XII. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2007. március 16–17.

NAGY NYOMÁSON ÉS MAGAS HŐMÉRSÉKLETEN MŰKÖDŐ KÍSÉRLETI REAKTOR TERVEZÉSE

Barányi István, Székelyhidi Elek, Varga Péter

Abstract

The structural design of a high-temperature pressure vessel needs to take into account both the mechanical characteristics of the material and the effects of loads. In order to calculate the rate and the distribution of the mechanical stresses caused by the loads application of a FE calculation analysis required.

Összefoglalás

A nagy nyomáson és magas hőmérsékleten működő nyomástartó edények méretezésénél az anyag szilárdságtani jellemzői mellett a terhelések egyidejű hatását is figyelembe kell venni. A terhelések által keletkező feszültségek nagyságát és eloszlását végelelemes programmal célszerű vizsgálni.

1. Bevezetés

Az MTA Kémiai Kutatóközpont megbízást adott a BMF Bánki Donát Gépészmérnöki Főiskolai Kar Gép szerkezet-tani és Biztonságtechnikai Intézete részére egy nagy nyomású és magas hőmérsékletű kísérleti reaktor kifejlesztésére. Az reaktor kifejlesztésekor a főfeladat megvalósítása mellett fejlesztési irányelv volt még a kémiai folyamat paramétereinek - a szerződésben rögzített korlátokon belüli - szabad variálhatósága a szakaszos üzemeltetési folyamat alatt, valamint az egyes technológiai paraméterek értékeinek nyomon követhetősége is.

2. A kísérleti reaktor technológiai paraméterei

A tervezése során az alábbi paramétereket kellett figyelembe venni:

- tartály térfogata: 2 liter;
- tárolandó közeg: hidrogén;
- maximális nyomásterhelés: 200 bar;
- a reaktorban uralkodó hőmérséklet: 600 °C;
- a reakció nem jár hő fejlődéssel.

3. A kísérleti reaktor konstrukciós tervezési folyamatának bemutatása

A kiinduló adatokból látható, hogy a funkció megvalósításához olyan speciális nyomástartó edény tervezésére volt szükség, mely a közeg, a hőmérséklet és a nyomás együttes terhelését elviseli.

A berendezés alapanyagának kiválasztásakor elsődlegesen a hidrogénnyomásálló acélcsoportot részesítettük előnyben, mivel a tartályban tárolandó hidrogén közeg felületi disszociáció valamint diffúzió útján elbontja az acélban található vaskarbidokat, dekarbonizál és metángáz fejlődik (ez a folyamat nagyobb hőmérsékleten és nyomáson felgyorsul).

A reaktortest fő méreteinek meghatározása az anyag magas hőmérsékletű mechanikai tulajdonságainak figyelembevétel történt. A készülék geometriai kialakításakor a hengeres testet egy félgömb alakú edényfedélhez valamint egy hegtoldatos karimához csatlakoztattuk, az autokláv tetején a lezárásához pedig egy csavarokkal rögzített síkfedelet alkalmaztunk. A reaktor tömítése a nyomás- és hőmérsékletfokozat, valamint a hidrogén közeg miatt kerámia töltésű spiráltömítéssel valósult meg.

4. A reaktor fő méreteinek meghatározása

A kialakított geometria terhelése két összetevőből áll: egyrészt a felületekre ható normális irányú nyomás, másrészt pedig a spiráltömítést előfeszítő erő által okozott hajlítás a karimán.

A méretezés kezdetekor a forgáshéjakat (hengeres és gömbfelület) tisztán membránfeszültségi állapotra méreteztük. Az így kapott falvastagságok viszont a két felület találkozásakor nem megfelelőek, ugyanis az azonos belső nyomásterhelés esetén a hengeres és gömbi rész tágulása különbözik. A tágulások kiegyenlítődése miatt a forgáshéjak kapcsolódásánál járulékos élerők és élnyomatékok jelennek meg, amit a méretezés folyamán figyelembe kellett venni.

A tervezés későbbi szakaszában kiderült, hogy a karima választásakor a tömítőerő hajlító hatását és a magas nyomásból adódó terhelést ezen a hőmérsékleten a szabványos geometriai kialakítású karima nem viseli el, így azt átterveztük. Az áttervezés során a kezdeti méretek felvétele után egy olyan 3 dimenziós végelelemes programot használtunk, amivel a karimán történő geometriai változtatásokat is könnyen analizálni tudjuk.

5. A kísérleti reaktortest és fedél végelelemes analízise

A végelelemes modellezéskor a hálózaskor definiált elemszámtól nagymértékben függ a kapott feszültségi kép valóság-hűsége. Modellezéskor a maximális elemszám mellett törekedtünk a kialakítás szimmetriáinak kihasználására, így azonos mennyiségű elemet kisebb térfogaton tudtunk elhelyezni.

A reaktortest modelljének elkészítésekor a forgásszimmetria és a csavarok kiosztása lehetőséget biztosított arra, hogy a nyolc furattal rendelkező karima és a reaktortest teljes modellezése helyett a geometria tizenhatod része kerüljön csak modellezésre. A fedél modelljénél a valós geometria negyede került analízisre, mivel itt az egyik szimmetriasíkban van a két csőtoldal, amelyeken keresztül a tartály nitrogénes öblítését, illetve a hidrogén feltöltést valósítjuk meg.

Az elkészített modellen alkalmazott megfogások a mechanikai modell és az anyagi folytonosság figyelembevételével kerültek meghatározásra. A terhelés definiálásakor egyrészt a belső felületeken létrejövő normális irányú belső nyomást, másrészt pedig a fém spiráltömítés előfeszítéséhez

szükséges erőt vettük figyelembe. Az így elkészített analízis feszültségi eredményeit mutatja az 1. ábra.

1. ábra. A reaktortest és a fedél végelelemes analízise

A 1. ábrán látható, hogy a reaktortesten és a fedélen a méretezési feszültségnél ($\sigma = 250\text{MPa}$) nagyobb feszültségek is ébrednek. A feszültségek kialakulási helyét szemlélteti a 2. ábra.

2. ábra. A reaktortesten és a fedélen található feszültségcsúcsok

A 2. ábrán látható, hogy a reaktortesten és a fedélen a megengedett feszültségnél nagyobb csak a modellek két-két részén lépnek fel:

- a karima lekerekítésénél a teljes felületen: ezen feszültség, bár nagyobb, mint a megengedett, de a modellben gyorsan elhal;
- a karimánál az erőbevezetés felületén: az erőbevezetési pontokban, ahol a geometriai modellen éles sarok található, itt a végelelemes programok nem adnak pontos eredményt. Így az itt látható feszültségcsúcs nem jelenik meg a konstrukcióban;

- a fedélen a csőcsatlakozásoknál: a csőcsatlakozás modellezésénél nem került modellezésre a fedél teljes keresztmetszetén áthaladó cső. Ezen cső, mivel a fedélhez hegesztéssel csatlakozik, tovább erősíti a kivágást a sík fedélen;
- a fedélnél a leszorító anya érintkezési felületén: a végeselemes rendszerben ideális kényszerként került definiálásra az anya felülete, így a fedél nem tudott megfelelően deformálódni. Így a valós feszültségtől nagyobb értéket jelez az ábra.

Az analízisekből látható, hogy a geometriai kialakítás a választott megengedett feszültségnek megfelel. A modell feszültségcsúcsai nem számottevőek, a reaktor test és a fedél is elviseli a terhelést. A terhelés, bár két összetevőből áll, de a feszültség számottevő hányada a spiráltömítés előfeszítéséből adódik.

6. Következtetések

Az elkészített reaktor a kezdeti tervezési feltételeknek megfelel. Amennyiben a kísérletek az ismertettnél nagyobb nyomásfokozatot igényelnek, úgy a reaktorban a belső nyomás növelését duplikátoros készülékkel valósíthatjuk meg. A szerkezet konstrukciós tervezésével kapott alak és a csatlakozási pontok kialakítása megfelel ezen továbbfejlesztési irányoknak.

Irodalom

- [1] Nagy, A.: *Determination of the Loosening Coefficient at Large Size Welding Neck Flange Joints*. Periodica Polytechnica. ser. Mech. Eng. 38., 1994, 179-199
- [2] Nagy A.: *Dimensioning of Flange Joints on Leak Tightness Operating at Medium High Temperatures*. Proceedings of First Conference on Mechanical Engineering Technical University of Budapest, 1998, 399-403.

Barányi István, Tanársegéd
BMF BGK Gép szerkezet tani és
Biztonságtechnikai Intézet
H-1081, Budapest, Népszínház utca, 8.
Telefon / Fax: +36-1-6665337
E-mail: baranyi.istvan@bgk.bmf.hu

Székelyhidi Elek
Budapesti Műszaki Egyetem, Gépészmérnöki
Kar, Gépészeti Eljárástechnika Tanszék
H-1111, Budapest, Bertalan Lajos u. 4-6
Tel./Fax: +36-1-4631119
E-mail: eleksz@vegyelgep.bme.hu

Varga Péter, Intézeti mérnök
BMF BGK AGI Anyag- és Alakítástechnológiai Szakcsoport
H-1081 Budapest, Népszínház utca, 8.
Telefon / Fax: +36-1-6665386 / +36-1-6665494
E-mail: varga.peter@bgk.bmf.hu