XIV. FIATAL MŰSZAKIAK TUDOMÁNYOS ÜLÉSSZAKA

Kolozsvár, 2009. március 26-27.

MAGAS NYOMÁSON ÉS HŐMÉRSÉKLETEN MŰKÖDŐ HIDROGÉN REAKTOR SÍKFEDÉL LESZORÍTÁSÁNAK TERVEZÉSE

Barányi István

Abstract

In the design of test reactors, it is important to ensure simple handling and easy assembly in the course of periodic operations. As regards structure and sealing, however, homogeneous distribution of the sealing force is essential along the perimeter of the sealing.

In this paper I compare two fastening methods of the blind flange. I present the advantages of the hydraulic fastening method against the screw fastening method.

Keywords:

sealing force, homogeneous distribution, pressure vessel, blind flange

Összefoglalás

Kísérleti reaktorok tervezésekor fontos szempont az egyszerű kezelhetőség és a szakaszos üzemeltetés közbeni könnyű szerelhetőség megvalósítása. A szerkezet és a tömítés szempontjából viszont lényeges a tömítőerő homogén eloszlását biztosítani a tömítés kerülete mentén.

Cikkemben a hagyományos, csavarral történő síkfedél rögzítését hasonlítom össze egy hidraulikus leszorítási móddal.

Kulcsszavak:

tömítő erő, homogén eloszlás, nyomástartó edény, vakkarima

1. Bevezetés

A BMF Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Gép szerkezettani és Biztonságtechnikai Intézete megbízást kapott egy nagy nyomáson és magas hőmérsékleten üzemelő kísérleti reaktor kifejlesztésére.

A reaktor tervezésekor elsődleges szempont volt a működési paraméterek (200 bar nyomás, 600°C, 2 liter űrtartalom, hidrogén közeg) pontos beállíthatósága és szabályozhatósága, valamint a szakaszos üzemeltetés miatt a gyors szerelhetőség [1]. A megvalósított konstrukcióban alkalmazott fésűs tömítés előfeszítésekor használt erő értékét a vonatkozó szabványok alapján határoztuk meg, de a reaktornál néhány esetben hidrogén szivárgás jelentkezett. Ennek a szivárgásnak az oka a síkfedélnél alkalmazott csavarkötés által kifejtett erő változása volt. Az erőváltozás egyrészt a kerület mentén fellépő fedél és karima deformációja, másrészt pedig a csavarszárban a meghúzáskor ébredő erő pontatlan

beállítása volt. A reaktor további biztonságos használatához lehetséges fejlesztési irányelvként egy hidraulikus fedélleszorító konstrukciót dolgoztam ki.

2. A síkfedél szilárdságtani analízise hidraulikus leszorítás esetén

A síkfedél szilárdsági méretezésekor figyelembe kell vennünk azt a ténytet, hogy fedél nem csavarok segítségével lesz lefogatva. Ezért a fedél keresztmetszeti tényezőjét csökkentő furatok nem kerülnek elkészítésre. A fedél erőjátéka megváltozik, és a nyomásterhelés állandó hatása mellett a tömítőerő által létrehozott nyomaték nagysága változik, előjele pedig ellentétes irányú lesz.

A szakirodalom által közölt összefüggések körlemezre vonatkoztatva adják meg a lemez alsó és felső síkjában ébredő radiális, illetve tangenciális feszültségek kiszámítására vonatkozó összefüggéseket. A méretezéskor figyelembe kell venni, hogy a fedél középpontjában nem koncentrált terhelés, hanem egy a körfelületen egyenletesen megoszló felületi terheléssel adjuk át a nyomóerőt a 1. ábra szerint [2].

1. ábra. A koncentrált erővel illetve nyomással terhelt fedél geometriai paraméterei

A fedélben ébredő radiális és tangenciális feszültségek a (1-4) összefüggés segítségével határozhatók meg erő illetve nyomásterhelés esetén:

$$\sigma_r^{erőterh.} = 0,62 \frac{F}{h^2} \ln \frac{R}{r} \quad (1)$$

$$\sigma_t^{erőterh.} = 0,62 \frac{F}{h^2} \left(\ln \frac{R}{r} + 0,539 \right) \quad (2)$$

$$\sigma_r^{nyomásterh.} = 1,5 \frac{pb^2}{h^2} \left[1 + 1,3 \ln \left(\frac{R}{b} \right) - 0,175 \left(\frac{b}{R} \right)^2 - 0,825 \left(\frac{r}{b} \right)^2 \right] \quad (3)$$

$$\sigma_t^{nyomásterh.} = 1,5 \frac{pb^2}{h^2} \left[1 + 1,3 \ln \left(\frac{R}{b} \right) - 0,175 \left(\frac{b}{R} \right)^2 - 0,475 \left(\frac{r}{b} \right)^2 \right] \quad (4)$$

Az összefüggésekből látható, hogy a lemez vastagságát - amely egyben a hidraulikus munkahengerrel nyomott felület sugara is – csak iterációs eljárással tudjuk meghatározni. A radiális és tangenciális feszültségéből számított redukált feszültség értéke nem haladhatja meg a biztonsági tényezővel csökkentett folyáshatár értékét. Az iterálás elvégzése után kapott szükséges fedélvastagság $h=50$ mm volt.

3. A síkfedél végelelemes analízise

A végelelem modell elkészítésekor figyelembe vettem a szimmetriát, és a hidrogén bevezetéséhez és kivezetéséhez szükséges csövek elhelyezkedését. Ezen megfontolások segítségével készítettem el a geometriai modellt, definiáltam a terheléseket és megfogásokat. A modellen található tetragonális elemek száma 62866, a csomópontok száma pedig 93279.

A keletkező feszültségek pontosságát a hálózás sűrítése segítségével végeztem el. A kialakított hálózást a két szomszédos pont közötti feszültségváltozás nagysága alapján többszörösen módosítottam, amíg a megfelelően finom felbontást nem kaptam. Az elkészített hálózás segítségével meghatározott feszültségeket szemlélteti a 2. ábra.

A modellen látható, hogy a fedélen ébredő feszültségnél maximális érték a furat gyengítő hatása miatt és a hidraulikus nyomásból származó leszorító erő miatt keletkezik. A legnagyobb keletkező feszültség a modellen 131,6 MPa, ami kisebb a megengedett értéknél.

2. ábra. A feszültség eloszlása a fedélben

4. A geometriai méretek optimalizálása

Az ébredő feszültségekből látható, hogy a fedél tömítéssel érintkező felületénél nagyobb sugáron nem ébred számottevő nagyságú feszültség, így a fedél geometriájának módosításával csökkenteni tudjuk a szükséges anyagmennyiséget. Az optimalizált geometriájú modellben ébredő feszültségeket mutatja az 3. ábra, melyet 47288 csomópont és 30652 tetragonális elem segítségével határoztam meg.

Amint a modellen látjuk, a jelentős anyagelvételek nem okoz feszültségnövekedést, ezért a modellen történő változtatások megfelelőek. A fedél átmérője természetesen tovább csökkenthető lenne, viszont akkor a fedél központosítását nehezebb lenne megoldani.

3. ábra. Az optimalizált kialakítású fedélben ébredő feszültségek

5. Következtetések / Összefoglaló

Fém tömítések esetén a felfekvő felületek hullámossága és a leszorító erő kerület menti megoszlása nagyban befolyásolja a tömítettséget. Kísérleti berendezéseknél - ahol biztosítani kell a gyors szét- és összeszerelést – célszerűbb alkalmazni a hagyományos, csavarral történő leszorítási mód helyett a hidraulikus fedélrögzítést.

Hidraulikus leszorítás esetén nemcsak a kísérletek közötti szerelési idő csökken töredékére, hanem a fedél szükséges vastagsága is csökken, mivel a fedelet hajlító leszorító erő és a nyomásterhelés hatására ellentétes értelmű hajlítónyomaték ébred a konstrukcióban. Így a kialakítás optimalizálásával és a csavarhelyek elhagyásával anyag, és ezzel tömegcsökkentést érhetünk el.

Irodalom

- [1] Barányi, I. – Székelyhidi, E. – Varga P.: *Nagy nyomáson és magas hőmérsékleten működő kísérleti reaktor tervezése*. Fiatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka (Kolozsvár, 2007. március 16-17) kiadványa, pp.23-26
- [2] Muttányánszky, Á.: *Szilárdságtan* Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1981

Barányi István, tanársegéd

Munkahely: BMF, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Gépszerkezettani és Biztonságtechnikai Intézet

Cím: 1081 Budapest, Népszínház u. 8.

Telefon / Fax: +36-1-666-53-37, E-mail: baranyi.istvan@bgk.bmf.hu