FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1997, március 21-23

BELSŐ FESZÜLTSEGEK SZÁMÍTÓGÉPPEL SEGÍTETT TANULMÁNYOZÁSA

Johanyák Edit

A dolgozat témája a hőkezelés során lejátszódó folyamatok végeselemes modellezése. A viszonylag egyszerű alakú, 25 mm átmérőjű és 100 mm hosszú közepes széntartalmú szerkezeti acélból készült henger véglap edzésének modellezésekor a tranziens hőátadás és a hőfeszültségek tanulmányozására került sor. A Jominy kísérlet során a próbatestet felhevítik az ausztenitesítési hőmérsékletre (jelen acél esetében ez 840°C) és a méretétől függő ideig hőntartják. Így a próbatest teljes térfogatában egyenletes lesz a hőeloszlás. Az így előkészített próbatestet az egyik véglapjára irányított vízszugárral hűtik. A víz hőmérsékletét 22°C-nak tekintettük.

Modell

Szimmetria okokból elegendő a henger felére elvégezni a számításokat. Először a folyamatos hűlés alatt létrejövő nem egyenletes tranziens hőmérséklet-eloszlás tanulmányozása történt meg, majd ezen meglévő modell felhasználásával tanulmányoztuk a tranziens hőfeszültségeket is.

1. táblázat

Elemzés típusa	Anyagjellemzők	
Hőfeszültségek	rugalmassági modulus [Mpa]	$E(T)$
	Poisson szám	$\nu(T)$
	Folyáshatár [Mpa]	$R_e(T)$
	Hőtágulási tényező	$\alpha(T)$
Hőmérsékletmező	Hővezetési tényező [kcal/m,h,°C]	$\lambda(T)$
	Fajhő [kcal/kg °C]	$c(T)$

A hűtést egy állandósult hőmérsékletmező eléréséig végeztük. A lehűlés az edzett véglapon kényszerkonvekcióval, a hengeres hossz mentén szabad konvekcióval valósul meg, a próbatest másik végét pedig szigeteltnek tekintjük.

Tehát meg kell különböztetnünk két hőátadási tényezőt a vízsugárral valamint a levegőn hűlt részek esetén. A mechanikai tulajdonságjellemzők (Young modulus, Poisson féle szám, folyáshatár) a hőmérséklet és az idő függvényében kerülnek megadásra.

Az adatokat tulajdonság értéként adjuk meg amelyek a hőmérséklet valamint a már előbb bemutatott kötött lehűlési sebességek függvényei. Más anyagjellemzőket (hővezetési tényező, hőtágulási tényező, fajhő) szintén az idő és a hőmérséklet függvényében adjuk meg (1. táblázat).

Hőmérsékleteloszlás

A hőmérsékleteloszlás tanulmányozása során változó időlépéseket alkalmaztunk és így 61 növekményre volt szükség. A program minden egyes növekmény esetén az időlépést újraszámolta, így a maximális hőmérsékletnövekmény változás soha nem haladta meg a 38°C értéket. A hőmérséklet függvényében megadott hőátadási tulajdonságjellemzőket a modellben bárhol fellépő max. 38°C-os hőmérséklet változás esetében a program újraszámolja. Az edzési folyamat kb. 1600 mp. alatt fejeződik be.

Az egyes szakaszokban meghatározott hőmérsékleteloszlást a program tárolja, így ez felhasználható a további számítások során.

Feszültségeloszlás

Különböző anyagok esetén (pl. szerkezeti acélok) magas hőmérsékletről történő edzés vagy levegőn való hűtés alatt megváltoznak annak mechanikai vagy termikus tulajdonságai. A hűtési folyamat bármely szakaszában ezek a tulajdonságok az arra a szakaszra jellemző hőmérséklet valamint az előző szakasz hőmérsékleteloszlásának függvényei.

A tulajdonságokat befolyásolja az anyag mikroszerkezete, ami viszont ugyancsak a hőmérsékletváltozás sebességétől függ. Az anyag csak akkor viselkedik az egyensúlyi feltételeknek megfelelően, ha a hőmérsékletváltozás egyenletes (a darab fokozatosan hűl), itt a tulajdonságok a hőmérséklet függvényei.

A próbatest hőmérsékletének csökkenésével végbemehetnek szilárd állapotban is fázisátalakulások. Ezek az átalakulások az anyag szövetszerkezetének megváltozását eredményezik, amely változás befolyásolja a mechanikai és termikus tulajdonságokat. A szövetszerkezet megváltozását térfogatbeli változások is kísérik.

A fázisátalakulások létrejöttét befolyásolja a hűtési sebesség. A nem egyensúlyi hűtések esetén a fázisátalakulásokról az egyes anyagok IHÁ diagramjai adnak felvilágosítást (1. ábra).

Az A, B és C görbék különböző hűtési sebességet jelölnek. Látható, hogy az anyagban különböző hőmérsékleteken és különböző időpillanatokban fázisátalakulások mennek végbe, a keletkező fázisok fajtája függ a hűtési sebességtől. Az A hűtés esetében az 1-es fázis egy adott hőmérsékleten 4-es fázissá alakul át. A B és C hűtések esetében az anyagban háromszor megy végbe fázisátalakulás. Az 1, 2, 3 és 4 fázisok szövetelemei az ausztenit, perlit, bénit és martenzit.

A hőfeszültségek tanulmányozásánál a fázisátalakulás okozta térfogatbeli változásokat a hőtágulási tényezőn keresztül lehet figyelembe venni. Rendelkezésre kell álljanak továbbá az adott lehülési sebességhez tartozó fázisátalakulások hőmérséklet-idő koordinátái egy bizonyos hőmérséklet intervallumban, ezen

túlmenően az elemzés alá eső teljes hőmérséklet intervallumot is meg kell adni.

1. ábra IHÁ (Idő Hőmérséklet Átalakulás) diagram

egészében lineárisan változnak a hőmérséklet függvényében, minden egyes időpontban. Ezeket az anyagjellemzőket a program az elemzés során minden egyes növekménynél újraszámolja. Például a t_1 pillanatban a darabra az 1-es és a 4-es fázis jellemző és ez a T_1 , T_3 valamint a T_3 , T_2 hőmérsékletek között van.

Hasonlóan, a t_2 pillanatban az anyagjellemzők az egyes hőmérséklet intervallumokban a négy fázisnak (a T_1 -től T_4 -ig az 1-es fázisnak, T_4 -től T_5 -ig a kettesnek, a T_5 -től T_3 -ig a hármasknak, a T_3 -tól a T_2 -ig a négyes fázisnak) megfelelőek.

Az interpolációs módszer megválasztásánál fő szempont az adatok típusa. A lineáris interpolációt hatékonyan lehet alkalmazni az ilyen esetekben, amikor a tulajdonságjellemzőket az idő és hőmérséklet függvényeként táblázatos formában ki lehet fejezni.

A feszültségek tanulmányozásakor feltételeztük, hogy a fázisátalakulásokkal járó térfogatváltozás egy ΔT hőmérséklet intervallumban játszódik le és a tér minden irányában egyenletes. Így a térfogatváltozás hatását egy módosított hőtágulási tényezővel tudjuk kifejezni, amelynek értéke - egy ΔT hőmérséklet intervallumban háromszög eloszlású $\alpha(T)$ esetén - az alábbi képlettel fejezhető ki:

$$\alpha_m = \frac{2}{\Delta T} [\sqrt[3]{1 + \Phi} - 1]$$

ahol Φ a térfogatváltozás.

Összefoglaló

A számítógép segítségével ma már összetett problémák megoldására és tanulmányozására nyílik mód. A hőkezelési folyamatok számítógépes modellezését a végeselemes programok elterjedése teszi lehetővé. A bonyolult számítások viszonylag rövid idő alatt elvégezhetők, összekapcsolható a hőmérsékleteloszlás elemzése a fázisátalakulásokból eredő feszültségeloszlás tanulmányozásával a próbatest teljes térfogatában.

Jól tanulmányozható a hőkezelést befolyásoló tényezők kapcsolatrendszere, így az optimális hőkezelési paraméterek megválasztását is el tudjuk végezni. Nehézséget jelent azonban a bonyolult kapcsolatrendszer egyes tényezőinek modellezése. A témával foglalkozó irodalmakban közzétett számított illetve mért adatok jó összhangja is bizonyítja az ilyen fajta megközelítések helyességét.

Irodalomjegyzék

- [1] MARC Reference Manual, Volume A: User Information
- [2] F. Potier, J. Devaux, J.M. Bergheau: Simulation Numerique des Changements de Phase du Rayonnement et de la Convection. Application aux Traitements Thermiques. Journee D'etude du 06/02/91.

Johanyák Edit, okleveles gépészmérnök, tudományos segédmunkatárs, Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola, Mechanikai Technológia Tanszék, H6001 Kecskemét Pf. 91.

Tel.: -36-76-481 291, Fax: -36-76-481 304, e-mail: edit@gandalf.gamf.hu