FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA XIX.

Kolozsvár, 2014. március 20–21.

HEGESZTETT VARRATOK HŐFOLYAMATAINAK VIZSGÁLATA VÉGES ELEM MÓDSZERREL

FINITE ELEMENT ANALYSIS OF THERMIC PROCESSES IN WELDED JOINTS

HARANGOZÓ József⁽¹⁾, KUTI János⁽²⁾

(1) Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081, Hungary, Budapest, Népszínház u. 8, mail.jozsef.harangozo@gmail.com

(2) Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, H-1081, Hungary, Budapest, Népszínház u. 8, kuti.janos@bgk.uni-obuda.hu

Abstract

The numerical designing technologies of today's industrial design and manufacturing practice are increasingly coming into use in construction processes of products using welded joints. During various welding procedures in the material complex thermic procedures take place. The distribution of these thermal influences is unequal, continuously changes in function of time and place. With use of finite element method I managed to set up a parametric model, with that I can approach substantive circumstances of thermic processes with decent punctuality.

Keywords: welding, finite element, numerical construction

Összefoglalás

Napjaink ipari tervezési, gyártási gyakorlatában széles körben alkalmazott numerikus tervezési technológiák egyre inkább jelen vannak a hegesztett kötések is tartalmazó termékek tervezési folyamatában is. A különböző hegesztési eljárások során az anyagban összetett hőfolyamatok játszódnak le; a hőhatások eloszlása a munkadarabban egyenlőtlen, a hely és az idő függvényében folyamatosan változó igénybevételt ad. Véges elem módszerrel sikerült olyan, parametrizálható modellt létrehozni, mellyel a valós körülmények között végbemenő lehűlési folyamatok kellő pontossággal megközelíthetőek.

Kulcsszavak: hegesztés, véges elem, numerikus tervezés

1. A modellezés célja

A modellezés célja olyan, jól parametrizált modellek létrehozása, mellyel a valóságban végbemenő folyamatokat kellően megközelítő mértékben lehet vizsgálni. Ehhez egy tompavarrat- és egy sarokvarrat-geometriával rendelkező modellt hoztam létre, és velük hőfeladatokat oldottam meg. A modellezés során azt tartottam szem előtt, hogy a kapott eredmények kellőképpen közelítsék meg a valóságban esetlegesen végrehajtásra kerülő hegesztési vizsgálatok eredményeit. A modellezést a MARC MENTAT véges elem modellező szoftverrel végeztem.^[1]

2. Keresztmetszeti modellek felépítése

A tompavarrattal rendelkező geometria két darab, a sarokvarrat geometria három darab 125 mm x 4 mm-es elemből áll össze. A varrat típusa sík felületű egyoldali tompa V-varrat. Azért alkalmazom ezt a varratípust, mert így egyszerűbben lehet mindkét modellen azonos varratérfogatot létrehozni. A programfuttatás feladata ugyanakkora ömledék térfogat és ugyanakkora hőbevitel mellett az időfüggő hőfolyamat különbözőségének szemléltetése, valamint a varratkörnyezet változásának vizsgálata. Az eredmények megfelelő összehasonlíthatóságának érdekében mindkét modellen ugyanazokat a beállításokat hajtottam végre. A szerkezetek anyaga S235-ös acél.

1. ábra. A tompavarrat és sarokvarrat modellek

3. Futtatás a Goldak modell segítségével

A hegesztési hőfolyamatok fizikájának lemodellezése összetett és nehezen megoldható feladat, a komplexitás csökkentésére matematikai modelleket alkalmazunk egy közelítően helyes megoldás elérésének érdekében; a fizikai folyamatok nagy részének elhanyagolása mellett. A MARC fentebb említett hegesztési modulban Goldak dupla-ellipszoid modelljét alkalmazza a hőáram modellezésére.^{[1],[2]}

A módszer azonban nem alkalmas a modellezés céljának elérésére, mert a két modell felmelegedési szakaszának hőmérsékletváltozása az eltérő méretű geometriákkal szemben támasztott követelményekkel ellentétben időben egyenlő nagyságú. A tompavarrattal rendelkező geometria-keresztmetszettel szemben a sarokvarrat-modellben nem alakul ki homogén hőeloszlás, valamint a számítás végén a függőleges elem és a varrat hőmérséklete alacsonyabb a vízszintes elemekénél, amelyek viszont azonos mértékben hőtartóak (2. ábra).

A két folyamat így módon érdemben nem összehasonlítható, az eredmény nem szolgálhat valós vizsgálatok alapjául, így más parametrizálási eljárás indokolt.

2. ábra. A tompavarrat és sarokvarrat modellek a számítás utolsó időpillanatában

4. Futtatás más paraméterezési eljárással

A második lehetséges megoldást a hegesztési modul figyelmen kívül hagyásával készítettem. Új termikus peremfeltételként felvettem egy volumetrikus fluxust és annak intenzitását ($\text{J}/\text{mm}^3/\text{s}$), majd hozzárendeltem a varrat elemeit. A MARC gyakorlata szerint a hőátadási analízis terhelései hőfluxusok, olyan skaláris mennyiségek, melyeket annak intenzitásával definiálunk^[1].

A futtatás eredményeképpen ugyanabban az időpillanatban nem egyeznek meg a legmelegebb pontok hőmérsékletének értékei, valamint kirajzolódik a hőbevitel helye és jól elkülönülnek a hőátmenetek már a varratgeometrián belül is (3. ábra). Láthatóan tovább kellene melegíteni a sarokvarratot ugyanakkora ömledék-hőmérséklet eléréséhez, mint a tompavarrat esetében. A sarok-geometria ebben az esetben is gyorsabban hűl. Az utolsó időpillanatban a sarokvarrat ábráján szembetűnik, hogy a varrat az előző beállításhoz képest nem hűlt ki, a hő nagy részét a függőleges és a jobboldali elem veszi fel, míg a bal oldali elem kevésbé vesz részt a hő elvezetésében (4. ábra).

A második futtatás eredményei jobban megközelítik a valós körülményeket, így ez a beállítás alapjául szolgálhat további feladatok megoldásának.

3. ábra. A tompavarrat és sarokvarrat modellek a számítás 1 s időpillanatában

4. ábra. A tompavarrat és sarokvarrat modellek a számítás utolsó időpillanatában

5. Lehülési diagramok vizsgálata

A tompavarrat-modell esetében a középpont hőmérséklete eléri az 1673°C -ot is, míg a sarokgeometria középpontja csak 1521°C -os a felmelegedési fázis végén. A diagramokon látható, hogy a nagyobb geometria ugyanakkora hőmérsékletre melegítéséhez több időre van szükség, a tompavarrat görbéi meredekebben emelkednek minden vizsgált pontban. A sarokgeometria esetében a felmelegedési szakasz hőterjedése is lassabb, a varrat széle és a középpont között nagyobb hőmérsékletkülönbség esik, mint a tompavarratban. A lehülési

szakaszban a varrat pontjainak és a közvetlen környezetük pontjainak görbéi összetartanak a vizsgált időtartam végéig, hiszen a darabok elvonják a hőt a varrat környezetéből. Mindkét esetben jó közelítéssel homogén hőeloszlás alakul ki, a nagyobb geometria láthatóan több hőt nyel el (5. ábra).

5. ábra. A tompavarrat és sarokvarrat modellek lehülési görbéi

6. ábra. A vizsgált csomópontok helyei

6. Összefoglaló

Munkám célja olyan, jól parametrizált modellek létrehozása volt, mellyel a valóságban végbemenő folyamatokat kellően megközelítő mértékben lehet vizsgálni. Úgy gondolom a második paraméterezési beállítással ezt sikerült elérni. Beigazolódott az a véges elem modellező rendszereket használók körében ismert és számításba vett tény, hogy a virtuális programfuttatások eredményei nem adnak 100%-ban helyes képet a modellek valós viselkedéséről; valamint az is, hogy a szimulációk helyességének megítéléséhez szükség van tapasztalati ismeretekre is.

Irodalom

- [1] Marc® 2010 Volume A: *Theory and User Information*
- [2] Nuraini, A.A., Zainal A.S.M. and Azmah Hanim, M.A.: *The Effect of Welding Process Parameter on Temperature and Residual Stress in Butt-Joint Weld of Robotic Gas Metal Arc Welding*, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 2013 ISSN 1991-8178
- [3] [3] Lars-Erik Lindgren: *Finite element modeling and simulation of Welding part 1: Increased complexity* Journal of Thermal Stresses, 2001 Copyright 2001 Taylor & Francis