



## **EVOLUȚIA TENSIUNILOR REMANENTE** **Partea a II-a**

Ioan Aurel CHERECHEȘ, Mircea BEJAN

### **EVOLUTION OF RESIDUAL STRESSES - PART II**

**Abstract:** In this paper, the authors study the residual stresses that arise in a stress lattice during casting. The residual stresses are firstly determined experimentally and secondly simulated using a numerical method (control volume) for method validation.

**Cuvinte cheie:** tensiuni remanente, proba rețea de contracție, turnare, simulare numerică

**Keywords:** residual stresses, stress lattice, casting, numerical simulation

#### **4. Modelarea numerică**

Din multitudinea de software-uri, bazate pe diverse metode numerice, în lucrare s-a folosit software-ul NovaFlow&Solid CV.

NovaFlow & Solid CV este un pachet de simulare a solidificării și a umplerii matrițelor bazat pe teorii avansate de curgere a fluidelor și de transfer termic.

Tehnologia discretizării utilizând metoda volumelor de control permite ca suprafața modelului 3D să controleze forma elementelor de discretizare de la suprafața (marginile) piesei.

Astfel se creează elemente cubice în interior și celule de frontieră pe marginile piesei.

Teoria de cvasi-echilibru se află la baza modelului de cristalizare a aliajelor pentru NovaFlow&Solid CV.

Este teoria macroscopică fenomenologică.

Principala ipoteză a teoriei zonei în două etape (zone), este că starea din zona în două faze (moale), poate fi descrisă cu ajutorul funcțiilor macroscopice, analog cu domeniile de temperatură.

Simulări de înaltă fidelitate cu ajutorul discretizării bazate pe tehnologii de calcul, cum ar fi dinamica fluidelor și transferul de căldură, sunt foarte importante în furnizarea de informații valoroase despre performanța designului.

Aceste simulări, însă necesită o reprezentare geometrică exactă, precum și o discretizare de înaltă calitate, pentru a obține rezultate cât mai exacte.

Prin urmare, ecuațiile teoriei de solidificare a aliajelor multicomponente sunt rezolvate pe discretizarea făcută cu ajutorul volumelor de control impuse pe structura de turnare [5].

Pentru discretizare (figura 4.1) s-au ales celule de 4 mm, rezultând un număr de 271200 celule din care 31250 de celule aparțin piesei turnate.

Grosimea minimă a matriței este de 25 mm. Matrița conține amestec de formare iar materialul turnat este EN-GJL-150.

În vederea calculării tensiunilor remanente, s-a ținut cont atât de faza lichidă cât și de temperatura maximă din piesă.

S-au ales pași de 50 °C de la temperatura de turnare (1250 °C) până la temperatura de 20 °C.

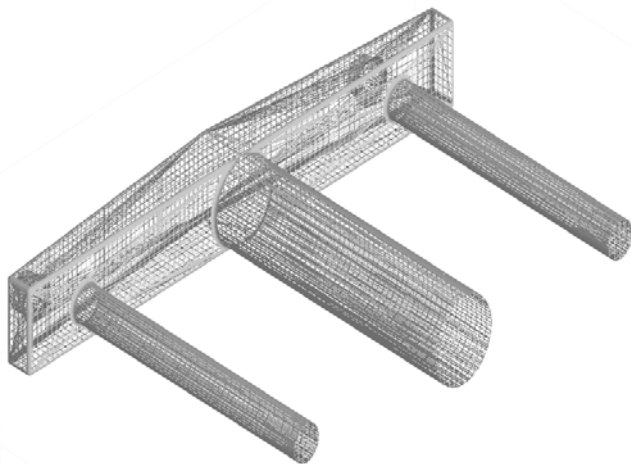


Fig. 4.1 Discretizarea piesei turnate

În figura 4.2 este prezentată starea de tensiuni von Mises la temperatura camerei (20 °C).

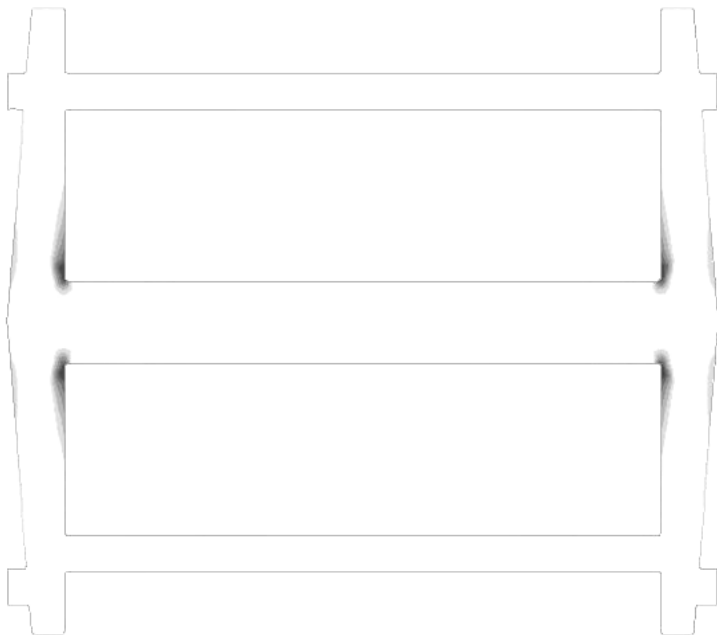
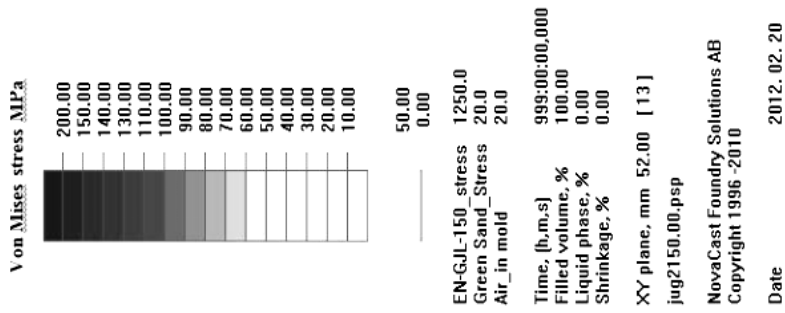


Fig. 4.2 Starea de tensiuni von Mises la 20 °C

Figura 4.3 prezintă evoluția tensiunilor von Mises [MPa], a limitei de curgere [MPa] și a fazei lichide [%] în funcție de timp. Se poate observa că solidificarea completă se realizează în aproximativ 500 secunde.

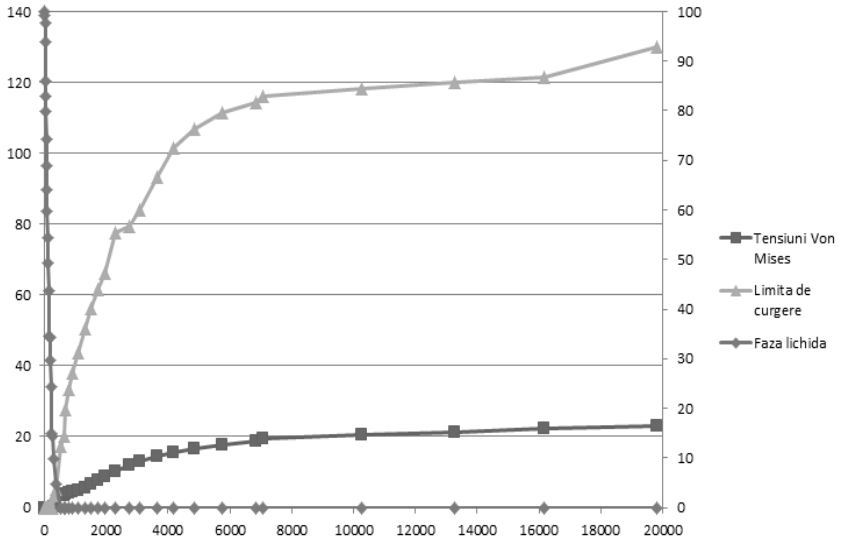


Fig. 4.3 Evoluția tensiunilor von Mises, a limitei de curgere și a fazei lichide în funcție de timp

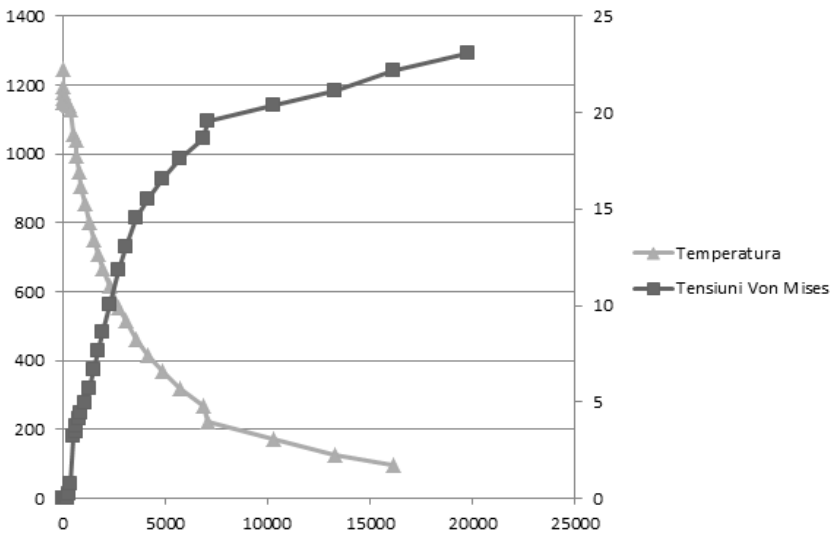


Fig. 4.4 Evoluția tensiunilor von Mises și a temperaturii în funcție de timp

În figura 4.4 se prezintă evoluția temperaturii [ $^{\circ}\text{C}$ ] și a tensiunilor von Mises [ $\text{MPa}$ ], observându-se evoluția lor invers-proportională.

Datorită grosimii relativ mici a matriței (minimum 25 mm), temperatura a scăzut destul de brusc, în aproximativ 7100 s, temperatura a scăzut cu peste 1000  $^{\circ}\text{C}$ .

## 5. Concluzii

■ Numeroase date (îndeosebi experimentale) pun în evidență efectul important al tensiunilor remanente asupra fiabilității și duratei de viață a construcțiilor ingineresti, a mașinilor și structurilor metalice, ceea ce duce la necesitatea cunoașterii originii și a efectelor produse de acestea. Multă vreme s-a avut în vedere numai efectul negativ al prezenței tensiunilor remanente în diferite construcții ingineresti, ele fiind la originea unor deformații mari după fabricație, a ruperilor fragile, a apariției unor fisuri sau crăpături care duc la distrugerea acestora.

■ Ulterior, însă, s-a constatat și efectul benefic al existenței acestora în tuburi fretate, piese supuse unor solicitări variabile periodice (tensiunile remanente de compresiune introduse prin împrôșcarea cu alicie au efect favorabil asupra solicitării la oboseală, în timp ce tensiunile remanente de întindere micșorează rezistența la oboseală) etc.

■ Factorii care influențează în general tensiunile termice în piesele turnate sunt: modulul de elasticitate, conductivitatea termică respectiv diferența de temperatură dintre diferitele părți ale piesei și forma geometrică a piesei. Deci, elementele care măresc modulul de elasticitate măresc și tensiunile din piesele turnate. Elementele care micșorează conductibilitatea termică cresc tensiunile din cauza micșorării vitezei de egalizare a temperaturilor în piesă. Diferențele mari ale secțiunilor duc la apariția de tensiuni crescute. Cunoscând cauzele care generează tensiunile în piesele turnate, pot fi luate măsuri de reducere a acestora prin înlăturarea lor. Înlăturarea completă a cauzelor nu este posibilă întotdeauna, dar o ameliorare – mai mare sau mai mică - este realizabilă [6, 7].

■ Datorită faptului că s-au obținut valori apropiate atât pe cale experimentală cât și numerică, considerăm că abordarea numerică a problemei tensiunilor remanente induse de turnare în piesele de fontă este posibilă și recomandată.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Bal, N., *Tensiuni remanente în organe de mașini*, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 1998.
- [2] Buzdugan, Gh., *Rezistența materialelor*. Editura Academiei Române, București, 1986.
- [3] Leoveanu, I. S., *Utilizarea metodei volumelor finite la analiza numerică a procesului de turnare. Modelarea umplerii formelor de turnare cu complexitate mare*, Buletinul AGIR nr. 4/2007, Editura AGIR, București, 2007.
- [4] Riți – Mihoc, E., *Studii și cercetări privitoare la tensiunile din piesele turnate*. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2003.
- [5] \* \* \* NovaFolw&Solid CV, software help.
- [6] Zirbo, Gh., Dragoș, E., ș.a., *Turnătorie. Îndrumător pentru lucrări de laborator*, Atelierul de multiplicare al Institutului politehnic, Cluj Napoca, 1985.
- [7] Bejan, M., Bal, N., Crețu, A., Bejan Ioana, *Unele aspecte privind determinarea stării de tensiuni remanente*. În: *Analele Universității din Oradea, secția Mecanică, Vibrații și Rezistența materialelor*, 1992, pag. 144-151.
- [8] Bejan, M., Bal, N., Bejan Ioana, *Aspecte privind determinarea experimentală a tensiunilor remanente în dornurile pentru laminoarele Pilger*. Al VI-lea Simpozion național de tensometrie și încercări de materiale, cu participare internațională, Craiova, septembrie 1992, vol. 1, pag. 13-20.

Drd.Ing. Ioan Aurel CHERECHEȘ,  
Departamentul Inginerie mecanică,  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, membru AGIR  
e-mail: relu\_chereches@yahoo.com

Prof.Dr.Ing. Mircea BEJAN  
Departamentul Inginerie mecanică,  
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,  
președintele Filialei Cluj a AGIR  
e-mail: Mircea.Bejan@rezi.utcluj.ro

**NOTĂ:** Această lucrare a beneficiat de suport financiar prin proiectul " Creșterea calității studiilor doctorale în științe inginerești pentru sprijinirea dezvoltării societății bazate pe cunoaștere", contract: POSDRU/107/ 1.5/S/78534, proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013.