

SZILIKÁTTECHNIKA

PSR SYSTEM 500 feeder-rendszer: a figyelem középpontjában a hőmérsékleti homogenitás

David E. Parkinson, PARKINSON-SPENCER REFRACTORIES Ltd.
Fehérvári Lászlóné, AQUARIUS & LION Kft.

A **Parkinson-Spencer Refractories Ltd.** (továbbiakban PSR) céget 1800-ban alapította a Parkinson és a Spencer család, eredetileg agyagbányászatra. A kiváló tűzállóságú és igen nagy tisztaságú alapanyag ma is fontos szerepet játszik a tűzálló anyagok gyártásában. Ma már a cég nemcsak a speciális tűzálló termékeiről, hanem az évszázados tapasztalataira épülő, ugyanakkor a mai technikai színvonal élvonalába tartozó műszaki megoldásairól is híres. A PSR a termékeit és szolgáltatásait kizárólag az üvegyipar igényei szerint fejleszti, és termékeit kizárólag az üvegyipar részére szállítja.

A tűzálló anyag divízió fő termékcsoportjai:

- feeder kopóelemek (*EMHARTGLASS* licence alapján, illetve egyedi igények szerinti csepptalak, csövek, keverők stb.),
- feeder tűzálló anyagok, beleértve a csatornaidomokat is,
- kádfenekidomok,
- kádfenek hőszigetelő idomok,
- fazekak.

A műszaki szolgáltatás divízió a feeder- és elosztó rendszerekhez az alábbiakat nyújtja:

- tűzálló anyagok,
- tüzelési rendszerek,
- szabályzó rendszerek,
- hűtési rendszerek,
- mérnöki szolgáltatások.

A SYSTEM 500 feeder-rendszer

Már több, mint 10 év eltelt azóta, hogy a PSR az első System 500 típusú feeder-rendszerét üzembe helyezte; mostanra már mintegy 300 elosztó és feeder-rendszere működik világszerte. A jelen cikk célja, hogy áttekintse a feederkonstrukciók elvi alapjait, megvizsgálja a PSR által elért eredményeket és bemutassa a PSR által végrehajtott továbbfejlesztéseket.

A PSR a feeder-rendszerének megalkotásakor alapvető célként tűzte ki a lehető legnagyobb hőmérsékleti homogenitás elérését a lehető legszélesebb kapacitástartományban. Annak érdekében, hogy értékelhessük a PSR

megoldási módszerét, át kell tekintenünk, alapvetően mi is történik az áramló üveggel a feederben.

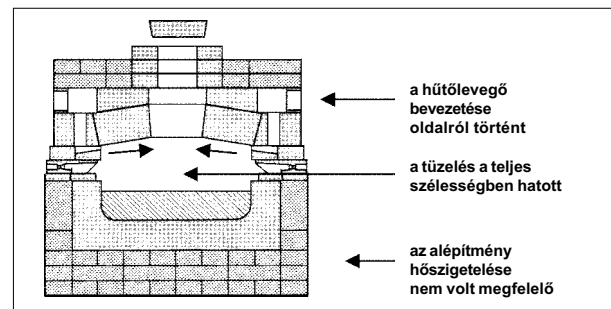
Amennyiben nem alkalmaznánk hűtést vagy fűtést, az alábbi módon lenne jellemezhető az üveg áramlása a kád-tól a csepptálig:

- az áramló üveg szélei (és kisebb mértékben az alja is) fokozatosan lehül, mert az oldalfal és a fenék hőt von el;
- a növekvő viszkozitás miatt az áramló üveg oldalsó és alsó része – az üvegfolyam belsejéhez képest – egyre lassabban áramlik;
- az áramló üveg elejének az átlaghőmérsékletét a feederben áramló üveg mennyisége, valamint a feeder hossza határozza meg.

A kulcskérdés tehát: hogyan tudjuk korrigálni az elkerülhetetlen hőmérsékleti kiegyensúlyozatlanságot a csatornában, ugyanakkor a csepptálnál szabályozott módon elérni a kívánt hőmérsékletet és hőmérsékleti homogenitást?

1. Kiszámított szigetelés alkalmazásával elérhetjük, hogy az áramló üveg oldala és alja ne veszítsen ellenőrizetlenül hőt.
2. Olyan tüzelést alkalmazunk, mely elsősorban az áramló üveg széleit melegíti.
3. Olyan hűtést alkalmazunk, mely elsősorban az áramló üveg közepét hűti.

Már a korai „K” típusú feeder-rendszerek is ezeket a célokat kívánták elérni, de kezdetben ez csak korlátozott mértékben sikerült. (1. ábra)



1. ábra. Korai „K” típusú feeder

1. Az alépítmény hőszigetelése nem volt megfelelő.
2. A tüzelési rendszer nem tudta hatékonyan megoldani, hogy a fűtés elsősorban az áramló üveg széleit melegítse.
3. A hűtőlevegő bevezetése oldalról történt, hűtve a fedőkövek alját, valójában jobban hűtve az áramló üveg széleit, mint a közepét.

Hőszigetelés

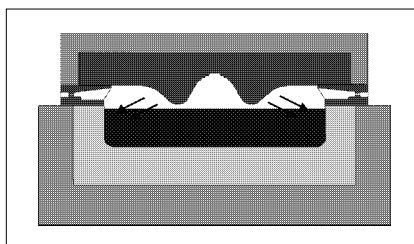
A hőszigetelő anyagok fejlődése lehetővé tette magasabb hőszigetelési értékek elérését a federeknél is, és a még hatékonyabb hűtési rendszerek alkalmazásával sikerült az oldalsó és alsó rész ellenőrizetlen hűtését az üveg feletti szabályozott hűtéssel felváltani.

Ma már a feederek – minden egyes feeder egyedi igényeinek megfelelően megtervezve – jó hőszigeteléssel vannak ellátva.

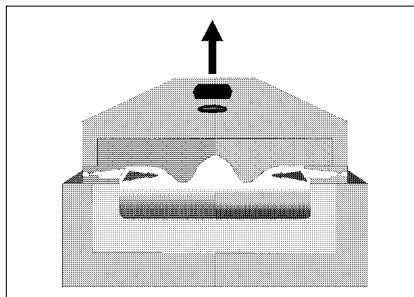
Tüzelés

Az eredeti „K” típusú feederek bevezetése óta minden feederen oldalsó tüzelést alkalmaznak, de évekig nem foglalkoztak a fejlesztők azzal, hogy olyan tüzelési technikát dolgozzanak ki, mely elsősorban a feederek széleit fűti és nem a közepét.

A fedőkövek geometriájának tanulmányozása vezetett arra a felismerésre, hogy az olyan alakú fedőkövek, melyeken lefelé álló kinyúlások vannak, sokkal hatékonyabban tudják visszasugározni a hőt a csatorna széleinek irányába. A System 500 típusú feeder-rendszerben ezért a fedőkő alján két, lefelé kinyúló domborulat került kialakításra, melyek a fűtőhatást a szélek irányába összpontosítják. (2. ábra)



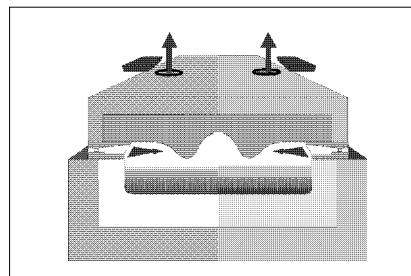
2. ábra. System 500 fedőkő



3. ábra. Középen elhelyezett egy kürtő

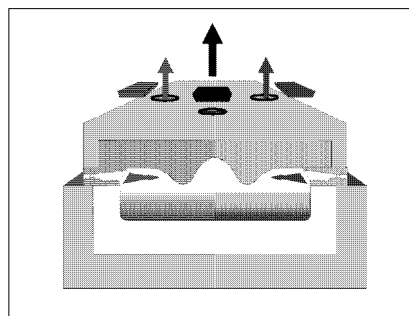
Ez önmagában még mindig nem okozott radikális változást, mert addig csak a fedőkő közepén kialakított egy kürtőt, vagy a két szélén kialakított két kürtőt alkalmaztak.

A közepén kialakított kürtő azt eredményezte, hogy a füstgázok teljes mennyisége a középső részen távozott, ezzel gátolva, hogy a feeder képes legyen csak a széleket fűteni. (3. ábra)



4. ábra. Kétoldalt elhelyezett kürtők

A két oldalon elhelyezett kürtők lehetővé tették, hogy a feeder széleinél történjen a fűtés, mert a füstgázok a tüztér felett hagyhatják el a feedert. A középső rész fűtése korlátozott, mert a füstgázok oldalt távoznak. (4. ábra)



5. ábra. System 500 háromkürtős elrendezés

A System 500 típusú feeder-rendszer egyedülálló abból a szempontból, hogy mindkét oldalon és közepén is kialakítottak kürtőket olyan elzárókkal ellátva, melyek alkalmasak a füstgáz útjának szabályozására is, azaz a feeder hőigényének megfelelően a füstgázok az oldalsó vagy a középső kürtőkön keresztül is távozhatnak. (5. ábra)

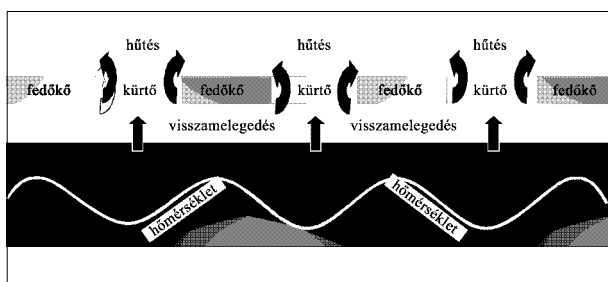
Hűtés

A feedertervezés talán legvitatottabb területe a hűtési rendszer, ahol sok népszerű téveszme kering.

Az első ilyen téveszme a „sugárzó hűtés” fogalmára vonatkozik. Ténylegesen minden feederen alkalmaznak sugárzó hűtést valamilyen formában, mert az üveg hőt sugároz a hidegebb tüzálló anyag felületére vagy az atmoszférába. Gyakran csak az atmoszférába történő sugárzást nevezik „sugárzó hűtésnek”.

A második téveszme a hűtőlevegő feedereken belül történő alkalmazásával kapcsolatos. A hűtőlevegő, függetlenül attól, hogy a feeder oldalától vagy a középvonala felől jön, elsősorban a fedőkövek aljának hűtését szolgálja. Az áramló üveg hűtése a hidegebb tűzálló anyag felületére kisugározott hő segítségével történik, a levegő közvetlenül az üveg felületére lényegesen kisebb hűtőhatást fejt ki.

Az atmoszférába sugárzó hűtés a hőelvonás igen agresszív módszere, mert az elvont hő mennyisége egyenesen aránylik az áramló üveg és azon felület hőmérsékletének különbségéhez, melyre a hőt kisugározza. (6. ábra)

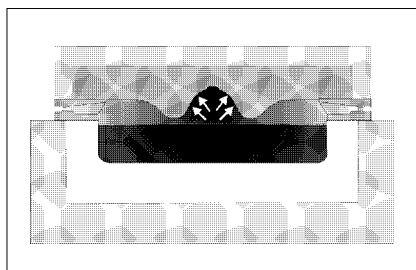


6. ábra. A hőmérséklet szabályozása igen nehéz az atmoszférába irányuló sugárzó hűtéssel

- Az áramló üveg gyorsan ad le hőt az atmoszférába sugárzó hűtés következtében, de kevés lehetőség van a szabályozásra.
- Lehetséges az áramló üveg hőmérsékletének ciklikus változása: gyors lehűlés a nyitott kürtők alatt, és visszamelegítés a zárt fedőkővű szakaszokban.
- A feeder-fedőkőveken alkalmazott nagyméretű nyílások gátolják a nyomás szabályozását a feederben, és gyenge tüzelési hatékonyságot eredményeznek.

A System 500 típusú feeder-rendszer teljes konstrukciójánál elvetették az atmoszférába történő sugárzó hűtés felhasználását, mert nem alkalmas a fokozatos és szabályozott hűtés megvalósítására.

A System 500 típusú feeder-rendszerrel a hűtőlevegő a fedőkövek alsó részét hűti, így lehetővé téve, hogy az üvegből a hidegebb tűzálló anyag felületére történő ki-

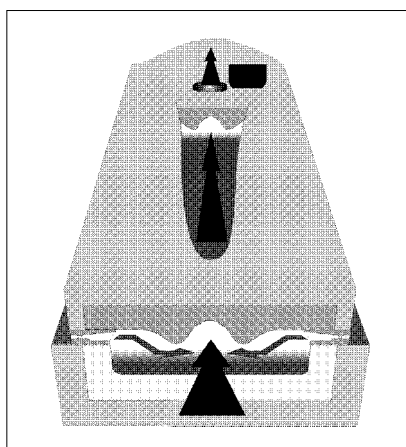


7. ábra. A System 500 típusú feeder-rendszerben a hűtőlevegő tengelyirányban, a fedőkő középső része alatt halad, és az üvegből a hőt a hidegebb tűzálló felületre történő hőszugárzás vonja el

sugárzással fokozatosan és szabályozott körülmények között érjük el a hőelvonást. A hűtőlevegő-csatorna tengelyirányban középre helyezésével a hűtőhatást inkább az áramló üveg közepe felé és nem a széleire lehet koncentrálni. (7. ábra)

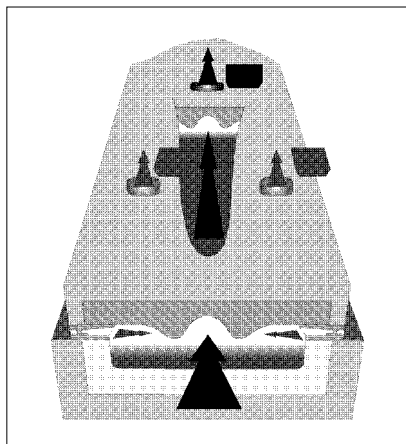
A hűtőhatás közepén tartása a System 500 típusú feeder-rendszer tervezésében központi kérdés volt.

Gondoljuk végig, mi történne, ha a fedőkőveken csak egyetlen középső kürtőt alkalmaznának. Bármely kísérlet, mely a hűtőhatás közepén tartására irányul, azon bukik meg, hogy a füstgázok távozását csak egyetlen kürtő biztosítja. A hűtőlevegőt elkerülhetetlenül felmelegítik az égéstermékek, csökkentve ezzel a hűtőképességét és felemészte a hűtési és fűtési funkció szétválasztásának lehetőségét. (8. ábra)



8. ábra. Egy kürtő esetén mind a füstgázok, mind a hűtőlevegő elvezetése ugyanazon az egy kürtőn keresztül történik

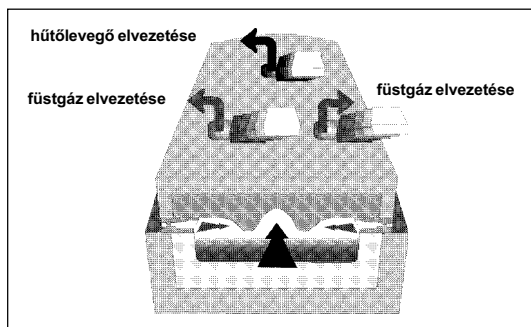
Elemezzük ugyanezt az ábrát az égésterek fölé helyezett további kürtőkkel. Most az égéstermékek már szabadon távoznak az oldalsó égésterekből, és a hűtőlevegő a fedőkő középső része alatt haladhat anélkül, hogy kölcsönhatásba lépne az égéstermékekkel. (9. ábra)



9. ábra. További oldalsó kürtők beépítésével a füstgázok szabadon távoznak az oldalsó kürtőkön

A kürtőelzárók és a hűtőlevegő áramlásának automatikus szabályozása minden zónában egy motor segítségével történik.

Amennyiben szükséges a hűtés, minden kürtő fokozatosan kinyílik, és a hűtőlevegő a fedőkő középső része alatt tengelyirányban haladhat, majd a középső kürtőn keresztül távozik. A fűtés eközben a szélekre koncentrálódik, és a füstgázok a szélső kürtőkön keresztül távoznak. (10. ábra)



10. ábra. A System 500 típusú feeder-rendszer hűtési üzemmódban: a hűtőlevegő áramlik, az oldalsó kürtők nyitva az égéstermékek elvezetéséhez, a középső kürtő nyitva a hűtőlevegő elvezetéséhez

Amikor nincs szükség a hűtésre, az oldalsó kürtők bezáródnak, a hűtőlevegő elzárva, az égéstermékek a továbbra is nyitott középső kürtőn távoznak. A hő visszacsugárzását úgy biztosítják a lefelé kinyúló domborulatok, hogy elsősorban a széleket melegítik, de az egész áramló üveg is fűtött a feeder teljes szélességében. (11. ábra)



11. ábra. A System 500 típusú feeder-rendszer fűtési üzemmódban: a hűtőlevegő elzárva, az oldalsó kürtők elzárva, a középső kürtő nyitva az égéstermékek elvezetéséhez

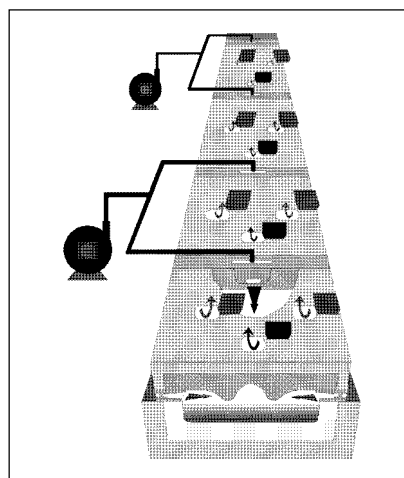
Ezzel a módszerrel a PSR egy olyan rendszert alakított ki, mellyel elsősorban az áramló üveg széleit melegítik és a közepét hűtik. A tüzelés/hűtés automatikus szabályozásával mind a fűtés, mind a hűtés igen hatékonyan biztosítható.

A System 500 típusú feeder-rendszer kialakításánál a hűtőlevegő hatékonyságára is tekintettel voltak.

Mi történne, ha a hűtőlevegő a feeder teljes hosszá-

ban, az elejétől a végéig áramlana? Nyilvánvalóan lenne egy olyan pont, melyen túl a levegő már csak korlátozott mértékben tudná a fedőkő alját hűteni. Még abban az esetben is fennáll ez a probléma, ha a szokásos szabályozás zóna hosszúságában felosztjuk a feedert. A fejlesztés korai szakaszában megállapították, hogy 4-5 láb (120-150 cm) az a maximális zónahosszúság, melyben optimális a hűtés. Ezért alzónákat alkalmaznak, melyekkel a szabályozás zónákat jellemzően 4-5 láb hosszú alzónákra továbbosztják. (12. ábra)

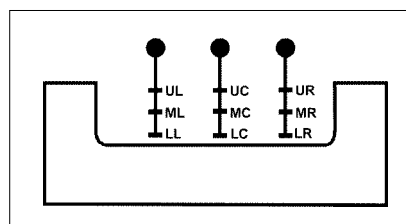
A hűtési alzóna nem egy újabb szabályozás zóna. Ez csupán egy olyan pont, ahol a hűtőlevegőt szállító rendszerről friss hűtőlevegőt vezetnek be a hűtés hatásfokának maximalizálása érdekében.



12. ábra. Két szabályozó zónás System 500 feeder-rendszer tipikus alzóna-elrendezése (az ábra a homogenizáló szekciót nem mutatja)

Eredmények

A jó hőmérsékleti homogenitás nagyon sok változótól függ, melyek közül nem mindegyikre van hatása a feeder tervezőjének. Az 1. táblázat az elmúlt 10 évben szállított számtalan feeder-rendszer közül mutatja be néhány adatát. Fontos megjegyezni, hogy a hőhatékonysági számításoknál az O-I-tól származó eredeti módszert alkalmazták, felhasználva mind a 9 hőelem pozíció adatait. (13. ábra) Az érték nem lehet 100%-nál nagyobb.



13. ábra. 9 pontos hőelemelrendezés

Néhány különböző körülmények között üzemelő, eltérő System 500 típusú feeder-rendszer eredménye

Szélesség (inch)	Hosszúság (láb)	Terhelés (t/nap)	Csepptáblalépési hőmérséklet (°C)			Hőhatékonyság (%)
			bal oldal	középső	jobb oldal	
500-36	29	85,0 fehér	1191	1190	1187	97,5
			1189	1189	1185	
			1186	1188	1181	
500-43	26	137,0 barna	1184	1185	1186	97,4
			1188	1186	1187	
			1184	1188	1180	
500-43	22	92,8 barna	1172	1172	1174	99,5
			1173	1172	1172	
			1172	1172	1172	
500-48	20	120,0 fehér	1141	1138	1136	97,7
			1137	1136	1135	
			1134	1136	1132	

A számítás az alábbi módon történik:

$$\text{Hőhatékonyság} = [1 - (\Delta H + \Delta V) / MC] \times 100$$

- ahol ΔH a 6 db horizontális hőmérséklet-különbség abszolút értékének összege, azaz: (UC-UL)+(UC-UR)+(MC-ML)+(MC-MR)+(LC-LL)+(LC-LR);
- ahol ΔV a három maximális vertikális hőmérsékleti különbségnek az összege, azaz: UL,ML,LL és UC,MC,LC és UR,MR,LR;
- ahol MC a középső hőmérséklet.

Jelen cikkben az energiafelhasználás nem súlyponti kérdés, de érdemes megemlíteni, hogy azonos feltételek összehasonlításakor, amikor egy más típusú modern feeder-rendszert alakított át a PSR, megőrizve az eredeti elrendezést, 20-40% energiamegtakarítás volt tapasztalható hasonló mennyiségi és hőmérsékleti adatok mellett.

Fejlesztések

Az elmúlt 10 évben a PSR-nek lehetősége volt számos feeder-rendszer működését figyelemmel kísérni, és a ta-

paszlatatok alapján két jelentős fejlesztést is végrehajtott a feeder-rendszerek működésének továbbjavítására.

Az első egy új tűzálló anyag kifejlesztése

A több darabból álló feederfelépítményekről való áttérés az egy darabból készülő fedőkövekre újabb igényeket támasztott a tűzálló anyagok gyártóival szemben, különösen azért, mert eközben a feederek szélessége is növekedett, valamint a technológia áterjedt a magasabb üzemelési hőmérsékletű elosztókra is.

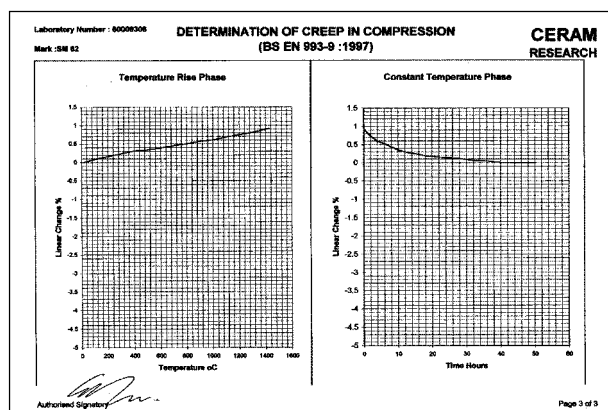
Két problémás területet ismert fel a PSR már a fejlesztések korai fázisában: a tűzálló anyagok kúszása és a hőlökésállóság.

Tűzálló anyag kúszása

A tűzálló anyag kúszása egyszerűen azt jelenti: milyen mértékben ereszkedik meg a tűzálló anyag középső része, ha egy bizonyos hőmérsékleten tartjuk nyomás alatt, és csak a két vége van alátámasztva. Keskeny feedereknél ez a jelenség ritkán okoz problémát, de széles csatornák esetén, különösen az elosztóknál, kellő idő és hőmérséklet áll rendelkezésre ahhoz, hogy a fedőkő közepe berogyjon. O-I azt a célt tűzte ki, hogy a kúszási érték maximum 1% legyen. Számtalan öntési eljárást és tűzállóanyag-összetételt kipróbált a PSR, míg végül kifejlesztette az SM62 típust, egy olyan mullitösszetételt, melynek a 0,1%-os kúszási értéke tízszer jobb, mint a kitűzött cél. (14. ábra)

Hőlökésállóság

A hőlökéstűrési tulajdonságok általában nem különösen fontosak a feeder-fedőköveknél, ha a működés folyamatos, és az üzemelési hőmérséklet csak ésszerű határok között változik. A gyakorlat azonban azt mutatja, hogy a helyzet sokszor nem ilyen optimális, és a bonyolult ki-



14. ábra. Az SM62 kúszási teszt eredménye

alakítású fedőköveknél is szükség van a jó hőlkés-állóságú tűzálló anyagokra. Ez is meghatározó jelentőségű szempont volt az SM62 kifejlesztésénél. A PSR egy nagyon egyszerű, de igen magas követelményt támasztó tesztmodszert alkalmazott: a mintadarabot laborkemencében 1200 °C hőmérsékletre hevítették, majd hideg vízbe merítették. A hagyományos tűzálló anyagok gyakran a kísérlet 2-3 ismétlése után kudarcot vallottak. Az új SM62 anyag 30 ciklust kibírt, mielőtt hiba legkisebb jele mutatkozott volna rajta. Ez a remek érték csak a PSR 333 típusú anyagához hasonlítható, ahhoz az anyaghoz, melyből a feederek fogyó alkatrészei készülnek, és ki kell bírniuk a forró üvegbe történő egy pillanatig tartó bemelegítést. (2. táblázat)

2. táblázat

Az SM62 fizikai és kémiai tulajdonságai

Fizikai tulajdonságok	Vegyí összetétel	
		%
Fajsúly: 2450 kg m ⁻³		
Hideg nyomószilárdság: 101 MNm ⁻²	SiO ₂	36,78
Látszólagos porozitás: 20%	Al ₂ O ₃	61,41
Tűzállóság: 1809 °C (Cone 33 = 33-as kúp)	Fe ₂ O ₃	0,64
Reverzibilis hőtágulás 20-1000 °C: 0,52%	TiO ₂	0,43
Nyomás alatti lágyulás 50 óra, 1425 °C (0,2 MN m ⁻²): 0,1%	CaO	0,05
Hővezetés 600 °C-on: 1,98 WmK ⁻¹	MgO	0,08
Hővezetés 1000 °C-on: 1,90 WmK ⁻¹	Na ₂ O	0,03
Hővezetés 1200 °C-on: 1,86 WmK ⁻¹	K ₂ O	0,29

A másik fő fejlesztés a hűtési rendszer mechanikájának a működtetésére vonatkozik

A System 500 típusú feeder-rendszer működésénél, mint láttuk, a kürtöelzárók és a hűtőlevegő megfelelő szabályozása elengedhetetlen annak érdekében, hogy a feederben a hűtést szabályozhassák, mely művelet statikus elzárókkal, vagy nyitott füstgázvezetés kialakításával nem lehetséges. A PSR a hűtési rendszer működtetésében 4 figyelemre méltó fejlesztést hajtott végre a forró és agresszív közegben keletkező hatások kivédése érdekében.

1. A meghajtómotor nyomatékigényének csökkentésére csigakerék-hajtást alkalmaznak, ezzel szükségtelemmé téve fék beépítését is, mely ahhoz kellene, hogy megakadályozza a motor továbbforgását az elzárók tehetetlenségi ereje következtében.

2. A pozicionáló vezérlőjét távolabb helyezték a feedertől, ezzel kiküszöbölve az elektromos alkatrészek túlmelegedésének veszélyét.
3. A vezérlőmotor kúpos fogaskerékkel csatlakozik a vezérlő tengelyéhez, lehetővé téve, hogy magasabban vagy alacsonyabban, illetve hosszanti irányban olyan különböző helyeken legyen elhelyezhető a fő vezérlőtengely, ahol kevésbé van kitéve a magas hőmérsékletnek.
4. A vezérlőmotor hűtésére folyamatosan alkalmaznak hűtőlevegőt az alacsony környezeti hőmérséklet fenntartása érdekében.

Összegzés

A PSR System 500 feeder-rendszerek segítségével az adott igénynek megfelelően biztosítható az üveg hatékony hűtése vagy fűtése és az üveg magas fokú hőmérsékleti homogenitása. A PSR System 500 típusú feeder-rendszer alkalmazása az alábbi előnyöket nyújtja:

- tökéletes üveg-hőmérsékleti homogenitás széles kapacitástartományban,
 - precízen szabályozható stabil hőmérséklet,
 - jó hatásfokú tüzelőanyag-hasznosítás,
 - gyors reagálás;
- melyek hozzájárulnak:
- a jó minőségű késztermék arányának növekedéséhez,
 - a gépek sebességének növelhetőségéhez.

Amikor egy feeder-rendszerrel kapcsolatos beruházási döntés előkészítése folyik, az alábbi szempontok mérlegelése is célszerű:

- a termelékenység növekedésének mértéke,
- a jó végtermék arányának növekedése,
- rövid átállási idő termékváltáskor,
- jobb termékminőség,
- elérhető energiamegtakarítás.

További információk:

AQUARIUS & LION Kft.
1141 Bp., Szilágysomlyó 44/a
tel: 221-7659, fax: 220-9587
e-mail: aandl@netquick.hu

RENDELJE MEG AZ „ÉPÍTŐANYAG” CÍMŰ FOLYÓIRATOT !
SZTE Titkárság, tel./fax: 201-9360
e-mail: mail.szte@mtesz.hu