

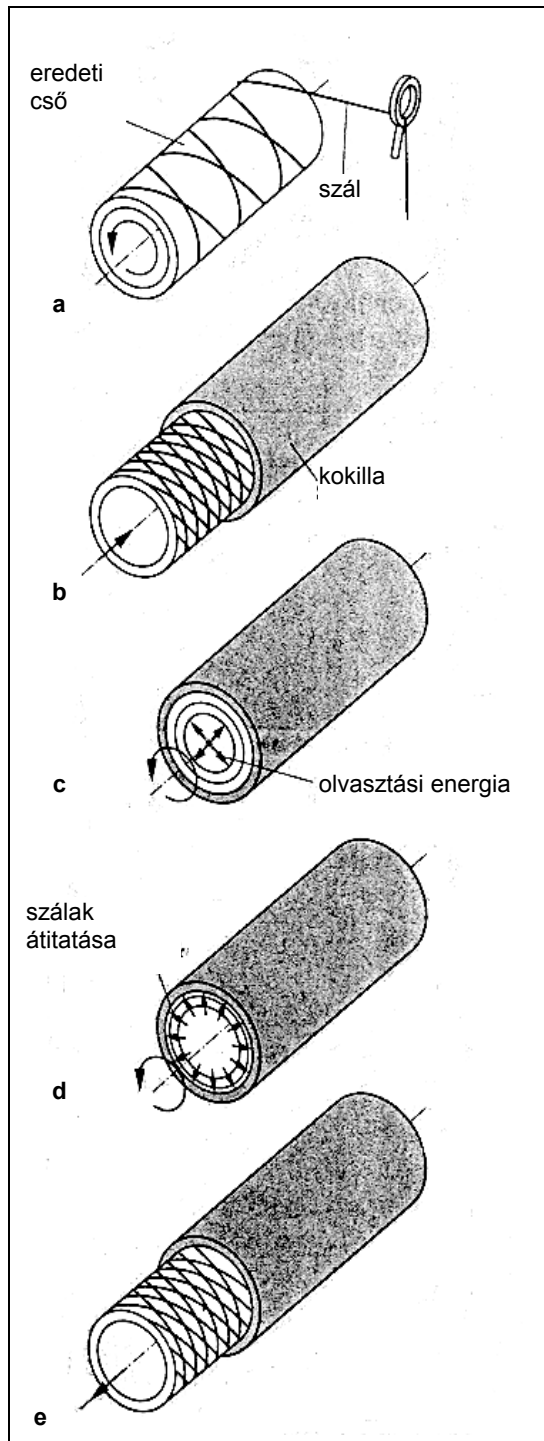
Szállal erősített csövek hőre keményedő és hőre lágyuló műanyagokból

Tárgyszavak: szállal erősített cső; üvegszál; szénszál; hőre keményedő gyanta; hőre lágyuló műanyag; centrifugálöntés; csatornavezeték fektetése; kettős falú cső; vizsgálat; matematikai modell; végelelemes számítás.

A szállal erősített műanyag csövek mátrixanyaga általában hőre keményedő műanyaggyanta, legtöbbször telítetlen poliészter, de lehet más is, pl. epoxigyanta. Végtelen szállal erősített hőre lágyuló csöveket is gyártanak; ezeket elsősorban a gépjárműgyártásban használják fel. Mindkét csőtípus előállítható rotációs eljárással, amelyet centrifugálöntésnek is neveznek. Az eljárás elve a hőre keményedő és a hőre lágyuló anyagok feldolgozásakor hasonló, az eljárás részletei azonban eltérnek egymástól.

A *hőre keményedő gyantából* készített csövek gyártásakor a gyantát, az üvegszálat és az ásványi töltőanyagot a henger alakú szerszámba mélyen benyúló adagolókaral táplálják be. A gyorsan forgó szerszámban a centrifugális erő akár a földi gyorsulás 75-szörösével (30–50 bar-ral) nyomja a komponenseket a belső falhoz, aminek következtében a cső fala kikeményedés után tökéletesen tömör, pórusmentes, felülete pedig sima lesz. A beadagolt anyagok összetételével széles határok között változtatható a csőfal felépítése. A centrifugálás következtében az üvegszálak rendeződnek, emiatt a csőfalnak anizotróp tulajdonságai vannak. A csőfal keresztmetszetén jól megkülönböztethető a külső-belső gyantadús felületi védőréteg; az ezt követő, szilárdságot adó erősítő réteg és a merevséget biztosító középső magréteg.

Végtelen szállal erősített *hőre lágyuló csövek* gyártásához a darmstadti műszaki egyetemen fejlesztették ki az 1. ábrán felvázolt ún. TER (thermoplastische endlosfaserverstärkte Rohre) eljárást. Első lépésként korábban extrudált vagy fröccsöntött csőszakaszra feltekerceslik az erősítőszálat, majd az így előkészített csövet henger alakú szerszámba – kokillába – helyezik. Itt megömlesztik a magként szolgáló csövet, amelynek anyaga az egyidejű pörgetés alatt átítatja a feltekerceselt szálakat. A csőanyag bőségesen elegendő ahhoz, hogy a végtermékként kialakuló erősített cső külső és belső felületét tiszta műanyag alkossa, és a cső mindkét felülete tökéletesen sima



1. ábra Szállal erősített hőre lágyuló műanyag csövek előállítása TER eljárással

számítással

(felületi érdesség kb. $1,2 \mu\text{m}$) legyen. Mátrixként elvileg bármilyen hőre lágyuló műanyag alkalmazható; a gyakorlatban legtöbbször polipropilént vagy poliamidot használnak erre a célra. Az erősítő anyag szén- vagy üvegszál, amelynek térfogataránya elérheti az 50–60%-ot. A tekerceslés és a pörgetés egyaránt rövid ciklusidővel végezhető, ezért az eljárás sorozatgyártásra is alkalmas.

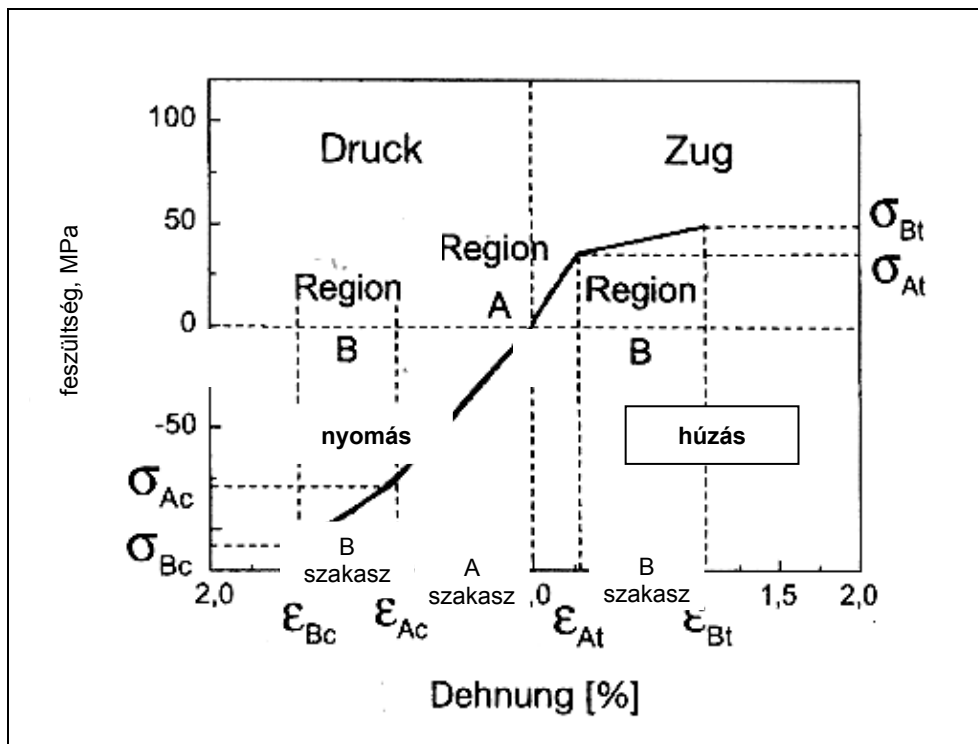
Vannak olyan szállal erősített csövek is, amelyekben *társítják a hőre keményedő és a hőre lágyuló műanyagokat*. Ilyen csövek különösen a vegyiparban lehetnek nagyon hasznosak. Legtöbbször a külső cső készül hőre keményedő gyantával átitatott üvegszálból (ez adja a csőrendszer szilárdságát), a belső (bélés)cső vegyszer- és kopásálló hőre lágyuló műanyagból. Különleges igények kielégítésére ettől eltérően felépített társított csöveket is készítenek. Robbanásveszélyes helyeken bélésként (és néha a külső felületen is) grafittal vagy korommal vezetőképesé tett műanyagokat alkalmaznak az elektrosztatikus feltöltődés kiküszöbölése céljából. Erre a célra 10^6 – 10^8 ohm felületi ellenállású PE-, PP-, PVC és PTFE-csőket állítanak elő.

Égés ellen égésgátlót – pl. alumínium-hidroxidot – tartalmazó PP béléscsövet és külső védőréteget lehet szálerősítésű poliésztercsővel összeépíteni.

Szállal erősített poliésztercsövek tulajdonságainak meghatározása

Az üvegszállal erősített poliésztercsöveket szívesen alkalmazzák ivóvíz szállítására és szennyvizek elvezetésére. A csöveket többnyire a földbe fektetik, ahol legalább 50 évig kell feladatukat ellátniuk. Ellenőrzésük és meghibásodás esetén javításuk idő- és munkaigényes. A leobeni egyetemen ezért matematikai modellt és véges elemes számítási módszert dolgoztak ki a csőtulajdonságok idő során várható változásainak becslésére.

A laboratóriumi anyagvizsgálatokhoz hatszög keresztmetszetű csőszerszámban centrifugálöntéssel sík lapokkal határolt üvegszálcsövet gyártottak, és ebből vágták ki a megfelelő formájú próbatesteket. Ezeken vették fel a feszültség-nyúlás görbéket a gyártási irány, a nedvességtartalom, a hőmérséklet és a deformációs sebesség függvényében. A mérések alapján meghatároztak egy ún. multilineáris görbét és 12 anyagjellemzőt (2. ábra), továbbá egy normalizált $n(t)$ tényezőt, amely a tulajdonságok időbeli változását fejezi ki.



2. ábra Multilineáris görbe és a kiválasztott anyagjellemzők

Csőszakaszokon végzett hosszú időtartamú vizsgálatok (tartós nyomásállósági mérések, tetőnyomási próbák) alapján a multilineáris görbe A szakaszán a modulus időbeli (t) változása az alábbi egyenlettel írható le:

$$E(t) = E(t_{\infty}) + \frac{E(t_0) - E(t_{\infty})}{1 + \left(\frac{t}{\tau}\right)^p},$$

ahol $E(t_0)$ a próbatesteken rövid időtartamú laboratóriumi mérések során kapott modulusérték; $E(t_\infty)$ a hosszú időtartamú mérések végtelen időtartamra extrapolált értéke.

A modulusváltozás tényezője,

$$n_E(t) = \frac{E(t)}{E(t_{ref})}$$

és

$$E_A(t) = E_A(t_{ref}) \cdot n_{E_A}(t)$$

A továbbiakban egyenes csőszakaszon, 60°-ban megtört két részből álló könyökön, T-elágazáson és csőkötéson végeztek laboratóriumi méréseket, és végeeselemes módszeren alapuló számításokat. A mérések és a számítások nagyon jó egyezést mutattak. A 3. ábrán egy csőszakasz tartós belsőnyomás-állósági vizsgálatának mért és számított eredményei láthatók.

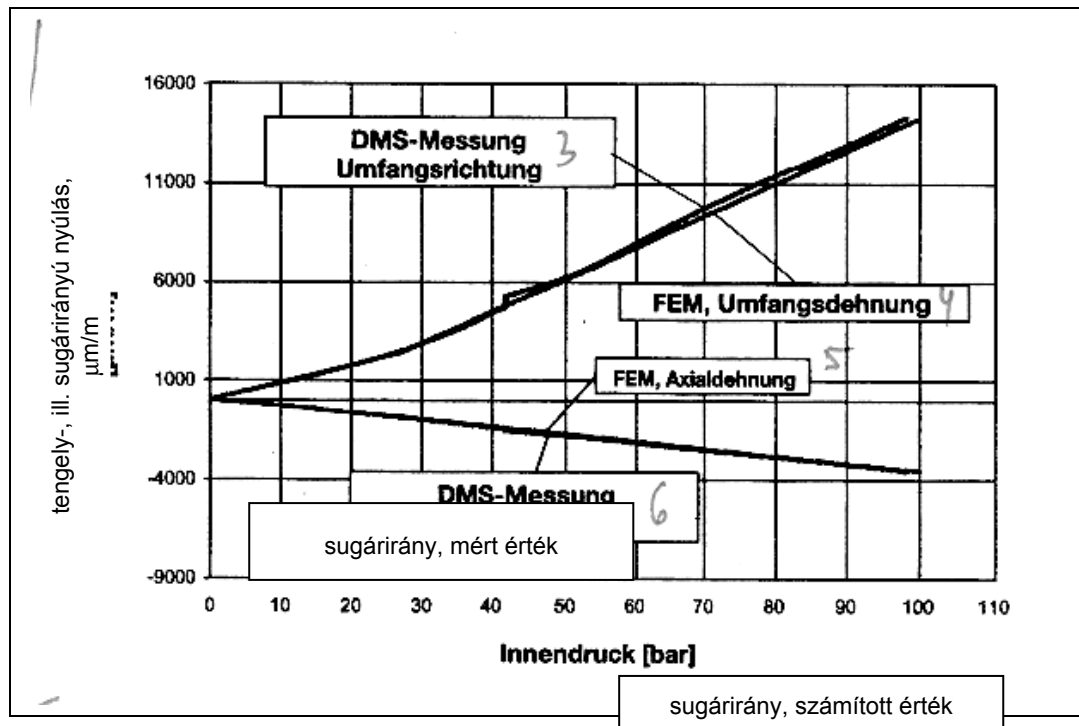
Részben felszínen fektetett kettős falú üvegszálcsatornavezeték

A németországi Essen területén egy régebbi csatornavezeték bővítésre szorult. A másodpercenként 5,6 m³ szennyvíz elvezetésére 1,7 km hosszú, 1,6 m átmérőjű új csővezetékkel kellett lefektetni úgy, hogy az kb. 800 m hosszan a föld felszínén fusson, eközben áthaladjon egy különösen védett ivóvízgyűjtő területen. Emiatt a vezetéknek a következő követelményeket kellett kielégítenie:

- nagy biztonság,
- tartós tömörség,
- többször ismételt tömörségvizsgálatok elviselése,
- kielégítő statikai állapot, emellett csekély tömeg,
- jó hidraulikai tulajdonságok,
- korrózióállóság,
- kopásállóság
- UI-állóság,
- rendszerelemek (cső, kötőelemek, formadarabok, aknák) teljes kínálata,
- megfelelő előkészítés az építési helyen szükséges munkaműveletek csökkentése céljából,
- könnyű fektethetőség,
- szavatolt termékminőség, akkreditált minőségbiztosítás,
- jó üzemeltetési tulajdonságok (karcállóság, tisztíthatóság).

A követelményeket a Hobas cég centrifugálöntéssel készített kettős falú üvegszálcsatornavezeték polisztercsövei elégítették ki. A kettős falú kötőelemeket

különleges technikával készítették el. A 6 m-es darabokból álló csövek külső és belső része közötti hézag szélessége 10 mm volt. A szabadon futó szakasz egy vasúti töltés nyomvonalát követte. A vezetékét itt egymást 6 m-es távolságban követő félköríves betontámaszra fektették. Naponta 24 m vezetékét tudtak (támaszokkal együtt) kiépíteni. A teljes vezetékrendszer a tervezettnél 3 hónappal korábban készült el.



3. ábra Üvegszálaspoliésztercső tengely-
nyomás hatására laboratóriumi mérések és végelelemes módszerrel végzett számítások alapján

tengelyirány, mért érték

(Pál Károlyné)

Lang, R. W.; Major, Z. stb.: Rohrsysteme Eigenschaften und Werkstoffgesetze. = G...-UP-Rohren. Teil 1. Aufbau, 1. k. 9. sz. 2001. p. 621–624.

Kiesselbach, G.; Knauder, J.: Rohrsysteme aus geschleuderten GF-UP-Rohren. Teil 2. Einbau- und Betriebsverhalten. = Gas Wasser Abwasser, 81. k. 9. sz. 2001. 625–632.

Schleuderverfahren ermöglicht Herstellung hochwertiger Rohre. = Maschinenmarkt, 22. sz. 2001. máj. 28. p. 26.

Weidmann, W.; Troschitz, R.: Verbundrohrleitungen aus glasfaserverstärktem Kunststoff in der chemischen Industrie für spezielle Anwendungen. = 3R international, 40. k. 8. sz. 2001. p. 486–488.

Schütte, P.; Kuhnenn, B.: Einsatz von GFK-Rohren als freiverlegte Doppelrohrleitung beim Sammler Essen-Burgaltendorf. = 3R international, 40. k. 7. sz. 2001. p. 408–409.