cercetare	34
7.3. Prelucrarea datelor cu ajutorul modelului matematic	36
7.4. Concluzii	45

Capitolul 8. Concluzii finale	46
--------------------------------------	-----------

Introducere

Ca urmare a activității mele de antreprenor al unei companii de prelucrare în domeniul industriei mobilei, am întâmpinat mereu probleme legate de uzura sculelor utilizate în procesul de uzinare al materialelor compozite lemnoase.

De cele mai multe ori uzura sculelor ne creaa o dificultate majoră, fiind puși în situația de a cauta soluții care să marească durabilitatea acestora.

De asemenea ca materiale de lucru am ales PAL melaminat, MDF și MULTIPLEX, fiecare cu caracteristici fizico-mecanice diferite.

Importanța actualei teze de doctorat constă în găsirea, pe baza experimentală a factorilor ce determină uzura sculelor. Am folosit ca metodă experimentală un scenariu în care experimentele au fost făcute o dată “*la rece*”, adică prelucrarea normală în condiții de diferite regimuri de prelucrare și un alt set de experimente folosind drept agent de răcire aer comprimat în aceleași condiții de regimuri de prelucrare.

Cea de-a doua situație a izvorât ca urmare a experienței acumulate de-a lungul timpului și inspirată din similitudinea prelucrării prin aschiere a metalelor folosind emulsie de răcire, deci în cazul nostru apa fiind exclusă am apelat la fluidul de răcire *aer comprimat*.

Rezultatele experimentărilor au scos în evidență creșterea durabilității sculelor ca urmare a folosirii fluidului de răcire *aerul*.

Experimentele s-au făcut pe mașina de prelucrat cu comandă numerică EVOLUTION 7405 4 mat. Utilizarea mașinii de prelucrat CNC ne-a permis utilizarea acelor regimuri de prelucrare cele mai des întâlnite și recomandate de fabricantul mașinii. Mostrele utilizate la experimente au fost debitate aleator din plăci mari de material 2800 mm x 2100 mm având dimensiune de 300 mm x 1100 mm. Am stabilit că lungimea de prelucrare să fie de cca. 10000 mm, pentru fiecare regim de prelucrare.

Deci s-au folosit trei freze cilindro-frontale pentru trei regimuri de prelucrare diferite și trei materiale diferite (PAL.melaminat, MDF și MULTIPLEX) în cele două variante propuse fără fluid de răcire și cu fluid de răcire.

Întreg setul de de experimente s-a făcut utilizând o cameră de termoviziune marca FLIR CX Series, ce a permis măsurarea temperaturii frezei în zona de prelucrare pe întreg procesul experimental. (2).

Astfel s-a pus în evidență dependența vitezei de prelucrare (turație, viteza de avans) de temperatura dezvoltată de freza în proximitatea procesului de prelucrare pentru diferite materiale compozite.

Obiectivele cercetării experimentale sunt de a găsi o relație de dependență al parametrilor de lucru pentru materialele compozite lemnoase utilizate în industria mobilei. În funcție de uzura sculei evidențiind în același timp caldura degajată în procesul de prelucrare ceea ce indică gradul de uzură al sculei, deci determinarea durabilității acesteia.

Lucrarea de față prezintă deci o parte din studiul aferent sculelor din oțel rapid, cele mai des utilizate în industria prelucrării lemnului, determinând uzura dimensională a diametrului acestora și al razei muchiei aschietoare în funcție de turație, viteza de avans și materiale de diferite densități.

Astfel s-a obținut o bază de date experimentale prezentate în conținutul tezei și prelucrate cu ajutorul *metodei celor mai mici patrate*, în ideea de a obține o relație de interdependență între variația uzurii și diferite regimuri de aschiere.

Originalitatea tezei de doctorat constă în faptul că am venit cu această idee de a utiliza în procesul de uzinare a fluidului de răcire sub forma aerului comprimat trimis în zona de lucru cu ajutorul unei duze. S-a observat că există o dependență clară între uzinare la rece și uzinarea cu fluid de răcire, contribuind în acest fel la creșterea durabilității sculelor din oțel rapid) freze cilindro-frontale)

Cercetarea s-a limitat la utilizarea unor materiale lemnoase compozite lemnoase cele mai utilizate în industria mobilei, folosindu-se diferite regimuri de prelucrare, punând în evidență creșterea temperaturii dezvoltate în scula, lasând deci ca în viitor să se stabilească noi regimuri de prelucrare pentru alte tipuri de scule (armate cu plăcuțe din carburi metalice sau diamantate).

Partea I.

Stadiul actual al pieței mobilei, materialelor compozite lemnoase și a echipamentelor de prelucrare utilizate în industria mobilei

Capitolul 1.

1.1. Generalități. Piața internă și externă

Din ultimele rapoarte prezentate de organisme specifice industriei mobilei s-a constatat o creștere aproape constantă de la an la an, în medie de 7% astfel că în anul 2022 industria mobilei a crescut cu 95% față de anul 2021, atât la producția internă cât și la export. [1].

Piața mobilei a evoluat în ultimii ani chiar dacă ne-am confruntat cu pandemia la nivel mondial.[2]

România exportă masiv în Germania (18,5%), Franța (13,8%), Italia (8,9%), Olanda (7,3%), Slovacia (7,3%), Marea Britanie (5,3%), Cehia (4,9%), iar o creștere semnificativă se înregistrează la exportul de mobilă în Statele Unite ale Americii, de cca.3% din totalul de producție de mobilă românească. Exportul în creștere se înregistrează și în Elveția, Ungaria, Portugalia, ș.a.

În anul 2023 producția pe primele 6 luni a înregistrat o creștere de 3% față de aceeași perioadă a anului 2022, ceea ce ne face să constatăm o ușoară creștere în ciuda faptului că materiile prime s-au scumpit.[3]

1.2. Mediul concurențial al pieței de mobilă din România

Industria mobilei la nivel național reprezintă exporturi de cca. două miliarde de euro pe an. Este considerat ca fiind al doilea sector după IT ca valoare adăugată în producție. Creșterea nejustificată a prețului la lemn precum și creșterea prețului la energie au condus la situația ca unele firme să înregistreze pierderi, unele chiar să își închidă activitatea. În același timp din cauza războiului din Ucraina am pierdut multe piețe la export (Rusia, Ucraina Belarus, Letonia, Estonia, Lituania ș.a.)

Asociația Producătorilor de Mobilă din România (A.P.M.R.), a cerut autorităților competente să declare industria mobilei ca sector strategic pentru economia românească și să susțină acest sector prin emiterea de legi care să plafoneze prețul la pădure-lemn.

Concluzie

Piața industriei de mobilă este în plină dezvoltare. Echipamentele pentru prelucrarea lemnului cunosc o evoluție și automatizare de la an la an. Sculele utilizate la prelucrarea materialelor compozite evoluează de la scule din otel rapid, scule armate cu carburi metalice, scule armate cu pulberi diamantate și scule bazate pe tehnologia laser.

Bibliografie

[1] <https://www.undp.org/>

[2] [https:// www.unilinpanels.com](https://www.unilinpanels.com)

[3] [https:// www.asfromania.ro](https://www.asfromania.ro)

Capitolul 2.

Principalele materiale compozite lemnoase și echipamente de prelucrare a lemnului utilizate la studiile și cercetările experimentale

2.1 Materiale compozite lemnoase

2.1.1 PAL melaminat

Materialele compozite lemnoase au devenit din ce în ce mai populare în industria construcțiilor și în producția de mobilier datorită caracteristicilor lor remarcabile de rezistență, durabilitate și versatilitate. Printre aceste materiale, PAL-ul melaminat (Presat cu Acid Lignosulfonic Melaminat) ocupă un loc important. Acest referat își propune să exploreze caracteristicile fizico-mecanice, modul de comercializare, compoziția chimică și modul de fabricare al acestui material compozit lemnoasă.

a) Caracteristicile fizico-mecanice ale PAL-ului melaminat

PAL-ul melaminat (Presat cu Acid Lignosulfonic Melaminat) este un material compozit lemnoasă folosit în mod obișnuit în industria mobilierului, construcțiilor și finisajelor interioare. Această categorie de material are caracteristici fizico-mecanice distincte, care îl fac apreciat pentru diverse aplicații.

Rezistență la uzură

PAL-ul melaminat se evidențiază printr-o rezistență notabilă la uzură. Această proprietate se datorează stratului superficial de melamină care acoperă placa de PAL. Melamina este un material dur, rezistent la zgârieturi și abraziune, ceea ce face PAL-ul melaminat potrivit pentru suprafețe care sunt supuse uzurii constante, cum ar fi blaturile de masă și mesele de lucru.

Rezistență la umiditate

Un alt aspect important al caracteristicilor fizico-mecanice ale PAL-ului melaminat este rezistența sa la umiditate. Datorită compoziției chimice și a procesului de fabricare, acest material poate rezista la umiditate relativ ridicată fără a se umfla sau a-și pierde integritatea structurală. Această calitate îl face potrivit pentru utilizarea în spațiile umede, cum ar fi bucătăriile și băile.

Stabilitate dimensională

PAL-ul melaminat este recunoscut pentru stabilitatea sa dimensională. Acest material nu suferă contracții sau dilatări semnificative în condiții de variații de temperatură și umiditate. Acest aspect este deosebit de important în construcții și mobilier, unde este necesară menținerea dimensiunilor și formei inițiale pentru a asigura o funcționare corespunzătoare pe termen lung.

Rezistență la temperatură

PAL-ul melaminat poate rezista la temperaturi ridicate fără a-și schimba proprietățile mecanice sau aspectul. Această caracteristică face ca acest material să fie potrivit pentru utilizarea în bucătării, unde suprafețele pot intra în contact cu obiecte fierbinți, cum ar fi vasele cu mâncare proaspăt gătită.

PAL-ul melaminat oferă o bună stabilitate la deformare, ceea ce înseamnă că este puțin probabil să se îndoaie sau să se încovoieze sub încărcare. Această proprietate face ca PAL-ul melaminat să fie o opțiune excelentă pentru rafturi, dulapuri și alte componente structurale ale mobilei.

Rezistență la lovituri

Acest material este relativ rezistent la lovituri și impacturi minore, ceea ce îl face potrivit pentru utilizarea în zonele cu trafic intens, precum înlocuirea parchetului sau utilizarea sa în pardoseli comerciale sau rezidențiale.

b) Compoziția chimică a PAL-ului melaminat

PAL-ul melaminat este un material compozit format din mai multe componente principale, inclusiv:

Fibre de lemn O parte semnificativă a compoziției PAL-ului melaminat constă în fibrele de lemn. Aceste fibre pot fi obținute din lemn de diverse esențe, cum ar fi pin, mesteacăn sau fag. Fibrele de lemn oferă PAL-ului rezistență și stabilitate structurală.

Lignină: Lignina este o substanță organică complexă găsită în celulele lemnului. Ea joacă un rol important în legarea fibrelor de lemn și conferă PAL-ului melaminat o anumită rezistență și rigiditate.

Rășină melaminică Un alt component esențial este rășina melaminică. Această rășină este adăugată în timpul procesului de fabricare și își datorează numele datorită conținutului de melamin. Rășina melaminică este esențială pentru conferirea rezistenței la umiditate, temperatură și uzură a PAL-ului melaminat.

Hârtie melaminată Pe suprafața PAL-ului melaminat se aplică o hârtie melaminată care conține modele și culori diverse. Acest strat de hârtie nu este doar estetic, ci contribuie și la protejarea suprafeței și la crearea unor finisaje atractive.

c) Rolul componentelor în proprietățile PAL-ului melaminat

Fibrele de lemn oferă structură și rezistență mecanică. Ele sunt responsabile pentru stabilitatea și durabilitatea materialului. Fibrele de lemn din PAL sunt adesea de dimensiuni mici și uniform distribuite pentru a asigura omogenitatea și forța materialului.

Lignina este responsabilă pentru aderarea fibrelor de lemn și conferă PAL-ului melaminat o anumită rigiditate. Cu toate acestea, prezența excesivă a ligninei poate duce la o calitate mai scăzută a PAL-ului.

Rășina melaminică este un element cheie în conferirea rezistenței la umiditate și temperatură a PAL-ului melaminat. Aceasta acționează ca un agent de legare între fibrele de lemn și împiedică pătrunderea umezelii sau a altor substanțe.

Hârtia melaminată adaugă aspectul estetic al PAL-ului melaminat. Ea oferă o gamă variată de modele și culori pentru finisarea suprafeței, făcând PAL-ul atractiv din punct de vedere vizual.

Compoziția chimică a PAL-ului melaminat este esențială pentru definirea caracteristicilor și performanțelor acestui material compozit lemnoasă. Fibrele de lemn, lignina, rășina melaminică și hârtia melaminată lucrează în concert pentru a conferi PAL-ului melaminat rezistență, stabilitate și aspect atractiv. Această combinație de componente face ca PAL-ul melaminat să fie o alegere populară în industria mobilierului și a finisajelor interioare.

2.1.2 MDF (Fibră de densitate medie)

Materiale compozite lemnoase - MDF

MDF este un material compozit lemnos utilizat pe scară largă în industria mobilierului, a construcțiilor și a decorării interioarelor.

a) Caracteristicile fizico-mecanice ale MDF-ului

MDF-ul se remarcă printr-o serie de caracteristici fizico-mecanice care îl fac atractiv pentru diverse aplicații:

Rezistența la încovoiere și compresiune

Unul dintre cele mai notabile aspecte ale MDF-ului este rezistența sa la încovoiere și compresiune. Acest material este fabricat prin presarea fibrelor de lemn cu un agent de legare, cum ar fi formaldehida, la temperaturi ridicate și sub presiune. Această procesare conferă MDF-ului o structură densă și uniformă, care îi permite să reziste bine la încovoiere. Acest aspect face MDF-ul ideal pentru utilizarea în fabricarea ușilor, blaturilor de masă, rafturilor și a altor componente de mobilier care trebuie să suporte încărcături semnificative.

Stabilitate dimensională

MDF-ul este cunoscut pentru stabilitatea sa dimensională. Acesta nu se dilată sau contractă semnificativ în condiții de variații de temperatură și umiditate, ceea ce îl face potrivit pentru utilizarea în medii variate. De asemenea, această stabilitate dimensională face MDF-ul o opțiune excelentă pentru finisajele interioare, cum ar fi panourile decorative de perete sau lambriurile, care trebuie să păstreze aspectul lor în timp.

Rezistența la umiditate

Deși MDF-ul standard nu este rezistent la umiditate, există variante tratate care își păstrează integritatea în medii umede. Aceste tipuri de MDF sunt adesea folosite pentru construcția unor elemente de mobilier sau accesorii de baie care intră în contact cu apă sau umezeală. Tratatul cu agenți hidrofobi sau folosirea rășinilor rezistente la umiditate contribuie la îmbunătățirea acestei caracteristici.

Finisare de înaltă calitate

MDF-ul are o suprafață netedă și uniformă, ceea ce îl face potrivit pentru aplicarea finisajelor de înaltă calitate. Această finisare uniformă permite

aplicarea vopselelor, lacurilor și alți agenți de finisare pentru a obține rezultate estetice superioare. De asemenea, suprafața MDF-ului poate fi ușor șlefuită pentru a obține o finisare perfectă.

Ușurință în prelucrare

Un alt avantaj notabil al MDF-ului este ușurința sa în prelucrare. Acest material poate fi tăiat, perforat, frezat și modelat cu ușurință, ceea ce îl face potrivit pentru o gamă largă de aplicații și proiecte creative. Prezintă o mare adaptabilitate la diverse tehnici de prelucrare, ceea ce îl face preferat în atelierele de tâmplărie și prelucrare a lemnului.

În concluzie, caracteristicile fizico-mecanice ale MDF-ului îl fac un material extrem de valoros în diverse industrii. Rezistența sa, stabilitatea dimensională, rezistența la umiditate, finisarea de înaltă calitate și ușurința în prelucrare contribuie la popularitatea sa continuă și la versatilitatea sa într-o varietate de aplicații, de la mobilier la finisaje interioare și construcții. MDF-ul continuă să fie un material preferat pentru producătorii și constructorii care caută să combine durabilitatea cu aspectul estetic.

b) Compoziția chimică a MDF-ului

MDF-ul (Fibră de Densitate Medie) este un material compozit lemnos extrem de popular în diverse industrii, de la mobilier și construcții la industria automobilelor. Acest material versatil se datorează în mare măsură compoziției chimice complexe și metodelor avansate de fabricație.

MDF-ul este compus în principal din următoarele componente:

- Fibre de lemn - Fibrele de lemn sunt elementul de bază al MDF-ului. Aceste fibre sunt obținute prin dezintegrarea lemnului într-o formă fibroasă, iar calitatea acestora joacă un rol crucial în determinarea calității și performanțelor MDF-ului. De obicei, lemnul utilizat poate proveni din diferite esențe, cum ar fi pin, mesteacăn, fag sau alte tipuri de lemn moale.
- Adeziv - Adezivul este folosit pentru a lega și a întări fibrele de lemn. Acesta servește ca element de coeziune care asigură integritatea plăcilor de MDF. Unul dintre adezivii obișnuiți utilizați în fabricarea MDF-ului este formaldehida, dar pot fi folosiți și alți tipi de adezivi, cum ar fi ureea-formaldehida sau melamina-formaldehida. Alegerea adezivului poate influența caracteristicile MDF-ului, inclusiv rezistența la umiditate.
- Apa și compușii chimici auxiliari - În timpul procesului de fabricație, apa și unele substanțe chimice auxiliare, cum ar fi agenții de umplere sau agenții de dispersie, pot fi adăugați pentru a îmbunătăți procesabilitatea materialelor sau pentru a ajusta anumite caracteristici.

c) Rolul componentelor în proprietățile MDF-ului

Fibrele de lemn constituie scheletul structural al MDF-ului. Ele conferă materialului rezistență mecanică, stabilitate dimensională și densitate. Calitatea și dimensiunea acestor fibre au un impact semnificativ asupra proprietăților finale ale MDF-ului.

Adezivul este elementul de legare care asigură coeziunea între fibrele de lemn. Tipul de adeziv utilizat poate determina rezistența la umiditate, rezistența la temperatură și nivelul de emisii de formaldehidă ale MDF-ului. Pentru a reduce impactul asupra mediului și pentru a îndeplini normele de siguranță, se dezvoltă tot mai multe formule de adezivi cu emisii reduse de formaldehidă.

Apa și compușii chimici auxiliari pot afecta procesul de fabricație și proprietățile MDF-ului, precum densitatea și textura suprafeței. Agenții de umplere pot fi adăugați pentru a îmbunătăți rezistența sau pentru a reduce costurile de producție.

d) Impactul compoziției chimice asupra proprietăților MDF-ului

-Rezistența mecanică - Fibrele de lemn și tipul de adeziv utilizat sunt esențiale în determinarea rezistenței mecanice a MDF-ului. Un MDF de înaltă calitate va avea fibre de lemn uniforme și un adeziv puternic, ceea ce îl face potrivit pentru utilizări în construcții sau în producția de mobilier.

-Stabilitatea dimensională - Compoziția MDF-ului și procesul de fabricație influențează în mod direct capacitatea sa de a-și păstra dimensiunile în diverse condiții de mediu. Un MDF bine fabricat și cu fibre uniforme va fi mai stabil în medii cu variații de temperatură și umiditate.

-Rezistența la umiditate - Alegerea corectă a adezivului și tratarea corespunzătoare pot face diferența în ceea ce privește rezistența la umiditate a MDF-ului. Aceasta este o caracteristică importantă atunci când se utilizează MDF în medii umede sau în apropierea apei.

-Finisaj de înaltă calitate - Suprafața netedă și uniformă a MDF-ului permite obținerea unor finisaje de înaltă calitate. Acest lucru face MDF-ul preferat pentru aplicarea de vopsele, lacuri sau alte finisaje decorative.

În concluzie, compoziția chimică a MDF-ului joacă un rol fundamental în determinarea proprietăților și performanțelor sale. Fibrele de lemn, adezivul și alți factori auxiliari influențează rezistența, stabilitatea, rezistența la umiditate și finisajul materialului. Compoziția corectă și

procesarea adecvată contribuie la versatilitatea și durabilitatea MDF-ului, ceea ce îl face un material preferat într-o gamă largă de aplicații.

Concluzie

MDF-ul este un material compozit lemnos cu caracteristici fizico-mecanice remarcabile, disponibil în diverse dimensiuni și grosimi. Compoziția sa chimică și modul de fabricare îl fac un material versatil pentru industria mobilierului, a construcțiilor și a decorării interioarelor.

Pe măsură ce cerințele pentru MDF devin tot mai variate și specifice, industria continuă să dezvolte tehnologii avansate pentru a îmbunătăți procesul de fabricare și calitatea produselor finale. De exemplu, se lucrează la dezvoltarea de adezivi cu emisii reduse de formaldehidă pentru a îndeplini normele de mediu și de sănătate. De asemenea, se experimentează cu procese de fabricație mai eficiente energetic și cu utilizarea de fibre reciclate sau materiale lignocelulozice alternative pentru a face MDF-ul mai sustenabil.

Controlul calității și inovațiile tehnologice continuă să îmbunătățească calitatea și performanța MDF-ului, făcându-l o alegere preferată într-o gamă largă de aplicații industriale și comerciale.

2.1.3 MULTIPLEX

MULTIPLEX-ul, cunoscut și sub denumirea de placaj, este un material compozit lemnoasă care a câștigat un loc bine meritat în industria construcțiilor, a mobilierului și multor alte domenii. Acest material impresionant se distinge prin caracteristicile sale fizico-mecanice remarcabile, ceea ce îl face alegerea ideală pentru o gamă variată de aplicații.

a) Caracteristicile Fizico-Mecanice ale MULTIPLEX-ului:

Caracteristicile fizico-mecanice impresionante ale MULTIPLEX-ului îl fac un material preferat în multe domenii industriale și comerciale. Rezistența sa la încovoiere și tracțiune, stabilitatea dimensională, ușurința în prelucrare și versatilitatea sa în diverse condiții de mediu îl fac un material de bază în industria mobilierului, construcțiilor și multor alte aplicații.

Vom explora caracteristicile cheie ale MULTIPLEX-ului, care îl fac să strălucească în lumea materialelor compozite.

- Rezistența la încovoiere și tracțiune

Una dintre cele mai notabile caracteristici ale MULTIPLEX-ului este rezistența sa impresionantă la încovoiere și tracțiune. Acest material este

fabricat prin lipirea mai multor straturi de furnir de lemn, care sunt aranjate astfel încât fibrele să fie orientate alternativ. Această structură stratificată conferă MULTIPLEX-ului o rezistență excepțională la forțele mecanice. Prin urmare, este frecvent folosit în construcția de mobilier, rafturi, blaturi de lucru și chiar în construcții pentru structuri rezistente.

- Stabilitatea dimensională

MULTIPLEX-ul se remarcă și prin stabilitatea sa dimensională remarcabilă. Acesta își păstrează dimensiunile și forma inițială în condiții de variații de temperatură și umiditate. Acest aspect este deosebit de important în aplicații precum mobilierul, unde schimbările de dimensiuni pot duce la deteriorarea sau deformarea pieselor.

- Ușurința în prelucrare

Un alt avantaj notabil al MULTIPLEX-ului este ușurința sa în prelucrare. Acest material poate fi tăiat, perforat, frezat sau modelat cu ușurință, ceea ce îl face o alegere preferată în industria prelucrării lemnului. Această adaptabilitate la diferite tehnici de prelucrare îl face potrivit pentru proiecte personalizate sau de producție în masă.

- Rezistența la umiditate și la temperaturi variabile

MULTIPLEX-ul poate fi tratat pentru a-i conferi rezistență la umiditate, ceea ce îl face potrivit pentru utilizarea în mediile umede sau marine. De asemenea, rezistă bine la variațiile de temperatură, ceea ce îl face potrivit pentru proiecte atât în interior, cât și în exterior.

- Finisare de înaltă calitate

Suprafața MULTIPLEX-ului este netedă și uniformă, ceea ce permite obținerea unor finisaje de înaltă calitate. Acest lucru face MULTIPLEX-ul o alegere ideală pentru vopsire, lacuire sau aplicarea de furniruri decorative.

b) Compoziția chimică a MULTIPLEX-ului

Compoziția chimică a MULTIPLEX-ului reprezintă un aspect esențial în înțelegerea caracteristicilor și proprietăților acestui material versatil. În acest articol, vom explora compoziția chimică a MULTIPLEX-ului și rolul său în determinarea calităților acestui material.

MULTIPLEX-ul este un material compozit, ceea ce înseamnă că este alcătuit din mai multe straturi de furnir de lemn, care sunt lipite împreună sub presiune și căldură.

Compoziția chimică a MULTIPLEX-ului include următoarele componente principale:

1. Furnir de lemn - Furnirurile sunt straturi subțiri de lemn, obținute prin tăierea lemnului în foi. Acestea sunt materiale de bază ale MULTIPLEX-ului și sunt de obicei realizate din lemn moale, cum ar fi pinul, mesteacănul sau fagul.

2. Adeziv - Adezivul este utilizat pentru a lipi straturile de furnir împreună și a forma o structură solidă. De-a lungul istoriei, au fost utilizate diferite tipuri de adezivi, dar astăzi cei mai frecvent utilizați sunt adezivii bazati pe formaldehidă. Totuși, în prezent se dezvoltă și se utilizează adezivi cu emisii reduse de formaldehidă pentru a îndeplini normele de mediu și de sănătate.

3. Presiune și căldură - În procesul de fabricație, straturile de furnir sunt supuse unei presiuni și căldură controlate pentru a activa adezivul și a asigura o legătură puternică între acestea. Acest proces se numește presare la cald.

c) Rolul componentelor în proprietățile MULTIPLEX-ului

- Furnir de lemn:

Furnirurile de lemn oferă MULTIPLEX-ului rezistență mecanică și stabilitate dimensională. Structura stratificată a furnirurilor, cu fibrele de lemn orientate alternativ, contribuie la rezistența materialului.

- Adezivul

Adezivul este elementul de legare care asigură coeziunea și rezistența structurii MULTIPLEX-ului. Tipul și calitatea adezivului pot influența rezistența, rezistența la umiditate și emisiile de formaldehidă ale materialului.

d) Proprietățile MULTIPLEX-ului derivate din compoziția chimică

-Rezistența mecanică

Structura stratificată și legătura solidă asigurată de adeziv conferă MULTIPLEX-ului o rezistență mecanică excelentă, ceea ce îl face potrivit pentru utilizare în aplicații care necesită o rezistență sporită, cum ar fi construcțiile sau fabricarea de mobilier.

-Stabilitatea dimensională:

Compoziția chimică și procesul de fabricație contribuie la stabilitatea dimensională a MULTIPLEX-ului, ceea ce înseamnă că acesta își păstrează dimensiunile inițiale în condiții variabile de mediu.

-Rezistența la umiditate:

Multe tipuri de MULTIPLEX sunt tratate pentru a le oferi rezistență la umiditate, ceea ce îi permite să reziste în medii umede sau marine.

-Ușurința în prelucrare:

Compoziția sa permite MULTIPLEX-ului să fie tăiat, perforat, frezat sau modelat cu ușurință, ceea ce îl face potrivit pentru diverse aplicații de prelucrare a lemnului.

În concluzie, compoziția chimică a MULTIPLEX-ului este fundamentală în determinarea caracteristicilor și proprietăților sale. Furnirurile de lemn, adezivul și procesul de presare la cald sunt factori cheie care contribuie la rezistența, stabilitatea și versatilitatea acestui material. MULTIPLEX-ul rămâne un material de bază în industria construcțiilor, a mobilierului și multor alte domenii, datorită combinației sale unice de durabilitate și adaptabilitate.

Concluzie

MULTIPLEX-ul este un material compozit lemnoasă apreciat pentru caracteristicile fizico-mecanice deosebite pe care le oferă. Rezistența, stabilitatea, ușurința în prelucrare și versatilitatea sa îl fac o alegere populară în diverse industrii. Compoziția sa din straturi de furnir de lemn și adeziv conferă MULTIPLEX-ului forță și durabilitate, iar procesul de fabricare asigură calitatea și uniformitatea acestui material.

Capitolul 3.

DINAMICA GEOMETRIEI FREZEI UTILIZATE ÎN CADRUL CERCETĂRII

3.1 Alegerea echipamentului adecvat.

În cadrul tezei de doctorat va fi dezvoltată o analiză a fenomenelor de uzură ce au loc în timpul uzinării diferitelor esențe ale materialelor conglomerate de tip pal, folosind freze cilindro-frontale (deget). În procesul de producere a mobile, plăcile de lemn de tip pal sunt supuse unui complex de prelucrări, dintre care, studiul acesta se va axa pe prelucrarea cu freze deget de $\phi 10\text{mm}$. Aceste prelucrări duc la o serie de probleme legate de uzura sculei. Determinarea datelor de studiu s-a făcut cu ajutorul sistemului GOM Software 2021. Acest sistem necesită minimum:

- Intel Core i3, recomandat Intel Core i7,
- 4GB Ram, recomandat 16GB Ram,
- Stație grafică compatibilă OpenGL,
- Windows 10, 64Bit cu sistem de Securitate.

Una dintre caracteristicile principale ale softului GOM INSPECT [1] este posibilitatea de a compara obiectul măsurat ”mesh”, cu modelul teoretic CAD. Obiectele scanate 3D reprezentate digital 3D prin Mesh-uri

poligonale, pot include suprafețe complexe cu formă organică (free-form), sau cu suprafețe simple (plane sau curbe). Acestea pot fi comparate cu desenul sau direct cu setul de date CAD, folosind o comparație de suprafață.

Se poate realiza o inspecție 3D a suprafețelor, dar și o analiză 2D a secțiunilor sau punctelor. Abordarea parametrică asigură trasabilitatea tuturor etapelor procesului, garantând astfel fiabilitatea procesului pentru măsurarea rezultatelor și rapoartelor. Analiza *trend*, analiză statistică, permite compararea mai multor piese într-un singur proiect. Parametrii SPC (Statistical process control), sunt de asemenea incluși.

Cu software-ul GOM [1] se pot evalua cu ușurință defectele de suprafață. Tehnologia de măsurare optică permite o evaluare reproductibilă a defectelor de suprafață, în producția de serie. Pentru a se asigura că reprezentarea defectelor de suprafață este adaptată direct la forma piesei, software-ul GOM oferă posibilitatea de a inspecta defecte de suprafață chiar și pe una curbă. Software-ul calculează automat și orientarea normalelor la suprafață.

Sistemele ATOS Capsule [1] se folosesc pentru precizia înaltă pe care o confer în analizarea reperelor mici și mijlocii.

ATOS Capsule este util în spații industriale [1], pentru calitatea datelor obținute. Proiectorul cu lumină albastră asigură o măsurare exactă, într-un timp scurt și indiferent de condițiile de iluminare ambientală. Cu o rezoluție de 8 sau 12 Megapixeli, ATOS Capsule furnizează imagini clare, precise și repetabile ale detaliilor.



Fig 3.1 – ATOS Capsule cu lumină

ATOS Capsule atinge eficiența maximă pe GOM ScanCobot și în ATOS ScanBox 4105 [2]. Este un sistem ce asigură o productivitate și fiabilitate optime la control dimensional în serie.

Sistemul ATOS Capsule poate fi configurat în multe variante. Cele 2 variante de rezoluție (8 sau 12 MegaPixeli) având în vedere cele 5 volume de măsură (MV40, MV70, MV120, MV200, MV320) permit măsurarea în detaliu pentru o gamă dimensională a pieselor de la 50mm până la 500mm.



Fig 3.2 – Sistemul ATOS cu palpatorul GOM Touch Probe.

Sistemul ATOS, combinat cu palpatorul GOM Touch Probe, afișează poziția elementelor măsurate în timp real, pe ecranul PC-ului GOM Touch Probe [2].

ATOS Plus este un echipament de tip add-on pentru toate configurațiile ATOS 5 și ATOS Capsule în mediul automatizat. Sistemul poate fi utilizat exclusiv împreună cu un robot, în cadrul celulelor de măsurare ATOS Scanbox. Acesta permite măsurarea punctelor de referință cu o abatere de la 3 μm la 30 μm . Aceste puncte de referință creează un volum 3D, în care măsurătorile individuale detaliate ale senzorilor ATOS sunt transformate automat. Acesta permite capturarea markerilor de referință de pe suprafața obiectului de măsurat cu ajutorul camerelor de fotogrammetrie.

3.2 Prelucrarea lemnului.

Cea mai răspândită metodă de prelucrare a lemnului este prin îndepărtarea unei părți de material [3]. Există patru moduri principale de prelucrare a lemnului:

- Prin tăiere (cu o sculă ascuțită – strunjire, frezare, rindeluire, sau fără unelte ascuțite – jet de apă),
- Prin abraziune (șlefuire, modelare),
- Prin deformare (îndoire, ștnțare),
- Prin combustie (laser).

3.2.1 Moduri de așchiere. Se utilizează frecvent un sistem de nominalizare format din două numere, pentru a descrie principalele situații care pot

apărea în procesul de prelucrare. Primul număr reprezintă unghiul dintre muchia așchietoare a sculei și fibra lemnului, în timp ce al doilea indică unghiul dintre direcția de tăiere și cea a fibrei lemnului. (fig. 3.3):

Există trei tăieturi de bază:

- $90^{\circ}-0^{\circ}$ prezintă în mai multe procese de prelucrare a lemnului, cum ar fi tăierea longitudinală, rindeluirea manuală, adică în orice prelucrare a lemnului efectuată în direcția paralelă cu fibra. În cazul sculelor rotative, modul de tăiere nu este niciodată 100% la $90^{\circ}-0^{\circ}$, dar poate fi similar cu rindeluirea, șlefuirea, frezarea longitudinală (ruperea periferică sau "conturarea"). Acest mod de prelucrare este cel mai frecvent utilizat.
- $90^{\circ}-90^{\circ}$ necesită eforturi de tăiere mult mai mari,
- $0^{\circ}-90^{\circ}$ necesită eforturi de tăiere mai reduse, fibra nefiind secționată [4].

Tăierea de tipul $90^{\circ}-0^{\circ}$ nu se poate realiza decât în trei moduri: prin despicare prin compresiune sau prin flambaj.

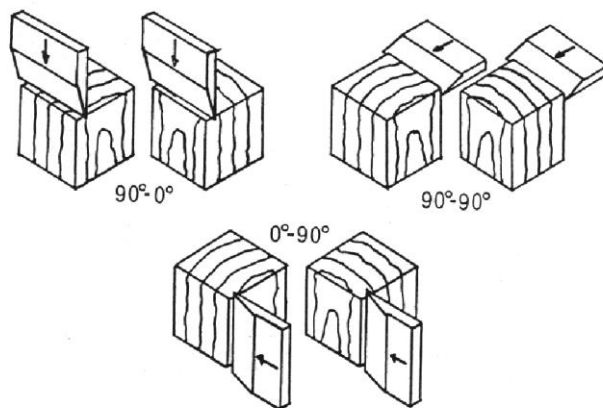


Fig. 3.3 – Principalele tipuri de tăiere ortogonală.

3.2.2 Tipuri de așchii în prelucrarea longitudinală și circulară. În general se pot evidenția trei tipuri de așchii [5], evidențiate în fig. 3.4:

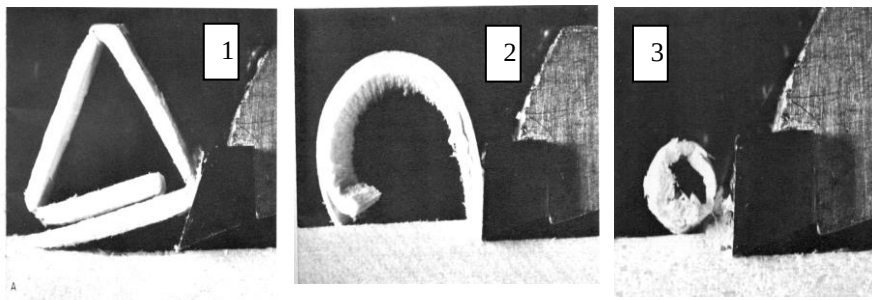


Fig. 3.4 - Formarea aşchii în modul 90° - 0° cu mişcare rectilinie.

Există două diferenţe fundamentale între aşchierea prin mişcare dreaptă şi aşchierea prin mişcare circulară: în cazul acesteia din urmă, grosimea aşchii este variabilă şi direcţia forţelor de tăiere se schimbă în orice moment. Aceste două efecte influenţează formarea aşchii, dar cele trei tipuri de aşchii descrise mai sus coexistă în timpul unui ciclu.

Figura 3.5 prezintă formarea aşchii în modul 90° - 0° în mişcare circulară şi corespondenţa cu clasificarea tipurilor de aşchii. Parametrii de aşchiere legaţi de geometria sculei (unghiurile de atac, tirajul şi înclinarea muchiei) sunt, de asemenea, aleşi pentru a limita defectele şi a reduce eforturile de tăiere pentru a economisi energia consumată în timpul prelucrării. Un unghi mare de atac promovează penetrarea marginii ascuţite şi provoacă ruperea fibrei, pe de altă parte, un unghi scăzut de atac creşte forţele datorate frecării sculei.

În teza noastră parametrii de aşchiere vor fi aleşi pentru a promova formarea tipului de aşchie 2 pentru a evita cât mai mult posibil defectele inerente în timpul prelucrărilor. Notăţiile utilizate sunt

F_c : forţa de aşchiere

F_f : componentă tangenţială a F_c

F_{fN} : componentă normală a F_c

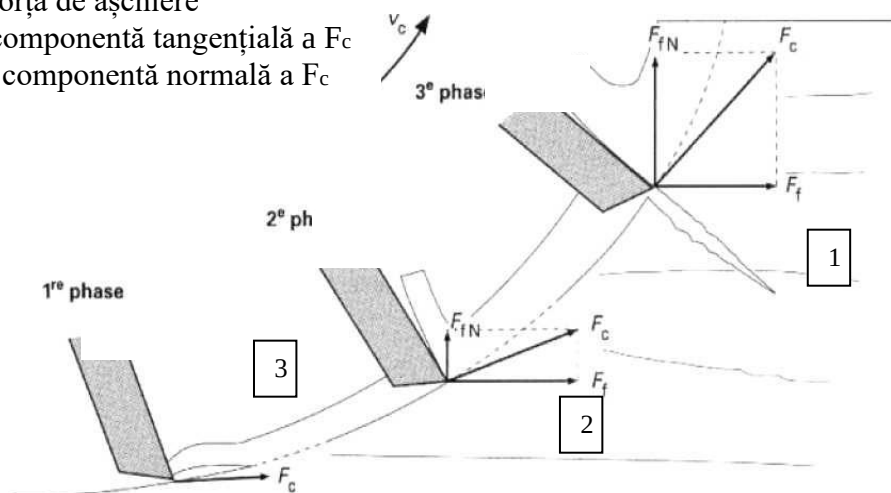


Fig. 3.5 - Formarea aşchii în modul 90° - 0° în mişcare circulară şi corespondenţa cu clasificarea tipurilor de aşchii

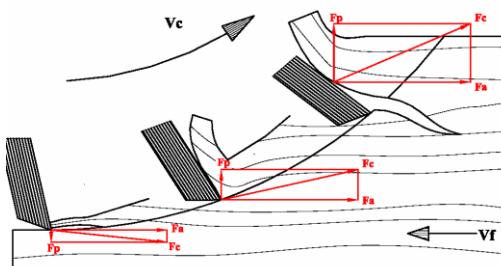


Fig. 3.6 a - Așchieria în opoziție

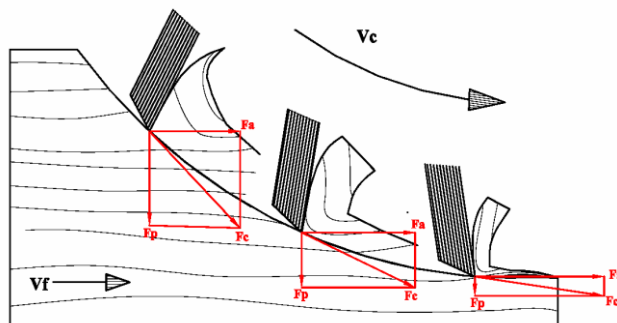


Fig. 3.6 b - Așchieria în concordanță

Dincolo de aceasta, considerăm că suntem în domeniul prelucrării de mare viteză. Având în vedere uzura sculelor așchietoare care crește odată cu viteza, este rezonabil să se stabilească o viteză medie de 50 m/s, cu posibilitatea de a o reduce ușor la 40 m/s pentru uneltele cu rezistență redusă la uzură (oțel rapid) sau pentru lemnul de esență tare și de a o mări puțin (60 până la 70 m/s), pentru esențe moi. În practică și având în vedere valorile (V_c de ordinul a 50 m/s și V_f rareori depășind 100 m/min), se obișnuiește să se negligeze influența vitezei de avans asupra vitezei de tăiere.

Bibliografie

- [1] <https://scanare3d.com/produse/software/gom-suite/gom-inspect-pro/>
- [2] <https://scanare3d.com/produse/scanare-si-control-dimensional/atos-capsule/>
- [3] JUAN J., Travail mecanique du bois, Sciences et Technologies Industrielles, Techniques de l'Ingenieur, 1992, Vol BT3, B7306, pag 1-21.
- [4] HOADLEY R.B., Understanding wood: a craftsman's guide to wood technology. Taunton Press, Newtown, Connecticut, 2000, pag. 256.
- [5] DE MOURA L.F. Etude de trois procedes de finition des surfaces du bois d'erable a sucre pour fins de vernissage. These de doctorat. Sciences du bois. Laval: Faculte des etudes superieures de l'Universite Laval, 2006, pag. 177.

Capitolul 4.

Echipamente de prelucrare a lemnului utilizate în experimentele din această teză

4.1 CNC EVOLUTION 7405 4mat (Computer Numeric Control)

Mașinile de prelucrat CNC (Computer Numeric Control) reprezintă o inovație semnificativă în industria prelucrării lemnului și a materialelor. Mașina de prelucrat CNC Evolution 7405 4mat este un exemplu impresionant de tehnologie avansată în acest domeniu.

Caracteristicile principale ale mașinii de prelucrat CNC Evolution 7405 4mat:

1. *Control Numeric Avansat* - Mașina Evolution 7405 4mat este echipată cu un sistem de control numeric avansat, care permite programarea precisă și monitorizarea operațiilor de prelucrare. Această caracteristică oferă o precizie extremă în lucrul cu materialele și o reproducere constantă a formelor și dimensiunilor.
2. *Echipamentul - 4 Axe de lucru independente*, ceea ce îi conferă o versatilitate extraordinară în prelucrarea materialelor. Cu aceste patru axe, mașina poate realiza o gamă largă de operațiuni, inclusiv frezare, tăiere, perforare și aşchiere.
3. *Sistem Avansat de Prindere și Fixare* - Evolution 7405 4mat dispune de un sistem puternic de prindere și fixare a materialelor. Acest lucru permite o fixare sigură a pieselor în timpul prelucrării, ceea ce reduce vibrațiile și asigură o calitate superioară a prelucrării.
4. *Control Touchscreen* - Mașina este echipată cu un panou de control touchscreen intuitiv, care face programarea și operarea mai ușoară. Utilizatorii pot introduce parametrii și instrucțiunile direct pe ecran, ceea ce reduce erorile umane.
5. *Software Avansat* - Evolution 7405 4mat vine cu un software avansat care permite programarea complexă a operațiilor și oferă funcționalități suplimentare pentru optimizarea procesului de prelucrare.

Concluzie

Mașina de prelucrat CNC Evolution 7405 4mat reprezintă un exemplu remarcabil al tehnologiei de ultimă generație în industria

prelucrării lemnului și a materialelor. Cu funcționalitățile sale avansate și versatilitatea sa, aceasta aduce o eficiență sporită, precizie și flexibilitate în procesele de producție și este crucială în obținerea rezultatelor de înaltă calitate în această industrie.

4.2 Sistemul ATOS ScanBox BPS

ATOS ScanBox BPS este un sistem avansat de măsurare și control calitate, dezvoltat de compania GOM, specializată în tehnologie de măsurare optică și 3D. Acest sistem reprezintă o soluție complexă pentru măsurarea obiectelor 3D și pentru inspectarea calității acestora într-o serie de aplicații industriale..

1. *Tehnologie de Scanare 3D de Înaltă Precizie* - Acest sistem utilizează tehnologia de scanare 3D cu lumină structurată pentru a captura cu precizie forma și dimensiunile obiectelor. Această tehnologie oferă rezultate precise și detaliate, inclusiv măsurători ale geometriei complexe și a suprafețelor libere.

2. *Automatizare Avansată* - ATOS ScanBox BPS este echipat cu un nivel ridicat de automatizare, permițând utilizatorilor să efectueze măsurători și inspecții fără intervenție umană suplimentară. Aceasta reduce erorile umane și contribuie la creșterea eficienței proceselor.

3. *Control Calității* - Sistemul este dotat cu software puternic de analiză care permite utilizatorilor să evalueze calitatea obiectelor măsurate. Acesta poate identifica devierile de la specificațiile dorite și poate ajuta la remedierea lor în procesul de producție.

4. *Adaptabilitate și Flexibilitate* - ATOS ScanBox BPS este adaptabil și poate fi utilizat într-o varietate de industrii, cum ar fi automotive, aeronautică, industria electronică, producția de piese turnate sau prelucrate și multe altele. Acest sistem versatil poate aborda nevoile diverse ale utilizatorilor.

4.3 Utilizările sistemului ATOS ScanBox BPS

1. *Controlul Calității în Producție* - Unul dintre cele mai comune utilizări ale acestui sistem este în controlul calității în procesele de producție. Acesta poate detecta rapid și precis devierile și defectele în produsele fabricate, asigurând că acestea corespund standardelor de calitate.

2. *Ingineria Inversă* - ATOS ScanBox BPS este folosit pentru a crea modele 3D precise ale obiectelor existente. Aceasta este utilă în ingineria inversă pentru reproducerea sau îmbunătățirea produselor existente.

3. *Design și Dezvoltare* - În faza de design și dezvoltare, sistemul poate fi utilizat pentru a efectua măsurători și analize asupra prototipurilor și a pieselor create pentru a verifica conformitatea cu specificațiile inițiale.

4. *Fabricarea de Scule și Matrițe* - În producția de scule și matrițe, sistemul ajută la asigurarea dimensiunilor precise și la identificarea uzurii sau deteriorării acestora.

Concluzie

Sistemul ATOS ScanBox BPS reprezintă o soluție de vârf în industria măsurătorilor 3D și a controlului calității. Cu ajutorul tehnologiei sale avansate, aceasta contribuie la creșterea eficienței proceselor de producție, asigurând în același timp că produsele și componentele sunt conforme cu specificațiile și standardele de calitate. Acest sistem este esențial în dezvoltarea și producția de produse de înaltă calitate.

4.4 Cameră de termoviziune FLIR CX SERIES

FLIR CX-Series este o linie de camere termice dezvoltate de FLIR Systems, un lider global în tehnologia termică. Aceste camere termice sunt concepute pentru măsurarea temperaturii într-o varietate de aplicații industriale și comerciale. Ele utilizează tehnologia infraroșie pentru a detecta și a afișa temperaturile obiectelor, permițând utilizatorilor să identifice și să evalueze rapid variațiile de temperatură într-un mediu dat.

4.4.1 Caracteristicile principale ale aparatului de măsurat temperatura FLIR CX-Series

1. *Rezoluție înaltă* - Camerele din seria CX sunt echipate cu senzori termici de înaltă calitate, care oferă imagini cu o rezoluție excelentă. Această rezoluție înaltă permite utilizatorilor să distingă cu claritate detalii subtile și să efectueze măsurători precise ale temperaturilor.

2. *Imagini termice în timp real* - Aparatul de măsurat temperatura FLIR CX-Series furnizează imagini termice în timp real, ceea ce înseamnă că utilizatorii pot vedea variațiile de temperatură în mod dinamic pe ecran în timp real. Aceasta este o caracteristică valoroasă pentru monitorizarea proceselor și identificarea rapidă a problemelor potențiale.

3. *Măsurători precise și non-contact* - Aparatele din seria CX permit măsurarea temperaturii obiectelor fără a fi necesar contactul direct. Acest aspect este deosebit de important în aplicațiile industriale unde accesul poate fi dificil sau periculos.

4. *Analiză și rapoarte* - Camerele CX-Series sunt echipate cu software de analiză avansat care permite utilizatorilor să efectueze analize detaliate ale temperaturilor și să creeze rapoarte personalizate. Aceasta este utilă în evaluarea calității și a performanței într-o varietate de aplicații.

5. *Conectivitate și integrare* - Camerele termice din seria CX sunt proiectate pentru a fi ușor integrate în sistemele existente. Ele pot fi conectate la rețelele de comunicații și pot comunica cu alte dispozitive sau software-uri pentru o monitorizare mai eficientă.

Concluzie

Aparatul de măsurat temperatura FLIR CX-Series reprezintă o soluție de înaltă calitate pentru măsurarea și monitorizarea temperaturii în diverse aplicații industriale și comerciale. Cu capacitatea sa de a oferi imagini termice în timp real, analiză avansată și non-contact, acesta este un instrument valoros pentru îmbunătățirea eficienței, siguranței și calității într-o varietate de domenii.

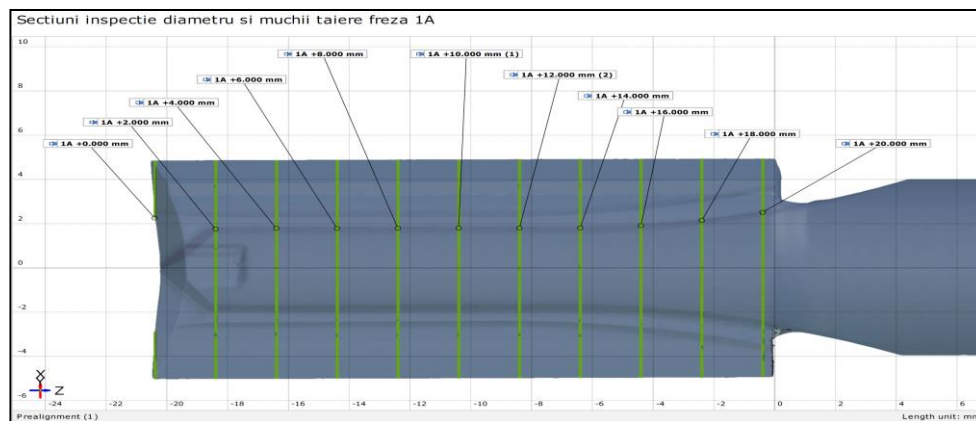


Fig. 4.1. Secțiunile în care s-au măsurat dimensiunile diametrului frezei

Partea II.

Cercetari experimentale privind optimizarea regimurilor de prelucrare a materialelor compozite din lemn

Capitolul 5.

METODOLOGIA CERCETĂRII REGIMULUI DE AȘCHIERE

5.1 Descriere setului de freze utilizat în timpul cercetării.

Folosind sistemul ATOS Capsule, s-au efectuat măsurători, în starea inițială, înainte de utilizare, pentru un lot de nouă freze cilindro-frontale Ø10, decizia privind echipamentul de utilizat a fost luată în urma încercărilor cu trei variante de ATOS, fig 5.1, cele mai bune rezultate fiind obținute cu ATOS Capsule MV 70) :

Abordarea parametrică asigură trasabilitatea tuturor etapelor procesului, garantând astfel fiabilitatea procesului de măsurare. Analiza Trend (statistică), permite compararea mai multor scule.

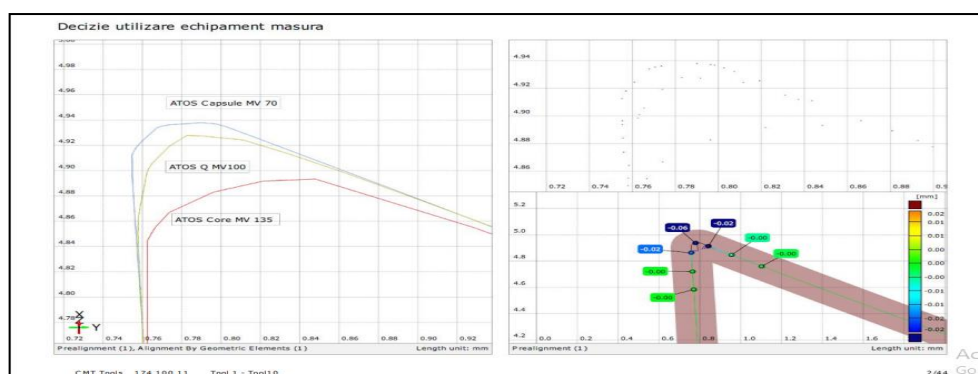


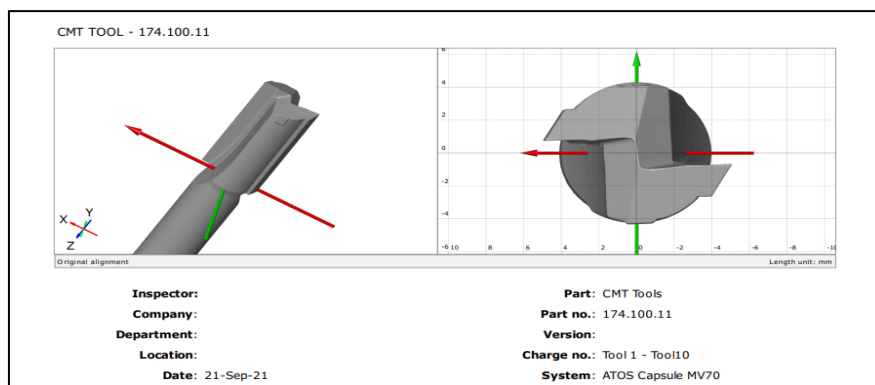
Fig 5.1. – Comparatie între cele trei echipamente folosibile.

Parametrii SPC (Statistical Process Control), (Pp, Ppk, Cp, Cpk), sunt incluși. Rezultatele sunt afișate folosind tabele, diagrame și reprezentări grafice. Un extras de analiză Trend din set este prezentat în Fig. 5.2 și 5.3. Pentru fiecare freză, au fost stabilite zonele și dimensiunile lor în vederea măsurătorilor. S-au urmărit dimensiunile de referință și unghiurile active, după cum urmează, fig. 5.2.

Cele două loturi de nouă freze măsurate (unul fără jet de aer de răcire - A, celălalt, cu jet de aer de răcire-B) au parcurs pentru fiecare dintre ele mai mulți pași, exemplificați în fiecare caz, prin rezultatele măsurătorilor, încadrate sau nu în limitele admisibile. S-au măsurat două unghiuri ale muchiilor active, precizând poziția secțiunii de măsurare, raza muchiei,

unghiul la vârf, după care au fost alcătuite tabele de sinteză ale rezultatelor obținute.

Frezele cilindro-frontale supuse experimentului, au diametrul cilindrului circumscris părții active de așchiere, ϕ 10mm, cât va fi canalul prelucrat cu această freză, iar al cilindrului la fund, ϕ 8,5mm – notat cilindrul 1. Lungimea părții active este de 20mm. În această zonă se vor măsura două unghiuri active, 1 și 2, de câte 58° . Unghiul la vârf al frezei, măsurat în două poziții, notate 5 și 6, are 142° .



5.2 – Secțiunea de referință pentru măsurătorile efectuate.

Lungimea părții active a freze a fost împărțită în 10 zone, rezultând 10 secțiuni de măsurare, Fig 5-3:

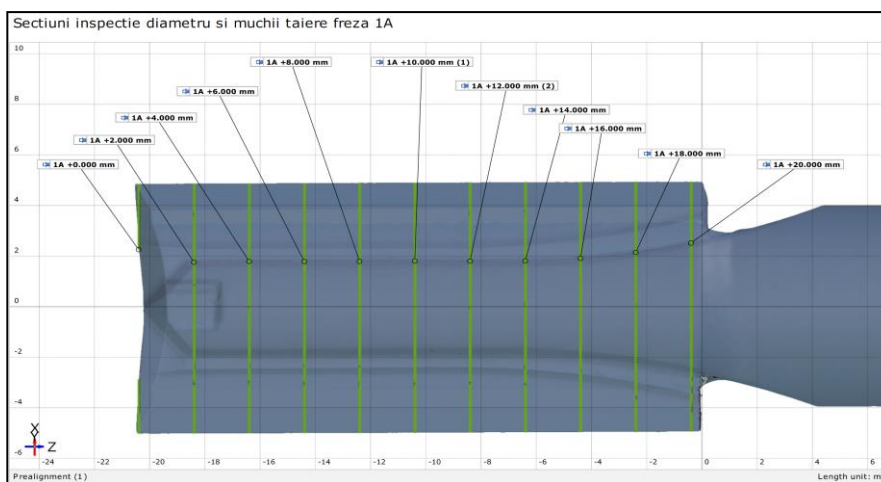


Fig. 5.3 - Secțiunile de măsurare diametru și muchii tăiere.

După prelucrările executate (Fig. 5.4) cu setul de nouă freze, pe care le vom nota S-1a, S-2a..., S-9a, în grupe de câte trei, corespunzător materialului prelucrat (tipul de compozit) și vitezei de așchiere, vom reface măsurătorile parametrilor fiecărei scule și vom evidenția uzurile produse.

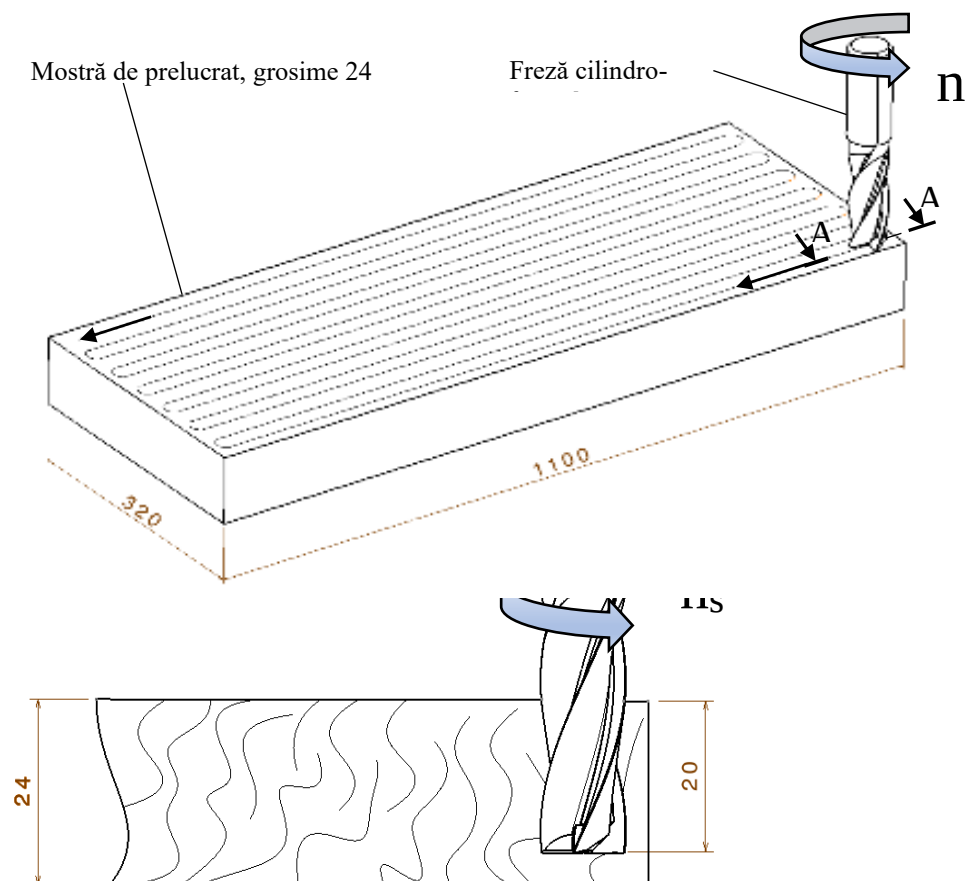


Fig 5.4 – Schema general de prelucrare a mostrelor din materiale compozite.

În timpul prelucrării, Mașina CNC 7405 este monitorizată de camera Terma CAM 640.

Mașina CNC 7405.

Terma CAM 640

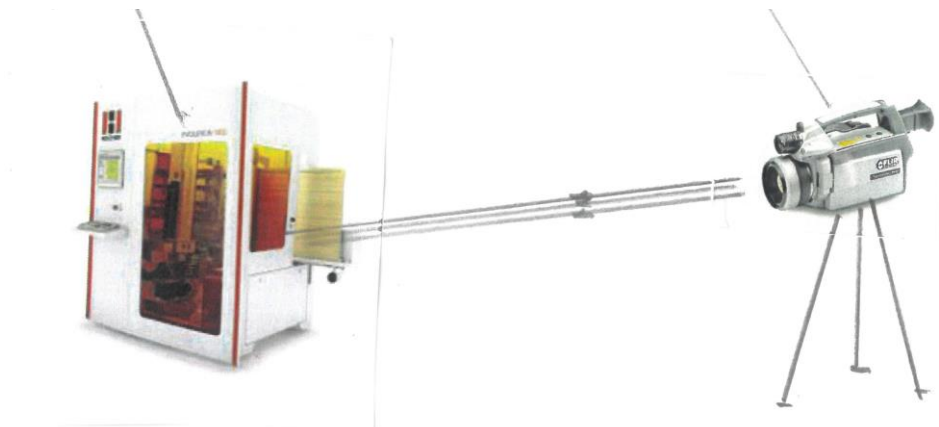


Fig 5.5 – Schema de monitorizare termică a procesului de uzinaj.

Pentru îmbunătățirea procesului de uzinaj, propunem folosirea unui sistem de răcire a sculei (frezei cilindro-frontale), cu ajutorul unui jet de aer rece, ca în Fig 5-6.

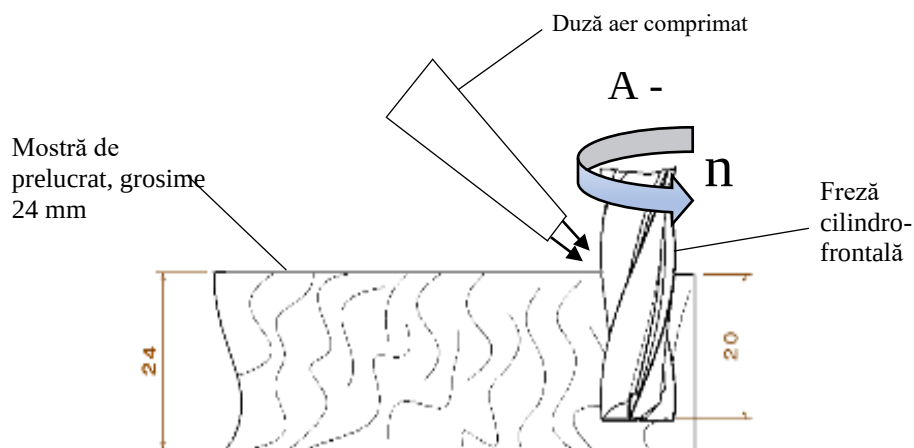


Fig 5.6 – Schema de uzinaj folosind fluid de răcire (aer).

Mașina CNC7405

Terma CAM 640

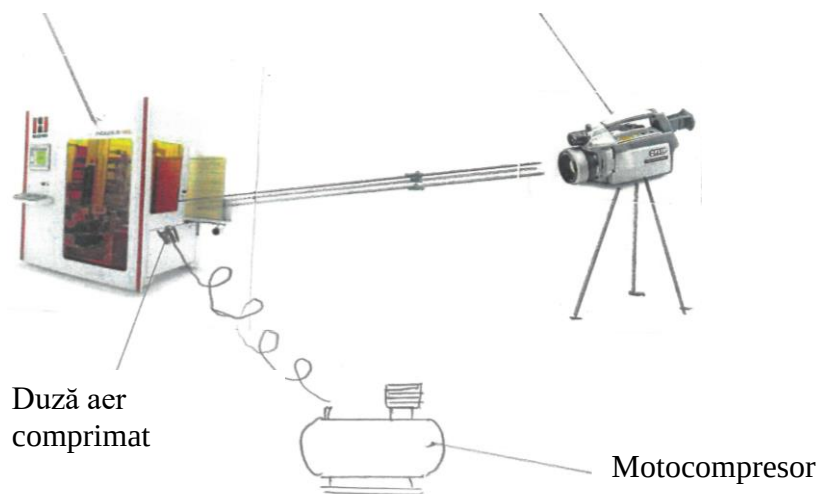


Fig. 5.7 – Schema de monitorizare termică a procesului de uzinaj, când se folosește răcirea cu un jet de aer rece.

Momente din timpul obținerii și înregistrării datelor de prelucrare sunt redată în Fig. 5-8, 9, 10.



Fig. 5.8



Fig. 5.9



Fig. 5.10

Setul de scule, S-1b, S-b..., S-9b, vor fi măsurate în starea inițială și după prelucrări, evidențiind în acest caz uzurile rezultate. Se vor putea face comparații între cele două sisteme de uzinaj și vom putea trage concluziile de rigoare.

Capitolul 6.
**METODOLGIA CERCETĂRII REGIMURILOR DE
AȘCHIERE LA PRELUCAREA MATERIALELOR
LEMNOASE**

**6.1 Schema de abordare a cercetării comportamentului frezelor în
timpul uzinării diferitelor materiale lemnoase.**

Am împărțit sculele analizate în două grupe mari **A** și **B**, care au uzinat fără, respectiv cu răcire, cele trei tipuri de materiale lemnoase, conform Fig. 6.1:

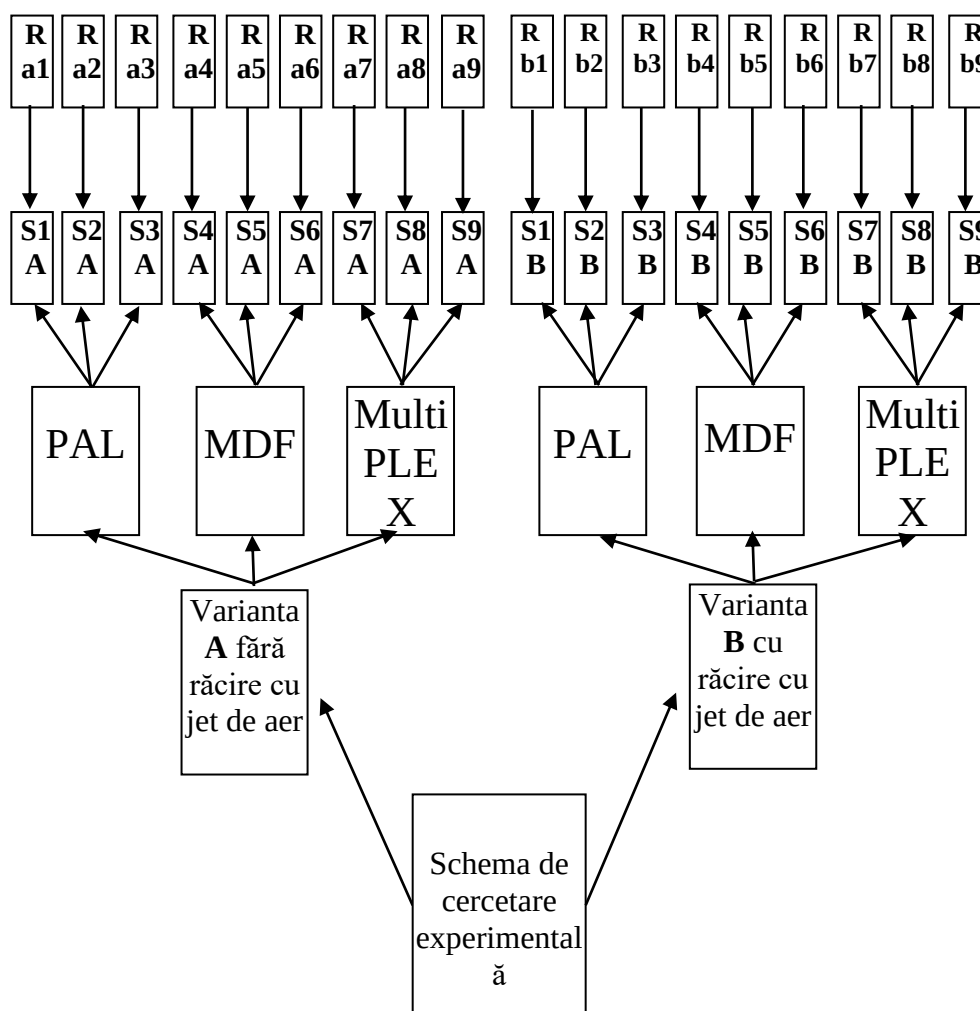


Fig. 6.1 Schema bloc a abordării cercetării experimentale, aşchiere cu şi fără jet de răcire, materialul prelucrat, sculele folosite şi regimurile de aşchiere.

Capitolul 7.

MODELUL MATEMATIC AL REZULTATELOR CERCETĂRILOR EXPERIMENTALE OBȚINUTE LA PRELUCRAREA MATERIALELOR COMPOZITE LEMNOASE

7.1 Introducere

În timpul procesului de aşchiere, din cauza presiunilor de contact mari, a temperaturilor ridicate, a vitezelor relative şi a şocurilor dintre suprafeţele de contact sculă-piesă, se produce uzura sculei aşchietoare.

Uzura sculei aşchietoare constă din îndepărtarea treptată de material de pe suprafeţele active ale sculei, având ca efect modificarea geometriei precum şi diminuarea capacităţii de aşchiere a acesteia.

Pentru prelucrarea datelor obţinute pe cale experimentală a fost utilizată metoda celor mai mici pătrate, obţinându-se graficele de regresie liniară ce au arătat dependenţa uzura razei muchiei funcţie de temperatură sau în funcţie de uzura razei muchiei în funcţie de avansul frezei.

Obiectivul acestei metode a constat în ajustarea coeficienţilor funcţiei de aproximare în aşa fel încât aceasta să se potrivească cel mai bine cu setul de date.

În general, un set de astfel de date constă de exemplu dintr-o serie de perechi de valori $i = 1 \dots n$, în care x_i este variabila independentă, iar $y_i = f(x_i)$ este variabila dependentă, ale cărei valori au fost obţinute experimental.

Funcţia model este de forma $f(x, \beta)$, având m parametri (coeficienţi), plasaţi în vectorul $\{\beta\}$. Scopul metodei este acela de a găsi valorile parametrilor astfel încât valorile calculate cu ajutorul funcţiei model să se potrivească cel mai bine cu valorile experimentale. Soluţia optimă conform metodei celor mai mici pătrate este atunci când suma S a pătratelor reziduurilor:

$$S = \sum_{i=1}^n r_i^2 \quad (7.1)$$

este minimă. Reziduul reprezintă abaterea (diferenţa) dintre valoarea variabilei dependente şi valoarea dată de către funcţia model:

$$r_i = y_i - f(x, \beta) \quad (7.2)$$

Deci:

$$\sum_{i=1}^n [y_i - f(x, \beta)]^2 \rightarrow \text{minim} \quad (7.3)$$

sau:

$$\sum_{i=1}^n [y_i - (\beta_0 + \beta_1 x)^2] \quad (7.4)$$

în care $f(x, \beta)$ reprezintă polinomul de interpolare ales.
Matriceal, putem scrie că:

$$[X] \cdot \{\beta\} = \{Y\} \quad (7.5)$$

în care:

$$[X] = \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \end{bmatrix} \quad (7.6)$$

$$\{\beta\} = \begin{Bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \end{Bmatrix} \quad (7.7)$$

iar:

$$\{Y\} = \begin{Bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \end{Bmatrix} \quad (7.8)$$

Un exemplu de funcție model este o linie dreaptă, considerând [ordonata la origine](#) β_0 și panta β_1 , funcția model este de forma: $f(x, \beta) = \beta_0 + \beta_1 x$.

În tabelele și figurile următoare este arătată pe de o parte dependența uzurii muchiei sculei așchietoare în funcție de temperatură pentru trei tipuri

de materiale lemnoase compozite – PAL, MDF și MULTIPLEX, în care a fost utilizat sau nu un fluid de răcire (aer sub presiune), iar pe de altă parte dependența uzurii muchiei în funcție de avansul sculei (a unei freze circulare), pentru aceleași trei tipuri de materiale lemnoase.

Aceste dependențe (temperatură – uzură sau lungime de așchiere – uzură) au fost realizate pentru trei viteze diferite de așchiere: de 1000 mm/min, de 2000 mm/min și de 3000 mm/min.

Graficele ce arată aceste dependențe sunt trasate în figurile următoare.

7.2. Stabilirea metodei de cercetare

Prelucrarea se face pe mașina cu comandă numerică EVOLUTION 7405 4MAT, într-un atelier de prelucrare a materialelor compozite, după cum urmează:

- se utilizează două seturi de 9 freze noi cu diametrul de 10 mm, cu două caneluri, realizate din HSS (oțel rapid) (Fig. 1). Unul este utilizat pentru tăierea în condiții uscate (fără lichid de răcire), iar celălalt pentru tăierea cu aer ca lichid de răcire (Fig. 2). Cele 9 scule de tăiere utilizate pentru tăierea în mediu uscat au indicele a, iar celălalt set pentru tăierea cu lichid de răcire - indicele b.

- un set de 9 freze este grupat în subseturi de 3, fiecare freză fiind utilizată pentru prelucrarea unei probe de material diferit (PAL, MDF, MULTIPLEX).

Condițiile de tăiere sunt prezentate după cum urmează:

A. Fără agent de răcire

Material PAL

- freza 1a cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 1000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.

- freză 2a cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, avans $v_f = 2000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.

- freză 3a cu viteză de tăiere $v_c = 12500$ rpm, avans $v_f = 3000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.

Material MDF

- freza 4a cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 1000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.

- freza 5a cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 2000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.

- freza 6a cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 3000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.



Fig. 7.1. Freză cu două caneluri cu diametrul de 10 mm.

Material MULTIPLEX

- freza 7a cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 1000$ mm/min, adâncimea de tăiere $a_p = 20$ mm.
- freza 8a cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, avans $v_f = 2000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.
- freza 9a cu viteză de tăiere $v_c = 12500$ rpm, avans $v_f = 3000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.

B. Cu agent de răcire

Material PAL

- freza 1b cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 1000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.
- freza 2b cu viteza de tăiere $v_c = 125000$ rpm, viteza de avans $v_f = 2000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.
- freza 3b cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, avans $v_f = 3000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.

Material MDF

- freza 4b cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 1000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.
- freza 5b cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 2000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.
- freza 6b cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 3000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.

Material MULTIPLEX

- freza 7b cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 1000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.
- freza 8b cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 2000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.
- freza 9b cu viteza de tăiere $v_c = 12500$ rpm, viteza de avans $v_f = 3000$ mm/min, $a_p = 20$ mm.

Frezele sunt măsurate înainte de a fi introduse în prelucrare, cu ajutorul scannerului electronic ATOS ScanBox BPS.

Eșantioanele care urmează să fie prelucrate, câte 3 pentru fiecare material, au dimensiunea de 1100 x 320 x 24 mm (Fig. 5.4.).

Freza prelucrează de-a lungul unui traseu format din mișcări înainte și înapoi pe 10 segmente de 1000 mm și scurte treceri perpendiculare pentru trecerea la segmentul următor, până la o cursă totală de 1000 mm.

7.3. Prelucrarea datelor cu ajutorul modelului matematic

Măsurarea constă în stabilirea valorilor diametrului tăișului în puncte aparținând la 10 secțiuni transversale plasate la o distanță axială de 2 mm una față de cealaltă, conform fig. 4. Datorită direcției drepte a dinților, măsurătorile diametrului se fac pe marginile tăietoare ale frezei, păstrând aceeași orientare a sculei în jurul axei sale.

După prelucrare, diametrele sculei sunt măsurate, înregistrate și comparate cu diametrul de referință de 10 mm. Evoluția uzurii diametrului sculei de-a lungul axei sculei este prezentată ca o funcție liniară obținută prin metoda celor mai mici pătrate [7, 8].

Graficele din figurile 7.1.-7.6. prezintă rezultatele măsurătorilor diametrului sculei în cazul plăcilor aglomerate (PAL), atât în cazul prelucrării pe uscat (figurile 7.1, 7.3 și 7.5), cât și în cazul prelucrării cu răcire cu aer (figurile 7.2, 7.4 și 7.6).

Figurile 7.7.-7.12. prezintă rezultatele în cazul materialului MDF. Figurile 7.7, 7.9, 7.11, prezintă graficele pentru prelucrarea uscată, în timp ce figurile 7.8, 7.10 și 7.12 - graficele pentru prelucrarea cu răcire cu aer.

În mod similar, figurile 7.13. - 7.18. sunt dedicate materialului MULTIPLEX. Graficele pentru prelucrarea uscată sunt prezentate în Fig. 7.13, 7.15 și 7.17. Rezultatele pentru prelucrarea cu răcire cu aer sunt prezentate în figurile 7.14, 7.16 și 7.18.

Pentru toate graficele, evoluția uzurii în direcția axială are o tendință de creștere de la extremitate spre corpul sculei. Explicația ar putea consta în temperatura variabilă în direcția axială în timpul prelucrării.

De asemenea, o posibilă explicație ar putea fi legată de neomogenitatea materialului în profunzime, cu o posibilă duritate mai mare în cazul straturilor exterioare.

Pentru cele două situații - fără răcire și cu răcire, rezultatele arată valori de uzură mai mici pentru prelucrarea cu răcire în comparație cu cea cu răcire cu aproximativ 20%.

Într-o analiză comparativă a materialelor, variația uzurii de la un material la altul arată o ușoară creștere a uzurii la PAL - PAL (valori medii de 45 μm , 55 μm și 60 μm - fără răcire și 40 μm , 43 μm , 36 μm - cu răcire), la MDF (valori medii de 52 μm , 85 μm și 40 μm - fără răcire și 40, μm , 35 μm , 40 μm - cu răcire) și apoi la MULTIPLEX (valori medii de rupere, 57 μm , 86 μm - fără răcire și 45 μm , 58 μm și 88 μm - cu răcire) pentru prelucrarea în aceleași condiții.

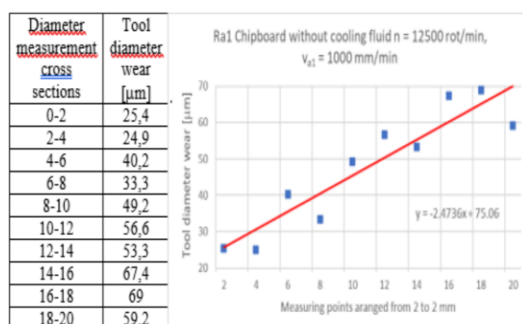


Fig. 7.1. Uzura diametrului pentru PAL cu avans de 1000 mm/min și turație de 12500 rpm fără lichid de răcire.

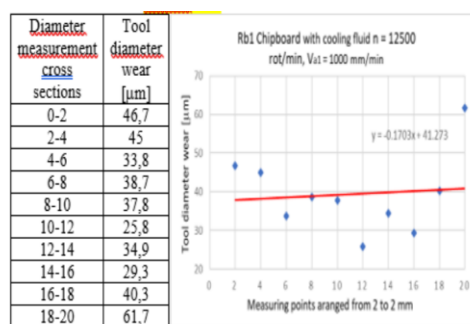


Fig. 7.2. Uzura diametrului pentru PAL cu un avans de 1000 mm/min și o viteză de 12500 rpm cu lichid de răcire.

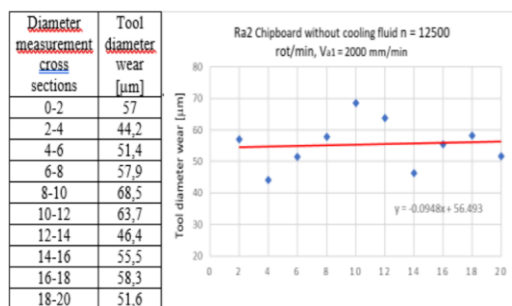


Fig. 7.3. Uzura diametrului pentru PAL cu avans de 2000 mm/min și turație de 12500 rpm fără lichid de răcire.

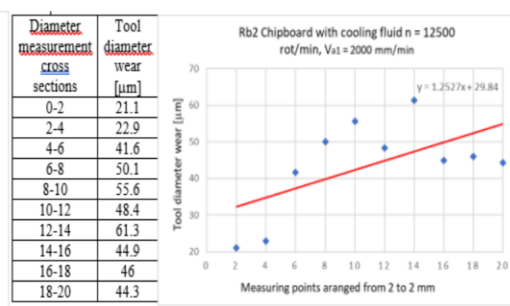


Fig. 7.4. Uzura diametrului pentru PAL cu avans de 2000 mm/min și turație de 12500 rpm cu lichid de răcire.

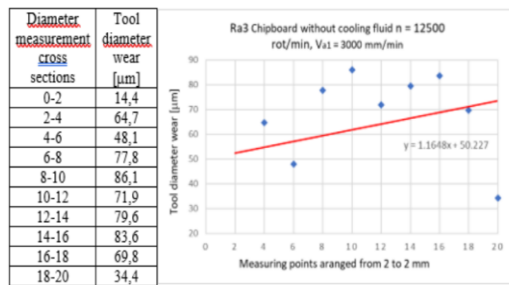


Fig. 7.5. Uzura diametrului pentru PAL cu avans de 3000 mm/min și turație de 12500 rpm fără lichid de răcire.

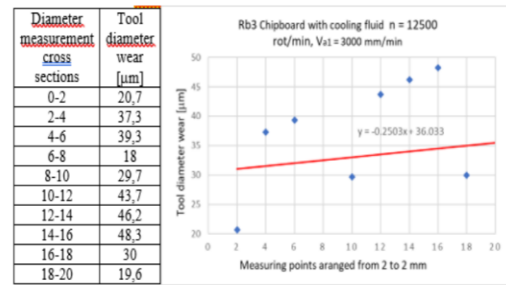


Fig. 7.6. Uzura diametrului pentru PAL cu avans de 3000 mm/min și turație de 12500 rpm cu lichid de răcire.

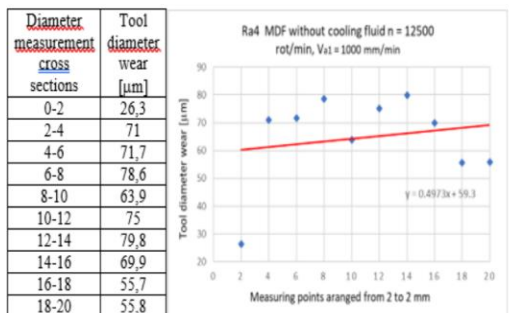


Fig. 7.7. Uzura diametrului pentru MDF cu avans de 1000 mm/min și turație de 12500 rpm fără lichid de răcire.

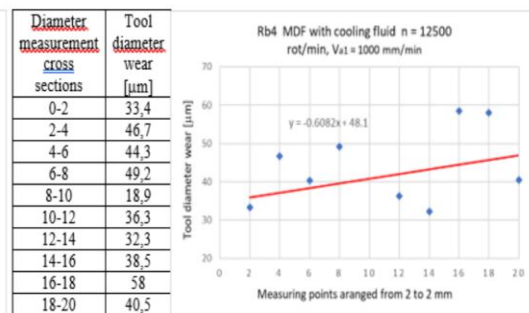


Fig. 7.8. Uzura diametrului pentru MDF cu avans de 1000 mm/min și turație de 12500 rpm cu lichid de răcire.

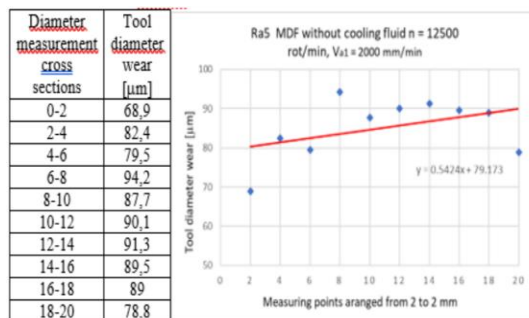


Fig. 7.9. Uzura diametrului pentru MDF cu avans de 2000 mm/min și turație de 12500 rpm fără lichid de răcire.

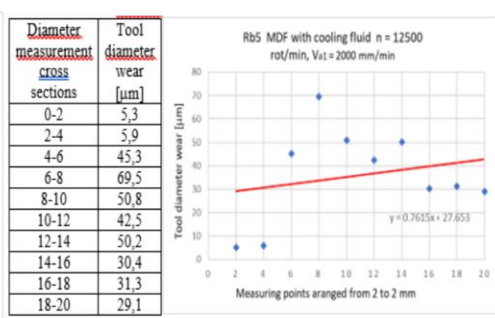


Fig. 7.10. Uzura diametrului pentru MDF cu avans de 2000 mm/min și turație de 12500 rpm cu lichid de răcire.

Diameter measurement cross sections	Tool diameter wear [μm]
0-2	19
2-4	40,4
4-6	45
6-8	47
8-10	36,3
10-12	45,9
12-14	45
14-16	50,6
16-18	25,6
18-20	62,3

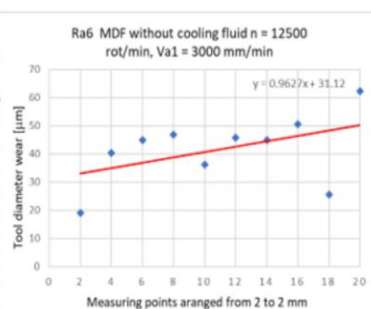


Fig. 7.11. Uzura diametrului pentru MDF cu avans de 3000 mm/min și turație de 12500 rpm fără lichid de răcire.

Diameter measurement cross sections	Tool diameter wear [μm]
0-2	35,7
2-4	41,6
4-6	35,7
6-8	58
8-10	34
10-12	7,3
12-14	28,2
14-16	38,2
16-18	54,9
18-20	46,1

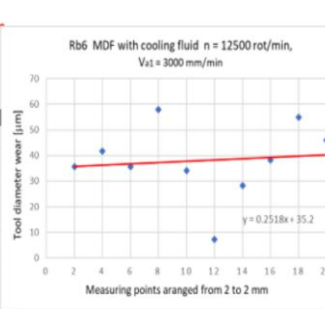


Fig. 7.12. Uzura diametrului pentru MDF cu avans de 3000 mm/min și turație de 12500 rpm cu lichid de răcire.

Diameter measurement cross sections	Tool diameter wear [μm]
0-2	54,9
2-4	81,6
4-6	682,5
6-8	fractura
8-10	-
10-12	-
12-14	-
14-16	-
16-18	-
18-20	-

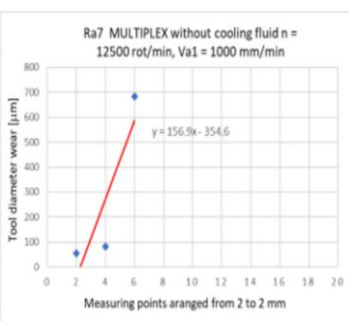


Fig. 7.13. Uzura diametrului pentru MULTIPLEX cu avans de 1000 mm/min și turație de 12500 rpm fără lichid de răcire.

Diameter measurement cross sections	Tool diameter wear [μm]
0-2	40
2-4	36,9
4-6	43,2
6-8	54,4
8-10	62,8
10-12	48,9
12-14	39,5
14-16	50,6
16-18	36,6
18-20	48,2

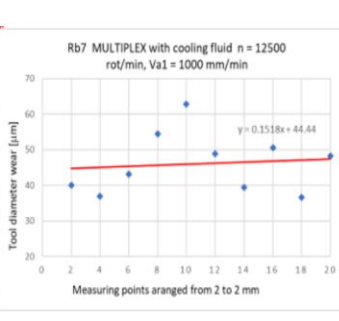


Fig. 7.14. Uzura diametrului pentru MULTIPLEX cu avans de 1000 mm/min și turație de 12500 rpm cu lichid de răcire.

Diameter measurement cross sections	Tool diameter wear [μm]
0-2	89,1
2-4	37,4
4-6	38
6-8	50,6
8-10	46,4
10-12	48,4
12-14	56,6
14-16	79,8
16-18	56,2
18-20	74,4

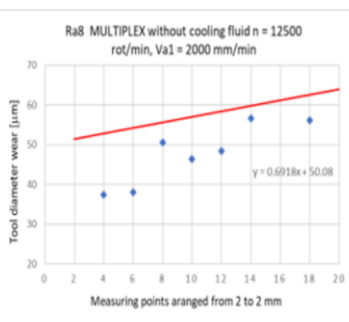


Fig. 7.15. Uzura diametrului pentru MULTIPLEX cu avans de 2000 mm/min și turație de 12500 rpm fără lichid de răcire.

Diameter measurement cross sections	Tool diameter wear [μm]
0-2	12,8
2-4	36,9
4-6	31,6
6-8	33,6
8-10	61,5
10-12	55,6
12-14	52,7
14-16	41,4
16-18	57,6
18-20	50,6

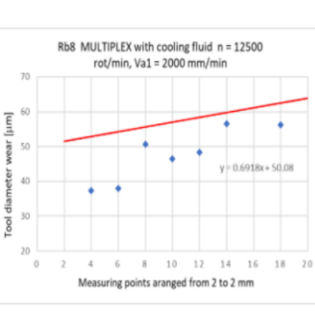


Fig. 7.16. Uzura diametrului pentru MULTIPLEX cu avans de 2000 mm/min și turație de 12500 rpm cu lichid de răcire.

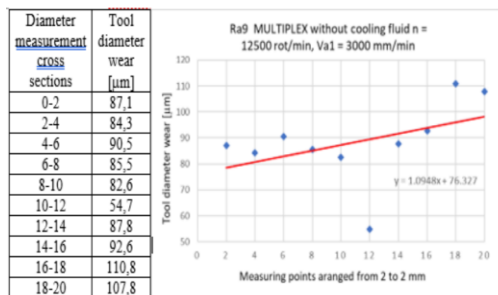


Fig. 7.17. Uzura diametrului pentru MULTIPLEX cu avans de 2000 mm/min și turație de 12500 rpm fără lichid de răcire.

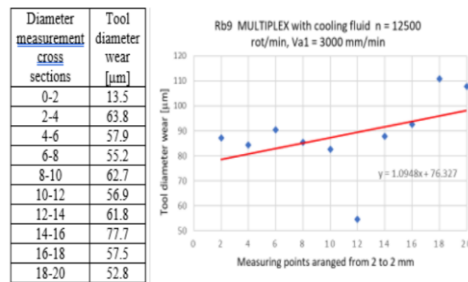


Fig. 7.18. Uzura diametrului pentru MULTIPLEX cu avans de 2000 mm/min și turație de 12500 rpm cu lichid de răcire.

Valorile măsurate au fost organizate și interpretate într-o serie de tabele care prezintă temperaturile împreună cu liniile de tendință (interpolare liniară).

Tabelele și figurile următoare prezintă dependența temperaturii de lungimea de prelucrare (de-a lungul a 10000 mm) pentru trei tipuri de materiale lemnoase compozite - PAL (tăiere fără agent de răcire - fig. 7.19, 7.21 și 7.23, cu agent de răcire - fig. 7.20, 7.22 și 7.24.), MDF (tăiere fără agent de răcire - Fig. 7.25, 7.27 și 7.29, cu agent de răcire - Fig. 7.26, 7.28 și 7.30) și MULTIPLEX (tăiere fără agent de răcire - Fig. 7.31, 7.33 și 7.35, cu agent de răcire - Fig. 7.32, 7.34 și 7.36).

În timpul prelucrării uscate a materialelor, se constată că valorile maxime cresc odată cu creșterea vitezei de avans. Pe de altă parte, în funcție de tipul de material, temperaturile finale (testul 10) cresc în ordinea: MDF, PAL, MULTIPLEX.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	85,5
2000	84
3000	85
4000	85,4
5000	87
6000	92
7000	94
8000	108
9000	104
10000	105

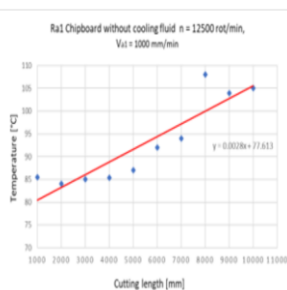


Fig. 7.19 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, fără lichid de răcire, cu modul de tăiere $va1 = 1000$ mm/min și $n = 12500$ rpm pentru PAL

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	39,7
2000	50
3000	77,2
4000	76
5000	75,4
6000	74
7000	86,5
8000	80
9000	76
10000	75,5

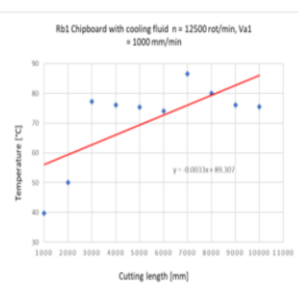


Fig. 7.20 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, cu lichid de răcire, cu modul de tăiere $va1 = 1000$ mm/min și $n = 12500$ rpm pentru PAL

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	92
2000	92.84
3000	95
4000	101
5000	100
6000	102
7000	56
8000	57
9000	137
10000	139

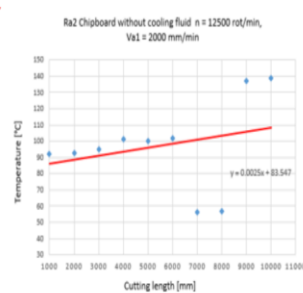


Fig. 7.21 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, fără lichid de răcire, cu modul de tăiere $va1 = 2000$ mm/min și $n = 12500$ rot/min pentru PAL

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	96.5
2000	97.5
3000	96
4000	97.6
5000	93
6000	94.9
7000	100
8000	102
9000	96
10000	95

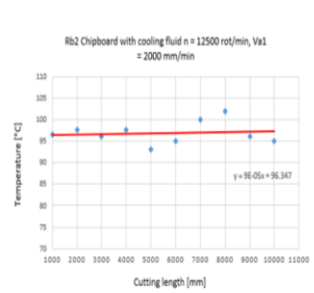


Fig. 7.22 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, fără lichid de răcire, cu modul de tăiere $va1 = 2000$ mm/min și $n = 12500$ rot/min pentru plăci aglomerate

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	87
2000	88
3000	90
4000	112
5000	111
6000	100
7000	101
8000	102
9000	114
10000	115

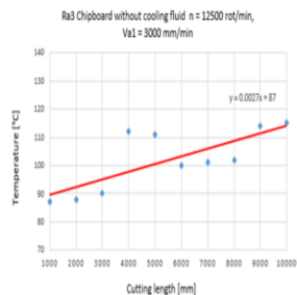


Fig. 7.23 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, fără lichid de răcire, cu modul de tăiere $v_{a1} = 3000$ mm/min și $n = 12500$ rpm pentru plăci aglomerate.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	93
2000	92,7
3000	96,5
4000	105
5000	105,5
6000	106
7000	105
8000	107
9000	106
10000	100

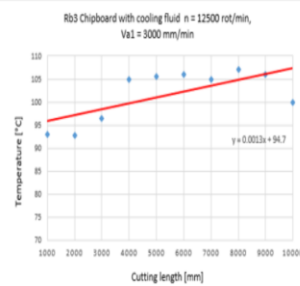


Fig. 7.24 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, cu lichid de răcire, cu modul de tăiere $v_{a1} = 3000$ mm/min și $n = 12500$ rot/min pentru plăci aglomerate.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	60
2000	61
3000	64,9
4000	65
5000	62,5
6000	63
7000	62
8000	60,5
9000	60
10000	61

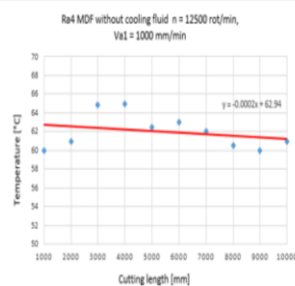


Fig. 7.25 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, fără lichid de răcire, cu modul de tăiere $v_{a1} = 1000$ mm/min și $n = 12500$ rpm pentru MDF.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	56
2000	56,5
3000	56,2
4000	58,9
5000	56
6000	55,3
7000	55
8000	55,6
9000	57
10000	60

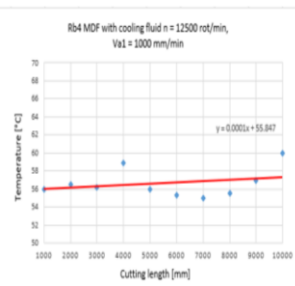


Fig. 7.26 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, cu lichid de răcire, cu modul de tăiere $v_{a1} = 1000$ mm/min și $n = 12500$ rpm pentru MDF.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	37
2000	37,5
3000	66
4000	67,5
5000	75
6000	75,8
7000	67
8000	68
9000	69
10000	69,3

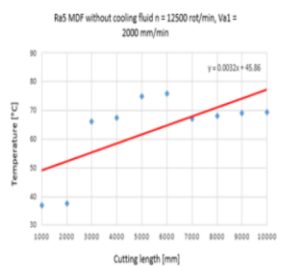


Fig. 7.27 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, fără lichid de răcire, cu modul de tăiere $v_{a1} = 2000$ mm/min și $n = 12500$ rpm pentru MDF.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	69,3
2000	69,7
3000	71,5
4000	72
5000	74,6
6000	75
7000	76,2
8000	75,3
9000	78
10000	79,3

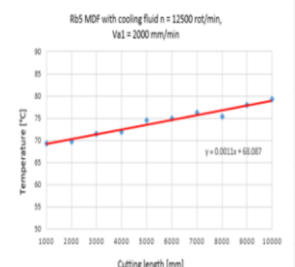


Fig. 7.28 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, cu lichid de răcire, cu modul de tăiere $v_{a1} = 2000$ mm/min și $n = 12500$ rpm pentru MDF.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	80
2000	81,8
3000	65,5
4000	66,9
5000	67
6000	75
7000	77
8000	78
9000	84
10000	85,1

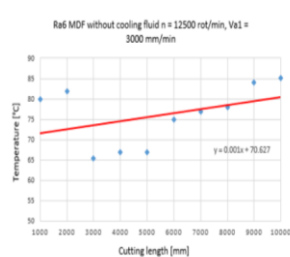


Fig. 7.29 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, fără lichid de răcire, cu modul de tăiere va1 = 3000mm/min și n = 12500 rpm pentru MDF.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	71
2000	72
3000	61,2
4000	59
5000	53
6000	55,8
7000	75,2
8000	77,6
9000	86,2
10000	87,5

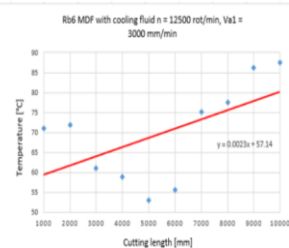


Fig. 7.30 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, cu lichid de răcire, cu modul de tăiere va1 = 3000mm/min și n = 12500 rpm pentru MDF.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	108
2000	110
3000	fractură
4000	fractură
5000	-
6000	-
7000	-
8000	-
9000	-
10000	-

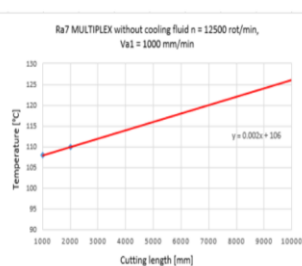


Fig. 7.31 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de către sculă, fără lichid de răcire, cu lichid de tăiere modul va1 = 1000mm/min și n = 12500 rot/min pentru MULTIPLEX.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	80,8
2000	82,2
3000	81,2
4000	84,4
5000	80,7
6000	81,6
7000	92,2
8000	93,6
9000	91
10000	91,3

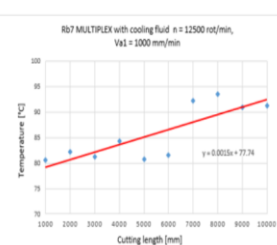


Fig. 7.32. Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, cu lichid de răcire, cu modul de tăiere va1 = 1000 mm/min și n = 12500 rot/min pentru MULTIPLEX.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	88
2000	89,5
3000	102
4000	103
5000	101
6000	100
7000	105
8000	108
9000	106
10000	105

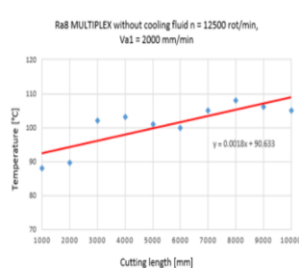


Fig. 7.33 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, fără lichid de răcire, cu modul de tăiere va1 = 2000mm/min și n = 12500 rpm pentru MULTIPLEX.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	88,4
2000	88,3
3000	95,5
4000	95
5000	92
6000	90,7
7000	90,4
8000	90,5
9000	92
10000	97

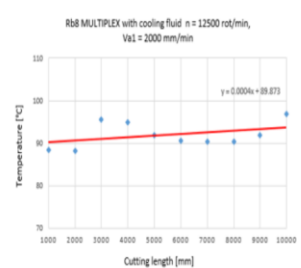


Fig. 7.34 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, cu lichid de răcire, cu modul de tăiere va1 = 2000 mm/min și n = 12500 rot/min pentru MULTIPLEX.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	93
2000	93.8
3000	92
4000	89.4
5000	110
6000	112
7000	111
8000	108
9000	120
10000	121

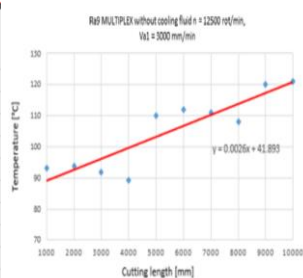


Fig. 7.35 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, fără lichid de răcire, cu modul de tăiere $v_{a1}=3000$ mm/min și $n = 12500$ rpm pentru MULTIPLEX.

Cutting length [mm]	Temperature [°C]
1000	88
2000	89,5
3000	90
4000	103
5000	99
6000	100
7000	105
8000	108
9000	106
10000	105

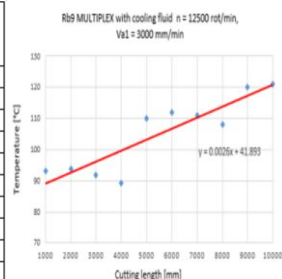


Fig. 7.36 Dependența temperaturii din sculă în funcție de lungimea parcursă de sculă, cu lichid de răcire, cu modul de tăiere $v_{a1}=$ și $n = 12500$ rot/min.

Tabel 20

Temperatura medie în procesarea fără fluid de răcire

v_f (mm/mim)	PAL	MDF	MULTIPLEX
1000	87	62	-
2000	100	65	100
3000	105	70	100

Tabel 21

Temperatura medie de temperatură la prelucrarea cu fluid de răcire

v_f (mm/mim)	PAL	MDF	MULTIPLEX
1000	75	58	85
2000	92	75	92
3000	102	65	103

În ceea ce privește temperaturile medii (testul 5), acestea sunt prezentate în tabelul 20 pentru prelucrarea fără fluid de răcire și în tabelul 21 pentru prelucrarea cu jet de aer.

În timpul prelucrării pe uscat, pentru cele trei materiale există o tendință de creștere a valorilor medii în funcție de viteza de avans. În funcție de valorile medii ale temperaturii, ierarhia este următoarea: MDF, MULTIPLEX, PAL.

În cazul prelucrării cu jet de aer, pentru PAL și MULTIPLEX există o tendință de creștere a mediei în funcție de viteza de avans, în timp ce

pentru MDF variația nu este concludentă (posibil din cauza unei variații necontrolate a condițiilor de măsurare). Ierarhia în ordine crescătoare a temperaturii medii a celor trei materiale este - MDF, PAL, MULTIPLEX.

În cazul prelucrării prin răcire a celor trei materiale, se constată că există o tendință de stabilizare relativă a temperaturii indiferent de viteza de avans.

7.4. Concluzii

În acest capitol autoarea a creat un model matematic bazat pe interpolarea liniară folosind metoda celor mai mici pătrate, pentru a desprinde câteva concluzii asupra modului de comportare al celor trei materiale compozite lemnoase analizate: PAL, MDF și MULTIPLEX.

Analizele au fost realizate la trei viteze de avans diferite - 1000, 2000 și 3000 mm/min în condițiile utilizării sau nu a unui fluid de răcire (aer sub presiune). Nu a fost utilizat ca fluid de răcire apa, deoarece, după cum bine se știe lemnul are un comportament higroscopic, umflându-se sub efectul umidității.

În privința celor trei materiale lemnoase s-a constatat în cazul PAL-ului că la viteze de avans de 1000 mm/min, temperaturile obținute în cazul utilizării unui fluid de răcire au fost mai mici decât în cazul neutilizării acestuia. La viteze de avans mai mari (2000-3000) mm/min apare o uniformizare a temperaturilor (acestea fiind cam în aceeași gamă de valori).

În cazul materialului compozit MDF, situația în cazul vitezelor de avans de 1000 mm/min este similară ca aceea pentru PAL, observându-se o descreștere a temperaturilor în cazul utilizării unui fluid de răcire. La viteze de avans mari (de 2000 rot/min), temperaturile obținute în cazul utilizării unui fluid de răcire sunt sensibil mai mari decât în cazul neutilizării fluidului. La viteze de 3000 mm/min se observă o uniformizare a temperaturilor, fluidul de răcire în acest caz neavând un rol deosebit.

În cazul materialului compozit MULTIPLEX cercetările experimentale au eșuat în cazul utilizării unei viteze de așchiere de 1000 mm/min, dar din primele trei măsurători, obținute înainte de ruperea frezei, se poate desprinde concluzia că fluidul de răcire a avut un rol esențial. Această tendință s-a remarcat și în cazul folosirii unei viteze de avans de 2000 rot/min, ajungându-se la o uniformizare a temperaturilor în cazul unor viteze de avans mari (de 3000 rot/min).

În privința uzurii diametrului frezei se poate observa o diminuare a acesteia în cazul folosirii fluidului de răcire, pentru toate cele trei materiale compozite lemnoase și pentru toate vitezele de avans ale sculei.

Bibliografie

- [1] <https://www.weinig.com/en/panel-processing/vertical-cnc-machining-centers/evolution/evolution-7405-connect.html>
- [2] Optical 3D Coordinate Measuring Machine, https://scanare3d.com/wp-content/uploads/2020/08/GOM_Brochure_ATOS_ScanBox_EN.pdf
- [3] Cai, Z., & Ross, R. J. (2010). Mechanical properties of wood-based composite materials. *Wood handbook-Wood as an engineering material. Centennial edition. General Technical Report FPL-GTR-190. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. Madison, Wisconsin, EUA, 12.*, <https://www.fs.usda.gov/research/treesearch/download/62260.pdf>
- [4] <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJMMM.2006.011068>
- [5] <https://search.proquest.com/openview/019ddd004b149e85960b77017dabdc93/1?pq-origsite=gscholar&cbl=25222>
- [6] V.J. Popovska, B. Iliev, M. Nacevski, (2021). Dimensional stability of multiplex plywood with mainly unidirectional grain orientation. *International Journal-Wood, Design & Technology*, 10(1). http://www.fdtme.ukim.edu.mk/en/wood_journal/archive/vol_10_no1/vol_10_no1_fulltext_11.pdf
- [7] Hadăr, A., Marin, C., Petre, C., Voicu, A., *Metode numerice în inginerie*, Editura POLITEHNICA Press, Bucharest, 2004.
- [8] A. Rusu-Casandra, G. Jiga, *Metode și programe pentru calculul structurilor*, Andor-Tipo Publishing House, Bucharest, 1998.

Capitolul 8. Concluzii

1) Analizând uzura frezelor cilindro-frontale, distingem următoarele:

Pentru plăci aglomerate, se poate observa din primele grafice (fig. 7.1. și 7.2.) că uzura diametrului frezei este mult mai pronunțată în varianta fără lichid de răcire decât în cea cu lichid de răcire. Același lucru îl observăm și în graficele din figurile 7.3.-7.6., cu alte cuvinte, panta dreptei în cazul fără lichid de răcire este mai mare decât în cazul cu lichid de răcire.

Pentru MDF, analiza graficelor din figurile 7.7.-7.12. arată că intervalul de valori legate de uzura sculei este mai mare în varianta fără fluid de răcire decât în varianta cu fluid de răcire.

Pentru MULTIPLEX observăm că în graficul din Fig. 7.13. a avut loc fracturarea frezei din cauza forțelor mari de tăiere. Panta din dreapta este foarte mare, ceea ce conduce la explicația că se recomandă schimbarea regimului de prelucrare. În cazul graficelor din fig. 7.15. și 7.16., prin schimbarea regimului de tăiere, se observă o uzură mai pronunțată și în cazul fără lichid de răcire față de cel cu lichid de răcire.

2) Din analiza generală a datelor tabelare și a graficelor, se poate spune că cercetarea de față a pus în evidență faptul că, indiferent de regimul de tăiere utilizat, uzura sculei este mai pronunțată în cazul prelucrării "la rece", adică fără lichid de răcire, decât în cazul cu lichid de răcire (aer comprimat). Astfel, se poate recomanda utilizatorilor din industria de prelucrare a materialelor compozite din lemn, utilizarea unui agent de răcire în toate cazurile de prelucrare, pentru a reduce uzura sculelor și în acest fel a crește durabilitatea acestora.

3) La realizarea obiectivului principal al activității doctorale decercetare-dezvoltare, prezenta teză de doctorat aduce o serie de contribuții, cum ar fi:

- stabilirea unor metode proprii de abordare a metodei de cercetare, prin găsierea celor mai des utilizate scule de prelucrare precum și a celor mai frecvente semifabricate utilizate în industria mobilei

- aplicarea în cercetarea prezentei teze a unei metode de răcire a procesului de uzinare folosind aerul comprimat, ceea ce a condus la o micșorare vizibilă a uzurii sculelor așchietoare

- modelarea matematică a fenomenului de uzură a sculelor în funcție de regimul de așchiere și de temperatură dezvoltată în zona de prelucrare.

4) Importanța științifică a prezentei teze de doctorat este susținută de contribuțiile aduse ca urmare a cercetării experimentale pe baza unei metodologii proprii de cercetare, precum și a metodei matematice a fenomenului.

5) Importanța practică a prezentei teze de doctorat, rezidă în aceea că a stabilit care este legătura între uzura sculelor de prelucrare și a regimurilor de așchiere în situația de uzinare cu și fără agent de răcire (aer comprimat).

6) Această teză de doctorat reprezintă un suport util studenților, cadrelor didactice, companiilor, specialiștilor din domeniul industriei mobilei cât și a celor ce sunt interesați de găsirea de noi metode de prelucrare a semifabricatelor compozite utilizate în industria lemnului.

7) Problematika cercetării și optimizării regimurilor de prelucrare a materialelor compozite din lemn, reclamă o activitate de cercetare-dezvoltare continuă, de analiză, de determinare și implementare a noilor cuceriri științifice cum ar fi în domeniul sculelor diamantate sau armate cu carburi mineralo-ceramice.