

Monitorizarea procesului de fabricație a microfiredor

Sergiu Zaporozjan, Igor Calmîcov, Constantin Plotnic, Viorel Cărbune

Universitatea Tehnică a Moldovei

Republica Moldova, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare 168, MD-2004

zaporozjan_s@yahoo.com, igor.calmicov@gmail.com, pcpvir13@rambler.ru, sirius.c-032@mail.ru

REZUMAT

Dat fiind rolul cheie al operatorului uman în unele sisteme tehnologice, o interfață greoaie nu îi afectează numai productivitatea, ci și valoarea însăși a activității. În lucrare este descrisă o aplicație inovativă utilizată pentru controlul procesului de fabricație a microfiredor cu înveliș din sticlă. Aplicația oferă o interfață eficientă „operator uman – sistem de calcul”. La dezvoltarea aplicației au fost utilizate metodele și tehnicile achiziției de date și procesării imaginilor, combinarea tehnicilor „machine vision” cu cele inteligente pentru suportul decizional.

Cuvinte cheie

Proces tehnologic, microfir, achiziție date, procesare imagini, interfață.

Clasificare ACM

H5.2. Graphical user interfaces (GUI).

I2.1. Applications and Expert Systems (Industrial Automation).

INTRODUCERE

Rolul omului este, într-un număr de situații, esențial, el fiind inclus în bucla de reglare în sisteme de tip „om-calculator” [1]. În general, în orice proces tehnologic se urmărește eliminarea intervenției directe a omului în aceste procese, asigurându-se desfășurarea lor în conformitate cu anumite cerințe impuse, fără intervenția directă a operatorului. Astfel, se dorește automatizarea procesului. Principalele avantaje ale automatizării constau în: creșterea productivității muncii, îmbunătățirea calității muncii, reducerea efortului intelectual depus de oameni în cadrul procesului de producție.

Există aplicații industriale de importanță majoră în care resursa umană este indispensabilă datorită complexității instalației tehnologice (fig.1). Problema ține de suportul deciziilor în cazul tehnologiilor ce necesită recunoașterea și monitorizarea permanentă a unor forme complexe caracteristice procesului. În asemenea situații doar un operator înalt calificat poate opera decizii satisfăcătoare pentru a asigura calitatea sistemului.

Spre exemplu, procesul tehnologic de turnare a microfiredor cu izolație din sticlă se caracterizează printr-un nivel de complexitate extrem de ridicat. Procesul respectiv reprezintă o îmbinare de procese mecanice, termice, electrodinamice, transformări și interacțiuni fizico-chimice. Dat fiind gradul înalt de complexitate, crearea unui model matematic complet și adecvat pentru automatizarea acestui proces reprezintă o problemă extrem de dificilă. În opinia noastră, abordarea fizico-matematică

pură a procesului tehnologic în cauză nu reprezintă o soluție acceptabilă practic.

Pe de altă parte, în domeniul fabricării microfiredor s-a acumulat o cantitate mare de experiență umană, care poate fi exploatată pentru a automatiza, cel puțin parțial, procesul tehnologic respectiv. Procesul tehnologic considerat nu poate fi tratat prin prisma unor categorii precise ale teoriilor tradiționale. O dovadă în acest sens ar fi și faptul că operatorul uman (fig.1) nu supervizează procesul în baza unor reguli absolut stricte. Operatorul este „ajutat” în mare măsură de propria experiență tehnologică.

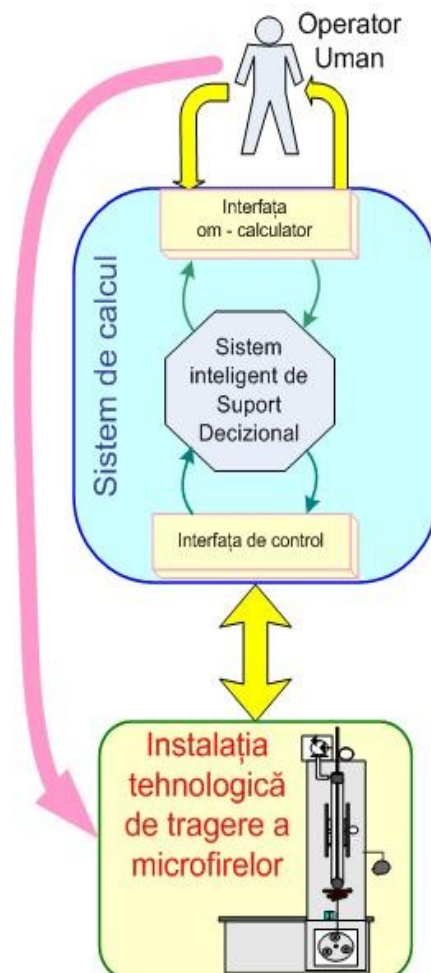


Figura 1. Interacțiunea operator – instalație tehnologică

În cazul procesului pus în discuție, s-a mers pe dezvoltarea unei astfel de tehnologii, în care suportul deciziilor nu are scopul de a conduce procesul de turnare a microfiredorului să se bazeze atât pe procesarea informației captate de la

diverși senzori, cât și pe experiența acumulată de către operatorul uman.

Aspectele tehnologice ale procesului de fabricație a microfiredelor sunt discutate în secțiunea următoare a lucrării, accentul fiind pus pe monitorizarea și controlul procesului prin vizualizarea picăturii din care este tras microfiredul.

În ultimele două secțiuni este descrisă aplicația inovativă utilizată pentru controlul procesului. Aplicația dezvoltată permite monitorizarea procesului, oferind o interfață eficientă „operator uman – sistem de calcul”.

CARACTERISTICA INSTALAȚIEI TEHNOLOGICE

La ora actuală se remarcă un interes sporit față de aplicabilitatea microfiredelor cu înveliș din sticlă. Aplicațiile tradiționale sunt completate cu noi aplicații de perspectivă (de exemplu, protecția contra falsului). Aria de aplicații se extinde, respectiv cresc cerințele față de caracteristicile electromagnetice și geometrice ale microfiredelor. Sunt în creștere și cerințele față de calitatea microfiredului fabricat. Rezultă necesitatea de creștere a productivității muncii și calității produsului finit. În aceste condiții, un rol deosebit revine dezvoltării tehnicilor de monitorizare și control a parametrilor microfiredului în faza de producere.

Procesul de fabricație a microfiredelor constă în tragerea directă a firelor metalice acoperite cu sticlă din picătura de aliaj, care este topită prin inducție cu un generator de putere înaltă (metoda Taylor-Ulitovsky).

În general, instalația este constituită (fig.2) din module și mecanisme convenționale care asigură fabricația microfiredelor:

- pompă de vid, care generează presiune negativă în tubul de sticlă;
- tija de aliaj ce servește la alimentarea picăturii cu aliaj în procese continue;
- tubul de sticlă, la capătul căruia se formează picătura;
- generatorul de frecvență, care generează câmp magnetic pentru topirea aliajului;
- senzor de rezistență liniară – se utilizează pentru monitorizarea diametrului, fiind aplicabil doar pentru fire de diametru mic și aliaje cu anumită compoziție;
- bobina de recepționare a microfiredului;
- motoare pas cu pas, care avansează tija de aliaj și tubul de sticlă;
- panelul operatorului, ce include organele de control și monitorul pe care sunt afișați parametrii procesului și imaginea picăturii.

Există o deosebire esențială a instalației experimentale față de una convențională. Instalația experimentală conține echipamente inedite: un modul special de captare prin senzori a mărimilor procesului tehnologic, inclusiv a imaginii picăturii; un modul de procesare a imaginii și un modul de vizualizare a procesului de turnare.

Modulul de procesare a imaginii și modulul de vizualizare a procesului tehnologic de turnare a fost realizat în baza unui calculator cu performanță suficientă. Pentru conectarea dispozitivului de achiziție la calculator este utilizată interfața RS485/RS422.

O etapă importantă în dezvoltarea unei instalații inteligente de fabricație a microfiredelor este acumularea și procesarea statisticii procesului respectiv. Pentru aceasta a fost nevoie de un sistem de achiziție și analiză a parametrilor procesului. În calitate de date statistice necesare, cele mai importante sunt:

- Presiunea (vidul) în tubul de sticlă
- Rezistența liniară a firului;
- Puterea generatorului de inducție;
- Viteza de bobinare;
- Imaginea picăturii.

Aceste date informative în ansamblul lor permit dirijarea cu procesul de fabricație a microfiredelor. Unul dintre cele mai informative canale de intrare este imaginea picăturii. S-a ținut cont de faptul că operatorul vizualizează și analizează imaginea picăturii în vederea conducerii procesului tehnologic în limitele dorite.

Pe de altă parte, s-au avut în vedere posibilitățile vizuale limitate ale operatorului, respectiv impactul negativ asupra calității microfiredului turnat.

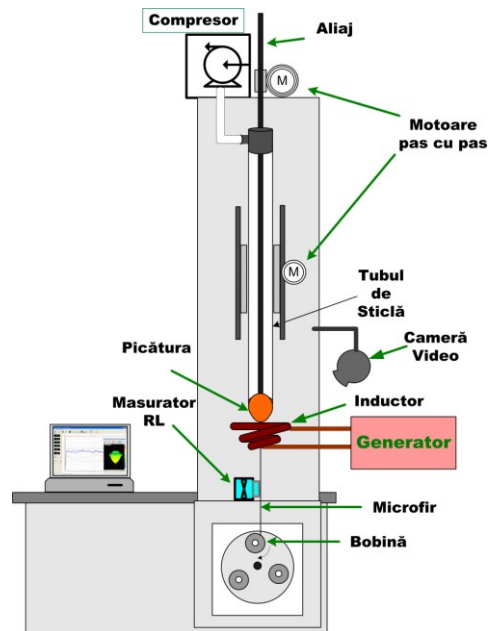


Figura 2. Instalația de fabricație a microfiredelor

A rezultat o abordare ce permite optimizarea procesului tehnologic în sensul creșterii calității și productivității muncii operatorului uman. La momentul actual, un operator cu experiență este capabil să dirijeze procesul de turnare, luând în considerație doar imaginea picăturii. Pentru aceasta se fac câteva probe după care se ajustează parametrii. Achiziția, prelucrarea și recunoașterea imaginilor reprezintă problemele principale ale domeniului vederii artificiale [2,4,5]. O tendință naturală ar fi operarea cu imagini cu o rezoluție spațială cât mai mare și cu cât mai multe culori.

Pentru achiziția datelor și stocarea lor în calculator a fost elaborat un sistem ce conține patru canale analoge de intrare și două canale analoge de ieșire. După amplificare și linearizare semnalele sunt digitizate de convertor analog-numeric integrat în sistem. Aceste semnale sunt buferizate și transmise către sistemul de calcul prin interfața serială.

Imaginea picăturii în timpul procesului de turnare a microfîrului este un obiect de analiză foarte important. Achiziția imaginii are ca scop două obiective de bază:

reprezentarea amănunțită și comodă a informației pentru operatorul uman pentru a permite monitorizarea eficientă a procesului tehnologic;

după procesarea imaginii și extragerea trăsăturilor de bază, sistemul poate genera semnale de comandă către mecanisme, în final putând rezulta o instalație cu grad înalt de automatizare.

Imaginile sunt formate prin înregistrarea de către un senzor a radiației ce reacționează cu un obiect fizic. Astfel, imaginile sunt de mai multe tipuri, cum ar fi: fotografie (lumina reflectată), distanțe, imagini în infraroșu. Un sistem digital de achiziție a imaginilor se compune din: sistem optic (lentile, diafragmă), senzor propriu-zis (CCD, CMOS), etaj (eventual) de amplificare și filtrare a semnalului de la senzor, convertor analog-numeric.

Toate aceste componente influențează direct imaginea capturată, în sensul că pot introduce distorsiuni majore. Un element foarte important în sistemul de achiziție a imaginii este subsistemul optic (parametri: tipul lentilelor, distanța focală, adâncimea de câmp): un sistem optic proiectat greșit sau utilizat incorect duce la obținerea unor informații eronate. Unele din aceste erori pot fi însă corectate ulterior în blocul de preprocesare (corecții geometrice, ajustări de contrast).

Trebuie de reținut că sistemul de achiziție a imaginii este o componentă esențială a lanțului de prelucrare a imaginii și, în proiectarea acestuia, trebuie ținut cont de o serie de parametri:

- parametri optici (tipul lentilelor, distanța focală, adâncimea de câmp)
- parametri fotometrici (tipul, direcția și intensitatea iluminării, proprietățile de reflecție a obiectelor analizate, caracteristica de ieșire a fotoreceptorului)
- parametri geometrici (tipul proiecției, distorsiunile de perspectivă, poziția și orientarea senzorului).

În final, sistemul de achiziție produce o imagine digitală, de fapt un tablou bidimensional, iar valorile din acest tablou pot reprezenta intensitatea luminii, distanțe sau alte mărimi fizice.

Sistemul de procesare a imaginii are ca scop monitorizarea a patru parametri de bază: temperatura, forma (inclusiv dimensiunile) și poziția picăturii. Acești parametri sunt utilizați de sistemul de control pentru a furniza decizia de modificare a paramerilor (vidul, puterea generatorului, etc.), la fel cum procedează operatorul în timpul procesului de turnare a microfîrului.

În sistemul dezvoltat imaginea capturată este procesată pe un calculator personal. Pentru aceasta a fost elaborată o aplicație care asigură captarea fluxului video de la cameră. Această aplicație extrage cadru după cadru de la cameră, procesează acest cadru, îl afișează conform modului ales și îl stochează într-un fișier.

ACHIZIȚIA ȘI PROCESAREA IMAGINII PICĂTURII

Pentru a capta imaginea picăturii în timpul procesului tehnologic se folosește o cameră video cu interfața USB.

În aplicație, la captare se utilizează librăriile Direct X, care oferă o interfață unică, independentă de tipul camerei, parametrii ei și modul de conectare.

După captare fluxul de date trece printr-un *spliter* care divizează (dublează) fluxul în două direcții: pe prima direcție fluxul este comprimat (algoritmul de compresie este ales de utilizator) și stocat într-un fișier, pe a doua direcție – fluxul de date se conectează la un *bit-graber*, care extrage câte un cadru (frame) de imagine și îl transformă într-un vector de date. Fiecare element de date din acest vector reprezintă trei octeți, care codifică intensitatea pentru fiecare culoare *Roșu*, *Verde* și *Albastru* a unui pixel. Această informație se utilizează pentru procesarea imaginii.

Fluxul de date video ce se salvează în fișier temporar, la finalizarea procesului este anexat la fișierul cu informațiile achiziționate. Simultan cu datele de la sistemul de achiziție, în acest fișier se înscriu și indicatorii de timp, care permit accesarea imaginii dorite din blocul de date video, în modul postprocesare sau postvizualizare. În afară de aceasta, este posibil de a salva pe un fișier separat doar fluxul de date video, pentru a putea vizualiza desfășurarea procesului cu ajutorul altor aplicații.

Rata de captare a imaginilor depinde de performanța calculatorului și timpul necesar pentru procesare. În sistemul dezvoltat, rata de captare/procesare constituie aproximativ 5-10 cadre/secundă, ceea ce este suficient, reieșind din faptul că procesul este relativ inert.

Procesarea imaginii include următoarele operații: filtrarea, segmentarea, extragerea conturului și afișarea hărții termografice. Pentru identificarea (recunoașterea) și monitorizarea formei picăturii este necesară segmentarea imaginii capturate și extrase. În acest scop se utilizează algoritmul Canny [3], care a fost dezvoltat la nivel de aplicație specifică.

Filtrarea se realizează cu ajutorul unui filtru gaussian. Pentru aceasta imaginea este procesată cu o mască 5x5. Filtrarea este succedată de extragerea conturului picăturii prin metoda Canny.

Operatorul poate alege mai multe moduri de vizualizare a picăturii – imaginea originală, conturul picături sau imaginea pseudocolor, care este în corelație directă cu temperatura. Această imagine nu redă valoarea absolută a temperaturii, deoarece în loc de termoscop relativ scump se folosește o cameră video. Temperatura se determină indirect prin luminozitatea picăturii. Această pseudoimagine permite evidențierea schimbării temperaturii în timpul procesului tehnologic, schimbare greu de observat cu ochiul liber de către operator.

INTERFAȚA DE MONITORIZARE ȘI CONTROL

Interfața „om - calculator” a aplicației dezvoltate este formată din două părți:

- fereastra de vizualizare a parametrilor procesului;
- fereastra de vizualizare a picăturii.

Operatorul poate vizualiza oricare din cele două ferestre, sau ambele simultan.

Vizualizarea parametrilor procesului

Interfața de vizualizare a statisticii este prezentată în fig. 3. Această aplicație permite captarea informației de la senzori și afișarea ei în formă numerică și în formă de grafice. Toate canalele de intrare pot fi ajustate, modificând coeficienții respectivi. Fereastra de vizualizare a parametrilor procesului (fig. 3) oferă operatorului posibilitatea de a observa variația parametrilor de bază (puterea generatorului, vidul, viteza de bobinare, etc.).

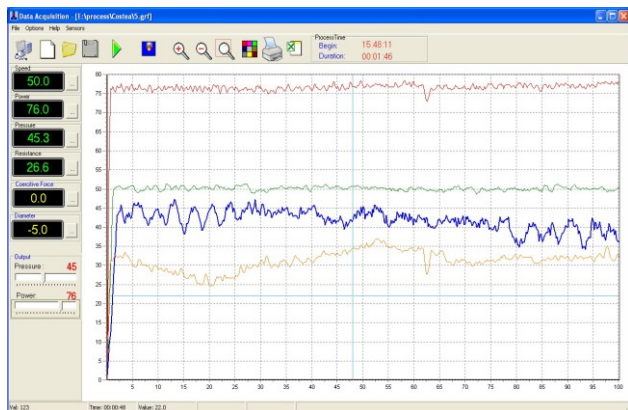


Figura 3. Interfața aplicației – fereastra de vizualizare a parametrilor procesului

În afară de parametrii procesului în timp real, aplicația permite vizualizarea simultană a formei picăturii într-o fereastră separată. Pentru a minimiza zgomotele și perturbațiile semnalelor pe fiecare canal poate fi aplicat un filtru cu o caracteristică variabilă.

Datele achiziționate, inclusiv imaginea capturată, sunt stocate în fișier. Aceasta permite acumularea statisticii procesului, care poate fi folosită pentru monitorizarea calității microfirului și pentru îmbunătățirea procesului. Datele acumulate pot fi exportate în formă de raport în aplicația *MS Excel*.

În urma derulării procesului fereastra cu grafice se poate deplasa automat la stânga, afișând doar ultimele date pe o anumită perioadă de timp, sau poate fi vizualizat întregul traseu de la începutul procesului.

Toți parametrii procesului sunt salvați în fișier ceea ce oferă posibilitatea de postprocesare și postvizualizare a modului în care a decurs procesul, respectiv care au fost acțiunile operatorului.

Vizualizarea imaginii picăturii

Concomitent cu afișarea graficelor, operatorul poate vizualiza separat imaginea picăturii (fig. 4).

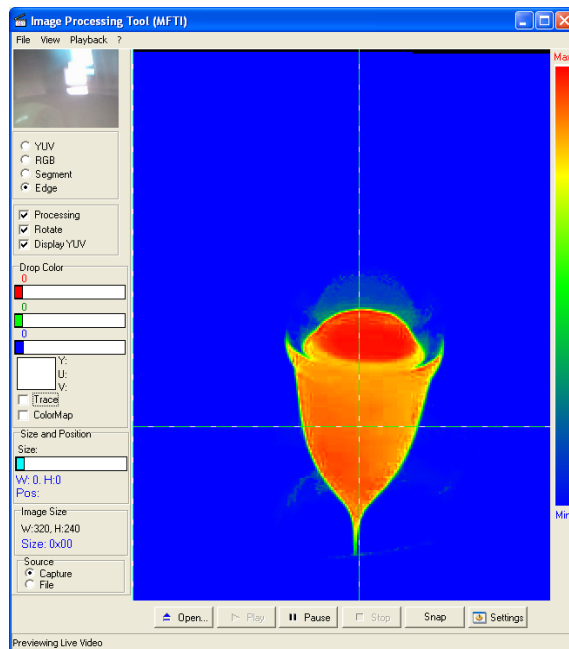


Figura 4. Interfața aplicației – fereastra de vizualizare a imaginii picăturii după procesare

Informația despre culoarea picăturii este descompusă pe componente și afișată. În afară de aceasta este construită harta culorilor picăturii. Această facilitate permite operatorului vizualizarea gradientului de temperatură. Operatorul procesului poate alege mai multe opțiuni de afișare a informației pe ecranul monitorului. Interfața aplicației dezvoltate conține fereastra de vizualizare a imaginii capturate, fereastra de vizualizare a imaginii procesate, histogramele, fereastra de afișare a componentelor RGB, YUV sau a imaginilor după segmentare și detecția conturului picăturii.

CONCLUZII

Aplicația dezvoltată reprezintă un suport puternic pentru operatorul procesului tehnologic de fabricație microfibre. Datorită posibilității de monitorizare a parametrilor picăturii prin intermediul sistemului dezvoltat, operatorul poate asigura un nivel calitativ superior al procesului tehnologic de tragere a microfibrelelor cu izolație din sticlă.

REFERINȚE

- B. Bărbat, R. Gh. Filip, "Informatica Industrială. Ingineria programării în timp real", Editura Tehnică. 1997.
- R. C. Gonzales, R. E. Woods, "Digital Image Processing, 2nd edition", Prentice Hall. 2002.
- J. Canny., A Computational Approach to Edge Detection, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 8, No. 6, Nov. 1986.
- D. A. Forsyth, J. Ponn, "Computer Vision. A Modern Approach", Prentice Hall. 2003.
- W. K. Pratt, "Digital Image Processing", WILEY-INTERSCIENCE. 1978.