X. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2005. március 18-19.

ÖNTÉSZETI FOLYAMATOK VÉGES ELEMES ÉS VÉGES DIFFERENCIA SZIMULÁCIÓJA

Molnár Dániel

The computer added simulation has become a more and more applied tool in the field of modern casting processes. Nowadays we apply simulation programs to abbreviate or to neglect the expensive experiments, or to expose the reason of the casting defects. By the help of these programs we can check the thermal and mechanical processes already during the casting construction processes.

A számítógépes szimuláció az utóbbi években a korszerű öntvénygyártás és –tervezés egyre nagyobb mértékben alkalmazott segédeszközzé vált. A költséges kísérletsorozatok lerövidítése illetve kiváltása, valamint a kialakuló hiba okok feltárása érdekében mára már széles körben elterjedt a különféle öntészeti szimulációs programok alkalmazása. Ezen programok segítségével már az öntvénytervezés fázisában tanulmányozhatjuk az öntéskor lejátszódó termikus és mechanikai folyamatokat, amelyek megfigyelésekor fontos következtetéseket vonhatunk le az esetlegesen felmerülő öntvényhibák bekövetkezéséről.

Bevezetés

Az elmúlt kb. 15 év során különféle programok készültek a formatöltési, megszilárdulási és lehülési folyamatok, valamint az anyagfüggő hibajelenségek (pl. maradó feszültség, vetemedés) kialakulásának modellezésére. Kezdetben csak a saját kutató- és fejlesztőcsoporttal és szakképzett személyzettel rendelkező nagyobb cégek privilégiuma volt ilyen kísérletek elvégzése igen drága számítógépeken. Az ilyen programok alkalmazásának célja ekkor még elsősorban a már gyártott öntvények ellenőrzése, nem pedig gyártástechnológiai tervezés és fejlesztés volt.

Napjainkban az öntészeti szimulációs programok jelentősége nagymértékben megnőtt. A kifejlesztett programok már hagyományos személyi számítógépeken futtathatók, és kezelésükben nem igényelnek akkora szakértelmet, mint az első verziók. Az öntési technológiák minden területére alkalmas szimulációs programok terjedtek el, így a nyomásos, gravitációs, folyamatos, stb. öntés közben lejátszódó jelenségek a valóságos viszonyokat egyre inkább megközelítő folyamatait figyelemmel kísérhetjük. [1]

A Szimuláció célja és fő típusai

A szimuláció modellek kidolgozása és azon végzett kísérletek létező vagy hipotetikus dinamikus rendszerek vizsgálatára, amelynek során a vizsgált rendszer egyes aspektusait számokkal vagy szimbólumokkal reprezentálhatjuk oly módon, hogy azok könnyen kezelhetők legyenek és elősegítsék a rendszerek tanulmányozását és kiértékelését.

Ha az alábbi feltételek adottak, akkor az olvadt fém kísérleti iterációját szignifikánsan lehet csökkenteni, és elsőrendűen lehet alkalmazni folyamatok jóváhagyásához:

- az öntési folyamat és a formában való lehűlés pontosan modellezett,
- a zsugorodási üreg és egyéb öntvényhibák előre megjósolhatóak,
- a beömlő és tápfejrendszer változtatásával elérhető folyékonyfém áramlás- és a dermedés változásának, vagy több más tényező hatásának szimulációja megoldott.

A formatöltés és a dermedés modellezése

A formatöltés és a dermedés modellezésének az alábbi céljai lehetnek:

- előre jelezni a beömlő / tápfej / öntési design hatását a kialakuló áramlásra;
- előre jelezni az oxid-besodródást és az egyéb áramlás okozta hibákat;
- előre jelezni a hőmérséklet eloszlást az öntés közben és után, a sokkal pontosabb dermedési analízishez;
- előre jelezni a dermedési morfológiát, megjósolni a zsugorodási üreg és az azt kísérő egyéb hibák kialakulását;
- előre jelezni egyéb dermedési hibákat (pl. melegrepedés);
- előre jelezni a dermedési időt;
- előre jelezni az öntvény keresztmetszetében lévő mikroszerkezetet;
- előre jelezni az erő / feszültség viszonyokat.

A formatöltést ún. primer programmal lehet szimulálni. Első közelítésben a Navier-Stokes áramlási egyenletet alkalmazzuk, mellyel egy kétegyenletes turbulencia modell írható le. Ez a közelítés az összes fontos áramlási karakterisztika számítására alkalmas (pl. viszkozitás, sűrűség, Reynolds szám stb.), a szabadságfokok mindhárom dimenziója esetén. Ezen algoritmusnak a kontinuitás, az időtényező megőrzése és az energia egyenlete képezi az alapját.

Az öntvénydermedés mind tapasztalati, mind részben tapasztalati és fizikai alapokon nyugvó programokkal is számítható. Ezen módszerek előnyeit és hátrányait az alábbiakban ismertetem.

Az egyszerű tapasztalati programok csak egyszerű, megismételhető folyamatokat tudnak leírni, ahol a változók csak kis határokon belül módosulnak. Például, ha a táplálási távolságot (pl. alacsony karbontartalmú acélokna és nyersformákna) pontosabban akarjuk meghatározni, az egyszerű tapasztalati programokna valószínűleg hibás eredményt kapunk. A részben tapasztalati programok hatásosan tudják modellezni a viszonylag egyszerű folyamatokat. A változók intervallumát limitálni kell, és a fizikai változásokna egyszerűnek, követhetőnek kell lenniük.

A fizikai alapokon nyugvó programokkal mind egyszerű, mind bonyolult folyamatok is modellezhetőek. Ez az eljárás minden típusú öntvényanyag esetén jól alkalmazható modellt eredményez.

A fizikai alapokon nyugvó programok általában a Fourier féle hőátadási egyenletet alkalmazzák, mely háromdimenziós hőátadást feltételez. A konvektív hőátadás szintén számított ebben az esetben, amely főleg nagy öntvénykeresztmetszetek esetén lényeges. Az anyagok részletes hőfizikai adatai lehetővé teszik a hővezetés, a hőáramlás (konvekció) és a hőszugárzás számítását egyenletrendszerekkel, amiket így a teljes folyamatra ki lehet terjeszteni. A közelítés lépcsőzetes, időtől függő analízis és lehetővé teszi a hőmérséklet extrapolálását minden helyen és minden időpillanatban. A dermedési idő, a porozitás, a lunkerképződés és az ötvözőanyagok dúsulása, valamint az erő- és feszültségviszonyok mind számíthatóak az ilyen típusú programokkal. [2]

Véges elemes módszer (FEM) és/vagy véges differencia módszer (FDM)

A geometriai alak pontos leírására két alapvető matematikai eljárás terjedt el: a véges differencia módszer (FDM) és a véges elemes módszer (FEM).

A véges elemes módszer alkalmazása esetén figyelembe vehetők olyan jelenségek, mint pl. a sarkok fokozott mértékű felhevülése, és minden egyéb olyan termikus hatás, amely a formaüreg geometriájából adódik. Ez amiatt lehetséges mert az FEM geometria tetszőleges alakú háromszögekből építkezik amik a síkok között tetraéderekként jelennek meg, tehát a finom geometriai változások ezzel a módszerrel jobban követhetők. A véges differencia módszer a FEM-mel ellentétben olyan egységnyi térfogatokkal közelíti a geometriai alakzatot, amelyek mérete változtatható, de alakjuk nem. Az egyedi csomópontok és vonalak helyzete finomításkor nem változtatható meg. A lépcsőzetes felületi kontúr, és a falvastagság megfelelő meghatározásához szükséges nagy számú véges differencia elem miatt a geometria csak kisebb pontossággal tudja lekövetni az eredeti kontúrt. A szimulációs programok számítási időszükséglete a felhasznált egységnyi térfogatok számától függ. Tehát a kevesebb elemből építkező FEM geometria számítási szükséglete kevesebb, mint az azonos geometria FDM-mel való kialakítása esetén, ahol az elemek száma jóval magasabb, de éppen ebből adódóan az FDM geometria finomabb felosztása jobb formatöltés szimulációt tesz lehetővé, valamint matematikailag is az FDM módszer alkalmasabb a formatöltés modellezésére. Konklúzióként elmondható, hogy az FDM módszer a formatöltés, míg a FEM módszer a dermedés modellezésére alkalmasabb, bár mindkét eljárás mindkét folyamatot le tudja modellezni.

A két módszer hálógenerálásának összehasonlítása az 1. ábrán látható. [3, 4]

<p>FDM: A generált háló és az eredeti geometria egyezősége</p>	<p>FDM: A generált háló és az eredeti geometria egyezősége, a háló finomításával</p>	<p>FEM: A generált háló és az eredeti geometria egyezősége</p>

1. ábra

Az FDM és az FEM módszer összehasonlítása

A vizsgált próbatest a 2. ábrán látható.

2. ábra

A vizsgált próbatest

Összegzés

A véges elemes módszer és a véges differencia módszer segítségével lehetséges a teljes öntéstechnikai folyamat szimulációs vizsgálata. Számítható és vizsgálható a formatöltés közbeni áramlási karakterisztika, a beömlő rendszer, a forma és a magok hatása az áramló fémolvadéokra. Az utoljára megtel- és az utoljára megdermedő öntvényrészek szimulációjával ellenőrizhető az irányított dermedés folyamata, valamint a tápfejek és a kilevegőző csatornák elhelyezkedésének megfelelősége. A dermedési és a lehülési folyamatok szimulációjával vizsgálhatóak a hőcentrumok kialakulása, a rávágás és a tápfejek elhelyezése valamint a hűtőrendszer megfelelő kialakítása. A véges elemes módszer a kisebb alkalmazott elemszám miatt gyorsabb számítást tesz lehetővé, az igényelt hardver kapacitás alacsonyabb mint a véges differencia módszer esetén. A pontosabb geometriakövetés miatt a hőmérsékletmező szimulációja pontosabb, ellenben az áramlási tér kalkulációjánál jelenleg csak egy folyadékfront megjelenítése lehetséges, ami rontja a formatöltés kiértékelhetőségét. A véges differencia módszer a nagyobb elemszámból adódóan, valamint az alkalmasabb matematikai eljárások miatt pontosabb áramlási tér modellezésre ad lehetőséget. Ellenben a nagy elemszám miatt a számítások lassúak, valamint hardver igényük kimondottan nagy.

Irodalomjegyzék

- [1] F. Klein, E. Pokora, D. Jenő: A nyomásos cinköntvények dermedésének számítógépes szimulálása, Bányászati és Kohászati Lapok, 129. évfolyam 1. szám, 1996. január
- [3] T. C. Midea, D. Schmidt: 1999 Casting simulation software survey, Modern Casting, 1999 may. P.:47-51
- [3] A guide to Novaflow & Solid, Sweden 2002
- [4] www.rwp-simtec.de

Molnár Dániel, doktorandusz hallgató

Miskolci Egyetem, Metallurgiai és Öntészeti Tanszék, 3515 Miskolc_Egyetemváros

Tel: 06-46/369-519, ontmdani@uni-miskolc.hu