

CSÖGÖRÉNYEZHETŐ GÁZ- ÉS KŐOLAJ HATÁROLÓ KÉSZÜLÉK (DUGÓ) RENDSZERINTEGRÁCIÓS KISMINTA TESZTELÉSE

SYSTEM INTEGRATION TESTING OF PIGGABLE GAS AND PETROLEUM PIPE ISOLATION DEVICE (PLUG)

*Dr. Várszegi Tibor¹, Simon J. Gergely² Valu Gyula²
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”. The free movement of pig in the pipe can be impeded by defects in the shape of the pipe (e.g. curvature, dents, etc.), materials released from the transported medium (e.g. wax, etc.). When developing a pig, it is advisable to test the forward speed in advance. The article: presents the small sample pipe-pig used for testing, and the development of the small sample piping system, as well as the measurement of the ferret's forward speed. Measurements were made on a “flawless” small sample line, but artificially designed faulty pipe sections can also be inserted and tested into the system.

Keywords: pipe-pig, pipe-pig start and receive chamber, pipe-pig speed, straight and curved pipe

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.

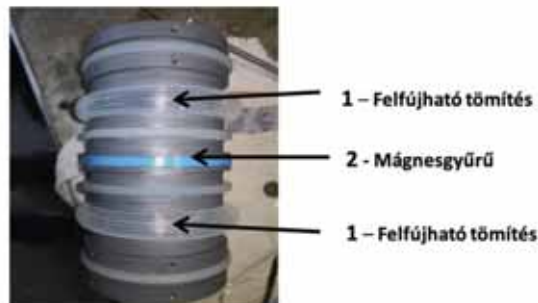
A csőrendszer meghibásodása esetén, miután a javítást végző Társaságok megkapták a hibák helyéről készült információkat, megkezdik a javításra vonatkozó előkészületeiket, amelyek közül első helyen – hagyományosan - a hiba helyét tartalmazó csőszakasz leszakasztása, a „gázhatárolás vagy „kőolaj-határolás” kialakítása szerepel. A legújabb fejlesztések célja: a gáz-, vagy kőolaj határolást szintén nyomás alatt, de a csővezeték megcsapolása nélkül, belülről, ún. csőgörényezhető határoló dugóval („Piggable

Isolation Plug”) történő végrehajtása. Ezt az eljárást: roncsolásmentes („Non-Invasive”) határolásnak nevezik. Ebben az esetben: két csőgörényezhető határoló dugóból álló szerelvényt a szállított közeg nyomásával eljuttatják a hiba helyére, ahol a szerelvényt szétválasztják, úgy, hogy egy-egy dugó (csőgörény) közreveggye a javítás helyét. Ezután a dugók helyzetét rögzítik, és a tömítések aktiválásával biztosítják, hogy a dugók közötti csőszakaszba, azaz a javítás helyére a szállított közeg ne áramolhasson be.

Ez az anyag az ún. „Rendszerintegrációs tesztelési terv” leírását tartalmazza. A „rendszerintegráció” azt jelenti, hogy a csőgörényezhető gázhatároló készüléket, mint „egészet” azaz a részegységek integrációja után vizsgáljuk. A tesztelés célja, hogy az egyes tesztelési lépéseken áthaladva, a rendszer egészének működéséről, a csővezetékben (pl. egyenes csőszakaszban és csőívben) való futásáról meggyőződünk. A vizsgálatokat a prototípus készülékről készített kismintán hajtjuk végre, az ehhez illeszkedő kisminta vizsgáló berendezésen. [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8].

2. A TESZTELÉS ESZKÖZRENDSZERE

A tesztelendő egység (ld. 1. ábra)



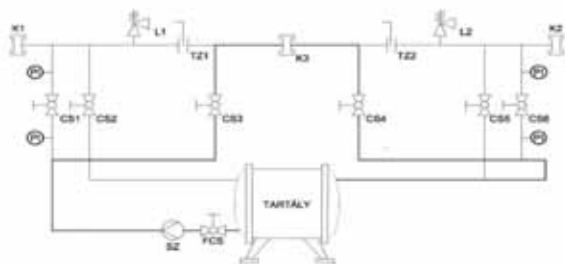
1. ábra. Csőgörény kisminta

A csőgörény kisminta a tömítés elvét tekintve megfelel a prototípuson alkalmazott, kettős zárást biztosító megoldásnak. PVC-Glas 75/3,6, SDR 21 cső adja a dugó házat, ami változtatható keresztmetszetű szilikon tömítéssel lett ellátva. A

felfújódó tömítés a görényben elhelyezett levegőtartályból egy elzáró szerelvényen keresztül, távirányítással kapcsolt mágnes szelepen át kap levegő betáplálást. A kisminta mérete: Ø 99 x 130 mm, ami M 1 : 3 kicsinyítésnek felel meg.

Teszt berendezés (egyenes csőszakasszal és csőívvvel) (ld. 2. és 3. ábra)

A csővezeték DN 110 (főág)/DN 50 (mellékág) PVC csőből, valamint DN 50 ragasztható szerelvényekből áll. A vastagított vonallal jelölt vezetékszakas (ld. 2. ábra) a normál üzemi kört (a főágot) szimulálja, a szivattyú által a tartályból nyomott víz a nyitott CS3 golyóscsapon keresztül, a K3 karimakötésen át (mely a szerkezet átépíthetőségét hivatott biztosítani, azaz ide szerelik be a tesztelt egyenes csőszakaszt, vagy csőívet), és a nyitott CS4 golyóscsapon keresztül áramoltatja vissza a tartályba. A nyomásmérő órák a két kör közötti nyomáskülönbségek szemléltetésére szolgálnak.



2. ábra. A teszt kör kapcsolási vázlat

TARTÁLY – víztároló (1 m³);

Főág: FCS – főcsap (golyóscsap); SZ – szivattyú (ASTRAL Victoria Plus); CS3, CS4 – golyóscsapok; K3 – karimás csökötés a tesztelt csőelemek befogására;

Mellékág: TZ1, TZ2 – tolózárak; L1, L2 – légtelenítő szelepek; K1, K2 – vakkarimák, a kisminta csőgörény behelyezése/indítása (3.a ábra), és fogadása/kivétele (3.b

ábra); CS1, CS2, CS5, CS6 – golyóscsapok; PI – nyomásmérő órák



3. ábra. a. – az „indítókamra”, b. – a „fogadókamra” fényképe

A „görényezés” folyamán az indítókamrában előre elhelyezett csőgörényt a következőképpen indítjuk:

- a CS1 golyóscsapot kinyitva az indítókamrát feltöltjük folyadékkal (a CS2 leürítő csap zárva van)

- az L1 légszelep a töltés folyamán légteleníti a kamrát és elzár, amikor az telítődik
- a TZ1 tolózár zárva, a CS3 golyóscsap nyitva
- indításkor a TZ1 tolózárát megnyitva a görény a nyomás hatására elindul
- a csőszakaszon elhelyezett érzékelők által küldött jeleket egy fényoszlopon látattjuk
- az utolsó érzékelő a fogadó kamra előtt van elhelyezve, ahol a TZ2 jelű tolózárát kinyitva a görény „beúszik” a kamrába
- a TZ2 tolózárát megnyitva az áramlás a főágon folytatódik.

PLC vezérelt érzékelő rendszer

A berendezés a fénytorny szegmenseit a 6 db csőgörény érzékelő jelzése alapján kapcsolja be. Minden szenzorhoz három fényszegmens tartozik. Az érzékelő jelzésére a fénytorny megfelelő szegmens csoportja világítani kezd. Az érzékelő jelzésének megszűnésekor a fényszegmensek nem kapcsolnak ki. A fényjelzések kikapcsolása az állapot törlés kapcsoló pillanatnyi elfordításával lehetséges. Ennek hatására minden fényjelzés azonnal megszűnik. Az érzékelők állapotának visszajelzése az állapot törlés kapcsoló kikapcsolása után folytatódik. Az IO-Link Gateway (GW1, Balluff BNI009T) 3. és 4. csatlakozóján a 2-es (+24V DC) és 3-as (0V) lábak között elérhető 1-1 digitális kimenet. A 3-as csatlakozóban lévő kimenet az 1. fényszegmens csoporttal, a 4-es csatlakozóban lévő kimenet pedig a 2. fényszegmens csoporttal párhuzamosan kapcsol.

Tartószerkezet

A tartószerkezet váza 40x60x2 [mm], a keresztmerezítések pedig 40x40x3 [mm] zártszelvényekből áll, ami 4 db D80 CASTOR egysoros keréken és 2 db D50 CASTOR duplasoros fékezhető keréken fut. Az ASTRAL Victoria Plus szivattyú egy 20x20x2 [mm] zártszelvényből álló alapkeretre van szerelve, ami 4 db D50 CASTOR duplasoros, fékezhető keréken mozgatható.

Kapcsolószekrény

A szivattyú be-, és kikapcsolására, valamint a fordulatszám szabályozására, továbbá a kisminta csőgörény tömítésének vezérlésére a felfújás indítására, valamint a lefűvátásra szolgál.

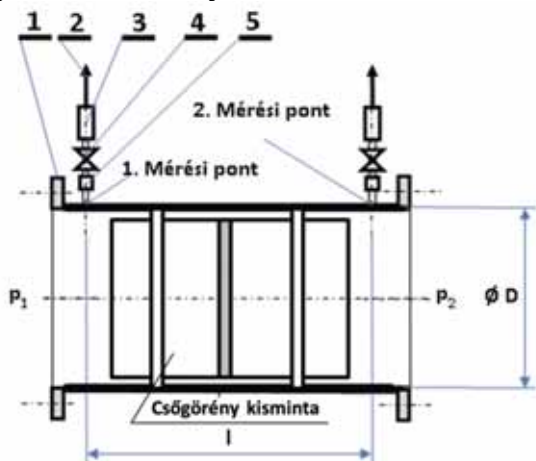
3. A TESZTELÉS MÓDSZERE, TESZTLEÍRÁS

A korábbi leírás tartalmazza, hogy a „K3” karimakötés az a hely, ahol a „rendszer átalakítható”. Ez azt jelenti, hogy ide történik

azoknak az elemeknek – pl. egyenes csőszakasz, és csőív - beillesztése, amelyekben az 1. ábrán látható kisminta készülék futását ellenőrizzük, azaz a prototípus futását szimuláljuk.

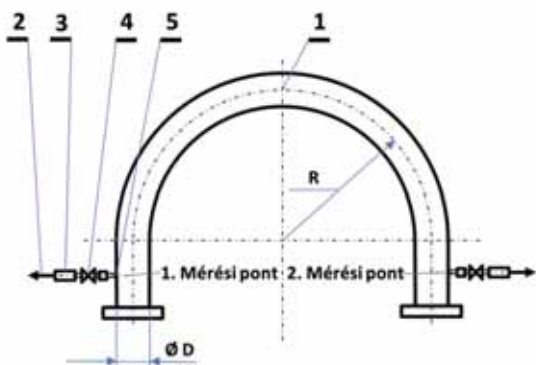
1. **Teszteset.** Ebben az esetben a 2. ábrán mutatott tesztkörbe egy egyenes csőszakaszt (ld. 4. ábra) szerelünk be, a „K3” karimák közé.

2. **Teszteset.** A 2. tesztesetben különböző sugarú csőíveket (ld. 5. ábra) helyezünk be. Mind az egyenes csőszakaszon, mind a csőíveken két mérési pontot alakítunk ki, ahol a csőben a nyomás értékét mérjük.



4. ábra. 1. teszteset - egyenes csőszakasza

1 – Tesztcső karimával, Ø 110 x 5,3, ami a K3 karimához csatlakozik; 2 - Csatlakozás az ALMEMO 2290 mérő adatrögzítőhöz + PC-hez; 3 - AHLBORN nyomástávadó, FDA 602 L3R; 4 - Szelep, 3/8 coll; 5 - Schrader szelep (gyorscsatlakozó), 3/8 coll

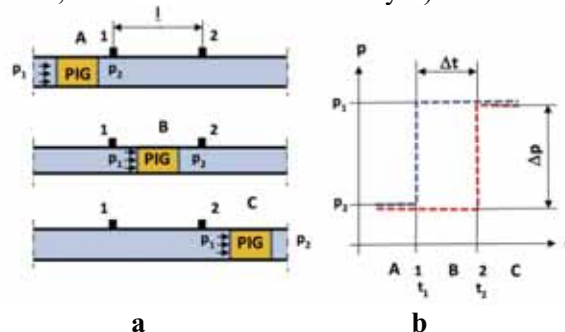


5. ábra. 1. teszteset - egyenes csőszakasza

1 – Tesztcső karimával, Ø 110 x 5,3, ami a K3 karimához csatlakozik; 2 - Csatlakozás az ALMEMO 2290 mérő adatrögzítőhöz + PC-hez; 3 - AHLBORN nyomástávadó, FDA 602 L3R; 4 - Szelep, 3/8 coll; 5 - Schrader szelep (gyorscsatlakozó), 3/8 coll

Minden vizsgálathoz feltétlenül szükség van a nyomás és a nyomáskülönbség mérésére. A csőgörény mozgása közben a 4. és 5. ábrán megadott mérőhelyeken kell a nyomás értékét meghatározni, és ebből lehet a vizsgálati szakaszokon a nyomást és a nyomáskülönbséget ellenőrizni, hogy megfelel – e a beállított

értékeknek. A kiértékelés elvét a 6. ábra szemlélteti (maga az ábra egyenes csőszakaszt mutat, de az elv a csőívre is érvényes).



6. ábra. A nyomástávadók válasza és működése. (a) csővezeték szakasz két nyomástávadóval, (b) – a nyomások alakulása. Forrás: [2].

A 6. a ábra a csőgörény (PIG) három (A, B, és C) helyzetét mutatja, miközben az indító állomástól (balról) a fogadó állomás felé (jobbra) mozog. Eközben a csőgörény elhalad az „1” és „2” mérőhelyek alatt. A 6. b ábra az „1” és „2” mérőhelyeken mért nyomás (p) értékét mutatja, az idő (t) függvényében. Az időt (t) tehát mérni kell, amihez az AHLBORN PC – re telepített AMR szoftverét használjuk, amely 0,1 s – ként mér és kiírja a nyomás értékeit. Miután az „1” és „2” mérőhelyek távolsága (l) ismert (ld. 4. és 5. ábra), a csőgörény (PIG) sebessége (v_{PIG}) a nyomáskülönbség (Δp) függvényében az alábbi módon számítható:

$$v_{PIG}(\Delta p) = \frac{l}{\Delta t(\Delta p)} \quad (1)$$

A tényleges mérésnél, ha a nyomások értéke a csőben változik, a p_1 és p_2 nyomások értéke nem lesz állandó, azaz a karakterisztikájuk nem lesz vízszintes egyenes, hanem exponenciálisan csökkenő értéket mutat. Ezért az előző képlettel számított sebesség az „l” vizsgálati szakaszra

4. MÉRÉSI EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

Az **1. teszteset:** a csőgörénynek az egyenes csőszakaszokban való futását vizsgálta. A kapott értékek változását – a vizsgálati távolságok (l) mellett – alapvetően az alkalmazott nyomáskülönbség (Δp) határozta meg. Mivel a vizsgálati távolságok – a tényleges csővezetékek több kilométer hosszához viszonyítva – viszonylag rövidek voltak, azoknak a hatása a sebességre nem mutatható ki. Ennek okaként azt is megemlíthetjük, hogy az egységnyi csőhosszra eső fajlagos nyomás ($\Delta p/km$) sokkal nagyobb volt, mint, amit a szakirodalom ajánl ($\Delta p_f = 0,02$ bar/km). Az eredményekben a sebességek nyomásfüggése kimutatható volt, ami megfelelt az elméleti teóriának. A sebességek értéke: 0,32 – 0,6 m/s között változott. Az egyes vizsgálatokra

vonatkozó értékek a projekt szakanyagában lévő mérési jegyzőkönyvben található.

A 2. *teszteset*: az 1. tesztesetnél leírt vizsgálatokat csőívekben végezte el. Itt a csőívek sugara került változtatásra, amely befolyással lehet a csögörény futására. A görbületi sugarak értéke ugyanis meghatározza a csögörény hosszát és átmérőjét. Amennyiben ezek értéke a görbülettől függő értéknél nagyobb a csögörény a csőben lelassulhat, sőt elakadhat. Ilyen probléma esetünkben nem merült fel, mivel a csögörényen műanyag vezető lapok érintkeztek a csőfallal, amelyek a csőbe való behelyezéskor meghajoltak. A meghajlás értéke befolyásolta a csőfal és a lapok között fellépő súrlódó erő értékét is. Ívekben való haladáskor a nyomáskülönbség mellett hatással volt a sebességre a centrifugális erő is, amely a görényt a saját súlyánál – ami az egyenes csőszakaszoknál hatott - nagyobb erővel nyomta a csőfalnak. Ennek következménye lehet, hogy a csőívben való haladáskor – azonos nyomáskülönbség esetén – kisebb sebességek adódtak. A mért értékek: 0,27 – 0,45 m/s között váltakozott.

Ahogy már említettük, mindkét tesztesetre a sebességet (v) a mért idő alapján határoztuk meg, amelyeket a jegyzőkönyvek szintén tartalmaznak.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A rendszerintegrációs tesztelés és a számítási eredmények alapján a kifejlesztett „csögörényezhető gázhatároló készülékre” az alábbi következtetések vonhatók le:

- Az 1. tesztesetnél mért sebességek függenek az alkalmazott nyomáskülönbségtől, a nyomáskülönbség növekedésével a sebesség növekszik.
- A 2. tesztesetnél a sebességek – az előzőhöz - hasonlóan függenek a nyomáskülönbség értékétől.
- Továbbá, a 2. tesztesetnél a sebességeket a csőívek sugara is befolyásolja, a sugarak növekedésével a haladási sebesség jobban csökken.
- Végezetül, a 2. tesztesetnél figyelembe kell venni a csögörény hossz/átmérő arányát is, amelynek nagyobb értékei lassítják a csögörényt, sőt annak elakadásához vezethetnek.

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.: Földgázz szállító rendszerek tervezése és létesítése. Miskolci Egyetem. docplayer.hu/4535709. 2012. 225 oldal.
- [2] Victor C. G. Freitas et. al.: “PIG” Detection with Pressure Transducers. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering (An ISO 3297: 2007 Certified Organization) Vol. 5, Issue 9, September 2016. 7 oldal.
- [3] Tan Tien Nguyen, Sang Bong Kim, Hui Ryong Yoo, Yong Woo Rho: Modeling and Simulation for PIG Flow Control in Natural Gas Pipeline. KSME Int. Journal, Vol. 15, No. 8, pp. 1165-1173, 2001.
- [4] D. K. Kim, T. T. Nguyen, H. R. Yoo, Y. W. Rho, Y. T. Kho, S. B. Kim: Analysis of PIG Dynamics through Curved Section in Natural Gas Pipeline. Journal of the Korean Institute of Gas, Vol. 6, No. 1, March, 2002. 9 oldal.
- [5] Sueli Tiomno Tolmasquim, Angela Ourivio Nieckele: Design and Control of Pig Operations through Pipelines. Proceedings of COBEM 2005. 8 oldal.
- [6] S. M. Hosseinalipour, A. Zarif Khalili, A. Salami: Numerical Simulation of Pig Motion through Gas Pipelines. 16th Australasian Fluid Mechanics Conference, Crown Plaza, Gold Coast, Australia, 2-7 December 2007. 5 oldal.
- [7] Mohamad Azmi Haniffa, Fakhrudin Mohd Hashim: Recent Developments in Speed Control System of Pipeline PIGs for Deepwater Pipeline Applications. World Academy of Science, Engineering and Technology 62 2012. 4 oldal.
- [8] A. den Heijer: FRICTIONAL BEHAVIOUR OF PIGS IN MOTION. Master of Science Thesis in Mechanical Engineering at the Delft University of Technology, to be defended publicly on Monday April 25, 2016 at 10:00 AM. 117 oldal.