A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

ANALIZA NUMERICĂ A TENSIUNILOR REMANENTE DINTR-O PIESĂ TURNATĂ

Ioan Aurel CHERECHEŞ, Mircea BEJAN

NUMERICAL ANALYSYS OF RESIDUAL STRESSES IN A CASTING

In this paper, the authors study the evolution of the residual stresses that arise in a water drinker (used in animal husbandry), during casting. The residual stresses are determined by simulation using a numerical method (control volume).

Cuvinte cheie: tensiuni remanente, turnare, simulare numerică, adăpătoare
Keywords: residual stresses, casting, numerical simulation, water drinker

1. Consideraţii generale

Ruperile fragile (denumite şi casante sau clivanice) reprezintă unele dintre cele mai serioase defecte ce pot apărea în construcţiile inginereşti.

Ele se produc brusc, sub forma unor plesnituri, respectiv spărturi, chiar la piese din oțel solicitate mult sub limita rezistenţelor admisibile, fără apariţia unor deformaţii prealabile, propagându-se cu viteză mare pe porţiuni întinse.

În stabilirea calitativă și estimarea cantitativă a tensiunilor remanente - care pot contribui, alături de nivelul de solicitare, la

ruperea componentelor construcţiilor inginereşti - literatura tehnică indică metode numerice și metode experimentale [7].

Lucrarea analizează numeric tensiunile remanente care apar într-o piesă de fontă (adăpătoare automată folosită în zootehnie), datorită turnării. Într-o primă fază, autorii au realizat o verificare a metodei ce este prezentată în lucrările [3, 4 și 5].

2. Modelarea numerică

Din multitudinea de software-uri, bazate pe diverse metode numerice, în această 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 zonă în două faze (moale), poate fi descrisă cu ajutorul funcţiilor macroscopice, analog cu domeniile de temperatură.

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

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

Prin urmare, ecuaţiile teoriei de solidificare a aliajelor multicomponente sunt rezolvate pe discretizarea făcută cu ajutorul volumelor de control impuse pe structura de turnare [9].

Pentru discretizare - figura 1 - s-au ales celule cu mărimea de 2 mm, rezultând un număr de 2023040 celule din care 86237 de celule aparțin piesei turnate. Grosimea minimă a matriței este de 25 mm.

Matrița este alcătuită din amestec de formare iar materialul turnat este EN-GJL-200.

Fig. 1 Discretizarea adăpătorii

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

S-au ales pași de 50 ^{0}C de la temperatura de turnare (1250 ^{0}C) până la temperatura camerei (20 ^{0}C).

Dezbaterea s-a realizat la temperatura de 400 ^{0}C, în continuare răcirea realizându-se în aer la temperatura de 20 ^{0}C.

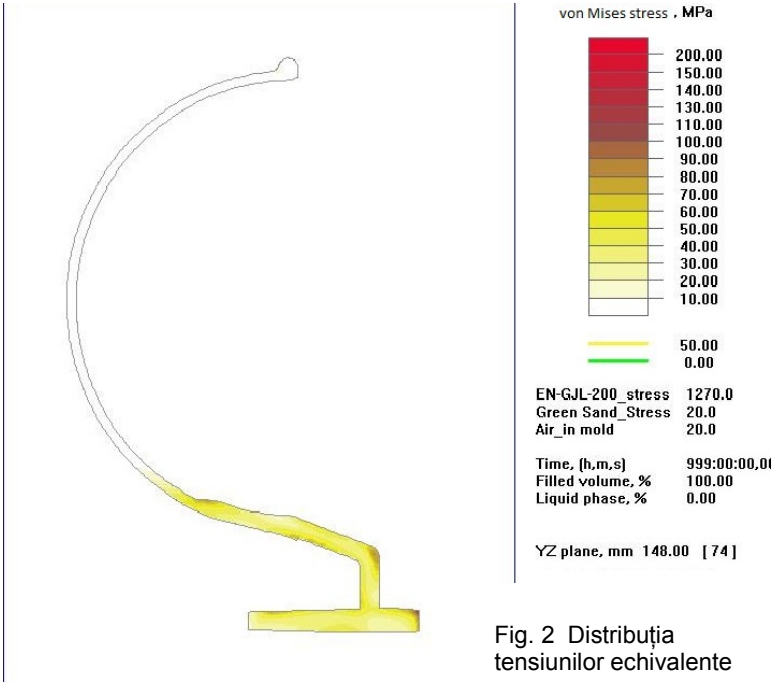

Fig. 2 Distribuția tensiunilor echivalente

A fost urmărită evoluția în funcție de timp a tensiunilor maxime principale, a fazei lichide și a temperaturii.

În figura 2 este prezentată distribuția tensiunilor echivalente în secțiune în planul YZ.

În figura 3 este prezentată evoluția valorilor maximale din piesă pentru parametrii mai sus amintiți.

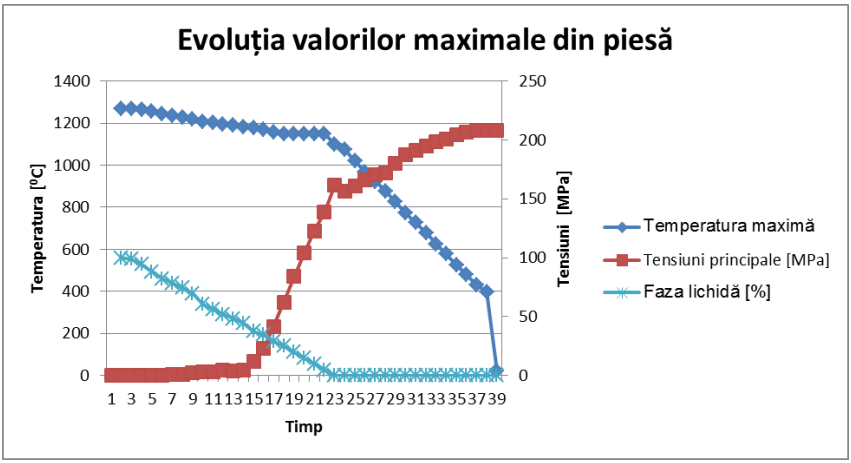

Fig. 3 Evoluția valorilor maximale din piesă

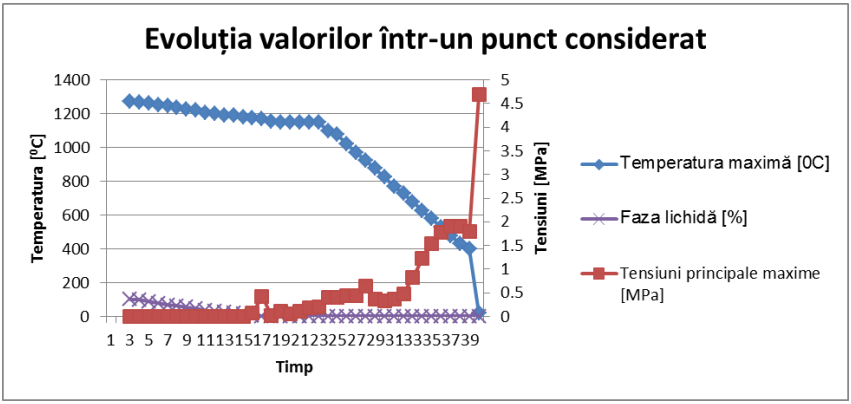

Fig. 4 Evoluția valorilor într-un punct considerat

În figura 4 se prezintă evoluția temperaturii [^{0}C] și a tensiunilor [MPa], observându-se evoluția lor invers-proporțională.

3. Concluzii

■ Cunoaşterea cantitativă a tensiunilor remanente şi a măsurilor de combatere a lor în scopul obţinerii unor piese fără, sau cu valori ale tensiunilor cât mai mici, este necesară şi extrem de importantă.

■ Factorii care influenţează în general tensiunile termice în piesele turnate sunt: modulul de elasticitate, conductivitatea termică respectiv diferenţa de temperatură dintre diferitele părţi ale piesei şi forma geometrică a piesei. Deci, elementele care măresc modulul de elasticitate măresc şi tensiunile din piesele turnate.

■ Elementele care micşorează conductibilitatea termică cresc tensiunile din cauza micşorării vitezei de egalizare a temperaturilor în piesă. Diferenţele mari ale secţiunilor duc la apariţia 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 [8].

■ Se observă, în evoluția tensiunilor, faptul că odată cu dezbaterea (la 400 ^{0}C), tensiunile principale maxime au o creștere semnificativă.

■ Datele obținute prin simularea numerică a tensiunilor remanente din turnare, au fost verificate și experimental folosind metoda găurii oarbe cu martor de deformație, rezultatele fiind prezentate în lucrarea [2].

■ Datorită faptului că s-au obținut valori apropiate atât pe cale experimentală cât și numerică (abaterea a fost de 5,34 %), considerăm că abordarea numerică a problemei tensiunilor remanente induse de turnare în piesele de fontă este posibilă și recomandată.

■ Concluziile au dus la identificarea zonelor de risc maxim iar în urma observațiilor făcute se constată necesitatea optimizării formei adăpătorii, schimbarea tehnologiei de turnare sau aplicarea unei metode de detensionare a piesei.

BIBLIOGRAFIE

[1] Bejan, M., Bal, N., Bejan Ioana, *Aspecte privind determinarea experimentală a tensiunilor remanente în dornurile pentru laminoarele Pilger.* Al VI-lea Simpozion naţional de tensometrie şi încercări de materiale, cu participare internaţională, Craiova, septembrie 1992, vol. 1, pag. 13-20, 2 fig., 1 tab., 6 ref.bibl.

[2] Chereches, I.A., Dudescu, M.C., Bejan, M., *Analiza experimentală a tensiunilor remanente dintr-o piesă,* Știință și Inginerie, An XIII, Editura AGIR, București, 2013, 8 pag., 6 fig., 8 ref. bibl. – în curs de publicare.
[3] Chereches, I.A., Bejan, M., *Determination of casting residual stresses*, Acta Technica Napocensis, vol.55, Issuel, 2012, Technical University of Cluj-Napoca, pag. 141-146, 6 pag., 7 fig., 6 ref.bibl.
[4] Chereches, I.A., Bejan, M., *Evoluția tensiunilor remanente – Partea I-a,* Știință și Inginerie, An XII, vol. 21/2012, Editura AGIR, București, 2012, ISSN 2067-7138, pag. 779-786, 8 pag., 5 fig., 1 tab., 7 ref.bibl.
[5] Chereches, I.A., Bejan, M., *Evoluția tensiunilor remanente – Partea a II-a,* Știință și Inginerie, An XII, vol. 21/2012, Editura AGIR, București, 2012, ISSN 2067-7138, pag. 786-794, 6 pag., 4 fig., 7 ref.bibl.
[6] 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.
[7] Păstrav, I., Bejan, M., Bal, N., Szocs, L., *Stadiul actual și perspectivele determinării tensiunilor remanente prin metode nedistructive.* Partea I. A XI-a Sesiune de comunicări tehnico-științifice, Aiud, 1988.
[8] Zirbo, Gh., Dragoș, E., ș.a., *Turnătorie. Îndrumător pentru lucrări de laborator*, Atelierul de multiplicare al Institutului politehnic, Cluj Napoca, 1985.
[9] * * * NovaFolw&Solid CV, software help.

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

Prof.em.Dr.Ing. Mircea BEJAN
Departamentul Inginerie mecanică,
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
preşedintele 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.