

# **INNOVÁCIÓS KÖRNYEZETVÉDELMI VERSENY**

**EKO 2005**

**PÁLYÁZAT**

## **NAGYÁTMÉRŐJŰ ACÉL-CSŐVEZETÉKEK JAVÍTÁSA FOLYTONOS ÜZEMMENET MELLETT**

**Készítette:**

GRP PLASTICORR Kft

GKSoft Bt.

MOL Földgázszállító Rt.

Budapest  
2005

# INNOVÁCIÓS KÖRNYEZETVÉDELMI VERSENY – EKO 2005

(Pályázati anyag)

## A projekt címe:

Nagyátmérőjű acél-csővezetékek javítása folytonos üzemmenet mellett

## A célkitűzés, a megoldandó probléma

A főként a szénhidrogén iparban; kőolaj-, földgáz-szállítás céljára használatos, nagyátmérőjű acél-csővezetékek (pl. korrózió okozta) felületi hibáinak javítása esetén a hibás csőszakaszt rendszerint ki kell iktatni az üzemelésből, és a szükséges javítást ilyen állapotban végzik el rajtuk. Ez az eljárás jelentős anyagvesztéssel és szállítási kapacitás kieséssel jár, amelynek elkerülése komoly környezetvédelmi és gazdasági érdek.

## A megoldás fajtája

Termék(berendezés) — Eljárás — Termék(berendezés) és eljárás

## A megoldás definiálása

Az eljárás olyan termék előállítására és feldolgozási technológiájára vonatkozik, amely szobahőmérsékleten képlékenyen alakítható állapotú, és amely anyag külső hőközlés hatására megszilárdul. A termék anyaga üvegszál erősítésű telítetlen poliésztergyanta és/vagy vinilésztergyanta alapú kompozit anyagrendszer, amelyben az erősítőanyag száalai egyirányban orientált állapotban helyezkednek el, ezáltal rendkívül nagy húzószilárdságú termék anyagául szolgálnak.

## A megoldás iparjogvédelme

Bejelentett találmány, használati vagy ipari minta, növényfajta, időpont:  
2004 június 11.

Szabadalom, használati vagy ipari minta oltalom, érvényességi terület: PCT eljárás folyamatban: európai országok, USA, Irak, Irán,  
Szerzői mű, az alkotás időpontja:

## A feltalálók, az alkotók nevei

Kajtár Vilmos	GRP PLASTICORR Kft.
Maros József	GRP PLASTICORR Kft.
dr.Szilágyi Árpád	GRP PLASTICORR Kft.
Kétszeri Csaba	MOL FÖLDGÁZSZÁLLÍTÓ Rt.
Vehofsits Imre	MOL FÖLDGÁZSZÁLLÍTÓ Rt.
Dr.Gara Péter	GKSoft Bt.
Kollár György	GKSoft Bt.

## **A feltalálók, az alkotók bemutatkozása**

### ***Kajtár Vilmos***

ügyvezető igazgató Okl. vegyészmérnök, műanyag alkalmazás- és feldolgozás-technológiai szakmérnök. Műanyagipari Kutató Intézet, témavezető tudományos munkatárs (1983-1993); GRP Plasticorr Kft., ügyvezető igazgató (1991-).

### ***Maros József***

ügyvezető műszaki igazgató Okl. vegyészmérnök. Műanyagipari Kutató Intézet, tudományos munkatárs (1983-1993); GRP Plasticorr Kft., ügyvezető műszaki igazgató(1991-).

### ***dr.Szilágyi Árpád***

témafelelős Okl. vegyészmérnök, műszeres analitikai szakmérnök. Metallochemia, főművezető (1966-1971); Dél-Budai ÁFÉSZ, Műanyag-feldolgozó Üzem, üzemvezető (1971-1972); Műanyagipari Kutató Intézet, projekt-manager (1972-2003); GRP Plasticorr Kft., témafelelős (2003-).

### ***Kétszeri Csaba***

Okl. gépészmérnök, OKGT Gáz- és Olajszállító Vállalat, területi referens a gépészeti osztályon (1987-1990), majd gépészeti osztályvezető (1990-1992) ezt követően a MOL Rt.-nél illetve a a MOL Földgázszállító Rt.-nél a Távvezetési és Kompresszor engineering szervezet vezetője.

### ***Vehofsits Imre***

Szakértő, Okl. bányamérnök és CH szállítási szakmérnök. OKGT Gáz- és Olajszállító Vállalat, üzemmérnök(1977-82), részlegvezető(1983-86) , üzemvezető(1987-92), üzemigazgató(1992-93). Továbbiakban az OKGT jogutódjánál, MOL Rt.-nél KFÜ főosztályvezető(1993-2000), LOG-nál és Földgázszállításnál M-EBK vezető, majd szakértő(2000-2003), 2004-től a MOL Földgázszállító Rt.-nél szakértő.

### ***Dr.Gara Péter***

Okl. gépészmérnök, a GKSoft Mérnöki Szolgáltató Bt. ügyvezetője. CHINOIN Gyógyszergyár, tervezőmérnök (1973-76). Budapesti Műszaki Egyetem, tanszéki mérnök (1976-77), ugyanott tudományos munkatárs (1978-), GKSoft Bt., ügyvezető (1990-).

### ***Kollár György***

Okl. gépészmérnök, a GKSoft Mérnöki Szolgáltató Bt. ügyvezetője. LAMPART Vegyipari Gépgyár, gyártmányfejlesztő (1978-81), Budapesti Műszaki Egyetem, kutató mérnök (1981), majd ugyanott tudományos munkatárs (1981-), GKSoft Bt., ügyvezető (1990-).

## **A jogosultak nevei**

GKSoft Bt.  
GRP PLASTICORR Kft.  
MOL FÖLDGÁZSZÁLLÍTÓ Rt.

## **A jogosultak bemutatkozása**

### ***GKSoft Bt.***

A GKSoft Mérnöki Szolgáltató Betéti Társaságot a Budapesti Műszaki Egyetem oktatói és kutatói alapították 1990-ben. A cég jelenlegi tevékenysége alapvetően a következő négy területre osztható: műszaki fejlesztés és szakértés, gépészeti tervezés, tervezőprogramok forgalmazása, valamint mérnöktovábbképzés. A cég alapítóinak elsődleges célja az volt, hogy az ipar és a tudomány területén felhalmozódott szakértői tudást egy helyre koncentrálják, és a hazai igények szolgálatába állítsák.

Fennállása óta GKSoft gyakorlatilag csak olyan tervezési és szakértői munkákban vett részt, amelyek mindegyikére a korszerű számítógépes eszközök, köztük a véges elem módszer magas színvonalú alkalmazása volt a jellemző. A cég elsősorban az erőművi és vegyipari nyomástartó berendezések teherbírásának elemzésében, valamint a különleges alapanyagú és igénybevételű szerkezetek szilárdsági vizsgálatában rendelkezik széleskörű tapasztalatokkal.

Megbízói szerint GKSoft fő erőssége a rugalmas alkalmazkodás a változó feltételekhez. A cég munkatársai szakterületük specialistái, legyen az a tervezés, a műszaki szakértés, vagy a mérnöki munka bármely szelete. Nem véletlen, hogy a szaksajtó GKSoft-ot "High Tech mindenésé"-nek nevezte.

### ***GRP PLASTICORR Kft.***



A GRP PLASTICORR Kft. a szerkezeti anyagok terén a huszadik századi műszaki kultúra egyik legnagyobb fejlődését eredményező kompozit anyagok rendkívül előnyös tulajdonságait hasznosítja, nagy költségkhatású műszaki feladatok, költség-hatékony megoldására. Több mint tíz éve alkalmazza a többféle igény kielégítésére alkalmas módon kifejlesztett technológiáit kőolaj- és földgáz származékok tárolására szolgáló tartályok felújításában. Ezzel jelentős mértékben hozzájárult az említett anyagok, valamint más veszélyes folyadékok tárolására szolgáló kapacitások biztonságosabbá tételéhez, az ezzel kapcsolatos környezetvédelmi szempontok hatékonyabb érvényesüléséhez.

Tevékenységének elismeréseként 2002-ben elnyerte a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium "Környezetvédelmi Innovációs Díját" is.

A jelen munkában bemutatott eljárás szintén a kompozit anyagok előnyös tulajdonságait hasznosítja nagy környezeti szennyeződés veszélyének elhárítására irányuló ipari tevékenység környezetkímélő és költség-hatékony megoldására.

### ***MOL FÖLDGÁZSZÁLLÍTÓ Rt.***

A MOL Földgázszállító Rt. végzi a hazai, nagynyomású földgáz szállítást és irányítja a teljes hazai földgázszállító rendszert. A nagynyomású (40-63 bar) földgázszállító csőtávvezeték rendszer jelenleg 5326 km hosszúságú. A gázszállítást jelenleg 5 kompresszor állomás biztosítja, összesen 23 db turbókompresszor gépegységgel, amelyek összteljesítménye 110,2 kW. A felszíni gáztechnológiai létesítmények száma meghaladja az 500-t.

A társaság magas színvonalú minőségirányítási rendszert működtet és tevékenysége során elkötelezett a környezet védelme iránt.

### **A megoldás környezetvédelmi besorolása**

Mérés, értékelés — Tisztítás — Ártalmatlanítás — Újrahasznosítás — Ártalom csökkentése — Káros hatás kivédése — Természeti erőforrás kímélése — Egyéb

### **A megoldás megvalósításának foka**

Még nincs megvalósítás — Terv — Modell — Kísérletezés — Prototípus — Termék — Működő eljárás

### **Az innovációs folyamat**

A MOL Földgázszállító Rt. évente jelentős összegeket fordít az országosan több mint 5000 km hosszúságú földgáz-távvezetéken előforduló korróziós hibák kijavítására. A művelet korábban a meghibásodott csőszakasz kizárásával, leürítésével, a hibás rész kivágásával, ennek helyére új csőszakasz beillesztésével és hegesztésével történt. Mindez a csőszakasznak a szállításból való kivonásával (kapacitáscsökkenéssel) és jelentős anyagvesztéssel járt.

A későbbiekben a meghibásodások javítására különféle, a hibás csőszakaszt bilincs-szerűen körülvevő szerkezeteket dolgoztak ki. Ezeket a cső felületén, a csőfal elvékonyodott falvastagságú helyeinek lefedésére pozícionálták és rögzítették. Az eljárások egyes esetekben nyomás (szállítási üzem) alatti csővezetéseken is alkalmazható. A csövet körülvevő szerkezet anyaga korábban kizárólag acél, legújabban üvegszálerősítésű műgyanta kompozit. A szerkezetek igen költségesek, és gyakorlatilag csak egyenes csőszakaszok javítására alkalmazhatók, olyan esetekben, amikor a csőfal nem tartalmaz a felületéből kiemelkedő egyenetlenségeket, pl. hegesztési varratot. Ennek következtében ezek az eljárások pl. spirálhegesztéses eljárással gyártott csövek javítására nem alkalmazhatóak.

Az ismertetett eljárások hátrányos tulajdonságainak kiküszöbölésére olyan üvegszálerősítésű kompozit anyagú bandácsolási technológiát dolgoztunk ki, amely csövek görbületein, illetve csövek felületéből kiemelkedő egyenetlenségek (pl. hegesztési kör-, vagy spirál-varratok) környezetében előforduló hibák javítására is alkalmazható.

Az általunk kidolgozott szerkezeti anyag szobahőmérséklethez közeli hőmérsékleten huzamosabb ideig (legalább három hónapon át) megőrzi képlékenyen alakítható állapotát, ugyanakkor kb. egy óra időtartamú, 70-100 °C hőmérsékletű hőközlés hatására nagyszilárdságú, merev kompozit anyaggá alakul át. A szóban forgó szerkezeti anyag tetszőleges szélességben, szalag formában előállítható termék (preperg). A szalagot a csőfal meghibásodott (elvékonyodott) szakaszán, több-menetes tekercsként alkalmazva

nagy szilárdságú gyűrű (bandázs) alakítható ki, amely alkalmas a csőfal eredeti szilárdságát elérő (vagy azt jelentősen meghaladó) mértékű megerősítésére.

Szilárdsági szempontból modell- és méretezési számításokat végeztünk a szükséges bandázs-méret meghatározása céljából. Véges-elemes számításokkal vizsgáltuk a kompozit szerkezet várható viselkedését különböző hibaméretű és hiba-alakok esetében.

A megfelelő végső szilárdságú bandázst eredményező, megfelelő feldolgozhatósági tulajdonságokkal rendelkező anyag receptúrájának kidolgozását követően a termék előállítására alkalmas félüzemi kísérleti berendezést terveztünk és készítettünk el. Ezen a berendezésen több-száz méter prepreg anyagot állítottunk elő, részben kísérleti célokra, részben üzemelő földgáz-, illetve kőolaj vezetéken történő gyakorlati alkalmazási célokra.

Nagyszámú modellvizsgálatot végeztünk különböző kiviteli és -mélységű modellhibával ellátott, hengerelt-, illetve spirálvarratos acélcső mintákon. A bandázssal ellátott csőmodelleket (dinamikus és fárasztásos) repesztéses nyomáspróbának vetettük alá. Ezek egyértelműen igazolták, hogy a kidolgozott eljárással a várakozásokat meghaladó mértékben lehetséges az elvékonyodott falú csövek szilárdságának helyreállítása. Az eljárással spirálvarratos csövek is javíthatók a hegesztési varraton végzett bármilyen előzetes munkálat nélkül.

### **Alkalmazási terület**

Általános — Ipar — Mezőgazdaság — Vízgazdálkodás — Építés — Energia — Közlekedés — Hírközlés — Kereskedelem — Háztartás — Oktatás — Szórakozás — Egészségügy — Egyéb

### **Bemutató**

#### ***A megoldandó műszaki probléma:***

A szénhidrogén származékok (kőolaj, földgáz, stb.) szállítására szolgáló acél-csővezeték hálózat hossza több ezer kilométer. Ezek túlnyomó többsége föld alatti nyomvonalon halad. A telepítésük alkalmával használt legkorszerűbb bevonatok alkalmazása esetén is, huzamosabb üzemelés alatt kisebb-nagyobb korróziós károsodások érik a csöveket. A meghibásodások rendszerint a csőfal elvékonyodásában mutatkoznak meg. Az esetleges hibák felderítésére rendszeres időszakonként ellenőrzik a vezetékeket. Amint egy adott hibahely esetén a csőfal elvékonyodása (falvastagság-hiány) meghaladja a cső (adott nyomáson történő) biztonságos üzemeltetéséhez szükséges mértékűt, intézkedni kell a cső eredeti szilárdságának helyreállítása érdekében.

#### ***A probléma megoldására használatos eljárások:***

A legkézenfekvőbb megoldás szerint a hibahelyet tartalmazó csőszakaszt a hozzá legközelebb elhelyezkedő két elzáró szerelvény segítségével kizárják az üzemből, és a szakaszból a szállított anyagot leeresztik. Ezt követően a kizárt csőszakaszból kivágják a hibával terhelt csőszakaszt. Ennek helyére beillesztenek, és hegesztéssel rögzítenek egy megfelelő méretű, hibátlan csődarabot.

Az eljárás gyakorlatilag teljes értékű megoldást nyújt a felvetett műszaki problémára, de alkalmazása a csővezetéken szállított anyag (jelentős mennyiségének) elvesztésével, esetenként környezetszennyezéssel is jár. A javítás meglehetősen munka-, és időigényes. A javítás időtartamára a teljes csővezeték ki kell vonni az üzemelésből. Ez utóbbi körülmény a csővezeték átbocsátási kapacitásának csökkenését eredményezi. Mindezen káros hatások mérséklése érdekében jelentős fejlesztések történtek, amelyek legfőbb célja olyan eljárás(ok) kidolgozása, amelyek a csővezetékek üzemelése közben, helyszíni hegesztés nélkül megvalósíthatóak.

A hegesztés nélkül megvalósítható eljárások közös jellemzője, hogy a cső felületére – a hibás csőszakaszt gyűrűszerűen körülölelő, a csőfal megfelelő szilárdságú támasztását eredményező szerkezetet – helyeznek el és erősítenek fel.

Ezen szerkezetek anyaga leggyakrabban acél, amelyek csavaros kötésekkel, bilincsszerűen erősíthetők fel a megerősíteni kívánt csőfelületre. Egyes megoldásokban az acél szerkezet üreges teret formál a javítandó csőfal körül. Ezt az üreget a két végén az acélcső és a javító szerkezet közé illesztett rugalmas tömítőanyag zárja le.

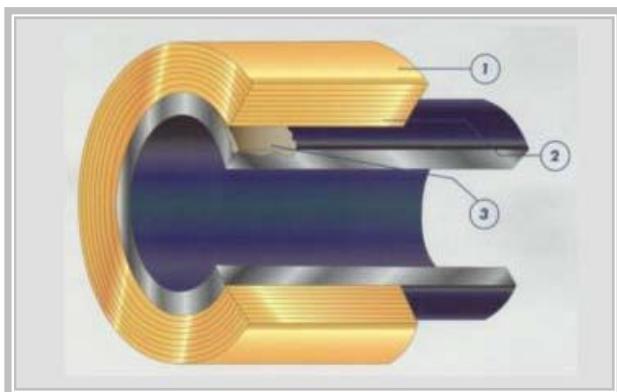


1. ábra

Meggyengült szilárdságú acélcső-fal megerősítésére szolgáló, bilincs-szerűen alkalmazható szerkezetek. Végül az üreget nagy-szilárdságú műgyantával (pl. epoxi-gyanta) töltik ki, majd kémiai úton kikeményítik. Ily módon alakul ki a csőfalhoz szorosan illeszkedő javító gyűrű, amely a továbbiakban a cső eredeti nyomás-tartományban történő üzemeltetését teszi lehetővé. A fenti (1. sz.) ábrán néhány, ebbe a kategóriába sorolható megoldást szemléltetünk.

A meggyengült csőszakaszt ugyancsak gyűrűszerűen körülvevő javító szerkezetek másik csoportjába az (üvegszál)erősítéses műgyanta anyagú kompozitokból kialakított szalagok tartoznak. Ezek leggyakrabban merev szerkezetek, amelyeket a csőfal felületére többmenetes tekercs formájában hordanak fel. A tekercs egyes meneteit ragasztóanyaggal erősítik egymáshoz. Az eljárás eredményeként nagyszilárdságú gyűrű (bandázs) alakul ki, amely alkalmas a csőfal eredeti szilárdságának, terhelhetőségének helyreállítására.

A javító szerkezetek ezen csoportjának talán legismertebb képviselője a Clock Spring<sup>®</sup> márkanévű termékcsalád. (2. ábra.)



**Jelölések:**

1. Erősített műgyanta kompozit bandázs
2. Acélcső-fal
3. Csőfal bemaródása (anvaachiánv)

2. ábra

Clock Spring márkanévű csőjavító kompozit bandázs alkalmazása

Az üvegszál-erősítéses kompozit bandázs nyomás alatti csővezeték felületén is kialakítható, tekintettel arra, hogy a művelet a csőfal felülete különösebb előkészítést nem igényel, és nem jár a cső-fal megbontásával sem.

Az eljárás az acél szerkezetek alkalmazásához képest számtalan előnnyel jár, de továbbra is megőrzi azt a hátrányos tulajdonságot, hogy problémamentesen csak egyenes csőszakaszokon alkalmazható, de azokon is csak akkor, ha a csőfal nem tartalmaz a felületéből kiemelkedő anyagrészeket, mint pl. hegesztési varratokat.

Az eddig bemutatott eljárások egyike sem alkalmazható ún. spirálvarratos csövek javítására. Ez jelentős alkalmazási korlátot jelent, tekintettel arra, hogy az említett csöveket igen elterjedten alkalmazzák a szénhidrogén iparban.

**A GRP PLASTICORR Kft. által kidolgozott eljárás:**

A jelen pályázatban bemutatásra kerülő anyagrendszert és eljárást a MOL Földgázszállító Rt. megbízásából, a GKSoft Kft. jelentős közreműködése mellett a GRP PLASTICORR Kft. munkatársai fejlesztették ki. A fejlesztéssel a fent bemutatott csőjavítási megoldások hátrányos tulajdonságainak kiküszöbölésére kerestünk megoldást.

A fejlesztő munka első fázisában a bandázs anyagául szolgáló műgyanta rendszert és az üvegszál erősítőanyagot választottuk ki. Az anyagkiválasztás során lényeges szempontként merült fel, hogy a szükségesnél nagyobb környezeti terheléssel (sztirol monomer párologással) járó ún. kézi rétegeléses tekercs-kialakítási eljárás helyett egy lényegesen környezetkímélőbb (kisebb sztirol emisszióval járó) módszer alkalmazása; az ehhez szükséges ún. prepreg anyag receptúrájának kidolgozása és a prepreg felhasználásával történő bandázsolási technika kimunkálása.

A célul tűzött prepreg anyag különleges tulajdonsága, hogy képlékenyen alakítható állapotát huzamosabb ideig (a környezeti hőmérséklettől függően 30 – 90 napig) megőrzi. Ugyanakkor 60 °C-ot meghaladó hőmérséklet hatására az anyagrendszer megszilárdul, és az erősítőanyag szálirányában az acéllal összemérhető (vagy azt meghaladó) szakítószilárdsággal jellemezhető anyaggá alakul át.

A javító bandázs alapvetően kétkomponensű anyagrendszer. Szilárdságát az ún. egy irányban orientált üvegszál erősítőanyag adja. Az erősítőanyag száalai a másik fő



komponensbe; a szobahőmérsékleten folyékony műgyanta alapú masszába vannak beágyazva. Ez a massa maga is több komponensből áll. Alapja telítetlen poliésztergyanta, amelybe a massa viszkozitásának szabályozásához, illetve a gyanta megszilárdulásához szükséges anyagok is be vannak keverve. Az erősítőanyagból képezett, 30 – 60 cm szélességű szalagot a viszkózus masszával egyenletes rétegben bevonva, állítható elő a szobahőmérsékleten képlékenyen alakítható javító bandázs anyaga (prepreg anyag).

A prepreg anyagok hagyományos feldolgozási technológiája az ún. meleg préselési eljárás. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy a prepreg anyagot 180 °C körüli hőmérsékleten, cca. 200 bar körüli nyomás mellett, prés-gépeken dolgozzák fel, vagyis alakítják át képlékenyen alakítható állapotból formázott, szilárd terméké.

A technológiai csővezetékek helyszíni javítása esetében ez az eljárás természetesen nem alkalmazható. Ezért a fejlesztő munka során megoldandó problémaként jelentkezett a prepreg anyagból kialakított bandázs helyszíni formázásának megvalósítása, valamint ezen bandázs anyagának a helyszínen (akár különleges terepviszonyok között is) megvalósítható hőközlési technológiával történő, minél tökéletesebb kikeményítése alkalmas eljárás kidolgozása is. A feladatot tovább bonyolította az a tény, hogy a földfelszín alatt vezetett (pl. földgáz) csőekben nagy nyomáson, nagy térfogatárammal, alacsony (0 – 10 °C) hőmérsékletű gáz áramlik. A gáz paramétereinek következtében a cső fala erőteljes hűtő hatásnak van kitéve. Ez a körülmény a prepreg anyagú bandázs hőközléssel történő kikeményítésének folyamatát (az adott anyagrendszer alkalmazása esetén) gyakorlatilag lehetetlenné teszi. Erre a célra a telítetlen poliésztergyanta/vinilésztergyanta rendszer megszilárdításához különleges iniciátor/aktivátor kombinációt, és az említett anyagok alkalmazásához különleges technológiát kellett kidolgoznunk.

A fejlesztés folyamatának és az elért eredménynek részletesebb bemutatását egy, a gyakorlatban feltárt, majd a kidolgozott csőjavítási technológiával megerősített csőszakasz bemutatásával kezdjük. A 3. ábrán egy NA 400 mm átmérőjű, föld alatt vezetett földgáz cső falán fellelt hibát mutatunk be. A csőfal vastagának fogyása (a hiba mélysége) a csőfal eredeti falvastagságának 85 %-át elérő mértékű volt. Mint az a képeken is látszik, a hiba közvetlenül a csőfal felületéből kiemelkedő spirálvarrat közelében helyezkedik el. A javítóbandázs felhelyezésére a cső normál üzemi körülményei között, 25 bar nyomású, 20.000 m<sup>3</sup>/óra áramlási sebességű, 12 °C hőmérsékletű gáz szállítása mellett történt. Ennek megfelelően a bevonandó cső felületének hőmérséklete is 12 °C volt.



3. ábra

Korrózió okozta károsodást szenvedett földgáz távvezeték szakasz. A feltárt hiba legmélyebb pontján a „maradék falvastagság” kisebb, mint a csőfal eredeti vastagságának 15 %-a.

A csőfal megerősítésére szolgáló, általunk kifejlesztett és bevizsgált kompozit anyagú bandázs mechanikai tulajdonságainak ismeretében a GKSoft. Bt. munkatársai mérnöki számításokat végeztek. A bandázs várható viselkedése, a bandázs megfelelő hatékonyságához szükséges méretek meghatározása, stb. céljából végzett véges-elemes számítások alapján választottuk meg a gyakorlatban felhasznált prepreg anyag méretét.

A NA 400 mm átmérőjű cső bandázsolásához 30 cm szélességű és 11 m hosszúságú prepreg szalagot állítottunk elő, az ugyancsak általunk, erre a célra kifejlesztett célgépen. A szóban forgó berendezés részlete, valamint a gyártott prepreg szalag a 4. ábrán látható.



4. ábra

Üvegszál erősítésű kompozit anyagú prepreg előállítás, és a késztermék szerkezete.

A prepreget kis páraáteresztő-képességű fóliák között állítjuk elő, ezáltal is jelentősen csökkentve az anyag sztirol-emisszióját a feldolgozásáig eltelt tárolási idő alatt. Mint arról korábban már említés történt ez a tárolási idő –a hőmérséklettől függően– egy – három hónap időtartamú lehet. A prepreg felületéről a gyártás-tárolás alatt alkalmazott fóliát közvetlenül a cső-bandázsolás megkezdése előtt távolítjuk el. Ezzel az intézkedéssel növeljük az eljárás környezetkímélő jellegét.

A prepregből kiinduló bandázsolási folyamatot az 5. ábrán bemutatott felvétel sorozattal szemléltetjük.





a b c  
d e f  
5. Ábra

A csőjavító bandázs kialakításának munkafázisai:  
a.) a tekercselés kezdete b.) tekercs kialakítása a cső felületén c.) a kész (még képlékeny) tekercs  
d.) a tekercs alakadó szerszám e.) a tekercs melegítése fűtőpatronokkal f.) a kész, szilárd bandázs

Az 5a ábrán jól érzékelhető a prepreg szalag képlékenyen alakítható állapota. A sorozat többi képén a bandázs kialakításának egyes mozzanatai követhetők nyomon. Az 5f ábrán a kész, megszilárdult bandázs látható.



A javító bandázs hatékonyságának ellenőrzésére közel harminc, különböző valós és/vagy mesterségesen kialakított hibával ellátott acélcsövet erősítettünk meg a fentiekhez hasonló eljárással. A

bandázsolást követően a csöveket domború edényfenekekkel láttuk el, és nagynyomású, hidraulikus üzemű vizsgáló berendezés segítségével repesztéses nyomáspróbának vezettük alá őket. A nyomáspróbák egy részének megvalósítása során a vizsgált csőszakaszokat dinamikus terhelésváltozással (16 – 63 bar, 1 Hz, 100 ezer ciklus) fárasztásos kísérleteknek is alávetettük. Ezt követte a csövek repesztéses nyomáspróbája.

A vizsgálat során a vízzel feltöltött csőmintát nagynyomású, hidraulikus üzemű mérőberendezésben helyezik el. A csövet folyamatosan növekvő nyomású víz hatásának teszik ki. A nyomást mindaddig növelik, amíg a vizsgált csőminta a terhelés hatására tömítetlenné válik. Ez a jelenség a leggyakrabban a szabad (bandázsolással meg nem erősített) csőfal deformációjával, az acél csőfal elvékonyodásával járt, és a csőfal felhasadásával végződött.

A viszonylag nagy számú vizsgálat során egyetlen alkalommal sem tapasztaltuk a javító-bandázs tönkremenetelét. Mérnöki számításokkal (PI. RSTRENG) meghatároztuk az ismert méretű és mértékű hibával terhelt cső tönkremeneteléhez szükséges nyomásértékeket. Ezeket összehasonlítottuk a repesztéses nyomáspróba alkalmával meghatározott nyomásértékekkel. Néhány csőminta jellemző adatait az 1. Táblázatban ismertetünk. A cső falában, marással kialakított hibák mélysége a csőfal 80 %-ának megfelelő volt.

1. Táblázat  
Különböző hibával terhelt acélcső számított és mért tönkremeneteli nyomása

Sorszám	Átmérő [mm]	Falvastagság [mm]	Hiba méret [mm]	Bandázs [mm]	Ép cső [MPa]	RSTRENG [MPa]	Mért tönkremenetel [MPa]	7 / 6
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	222,6	6,78	200x30	300x12	25,03	9,85	28,80	2,92
2	222,6	7,13	200x30	300x12	26,37	11,70	29,40	2,25
3	224,0	6,35	200x30	300x12	25,42	12,38	26,29	2,12

4	223,0	6,55	200x30	300x12	26,36	12,85	26,98	2,10
5	425	8,00	201x30	300x12	15,19	5,32	11,81	2,21
6	427	8,00	199x30	300x12	15,12	6,34	18,71	2,95
7	427	8,00	201x30	300x12	15,12	5,12	12,79	2,50
8	424	7,96	100x30	300x12	15,15	6,55	17,58	2,68
9	425	7,90	200x30	300x12	15,00	5,63	19,50	3,46
10	425	7,60	200x30	300x12	15,00	5,28	17,71	3,35

Az adatok tanúsága szerint valamennyi esetben a cső javítás nélküli állapotában várhatóanál nagyobb nyomásértékeknél következett be a csövek tönkremenetele. A javító bandázs tehát minden esetben teljesítette a feladatát, a hibás csővezetéket megerősítést. Nagyobb átmérőjű csövek esetében a számított és mért szilárdsági értékek különbsége a számított érték három és félszeresét is eléri.

A 6. ábrán egy csővizsgálat eredményeit szemléltetjük. A baloldali képen a bandázzsal megerősített falú cső látható a repesztéses nyomáspróba előkészített állapotban. Jobb oldali képen a nyomáspróba eredményeként felhasadt acél cső falat lehet megtekinteni.

A csővizsgálat számszerű eredménye az 1. Táblázat 1. sorában olvasható. Látszik, hogy a csőfal felhasadása az előzetesen számított érték közel háromszorosa. A bandázs tehát



a csőfal igen hatékony erősítéséül szolgál.

6.ábra  
NA 200 mm bandázzsal megerősített cső a repesztéses nyomáspróba előtt-, és után.

Végezetül a 3. ábrán bemutatott, valós üzemi körülmények között feltárt csőszakaszon végzett csőbandázzsolás hatékonyságát mutatjuk be. A javítás körülményei az alábbiak voltak:

Szabadban, nyílt terepen, természetes üzemi körülmények között, valós korróziós hibával rendelkező, földtakarásból feltárt földgáz vezetéken végrehajtott üzemi kísérletek (2004. május).

Két valós hiba:

1. 92 % csőfal elfogyásos korróziós hiba x 120 mm
2. 89 % csőfal elfogyásos korróziós hiba x 85 mm

A gázvezeték paraméterei:

Üzemi nyomás                                 25 bar  
Gáz-sebesség                                         20.000 m<sup>3</sup>/h

Csőátmérő DN

400 mm

A javítás időpontjától számított hat hónap elteltével a javított csőszakaszokat hagyományos kivágás/hegesztéses úton kiváltották eredeti helyükről, majd előkészítették őket repesztéses nyomáspróbára. A vizsgálatok eredményei felülmúlták a várakozásokat. A cső javítással kapcsolatosan rögzített adatokat a 2. Táblázatban foglaltuk össze.

2. Táblázat  
Földgáz távvezeték javításának hatékonyságát bemutató mért- és számított adatok

Jelölés	NA [mm]	Fal vastagság [mm]	Hiba mélység [mm]	Rel. Mélység [%]	Hiba hossz [mm]	Ép cső [Mpa]	RSTRENG [Mpa] <sup>A</sup>	Mért Tönkrementel [Mpa] <sup>B</sup>	A/B
DN 400-1	409,2	7,40	6,80	0,92	85,0	16,94	6,11	28,2	4,61
DN 400-2	409,4	7,60	6,75	0,89	120,0	17,40	5,76	19,3	3,35

Az adatok igazolják, hogy a csőjavítás rendkívül hatékony volt. A mért tönkrementeli nyomások több, mint 3-szorosan (illetve 4-szeresen) meghaladták az ilyen hibákkal terhelt csövek várható tönkrementeli nyomásértékeit, de még az ép csőre számított értékeket is jelentősen meghaladták. Más összehasonlításban a mért tönkrementeli nyomás a cső üzemeltetésére előírt nyomásértéket nyolc-tízszerez mértékben haladta meg.

Az eljárás hatékonyságának jellemzésére mutatjuk be a 7. ábrán a fent említett csőmintákból, a repesztéses nyomáspróbát követően, a károsodást nem szenvedett csőfal-hibák területén, a cső tengelyére merőlegesen kivágott minták képét. Ezekon jól szemlélhető az igen nagymértékű korróziós károsodás következtében elvékonyodott csőfal.



7. ábra  
Kompozit csőjavító bandázs metszeti képe 91 %, illetve 89 % falvastagság-hiányos acélcsöveken.

Joggal állapíthatjuk meg tehát, mindezek a bemutatott vizsgálati eredmények és egyéb dokumentumok egyértelműen azt igazolják, hogy a csőfal megerősítésére kidolgozott eljárás (és számszerűsített mértékben) nagy biztonsággal alkalmazható, még irreálisan nagy hibamélységű csőfal meghibásodások javítására, valós üzemi körülmények között, viszonylag mostoha terepviszonyok mellett is.

## **Környezetvédelmi vonatkozások kiemelése, előnyök**

A csőjavítási eljárás alapvetően környezet-tudatos technológia, hiszen alkalmazásának alapvető célja az, hogy a szabadban (gyakran a föld-felszín alatt) telepített csővezetékek átlyukadását, ezáltal a bennük szállított veszélyes anyagnak (földgáz, kőolaj) a környezetbe jutását megakadályozza.

Az általunk kidolgozott eljárás normál üzemi nyomáson (40 – 63 bar) üzemelő csővezetéken is alkalmazható. Ezáltal elkerülhető a hagyományosan alkalmazott (pl. hegesztéses) javítási eljárások miatt leürítendő csővezetékéből eltávolított anyagmaradványokkal okozott környezetszennyezés.

A csőjavítási eljárásban felhasznált anyagok –az anyagcsaládon belül az– ún. „környezetbarát” kategóriába sorolt termékek köréből származnak.

A technológia kialakítása során; az üvegszálerősítéses műgyanta anyagú kompozit előállítására-, tárolására-, és feldolgozására kidolgozott eljárásokat úgy választottuk meg, hogy a környezet-terhelést tekintve a kölcsönhatás minimális legyen.

## **Környezetvédelmi vonatkozások bizonyítékai**

A kőolaj és földgáz távvezetékek szinte az egész Világot behálózzák. A földgáz távvezetékek hossza csak Magyarországon meghaladja az 5000 km-t. Ezek a vezetékek jórészt föld alatti telepítésűek. Emiatt még a leggondosabb aktív és passzív korrózióvédelmi eljárások alkalmazása esetén is folyamatosan, hatalmas korróziós károsodás éri a vezetékeket. Erre figyelmeztetett az utóbbi években Belgiumban és Szlovákiában előforduló baleset, amelyek anyagiakban és emberéletben is komoly károkat okoztak, és amelyek kiváltó oka a földgáz távvezetékek aktuális állapota volt.

Magyarországon a kőolaj és földgáz távvezetékek javítására évente százas nagyságrendben kerül sor. A jelenleg rendelkezésre álló eljárások részben a vezeték leürítésével járó, gyakorlatilag elkerülhetetlen környezetszennyezéssel járnak együtt. Másfelől, korlátozott alkalmazhatóságuk miatt (pl. csak egyenes csővezetéken alkalmazhatóak) nem elégítik ki maradéktalanul a felmerül javítási szükségleteket. Ismereteink szerint a környező országokban is hasonló a helyzet.

A csővezetékek hatóságilag előírt, évente rendszeresen végzett állapotfelmérése folyamatosan, nagyszámú javítási igényt jelez. Az általunk kifejlesztett eljárás tehát az iparban folyamatosan megújuló igényt elégíti ki. Alkalmazásának elterjedésével (az ismertett környezetkímélő vonatkozásai révén) jelentősen hozzájárulhat a természeti környezet hatékony védelméhez.

A fejlesztés egyes főbb szakaszainak ismertetésekor, több esetben is történt említés a csőjavító eljárás környezetvédelmi vonatkozásairól. Bizonyítékként kezeljük a valós üzemi körülmények között végrehajtott csőjavításból származó csőmintákon mért repesztéses nyomáspróba eredményeit, amelyeket részletesen ismertettünk. Ezért, ezen a helyen csak felsorolásszerűen ismételjük meg a találmánynak a környezetvédelemmel kapcsolatos legfőbb ismérveit:

- A fejlesztés, illetve a találmány célja veszélyes folyadékokat/gázokat szállító csővezetékek átlyukadásából eredő környezeti károsodások elhárítása,
- A találmány szerinti technológia a javítandó csővezeték megbontása nélkül, normál, folytonos üzemmenet mellett alkalmazható. Szükségtelen a csővezeték leürítése, az ezzel együtt járó környezetszennyezés elkerülhető.
- A fenti cél elérése irányuló munka során feladatnak tekintettük a létrehozott technológia környezettudatos kialakítását. Ezek a szempontok érvényesültek a felhasznált alapanyagok kiválasztásában, a gyanta tulajdonságainak alakításában, a prepreg gyártása és tárolása során kis páraáteresztő-képességű fólia felhasználásában, hőkezelés megvalósításában, stb.)

A találmány alapján nem csak csővezetékek megerősítésére nyílik lehetőség, hanem bármilyen célú, hengerszimmetrikus műtárgy megerősítésére (pillérek, oszlopok, stb) alkalmazható. Esetenként a jelenleg alkalmazott anyagok (vagy technológiák) helyettesítésével jelentős környezetvédelmi előny érhető el az alkalmazásával.

## **A rendelkezésre álló dokumentáció megnevezése, hivatkozások**

**Honlap:** [www.grp-plasticorr.hu](http://www.grp-plasticorr.hu)

A GRP Plasticorr Kft. eddigi több mint egy évtizedes története, filozófiája, célkitűzései, teljesítménye és eredményei – köztük a pályázatban bemutatásra került csőjavítási eljárás - a honlapon ismerhetők meg.

A fejlesztés fizikai, kémiai és környezetvédelmi vonatkozásait részletesen bemutató szakirodalmi publikációk, valamint az ezekre épülő szakmai konferenciákon tartott előadások bibliográfiai adatai:

1. VEKOR konferencia, Balatonfüred, 2004. április 27-29. Előadás
2. Korróziós Figyelő, 2004. 3. szám
3. EMSZ Erősített Műanyaggyártók Szövetsége rendezésében tartott Balaton 2004 nemzetközi konferencia, Balatonvilágos, 2004. május 25-27. Előadás
4. Műanyag és Gumi, 2004. május.
5. MOL Rt. – GRP PLASTICORR Kft. Szakmai nap. Vecsés, 2004. nov. 19.
6. Szabadalmi bejelentés, 2004. június 11.  
Elsőbbségi okirat száma:P0401172
7. PCT bejelentés, 2005. május 10.

## **Kapcsolat**

**Név:** Kajtár Vilmos ügyvezető igazgató  
**Postai cím:** 1097 Budapest, Illatos út 7.  
 E-mail: [kajtar@grp-plasticorr.hu](mailto:kajtar@grp-plasticorr.hu)  
 Fax: +36-1-280-73-47  
 Telefon: +36-1-280-68-45

## **Díjak, elismerések**

KÖRNYEZETVÉDELMI INNOVÁCIÓS DÍJ, 2002  
 Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium XI. Magyar Innovációs Nagydíj Pályázat  
 MAGYAR MINŐSÉG HÁZA® DÍJ, 2003

„IPAR A KÖRNYEZETÉRT ALAPÍTVÁNY” és az „IPAR MŰSZAKI FEJLESZTÉSÉÉRT ALAPÍTVÁNY”  
Aranyérem, 2004