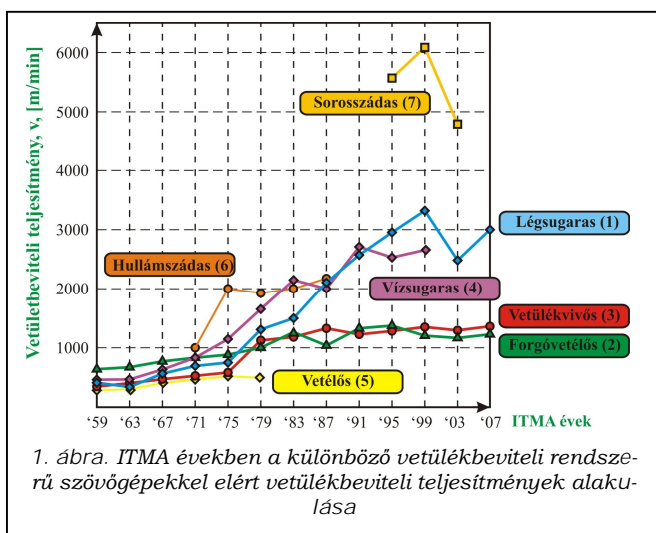


# Vetülékbeviteli elvek összehasonlító elemzése

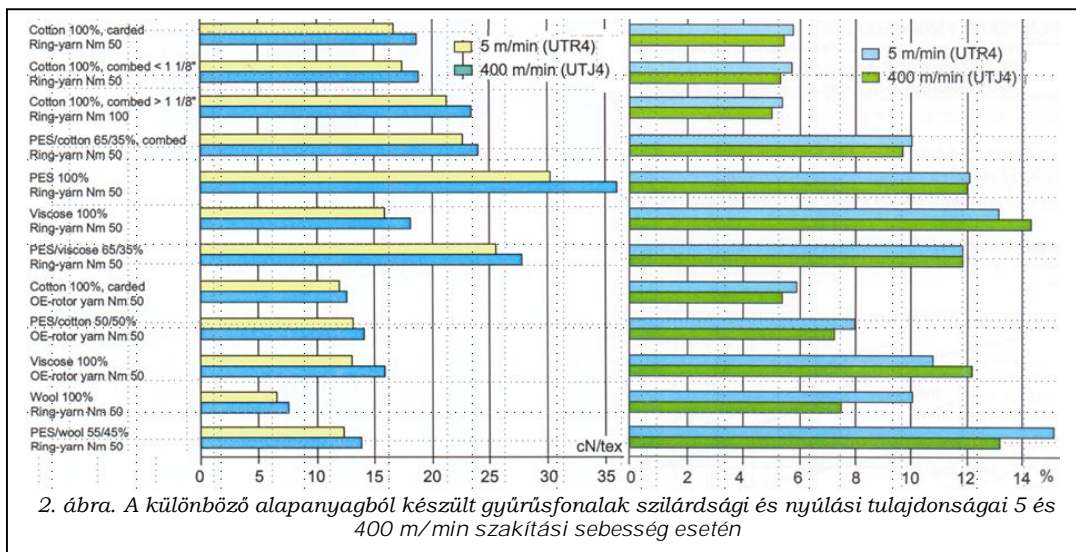
Dr. Patkó István, Szabó Lóránt

## Bevezetés

A szövőgépfelvezetések terén a legmarkánsabb változás a vetülékbevitel terén ment végbe az elmúlt fél évszázadban, nevezetesen a vetélős szövőgépek közel két évszázados uralmát a vetélőnélküli szövőgépek váltották fel. A vetülékbevitel javításával, az elektronika, a mérés- és a szabályázástechnika alkalmazása révén a szövőgépek teljesítményét az elmúlt évtizedekben 5–10-szeresére növelték, az elért teljesítmények a mechanikai és a technológiai lehetőségek felső határához közelítenek (1. ábra). Ezen eredményeket a folyamatok alapos vizsgálatával és elemzésével, a korszerű gépgyártási és elektronikai megoldásokat a technológiai igényekhez igazítva érték el.



A szövéstechnológia folyamatossá tételére tett erőfeszítések, így a szakaszos működésből származó dinamikai igénybevételek kiküszöbölése (vetülékirányú hullámszádas szövőgépek a '70-es években, valamint a sorosszádas szövőgép fejlesztése az elmúlt másfél évtizedben) tett fejlesztési erőfeszítések a gyakorlatban nem váltak be, így a kedvező szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező kelmesterkezetet ma is szakaszos működésű szövőgépekkel állítják elő.



A vetülékbeviteli húzóerőt, igénybevételt számos hatás befolyásolja:

- vetülék tulajdonságok (finomság, szilárdság, rugalmasság, sűrűlódási együttható, felületi struktúra stb.),
- vetülék elötét kialakítása, szerkezete, elötétről való lefejtési viszonyok stb.,
- vetülékbeviteli viszonyok (bevetési sebesség, gyorsulás, rándulás),
- vetülékbeviteli módszerek (vetélős, fogóvetélős, vetülékívós, légsugaras, vízszugaras),
- vetülék fékezése,
- vetülékbevitel módja (közvetlen), közvetett (vetülék tároló közbeiktatásával).

Ezek a hatások egymással is szoros kölcsönhatásban állnak, így vizsgálatuk is sok esetben csak összefüggésükben tárgyalhatók.

## Fonaltulajdonságok

Fonaltulajdonságok (finomság, szilárdság, rugalmasság, sűrűlódási együttható, felületi struktúra stb.) döntően befolyásolják a feldolgozási viszonyokat. Le-szögezhető, hogy a nagy teljesítményű szövőgépeken gazdaságosan csak jó, közel azonos minőségű, lehetőség szerint alacsony valószínűséggel előforduló ritka zavaró hibát tartalmazó fonal dolgozható fel.

A szövőgép vetülékbeviteli rendszerét a szövet ill. a vetülék tulajdonságainak megfelelően kell megválasztani.

A fonaltulajdonságok teljességének tárgyalását mellőzve néhány fontos tulajdonságot mutatunk be.

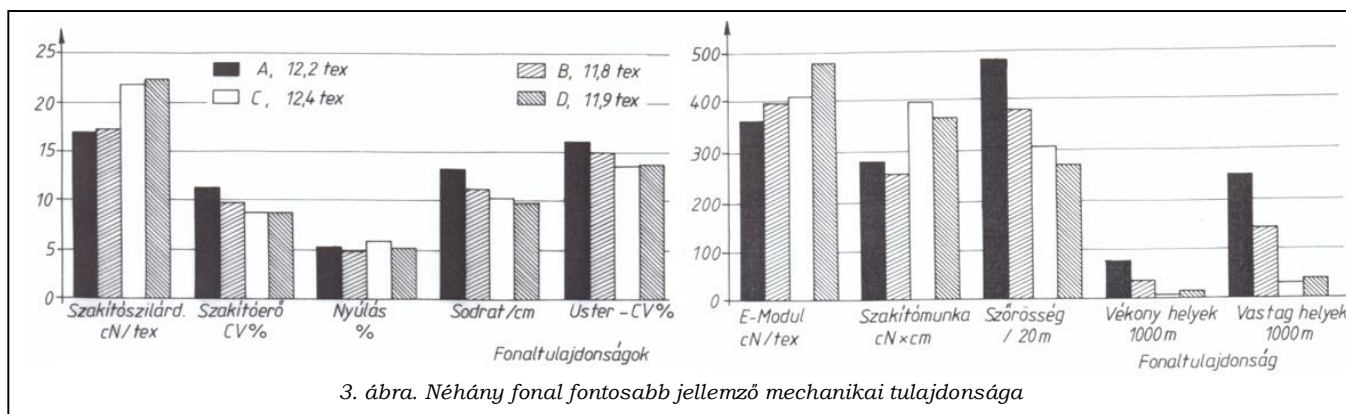
A különböző gyűrűsfonalak szilárdsági értékeit és rugalmassági tulajdonságait a 2. ábra szemlélteti.

Egy összetett tulajdonságokat magában foglaló jellemző, a rugalmassági modulus értékei adott fonalakra a 3. ábrán látható, amely a fonal finomságát, tömegre vonatkoztatott szilárdságát és a fonal rugalmassági tulajdonságait is magában foglalja.

Az egyre nagyobb jelentőségre szert tevő műszaki textíliák általában nagy szilárdságúak és messze felülmúlják a gépészetben használt fém anyagok szilárdsági és rugalmassági tulajdonságait is (lásd 1. táblázat).

A fonal sűrűlódási együtthatója a fonalvezetés és a fékezés hatására döntően befolyásolja a vetülék erőt. Bizonyos fonalak (len) sűrűlódási együtthatója kenőanyag felvitelével csökkenthető.

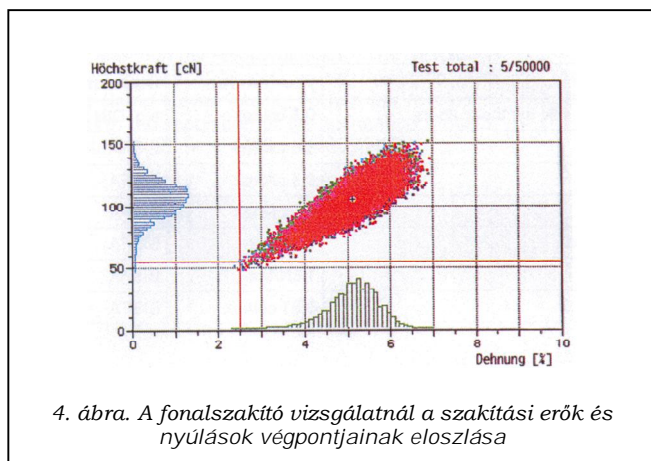
A fonalstruktúra a légellenállási erőt befolyásolja, ami különösen a légsugaras szövőgépeken a vetülékbevitel szempontjából fontos tulajdonság.



3. ábra. Néhány fonal fontosabb jellemző mechanikai tulajdonsága

TULAJDONSÁG	Olvasás- pont T °C	Sűrűség p g / cm <sup>3</sup>	Szilárdság σ <sub>1</sub> daN/mm <sup>2</sup>	Szilárdság σ <sub>2</sub> cN / tex	Rugalm. modulus E daN/mm <sup>2</sup>	Rugalm. modulus E* cN / tex	Szakadási nyúlás %	Zsugorodás	Nedvesszívő kép. %, 20°C 85% légnedv.
ALAPANYAG									
VISZKÓZ	350	1,52	70	45	1960	1290	11	0	13,5
POLÉSZTER	260	1,38	104	75	1610	1170	13	ERŐS	0,4
POLIAMID 66	255	1,14	93	80	590	520	16	NAGYON ERŐS	3,6
ARAMD	450	1,44	245	170	7200	5000	3	NAGYON GYENGE	4
POLIMILKLORID	235	1,31	110	90	3000	2200	6	GYENGE	3
ÜVEG	> 1400	2,55	247	95	7000	2700	2,5	0	8
ACÉL	1400	7,85	288	36	20000	2500	1,8	0	0
SZÉN	-	1,9	240	130	30000	15000	1,2	0	0,4

1. táblázat



4. ábra. A fonalszakító vizsgálatnál a szakítási erők és nyúlások végpontjainak eloszlása

A vetülekszakadások legfőbb okozója a fonalban véletlenszerűen előforduló ritka hibák. Ezért a legújabb szakítóvizsgálatoknál nagyszámú (100 000) szakításból állapítják meg a gyenge helyeket (kis szilárdság, alacsony nyúlás) (4. ábra).

#### Az előtétcséve lefejtési viszonyainak elemzése

A gyakorlatban alkalmazott szövőgépek többségén a vetülekbevitel szakaszos, nagy sebességű, nagy gyorsulású, rántásszerű, amely hatások változatlan vetülekbeviteli körülményeknél a teljesítmény növelésével fokozottan jelentkeznek.

A vetülekbevitel során számos tényező befolyásolja a vetülek igénybevételt, amelyek szoros kapcsolatban vannak a fonalszakadások gyakoriságával és a szövet minőségével. A kedvező feldolgozási körülmények megvalósítása szempontjából nagy jelentőségű a

vetülekigénybevételt befolyásoló tényezők ismerete, a káros hatások csökkentése.

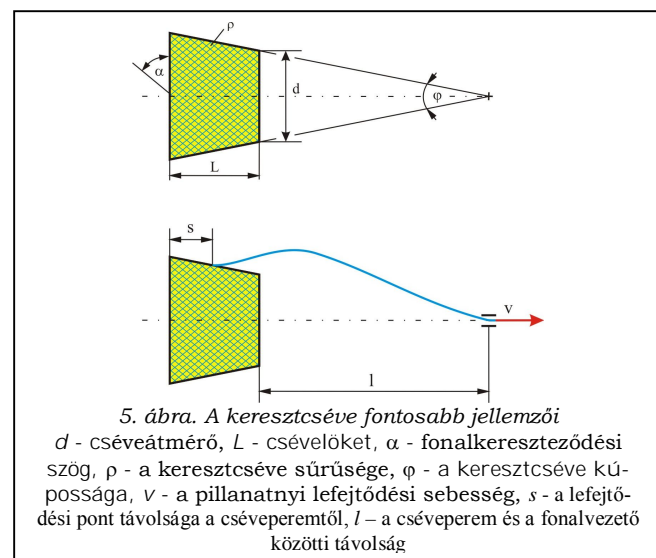
Az üzemzavart okozó egyik káros hatás a vetülekben fellépő húzóerő okozta fonalszakadás, míg a másik a vetülekbevitelt követő szakaszban a fonal belazulásakor keletkező hurkosodás.

**Vetélős szövőgépeken** a vetülekcsévét a vetélőbe helyezik, a vetülekcséve együtt mozog a vetélővel, a vetülek belőle fejtődik le, így a szövetszegélyt leköti. A vetülekcsévére jelentős dinamikai igénybevételek hatnak így szilárd szerkezetűnek kell lennie.

**Vetélő nélküli szövőgépeken** a vetüleket a gépfalon kívül elhelyezett álló keresztcsévéről kezdetben közvetlenül, újabban közvetve vetülekfejtővel fejtik le, s vetik be a szádníllásba.

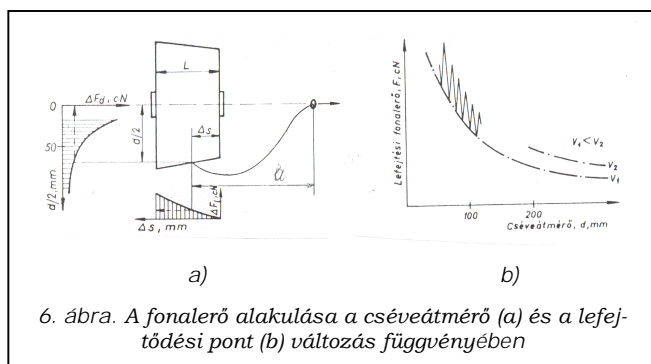
A keresztcsévéknek a nagysebességű lefejtésekor különleges követelményeket kell kielégíteniük. Sajnos nincs olyan keresztcséve alak, ami minden feldolgozási célra egyaránt alkalmas volna. Különböző tényezők (fonalfinomság, fonalfajta, sodrat, a lefejtés módja) más-más csévefelépítést igényel. A keresztcséve fontosabb jellemző méreteit az 5. ábra szemlélteti.

A keresztcséve tengelyirányú lefejtésekor a lefejtési pont változásának hatására a lefejtési fonalerő ingadozik, míg a cséveátmérő csökkenésével – különösen



5. ábra. A keresztcséve fontosabb jellemzői  
d - cséveátmérő, L - csévelöklet, α - fonalkeresztteződési szög, ρ - a keresztcséve sűrűsége, φ - a keresztcséve kúpossága, v - a pillanatnyi lefejtődési sebesség, s - a lefejtődési pont távolsága a cséveperemtől, l - a cséveperem és a fonalvezető közötti távolság





100 mm alatt – a fonalerő csúcs nagymértékben megnövekszik (6. ábra). Emiatt nagysebességű lefejtéshez 105 mm-nél nagyobb hüvelyátmérő javasolt. A csévéhibák (pókhálós menetek, galléros csévéperem, szalagos csévészerkezet) és a fonalerőhibák (vastagodások, csomók) további lefejtési zavarokat okozhatnak.

A keresztcsévé löketével kapcsolatban megállapítható, hogy a kisebb löketű keresztcsévéről kedvezőbb a fonallefejtés, a fonalmenetek lecsúszásveszélye csökken. A kisebb csévéloket hátránya viszont a kisebb fonaltartalom miatti gyakori csévécsere.

Minél kisebb a fonal keresztvezetési szöge, annál keményebbre, sűrűbbre készíthető a csévé, ezáltal a lefejtődési körülmények javulnak. A fonalkeresztvezetési szög csökkentésével azonban a széleken nő a fonalledőlés (pókhálósodás) veszélye. A keresztcsévé sűrűségét a fonalkeresztvezetési szög, a csévélezési fonalhúzó erő és a csévé keretterhelése együttesen befolyásolja. Ajánlatos a csévéket elkészülésük után mielőbb feldolgozni, mert a feszültség-relaxáció következtében a csévék keménysége csökken.

A **kúpos keresztcsévé** a lefejtése durvább vetülnél kedvezőbb, de nagyobb kúposágú csévéknél növekszik a fonallefejtés lecsúszásának veszélye (7. ábra).

A **hengeres keresztcsévé** vékonyabb fonalaknál készítenek, itt ugyanis nem képződik ballon, menetlecsúszással nem kell számolni, viszont nagy csévéátmérőnél a fonallefejtés kezdetén a fonal ráfeszülhet a csévéperemre, ami megnöveli a lefejtési fonalhúzó erőt.

A vetülő nélküli szövőgépeken a folyamatos vetülnellátást a keresztcsévé kezdésekor a fonalvéget kivezetik, fonaltartalékot képeznek, s azt összekötik a lefejtésre kerülő új keresztcsévé fonal kezdetével. A csévélefejtődés zavartalan átváltásában döntő a jelentősége a **csévéhüvely felületének** és a hüvelyen lévő fonalmenetek elrendeződésének. Ha a hüvely felülete túl érdes vagy sérült, akkor a finomabb fonal elszakadhat, míg ha túl sima, akkor az alsó fonalmenetek lecsúszhatnak.

A vetülnellátás szempontjából döntő jelentőségű még a **csévé elhelyezése** is. A keresztcsévéket a szövőgéptől elkülönített rázkódásmentes csévéállványon helyezik el, ezáltal fonalláncok fellazulása, a menetlecsúszás csökkenthető. A csévé tengelye a fonalvezető szemmel centrikus helyzetű legyen, s a csévé és a fonalvezető szem közötti távolságot a csévéloket távolságának legalább 2,5-szeresére kell megválasztani. A zavartalan lefejtődést a csévéket körülölelő ballontörő ernyők segítik elő. A keresztcsévéket általában közel vízszintesen helyezik el.

A nagysebességű és -gyorsulási szakaszos vetülnemmozgatás során a csévére való vetülnellátás lefejtésekor zavarok keletkeznek. A lefejtési zavarok lehetnek:

- a nagy fonalerő csúcsok, amelyek gyakran vetülnemszakadást okoznak,
- a csévére lecsúszó fonalmenetek,
- a lefejtési szakaszok közötti fonal belazulás, emiatt hurkosodhat,
- a lefejtési paraméterek, csévéátmérő csökkenés miatti változása stb.

A **hurkosodást** minden esetben meg kell akadályozni a ballontörő ernyőt elhagyó fonalszakasz minimális feszítésével, ami a fonalvezető szem után elhelyezett fékkel érhető el. A fonal igénybevitel csökkentésére a keresztcsévé-állványt a lehetőségeknek megfelelően a vetülnembevitelhez közel helyezük el, ezáltal a fékezés minimálisra állítható. A vetülnem-hurkosodás a vetülnemcsévék gözőlésével vagy pihentetésével csökkenthető.

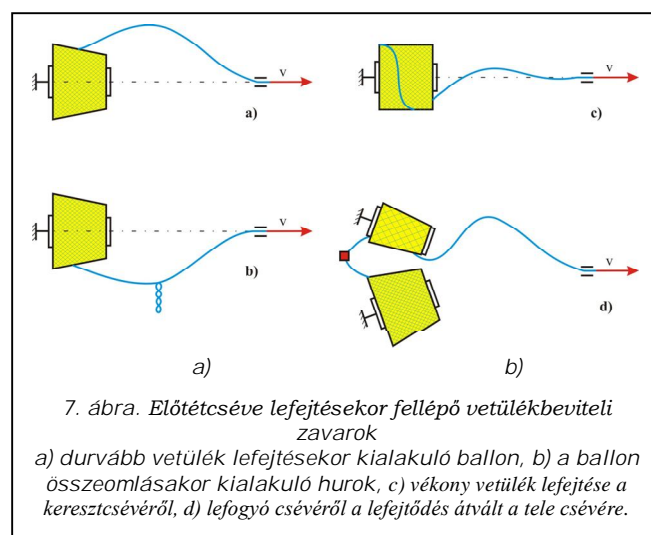
A vetülnemet a bevetéskori lassulási szakaszokban a vetülnem túlادagolás, a hurkosodás kiküszöbölésére fékezni kell, ami további fonalfeszültség-növekedést okoz.

**Durvább vetülnem esetén** a vetülnemlefejtés szakaszossága a nagy vetülnembeviteli sebesség következtében bevetés után a keresztcsévére való lefejtéskor kialakuló ballon lendülete révén túlpörög, majd összeomlik, és 10–20 ms is elegendő a belazult fonalszakaszok hurkosodásához (8. ábra). A hurkosodás mértéke azonban a belazulási idő növekedésével fokozódik, s a rántásszerű bevetéskori gyorsításkor a fonalhurok nem minden esetben egyenesedik ki, a hurok a fonalvezetés során elakadhat, így erőcsúcsot vagy akár fonalszakadást, ill. a fonalfogóból való kicsúszást okozhatja. A szövetbe kerülő hurok minőségi hibát okoz.

**Vékony vetülnem lefejtése esetén** a csévére a vetülnem lefejtéskor nem alakul ki ballon, a lefejtődő vetülnem végigcsúszik a csévéfelületen, így az könnyen lehúzhatja a fonalmeneteit – különösképpen a szalagképződési helyeken – vagy elakad a csomókban.

Vetülnemektároló alkalmazásával a fonal lefejtési sebessége csökkenthető és egyenletesebbé tehető, emiatt a zavaró hatások nagyban csökkenthetők.

Amennyiben a szövőgép lehetővé teszi a vetülnem keverését, úgy a szövet minőségjavítása és vetülnemektároló alkalmazása esetén a keresztcsévére való lefejtődési sebesség csökkentése miatt a vetülnemkeverés egyaránt javasolt.



## Vetülékbeviteli viszonyok kinematikai és dinamikai elemzése

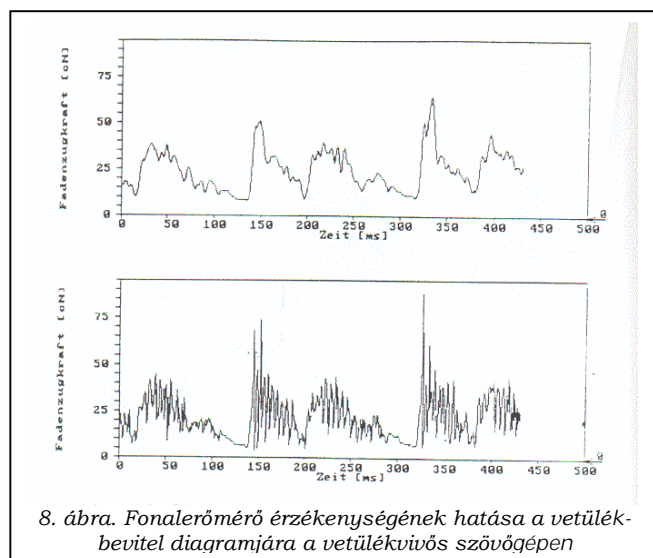
A szakaszos működésű szövőgépeken a vetüléket a szádképzéssel, a bordamozgatással és egyéb paramétereket figyelembe véve szigorúan összehangoltan kell bevetni.

Egy szövőgép cikluson (főtengely-körülforduláson) belül a vetüléket közelítőleg fél főtengely-periódus időben vetik be.

A vetülék bevetési sebessége ( $v$ ) a vetésre rendelkezésre álló időből, ill. a befűzési bordaszélességből ( $s$ ), a szövőgép fordulatszámából, a rendelkezésre álló bevetési szakaszból ( $\Delta\varphi$ ), a vetülékbeviteli sebesség lefo-lyását jellemző állandó tényező ( $c$ ) határozható meg:

$$v = c \frac{6 \cdot n}{\Delta \varphi} \cdot s$$

A **fonalerőnek ill. fonalfeszültségnek** a textilipari feldolgozás során a kezdetektől nagy jelentőséget tulajdonítottak. Kezdetben a gépen dolgozó kezével érzékelve a tapasztalati követelményeknek megfelelően változtatta a fonalfeszítés mértékét. A szövőgépeken ez a tevékenység főként a láncokra irányult, mivel a vetélő gépeken működés közben a vetülékhez a hozzáférés nem volt lehetséges. Az 50-es évektől a vetélőnélküli szövőgépek megjelenésével törekedtek az egyre növekvő vetülékbeviteli sebességeknél fellépő vetülékero meghatározására, a folyamatok egyre mélyebb megértésére és befolyásolására. Az 50-60-as években alacsony frekvenciájú analóg elven működő mérő- és regisztráló műszereket fejlesztettek ki a vetülékbeviteli folyamatok vizsgálatára. Az erőmérési értékek azonban nem adtak magyarázatot a gyakorlatban fellépő zavarokra, fonalszakadásokra. A folyamat megértéséhez új szemléletre (ritka zavaró események és ritkán előforduló gyenge helyek a fonalban), automata szakítógépek és korszerű nagyfrekvenciás (14 000 Hz) fonalerőmérő berendezések, valamint a vetülékfűző jelét hűen regisztráló műszerek kifejlesztése vált szükségessé. A 8. ábra ugyanazon vetülékfűzős gépen mért beviteli fonalerő kis- és nagyfrekvenciás mérőberendezéssel mérve lát-ható.



A vetülékben bevetéskor fellépő húzóerő:

$$F = f(m, v, a, F_r, F_s),$$

ahol:

- $m$  – a mozgatott fonalszakasz tömege,
- $v$  – bevetéskori vetüléksebesség,
- $a$  – a mozgatott fonalszakasz gyorsulása,
- $F_r$  – rándulási fonalerő,
- $F_s$  – bevetés során a vetülékre ható súrlódó (fékező) erők összege.

A vetüléksebesség ugrásszerű változásakor **fonalerőcsúcs** lép fel. Ez akkor következik be, amikor a már mozgásban lévő vetülékfűző elem megragadja az álló vetüléket, vagy amikor a nagy sebességgel mozgó vetüléket rándulásszerűen megállítják.

A **fogóvetélő**s szövőgépen a kiegyenlítő kar által belazított fonalszakasz röviddel a vetéskezdet utáni elfogyásakor, míg a **vetülékfűző**s szövőgépen a már mozgásban lévő átadó fogófej megragadja a vetüléket és rándulási fonalerő csúcs lép fel.

A **fűzőkás** szövőgépen a bevetési szakasz végén a nagy sebességgel mozgó vetülékben a kimért vetülék-hossz elfogyásakor ugyancsak rándulásszerű erőcsúcs lép fel.

A **rándulási fonalerő csúcs** ( $F_r$ ) az impulzus tétel alapján:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{d}{dt}(mv) = F_r$$

$$\rho A v d\lambda = F_r dt,$$

ahol:

- $\rho$  – a fonaltest sűrűsége, kg/m<sup>3</sup>
- $A$  – a fonal keresztmetszete, m<sup>2</sup>
- $v$  – a rándulási sebesség, m/s
- $d\lambda$  – az a differenciális fonalhossz, amely  $dt$  idő alatt felveszi a  $v$  rántási sebességet.

Az egyenletet  $dt$ -vel elosztva és az anyagban a hullám terjedési sebességét az anyagtulajdonságokkal kifejezve:

$$\frac{d\lambda}{dt} - \text{longitudinális hullám terjedési sebessége a fonalban, m/s,}$$

$$\frac{d\lambda}{dt} = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$E$  – rugalmassági modulusz, Pa

$$(E = \frac{\sigma}{\epsilon} \cdot 100),$$

$\epsilon$  – relatív fonalnyúlás, %.

Így a rándulási erő:

$$F_r = \rho A v \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

A rándulási feszültség:

$$\sigma_r = \rho \cdot v \sqrt{\frac{E}{\rho}} = v \cdot \sqrt{E \cdot \rho}$$

A textiliparban a szálak és fonalak keresztmetszete a legtöbb esetben nehezen határozható meg, emiatt a hossz- és a tömeg viszonyával fejezik ki a finomságot (pl. tex számozás). Így a mechanikában használatos

feszültséget ( $\sigma$ , Pa), ill. rugalmassági modulust ( $E$ , Pa), a finomságra (tömegre) vonatkoztatva célszerűségi okok miatt ( $\sigma^*$ , cN/tex), ( $E^*$ , cN/tex) adják meg.

A felületre és a tömegre vonatkoztatott feszültség és rugalmassági modulus közötti összefüggés:

$$\sigma = \sigma^* \cdot \rho \cdot 10^4 \text{ és } E = E^* \cdot \rho \cdot 10^4.$$

A rándulási feszültségre és nyúlásra textiles (tömegre fajlagosított feszültséggel és rugalmassági modulus) rendszerben kifejezve az alábbi összefüggés adódik:

$$\sigma^* = v \cdot \sqrt{E^*} \cdot 10^{-2},$$

$$\Delta L = L \frac{v}{\sqrt{E^*}} 10^{-2},$$

ahol:

$\sigma^*$  – fonalfinomságra vonatkoztatott feszültség, cN/tex,

$v$  – fonalrándulási sebessége, m/s,

$E^*$  – fonalfinomságra vonatkoztatott rugalmassági

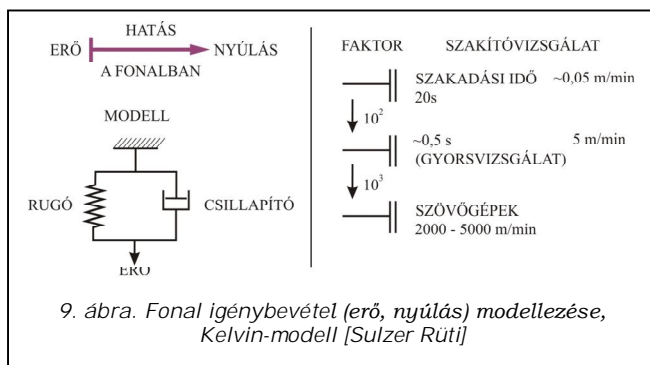
modulus, cN/tex ( $E^* = \frac{\sigma^*}{\varepsilon} 100$ ),

$\Delta L$  – össznyúlás, m,

$L$  – eredeti hossz, m,

$10^{-2} - 10^2$  a cN és a tex  $10^6$  hányadosánaknak

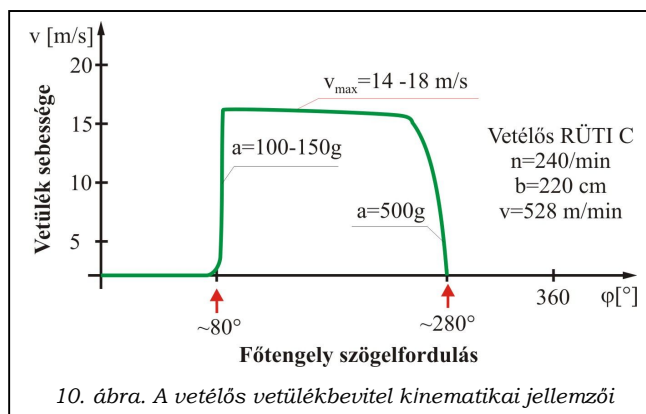
négyzetgyökéből ( $\sqrt{\frac{10^2}{10^6}} = 10^{-2}$ ) adódik.



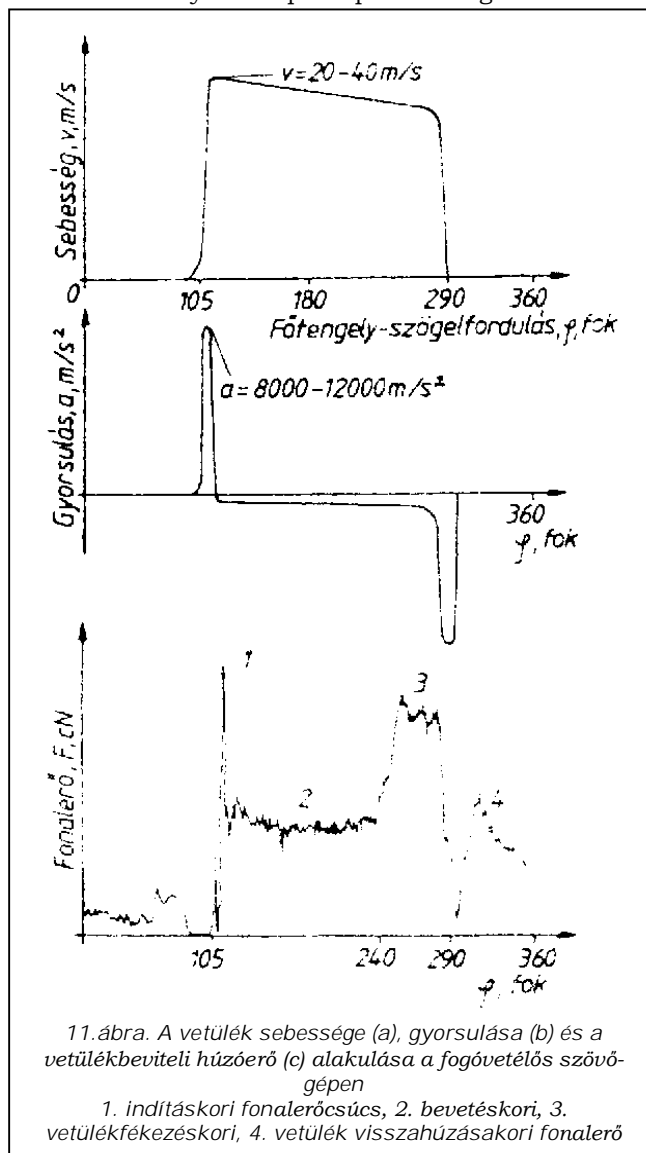
A rándulás következtében a vetülékbevitel során fellépő rövid ideig (2–4 ms) ható nagy erőcsúcsokra nagy figyelmet kell fordítani, mivel többnyire ezen erőcsúcsok okozzák legtöbbször a vetülékbeviteli zavarokat, fonalszakadást, a megállított vetülék hurkosodását. A dinamikus erőcsúcsok vizsgálatára nagy saját frekvenciájú (kb. 14 000 Hz) elektronikus érzékelő-, mérő- és kiértékelő berendezéseket fejlesztettek ki.

A **vetélős vetülékbevitel** kulcsfontosságú eszköze a vetélő, amely a feldolgozandó fonaltól függően különböző kialakítású, méretű, tömegű (kb.  $m=1\text{kg}$ ) és sebességű (8–18 m/s) lehet (11. ábra).

A vetülékcsévé szilárd szerkezetűre, megfelelő tömörségűre kell készíteni, hogy a vetélő indításakor és megállításakor fellépő nagy gyorsulások és lassulások (1000–5000 m/s<sup>2</sup>) miatt ne csússzanak le a fonalmenetek. A vetülékcsévéről a vetülék lefejtése során közel azonos, kedvező lefejtődési körülmények maradéktala-



nul nem biztosíthatók. A vetélő a szövetszálon túlfut, majd az újbóli szádba lépéskor vetülékfurók keletkeznek, emiatt a lefejtődés rándulásként kezdődik. A lefejtődés a vetélőben elhelyezett ballontörővel szabályozható. A vetélős vetülékbevitelnél a vetülékhez a hozzáférhetőség nehézkes, ezáltal kevés a lehetőség a fonalerő szabályozására, a cséve lefogyása közben a vetülék húzó erő növekszik. A fonalerő szövés közbeni vizsgálata körülményes, a vetélőből a lefejtődési húzóerő kiszerelt helyzetben próbapadon vizsgálható.



11. ábra. A vetülék sebessége (a), gyorsulása (b) és a vetülékbeviteli húzóerő (c) alakulása a fogóvetélős szövőgépen

1. indításkori fonalerőcsúcs, 2. bevetéskori, 3. vetülékfékezés, 4. vetülék visszahúzásakor fonalerő

A vetélő a vetélő mellső falmagasságának 60–70%-os szádmagasságánál léphet a szádneyítésbe, jelentős energiája és áramvonalú kialakítása révén a belépő oldalon a nyíló szádagak láncait szétfeszíti. Szádon való áthaladása során a hátrafelé lassuló bordához és a vetélpályához szorul. A vetélő áthaladási szakasza a borda hátsó helyzete táján mozgásának lassításával növelhető, ami a hajtókar rövidítésével érhető el. A szádból kilépő vetélőre a vetélő mellső falmagasságának kb. 50%-ig rázárják a szádat, majd a vetélőfiókban fékezik, míg a maradék energiáját a vetélőfogónak ütköztetve főlemészlik.

A **fogóvetélőt** a széles szövőgépeken pontosan előírt kb. 105°-os helyzetben indítják, s géptörések kiküszöbölésére a borda hátsó helyzetű előremozgás kezdete előtt kb. 50°-kal korábban 290°-os szöghelyzetben kell megérkeznie (11. ábra). A bordaláda a bevetés szakaszában szigorúan hátsó nyugalmi helyzetében tartózkodik. A fogóvetélő a beemeléshöz szükséges rés ( $\Delta x = 0,15 - 0,35 \text{ mm}$ ) miatt ütközéssel indul, majd nagy gyorsulással (1200–2000 g) éri el a bevetési sebességét (50–60 m/s). A vetüléket a fogadóoldalra megérkezése előtt fékezni kell, a vetélő intenzív fékezési szakaszában meg kell akadályozni a túlادagolását.

A fogóvetélős szövőgépen a vetülék igénybevételére döntő hatással van a kiegyenlítő kar (kompenzátor) és a vetülékfék. A kiegyenlítő kar feladata egyrészt az, hogy a fogóvetélő visszatolásakor és a vetülékadagató visszatérése közben húzza vissza és feszítse a vetüléket, másrészt a vetés kezdeti szakaszában gyorsan adagolja be a visszahúzott vetülékszakaszt, hogy a kötélsúrlódó hatás gyors megszüntetésével csökkentse a vetülékfűző erőt. Ez részben azáltal érhető el, hogy a vetést megelőzően a vetülék-kiegyenlítőkar megkezdje süllyedő mozgását, s beláztatja a vetüléket, s a vetülék irányváltozását a bevetés első szakaszában a minimálisra csökkenti. Az előtétrol a vetülékfelfűtés, ezáltal a vetülékrándulás a vetéshez képest később lép fel. Az újabb fogóvetélős szövőgépeken az optimális vetülékbeviteli viszonyokat elektronikusan vezérelt vetülékfűzők alkalmazásával érik el. Ezzel egyrészt a fékezési szakasz pontosan hozzáigazítható a vetülékbeviteli körülményekhez, a fogóvetélő mozgásá-

hoz, így a fonalerő csökkenthető, másrészt az optimálisan beállított paraméterek egyszerűen átvihetők a többi szövőgépre is, vagy a már korábban meghatározott fékbeállítási értékek cikkváltáskor bármikor rendelkezésre állnak.

A Sulzer fogóvetélős szövőgépeken a fékkanál egy léptetőmotorral állítható, így a fékezés mértéke (fékszalagra való rányomás) és szöghelyzete is megadható.

A **vetülékfűzős szövőgépeken** a vetülékbevitel általában Dewas elvű, amelynél a bevetéskori fonalsebesség és gyorsulás, valamint a vetülékbeviteli húzóerő jellegét a 12. ábra szemlélteti. A legnagyobb fonalerőcsúcsot a vetülék megfogadásakor rándulás okozza. Ennek csökkentésére a szinuszos fogófejmozgás (a ábra) helyett a fogófej szádon kívüli nyugalmi helyzetű mozgatását részesítik előnybe (pl. Dornier, Somet stb. megoldások) (b ábra), amelynél a vetülék megfogadásakor fogófej-sebesség, s így rándulási erőcsúcs is csökkenthető. Ez a vetülékfűző pontos vágási helyzetének beállítását is könnyebbé teszi.

A fogófej szádon kívüli nyugalmi szakaszával egyrészt a vetülék megfogáskori sebessége, ezáltal a ránduláskori fonalerő csúcs, másrészt a szövőgép helyigénye csökkenthető, míg szádközépen a nyugalmi szakasszal biztonságosabb vetülékátadás valósítható meg.

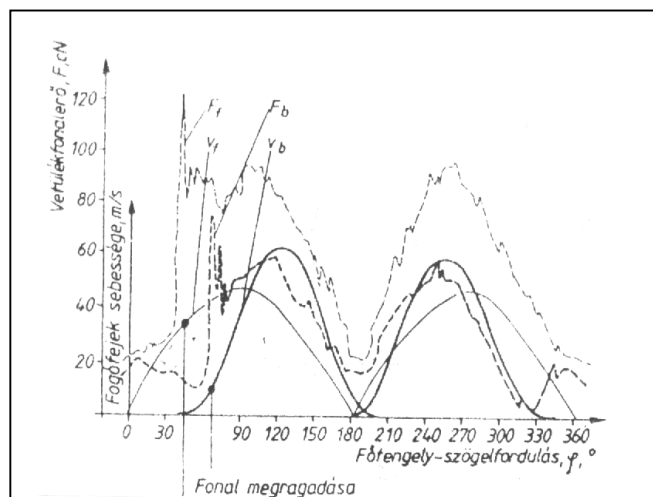
A vetülékfelfűtődési sebesség a Dewas vetülékbevitel során kétszer éri el a maximális értéket. A fogófej sebességével általában a fonalban fellépő húzóerő négyzetesen növekszik, míg a vetülékbevitel során a lassulási szakaszban a fonalhúzó erő csökken. A vetülékbevitel során ügyelni kell arra, hogy a vetülék mindig feszes legyen, ellenkező esetben a vetülék megfogása, a vetülék átadása bizonytalan, másrészt a belazult fonál hurkosodhat, ami fonalszakadást vagy minőségi hibát okozhat.

**Légsugaras** szövőgépeken bevetéskor a bordacsatornában a vetüléknek feltétlenül akadálymentes utat kell biztosítani, különben a vetülék a belógó, összeakadó láncokban elakad. A vetés kezdete 70–80°-ra tehető, míg a vetüléknek 230–240° táján kell megérkeznie a fogadóoldalra. A még kb. 60o-nyi rendelkezésre álló időben a megálláskor a rándulás miatt behullámosodó vetüléket a feszítőfűvőkakkal ki kell egyenesíteni. A szelepnitási parancs és a szelepen a légsugar kialakulása között kb. 1–2 ms idő telik el, ami 8–12o főtengely elfordulásnyi késlekedést is okozhat, amit a vezérlésnél számításba kell venni.

Légsugaras szövőgépeken a legnagyobb fonalerő csúcs a vetülék megállításkor lép fel. A szádneyítésben nagy sebességgel (60–100 m/s) mozgó vetülék a tárolóból lefejtődve elfogy, s ekkor a vetülék sebessége rándulásszerűen lecsökken. A fonalerő csúcs nagysága a megállításkori sebességkülönbség, a vetülék rugalmasági tulajdonságai és vetülékalak függvénye.

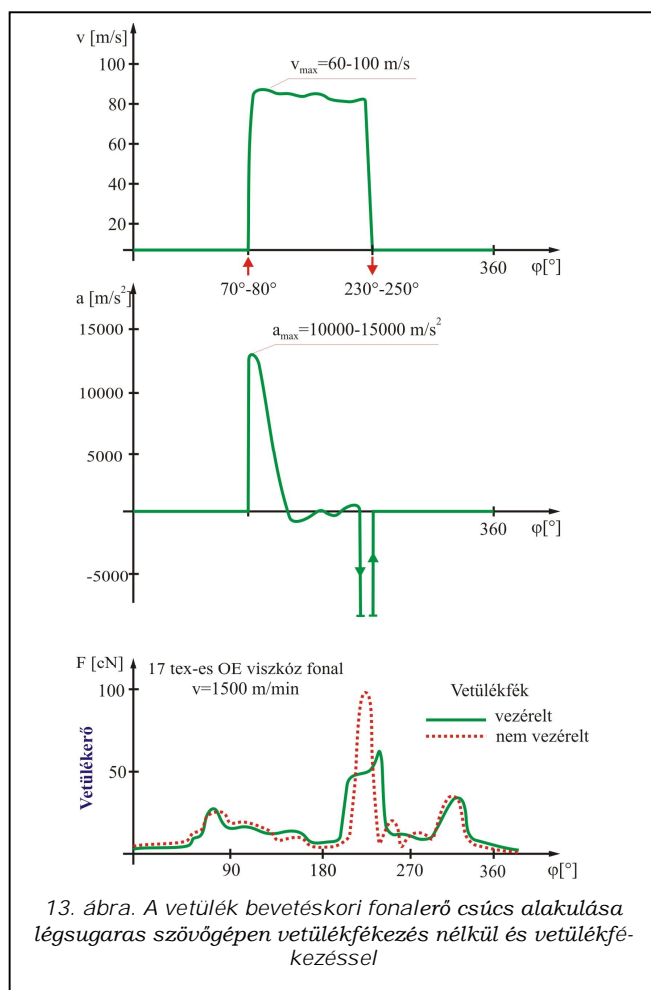
A fűvőkás szövőgépeken a vetülék megállításkor fellépő nagy fonalerő csúcs hatására a fonalban filament törés léphet fel, vagy elszakad, ill. a rugalmas deformációk megnyújtják, így mozgása nyugtalan, csapkodóvá válik, majd visszarándul, hurkosodik.

A megállítási fonalerő csúcs a bevetési sebességgel ill. a szövőgép főtengely fordulatszámával arányosan változik, emiatt – amennyiben nem indokolt – ne vesszük be a vetüléket az előírtnál rövidebb időszakaszban, azaz lehetőség szerinti legkisebb bevetési sebességet válasszuk.



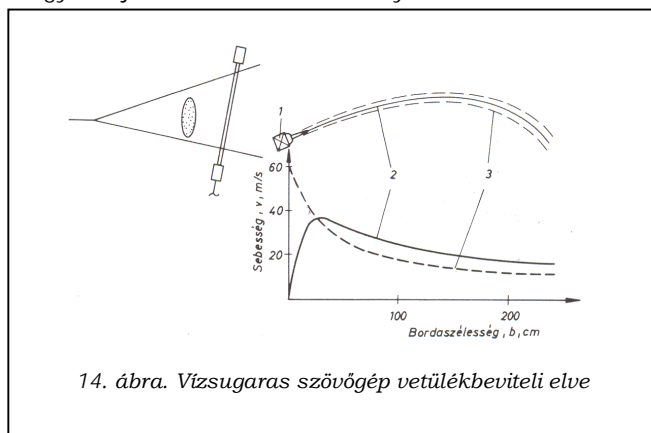
12. ábra. A szinuszos (a) és a szádon kívüli nyugalmi helyzetű (b) fogófej mozgatású vetülékfűzős szövőgépen a vetülék (fogófej) sebessége, gyorsulása és a vetülék-beviteli húzóerő jellege





A vetülék megállításkori erőcsúcsa a vetülék megérkezése előtti fékezésével, így a sebességrándulás csökkentésével (13. ábra) mérsékelhető. Pl. egy nagy fordulatszámon (1200/min) dolgozó légsugaras szövőgépen a vetülékbevetési idő kb. 16 ms, s a bevetés utolsó szakaszában a vetülék megérkezéséhez pontosan illeszkedve kb. 3-4 ms-ban kell a vetülék megadott intenzitással fékezni, ami csak elektronikus vezérlésű, gyorsan reagáló fékkel valósítható meg.

**Vízugaras szövőgépen** a vízszög által felgyorsított vetülék egy függőleges síkban ballisztikus pályán vetik be (14. ábra). A hosszmerős tároló által lement bevetésnyi hosszúságú vetülék a főfúvókából kilépő nagy sebességű (kb. 100 m/s) vízszög (kb. 2 cm<sup>3</sup>) fejt le, gyorsítja fel és veti be a szádnyílásba.



A hidraulikus vetőszerkezet rugóját felhúzza a dugattyú előtti térbe beáramlik a víz. Vetéskor a rugóerő hatására víznyomása lép fel, amely nyitja a fúvóka szelepét, és a Bernoulli-egyenlet alapján a víz nyomási energiája áramlási energiává alakul:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho \cdot g \cdot h_1 = p_0 + \frac{1}{2}\rho v_0^2 + \rho \cdot g \cdot h_0$$

Értelemszerűen, a tényezők elhanyagolásával, a nyomás és a sebesség összefüggése:

$$v_0 = \sqrt{\frac{2p_1}{\rho}}$$

A vetülék szabadon, ballisztikus pályát leírva vetik be a szádnyílásba (14. ábra). A bevetés során a víz szétporlik, így sebessége nagyobb mértékben csökken, mint a vetülék. A vetülék vég hurkosodásának kiküszöbölése a bevetés szakaszában a bevető vízszög sebességének csökkentésével érhető el, amit a bevetési víz nyomását csökkentve a vetőrugó előfeszítésének csökkentésével érnek el.

### Vetülékbeveteli húzóerő optimalizálása, vetülékbevitel, vetülékfékek

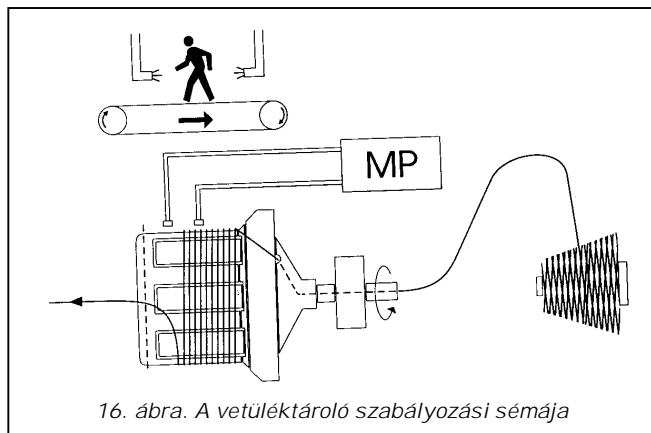
A vetelő nélküli szövőgépeken a vetülékbeveteli körülmények javítására, a fonalerő-ingadozás, a vetülékbevetési zavarok csökkentésére már 50 évvel ezelőtt felvetődött a vetüléktárolók alkalmazásának gondolata, majd néhány évvel ezt követően a körkötő és szövőgépekre való felszerelése.

A fúvókás szövőgépeken a lefejtődési viszonyok javításán túlmenően a vetülék bevetési hosszúságát is le kell mérni és kis feszültséggel a fúvókába juttatni, így a fúvókás szövőgépek fejlesztésének kezdetétől a vetüléktárolók alkalmazása elengedhetetlen.

Az elmúlt évtizedekben a precíz mechanikai szerkezetű dobtárolókat korszerű elektronikai vezérléssel a vetülékbevitel technológiai igényeit csaknem maradéktalanul kielégítő vetüléktárolókat fejlesztettek ki (15. ábra). A vetüléktárolók alkalmazásával egyrészt a vetülékbelazulás, így a hurkosodás megszüntethető, a vetülék kezelhetővé válik, másrészt az előtétől a lefejtődési zavarok nem, vagy csak kis mértékben hatnak a bevetési folyamatra, a tároló kilépő oldali vezérelt vetülékfékkel a vetülék bevetési feszültsége optimalizálható, a vetülékbevetési feszültségcsúcsok és azok ingadozása csökkenthető.

A vetüléktárolók alapvető feladata, hogy a vetülék





16. ábra. A vetüléktároló szabályozási sémája

az előtétcsévéről való lefejtésétől a bevetés végéig ellenőrzött, a szükséges sebességen minimális feszültséggel valósuljon meg. A vetüléktovábbítás két különálló fázisra osztható. Első szakaszban az előtétcsévéről lefejtik a vetüléket, amit a tárolódobon izolált menetek alakban a bevetés irányába továbbítanak, miközben a vetülék tárolóba belépő feszültsége kiegyenlítődik, lecsökken. Bevetési szakaszában a vetüléket alacsony feszültséggel, ellenőrzött kell a vetülékbeviteli elem hatásába helyezni.

A mai tárolók a tároló forgó tengelyén permanens mágnessel rögzített állódobos elrendezésűek, a vetülék kis irányváltozással csévélhető fel és fejtethető le a dob-ról. A korszerű vetülék nélküli szövőgépeket néhány kivételes esettől eltekintve vetüléktárolókkal szerelik fel.

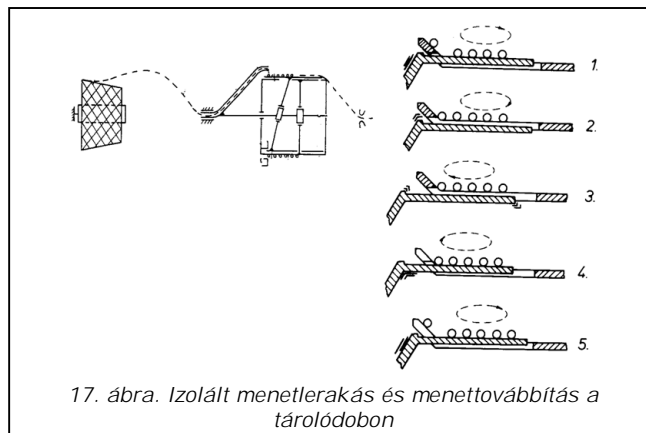
A **vetüléktároló sebesség-szabályozása** (16. ábra) döntő fontosságú az előtétből való lefejtési és a vetülékbeviteli zavarok kiküszöbölése szempontjából.

A vetüléktároló bevezetési oldalán lehetőség van az optimalizálásra, a lefejtési sebesség csökkentésére, az egyenletes, állandó sebességű lefejtésre a vetülékkeverés révén.

Egy vetülékes vagy adott vetülékkeverés esetén a tárolómotor nagymérvű sebességváltoztatása nélkül is biztosítható a közel azonos előtétcséve lefejtési sebesség és a tárolódobról az azonos lefejtési körülmény.

Nagy és változó vetülékminta bevetése esetén a tárolódobról a lefejtési helyzet nagymérvű változását – különösen durva vetülékek bevetése esetén – a tárolódobról a fonalmenetek kifogyásának, ill. a tároló túltöltésének elkerülésére a korábbi készülékeken a vetüléktároló motorját nagy gyorsulással és lassulással kellett indítani. Ennek elkerülésére kifejlesztették a CAN (Controller Area Network, azaz ellenőrzött területek hálózata) kommunikációs rendszert, amelynél gyors a jelátvitel, a szövőgép és a tároló közötti jelátvitel (0,3 ms). Ezzel a megoldással a vetüléktárolót a szövőgép előre informálja a soron következő vetülékbevetési sorrendről, ill. annak kimaradásáról, vagy a szövőgép leállításáról. Így megakadályozható a hirtelen működésváltás okozta tároló-kiürülés vagy tároló-túltöltés.

A **tárolódobon a menetlerakás és menettovábbítás** a lefejtődési zavarok csökkentése szempontjából kiemelkedő jelentőségű, ami kúpos dobbal, támo-lygó tárcsával vagy izolált (szeparált) fonalmenettovábbítással valósítható meg. Mára az izolált menettárolás (17. ábra) vált általánossá. Ez kényes, összeakadásra hajlamos fonal feldolgozásakor különösen előnyös.



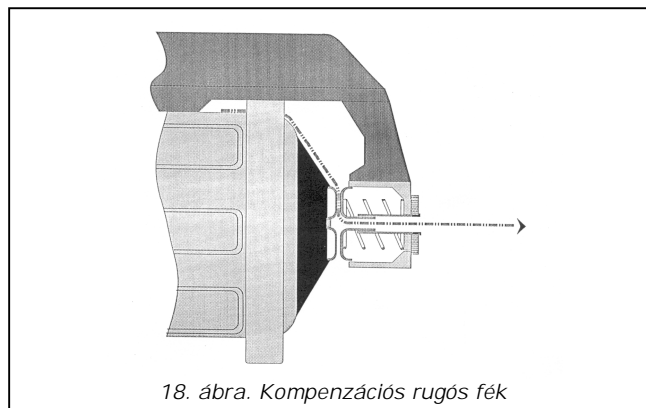
17. ábra. Izolált menettovábbítás és menettovábbítás a tárolódobon

Az izolált menettovábbítás megvalósítására a dob-palást egyik részét képező alkotó irányú pálcarendszert a forgó tengelyen centrikusan, míg a másik pálcát a tengelyen ferdén, excentrikusan csapágyazzák. A ferdén csapágyazott pálcák a kerületen körbe haladva a hengerfelület egy részén kiemelkednek és előre mozdulnak a fonallal, míg ellentétes oldalon besüllyedve visszamozdulnak, miután a fonalmeneteket az álló pálcákra helyezték. Így a fonalmenetek a dob-on való előrehaladásuk során egymástól izoláltan, bizonyos távolságra helyezkednek el, ezáltal a fonalmenetek összeakadása, lerántása elkerülhető. A tárolódobról több fonalmenet egyidejű lerántásának megakadályozásában a sörtekefe ballontörője is döntő fontosságú, ami egyben fékezi is a vetüléket.

A **vetülék bevetéskori fékezését** passzív, állandó fékhatású lemezfékekkel biztosították és kompenzációs (fonalirány-változtató kis tömegű rugós) elemeket is beiktattak a fonalvezetésbe a feszültségcsúcsok csökkentésére. A fonalfékezés és a feszültségcsúcs csökkentésének szükségessége egymásnak ellentmondó követelmény, amelynek feloldására a vetüléktárolót gyártók a szövőgépgyártókkal együttműködve a szövőgéppel információs kapcsolatban lévő vetüléktárolókat fejlesztették ki, a tároló kimeneti oldalán az állandó fékhatású fékeket az önszabályozós vagy a vetülékbeviteli ciklussal összehangolt vezérelt fékek váltják fel.

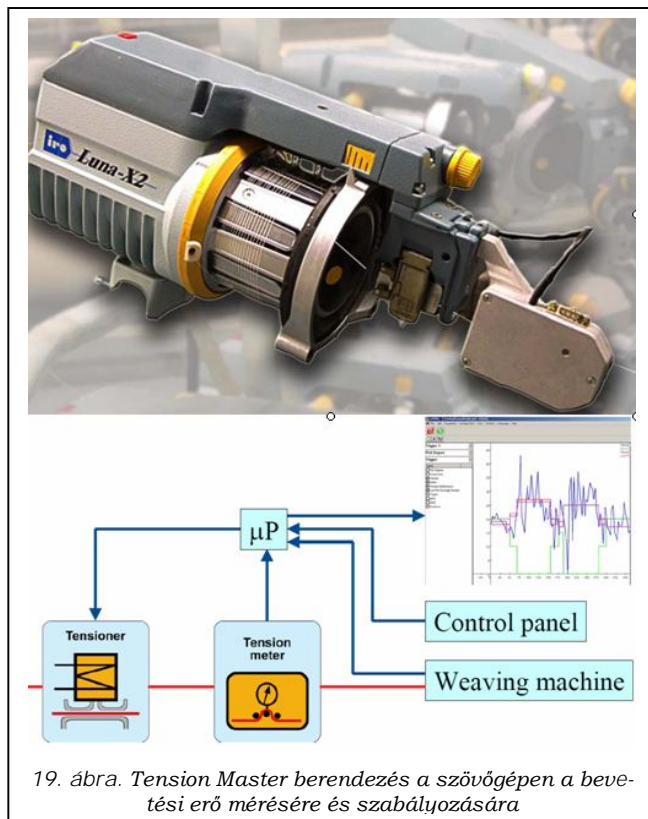
A fenti problémák áthidalására az IRO/ROJ cég a CAT (Co-Axial Output Tensioner) önszabályozós kompenzációs rugós féket (18. ábra) fejlesztette ki, amely-nél a növekvő lefejtési fonalerő a tányérfék rugó ellené-be hatva csökkenti a fékező erőt.

A CTR (Controlled Tension Ring – vezérelt fékező gyűrű) esetén a vetülékbevitellel szinkronban vezérlik a fékerőt.



18. ábra. Kompenzációs rugós fék





19. ábra. Tension Master berendezés a szövőgépen a bevetési erő mérésére és szabályozására

Ma már a vetülékbeviteli feszültség mérése nemcsak ajánlott a fejlesztés és optimális beállíthatóság miatt, hanem az ITMA '07-en bemutatott megoldás esetében a szövőgépek tartozékává válva az elemző, kutató vizsgálaton túlmenően a vetülékbevetési erő mérése és a vetülékerő szabályozása által a szövési perióduson belül és a lefejtődés során a fékezés változtatva optimalizálja a bevetési fonalfeszültséget (19. ábra).

A **csomómentes szövés** megvalósításához a vetüléktároló nélkülözhetetlen, cséveállványra felszerelt csomóór jelével és a tárolókat – a különböző vetülékbeviteli rendszernek megfelelően – működtetve a vetülékcsomó szövetbe kerülése megakadályozható.

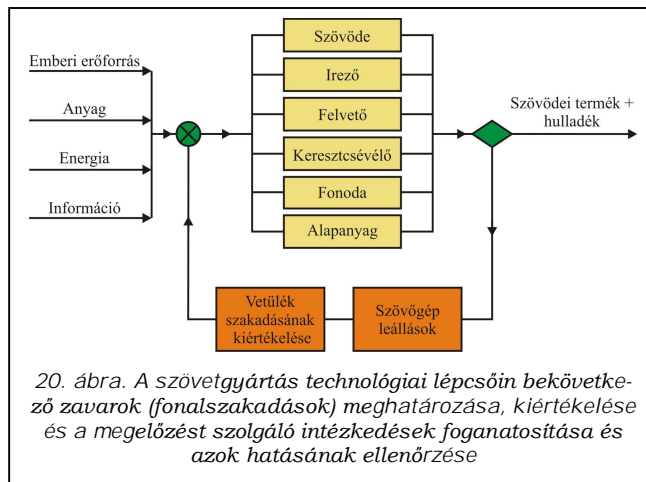
A **tároló előtti vetülékszakadás esetén a szövőgépleállás elkerülését** a tárolóba belépő vetülék ellenőrzésével az elektronikus vetülékváltó és az adott vetülék keverve bevetve a szakadt vetülékbeviteli vonal kiiktatható, a szövőgép tovább üzemelhet, így a vetülékszakadás nem okoz szövőgépleállást.

**Vetülékkelakadás automatikus elhárításában** légsugaras szövőgépeken a vetüléktároló számos megoldásnál döntő fontosságú.

A vetüléktárolóknak és fékeknek a nehéz szövődei körülményeken (pl. por- és szennyeződéssel szemben öntisztulóknak), a könnyű kezelhetőségűnek (pl. a korábbi mechanikus fűzőtűvel való befűzést a pneumatikus befűzés váltja fel), 10–20 éven keresztül folyamatos működtetés esetén is biztonságos, megbízható működésűnek, az agresszív fonalakkal szemben kopásállónak kell lenniük.

### Fonalszakadások értelmezése

A szövéselőkészítés és a szövés során a fonalban ébredő húzóerő csúcs átlaga lényegesen kisebb, mint az fonalleállási erő (szakítóerő) átlaga. Ezen körülményekből felületesen arra lehet következtetni, hogy



20. ábra. A szövetgyártás technológiai lépéseinek bekövetkező zavarok (fonalszakadások) meghatározása, kiértékelése és a megelőzést szolgáló intézkedések foganatosítása és azok hatásának ellenőrzése

nem kell fonalszakadással számolni. A gyakorlati tapasztalat azonban ezzel ellentétes.

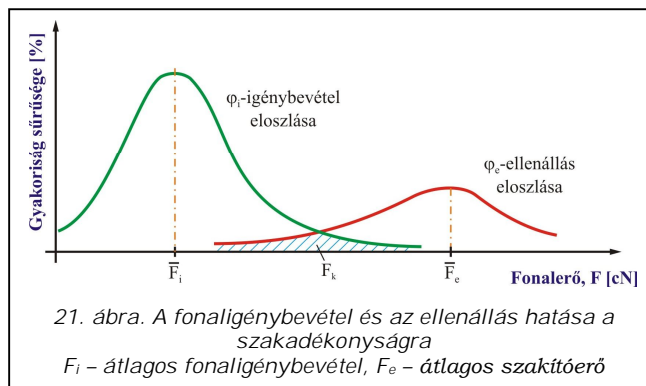
A szövőgép teljesítményének növelésével párhuzamosan általában a dinamikus hatások is és a fonalszakadások gyakorisága is növekszik, emiatt a nagyteljesítményű szövőgépek gazdaságos üzemeltetése átfogó változtatásokat, intézkedéseket követel.

Illúzió azt hinni, hogy a korszerű szövőgépeket beállítva a gazdaságos üzemeltetés, a jó minőségű szövetgyártás is megvalósul. Sőt ellenkezőleg, a nagyteljesítményű szövőgépeken a technológiai gyengeségek erőteljesebben jelentkeznek. A szövés ugyanis egymásra épülő technológiai lépések utolsó láncszeme, emiatt a szövődei szakadások csak a technológia egészét kézben tartva csökkenthetők (20. ábra).

A szakadásszám csökkentés az üzemvezetés legfontosabb feladatai közé kell tartoznia. A fonalszakadás, amely a textilgyártás során a legtöbb zavar okozója, statisztikai szempontból ritka eseménynek, „balesetnek” tekinthető. A párhuzamosan egyidejűleg feldolgozott fonalak nagy száma, a több munkaegységen egy időben végzett munka és a nagy fonalszállítási sebességek miatt sajnos elég gyakran előfordul a fonalszakadás. A szakadások a dolgozó leterhelését növelik, ezáltal a termelékenységet csökkentik. Ezen túlmenően a fonalszakadás minőségi hibát is okozhat (indítási csík), s a leállások és indítások a gépek igénybevételét is számottevően megnövelik.

A teljesítmények növekedésével a feldolgozás közbeni igénybevételek is növekednek, így a szakadás valószínűsége is növekszik. A szövődeben az igénybevételi csúcsok átlaga alacsonyabb szilárdságú fonalak esetén a fonal szilárdságának 50–70 %-át (kihasználás) is elérheti.

Az újabb kutatások egyértelműen igazolják, hogy a



21. ábra. A fonaligénybevétel és az ellenállás hatása a szakadékonyságra  
 $F_i$  – átlagos fonaligénybevétel,  $F_e$  – átlagos szakítóerő

fonal átlagos szakítószilárdsága kevés támpontot ad a fonalszakadás várható becsléséhez. A szakadékonyságot az átlagos szilárdságon túlmenően a szilárdság- és a nyúlás szórása, ill. a gyenge helyek száma döntően befolyásolja (21. ábra).

Fonalszakadás akkor következik be, amikor a fonal pillanatnyi igénybevétele eléri az adott fonalszakasz ellenálló képességét. Az ábra alapján a szakadás csökkentése a fonalgénybevételi és -ellenállási görbe átfedési területének csökkentésével érhető el, amit az alábbi négy paraméter határoz meg:

- a fonal szakítóerejének átlaga,
- a szakítóerő szórása,
- a fonalgénybevételi erőcsúcsok átlaga,
- az igénybevételi csúcsok szórása.

A fonalszakadás a technológia bármely szakaszában zavaró, de a kár nagysága jelentős mértékben függ attól, hogy melyik technológiai lépcsőn következett be (2. táblázat).

2. táblázat. A fonalszakadások viszonylagos költségei

Technológiai lépcső	OE fonal 29,5 tex	Gyűrűsfonal 20 tex
Fonodai szakadás	1,0	1,0
Keresztcsévézői szakadás	–	0,074
Felvetői szakadás	3,4	7,5
Írezői szakadás	10,0	25,0
Szövődei szakadás	3,6	9,0

Emiatt a nagyobb veszteség elkerülésére a fonalszakadást irányítani kell, a bekövetkezését lehetőleg ott kell előidézni, ahol a szakadás, illetve az elhárítás költsége a legalacsonyabb.

Az elemzések alapján megállapítható, hogy a keresztcsévézőben bekövetkező vagy előidézett fonalszakadás elhárításának költsége kb. 1/100-a a felvetői és a szövődei szakadási költségnek, míg az írezői szakadási költség a legnagyobb.

A fajlagos szakadásszámok – hasonlóan a fonal-egyenlőtlenégi mutatószámokhoz (pl. U%, CV%) – statisztikai adatokkal vehetők össze. A fajlagosított szakadások jó, közepes és rossz értékhatárát a Sulzer Rüti cég vizsgálati tapasztalatit a 3. táblázat tartalmazza.

A keresztcsévézés emiatt a későbbi technológiai lépcsőkön bekövetkező szakadások megelőzésében kulcsfontosságú, ahol a fonalhibák olcsó eltávolításával a fonalminőség is javítható. A keresztcsévéző üzemben semmi esetre sem a mennyiséget, hanem a későbbi technológiai lépcsőkön a fonalszakadás megelőzését tartjuk szem előtt.

A felvetőgépen bekövetkező szakadások fajlagos értéke is megbízható minősítő mutatószám (22. ábra), mivel a fonalak közel fele rövid időben áthalad ezen technológiai lépcsőn.

A felvetői fajlagos szakadásszámok elsősorban a fonoda, a keresztcsévéző, a festőde, az anyagmozgatás, a feldolgozási körülmények (tisztaság, klíma) munkáját minősítik.

A vetülekbeviteli húzóerőt, igénybevételt számos hatás befolyásolja:

3. táblázat A fajlagos szakadásszámok minősítő határai

Viszonyítási alap	OE fonal 29,5 tex			Gyűrűsfonal 20 tex		
	jó	közepes	rossz	jó	közepes	rossz
Fonoda 1000 orsóóra	17	37	96	15	30	80
Keresztcsévéző 10 <sup>5</sup> m	30	40	50	-	-	-
Felvető 10 <sup>6</sup> m	0,8	1,5	3,0	0,7	1,0	2,0
Írező 10 <sup>7</sup> m	3,8	5,7	8,6	1,2	2,3	4,0
Szövőde 10 <sup>5</sup> vetés	6,0	8,7	11,5	7,5	11	14,6

• a vetülek tulajdonságok (finomság, szilárdság, rugalmasság, sűrűlódási együttható, felületi struktúra stb),

• a vetülek elötét kialakítása, szerkezete, elötétről való lefejtési viszonyok stb.,

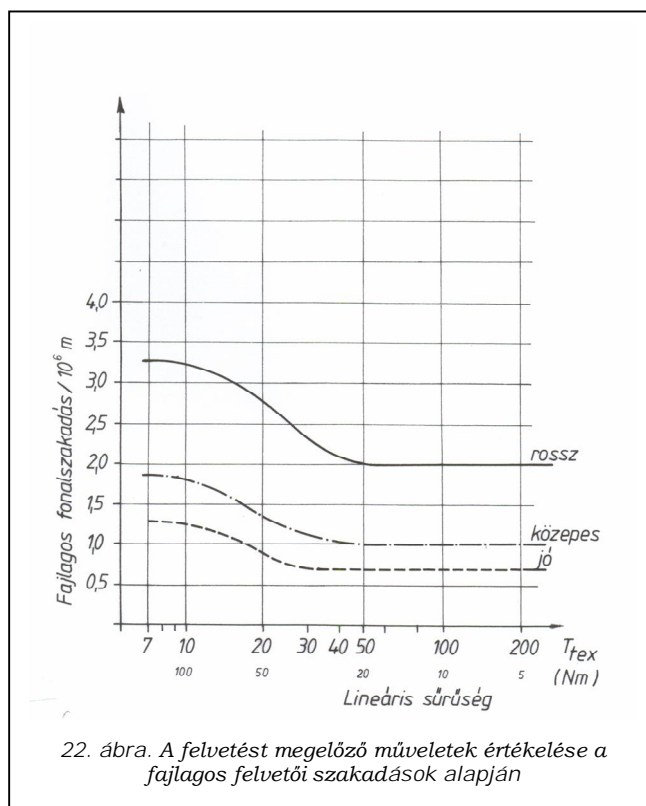
• a vetülekbeviteli viszonyok (bevetési sebesség),

• a vetülekbeviteli módszerek (vetélős, fogóvetélős, vetülekívós, légsugaras, vízsugaras),

• a vetülek fékezése,

• a vetülekbevitel módja (közvetlen vagy közvetett, azaz vetülek tároló közbeiktatásával).

Ezek a hatások egymással is szoros összefüggésben állnak, így vizsgálatuk is sok esetben csak összefüggésükben tárgyalható.



22. ábra. A felvetést megelőző műveletek értékelése a fajlagos felvetői szakadások alapján

## Összefoglalás

A textilipar az első ipari forradalom meghatározója volt, amelyen belül a szövőgépek élen jártak, közel kétszáz éven keresztül alkalmazták a tökéletesnek tűnő vetélős szövőgépeket. A máig tartó fejlesztési erőfeszítések ellenére a szövés alapműveleteinek szakaszosságát ugyan nem sikerült megváltoztatni, de az alap- és részműveletekben az elmúlt fél évszázadban lényeges változás ment végbe. A szövőgépek változtatásában a legjelentősebb a vetélőt felváltó vetélőnélküli eljárások kifejlesztése, amelyek közvetlenül a vetülékre hatva nagy sebességgel biztonságosan vetik be a nehezen kezelhető nagy tulajdonság-különbségű vetülékeket. Az intenzív fejlesztőmunkának köszönhetően a szövőgépek teljesítményét, a minta nagyságát nagyságrenddel sikerült megnövelni, a szövet minőségét számottevően javítani. Ezen eredményeket a legkorszerűbb gépszerkezeti anyagok, a korszerű, szigorú gépgyártási technológiák alkalmazásával és a legfejlettebb elektronikai, szabályozástechnikai megoldásokkal érték el. A szövőgépek

nagy értékű (több tíz millió forint) berendezések, amelyeknek szakszerű, gazdaságos, hatékony üzemeltetése magas szakmai felkészültséget igényel.

## Felhasznált irodalom

- [1] Tholander, L.: Die Aufgabe des Vorspulgerätes beim Webprozess. Weberei Kolloquium Denkendorf 1996. okt. 22-23.
- [2] Tholander, L.: Schussfadenspeicher – Eigenschaften und Einsatz. Chemifasern 1983/2. p. 122-123.
- [3] Büschges, W.: Fonaladagolás 2000-ben. Magyar Textiltechnika 1994/3. p. 96-101.
- [4] Walter, L.: Taschenbuch für die Textilindustrie. 2000. pp. 438.
- [5] Hans, W. Krause: Über die Wahrscheinlichkeit von Fadenbrüchen. Melliand Textilberichte, 1979/7, pp. 551-554
- [6] USTER: Application Handbook
- [7] Weinsdörfer, H.: Webereivorwerk und Weberei. ITMA'91
- [8] Sulzer Rütli kiadványok, prospektusok