

UTILIZAREA CURBELOR DIRECȚIILOR DE SOLIDIFICARE PENTRU DETERMINAREA POZIȚIEI OPTIME DE TURNARE A PIESELOR

V. Soporan

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

C. Vamoș

Institutul de Calcul "Tiberiu Popoviciu"-Academia Română

C. Pava

Centrul de Meteorologie Cluj-Napoca

ABSTRACT: The paper presents a method for the choice of the position at casting by the utilization of the numerical data in the solidification directional graph. A new method on numerical simulation with reduced resolution and a possibility of the technological interpretation of solidification process castings are presented, effective for constructive and technological optimization. The solidification directional graph is obtained by representing the solidification time for each level of the numerical mesh in terms of the height of the level. The solidification graph presents three zones: positive slope zone, constant zone, negative slope zone.

KEY WORDS: solidification, casting, numerical simulation, optimization, solidification directional

1. UTILIZAREA DATELOR NUMERICE PRIN INTERMEDIUL CURBEI DIRECȚIEI DE SOLIDIFICARE

Analizele constructive și tehnologice constituie metode eficiente pentru optimizarea construcției piesei turnate și pentru optimizarea tehnologiei de turnare. Această metodă de analiză se realizează prin intermediul modelelor numerice ale procesului de solidificare. Construcția modelului și posibilitățile acestuia au fost prezentate în detaliu în lucrări anterioare acestora [1], [2], [3].

În lucrare s-a utilizat o nouă metodă numerică cu rezoluție redusă și cu posibilitatea unor interpretări tehnologice asupra simulării procesului de solidificare. Fenomenele fizice luate în considerare sunt fenomenele termice cu eliberarea căldurii latente de solidificare. Acest model este aplicat aliajului-piese (aliaj în stare lichidă, aliaj în stare intermediară, aliaj în stare solidă), formei, masei, răcitorului exterior, răcitorului interior, răcitorului din formă. Metoda de calcul se bazează pe bilanțul energetic la nivelul celulelor, în care se includ condițiile la limită. Originalitatea metodei constă în faptul că la o discretizare redusă, la un efort computațional minim, se obțin date suficiente pentru o bună interpretare fizică și tehnologică a procesului de solidificare, chiar și pentru piese de gabarit mediu și mare.

Modelul se caracterizează prin următoarele elemente:

- modelul creat este general, ține seama de prezența mai multor domenii tehnologice, și anume: aliaj, formă, răcitor interior, răcitor exterior, masei, răcitor în materialul din care este constituită forma;
- complexul tehnologic este definit în sistemul tridimensional (axe carteziene sau cilindrice, în funcție de configurația geometrică a piesei);
- caracteristicile termofizice ale elementelor tehnologice participante sunt caracterizate prin valori medii specifice intervalelor de analiză;
- modelul ține seama de eliberarea căldurii latente de solidificare după regula pârgheii;
- transferul de căldură în elementele tehnologice se desfășoară prin conductivitate termică, fenomen care este reglementat prin ecuația Fourier, tratarea făcându-se prin intermediul fluxurilor;
- procesul de transmitere de căldură se consideră că începe în momentul în care forma este umplută cu

aliaj;

- metoda de calcul utilizată este metoda diferențelor finite;
- unicizarea soluției se face prin folosirea condițiilor la limită de tip Cauchy, Dirichlet și Neumann.

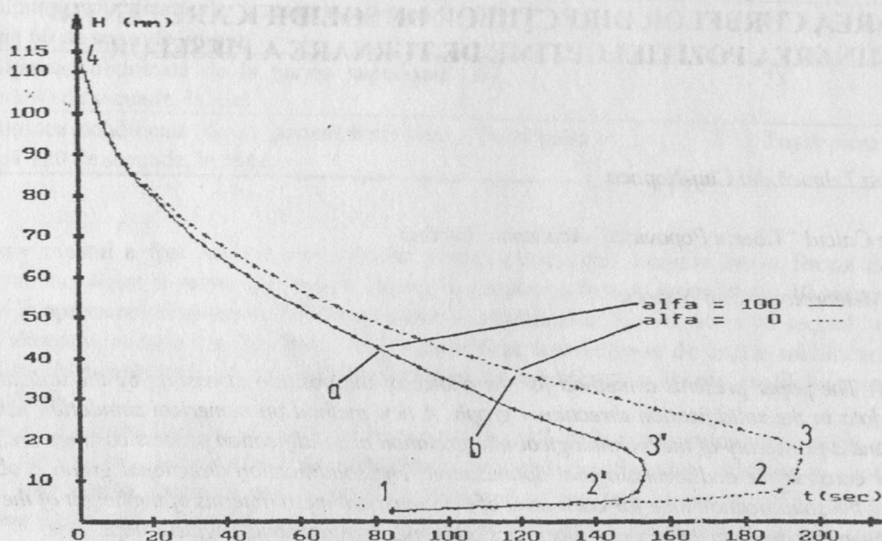


Fig. 1. Curba direcției de solidificare

Utilizarea datelor numerice se face prin intermediul curbei direcției de solidificare (fig. 1), în care se prezintă timpul de solidificare pentru fiecare nivel al rețelei pe înălțimea piesei. Curba prezintă în general trei zone, și anume: zona crescătoare (porțiunea 1-2), zona constantă (porțiunea 2-3), zona descrescătoare (porțiunea 3-4). Zona crescătoare este favorabilă desfășurării unei solidificări dirijate, deoarece frontul de solidificare înaintază constant de la partea inferioară spre partea superioară, zona de ultimă solidificare fiind amplasată la partea superioară a piesei. Zona descrescătoare este nefavorabilă desfășurării procesului de solidificare, deoarece zona solidificată va cuprinde sub-nivelul acesteia porțiuni nesolidificate. Această zonă va fi caracterizată prin retasură interioară. Zona constantă prezintă caracteristica de a solidifica în același timp, aceasta fiind afectată de microporozități.

După forma curbei direcției de solidificare se pot face aprecieri asupra modului în care se desfășoară procesul de solidificare pentru diferitele variante tehnologice, trăgându-se concluzii asupra tehnologiei optime din punctul de vedere al corectitudinii procesului de solidificare.

2. ANSAMBLUL TEHNOLOGIC ANALIZAT

Piesa supusă analizei este un reper sanie, având dimensiunile de gabarit de 250x420x750, în stare brută turnată. Turnarea se face din fonta cenușie. Reprezentarea schematică a piesei este făcută în figura 2. Caracteristica principală a acestei piese este dată de prezența ghidajelor, de o parte și de alta a piesei, lucru care face dificilă alegerea poziției piesei la turnare.

Conform regulii generale, ghidajele și suprafețele care urmează a fi prelucrate se așează în așa fel la turnare încât acestea să fie situate în partea inferioară a formei. Din analiza făcută piesei se constată că alegerea poziției piesei la turnare nu poate satisface această condiție pentru ambele ghidaje.

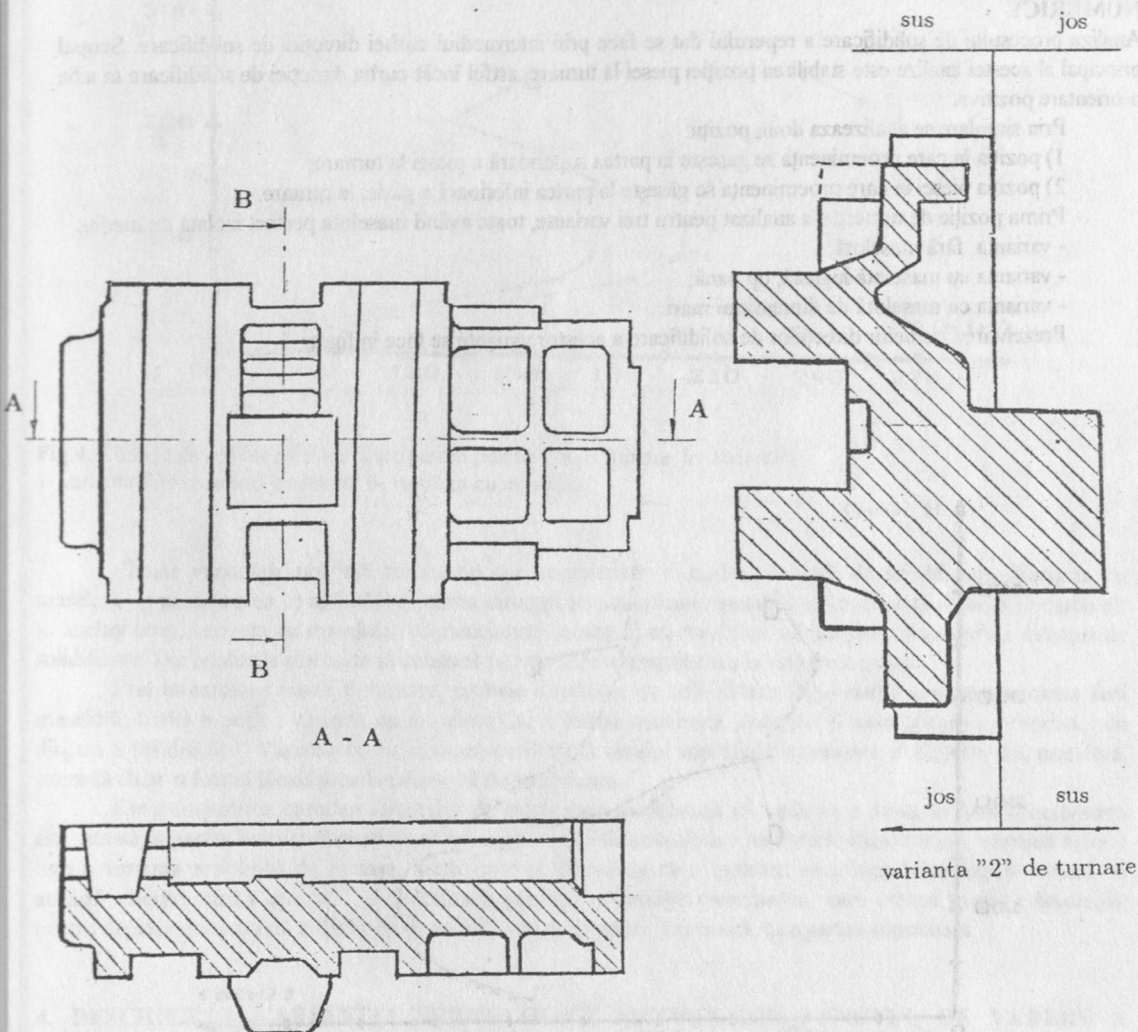
În același timp, având în vedere configurația geometrică a piesei, este necesară asigurarea unei solidificări dirijate, în așa fel ca zona de ultimă solidificare să fie situată în partea superioară a piesei.

În situația în care piesa este turnată în varianta 1, fig 2, proeminența fiind situată la partea superioară, se constată apariția unor porozități (fisuri) în zona ghidajului superior. Fisurile afectează o zonă activă, care este realizată în condiții de calitate folosind prelucrarea prin așchiere. Acest defect, conform datelor de prelucrare a șarjelor, afectează în mare măsură procentul de piese bune pe lotul de fabricație.

B - B

scara 2:1

varianta "1" de turnare



varianta "2" de turnare

Fig.2. Schița reperului sanie supus analizei procesului de simulare numerică a procesului de solidificare

Apariția acestui defect se explică prin modul în care este condus procesul de solidificare la nivel local și global. La un moment dat, în timpul procesului de solidificare, există domeniile: aliaj solidificat, aliaj în curs de solidificare, aliaj în stare lichidă. Se apreciază că există o situație critică, în care contracția porțiunii solidificate, dată în intervalul dt , este mai mare decât dilatarea la solidificare a porțiunii care solidifică. Diferența dintre contracție și dilatare se manifestă prin scăderea nivelului aliajului aflat în stare lichidă, lucru care ar putea determina apariția defectelor de tipul microretasurilor.

2. SIMULAREA DIFERITELOR CONDIȚII TEHNOLOGICE PRIN UTILIZAREA DATELOR NUMERICE

Analiza procesului de solidificare a reperului dat se face prin intermediul curbei direcției de solidificare. Scopul principal al acestei analize este stabilirea poziției piesei la turnare, astfel încât curba direcției de solidificare să aibă o orientare pozitivă.

Prin simulare se analizează două poziții:

- 1) poziția în care proeminența se găsește în partea superioară a piesei la turnare;
- 2) poziția piesei în care proeminența se găsește la partea inferioară a piesei la turnare.

Prima poziție de turnare s-a analizat pentru trei variante, toate având maselota perfect izolată de mediu:

- varianta fără maselotă;
- varianta cu maselotă îngustă, tip pană;
- varianta cu maselotă de dimensiuni mari.

Prezentarea curbelor direcțiilor de solidificare a acestor variante se face în figura 3.

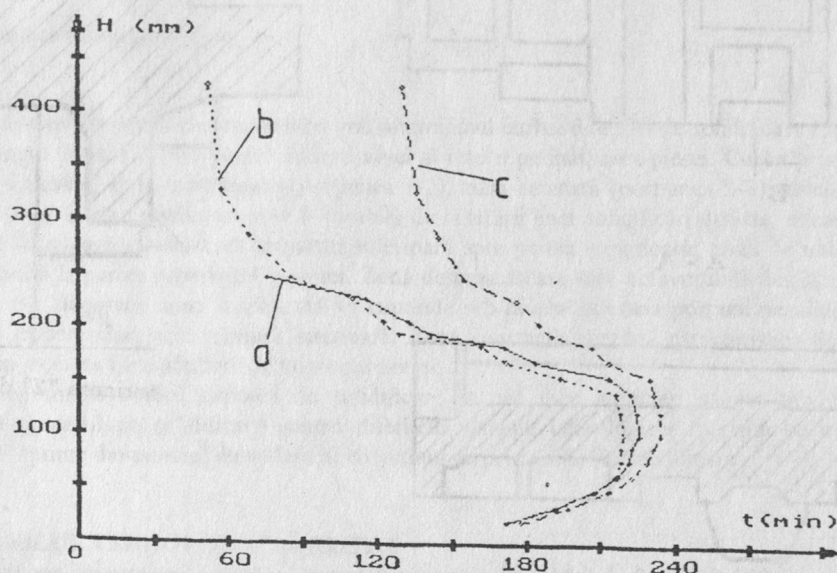


Fig. 3. Curbele direcțiilor de solidificare pentru poziția 1 de turnare în variantele:
a-varianta fără maselotă; b-varianta cu maselotă îngustă; c-varianta cu maselotă de dimensiuni mari

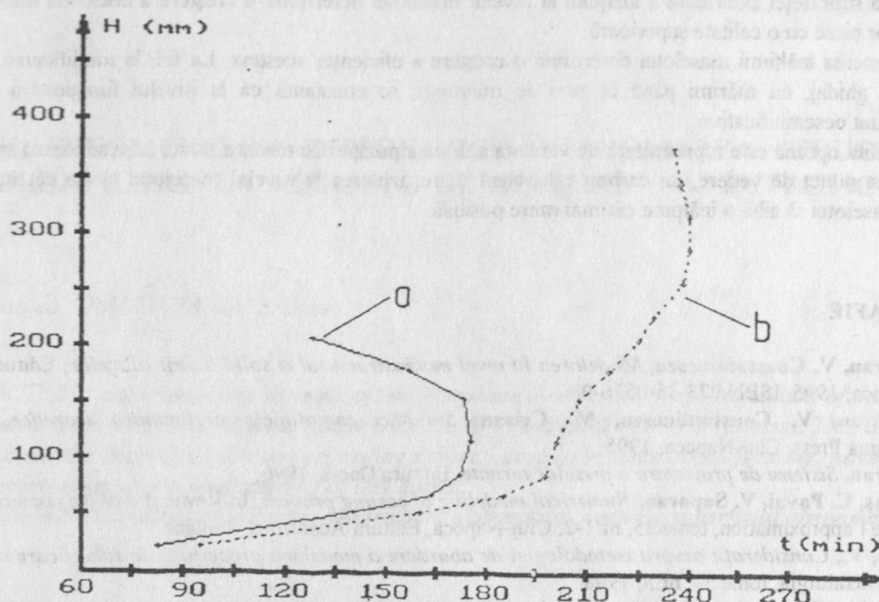


Fig.4. Curbele direcțiilor de solidificare pentru poziția 2-a de turnare, în variantele: a- varianta fără maselotă; b- varianta cu maselotă.

Toate variantele prezintă același tip necorespunzător al curbei direcției de solidificare. Varianta cu maselotă tip pană (curba b) înrăutățește curba direcției de solidificare specifică variantei fără maselotă (curba a). I.e. același timp, varianta cu maselotă redimensionată (curba c) nu modifică substanțial forma curbei direcției de solidificare. Din analizele efectuate se constată poziția necorespunzătoare la turnare a piesei.

Prin întoarcerea piesei la turnare, curbele direcțiilor de solidificare (fig.4-curba a pentru varianta fără maselotă; curba b pentru varianta cu maselotă) au o formă mai bună, indicând o intensificare a procesului de dirijare a solidificării. Varianta b, cu izolarea perfectă la nivelul suprafeței exterioare a aliajului din maselotă, prezintă chiar o formă ideală a curbei direcției de solidificare.

Din compararea curbelor direcțiilor de solidificare se constată că varianta a doua, în care proeminența este situată la partea inferioară prezintă o curbă a direcției de solidificare mai bună. Prin urmare, varianta a doua este o varianta mai bună de turnare, lucru care ne determină să o indicăm ca soluție tehnologică optimă. În această situație, curba direcției de solidificare prezintă o variație crescătoare, care crează condiții favorabile pentru deplasarea constantă a frontului de solidificare de la partea inferioară spre partea superioară.

4. DESCRIEREA VARIANTEI TEHNOLOGICE OPTIME DIN PUNCTUL DE VEDERE A MODELARII NUMERICE

Din studiul datelor numerice, prin intermediul curbei direcției de solidificare, se prezintă următoarea interpretare tehnologică pentru optimizarea tehnologiei de turnare:

- Varianta a doua de alegere a poziției piesei la turnare este cea favorabilă din punct de vedere tehnologic. În această situație, curba direcției de solidificare prezintă o variație crescătoare, care crează condiții favorabile pentru deplasarea constantă a frontului de solidificare de la partea inferioară spre partea superioară.

- Valoarea mai mare a carbonului echivalent determină o formă mai bună a curbei direcției de

solidificare. Prin urmare, se va urmări, dacă tehnologia o permite, creșterea valorii carbonului echivalent.

- Valoarea coeficientului de transfer termic influențează negativ forma curbei direcției de solidificare. O izolare bună a suprafeței exterioare a aliajului la nivelul masei determină o creștere a eficienței masei și obținerea unor piese cu o calitate superioară.

- Creșterea înălțimii masei determină o creștere a eficienței acesteia. La fel, la modificarea poziției masei pe ghidaj, cu măriri până la zeci de milimetri, se constată că la nivelul funcționării acesteia schimbările sunt nesemnificative.

Varianta optimă este reprezentată de varianta a doua a poziției de turnare, fonta care se toarnă trebuie să aibă, din acest punct de vedere, un carbon echivalent mare, izolarea la nivelul masei să fie cât mai bună, geometria masei să aibă o înălțime cât mai mare posibilă.

BIBLIOGRAFIE

1. V. Soporan, V. Constantinescu, *Modelarea la nivel macrostructural a solidificării aliajelor*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1995, ISBN 973-35-0526-9.
2. V. Soporan, V. Constantinescu, M. Crișan, *Solidificarea aliajelor-preliminarii teoretice*, Editura Transilvania Press, Cluj-Napoca, 1995.
3. V. Soporan, *Sisteme de proiectare a pieselor turnate*, Editura Dacia, 1996.
4. C. Vamoș, C. Pavai, V. Soporan, *Numerical modeling of casting process*, In Revue d'analyse numerique et de theorie de l'approximation, tome 25, nr. 1-2, Cluj-Napoca, Editura Academiei Române
5. Soporan, V., *Considerații asupra metodologiei de abordare a modelării procesului de solidificare a pieselor turnate*, Metalurgia, tome 50, nr.5, 1998.
6. Soporan, V., *Considerații asupra creșterii durabilității formelor metalice la turnarea sub presiune*, Metalurgia, tome 50, nr.4, 1998.
7. Soporan, V., Vamoș, C., Pavai, C., *Studiul calitativ asupra funcționării modelului numeric al solidificării cu verificarea formării retasurii*, Metalurgia, tome 50, nr.2, 1998.
8. Soporan, V., Vamoș, C., Pavai, C., *Optimizarea tehnologică și constructivă a pieselor tip batiiu prin intermediul metodelor numerice*, Metalurgia, tome 50, nr. 1, 1998.
9. Soporan, V., Pavai, C., Vamoș, C., *Modelarea numerică a turnării oțelurilor în lingotieră în vederea optimizării parametrilor tehnologici*, Metalurgia (48), 11, 1996.
10. Soporan, V., *Analiza termică a construcției piesei turnate prin utilizarea metodelor numerice*, Construcția de mașini, nr. 4-5, 1996, p.27-29.