

A sűrített levegő a textiltechnológiában

Szabó Lóránt
BMF RKK KMI

Bevezetés

A pneumatika, a légáram számos textiltechnológiai műveletben kulcsfontosságúvá vált [1], az ipar csaknem minden területe több-kevesebb sűrített levegőt ill. vákuumot igényel, amit gazdaságosan az egész gyártási területet behálózó központi levegőellátó rendszerrel célszerű kiszolgálni. A követelményeknek megfelelő nyomású levegő előállításához szükséges energia költsége jelentős, emiatt a folyamat alapos ismeretére, elemzésére, a veszteségek csökkentésére van szükség.

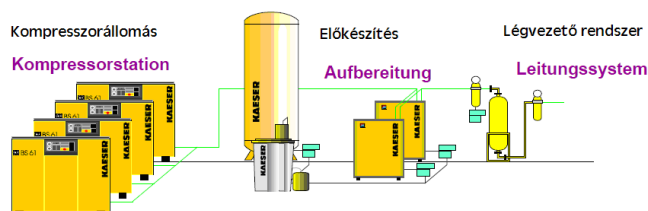
Az ember több mint 2000 évvel ezelőtt állította tudatos természetátalakító törekvéseinek szolgálatába energiahordozóként – a vizet követően – a levegőt, ismert volt a levegő sűrítése, tárolása és felhasználása. Az automatizálás első kézikönyve is Kr. u. az első századból, az alexandriai Herontól származik, könyvének címe: „Pneumatika és autometria”.

Az első alkalmazásokat követően több mint ezer évig semmilyen pneumatikus szerkezetről nincs hír. Csak a 12. században terjedtek el a szélmalmok, amelyek ma a szélerőművek formájában reneszánszukat élik. A 18. és 19. század között, a gyáripar kialakulásával már találkozhatunk az ipari pneumatika alkalmazásával. A 19. század végétől a pneumatika ipari felhasználása erőteljesen fejlődött, s ez napjainkban is tart. Az ipari forradalomnak köszönhetően számos pneumatikus berendezést és szerszámot találtak fel, mint pl. a pneumatikus csőpostát, sűrített levegős vasúti fékrendszert, a légkalapácsot stb.

A textilipar az első ipari forradalom meghatározója volt, és ebben a víz energiahordozóként döntő szerepet játszott. Az első textilüzemeket a bő vízü, gyors folyású folyók mellé telepítették és a gépeket transzmisszióval hajtották. Kezdetben a textiltechnológiai műveleteket bonyolult, ötletes mechanizmusokkal valósították meg. Ezek között az elmúlt fél évszázadban a pneumatika és az 1980-as évektől az elektronika is döntő jelentőségűvé vált.

A mai értelemben vett korszerű ipari pneumatikát az 1950-es évektől szinte minden iparág egyre szélesebb körben alkalmazza, jelentősége napjainkban az automatizálás és az ipari robottechnika megjelenésével csak fokozódik. A pneumatikai alkalmazások a nyomásszint alapján rendszerezhetők, a textiliparban leggyakrabban 2–10 bar nyomású levegőt használnak.

A fogyasztók által elvárt paraméterű sűrített levegőt a sokrétű ipari felhasználás kielégítésére – a villamos hálózathoz hasonlóan – a gyár területén központilag



1. ábra. Sűrített levegő előállítási sémája

kialakított kompresszorházban állítják elő és vezetékeken keresztül juttatják el a fogyasztókhoz (1. ábra).

A sűrített levegővel szembeni elvárások

A megfelelő minőségű sűrített levegő előállításához kompresszorból, szűrőkből, szárítókból, nyomáskiegyenlítő tartályból, a fogyasztókhoz terjedő légvezetékekből, pneumatikus elemekből álló rendszerre van szükség (2. ábra).

Amíg az elektromos hálózat nagy távolságokra, akár földrésznyi távolságokra terjedhet ki, addig a sűrített levegő-hálózatok hatótávolsága legfeljebb néhány száz méterre tehető. A gyár területét behálózó „rugalmas” sűrített levegő-ellátást a levegő tulajdonságai teszik lehetővé és szükségessé.

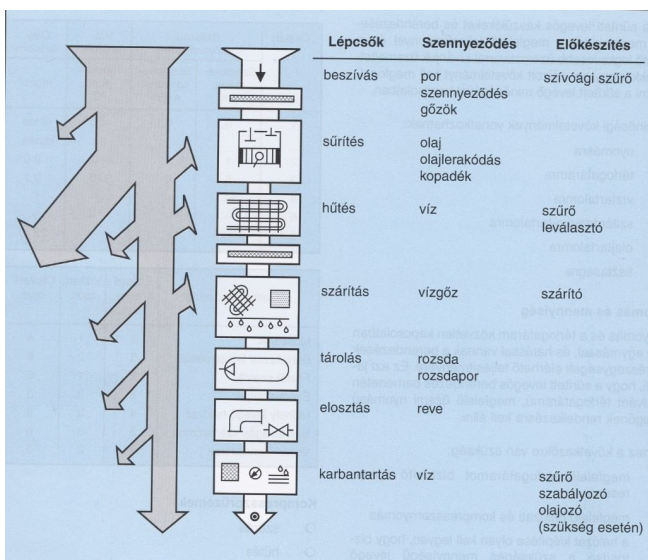
A sűrített levegő főbb jellemzői:

- összenyomható: ezen tulajdonságából származik energiatároló képessége, amely lehetővé teszi az ipari pneumatikában energiahordozóként történő felhasználását,
- tág hőmérséklet-tartományon belül használható,
- sűrűsége 1 bar nyomáson és 20 °C hőmérsékleten 1,2 kg/m³.

A levegő nyomásának kifejezésére használatos mértekegységek: Pa, MPa, bar, at, atm, torr, Hgmm, psi (pounds per square inch, azaz font/négyzethüvelyk).

Az ipari (textilipari) pneumatika munkavégző közege a sűrített levegő. A pneumatikus energiával működtetett berendezések alkalmazásának és üzemi jellemzőinek megismeréséhez feltétlenül szükséges a munkavégző közeg, a levegő fizikai tulajdonságainak és áramlási törvényszerűségeinek az ismerete.

A pneumatikus rendszerek jellemzőit a sűrített levegő két fontos tulajdonsága, az összenyomhatóság és a kis viszkozitásából adódó kis belső és külső súrlódási veszteség jellemzi.



2. ábra. Sűrített levegő energia- és rendszersémája

A pneumatika alkalmazásának előnyei:

- a levegő nagyfokú összenyomhatósága az energia tárolását és igény szerinti felhasználását teszi lehetővé;

- helyesen megválasztott csőrendszerrel csekély áramlási veszteségek miatt nagy (10–50 m/s) áramlási sebességeket lehet elérni, szemben a hidraulikus vezetékeknél lehetséges 2–10 m/s-mal, illetve nagyobb vezeték hosszakat (központi léghálózatot) tesz lehetővé;

- kis egységnyi teljesítményre jutó fajlagos tömeg, egyidejűleg nagy sebesség;

- robbanásbiztos;

- külső hatásokra (pl. magas és alacsony hőmérséklet, mechanikai rezgések, elektromos mezők) kevésbé érzékeny;

- a sebesség és az erő egyszerűen, fokozatmentesen, tág határok között változtatható;

- a pneumatikus rendszerek kezelése, szerelése, javítása és karbantartása viszonylag egyszerű;

- a pneumatikus elemek gyártási tűrései lazábbak, mint a megfelelő hidraulikus elemeké;

- a vezérlés és a munkavégzés feladatait ellátó elemek élettartama igen nagy;

- a kompresszor mindig friss levegőt szív be, így a pneumatikus rendszereknél ismeretlen a hidraulika egyik alapproblémája, a nyomóközeg öregedése és szennyeződése;

- a pneumatikus berendezések a környezetet nem, vagy csak igen kis mértékben szennyezik;

- az elektromos működtetésnél betartandó szigorú érintésvédelmi előírások a pneumatikai megoldásokkal nem állnak fenn;

- elektronikus vezérléssel a pneumatika gyors reakcióidejű, biztonságos működtetés valósítható meg;

- a pneumatika sokrétű textilipari alkalmazást, különleges textilstruktúrák kialakítását tesz lehetővé.

A pneumatika hátrányai:

- a megfelelő minőségű levegő (ISO 8573-1) biztosítása (olajmentes, száraz, a szilárd szennyeződések mennyiségi és méreti határértékeinek betartása) nem egyszerű feladat;

- a nagy sebességgel kiáramló levegő kellemetlen, nagy frekvenciájú zajt kelt;

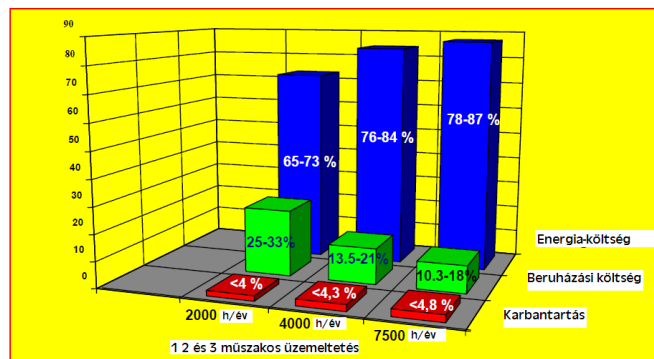
- a tápnyomás biztonsági okokból általában nem lépheti túl az 10 bar-t;

- a rendszer a levegő kis viszkozitása miatt rezgésekre és nyomáslengésekre hajlamos;

- a sűrített-levegő előállítása drága, az energia-

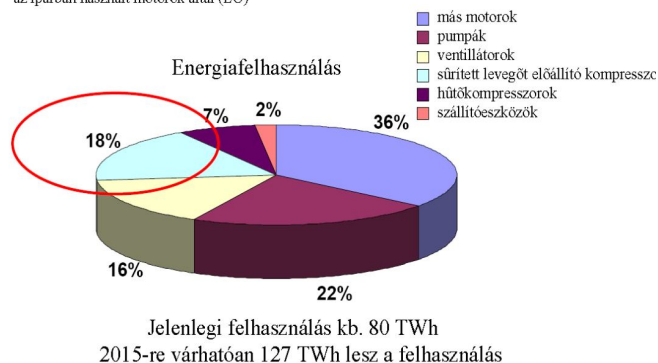
Sűrített-levegő költsége

Enrgia-költség: 0,1 EURO/kWh, Leírás idő 5 év, Kamat 6%



3. ábra. Sűrített-levegő költségviszonyai

Kompresszorok általi jelenlegi energia-felhasználás az iparban használt motorok által (EU)



4. ábra. Ipari fogyasztók energiafelhasználásának részaránya

költségek lényegesen nagyobbak, mint elektromos működtetés esetén;

- a szivárgások jelentős veszteségeket okozhatnak.

A sűrített levegő előállítása

A sűrített levegő előállítása nagy energiaigényű (10 normál-m³ sűrített levegő előállításához 1 kWh munka szükséges), és a légsugárral működő fogyasztók sűrített-levegő-igénye, ezáltal az energiaköltsége jelentős (3. ábra). Így a tendenciájukban növekvő energiaárak és a gazdaságos üzemeltetés szükségessé teszi az energiafelhasználás átfogó elemzését, csökkentését, amit a sűrített levegő előállítására, a fogyasztóhoz juttatására és magára a fogyasztóra is ki kell terjeszteni. A kompresszorok helyes megválasztásával, korszerű szabályozásával, a rendszerben levő veszteségek, szivárgások feltárásával és kiküszöbölésével, a fogyasztók legújabb fejlesztési eredményeit alkalmazva az energiaköltség a kb. 10 évvel korábbi szinthez viszonyítva akár 40%-kal is csökkenthető.

A sűrített levegő ipari felhasználása, így energiaigénye számottevő, az ipari motorok energiafelhasználásán belül 18%-ot tesznek ki (4. ábra).

A légsűrítők teljesítményét, légszállítását két paraméter határozza meg:

- a kimeneti nyomás (sűrítési végnyomás) és
- az időegység alatt beszívott normál állapotú levegő mennyisége.

A pneumatikus berendezések csak akkor gazdaságosak, ha megbízhatóak és nagy az élettartamuk. E követelmények teljesítésének egyik lényeges feltétele, hogy szennyeződésmentes sűrített levegőt használjunk fel.

A kompresszorok által beszívott levegő igen gyakran tartalmaz szennyező elemeket (szilárd részecskéket, vizgőzt, agresszív gázokat stb.), ezeket célszerű már a kompresszorba való bekerülésük előtt leválasztani.

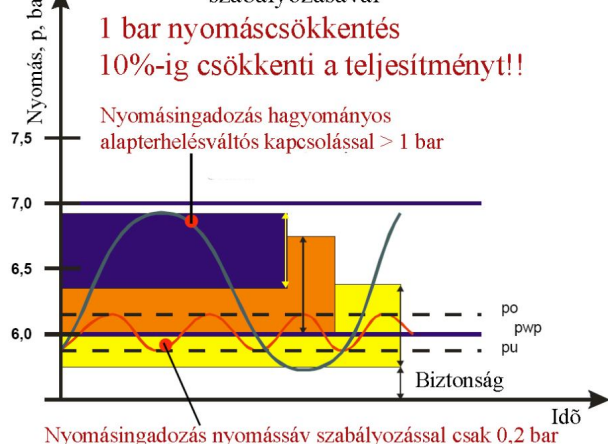
Textilipari berendezésekhez a sűrített levegőt olajmentes csavarkompresszorokkal állítják elő, amelyek a térfogat-kiszorítás elvén működnek (5. ábra).

A csavarkompresszor két megfelelően kialakított profilú csavarfelülettel rendelkező forgórészből áll, amelyek egymással



5. ábra. Csavarkompresszor kialakítása

Megtakarítás a nyomást csökkentve a nyomássáv szabályozásával



6. ábra. Nyomásingadozás csökkentése frekvenciavezérelt motorral

pontosan illeszkedve kapcsolódnak, működés közben a levegőt tengelyirányban továbbítják, a beszívott levegő térfogata és nyomása a forgó elempár között nem változik. A kompresszió az utolsó kapcsolódó felületpár szétválása után a szállított levegőt a nyomóvezetékbe továbbítja. Ez nem okoz pulzáló nyomásváltozást, a csavarkompresszor üzeke kevésbé zajos. A kompresszorház és a csavarok fejszalagja között elkerülhetetlenül rés van, amelyen visszaáramlás történik, ezt a nem kívánt szivárgást a többszöri kapcsolódás labirintomtömítésként csökkenti. A csavarfelületek olajozással tömíthetők vagy szárazon működtethetők (olajmentes levegő).

A csavarkompresszorokat célszerű folyamatosan üzemeltetni. Lehetnek stabil beépítésűek és hordozható kivitelűek. 2 kW-tól 350 kW teljesítményig és kis nyomásoktól 8 MPa-ig használatosak.

A sűrített levegő vízgőz tartalmát – a pneumatikus hálózat rendszerének zavartalan üzemeltetése érdekében – minimálisra kell csökkenteni. A levegő nedvességtartó képessége hőmérsékletének esésével csökken. Így a kompresszorból kilépő levegő hűtésével – amelyet a **hőcserélő** (utóhűtő) végez – a páratartalom csökkenthető. A hőcserélőben a páratartalom jelentős része csepp formájában kiválik. A kicsapódott víz elvezetését biztosítani kell.

Igényesebb textilipari pneumatikus rendszereknél általában nem elegendő a levegő vízgőztartalmának ilyen mértékű csökkentése, további **szűrő** és **szárító** alkalmazása válik szükségessé.

A **légtartály** (tároló) alkalmazása a következő célokat szolgálja:

- energiatárolóként alkalmazható,
- csökkenti a kompresszor üzeméből és a változó légfelhasználásból adódó nyomásingadozást,
- energiatárolóként lehetővé teszi a kompresszorok szakaszos üzemeltetésű szabályozását.
- a levegő környezeti hőmérsékletre való hűtésével utóhűtőként használható.

A légtartály telepítésének általános szabálya, hogy hűvös helyen legyen, nyomásbiztos kialakítású legyen, valamint biztosítani kell a kicsapódó víz elvezetését.

A **levegőhálózatot**, a légvezető csövek átmérőjét a levegőszállítás mennyiségének megfelelően kell megválasztani, törekedve a minimális légsebességre. Az

üzemcsarnokokban a légálózatot körvezetéként célszerű kiépíteni, mert így az egyes berendezésekhez két irányból áramlik a sűrített levegő, ezáltal a léglökések és nyomásingadozások csökkenthetők.

A csővezetékben leálláskor, hideg környezetben további vízkiválással kell számolni ezért

- a gerinc-légvezetékét a fogyasztók irányában célszerű 1–2 %-os lejtéssel szerelni és a csővezeték mélyen fekvő pontjaiban vízgyűjtő edényt elhelyezni;
- a leágaztatásokat – a csővezetékben levő víz és esetleges szennyeződések miatt – ajánlatos a cső felső részén elhelyezni;

- a további szennyeződés elkerülése érdekében a csővezeték rozsdavédett anyagból (rozsdamentes vascső, műanyagcső stb.) kell kialakítani.

A csőszerevények kis ellenállásúak, a kanyarok lehetőség szerint nagy ívűek legyenek a kisebb nyomásesés végett. A légálózatot üzembe helyezés előtt nyomáspórával kell ellenőrizni. Telepítésének általános szabálya, hogy levegőszivárgás nem engedhető meg, mert kismértékű szivárgás is jelentős energiavesztést okoz.

A csővezeték időszakos tisztításáról (1-2 havonta) gondoskodni kell. Ennek a legegyszerűbb módja a lefúvatás, ami a vízgyűjtő edény ürítőcsapjának nyitásával végezhető el. A táplevegő-ellátás ellenőrzésére célszerű jól látható helyre egy nyomásmérőt beépíteni a csővezetékbe.

Összefoglalva, a textiltechnológiában alkalmazott fogyasztók (pl. légsugaras szövőgépek) levegővel szemben támasztott követelményei a következők:

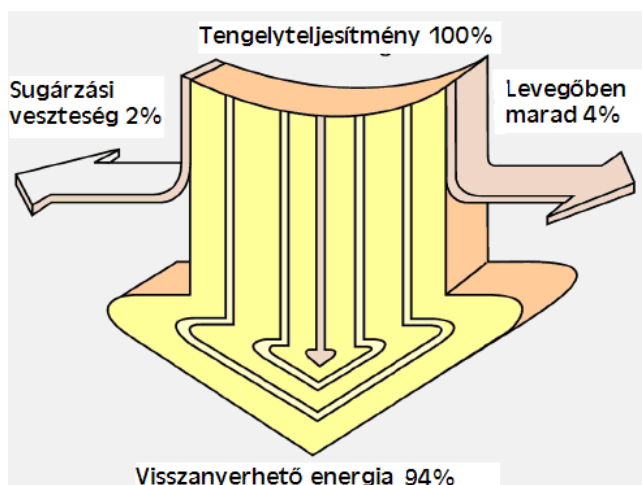
- tápnomás 6–8 bar közötti, állandó, ingadozásmentes legyen, mert a légnyomás döntően kihat a működésbiztonságra, a textiltermék minőségére;
- a pontos kialakítású, gyors működtetésű szelepek, valamint a szűk nyílású fogyasztók (pl. segédfűvőkák) olaj- és szennyeződésmentes levegőt igényelnek;
- száraz legyen a levegő, hogy a vezetékekben és a fogyasztókban ne keletkezzen kondenzvíz;
- a felhasznált levegő nyomása és mennyisége lehetőleg az előírt minimális szint közelében legyen az energiaköltségek csökkentése érdekében.

Mivel pl. egy szövődében a levegőfelhasználás az idő függvényében nagymértékben változik, ezért a levegőszükségletet korábban több kompresszorral (alapgép, csúcsgép) és egy központi légtartály beépítésével biztosították. Az előírt tartálynyomás minimális és maximális értékénél a kisebb teljesítményű csúcsjáratú kompresszort be- vagy kikapcsolták. Ezzel az üzemmóddal azonban a kompresszorok ill. a villanymotorok optimális üzemállapota nem biztosított, s a nyomásingadozás is jelentős, ami az energiafelhasználást növeli.

A legújabb technikai megoldásoknál a csavarkompresszort közvetlenül a tengelyére erősített frekvenciavezérelt motorral hajtják, amely a pillanatnyi levegőfogyasztásnak megfelelően a fordulatszámot változtatva szabályozza a működést. A nyomás-ingadozás (6. ábra) és a hajtómotor mechanikai és elektromos veszteségeinek csökkentésével kb. 10%-os energiamegtakarítás érhető el.

Az előírt minőségű levegő biztosítása

A levegő minőségét a felhasználási követelmények határozzák meg, a levegő osztályba sorolásához tartozó paraméter-értékeket az ISO 8573-1 szabvány tartal-



7. ábra. Sűrített levegő előállításának energiaszalaga

mazsa (1. táblázat). A levegőből az olajat és a szilárd részeket a különböző helyeken beépített **szűrőkkel** választják le. A szűrők azonban nyomáscsökkenést idéznek elő – különösen eltömődés esetén – emiatt azok megválasztására, karbantartására nagy figyelmet kell fordítani.

A változó levegőigény, a közel állandó tápnyomás és a lehetőséghez képest egyenletes kompresszorterhelés kiegyenlítésében a légtartály döntő fontosságú.

A komprimálás során, az adiabatikus állapotváltozás következtében a levegő felmelegszik, amit kb. 2–5 °C-ra le kell hűteni a víz leválasztása érdekében. A léghűtéses kompresszorok energiahasznosítása kedvezőbb, mint a vízhűtésűeké. A vízleválasztás után a sűrített levegőt közel az üzemi hőmérsékletre kell melegíteni.

A sűrített levegő nagyon rossz energia-hatásfokú (7. ábra), a befektetett energiának csak 4%-a fordítódik levegő potenciális energiájává, a többi hőenergiává alakul, amelynek nagy része azonban a hőcserélővel újra hasznosítható.

A légvezető csövek átmérőjét a levegőszállítás mennyiségének megfelelően kell megválasztani, törekedve a minimális légsebességre. A léglökések, nyomásingadozások csökkentésére a vezetéket visszacsatolt gyűrű formájában célszerű kiépíteni. A gerinc-lég-

1. táblázat. A levegő osztályba sorolása az ISO 8573-1 szabvány szerint

Druckluft-Qualitätsklassen
nach ISO 8573-1: 2001 (E)

ISO 8573-1 Klasse	Feststoffe / Staub						Feuchtigkeit	Gesamt- Ölgehalt
	max. Teilchenzahl pro m³ von Partikeln mit d [µm]				µm	mg/m³	Drucktaupunkt/ (x=Wasseranteil in g/m³ flüssig)	mg/m³
	≤ 0,1	0,1< d ≤ 0,5	0,5< d ≤ 1,0	1,0< d ≤ 5,0				
0	nach Betreibervorgabe							
1	-	100	1	0	-	-	≤ -70 °C	≤ 0,01
2	-	100.000	1.000	10	-	-	≤ -40 °C	≤ 0,1
3	-	-	10.000	500	-	-	≤ -20 °C	≤ 1,0
4	-	-	-	1.000	-	-	≤ +3 °C	≤ 5,0
5	-	-	-	20.000	-	-	≤ +7 °C	-
6	-	-	-	-	≤ 5	≤ 5	≤ +10 °C	-
7	-	-	-	-	≤ 40	≤ 10	x ≤ 0,5	-
8	-	-	-	-	-	-	0,5 ≤ x ≤ 5,0	-
9	-	-	-	-	-	-	5,0 ≤ x ≤ 10,0	-

2. táblázat. Szivárgási veszteségek

Szivárgási átmérő (mm)	Levegő fogyasztás 6 bar nyomásnál (m³/min)	Veszteség
1	0,065	0,3 kW, 96 ezer Ft
2	0,240	1,7 kW, 544 ezer Ft
4	0,980	6,5 kW, 2,1 millió Ft
6	2,120	12 kW, 3,8 millió Ft

vezeték a fogyasztók irányába lejtős kialakítású legyen, a fogyasztók után célszerű vízgyűjtő levezetőt beépíteni. A csővezetéket rozsdamentes fémből vagy műanyagból, sima belső felületűre kell készíteni. A csőszerelevények kis ellenállásúak, a kanyarok lehetőség szerint nagy ívűek legyenek a kisebb nyomáscsökkenés végett.

Nagy veszteséget okoznak a pneumatikai rendszerben a **szivárgások**, a **levegőszökés**, amik üzemi viszonyok között nehezen észlelhetők. A levegőszökés feltárására ultrahang érzékelő műszereket fejlesztettek ki.

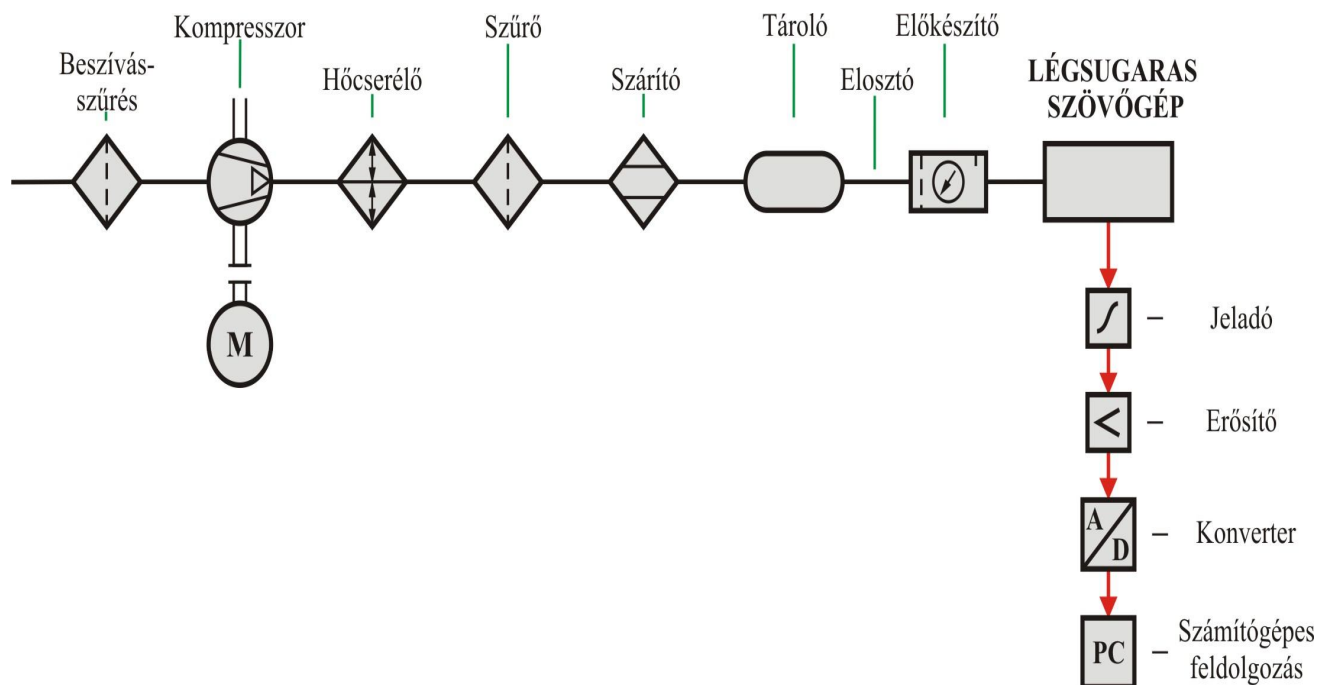
A vezetékek csatlakozási helyén, a vezetékeknél előforduló levegőszökés, kifűvés veszteségeire a 2. táblázat mutat példákat, a villamosenergia-veszteségeket üzemórákban és a veszteség költségeit forintba kiszámítva a jelenlegi ipari villamosenergia-árak mellett, éves viszonylatban (feltételezve, hogy a léghálózat 8000 munkaórán keresztül üzemel).

A német Fraunhofer Intézet „A sűrített levegő hatékonysága” című kampány során végzett független felméréseinek kiértékelése azt mutatja, hogy az előállított sűrített levegő nagy aránya kb. 30–40 %-a a szivárgások miatt elvész. A szivárgások nagy hányada kisebb átmérőjű csővezetékben lépnek fel, főként a tömítetlen csatlakozások felelősek érte. Ha a felhasználó a textiltipari berendezése elé telepíti a szivárgást észlelő mérőműszert (pl. Testo 6440), az a legkisebb áramlást is kimutatja, ez egyértelmű szivárgásra utal, amennyiben a gép nem működik.

A levegőfogyasztás mérése

A légsugaras szövőgépek a nagy légfogyasztó gépek csoportjába tartoznak. Hozzávetőleg 1 m-nyi vetülékhez 1 g levegő szükséges, így egy nagyobb teljesítményű szövőgép óránként 100 Nm³/h levegőt igényel, amihez kb. 10 kWh elektromos kompresszorrel teljesítmény szükséges. Több tíz, vagy akár több száz szövőgép esetén ez az energiaigény számottevő, így az észszerű levegő-felhasználással jelentős energiamegtakarítás érhető el. Ennek vizsgálata különböző teljesítményű levegőfogyasztás mérőberendezést fejlesztettek ki.

A 8. ábra egy új generációs DORNIER légsugaras szövőgép levegő ellátását biztosító rendszer elemeit és optimális légfogyasztásának mérési elrendezését mutatja.



8. ábra. Dornier légsugaras szövőgép levegő ellátása és ellenőrzése

Összefoglalás

Valamennyi sűrített levegőt felhasználó vállalatot érintik a takarékosági intézkedések. A jövő orientált textilipari üzemek a takarékoságba ruháznak be. Az ipari vállalatok áram-, gáz- és vízfelhasználása átlátható és nyomon követhető a főmérők és a mellékmérők összevetéséből. A sűrített levegőt üzemben belül állítják elő és továbbítják a helyi fogyasztókhoz anélkül, hogy tudnák mennyi az összes és az egyes gépek fogyasztása. Ebből adódóan nincs is tervezés a szivárgások megszüntetésére, illetve a takarékosabb sűrített levegő felhasználásra. A sűrített levegő fogyasztására fordított beruházások viszonylag gyorsan megtérülnek - a csökkenő tendenciát mutató üzemi költségekből kifolyólag.

Az egyre növekvő villamosenergia-árak és az egyre szigorúbb környezetvédelmi előírások miatt sem lebecsülendő a sűrített levegő költségeinek csökkentésének lehetőségeit vizsgálni a textilipari pneumatika alkalmazása területén.

Felhasznált irodalom:

1. Szabó László, Szabó Lóránt: A pneumatika textilipari alkalmazása. Magyar Textiltechnika 2008/3. p. 75-77.
2. Szabó Lóránt: Légsugaras szövőgépek fejlesztése Magyar Textiltechnika 2007/5. p. 130-133.
3. Joachim Ernst, Kaeser Kompressoren, Coburg: Effiziente Produktion des Energieträgers Druckluft Verfügbarkeit erhöhen, Kosten senken 11. Denkendorfer Weberei -Kolloquium 2008. okt. 7-8.
4. Atlas Copco Oil-free rotary screw compressors Kiadvány
5. Trace out the leakage with LEAK-DETECT Schmidt GmbH Műszerkatalógus
6. Sulzer Textil P 7300 Installation guide Operating Instructions
7. Druckluft-Controlling Kruckenberg, Druflufttechnik GmbH kiadványa