

HEGESZTETT SZERKEZETEK ANALÍZISE ÉS OPTIMÁLÁSA HŐFÁRADÁSI SZEMPONT FIGYELEMBEVÉTELÉVEL

ANALYSIS AND OPTIMUM DESIGN OF WELDED STRUCTURES CONSIDERING THERMAL FATIGUE

*Dr. Jármái Károly, egyetemi tanár, DSc.,
Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék
Oláh Róbert, okl. gépészmérnök, tud. munkatárs, ADMATIS Kft. Miskolc*

ABSTRACT

Thermal fatigue is an important problem at many kinds of structures on high temperature. In this article we show the finite element calculation of the welded structure to evaluate its behaviour depending on different parameters to build a more reliable structure.

1. BEVEZETÉS

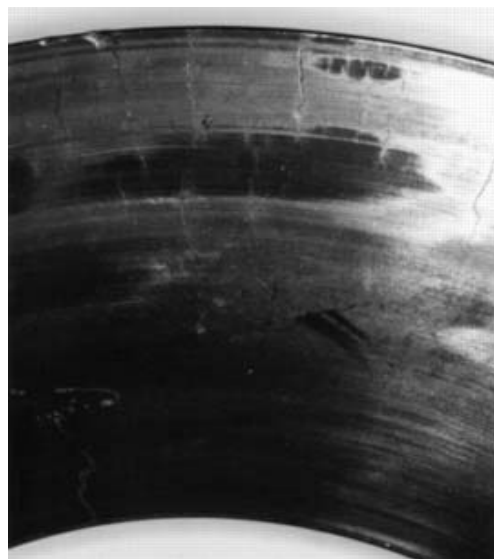
A nagy(obb) hőmérsékleten igénybe vett szerkezeti anyagok károsodásállósága - amit hőállóságnak nevezünk - a termikus igénybevétel mértékétől, jellegétől és a járulékos hatásoktól függ, de az anyagok viselkedését az összetétel, az előállítási módja, a megmunkálás és a hőkezelés is befolyásolja.

A hőfáradás vagy termikus fáradás olyan anyagkárosodás, melynek során a ciklikusan váltakozó ΔT hőterhelés (vagy hő- és mechanikai terhelés) váltakozó képlékeny alakváltozást idéz elő az anyag felületközelebi rétegeiben, a külső és belsőbb anyagrészek eltérő és akadályozott hőtágulása következtében. A termikus fáradással szemben ellenállóbb anyagok magas hőmérsékleti szilárdság-szívósság aránya optimált, azaz a szívós repedésterjedéssel szemben is megfelelő ellenállást tanúsítanak. Továbbá hővezető-képességük és hőtágulási együtthatójuk viszonya olyan, hogy az anyag, ill. a belőle készült alkatrész felülete és belső részei között kialakuló hőmérséklet-gradiens ne okozzon kritikus mértékű hőfeszültségeket [1,2].

A hősokk „lökésszerű” hőhatás (pl. gyors túlűtéskor), viszonylag nagy (esetenként változó) hőmérséklet-határok között. A ΔT hőlékés hatására kialakuló hőfeszültség – különösen egyidejűleg ható mechanikai terheléssel – az anyag szilárdságát elérő feszültséget, az akadályozott alakváltozás (nem eléggé képlékeny anyagoknál) pedig repedést, sőt törést eredményez(het).

A hőfáradástó vizsgálatok során az anyagban a valós hőciklus hatására kialakuló feszültségállapotot modellezik. Különböző ciklusszámig terhelt próbatest-sorozaton megmérhető a kialakult repedéshálózat átlagos mélysége vagy az összrepedéshossz, ill. a keménység-csökkenés mértéke.

Ezeket az igénybevételi ciklusszám függvényében ábrázolva, a tönkremeneteli folyamat intenzitása jellemezhető. Az 1. ábra egy tipikus hőfáradási esetet mutat be.

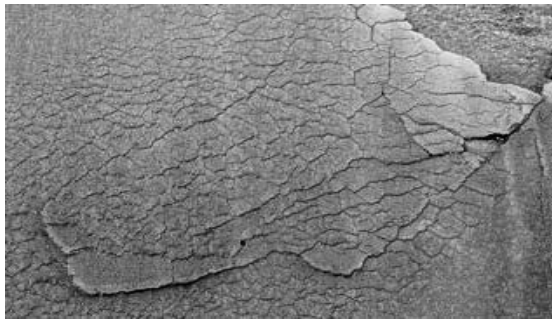


1. ábra Dörzstárcsa hőfáradása, gyors hűlés miatt
http://materials.open.ac.uk/mem/mem_mf9.htm

A hőfáradás maga növelt hőmérsékleten üzemelő berendezéseknél fordul elő, amelyek váltakozó hőfeszültségnek vannak kitéve. A hőfeszültségek oka a szerkezeti elemek gátolt hőtágulása vagy zsugorodása a hőmérséklet változásakor (2. és 3. ábra).



2. ábra Hőfáradási repedések kovácsoló-szerszámon



3. ábra Hőfáradás a felületen

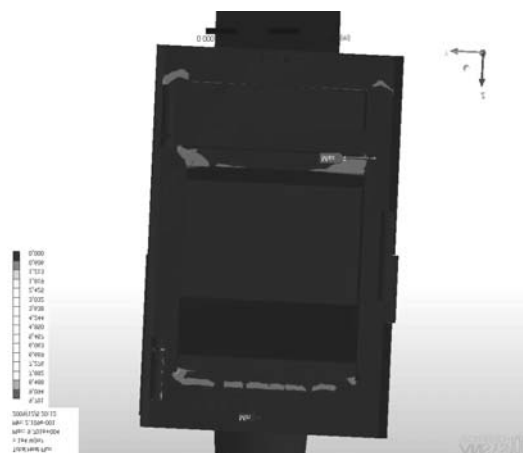
A hőmérséklet csökkenésével viszont nő az anyag folyáshatára, és csökken a ridegtörést okozó törési feszültség nagysága, tehát hőmérsékleti elridegedést okoz [3,4]. Az anyag akkor válik rideggé, amikor a törési feszültség kisebbé válik a folyáshatárnál, vagyis a törés képlékeny alakváltozás nélkül következik be.

2. KANDALLÓ VIZSGÁLATA

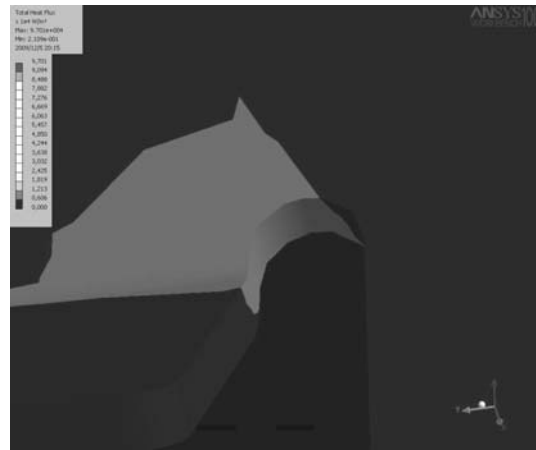
A hegesztett kandallónál a teljes hőáramlási fluxust - Total heat flux - határozzuk meg 3 mm-es homloklap vastagság mellett. A 4. ábrán látható a teljes szerkezet hőáramlási fluxusa, az 5. és 6. ábrán pedig a további vizsgálódás tárgya is a fedőlap felső sarkai, Ennél a modellnél itt nem sarkos kialakítás található, hanem egy lekerekítés.

A továbbiakban az volt a célunk, hogy megtudjuk, hogy a lekerekítések változtatásával, illetve a patkó lemezvastagság változtatásával együtt hogyan viselkedik terhelés alatt a szerkezet előlapja. 6 mm-es sugárról indulva 2-2 mm változtatással figyeljük a változásokat.

A feszültségek 44.3 és 59.0 MPa között adódnak a lekerekítés környezetében. A magasabb feszültség kis tartományra korlátozódik. A következő vizsgálat a lekerekítés hatásának vizsgálata. Változtattuk a lekerekítés értékét a 3 mm-es homloklemez vastagság mellett 6-4-2-0 mm-re és kíváncsiak voltunk a feszültség-változásra.



4. ábra A teljes hőáramlási fluxus a teljes kandallóra



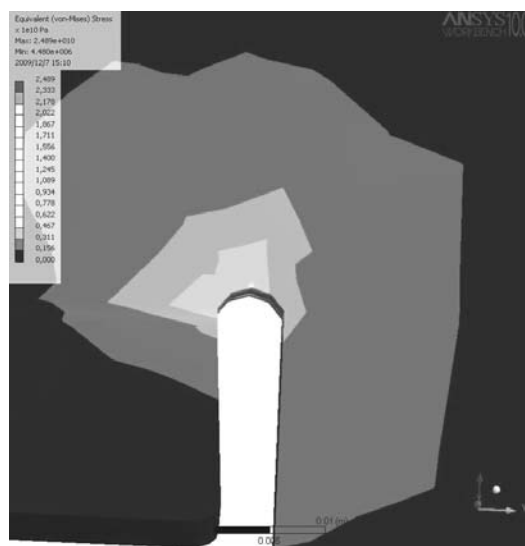
5. ábra A teljes hőáramlási fluxus a kandalló jobb felső sarkánál

1. táblázat A feszültségek változása a lekerekítési sugár függvényében

Lekerekítés [mm]	Feszültség [MPa]
6	63.5
4	77.8
2	80.6
0	Folyáshatár

Az 1. táblázat mutatja a von Mises feszültségek változását a jobb felső sarok lekerekítésénél, a lekerekítési sugár függvényében.

A számítás azt mutatja, amit vártunk, hogy a lekerekítési sugár csökkentése a feszültség emelkedését okozza. Nem a konkrét feszültségértékek a fontosak, hanem az, hogy hozzávetőlegesen olyan 10 - 15 % - al nő a feszültség, ha a sugár 2-2 mm-el csökken. Éles lemeztalálkozásnál nagy feszültségcsúcás adódik, ami kerülendő. Az optimalás azt jelenti ebben az esetben, hogy összehasonlítva a szerkezetvariánsokat, kiválasztjuk a legjobbat közülük.



6. ábra von Mises feszültségek 4 mm-es lekerekítés esetén.

3. KANDALLÓK HŐFÁRADÁSA

Összefoglalóan megállapítható, hogy a kandallóknál általában az ajtó körüli sarkok a veszélyeztetettek hőfáradásra. Ha hőfáradási probléma fordul elő, akkor a megoldás elemei a következők lehetnek:

- A homloklemez kismértékű megvastagítása.
- Azonos homloklemez-vastagság mellett patkolás felhegesztése. A patkolás kis méretű, nem lehet túl vastag és nem szükséges folytonos varrattal felhegeszteni, mert az a maradó feszültséget és a deformációt növeli.
- A lekerekítések növelése, amennyire csak lehetséges.
- A maradó feszültségek csökkentése, kedvezőbb vágási és hegesztési technológia alkalmazásával.
- Kazánlemez alkalmazásával, mely a magas hőmérsékleten is szívósabb, kedvezőbb viselkedést érünk el, de ez költségnövelő.
- A hőtároló anyagok olyan elhelyezése belül, hogy árnyékolják az acélelemeket, ahol csak lehet.
- Jobb belső hőszigetelő burkolat alkalmazásával, mely mérsékli a hőgradienst a felfűtés fázisában.

Lehet bevonattal javítani a szerkezet hőfáradási viselkedését, de az viszonylag drága és még kidolgozás alatt lévő eljárás [5].

4. ÖSSZEFOGLALÁS

A fáradás és a hőfáradás egymástól jelentősen eltérő jelenségek, mégis lehet közös vonásokat találni. Mindkét jelenség sok paramétertől függ. Ezen paraméterek beállítása tapasztalatot igényel. A mechanikai fáradás jól kidolgozott, többféle anyagra, nagy ciklusszámra. A hőfáradás általában kisciklusú de már megjelentek azon mérőberendezések, melyek tudnak viszonylag nagy ciklusszámú mérést végezni ezen speciális területen is. Vizsgálataink során meghatároztuk azokat a szempontokat, melyek a hőhatásnak kitett hegesztett szerkezet hőfáradásának javítására szolgálnak

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként - az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében - az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. A kutatást az OTKA támogatta a T 75678 számú projekt keretében.

HIVATKOZÁSOK

- [1] ASM Specialty Handbook: *Heat-Resistant Materials*, Editor(s): J.R. Davis, ASM International, 1997, 591 p. ISBN: 978-0-87170-596-9
- [2] DAHLBERG, M. et al.: *Development of a European Procedure for Assessment of High Cycle Thermal Fatigue in Light Water Reactors: Final Report of the NESC-Thermal Fatigue Project*, 2007, EUR 22763 EN, 162 p.
- [3] JÁRMAI, K., IVÁNYI, M.: *Gazdaságos fémszerkezetek analízise és tervezése*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 226 old. 2001, ISBN 963 420 674 3
- [4] JÁRMAI, K., IVÁNYI, M.: *Acélszerkezetek tűzvédelmi tervezése, Bevezetés az acélszerkezetekkel kapcsolatos európai szabványokba és alkalmazásukba*. Gazdász-Elasztik Kft. Miskolc, 259 old. 2008. ISBN 978-963-87738-4-5
- [5] STARLING, C.M.D., BRANCO, J.R.T. Thermal fatigue of hot work tool steel with hard coatings, *Thin Solid Films*, 308–309 (1997) 436–442.