

# CSÖGÖRÉNYEZHETŐ GÁZ-, ÉS KŐOLAJ HATÁROLÓ KÉSZÜLÉK (DUGÓ) TESZTELÉSE

## TESTING OF PIGGABLE ISOLATION DEVICE (PLUG) FOR GAS AND OIL PIPELINES

*Dr. Várszegi Tibor<sup>1</sup>, Miskei István<sup>2</sup>*

*1- Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, 2- Sentimento Kft.*

### ABSTRACT

During repairs, the fault location of the gas or oil pipeline must be demarcated, i.e. the pipeline must be disconnected. The aim of the latest developments for sectioning is to limit the boundary without tapping the pipeline, from the inside, the so-called With a “Piggable Isolation Plug”. This procedure is called “Non-Invasive” delimitation. In this case: a “fitting” consisting of two “pipe ferrules” is conveyed by the pressure of the transported medium to the fault location, where the fitting is stopped and then separated so that the baffles (ferrets) interfere with the repair site. The position of the plugs is then fixed and, by activating the seals, it is ensured that the transported medium cannot flow into the pipe section between the plugs, i.e. at the place of repair. In this article, we present the step in the development of a new type of “pipe-ferrous gas and oil boundary device (plug)” when the designed device is tested, before the final version of the prototype is developed.

Keywords: gas and oil delimitation, pipe ferrule delimiting plug, plug fixing, piggable isolation

### 1. BEVEZETÉS

A „Mobil mechatronikai ipari alkalmazások fejlesztése lézer- és szerkezeti feszültség mérési technológiák alkalmazásával” című és „KFI 16 – 1 -2017 – 0216” számú projekt olyan fejlesztések megvalósítását tűzte ki célul, amelyek: pontosabbá, könnyebbé, és gyorsabbá teszik a földgáz és kőolaj szállító csővezetékek terepi javítását, a csővezeték szakaszok cseréjét.

A földgáz és kőolaj szállító és elosztó rendszer a földgáz-, és kőolajmezőktől a fogyasztókig terjedő csővezetékes energiaellátó rendszernek a központi eleme, amely integrálja a forrásokat, elszállítja az energiahordozókat a forráskörzetekből a fogyasztói körzetekbe, továbbá biztosítja az adott ország jogszabályaiban rögzített pontosságú mérés és elszámolás technikai feltételeit. A szállító csővezeték rendszerek 25 – 100 bar nyomástartományban,

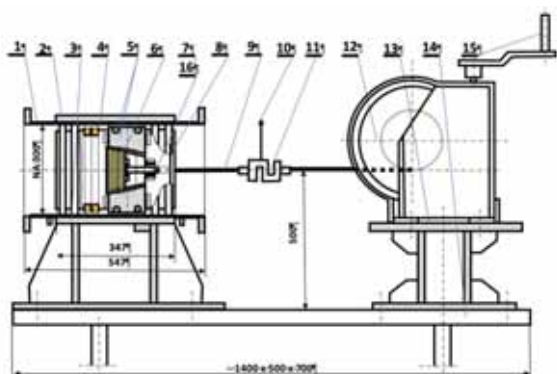
általában földbe fektetve üzemelnek kontinensek között, a kontinenseken vagy az országhatárokon belül, és lehetővé teszik az energiahordozónak a biztonságos, és gazdaságos szállítását. [1], [2], [3].

A csőrendszer meghibásodása esetén, miután a javítást végző Társaságok megkapták a hibák helyéről készült információkat, megkezdik a javításra vonatkozó előkészületeiket, amelyek közül első helyen – hagyományosan - a hiba helyét tartalmazó csőszakasz leszakasztása, a „gázhatárolás vagy „kőolaj-határolás” kialakítása szerepel. Régebben ez magával hozta a csővezetékben lévő gáz kiszellőztetését (környezetbe való kiengedését), az olaj leeresztését, majd a csőszakasz inert gázzal (általában: nitrogénnel) történő átöblítését is, továbbá gyakran a gáz-, és kőolajszolgáltatás szüneteltetését is („Shotdown”). Újabban, csak a hibahely közvetlen környezetét zárják le, sokszor kerülővezeték építenek ki, amelyen keresztül a szolgáltatás a javítás alatt sem szünetel. Erre – leggyakrabban - a csővezetékek ún. nyomás alatti megfúrása (megcsapolása), („Hot Tapping”), majd az elzárása (dugózása), („Plugging”) nyújt lehetőséget. Az elzárás történhet: egy-, vagy kétagú mechanikai elemmel, egy-, vagy kétagú ballonokkal, gumidugóval, vagy a mechanikai elemek és a gumidugó kombinálásával. A legújabb fejlesztések célja: a gáz- vagy kőolaj határolást szintén nyomás alatt, de a csővezeték megcsapolása nélkül, belülről, ún. csögörényezhető határoló dugóval („Piggable Isolation Plug”) történő végrehajtása. Ezt az eljárást: roncsolásmentes („Non-Invasive”) határolásnak nevezik. Ebben az esetben: két csögörényezhető határoló dugóból álló szerelvényt a szállított közeg nyomásával eljuttatják a hiba helyére, ahol a szerelvényt szétválasztják úgy, hogy egy-egy dugó (csögörény) közrevegye a javítás helyét. Ezután a aktiválásával biztosítják, hogy a dugók közötti csőszakaszba, azaz a javítás helyére a szállított közeg ne áramolhasson be. [4], [5], [6].

### 2. A TESZTELÉS ESZKÖZRENDSZERE

A teszteléshez egy vizsgálópád került kialakításra. Ebből: a fékező saruk (5) teszt-berendezést az 1. ábra; a tömítések (10) teszt-berendezést a 2. ábra mutatja. A tesztelésre kerülő csőgörény fényképe a 3. ábrán látható.

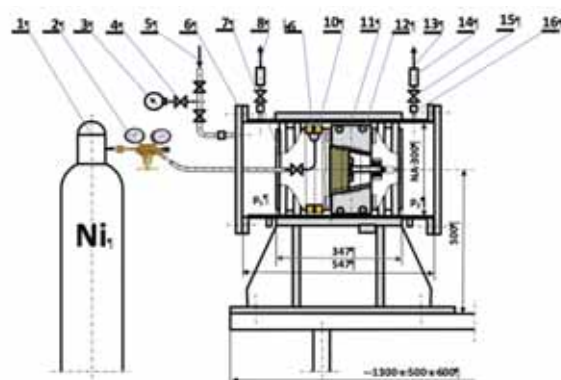
Fékező és rögzítő saruk (5) teszt-berendezés (ld. 1. ábra) feladata: a „Csőgörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék” fékező és rögzítő sarui (5) működésének ellenőrzése. Részegységeit és azok típusait: az 1. ábra elnevezése alatt találjuk. A berendezés alapeleme: az NA 300 mm belső átmérőjű teszt-cső (1). Ebbe kerül behelyezésre a tesztelendő: „Csőgörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék” prototípusa. A teszt-csővet (1) a csőtartó felsőrész (2) és csőtartó alsórész (3) tartja helyzetben, és rögzíti, amelyeket csavarokkal szorítanak össze. A csőtartó alsórészt (3) azután az asztalhoz (15) erősítjük. A fékező és rögzítő saruknak (5) a radiális irányú elmozdítását, azaz, a teszt-cső falához való szorítását, ezzel a „Csőgörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék” adott helyzetben történő rögzítését: a feszítő – kúp (6) végzi, amelyet axiális irányban a feszítő menetes szár (7) mozgat, amelynek meghúzási nyomatékát a (16) nyomatékmérő kulcs mutatja. A kúp kúpszöge:  $10^\circ$ , a menetes szár menete: M16 x 1,5 finommenet. A feszítő kúpot: a menetes szár mozgatásával húzzák vissza, és az „O – gyűrűk” tartják zárt helyzetben. A rögzített készüléknek a teszt-csőben való axiális irányú elmozdítását: a „csigahajtóműves kézi csörlő” (13) végzi, miközben az elmozdításhoz szükséges erő mérése és az adatok rögzítése - az AHLBORN gyártmányú - (10) és (11) műszerekkel történik. A csörlő terhelhetősége: 50000 N, a sodronykötél javasolt átmérője: 20 mm. A csörlőt a (14) tartóhoz, majd az asztalhoz (15) rögzítik.



1. ábra. Csőgörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék, fékező saruk (5) teszt-berendezés

1 – Teszt cső (NA 300/547); 2 – Csőtartó felsőrész; 3 – Csőtartó alsórész; 4 – Csőgörény tömítés; 5 – Fékező saruk O – gyűrűkkel; 6 – Feszítő kúp; 7 – Feszítő menetes szár; 8 – Csőgörény fedél; 9 – Sodronykötél; 10 – ALMEMO 2290 mérő - adatrögzítő+ PC; 11 – AHLBORN erőmérő cella,

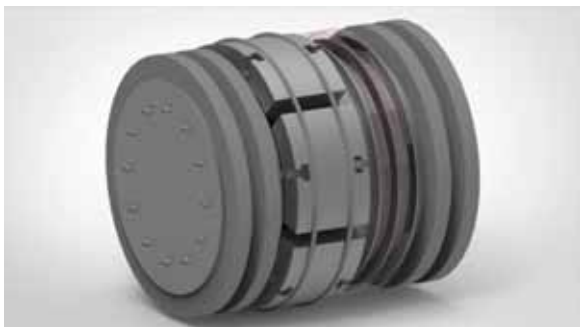
K25, 50 kN; 12 –; SG0-5000 csigahajtóműves kézi csörlő; 13 – Tartó; 14 – Asztal; 15 – Kézi hajtókar; 16 – Nyomatékmérő kulcs



2. ábra. Csőgörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék, tömítést (10) tesztelő berendezés

1 – Nitrogén palack: P10, Messer; 2 – Nyomáscsökkentő Ni-gázhoz; 3 – Nyomásmérő óra, 16 bar-ig; 4 – Szelep; 5 – Levegő a kompresszortól, GÜDE 300/10/50; 6 – Vakkarima; 7 – Csőgörény fedél; 8 – Csatlakozás az ALMEMO 2290 mérő adatrögzítőhöz + PC-hez; 9 – Tömítés felfújó vezeték; 10 – Felfújható szilikon tömítés (28 x 6 x 3); 11 – Teszt cső (NA 300/547); 12 – Fékező saruk; 13 – Csatlakozás az ALMEMO 2290 mérő adatrögzítőhöz + PC-hez; 14 – AHLBORN nyomástávadó, FDA 602 L5R; 15 – Szelep, 3/8 coll; 16 – Schrader szelep (gyorscsatlakozó), 3/8 coll

Tömítések (10) teszt-berendezés (ld. 2. ábra) feladata: a „Csőgörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék” tömítései (10) működésének ellenőrzése. Részegységeit és azok típusait: a 2. ábra elnevezése alatt találjuk. A teszt-cső (a 2. ábrán: 11), valamint a teszt-csővet megfogó, és a berendezést tartó részegységek (ld. 1. ábra: (2), (3), és (15)) ugyanazok, mint ami az 1. ábrán látható. Új egységek: (1) – a Ni palack, és a (2) – nyomáscsökkentő szelep, amelyek a tömítés felfújó vezetékéhez (9) csatlakoznak. A tömítések felfújása után a teszt-csővet mindkét végén vakkarimával (6) lezárjuk, ami által a tömítés előtt ( $p_1$ ) és után ( $p_2$ ) nyomású tér jön létre. A ( $p_1$ ) nyomás beállítása az (5) csőcsonkon keresztül légkompresszorral történik, és a nyomást a (3) óra mutatja. A ( $p_2$ ) nyomás atmoszférikus marad. A két térben (a tömítés előtt és után) a nyomás változását a (14), (15), és (16) egységekből álló rendszer méri, amely egyik oldalán a teszt-csőbe erősített Schrader-szelepes csonkhoz (16), illetve a másik oldalán az ALMEMO mérő-adatrögzítőhöz (8 és 13) csatlakozik. A két tér közötti nyomáskülönbség ( $\Delta p_i = p_1 - p_2$ ) változása mutatja a tömítés megfelelő vagy nem – megfelelő működését.



3. ábra. Csögörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék (dugó)

**1 - teszteset.** A „csögörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék” fékező és rögzítő sarujának elmozdításához szükséges nyomás, azaz a csőben uralkodó üzemi nyomás ( $p_{\bar{u}}$ ) megengedett értékének meghatározása (a berendezést ld. 1. ábra). Ezt a rögzített helyzetből való elmozdításhoz szükséges axiális irányú erő ( $F_a$ ) mért értékéből számítással állapítjuk meg, a különböző – a csőfal és a csögörény között fellépő – súrlódási esetekre. A számítást az alábbi módon végezzük:

$$p_{\bar{u}}(\mu) = F_a/A_{cs\acute{o}} = F_a/((NA)^2 \cdot \pi)/4 \quad (1)$$

Ahol:  $A_{cs\acute{o}}$  – a teszt-cső belső keresztmetszetének felülete,  $m^2$ ,

$NA$  – a teszt-cső névleges (belső) átmérője,  $(NA) = 300 \text{ mm} = 0,3 \text{ m}$ .

A fékező és rögzítő saruk elmozdításhoz szükséges erő ( $F_a$ ) egyenlő: a fékező és rögzítő saruk és a teszt – cső fala között ébredő súrlódási erővel ( $F_a = S$ ). A súrlódási erőt ( $S$ ): a sarukat a teszt-cső falához hozzászorító normális irányú erő ( $F_n$ ), valamint a saruk és a csőfal közötti súrlódási tényező ( $\mu_s$ ) szorzata adja ( $S = \mu_s \cdot F_n$ ). A normális irányú erő ( $F_n$ ) nagyságát a „feszítő mozgató” egységre (1. ábra (6) és (7)) ható meghúzási nyomaték ( $M_f$ ) határozza meg, amelyet a nyomatékmérő kulcs (1. ábra (16)) mutat meg.

Az (1) teszteset során: egy adott nyomatéknál ( $M_f$ ), és változó súrlódási tényezőknél ( $\mu_s$ ) végezzük a saruk elmozdításához szükséges erő meghatározását ( $F_a$ ). Az elmozdításhoz szükséges erőt a csigahajtóműves kézi csőrlővel (1. ábra (13)) hozzuk létre, és az erőmérő cellával (1. ábra (11)) mérjük, amelynek értékét a cellához kapcsolt ALMEMO mérő – adatrögzítő (1. ábra (10)) mutatja. A vizsgálati paraméter:

$M_f$  – a vizsgálat során kerül beállításra, mérésre.

**2 - teszteset.** A „csögörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék” tömítése vizsgálatának célja (berendezést ld. 2. ábra): a tömítések zárásának ellenőrzése. Először: az előző (1) tesztesetnél

vizsgált fékező és rögzítő sarut a fentiekben leírtak szerint zárjuk, azaz a feszítő kúpot mozgató csavarorsót az „ $M_f$ ” nyomatékkal előfeszítjük. Ezzel biztosítjuk, hogy a teszt-csőben a szivárgás ellenőrzésére létrehozott nyomáskülönbségből származó axiális erő nem lesz nagyobb, mint amit a fékező és rögzítő sarú fel tud venni. Ezután a tömítéseket az Ni – gázpalackból (2. ábra (1)) „ $p_t$ ” nyomással felfújjuk, majd a vakkarimákat (2. ábra (6)) felhelyezzük. Ezzel, ahogy az a 2. ábrán látható, két zárt teret hozunk létre: egyet a tömítések előtt, egy másikat a tömítések mögött. A következő lépésben: a tömítések előtti térben a nyomást ( $p_1$ ) az 1. tesztesetnél számított üzemi nyomás ( $p_{\bar{u}}(\mu_s)$ ) értékére növeljük, azaz:  $p_1 = p_{\bar{u}}(\mu_s)$ , és mérjük a tömítések mögötti térben beállított atmoszférikus nyomás ( $p_2 = 1 \text{ bar}$ ) változását. Amennyiben a tömítések nem zárnak megfelelően, azaz szivárognak: a „ $p_2$ ” nyomás az atmoszférikus érték fölé emelkedik.

### 3. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az **1. teszteset:** a készülék „fékező-, és rögzítő sarú” elemének működését vizsgálta, és mérte – adott előfeszítési nyomaték ( $M_f$ ) esetén - a készülék elmozdításához szükséges axiális erőt ( $F_{ax}$ ), valamint ennek ismeretében kiszámolta: a csőben megengedett maximális üzemi nyomást ( $p_{\bar{u}}$ ), valamint az elemek és a csőfal között fellépő súrlódási tényezőt ( $\mu_s$ ), 9 – féle „teszt-cső-fal” minőség (érdesség) esetén. A kapott mérési, és számítási eredményeket az első 27 jegyzőkönyv tartalmazza. A mérés és a számítás módszere a „Csögörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék” „Tesztelési terv” című dokumentumban található meg.

A **2. teszteset:** a készülék „tömítésének” működését vizsgálta. A berendezés kialakítása, ezen belül a teszt-csövek fala minőségének (érdességének) változatai ugyanolyanok voltak, mint az 1. tesztesetnél. Továbbá, a vizsgálat első lépéseként a fékező, és rögzítő sarut ugyanakkora nyomatékkal ( $M_f$ ) feszítettük elő, mint az előző tesztesetnél. A vizsgálatához a tömítés előtt és után két zárt teret hoztunk létre. Az 1. teret akkora nyomással ( $p_1$ ) terheljük, amely megfelelt az 1. tesztesetnél kapott üzemi nyomásnak ( $p_{\bar{u}}$ ), és súrlódási tényezőnek ( $\mu_s$ ). Ezáltal biztosítottuk, hogy az axiális terhelést a „fékező, és rögzítő saruk” vegyék fel. A tömítés akkor működött megfelelően, ha a 2. tér nyomása az – esetenként - 1 – órás tesztelési idő alatt, nem nőtt meg, azaz  $p_2 = 1 \text{ bar}$  maradt. A kapott mérési eredményeket a 28 – 108 számú jegyzőkönyvek tartalmazzák. A mérés módszere részletesen a „Csögörényezhető

gázhatároló készülék” „Tesztelési terv” című dokumentumban található meg.

A „csögörényezhető gáz-, és kőolaj határoló készülék” tesztelésének eredményeit e dokumentumhoz mellékelte 108 db „tesztelési jegyzőkönyv” tartalmazza, amelyek a projekt szakanyagában találhatóak meg. A jegyzőkönyvekben lévő mérési eredmények alapján, az excel – táblázatokban végzett kiértékelés eredményeit szintén a jegyzőkönyvek tartalmazzák (ld. 1-27 jegyzőkönyv,  $p_{ü}$ , és  $\mu_s$  mennyiségek).

Itt, ezeket – az értékeléssel együtt - összefoglalva közöljük.

- Az 1. tesztesetnél mért axiális erőkből ( $F_{ax}$ ) számított üzemi nyomások ( $p_{ü}$ ) értékei azt mutatták, hogy a „fékező, és rögzítő saruk” viszonylag alacsony nyomásnál képesek a készülék rögzítésére. Ennek értéke: erősen érdes és száraz test-csőnél volt a legmagasabb, de sokkal kisebb volt, ha a test – cső falát víz, vagy olaj borította. A minimális értéket: olajjal borított (kőolajat szállító) simafalú (új) test-csőre kaptuk, amelynek értéke:  $p_{ü} = 1,14$  bar túlnyomás volt.
- Az előző pontnak megfelelően változott a fékező-, és rögzítő sarúk és a test-cső fala közötti súrlódási tényező, amely a mérések és számítások alapján:  $\mu_s = 0,07 - 0,41$  tartományban ingadozott, ami megfelel, a szakirodalomban található értékeknek.

A 2. tesztesetnél: az üzemi nyomásra ( $p_1 = p_{ü}$ ) szintén alacsony értékeket kaptunk, ami – egyrészt - az előző bekezdésekben elmondottakkal van kapcsolatban, és a következő pontban leírtakkal javítható.

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Összefoglalva: a készülék használatához a csővezetéket csaknem „teljesen” nyomásmentesíteni kell. Akkora nyomáskülönbséget ( $\Delta p = p_1 - p_2$ ) kell hagyni, amely a csögörény mozgatásához szükséges. Szakirodalmi adatok szerint, ennek ajánlott értéke:  $\Delta p = 0,02$  bar/km, ami 16 km-re való mozgatásnál (a szakaszoló létesítmények maximális távolsága:  $L = 32$  km lehet) sem haladja meg: a  $\Delta p = 0,32$  bar értéket. Ez sokkal kisebb, mint a legkisebb mért üzemi nyomás (túlnyomás) nagysága:  $p_{ü, min} = 1,14$  bar. Tehát a készülék ekkora nyomásmentesítés esetén, mindenféle csőérdességnél, és szállított közegnél ((vizes) gáz, kőolaj) alkalmazható.

A tesztelés és a számítási eredmények alapján, a rögzítéskor megmaradó üzemi nyomás ( $p_{ü}$ ) növelésére az alábbiak javasolhatók:

- Az üzemi nyomás ( $p_{ü}$ ) értéke – egyrészt - a csavarorsó méretének és anyagminőségének a javításával, összességében az előfeszítő nyomaték ( $M_f$ ) növelésével emelhető. Továbbá, az üzemi nyomás növelhető, ha a csavarorsó helyett hidraulikus előfeszítést alkalmazunk.
- Másrészt, növekedés érhető el a fékező-, és rögzítő saruk felületi érdességének növelésével, amely emeli a súrlódási tényező ( $\mu_s$ ) értékét. A szakirodalom szerint: fémes anyagú fékező-, és rögzítő saruk felületének speciális érdesítésével, sokkal nagyobb súrlódási tényező (pl.  $\mu_s = 3$ ) érhető el, ami azt eredményezi, hogy az üzemi nyomás is sokkal nagyobb lehet (pl.  $p_{ü} = 100$  bar).

Továbbá, a tömítőelemek pneumatikus felfújása helyett: nagyobb méretű, tömör anyagokat lehetne alkalmazni, amelyeket hidraulikus szerkezet nyomásával feszítenek a csőfalnak.

A kutatás a „**Mobil mechatronikai ipari alkalmazások fejlesztése lézer- és szerkezeti feszültség mérési technológiák alkalmazásával**” című és „**KFI 16 – 1 -2017 – 0216**” számú projekt támogatásával valósult meg.

#### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Tihanyi, L. – Zsuga, J.: Földgázszállító rendszerek tervezése és létesítése. Miskolci Egyetem. docplayer.hu/4535709. 2012. 225 oldal.
- [2] TT 3000 – Gázfogadó és nyomásszabályozó állomások. TIGÁZ-DSO Kft. www.tigazdso.hu/vallakozasok.... 2017. 84 oldal.
- [3] Gázelosztó, és célvezeték tervezése, kivitelezése, üzemeltetése – szabályzat. E.ON Dél-Dunántúli Gázhálózati Zrt. docplayer.hu/24513776. 2010. 221 oldal.
- [4] TT 1000 – Gázelosztó vezeték tervezése. TIGÁZ\_DSO Kft. www.tigazdso.hu/vallakozasok.... 2017. 116 oldal
- [5] Tihanyi László – Zsuga János: Földgázszállító rendszerek üzemeltetése. Miskolci Egyetem, 2013. www.gas.uni-miskolc.hu/publics/Gázszállító%20rendszer%20üzemeltetése-21.pdf. 2013. 201 oldal.
- [6] Dr. Boros Tiborné: Új fejlesztésű robot csögörénnyel. www.omikk.bme.hu/collections/mgi\_fulltext/trend/2006/03/0304.pdf. 2017. 6 oldal.