

SIMULAREA SOLIDIFICĂRII SEMIFABRICATELOR TURNATE CONTINUU CU ADAOS UNIFORM DE MICRORĂCITORI ÎN CRISTALIZOR

Ana SOCALICI, Cristian ABRUDEAN, Teodor HEPUT
Universitatea Politehnica Timișoara, Facultatea de Inginerie Hunedoara
socalici_a@fih.upt.ro, cristian.abrudean@fih.upt.ro, heput@fih.upt.ro

Cuvinte cheie: oțel, turnare, solidificare, microrăcitori, cristalizor

Abstract. Performing the simulation leads to clearing up the aspects regarding the decrease of the overheating the steel, respectively a temperature adjustment in the mould, taking into account that the overheating level has an important influence upon the continuous cast blank quality. The addition contributes to the temperature adjustment in the mould, to the considerable decrease of the internal flaw number, to the narrowing of the dendrite crystal zone, to the decrease of the axial segregation degree and of the internal porosity, in other words to an improvement of the blank structure.

1. INTRODUCERE

Una din sarcinile principale ale turnării continue actuale este îmbunătățirea calității oțelului turnat continuu. Pentru realizarea acestui deziderat trebuie să se acorde o atenție deosebită măsurilor de scădere a segregăției zonale și dendritice, de reducere a formării fisurilor și de creștere a densității părții centrale a semifabricatului turnat continuu. Pentru a asigura condițiile de solidificare impuse de compoziția chimică a oțelului trebuie sincronizați un număr mare de factori tehnologici, cei mai importanți fiind: compoziția chimică a oțelului, temperatura de turnare și viteza de tragere [1].

Principala metodă pentru reducerea supraîncălzirii oțelului în cristalizor constă în introducerea de răcitori consumabili, care pot fi exteriori (pregătiți în afara sistemului și introduși în cristalizor) și interiori (constituiți din cruste de oțel, formate nemijlocit în miezul semifabricatului, pe suprafețe răcite cu apă). Răcitorii exteriori sunt introduși în oțelul lichid sub diferite forme: alice, granule sau particule sub formă de bandă, tije, sârmă, tub cu umplutură formată din pulbere metalică [2]. Utilizarea microrăcitorilor în cristalizor conduce la creșterea zonei cristalelor echiace, scăderea gradului de supraîncălzire și reducerea porozității axiale.

Într-o primă fază a cercetării s-a întocmit un model matematic pe baza căruia s-a simulat solidificarea semifabricatelor turnate continuu cu adaos de microrăcitori în cristalizor.

Programul de calcul este realizat în limbajul C++ și funcționează sub platforme Win32 (adică Windows 95, 98, Me, NT4, 2000, XP – cu procesor Intel). Pentru interfața grafică, programul folosește MFC (Microsoft Foundation Classes), o bibliotecă de clase care încapsulează funcționalitatea interfeței standard de programare Windows (API – Application Program Interface). Graficele tridimensionale sunt realizate cu implementarea Windows a specificației OpenGL (Open Graphics Library).

2. REALIZAREA SIMULĂRII SEMIFABRICATELOR TURNATE CONTINUU CU ADAOS DE MICRORĂCITORI ÎN CRISTALIZOR

Pentru realizarea simulării se deschide o interfața principală a programului prezentată în fig.1.

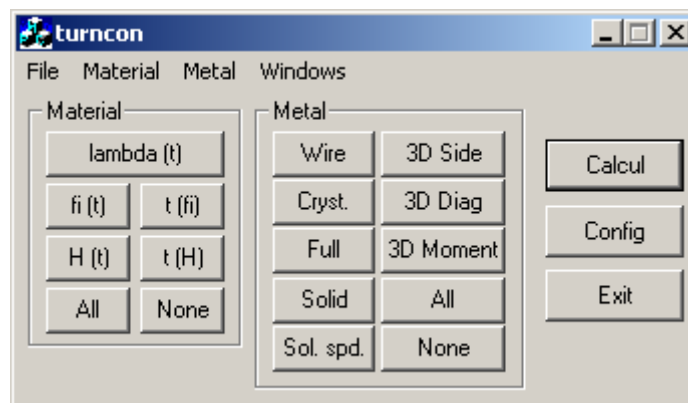


Fig.1. Interfața principală a programului

Simularea solidificării semifabricatelor turnate continuu cu adaos uniform de microrăcitori în cristalizor se va efectua în trei variante: adaos de 1%, 2% și 3% microrăcitori, în lucrare se prezintă diagramele obținute în urma simulării pentru adaosul de 1%. Trebuie specificat și faptul că simularea este realizată doar pentru răcirea primară și secundară și nu pentru întregul parcurs al firului în instalație. Astfel se explică valorile încă mari ale temperaturii oțelului din interiorul semifabricatului (straturile din mijloc) dar care scad până sub valoarea temperaturii solidus până la momentul în care semifabricatul este debitat.

Datele stabilite sunt introduse în program prin intermediul unei ferestre de preluare a datelor, prezentată în fig.2.

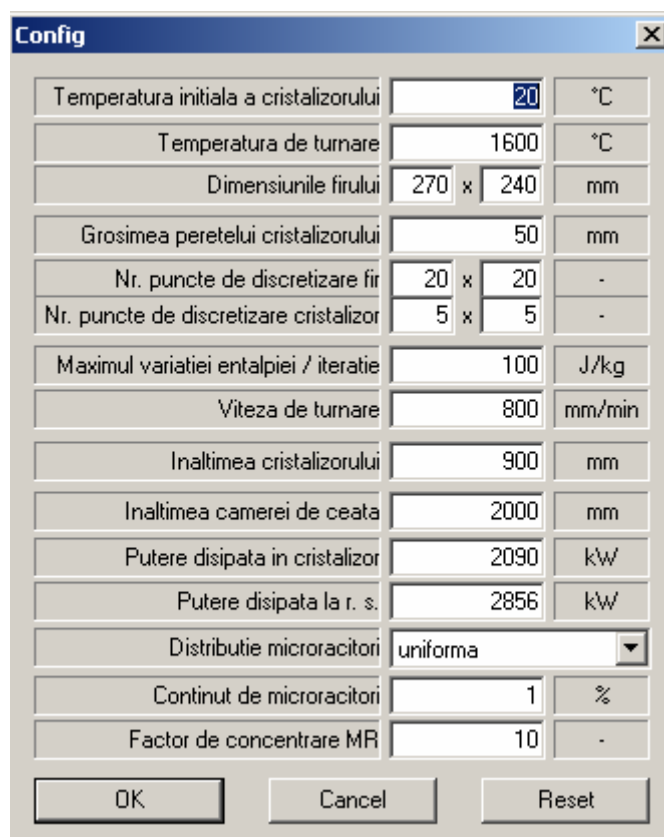


Fig.2. Fereastră de dialog pentru stabilirea datelor de rulare a programului

Cu cât numărul de noduri de discretizare este mai mare (atât pentru cristalizor cât și pentru semifabricat) și respectiv maximul variației entalpiei într-o iterație mai mic, cu atât timpul real de simulare este mai mare.

Rularea programului poate fi întreruptă în orice moment cu mențiunea că nu poate fi pornit din același moment de timp ci trebuie rulat programul de la început. Pentru o mai bună ilustrare a funcționării programului, am efectuat capturi ale ecranului la diferite momente de timp, din care se pot obține informații privind temperaturile din fir și cristalizor și timpul simulat până la momentul respectiv de timp real.

Astfel, în ceea ce urmează sunt prezentate ferestrele de dialog rezultate la 3s de la administrarea microrăcitorilor (fig.3) și la ieșirea din zona de răcire secundară, respectiv 3,26min timp simulat (fig.4).

La oprirea procesului de simulare, programul prezintă opțiunea de afișare a variației parametrilor simulați în timp.

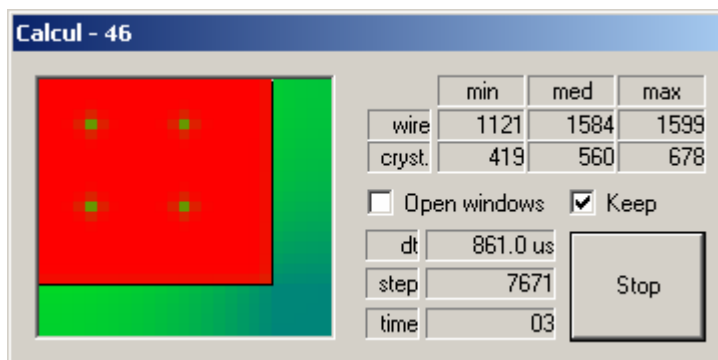


Fig.3. Fereastra de dialog la 46s timp real, respectiv 3s timp simulat

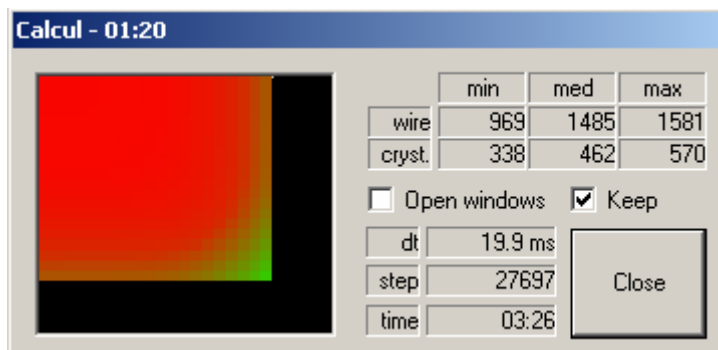


Fig.4. Fereastra de dialog la 1,2 timp real, respectiv 3min26s timp simulat (sfârșitul rulării programului).

O primă dependență obținută o reprezintă variația temperaturii în semifabricat în funcție de timp (fig.5), distribuția punctelor discretizate este de asemenea prezentată.

Se remarcă scăderea lentă a temperaturii punctelor aflate spre centrul semifabricatului dar și modul de variație a temperaturii din straturile mai aproape de suprafața firului, se observă o scădere accentuată a temperaturilor în primele secunde ca urmare a adaosului de microrăcitori. La un moment de timp, când are loc ieșirea suprafeței considerate din cristalizor are loc, în straturile superioare ale semifabricatului o creștere a temperaturii (cu 35-50°C în punctele 5 și 6 ale suprafeței). Această creștere a temperaturii se datorează lipsei de răcire a firului imediat după ieșirea acestuia din cristalizor până în dreptul primului inel al răcirii secundare. După acest moment, răcirea și

totodată solidificarea firului are loc normal, temperaturile înregistrate corespunzând cu cele prezentate.

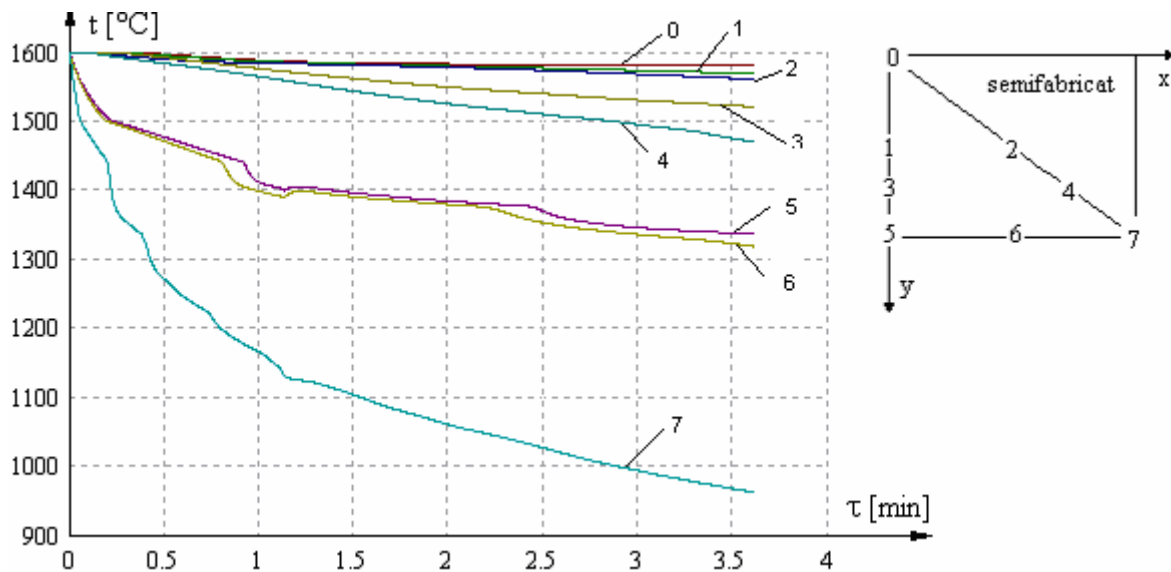


Fig.5. Variația temperaturilor în fir, în funcție de timp

În ceea ce privește distribuția temperaturilor în cristalizor (care preia căldura cedată de semifabricat și o cedează la rândul lui apei de răcire), acesta este prezentată în fig.6, și în acest caz am prezentat alăturat modul de amplasare a punctelor de discretizare.

Dacă la începutul turnării temperaturile din cristalizor (în punctele discretizate) au fost relativ ridicate: la 10s au variat între 350-600°C, acestea au scăzut treptat, pe măsură ce suprafața a înaintat în cristalizor, ajungând ca după 30s de la începutul turnării temperaturile din peretele interior al cristalizorului să varieze între 320-550°C iar la ieșirea suprafeței din cristalizor să ajungă la 275-520°C.

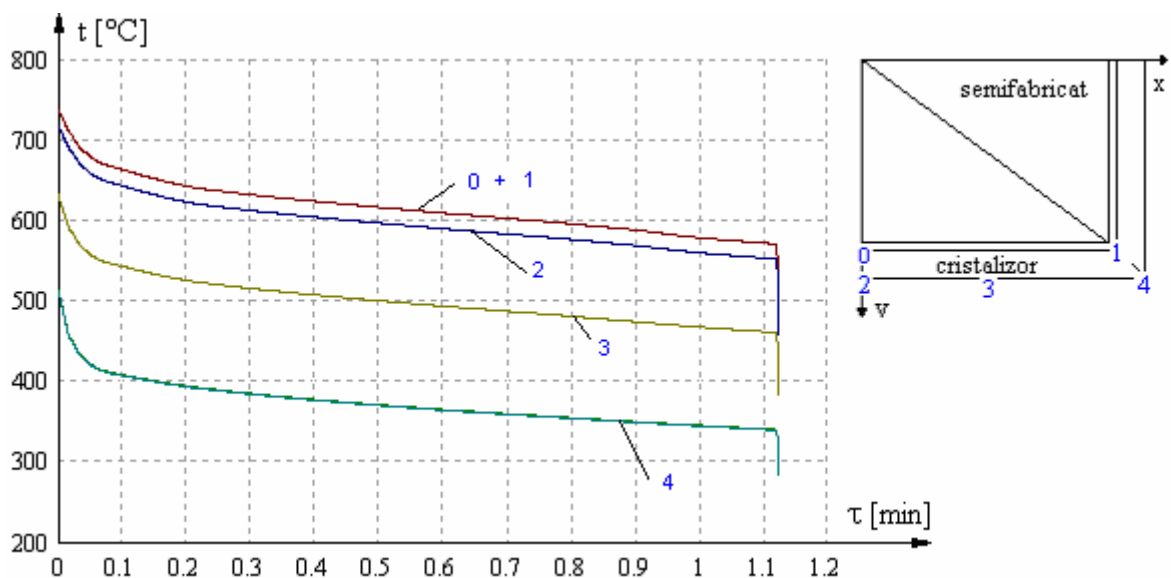


Fig.6. Variația temperaturii din cristalizor, în funcție de timp

Un alt tip de distribuție a temperaturilor din semifabricat este prezentată în fig.7 la 3s, 10s, 30s respectiv în momentul ieșirii secțiunii considerate din zona de răcire secundară.

Suprafețele de regresie obținute sunt corespunzătoare unui sfert din secțiunea semifabricatului, fiind similară și pentru celelalte părți ale secțiunii. Din punct de vedere a valorilor temperaturilor, colțul semifabricatului este acela care se răcește cel mai intens iar centrul – cel mai lent.

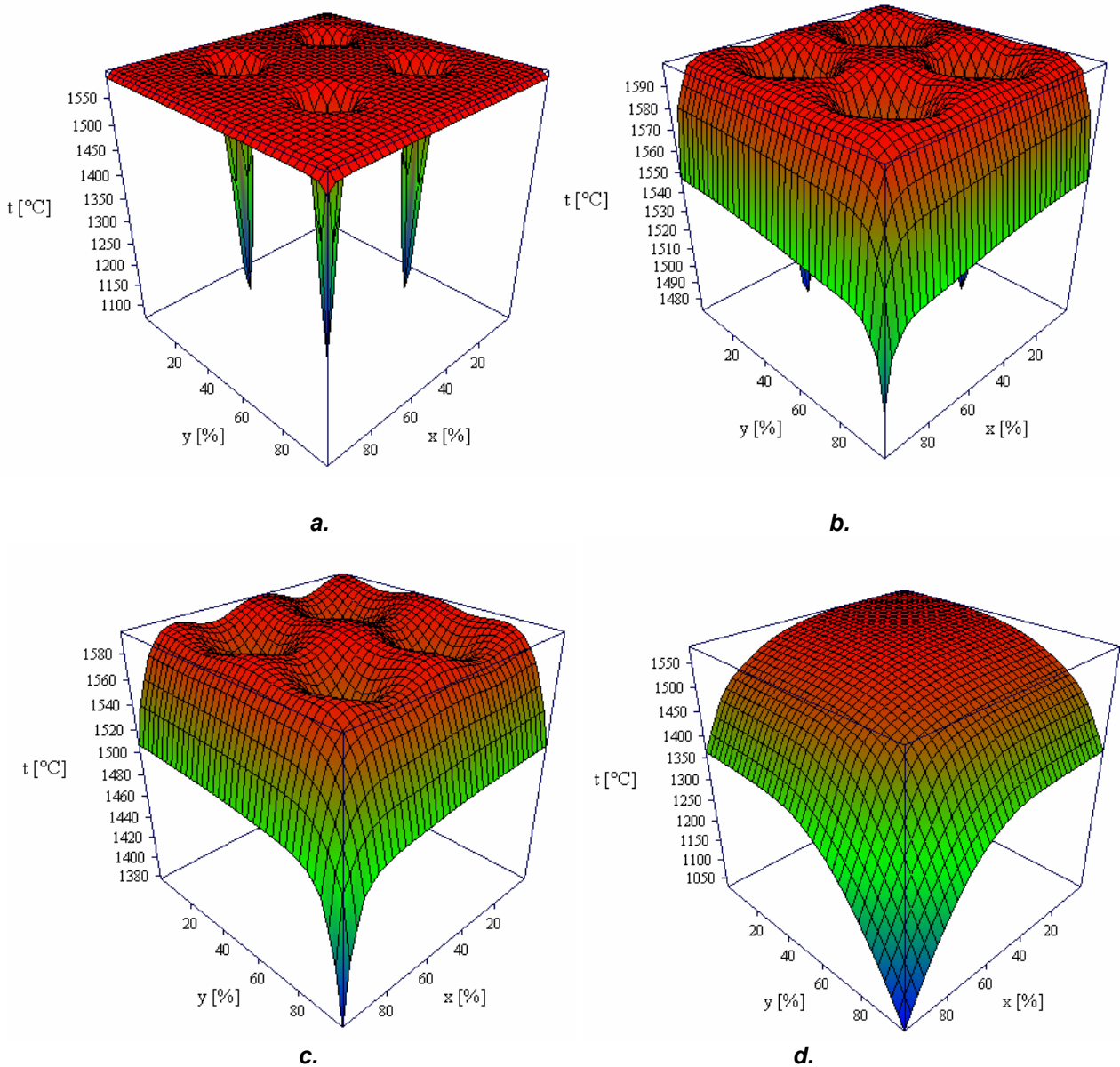


Fig.7. Distribuția temperaturilor în semifabricatul cu secțiune 240x270mm:
a – 3s; b – 10s; c – 30s; d – la sfârșitul rularii programului.

3. CONCLUZII

Analizând dependențele grafice rezultă următoarele concluzii:
 - apariția unui număr mare de centri de cristalizare uniformi distribuți;

- diferența mare de temperatură între oțelul lichid și oțelul din imediata apropiere a microrăcitorilor;
- pe măsură ce solidificarea avansează se constată o uniformizare a temperaturilor în primul minut după administrarea microrăcitorilor;
- după circa un minut de la administrarea microrăcitorilor nu se mai observă diferențe semnificative în ce privește variația temperaturii în masa de oțel;
- prin adaosul de microrăcitori se obține o reglare a temperaturii în cristalizor în funcție de calitatea și cantitatea de microrăcitori administrată;
- modificând o serie de parametrii (numărul de puncte discretizate, cantitatea de microrăcitori adăugată, căldura disipată în cristalizor și răcire secundară, date ce țin de marca de oțel) se pot obține cu ajutorul programului de simulare valori corecte, aplicabile și pentru alte mărci de oțeluri.

Articolul este rezultatul cercetării finanțate de MEdC-ANCS a proiectului de cercetare de excelență pentru tinerii cercetători în cadrul programului Cercetare de excelență – CEEEX.

BIBLIOGRAFIE

1. Ardelean, E., Hepuț, T., Ardelean, M., Turnarea continuă a oțelului, Ed. Politehnica Timișoara, 2001, 35.
2. Butnariu, I., ș.a., Turnarea continuă a semifabricatelor de oțel, Ed. Tehnică, București, 2000, 99.