FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 1998. március 20-21.

A hőkezelési méretváltozások alapjai

Johanyák Edit

The different heat treatment processes are known to induce residual stresses. These stresses cause difficulty in maintaining close tolerances on the components during manufacture and also can induce distortion. To decrease or avoid these unwanted effects the basic mechanisms of their origin must be understood. Influencing factors and their consequences on distortion during heat treatment processes were investigated.

This paper gives definitions of a few very important terms of distortion, and the basic mechanisms of distortions and some typical dimensional changes due to heat treatment are presented.

Bevezetés

A különböző hőkezelések során az alkatrészekben belső feszültségek keletkeznek. Ezek a feszültségek a nagyságuk mértékében befolyásolják a további megmunkálások méretpontosságát, sok esetben méretváltozáshoz és vetemedéshez vezetnek. Ahhoz, hogy ezeket a nemkívánatos hatásokat kiküszöbölhessük, ismernünk kell a belső feszültségek eredetét és keletkezésének alapvető mechanizmusait. Ismerni kell továbbá a külső és belső befolyásoló tényezőket és a hőkezelési méretváltozásokra, vetemedésre kifejtet hatásukat. A dolgozat néhány alapvető vetemedési típust ír le, és rámutat ezek keletkezésének mechanizmusaira.

Hőkezelés és méretváltozás

Az ausztenitesítési hőmérsékletről történő hűtés során, főleg a nagyobb méretű alkatrészek esetén nagy hőmérséklet különbségek jöhetnek létre a darab belseje és a felülete között. Ennek nagyságát a hűtési sebesség növelése valamint a darab méretének növelése tovább fokozhatja.

A hőmérséklet gradiens következtében az alkatrészek belsejében, és a felülethez közelebb levő rétegekben a térfogat változások időbeni lefolyása különböző, ez hőfeszültségek kialakulásához vezet. Amennyiben ezek a feszültségek meghaladják az adott acélminőségre jellemző (magas hőmérsékletre érvényes) folyáshatár értékét, az alkatrész képlékeny alakváltozást szenved [1].

A hűtési folyamat során az ausztenit különböző szövetszerkezetekké alakul át. Az átalakulás fajtérfogat változással jár, ami befolyásolja az alkatrész belsejében a feszültségek alakulását.

Alapvetően e két feszültségtípus (hőfeszültség és átalakulási feszültség) határozza meg az alkatrészekben visszamaradó feszültségek nagyságát és eloszlását.

Hőkezelés során végbemenő mechanizmusok

Azon hőkezelési műveleteknél és anyagminőségeknél, amelyeknél hűtés során szilárd állapotban **fázisátalakulás nem játszódik le**, az alkatrészekben visszamaradó feszültségek a kéreg, és a mag közötti nagy hőmérsékletkülönbségtől függő fajtérfogat változás eredményei (1. ábra).

A hűtés elején, az alkatrész belseje és felülete közötti hőmérséklet különbség még elég nagy (a) ahhoz, hogy a magban létrejött feszültségek túllépjék az acélra jellemző melegfolyáshatárt, és ezáltal képlékenyen leépüljenek (b). A legnagyobb hőmérséklet különbség szakaszát elhagyva, a mag előbb el kezd zsugorodni mint a kéreg, ennek eredményeként a kéregfeszültségek lecsökkennek (c). Ez a folyamat addig tart, amíg egy feszültséginverzió be nem következik. Így a kéregben nyomófeszültségek, a magban pedig húzófeszültségek maradnak vissza (d). Az 1. ábra bemutatja a hűtés

1. ábra Hőfeszültségek keletkezése [3]

eredményeként létrejött feszültségeloszlást is az alkatrész teljes keresztmetszetében. Az itt bemutatott példában a hűtés során lejátszódó mechanizmusok eredményeként a méretváltozást a feszültségek nagyságának az acélra jellemző melegfolyáshatár fölé történő emelkedése okozta. A végső feszültségeloszlás olyan alkatrészekre jellemző, amelyekben gyors hűtés hatására nem játszódnak le fázisátalakulások.

Ebben az esetben a méretváltozásokat az "Ameen"-szabály [2] segítségével jellemezhetjük. Ez kimondja, hogy amikor hűtés esetén csak hőfeszültségek keletkeznek, az alkatrészek a gömb alak felvételére törekcszenek.

A folyamatot befolyásoló paraméterek hatása az alábbiak szerint összegezhető. A méretváltozás annál nagyobb, minél:

- magasabb az ausztenitesítési hőmérséklet;
- nagyobb a hűtési sebesség;
- kisebb a hővezetés;
- nagyobb a hőtágulás;
- kisebb a hőellenállás;
- nagyobb méretű az alkatrész.

A legtöbb alkatrész esetében hőkezeléskor **fázisátalakulások játszódnak le** amelynek következtében a hőfeszültségek mellett átalakulási feszültségek is keletkeznek. Ezek a feszültségek az egyes szövetszerkezetek fajtérfogatbeni különbségeiből erednek. Hűtéskor az ausztenit mindig egy nagyobb fajtérfogatú szövetelemmé alakul át: perlit, bénit és martenzit.

Az átalakulási feszültségek rátevéődnek a hőfeszültségekre. A keletkező alak-, és méretváltozásokat a hőmérséklet-eloszlás időbeni változása, az acélban végbemenő fázisátalakulások, a hővezetés és hőellenállás határozza meg. A különböző paraméterek hatását a 2. ábra szemlélteti.

2. ábra Vázlatos IHA diagramok. Hő-, és átalakulási feszültségek a kéreg és a mag különböző lehűlései esetén [4]

Az ábra egy henger alakú alkatrész belsejének és felületének megfelelő hűlés hűlésgörbéit tartalmazza három különböző hűtési sebesség esetén. Szürke területek jelölik a képlékeny alakváltozás esetleges bekövetkezésének helyét.

Az itt bemutatásra kerülő példák a lehűlési folyamat és az átalakulási viselkedés kapcsolatának tipikus esetei.

A kéreg és a mag átalakulása a hőfeszültségek inverziója előtt (t_u) megy végbe (a). Amikor a kéregben elkezdődik a térfogat-növekedéssel járó átalakulás, a képlékeny alakváltozás hamarabb bekövetkezik, és az átalakulási feszültségek inverziója is előbb megy végbe mint t_u . Megállapíthatjuk, hogy a magban jelenlévő viszonylag magas hőmérséklet következtében a feszültség értéke túllépi a melegfolyáshatár értékét, ami átalakulási képlékeny alakváltozáshoz vezet. A bekövetkező martenzites átalakulás további feszültséginverziót eredményez, és a lehűlés végén a kéregben húzó-, a magban pedig nyomófeszültségek maradnak vissza. Az átalakulási folyamat nagyban befolyásolja a feszültségek keletkezését. Tehát ez egy tipikus esete az (a) hűtés következtében végbemenő átalakulások okozta maradó feszültségek eloszlásának.

Az átalakulás a hőfeszültségek inverziója (t_0) után megy végbe (b). Ennek eredményeként a fázisátalakulás okozta térfogatváltozás a kéregben megnöveli a nyomó hőfeszültségeket, és így egyensúlyi okokból a magban húzófeszültségek ébrednek. Ebben az esetben feltételeztük, hogy átalakulási feszültségek okozta képlékeny alakváltozás nem jött létre. Annak ellenére, hogy az átalakulási folyamat befolyásolja a feszültségek alakulását lehűlés közben, a végén azonban hasonló feszültségi állapotot kapunk, mint az átalakulási feszültség nélküli esetben.

A kéreg átalakulása hamarabb kezdődik el, és később fejeződik be mint a mag átalakulása (c). Ebben az esetben három feszültséginverzió is végbemegy amely egy újabb tipikus feszültségeloszlást eredményez.

A bemutatott feszültségeloszlás típusoknak -a hűtési sebességtől, és az átalakulás fajtájától függően- több változata is létrejöhet, így a képlékeny alakváltozások is sokfélék lehetnek, amelyek komplex alak és méretváltozást eredményeznek [2], [5], [6].

Irodalomjegyzék

- [1] *Macherauch, E.; Hauk, V.* (Hrsg.): Residual Stresses in Science and Technology DGM Informations Gesellschaft, Oberursel, 1987.
- [2] *Hoferer, M.; Lübben, Th.; Majorek, A.; Thoden, B.*: Basics of the origin of distortion during heat treatment, *Härterei-Technische Mitteilungen* 51, 1996/1., p. 56-68.
- [3] *Rose, A.*: Eigenspannungen als Ergebnis von Wärmebehandlung und Umwandlungsverhalten. *Härterei-Technische Mitteilungen* 21 1966/1., p. 1-6.
- [4] *Schröder, R.; Scholtes, B.; Macherauch, E.*: Rechnerische und röntgenographische Analyse der Eigenspannungsbildung in abgeschreckten Stahlzylindern. *Härterei-Technische Mitteilungen* 39 (1984), p. 280-291.
- [5] *Schreiber, E.*: Unerwünschte Nebenwirkungen der Wärmebehandlung von Stahl. (Hrsg.: Grosch, J.) *Werkstoffwissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Karlsruhe*, 1981.
- [6] *Frehser, J.; Lowitzer, O.*: Vorgang der Maßänderung bei der Wärmebehandlung von Werkzeugstählen. *Stahl und Eisen* 77 (1957), p. 1221-1233.

Johanyák Edit, okleveles gépészmérnök, főiskolai tanársegéd

Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola, Mechanikai Technológiai Tanszék,

H-6001 Kecskemét Pf. 91.

Tel.: -36-76-481 291

Fax: -36-76-481 304

e-mail: johaed@gamf.hu