

A SZŰRÉS HOZADÉKA A FLUIDUMBÁNYÁSZATBAN

LIVO LÁSZLÓ

Marketinfo Bt.
3100 Salgótarján, Rákóczi út 1–9.
mir@marketinfo.co.hu

Absztrakt: Ahhoz, hogy a szabványokban rögzített követelmények teljesüljenek, a felhasználó berendezései megfelelően működhessenek, a feleslegessé vált fluidumalkotók a tároló rétegbe visszajussanak, illetve a kitermelés serkenthető legyen, gyakran mechanikai módszerekkel szűrni, illetve a különböző fázisokat szétválasztani célszerű.

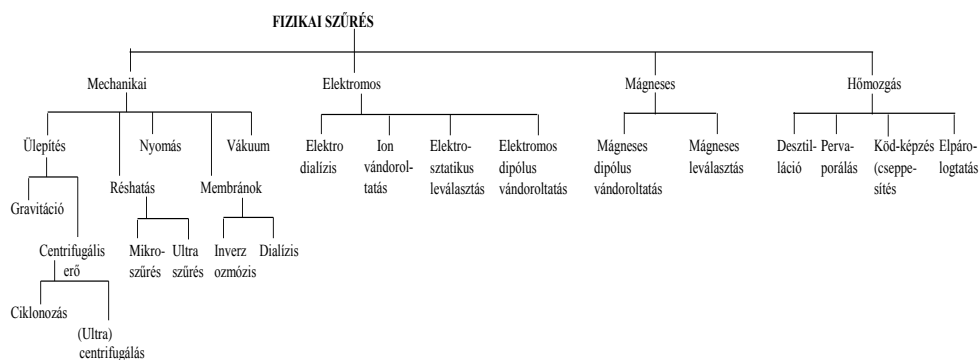
A fluidumok tisztítása, előkészítése, szétválasztása eszközigenyes és költséges tevékenység.

A mechanikai szűrés egyik hozadéka, ha az áramlások energiájának töredékét használja a fontos szabványosítási, eszköz és technológiai célok elérésére.

Az előadásban erre mechanikai technológiát mutatunk be az Ecofilt Mikrofilter alkalmazásával. A tisztítás magas hatékonysággal, nagy tömegáramokon, szigorú tűréssel, néhány mikrométeres méretig történő szennyeződés leválasztással és hosszú idejű tárolásával, folyamatos üzemben, tetszőlegesen tervezhető manuális karbantartási igény mellett végezhető.

Kulcsszavak: mechanikai, szűrés, fluidum, bányászat, Ecofilt Mikrofilter

1. FIZIKAI, SZŰRÉSI, TISZTÍTÁSI ELJÁRÁSOK



1. ábra

Fizikai szűrési eljárások csoportosítása

A teljesség igénye nélkül vizsgáljuk meg a szűrési, tisztítási feladatok megoldására rendelkezésünkre álló lehetőségeket.

Alkalmazáskor érdemes figyelembe vennünk, hogy minden lehetséges megoldást önálló folyamatként kezelve, a kívánt szűrési cél elérése érdekében harmóni-

kusan illesszünk be az ipari folyamatba. Ez a szemlélet biztosítja a folyamat kívánt hatékonyságának hosszú távú fenntarthatóságát.

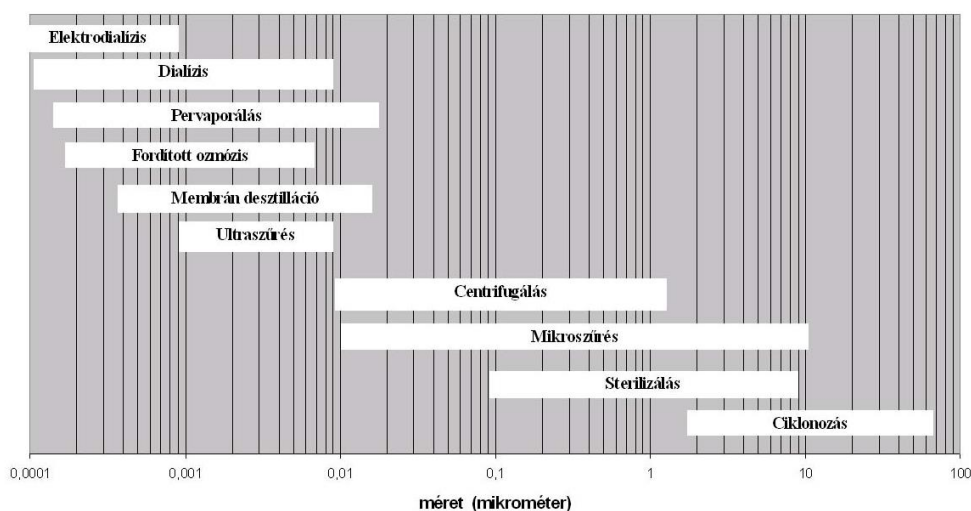
A rendszerezést végezhetjük a szűrési folyamatban lejátszódó jelenségek természetére szerint. Ezt az 1. ábrán szemléltetjük.

Az ábra magában foglalja a legtöbb mechanikai szűrési lehetőséget is.

A szűrés mindig egy határterület. Ezért a hatékony szűrési megoldás és stabil, tartós eredmény eléréséhez az adott folyamatot annak minden oldaláról vizsgálni kell.

A 2. ábrán feltüntetettünk egyfajta folyamatosztályozást. Azért, mert a kiválasztani kívánt anyag mérettartományának ismeretében választhassuk a szóba jöhető fizikai megoldásokat.

Az ábra többféle mechanikus módszert tartalmaz, ezek közül a ciklonozás, a mikroszűrés, az ultraszűrés, a dialízis azok az eljárások, melyek külső energiáráfordítás nélkül bonyolódhatnak le. A szűréshez/kiválasztáshoz szükséges energiát az áramló közeg energiacsökkenése és a gravitáció biztosítja. A többi, az ábrán szereplő eljárásba a megfelelő hatás érdekében segédenergiát kell befektetnünk.



2. ábra

Fizikai szűrési módszerek megszokott osztályozása

A fizikai módszerek rokonságban állnak egymással abban, hogy az anyag szerkezetébe, összetételébe nem avatkoznak be, azt változatlanul hagyják. Mérettartományuk alsó határa tehát az atomi, illetve a molekuláris méretekre (a gyakorlatban viszont néhány nanométerre) tehető.

A fizikai módszer azt is jelenti, hogy azok a folyamatok, amelyekben fizikai szűrést alkalmazunk, a szűrés miatt újabb környezeti terhelési elemet nem jelentenek. Az esetek többségében a kiválasztott koncentrált anyag egyszerűen kezelhető. Egyes esetekben a szűrő regenerálható. E megoldások általában alacsony üzemeltetési költségekkel járhatnak.

A szűrőt egy gépelemnek tekintjük, mely számos jól méretezhető tulajdonsággal rendelkezik. Most már csak az a kérdés, hogy az adott feladatnál a kívánt eredmény szempontjából mely tulajdonságok meghatározó jellegűek, s melyek jelentéktelenek?

A szűrési cél helyes kijelölése ad választ ezekre a kérdésekre is.

A mechanikai szűrés az a folyamat, amikor az áramló közeg útjába egy résekkel ellátott felületet (vagy térfogatot) helyezünk, és a közeget rákényszerítjük, hogy a réseken haladjon át. A közeg azon alkotórészei, melyek mérete a réseknél nagyobb, a mechanikai szűrőn nehezen tud áthaladni. A nehézség foka számos áramlási és anyagjellemzőtől függ.

Ezek a szűrési lehetőségek tehát mind megegyeznek abban, hogy a nem kívánt anyagot csupán mechanikai behatással választják ki. Közös tulajdonságuk továbbá, hogy a szűrők mint elválasztó eszközök valamilyen erőterben (pl. gravitációs, centrifugális, nyomási) üzemelnek. A szűrőberendezés működése során energiát emészt fel.

Elődeink megalkották a szűrés matematikai modelljét is, mely a

$$\frac{dV}{dt} = F \frac{\varepsilon}{5\mu} r^2 \frac{\Delta p}{L} \quad \text{differenciál egyenlettel írható le.} \quad (1)$$

A benne szereplő jellemzők:

- V: a térfogat, mely a szűrőn áthaladt
- t: a szűrési idő
- F: a szűrő szabad felülete
- μ : a közeg viszkozitása
- r: a szűrési sugár
- Δp : a szűrő induló ellenállása
- L: a szűrési úthossz
- ε : a szűrő porozitása

Ezt az általános formát a Kozeny-egyenlet és a kontinuitási tétel egyesítéséből kapjuk meg.

A szűrő által elfogyasztott energia a szűrő két oldalán például nyomáskülönbség formájában mutatható ki. Természetesen, értéke a szűrő üzeme folyamán változik. A nyomáskülönbség (vagy Δp) mérhető és az idő függvényében ábrázolható. Az is könnyen belátható, hogy a szűrő által elfogyasztott energia mennyisége a szűrési időtől és a nyomásesés pillanatnyi változásától függ. Ha a mérési eredményeket összegezzük a teljes elfogyasztott energiát kapjuk meg:

$$E_{sz} = \int_{t_0}^t \dot{Q}(t) \cdot \Delta p(t) dt \quad (2)$$

ahol E_{sz} a szűrésre fordított energia, és

$$\dot{Q}(t) = \frac{dV}{dt} \quad (3)$$

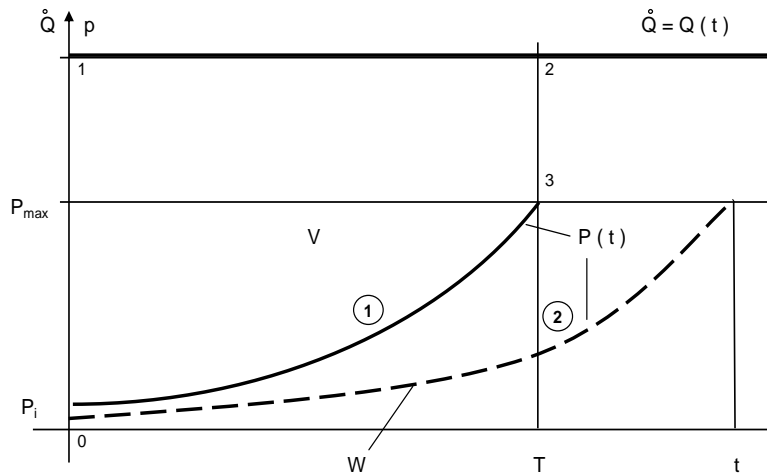
A gyakorlatban a szűrő „viselkedése” nagyon sok mindentől függ. Így a képletben szereplő elemi szűrési térfogat (dV a szűrési rés felülete és a szűrési úthossz szorzata) az idő folyamán változik a szűrési rés felületének és/vagy a szűrési úthossz növekedésének következményeként. Itt említjük meg, vannak olyan alkalmazások, ahol a szűrési térfogat időben hullámzó (ciklikus) módon változik: nemcsak csökken, időnként növekszik is (pl. cloascer típusú szűrők)! Ennek következtében változik a Δp is, hiszen a szűrő szabad felülete idővel csökken az eltömődés, vagy növekszik a (ön)tisztítás miatt.

Minden szűrő rendelkezik induló ellenállással. Ez az a nyomásesés vagy nyomáskülönbség-érték (Δp), mely akkor mérhető, mikor a tiszta szűrőt a szennyeződést nem tartalmazó áramlás útjába behelyezzük. Más szóval az adott térfogatáram mellett a „tiszta” szűrő ellenállását nevezzük induló ellenállásnak.

Az adott szűrő induló ellenállása több dologtól függ. Így a szűrőn áthaladó közeg anyagminőségétől, valamint az áramlás sebességétől is. Matematikai formában ezt a következőképpen fogalmazhatjuk meg:

$$p_i = \Delta p = \frac{1}{2} \rho v^2 \quad (4)$$

A következő ábrán (3. ábra) egy olyan mechanikai szűrési folyamatot szemléltetünk, ahol a szűrőn átbocsájtott mennyiség az időben állandó. $\dot{Q} = \dot{Q}(t) = \text{áll}$. Ezt például úgy valósíthatjuk meg, ha a szűrő növekvő ellenállását a szivattyú által előállított nyomással ellensúlyozni tudjuk (pl. dugattyús szivattyú alkalmazása).



3. ábra
Szűrés állandó térfogatárammal [1]

Az ábrán a T-vel jelöltük a szűrési megoldás működési idejét, p_i a szűrés induló ellenállása, p_{max} a szűrés maximális ellenállása. A 0–1–2–T pontokkal jelölt terület a T idő alatt megszárt térfogat (V), a 0– p_i –3–T terület a szűrő által elfogyasztott energiával arányos.

Tételezzük, hogy a két szűrő, amit ábrázoltunk, más technológiával készült, s ezért különböző szabad felületűek. Az 1. szűrő kisebb szabad felülete és nagyobb induló ellenállása miatt hamarabb eléri az eltömődési p_{max} nyomásértéket.

A 2. szűrő alacsonyabb induló ellenállással rendelkezik és nagyobb szabad felületű. Ezért később tömődik el (p_{max}).

A görbék alatti terület, mint azt korábban már a (2) képletbe foglaltuk arányos a szűrés során elfogyasztott energiával.

Az ábrából megállapíthatjuk, hogy a kis energiafogyasztású (veszteségű) szűréshez alacsony induló-ellenállású és kellően nagy, szabadfelületű szűrőt célszerű alkalmaznunk.

Ha másképp fogalmazzunk, azt mondhatjuk, hogy az adott közegben az elvárt hosszú ideig az a szűrő tud működni, mely alacsony induló-ellenállású és nagy szabadfelületű. Mivel ez fogyasztja időegység alatt a kevesebb energiát, ezért jó működése nemcsak hosszú idejű, de jóval gazdaságosabb is, kis szabadfelületű és magas induló-ellenállású társánál.

Az lehet tehát a legkisebb üzemköltségű szűrési megoldás, mely a kívánt szűrési idő (pl. folyamatciklus) alatt a legkevesebb energiát fogyasztja. *Vagyis az optimális megoldást minimális induló-ellenállás mellett a ciklus végi alacsony eltömődéssel jellemezhetünk ($p_{max} \rightarrow min$).*

Hogyan tervezhetünk ilyen szűrőt? Úgy, hogy az alacsony induló-ellenállás (nagy szabadfelület) mellett megfelelő szennymentesítő képességet alakítunk ki.

A tervezés során fontos adat a szennyezés koncentrációjának ismerete.

Általában a szennyező anyagok koncentrációja is változik az időben.

A szennyező anyagok koncentrációja egy szűrési folyamat esetében döntő fontosságú adat. Azonban minden esetben egy átlagértéket kapunk, mely becsaphat bennünket akkor, ha ingadozásának határait (szórását) nem ismerjük.

Máskülönben, ha átgondoljuk, hogy a koncentráció mint mérőszám a szennyeződések méretmegoszlásától és általában anyagminőségétől is függetlenül adja meg a szennyeződések mennyiségét, látjuk, a helyzet ennél sokkalta bonyolultabb.

Hiszen a szűrletben is lesz szennyező anyag, annak lesz koncentrációja, ami jó esetben mérhető. Ezek azok a szemcsék, melyek a szűrő résméreténél általában, de nem szükségszerűen kisebbek, és a szűrőn valami okból át tudtak jutni.

Egy közegben többféle típusú, anyagminőségű szennyeződés is lehet, s az esetek többségében örülhetünk, ha együttes koncentrációjukat ismerjük.

Megállapíthatjuk azonban, hogy igazán jó mechanikai szűrést a szennyező anyagok mennyiségének és minőségének, valamint nem utolsósorban méretmegoszlásának ismeretében alakíthatunk ki.

A szűrőberendezésekben alkalmazott megoldások általában két jellemző fajtára bonthatók. Ezek a felületi szűrő és a mélységi szűrő.

A felületi szűrő egy a fluidum áramlási irányába helyezett felület, mely egy bizonyos keresztmetszettől gátolja a rajta lévő rések segítségével azoknál nagyobb keresztmetszetű anyagszemcsék áthaladását.

A felületen megtapadó, lerakódó anyagok, egy úgynevezett lepényt alkotnak, mely lassítja, majd egy idő után elzárja az áramlást.

A másik típus a mélységi szűrő, mely a tér harmadik irányában is rendelkezik a szűrés során hasznos kiterjedéssel. Ez általában jóval kisebb, mint a másik kétirányú méret. Azonban a hatékony szűrés szempontjából rendkívül fontos!

A két szűrőtípus működése alapvetően különböző. Míg a felületi szűrő egyértelműen elválasztja a szűrletet a szűrőanyagától, a mélységi szűrő elválasztása nem írható le egy mérettel, csak egy vastagsági tartománnyal.

A mélységi szűrőben a szűrőlepény nem síkban, vagy felületen alakul ki, hanem a tér harmadik irányában is változnak a méretek attól függően, hogy a kiválasztandó anyag szemcséi hol és hogyan rakódnak le. Itt inkább bizonyos utak, járatok, anyagtorlódások alakulnak ki. Ezek méretei a mélységi szűrő kivitelétől, anyagától, vastagsági méretétől, helyi résméretétől függenek. [2]

A szűrési méretek tőrése alapvetően a szűrőanyag (textília, fémszövet, membrán) gyártási technológiájától függ.

A felületi szűrők eltömődése – kivitelüktől függetlenül – általában gyors. Köszönhető ez a felületen hamar kialakuló szűrőlepénynek is. A szűrőlepény az egyre növekvő Δp mellett jótékony hatású is – bár ez nem minden esetben szükséges – egyre finomodó (csökkenő) szűrési méretet biztosít.

A tisztítási eljárások mélységi szűrőkre is alkalmazhatók. Azonban itt a tisztítás hatásfoka nem tapadós, nem ragacsos anyag esetén is jóval kisebb, mint a felületi szűrők esetében.

Vannak folyamatos üzemű szűrőberendezések és szakaszos üzeműek is. A tradicionális megoldások alkalmazása ugyan bevett szokás, pl. gyógyszeriparban, üdítőitalgyártásban stb. Azonban egyre inkább találkozhatunk a fokozódó termelési és költségtakarékossági törekvések miatt olyan igényekkel, mikor egy gazdasági előnyökkel kecsegtető szűrési megoldást választanak a felújítás, vagy az új folyamat beruházása során.

A legtöbb iparágban, ahol a munkaközegek folyamatosan csővezetékben áramlanak, általában a gyertyás szűrőket alkalmazzák szívesen. Kivétel ez alól talán az ivóvíz előállítás, ahol a jól bevált homok és aktív szén közegű nyitott, lassú szűrőket előszeretettel alkalmazzák.

A gyertyás szűrőberendezés általában álló, zárt hengeres tartály, melyben egy vagy több hosszú cső alakú szűrőelem foglal helyet. Ezek a szűrőelemek a szűrőgyertyák. A gyertyákon át a szűrés kívülről befelé vagy fordítva történik.

A szűrőgyertyák egyébként sokfélék lehetnek. Legismertebb típusuk keresztáramú, ami azt jelenti, hogy a beáramlás a paláston keresztül sugárirányban, a kiáramlás erre merőlegesen a szűrő belsejében tengely irányban történik. Vannak olyan gyertyák, melyek a szennyeződéseket magukba gyűjtik, például a belülről kifelé történő áramoltatással. Vannak továbbá olyanok, melyekben töltet van, és

olyanok is melyekben az áramlás a tölteten (pl. aktív szén) keresztül hosszirányban történik.

A szűrőgyertyák anyaga ma leggyakrabban műanyag, ez általában az olcsó és nagy tömegben gyártható eldobható betétekre igaz. Ugyancsak készülnek hasonló betétek papírból, stb.

Közös jellemzőjük, hogy a szűrési pontosságuk nem túl nagy. Vannak ugyan olyan textíliák, melyekben a résméreték szórása csupán 20–30%.

Itt nem részletezett számítások és az elvégzett mérések azt mutatják, hogy azonos paraméterekkel rendelkező gyertyák párhuzamos kapcsolása esetén az eredő induló-ellenállásra megfelelő áramlási viszonyok mellett az

$$R_i = \frac{R_{i1}}{n} \quad (5)$$

összefüggés alkalmazható.

Ahol:

- R_i : az eredő induló-ellenállás [mbar]
- R_{i1} : egy szűrőgyertya induló ellenállása [mbar]
- n : az egy telepbe épített egyforma szűrőgyertyák száma [db]

Van azonban egy technológia, mely a gyertyás szűrőket sokkal pontosabbá teszi.

2. AZ ECOFILT MIKROFILTER VÉDJEJYŰ SZŪRŐ

A cím egy védjegy, ami egy gyertyás kaszkárendszerű szűrőt takar.

A kaszkád azt jelenti, hogy a szűrő két- vagy többrétegű.

A szűrőgyertya tartóeleme egy fémből készült hordozó – egy cső a palástján résekkel és csatornákkal. A hordozó a szűrő merevségét adja. Kialakítható így akár több 10 bar Δp túrésére képes szűrő is. A hordozóra egy felületi szűrő kerül, ami nagy szilárdságú acélhuzal. A felületi szűrőt tekercseléssel alakítjuk ki. Ez a megoldás lehetővé teszi a magas terhelhetőségű, nagy pontosságú résekkel való szűrést. Ezért ezt a réteget garantált rétegnek nevezzük, az 1–2 mikrométeres tartományban is.

Erre a felületre aztán egy, vagy több előszűrőt, általában mélységi szűrőt helyezhetünk.

Az így kialakított szűrő nemcsak nagy terhelhetőségű magas pontosságú, de méretezhető szennyátoló képességű is. Készíthető rozsdamentes acélból, és ezért mind az élelmiszer- mind a gyógyszeriparban is felhasználható.

A szűrőbetét telítődése után 100%-ban kitakarítható. A tekercselt profil a megfelelő technológiával megszabadítható a szennyeződésektől. Az előszűrők sok esetben kimoshatók s ezért újrafelhasználhatók.

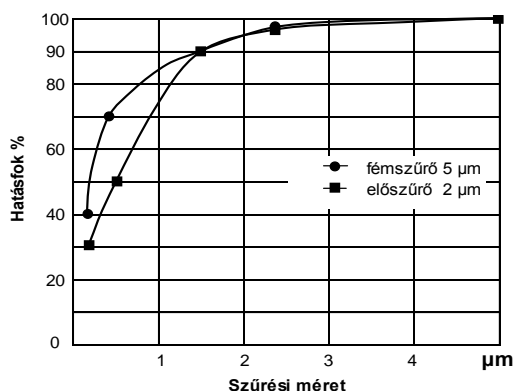
Az eldobható gyertyákkal szemben az Ecofilt Mikrofilter egy többször felhasználható szűrőgyertya. Nem ritka ma már az sem, hogy ugyanazt a szűrőbetétet akár 15 éve használják az adott ipari folyamatban.

A gyártási technológia lehetővé teszi azt is, hogy változatos méretben és a szükséges alakjellemzőkkel bíró szűrőket állítsunk elő.

Ezekkel a már meglévő (rég) szűrőházakban korábban alkalmazott gyertyák kiválthatók.

Az előszűrők (mélységi szűrők) megfelelő méretezés esetén magukba gyűjtik a kiszűrt szennyeződések. Ezzel rendkívül egyszerűvé teszik (és gyorsá) a karbantartást. Hiszen a legtöbb esetben ez a művelet az előszűrő cseréjéből áll.

A 4. ábrán a szűrési hatásfokot tüntettük fel a szűrési méret függvényében. Egy olyan szűrőkaskádról van szó, mely 5 μm szűrési méretű előszűrőből áll. Jól látható, hogy a kaskádszűrő a 2 μm szűrési méretnél már 95%-os hatásfokkal üzemel.



4. ábra
5/2 μm -es kaskádszűrő
szűrési hatásfoka



5. ábra
egy földgázút beépített
szűrőrendszere

3. AUTOMATIZÁLÁS

Az ipari folyamatok műszeres ellenőrzése mellett automatikus irányításuk is általános kívánalom. A szűrők általában a folyamatirányítás neuralgikus pontjai.

Ha megfelelően működnek, akkor erre minden ok meg is van. A jól működő, de megfelelően nem méretezett szűrő általában sok gondot okoz, ugyanúgy probléma lehet akkor is, ha a munkaközeg nem a kívánt tisztaságú.

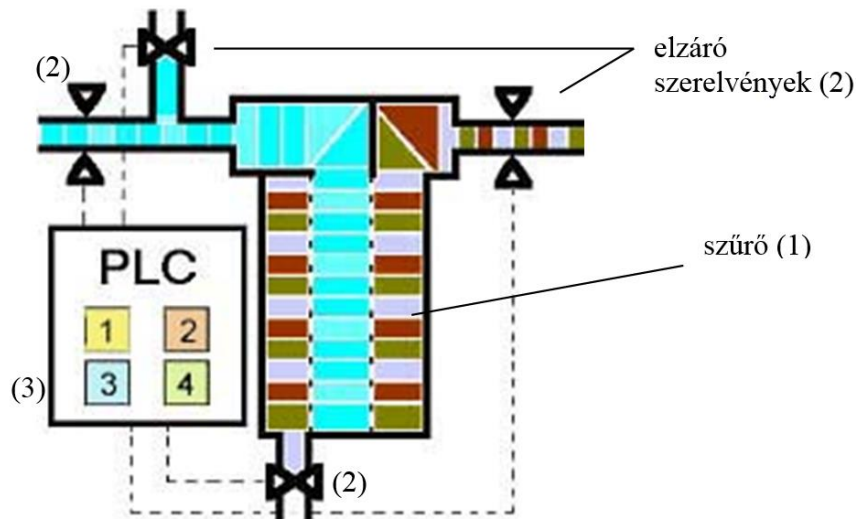
Az Ecofilt Mikrofilter szigorú és pontos konstrukciója és gyártástechnológiája lehetőséget ad az automatizálásra is.

Ez azt jelenti, hogy a szűrők megfelelő közeg esetén a beállított Δp értéknél automatikusan kitisztíthatják önmagukat. A folyamatnak ehhez le sem kell állnia, ha a berendezést erre is méretezzük.

A 6. ábrán egy szűrő automatizált üzemének elve tanulmányozható.

A sematikus ábrán látható, hogy a szűrőt (1) elláttuk motoros működtetésű elzáró szerelvényekkel (2). Amikor a rendszerbe beépített mérőműszerek (Δp , átfolyás mérő, mennyiségmérő, hőmérsékletmérő, áramlásiirány- és sebességmérő stb.) a beállított értéket adják a PLC-nek (3), az beavatkozik. Az elzáró szerelvényeket a

programozható sorrendben és ideig működtetve elvégzi a szűrő kitisztítását, majd újra üzembe állítja.



6. ábra
PLC

Az ilyen megoldás előnye, hogy rugalmasan alkalmazkodik a már meglévő folyamatirányítási rendszerekhez, azokba beilleszthető.

ÖSSZEFOGLALÁS

A fluidumok kezelésében, tisztításában a külön energiát nem igénylő mechanikai technológiák jól használhatók. Az áramlás energiájának apró töredékével hosszú időn keresztül üzemelnek a kívánt tisztaságot garantálva.

Az egyik ilyen tulajdonságokkal rendelkező eszközt az Ecofilt Mikrofilter védjegy fémjelzi. A szűrőtechnikai megoldás üzemvitele során a tervezett paramétereket biztosítva dolgozik a kívánt határok között tartva a szennyező koncentrációt.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka a Miskolci Egyetem stratégiai kutatási területén működő Fenntartható Természeti Erőforrás Gazdálkodás Kiválósági Központ keretében valósult meg.

IRODALOM

- [1] MANNING, F. S.–THOMPSON, R. E.: *Oilfield Processing of Petroleum, Volume One: Natural Gas*. PenWell Corporation, 1991.
- [2] SZABÓ ZOLTÁN: *Szűrés*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1966.