

CONTRIBUȚII LA IDENTIFICAREA ȘI CONDUCEREA PROCESELOR METALURGICE

Teză destinată obținerii titlului științific
de doctor inginer
la
Universitatea "Politehnica" din Timișoara
în domeniul Automatică
de către

Tirian Gelu Ovidiu

Conducător științific:

Prof.univ.dr.ing. Octavian Proștean

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Automatica este unul din domeniile cu cele mai spectaculoase evoluții în ultimul timp, legate în special de dezvoltarea sistemelor de calcul și respectiv a unor noi echipamente, a unor noi concepții și abordări în conducerea proceselor. Aceste evoluții s-au produs în paralel cu creșterea complexității, preciziei, calității și economicității proceselor tehnologice.

În prezent, turnarea continuă asigură cea mai mare parte a semifabricatelor din industria metalurgică. Procesul este unul deosebit de complex, de mare productivitate, dar, datorită unor probleme tehnologice, poate genera rebuturi prin fisurarea crustei semifabricatului și curgerea oțelului nesolidificat încă, din interior. Prezența rebuturilor conduce la diminuarea productivității instalației și implicit la pierderi economice importante.

Lucrarea de față este dedicată cercetărilor din domeniul de actualitate al conducerii proceselor metalurgice folosind metode neconvenționale, (rețele neuronale și sisteme fuzzy) care permit predicția, detecția și eliminarea fisurilor din semifabricat.

Lucrarea este concepută ca o dezvoltare succesivă de problematici specifice aplicațiilor cu rețele neuronale și sisteme fuzzy, sfârșitul fiecărui capitol evidențiind particularități, recomandări și concluzii particulare sau generale.

Obiectivul principal al prezentei teze îl constituie concepția, sinteza, implementarea și dezvoltarea unor structuri de conducere a procesului de turnare continuă în vederea predicției, detecției și eliminării fisurilor din semifabricat.

În contextul acestui obiectiv se pot evidenția următoarele direcții de cercetare abordate în teză:

- modelarea matematică a procesului de solidificare a oțelului în vederea cunoașterii mai exacte a fenomenului de formare a fisurilor;
- concepția și dezvoltarea unei structuri de rețele neuronale care să detecteze în timp real apariția unei fisuri;
- sinteza și dezvoltarea unor soluții de conducere a procesului de turnare continuă bazate pe logica fuzzy, care să permită eliminarea fisurilor detectate de rețeaua neuronală și totodată să prevină formarea unor potențiale fisuri;
- simularea și implementarea în practică a rezultatelor cercetării.

În cadrul tezei s-a realizat modelarea fenomenului de solidificare a semifabricatelor turnate continuu, bazată pe metoda diferențelor finite. A fost conceput un program de simulare „TirSim”, realizat în limbajul C++.

Rezultatele obținute în urma simulărilor efectuate cu ajutorul programului „TirSim”, pentru un semifabricat cu secțiunea de 240x240 mm, pe baza MM dezvoltat au dus la următoarele concluzii :

- Rezultatele obținute în urma simulării cu programul „TirSim” sunt în concordanță cu datele din literatura de specialitate și demonstrează

că ipotezele simplificatoare adoptate în scopul calculului sunt bine justificate;

- Temperatura din punctele aflate spre centrul semifabricatului este mai mare decât temperatura punctelor de pe perete, ceea ce presupune că centrul semifabricatului se răcește cel mai lent, iar colțul acestuia cel mai intens;
- Modificând o serie de parametri se pot obține valori adecvate, aplicabile și pentru alte mărci de oțeluri turnate continuu;
- Metoda de modelare propusă permite o analiză suficient de precisă a fenomenului de formare a crustei de solidificare și deci de formare a eventualelor fisuri;
- Datele obținute prin simulare s-au folosit ulterior la conceperea și antrenarea rețelei neuronale, conceperea bazei de reguli a SDF și stabilirea ponderii corecției debitului de apă pentru răcirea primară, respectiv a vitezei de turnare.

Tot în cadrul tezei, în vederea detecției fisurilor care pot apărea în crustă, s-a conceput un sistem multi-neuronal, care analizează semnalele primite de la senzori de temperatură montați pe pereții cristalizorului după o anumită matrice și care furnizează la ieșire un semnal de existență sau inexistență a fisurii.

Sistemul propus, conceput și dezvoltat s-a implementat software, utilizând mediul Matlab. Sistemul astfel implementat a recunoscut toate cazurile care i-au fost aduse la intrare. Astfel, din numărul total de seturi de intrare, 120 erau cazuri în care nu a existat fisură, iar 30 cazuri în care a existat fisura. Sistemul neuronal antrenat în prealabil cu un set de date total diferit de cel de testare, a recunoscut cu o acuratețe de 100%, atât cazurile în care s-a produs fisurarea crustei, cât și cazurile în care nu s-a produs fisurarea acesteia.

Astfel, față de vechile metode de abordare a problemei fisurării crustei în procesul de turnare continuă a oțelului, cum ar fi metodele de natură tehnologică (impunerea unei anumite viteze de turnare, reglarea compoziției și cantității prafurilor de turnare, etc.), noua metodă propusă și dezvoltată bazată pe rețele neuronale, aduce siguranță și precizie în cadrul acestui proces complex fiind înlăturate orice dubii cu privire la existența sau inexistența fisurii. Pentru detecția fisurilor s-au preferat rețele neuronale deoarece acestea sunt ușor de construit și de antrenat, fiind ușor de modificat și de perfecționat în timpul aplicației. Utilizând sistemul neuronal conceput și dezvoltat, fisurile pot fi detectate mult mai devreme și cu o mai mare acuratețe decât în cazul metodelor convenționale.

Răspunsul furnizat la ieșirea din sistemul neuronal propus, conceput și dezvoltat este utilizat ca și semnal de intrare pentru un sistem de decizie fuzzy care are rolul de a modifica doi parametri esențiali ai procesului tehnologic în vederea eliminării fisurilor.

În cadrul tezei a fost propusă o soluție fuzzy originală care grefată pe structura existentă a sistemului de conducere a turnării continue elimină fisurile apărute în materialul turnat în cristalizor și de asemenea, reduce posibilitatea formării de fisuri primare.

În acest scop a fost concepută schema unui sistem de decizie fuzzy cu două baze de reguli, care analizând o serie de mărimi preluate din proces produce modificări ale debitului apei de răcire și ale vitezei de turnare astfel încât să fie realizat dezideratul menționat.

Acest principiu de eliminare a fisurilor deja detectate cât și de eliminare a riscului primar de apariție a acestora este o contribuție originală a autorului. În literatura de specialitate, de pe plan național cât și de pe plan mondial, neexistând referiri la măsuri predictive de formare a fisurilor.

De asemenea, principiul modificării a doi parametri tehnologici (debitul apei de răcire și viteza de turnare) nu există în literatura de specialitate fiind un concept original, conceput și dezvoltat în cadrul acestui capitol.

Se menționează faptul că metodele propuse în literatura de specialitate nu pot elimina în totalitate riscul de apariție a rebuturilor, dacă fisura este detectată în partea finală a cristalizorului.

Întocmirea bazelor de reguli s-a făcut utilizând experiența operatorilor umani și informații culese direct din proces la instalația de turnare continuă, din cadrul A.M.-HD. De asemenea, a fost folosit modelul matematic al procesului de solidificare a oțelului în cristalizor elaborat în Capitolul 3 pentru a obține o mai mare precizie a bazei de reguli. Verificarea și confirmarea bazei de reguli și a SDF proiectat a fost efectuată prin simulare în Simulink.

Analizând rezultatele simulării se constată că, indiferent de valorile mărimilor generate la intrare, SDF-ul elaborează corecțiile necesare pentru viteza de turnare și debitul apei de răcire primară, ceea ce confirmă validitatea funcționării sistemului.

Se consideră că, din punct de vedere calitativ, utilizarea sistemului de decizie fuzzy este o metodă eficientă, practică și ușor de implementat, în scopul analizei unor fenomene complexe și neliniare. Scopul declarat: predicția și eliminarea fisurilor din semifabricat este obținut pe baza unor raționamente, materializate în bazele de reguli.

Plecând de la structura reală a unui sistem de conducere pentru o instalație modernă de turnare continuă existentă, în cadrul tezei se propune o metodă de implementare a sistemului de predicție, detecție și eliminare a fisurilor din semifabricatul turnat. Acesta conține, în principal, o rețea neuronală pentru detecția fisurilor și un sistem de decizie fuzzy care elaborează, pe baza unor date din proces, corecții corespunzătoare pentru viteza de turnare și debitul apei de răcire primară, în vederea realizării dezideratului menționat. Implementarea propriu-zisă se poate efectua, cu modificări minime, pe orice instalație în funcțiune, la un preț de cost care permite amortizarea cheltuielilor într-un timp relativ scurt (prin eliminarea rebuturilor de turnare).

Datorită faptului că sistemul de eliminare a fisurilor produce corecții de viteză care se aplică sub formă de treaptă, a fost necesară analiza posibilității de apariție a alunecării între bara turnată și rolele de tragere (alunecare care, de altfel, există la pornirea turnării, dar atunci nu este importantă). Pentru eliminarea acestei alunecări, care poate compromite reglajul de viteză, s-a conceput un sistem fuzzy adaptic.

Obținerea acordului de implementare a SDF și SFA, pe linia de turnare continuă în producție curentă a firmei A.M.- HD (cu toate riscurile aferente) a fost obținut pe baza interesului manifestat de specialiștii firmei față de soluțiile propuse în urma cercetărilor din cadrul tezei, propunându-se chiar o colaborare pentru aplicarea industrială a soluției.

Pentru efectuarea experimentărilor industriale s-au implementat SDF-ul și SFA-ul în instalație cu ajutorul unui PLC.

Obținerea acordului de implementare a PLC-ului (cu SDF și SFA), pe linia de turnare continuă (firul 1) în producție curentă a firmei A.M.-HD (cu toate riscurile

aferente) a fost obținut pe baza interesului manifestat de specialiștii firmei față de soluțiile propuse în urma cercetărilor din cadrul tezei, propunându-se chiar o colaborare pentru aplicarea industrială a soluției.

Concluzia care poate fi desprinsă la finele lucrării este că, pentru aplicația considerată (conducerea procesului de turnare continuă în sensul eliminării rebuturilor) metodele moderne abordate, bazate pe sisteme neuronale și sisteme fuzzy constituie soluții sigure, eficiente și performante de predicție, detecție și eliminare a fisurilor.

Problemele prezentate, precum și rezultatele obținute, conferă lucrării un real caracter de aplicabilitate practică, deschizând noi perspective cercetărilor în domeniul abordat.

Hunedoara, 04.04.2011

Ing. Gelu-Ovidiu TIRIAN