

UDK 662.965:66.084

Poboljšanje delovanja elektrofiltrov s pomočjo ultrazvočne aglomeracije letečega pepela v dimnih plinih*

LEOPOLD ANDRÉE

1. UVOD

Iz tehničnega poročila o merjenjih pri preizkusih, ki jih je izvedel Laboratorij za termoenergetiko Fakultete za strojništvo v Ljubljani dne 16. julija 1976, povzemamo, da se je zaradi delovanja ultrazvoka v predkomori desnega elektrofiltra kotla 1 v Toplarni Ljubljana zmanjšala specifična količina letečega pepela v suhih dimnih plinih pri izstopu iz elektrofiltra (normalno stanje) od 100 na 54,9 %.

Preizkusi so bili izvedeni pri približno dvetretjinski obremenitvi parnega kotla, in sicer samo na desnem elektrofiltru kotla 1. Pri prvem preizkusu je obratoval kotel 1 normalno, pri naslednjem primerjalnem preizkusu pa je učinkoval ultrazvok v predkomori desnega elektrofiltra pri praktično enaki obremenitvi kotla 1, kakršna je bila pri prvem preizkusu.

Doseženi rezultati so posledica ultrazvočne aglomeracije letečega pepela v dimnih plinih pred vstopom v elektrofilter. Doseženi rezultati so izredno pomembni za zmanjšanje emisije letečega pepela pri parnih kotlih s kurjavami na premogov prah. Rezultate prvotno izvedenih preizkusov pa je bilo treba preveriti s ponovnimi preizkusi pri dopolnjenih okoliščinah, in sicer:

— ob hkratnih preizkusih na desnem in levem elektrofiltru;

— pri raznih obremenitvah in tudi pri polni obremenitvi kotla 1 in

— z nekajkratnimi ponovitvami primerjalnih preizkusov.

Pripadajoča raziskovalna naloga je imela namen, da s ponovnimi preizkusi pri dopolnjenih okoliščinah preveri izredne rezultate, ki smo jih dosegli pri prvotnih preizkusih.

Tudi ponovne preizkuse je izvedel Laboratorij za termoenergetiko Fakultete za strojništvo. To poročilo podaja potek izvedbe in rezultate serij ponovnih primerjalnih preizkusov.

2. IZVEDENE SERIJE

PRIMERJALNIH PREIZKUSOV

Za vse serije primerjalnih preizkusov so bili uporabljeni prav taki ultrazvočni generatorji na pnevmatični pogon, kakršni so bili uporabljeni za prvotne preizkuse. Razlika je le ta, da sta bila vgrajena po dva ultrazvočna generatorja tudi v predkomoro levega elektrofiltra. Za izvedene preizkuse so bili torej uporabljeni vsakokrat po štirje (4) ultrazvočni generatorji (UZG), ki so opisani v tretjem poglavju.

Posamezne serije primerjalnih preizkusov so se razlikovale med seboj po okoliščinah, in sicer:

— po namestitvi ultrazvočnih generatorjev v predkomori desnega in levega elektrofiltra (načini: A, B in C);

— po obremenitvi parnega kotla 1;

— po premeru ustja odsesovalne sonde in

— po trajanju odsesovanja.

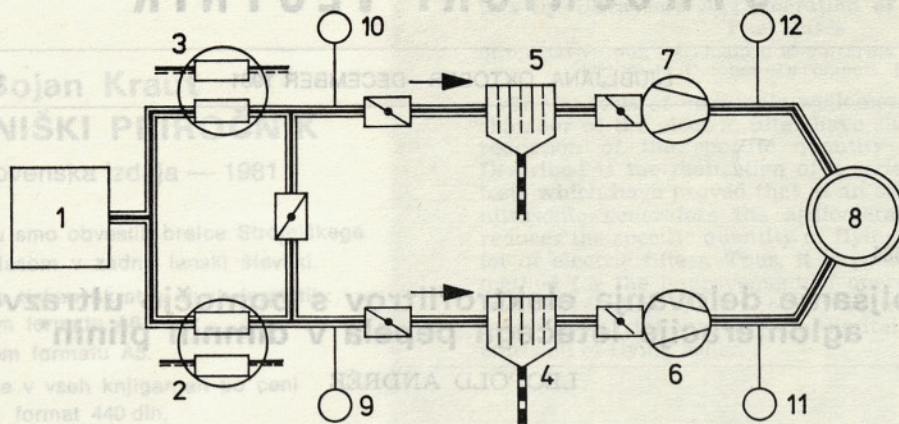
Mesta odsesavanja vzorcev letečega pepela iz očiščenih dimnih plinov za določanje specifične količine letečega pepela so bila za vse serije primerjalnih preizkusov povsem enaka, tj. iz dimnih kanalov na tlačni strani obeh ekshaustorjev. Slika 1 kaže shemo odvoda dimnih plinov iz kotla. Uporabljena metoda določanja specifične količine letečega pepela je opisana v četrtem poglavju.

Skupno je bilo izvedenih deset (10) serij primerjalnih preizkusov, in sicer:

1. serija dne 26. 10. 1976;
2. serija dne 28. 10. 1976;
3. serija dne 13. 11. 1976;
4. serija dne 24. 3. 1977;
5. serija dne 31. 8. 1977;
6. serija dne 15. 11. 1977;
7. serija dne 8. 2. 1979;
8. serija dne 9. 2. 1979;
9. serija dne 21. 3. 1979 in
10. serija dne 22. 3. 1979.

Število serij primerjalnih preizkusov je bilo določeno na eni strani s pridobljenimi rezultati ter na drugi strani omejeno s postopnim slabšanjem

* Poročilo na VI. jugoslovanskem simpoziju termikov v maju 1981 na Bledu.



Sl. 1. Shema odvoda dimnih plinov iz kotla

- 1 — parni kotel s kurjavo na premogov prah
 2, 3 — desni in levi grelnik zraka
 4, 5 — desni in levi elektrofilter
 6, 7 — desni in levi ekshaustor
 8 — dimnik

- 9, 10 — mesti vgradnje ultrazvočnih generatorjev na desni in levi strani
 11, 12 — mesti določitve specifičnih količin letečega pepela na desni in levi strani

kakovosti delovanja elektrofiltrir kotla 1. Okoliščine izvedenih serij primerjalnih preizkusov so opisane v petem poglavju, medtem ko so navedeni doseženi rezultati, ugotovljeni pri izvedenih serijah preizkusov, opisani v šestem poglavju.

3. OPIS UPORABLJENIH ULTRAZVOČNIH GENERATORJEV

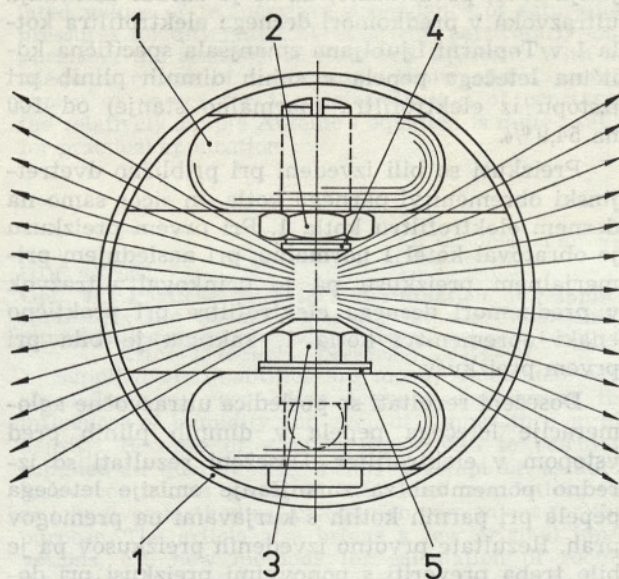
Pri preizkusih uporabljeni ultrazvočni generatorji so avtorjeve konstrukcije in izvedbe po HARTMANNU. Konstrukcija je razvidna s slike 2, ki prikazuje pogled na čelno stran pihalne glave ultrazvočnega generatorja. Vsi ultrazvočni generatorji so po dimenzijah enaki; za posamezni generator pa veljajo navedeni povprečni podatki:

- moč ultrazvoka 121 W;
- frekvenca pri 160 °C 18 kHz in
- obratovalni tlak (abs.) 5,2 bar.

V generatorjih nastalo ultrazvočno valovanje se širi v smeri pravokotno na os šoba — rezonator v obliki nekake pahljače, katere prerez je prikazan na sliki 2.

Širjenje ultrazvoka in zvočne jakosti v prerezu pahljače uporabljenih generatorjev sta razvidni iz diagrama na sliki 3. Zvočne jakosti v dB so bile izmerjene z aparatom 2203 podjetja BRÜEL & KJÆR. Največjo zvočno jakost smo dobili pri tlaku vzbujalnega zraka 5,2 bar (abs.). Pri višjih tlakih pihalnega zraka pa se zvočna jakost počasi zmanjšuje.

Ultrazvočne generatorje namestimo v tok dimnih plinov vedno tako, da segajo v notranjost predkomore elektrofiltera le njihove glave. Pri tem naj os šoba — rezonator vsakega ultrazvočnega generatorja pri dani legi njihove namestitve oklepa kot okrog 15° s smerjo toka dimnih plinov. Osi vseh ultrazvočnih generatorjev v določenem dimnem kanalu morajo biti med seboj vzporedne. V tem

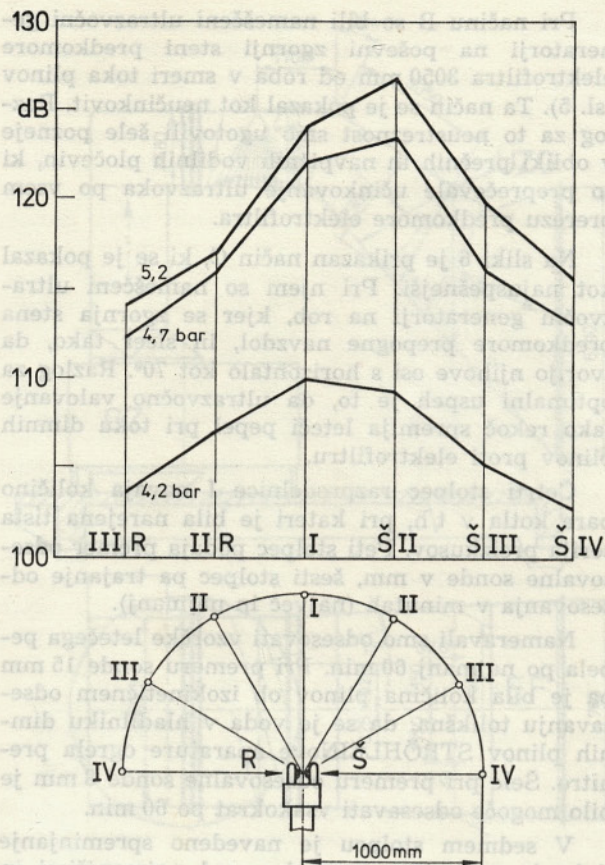


Sl. 2. Čelna stran pihalne glave ultrazvočnega generatorja

- 1 — pihalna glava 4 — rezonator
 2 — protimatica 5 — podložka
 3 — pihalna šoba

primeru zapolni ultrazvočno valovanje vsakega generatorja pripadajoči del notranjosti predkomore elektrofiltera.

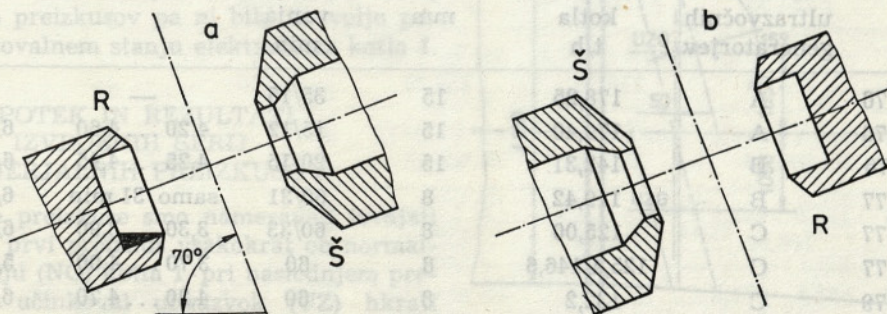
V primeru majhne razlike v frekvenci obeh sosednjih ultrazvočnih generatorjev nastane interferenčno valovanje, ki tudi sodeluje pri aglomeraciji letečega pepela. Seveda pa je treba upoštevati, da aerosol (= dimni plini + leteči pepel) v določeni meri absorbira ultrazvočno valovanje, tj. čim večja je oddaljenost od ultrazvočnega generatorja, tem manjša je zvočna jakost tudi zaradi absorpcije.



Sl. 3. Diagram zvočnih jakosti ultrazvočnih generatorjev

Š — stran šobe
R — stran rezonatorja

Pri poševni legi ultrazvočnih generatorjev jih je treba namestiti tako, da iz rezonatorjev prosto odteka morebitna vlaga, ki bi jo prinašal komprimirani zrak. S tako namestitvijo ultrazvočnih generatorjev preprečujemo zadelavanje rezonatorjev z ovlaženim letečim pepelom. Slika 4 prikazuje prvotno in novo lego ultrazvočnih generatorjev.



Sl. 4. Prvotna in nova lega ultrazvočnih generatorjev

a — prvotna lega
b — nova lega
Š — šoba
R — rezonator

4. DOLOČANJE SPECIFIČNE KOLIČINE LETEČEGA PEPELA

Za izvedbo primerjalnih preizkusov je bilo treba zagotoviti določanje specifične količine letečega pepela v suhih dimnih plinih na izstopu iz desnega in levega elektrofiltra. Da bi se izognili zajemanju vzorcev letečega pepela iz očiščenih dimnih plinov tam, kjer plini še niso intenzivno premešani z letečim pepelom, se odločimo za odsesavanje vzorcev letečega pepela iz vodoravnih dimnih kanalov na tlačni strani obeh ekshaustorjev (sl. 1).

Pri preizkusih je bilo treba odsesavati vzorce letečega pepela iz očiščenih dimnih plinov hkrati na desni in na levi strani. Za odsesavanje vzorcev letečega pepela iz desnega dimnega kanala smo uporabili aparaturo po STRÖHLEINU za odsesavanje do 15 m³/h dimnih plinov, last Laboratorija za termoeenergetiko. Specifične količine letečega pepela v očiščenih dimnih plinih iz levega dimnega kanala pa je določal dr. France Pavlin s podobno aparaturo po STRÖHLEINU, last Metalurškega inštituta.

Specifične količine letečega pepela v očiščenih dimnih plinih smo določali — kakor pri prvotnih preizkusih — tudi pri vseh nadaljnjih serijah primerjalnih preizkusov po knjigi: R. Krebs »Staubgehaltmessungen in strömenden Gasen« (ki je izšla v založbi podjetja LURGI Apparatebau G. m. b. H.).

Da bi bili rezultati posameznih serij primerjalnih preizkusov medsebojno primerljivi, so morali biti izpolnjeni tile pogoji obratovanja:

- enaka in stalna obremenitev kotla 1;
- uporaba premoga stalne kakovosti;
- enaka finost mletja premoga;
- enaka količina dimnih plinov v desnem in v levem elektrofiltru in
- enako obratovalno stanje desnega in levega elektrofiltra, tj. vse celice obeh elektrofiltrov morajo biti v pogonu ter napajane s stalno enosmerno napetostjo pri stalnem toku.

Z dobro voljo smo zlahka izpolnili prvi, tretji in četrti pogoj. Drugega pogoja v Toplarni Ljubljana praktično ni mogoče izpolniti zaradi nehomogene mešanice različnih premogov. Prav tako je vprašljiva izpolnitev petega pogoja zaradi postopno vedno večje dotrajanosti elektrofiltrov. Remonti elektrofiltrov niso mogli biti izvedeni zaradi pomanjkanja rezervnih delov.

5. OKOLIŠČINE PRI IZVEDENIH SERIJAH PRIMERJALNIH PREIZKUSOV

Zaradi večjega pregleda navajamo okoliščine izvedenih serij primerjalnih preizkusov v razpredelnici I.

V prvem stolpcu so navedene tekoče številke izvedenih serij preizkusov, v drugem stolpcu pa pripadajoči datumi preizkusov.

Tretji stolpec podaja način namestitve ultrazvočnih generatorjev, in sicer: A, B in C. Pri vseh treh načinih sta bila uporabljena po dva ultrazvočna generatorja v predkomori desnega in v predkomori levega elektrofiltra. V tlorisu gledano so nameščeni ultrazvočni generatorji vedno na sredini pripadajočega dela širine predkomore tistega elektrofiltra. Glede prereza dimnega kanala za namestitev ultrazvočnih generatorjev pa imamo tri načine.

Pri načinu A so bili nameščeni generatorji od prereza pri prvotnih preizkusih za 840 mm proti toku plinov, tako da so bili oddaljeni skupno: $1700 + 840 = 2540$ mm od roba, kjer se zgornja stena predkomore prepogne navzdol. Ker je bila pri načinu A zaradi razmeroma velike hitrosti dimnih plinov doba delovanja ultrazvočne aglomeracije letčega pepela razmeroma kratka, smo iskali primernejši prerez.

Pri načinu B so bili nameščeni ultrazvočni generatorji na poševni zgornji steni predkomore elektrofiltra 3050 mm od roba v smeri toka plinov (sl. 5). Ta način se je pokazal kot neučinkovit. Razlog za to neustreznost smo ugotovili šele pozneje v obliki prečnih in navpičnih vodilnih pločevin, ki so preprečevale učinkovanje ultrazvoka po vsem prerezu predkomore elektrofiltra.

Na sliki 6 je prikazan način C, ki se je pokazal kot najuspešnejši. Pri njem so nameščeni ultrazvočni generatorji na rob, kjer se zgornja stena predkomore prepogne navzdol, in sicer tako, da tvorijo njihove osi s horizontalo kot 70° . Razlog za optimalni uspeh je to, da ultrazvočno valovanje tako rekoč spremlja leteči pepel pri toku dimnih plinov proti elektrofiltru.

Četrti stolpec razpredelnice I navaja količino pare kotla v t/h, pri kateri je bila narejena tista serija preizkusov. Peti stolpec podaja premer odsevalne sonde v mm, šesti stolpec pa trajanje odsesovanja v minutah (največ in najmanj).

Nameravali smo odsesovati vzorčke letčega pepela po najmanj 60 min. Pri premeru sonde 15 mm pa je bila količina plinov ob izokinetičnem odsesavanju tolikšna, da se je voda v hladilniku dimnih plinov STRÖHLEINove aparature ogrela prehitro. Šele pri premeru odsesovalne sonde 8 mm je bilo mogoče odsesovati vsakokrat po 60 min.

V sedmem stolpcu je navedeno spreminjanje tlaka komprimiranega zraka med najmanjšimi in največjimi vrednostmi.

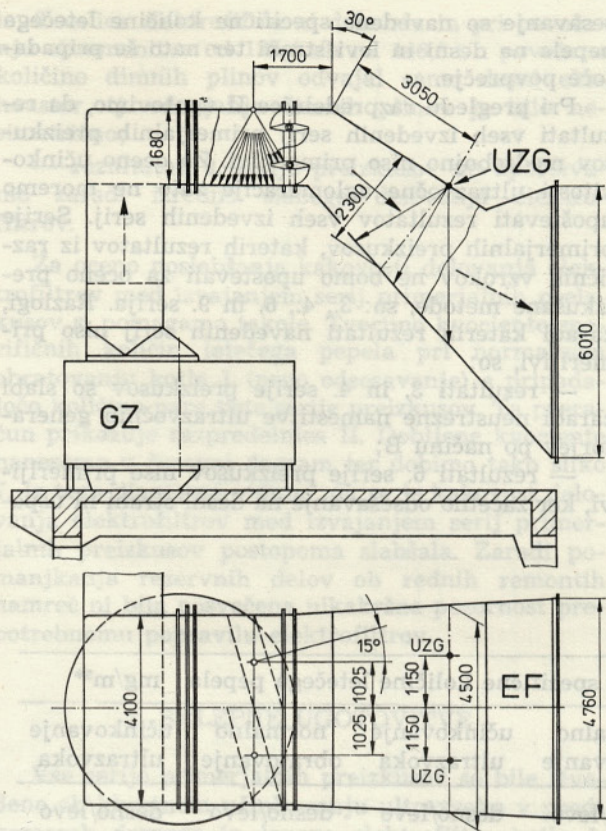
Osmi stolpec prinaša podatke o obratovalnem stanju elektrofiltra. Prva številka pomeni število delujočih celic od skupno 6 celic; druga številka je povprečna vrednost napetosti v kV delujočih celic;

Razpredelnica I

Okoliščine pri izvedenih serijah primerjalnih preizkusov

1	2	3	4	5	6	7	8
Serijska	Datum	Način namestitve ultrazvočnih generatorjev	Povprečna obremenitev kotla t/h	Premer sonde mm	Trajanje odsesovanja min	Zračni tlak bar	Elektrofilter št. cel./kV/mA
1.	26. 10. 76	A	178,25	15	35/15	—	—*
2.	28. 10. 76	A	179,40	15	15/12	4,20 ... 4,60	6/46,0/69,5
3.	13. 11. 76	B	142,31	15	20/15	4,25 ... 4,45	6/45,3/60
4.	24. 3. 77	B	119,42	8	60/31	samo 31 min	6/45,7/51,7
5.	31. 8. 77	C	125,00	8	60/33	3,30 ... 3,90	6/45,5/62,3
6.	15. 11. 77	C	125,4/146,6	8	60	3,70 ... 4,00	5/45,6/64
7.	8. 2. 79	C	132,2	8	60	4,20 ... 4,70	6/39,8/99,6
8.	9. 2. 79	C	130,9	8	60	4,20 ... 4,70	6/38,9/97,9
9.	21. 3. 79	C	179,4	8	60	4,30 ... 4,60	—*
10.	22. 3. 79	C	145,1	8	60	4,30 ... 4,60	—*

* Ni podatkov!



Sl. 5. Razpored prirobnic po načinu B za vgradnjo ultrazvočnih generatorjev v predkomori desnega in levega elektrofiltra kotla 1

UZG — ultrazvočni generator
EF — elektrofilter
GZ — grelnik zraka

tretja številka pa povprečno vrednost toka v mA delujočih celic.

Obratovalno stanje elektrofiltra kotla 1 je bilo sumljivo pri 7. in 8. seriji preizkusov. Celica 2 je imela namreč zelo nizko napetost (15 ozir. 17 kV) in nesorazmerno velik tok (247 in 249,1 mA). Za 1., 9. in 10. serijo preizkusov pa ni bilo na voljo podatkov o obratovalnem stanju elektrofiltra kotla 1.

6. POTEK IN REZULTATI IZVEDENIH SERIJ PRIMERJALNIH PREIZKUSOV

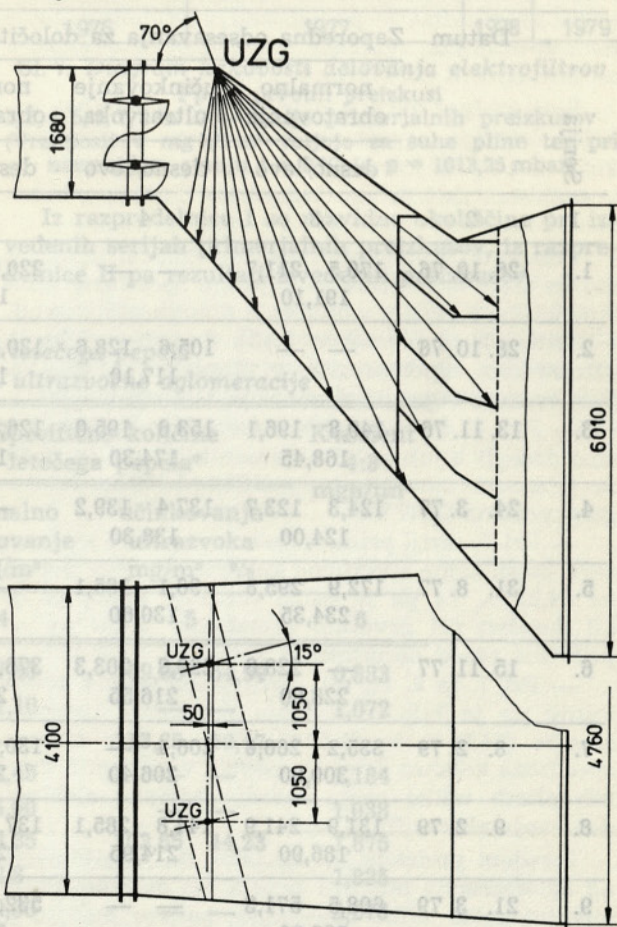
Primerjalne preizkuse smo nameravali izvajati tako, da bi bil prvi preizkus vsakokrat ob normalnem obratovanju (NO) kotla 1, pri naslednjem preizkusu pa bi učinkoval ultrazvok (UZ) hkrati v predkomorah desnega in levega elektrofiltra. Tretji preizkus bi potekal zopet ob normalnem obratovanju kotla 1, četrti pa zopet ob učinkovanju ultrazvoka itd. Pri vseh preizkusih bi se vrstila posamezna odsesavanja za določitev specifične ko-

ličine letčega pepela hkrati iz desnega in iz levega dimnega kanala na izstopu iz obeh elektrofiltrov oziroma iz ekshaustorjev (sl. 1).

V glavnem je uspelo opraviti primerjalne preizkuse po predvidenem razporedu z nekaj izjemami, in sicer takole:

- drugo serijo primerjalnih preizkusov smo začeli ob učinkovanju ultrazvoka;
- pri 1. in 9. seriji preizkusov je bilo drugo odsesavanje ponovno ob normalnem obratovanju in
- pri 2. seriji preizkusov so bili odsesavani vzorčki letčega pepela najprej iz desnega nato pa iz levega dimnega kanala itd., tj. zaporedno, ker je bila pri tej seriji preizkusov na voljo le ena aparatura STRÖHLEIN.

Po vsakem odsesavanju je bilo treba vzeti iz izločevalnika filtrirni papir z nalovljenim letčim pepelom ter ga oddati v laboratorij na sušenje in tehtanje. Za naslednje odsesavanje pa je bilo treba vložiti v izločevalnik nov filtrirni papir, katerega teža je bila poprej ugotovljena v suhem stanju.



Sl. 6. Razpored prirobnic po načinu C za vgradnjo ultrazvočnih generatorjev v predkomori desnega in levega elektrofiltra kotla 1

UZG — ultrazvočni generator

Iz tehničnega poročila o izvajanju in izvedbi raziskovalne naloge: »Preizkus uporabe ultrazvočne aglomeracije letčega pepela za dodatno čiščenje dimnih plinov v elektrofiltrih Toplarne Ljubljana« [3] povzemamo pri preizkusih ugotovljene specifične količine letčega pepela v dimnih plinih pri izstopu iz desnega in levega elektrofiltra. Da bi dobili celovito oceno rezultatov, upoštevamo povprečje specifičnih količin letčega pepela na desni in levi strani.

Zaradi preglednosti so vneseni ugotovljeni rezultati, tj. specifične količine letčega pepela v očiščenih dimnih plinih v pregledno razpredelnico II.

V prvem stolpcu so navedene tekoče številke izvedenih serij primerjalnih preizkusov, v drugem stolpcu pa pripadajoči datumi preizkusov.

V stolpcih od 3 do 8 so navedeni ugotovljeni rezultati pri zaporednih odsesavanjih. Za vsako od-

sesavanje so navedene specifične količine letčega pepela na desni in levi strani ter nato še pripadajoče povprečje.

Pri pregledu razpredelnice II ugotovimo, da rezultati vseh izvedenih serij primerjalnih preizkusov medsebojno niso primerljivi. Za oceno učinkovitosti ultrazvočne aglomeracije zato ne moremo upoštevati rezultatov vseh izvedenih serij. Serije primerjalnih preizkusov, katerih rezultatov iz različnih vzrokov ne bomo upoštevali za oceno preizkušane metode, so: 3., 4., 6. in 9. serija. Razlogi, zaradi katerih rezultati navedenih serij niso primerljivi, so:

— rezultati 3. in 4. serije preizkusov so slabi zaradi neustrezne namestitve ultrazvočnih generatorjev po načinu B;

— rezultati 6. serije preizkusov niso primerljivi, ker začetno odsesavanje na desni strani ni uspe-

Razpredelnica II

Rezultati izvedenih serij primerjalnih preizkusov

Serija	Datum	Zaporedna odsesavanja za določitev specifične količine letčega pepela										mg/m ^{3*}	
		normalno obratovanje		učinkovanje ultrazvoka		normalno obratovanje		učinkovanje ultrazvoka		normalno obratovanje		učinkovanje ultrazvoka	
		desno/levo		desno/levo		desno/levo		desno/levo		desno/levo		desno/levo	
1	2	3		4		5		6		7		8	
1.	26. 10. 76	170,5	211,7	—	—	220,6	135,7	—	—	—	—	—	—
		191,10				178,15							
2.	28. 10. 76	—	—	105,6	128,6	130,5	111,2	134,7	92,6	127,1	76,2	—	—
				117,10		120,85		113,65		101,65			
3.	13. 11. 76	140,8	196,1	153,6	195,0	126,1	178,9	129,6	114,1	—	—	—	—
		168,45		174,30		152,50		121,85					
4.	24. 3. 77	124,3	123,7	137,4	139,2	—	—	—	—	—	—	—	—
		124,00		138,30									
5.	31. 8. 77	172,9	295,8	96,1	165,1	—	—	85,0	122,3	105,6	121,5	101,2	126,9
		234,35		130,60				103,65		113,55		114,05	
6.	15. 11. 77	—	228,8	229,8	203,3	375,8	176,6	289,9	146,2	—	—	—	—
		228,80		216,55		276,20		218,05					
7.	8. 2. 79	335,2	266,6	206,4	—	130,8	277,7	122,6	268,2	—	—	—	—
		300,90		206,40		204,25		195,40					
8.	9. 2. 79	131,9	241,9	144,8	285,1	137,1	266,3	156,0	232,5	—	—	—	—
		186,90		214,95		201,70		194,25					
9.	21. 3. 79	608,5	571,3	—	—	532,0	616,0	702,0	574,4	734,8	619,2	—	—
		589,90				574,00		638,20		677,00			
10.	22. 3. 79	227,1	274,4	111,7	197,0	210,5	187,1	176,7	181,9	—	—	—	—
		250,75		154,35		198,80		179,3					

* pri suhih plinih in normalnem stanju: $t = 0^{\circ}\text{C}$ in $p = 1013,25\text{ mbar}$

lo, 6. celica elektrofiltra ni delovala in pri povečanju obremenitve od 125,4 t/h na 146,6 t/h povečano količino dimnih plinov odvajal samo desni eks-haustor, tj. odvajanje dimnih plinov je bilo nesimetrično;

— rezultatov 9. serije preizkusov ne upoštevamo zaradi izredno slabega delovanja elektro-filtrov.

Za oceno poslabšanja kakovosti delovanja elektrofiltrov med izvajanjem serij primerjalnih preizkusov si pomagamo takole. Tvorimo kvociente specifičnih količin letčega pepela pri normalnem obratovanju kotla 1 (prvo odsesavanje) s pripadajočo količino pare tiste serije preizkusov. Ta preračun prikazuje razpredelnica II. Dobljene kvociente nanese v časovni diagram ter dobimo tako sliko 7. Iz tega diagrama vidimo, da se je kakovost delovanja elektrofiltrov med izvajanjem serij primerjalnih preizkusov postopoma slabšala. Zaradi pomanjkanja rezervnih delov ob rednih remontih namreč ni bila posvečena nikakršna pozornost prepotrebemu popravilu elektrofiltrov.

7. SKLEPNE UGOTOVITVE

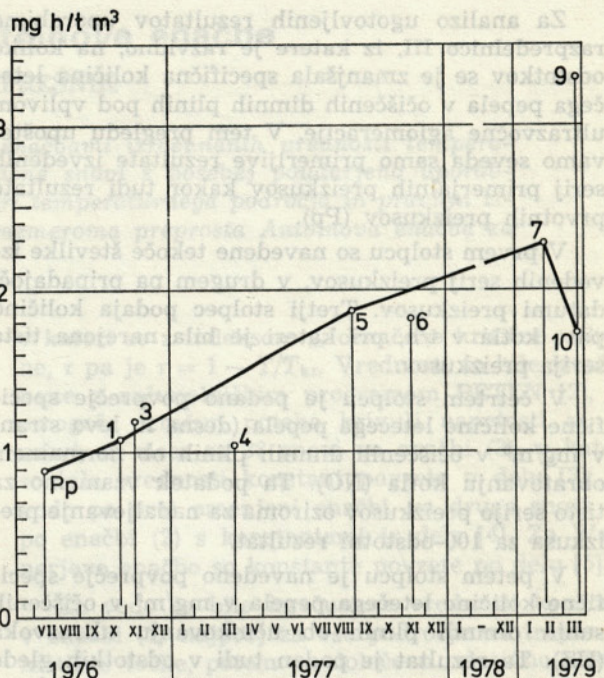
Vse serije primerjalnih preizkusov so bile izvedene ob hkratnem učinkovanju ultrazvoka v predkomorah desnega in levega elektrofiltra kotla 1. Prav tako smo hkrati določali specifične količine letčega pepela v očiščenih dimnih plinih v desnem in levem kanalu.

Razpredelnica III

Pregled zmanjšanja specifične količine letčega pepela v očiščenih dimnih plinih pod vplivom ultrazvočne aglomeracije

Serija	Datum		Povprečna obremenitev kotla 1 t/h	Specifične količine letčega pepela*			Kvocient 4:3 mgh/tm ³
	1	2		normalno obratovanje mg/m ³	učinkovanje ultrazvoka mg/m ³	%	
Pp	16.	7. 76	121,62	107,40	59,00	54,90	0,883
1.	26.	10. 76	178,25	191,10	—	—	1,072
2.	28.	10. 76	179,40	—	113,65	59,47	—
3.	13.	11. 77	142,31	168,45	—	—	1,184
4.	24.	3. 77	119,42	124,00	—	—	1,038
5.	31.	8. 77	125,00	234,35	103,65	44,23	1,875
6.	15.	11. 77	125,40	228,8	—	—	1,825
7.	8.	2. 79	132,2	300,90	—	—	2,276
8.	9.	2. 79	130,9	—	194,25	64,56	—
9.	21.	3. 79	179,4	589,90	—	—	3,288
10.	22.	3. 79	145,1	250,75	154,35	61,56	1,728

* pri suhih plinih in normalnem stanju: $t = 0^{\circ}\text{C}$ in $p = 1013,25$ mbar



Sl. 7. Diagram kakovosti delovanja elektrofiltrov

Pp — prvotni preizkusi

1, 3, 4, 5, 6, 7, 9 in 10 — serije primerjalnih preizkusov (Vrednosti v mg h/t m³ veljajo za suhe pline ter pri normalnem stanju $t = 0^{\circ}\text{C}$ in $p = 1013,25$ mbar)

Iz razpredelnice I so razvidne okoliščine pri izvedenih serijah primerjalnih preizkusov, iz razpredelnice II pa rezultati izvedenih preizkusov.

Za analizo ugotovljenih rezultatov uporabimo razporednico III, iz katere je razvidno, na koliko odstotkov se je zmanjšala specifična količina letčega pepela v očiščenih dimnih plinih pod vplivom ultrazvočne aglomeracije. V tem pregledu upoštevamo seveda samo primerljive rezultate izvedenih serij primerjalnih preizkusov kakor tudi rezultate prvotnih preizkusov (Pp).

V prvem stolpcu so navedene tekoče številke izvedenih serij preizkusov, v drugem pa pripadajoči datumi preizkusov. Tretji stolpec podaja količino pare kotla v t/h, pri kateri je bila narejena tista serija preizkusov.

V četrtem stolpcu je podano povprečje specifične količine letčega pepela (desna in leva stran) v mg/m^3 v očiščenih dimnih plinih ob normalnem obratovanju kotla (NO). Ta podatek vzamemo za tisto serijo preizkusov oziroma za nadaljevanje preizkusa za 100-odstotni rezultat.

V petem stolpcu je navedeno povprečje specifične količine letčega pepela v mg/m^3 v očiščenih suhih dimnih plinih ob učinkovanju ultrazvoka (UZ). Ta rezultat je podan tudi v odstotkih glede na 100-odstotne rezultate poprejšnjega preizkusa ob normalnem obratovanju kotla 1.

Šesti stolpec navaja kvocient med specifično količino letčega pepela ob normalnem obratovanju kotla s pripadajočo količino pare. Ti podatki so uporabljeni za izdelavo časovnega diagrama kakoosti delovanja elektrofiltrov kotla 1, (sl. 7).

Rezultate, navedene v petem stolpcu, uporabimo za sliko 8, ki kaže zmanjšanje specifične količine letčega pepela v očiščenih dimnih plinih v odvisnosti od obremenitve kotla 1 pri preizkusih ultrazvočne aglomeracije v Toplarni Ljubljana. Proučevanje tega diagrama daje te ugotovitve:

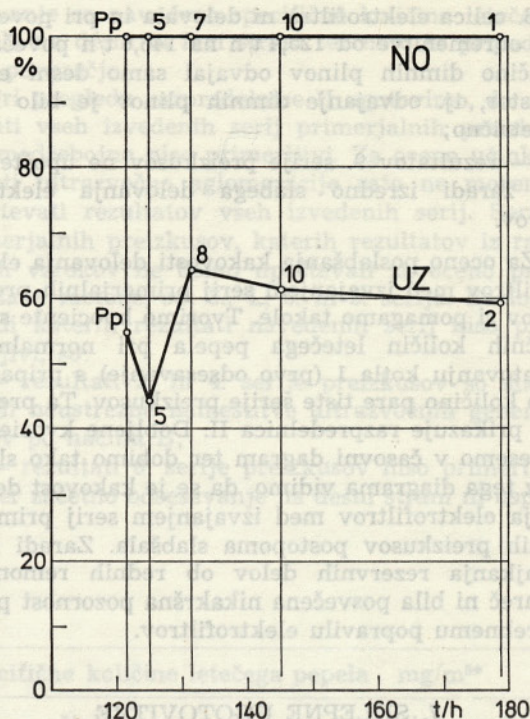
— Pri 1. in 2. seriji primerjalnih preizkusov smo dosegli kljub polni obremenitvi kotla in načinu A znatno zmanjšanje specifične količine letčega pepela na 59,47 %.

— Pri 5. seriji primerjalnih preizkusov smo dosegli zmanjšanje specifične količine letčega pepela na 44,23 %. To pa je boljši rezultat, kakor pa je bil dosežen pri prvotnih preizkusih (54,90 %) pri približno enaki obremenitvi kotla.

— Pri 7. in 8. ter 10. seriji primerjalnih preizkusov pa je bilo izboljšanje rezultatov ustrezno manjše (64,56 % in 61,56 %), ker je bila začetna specifična količina letčega pepela v očiščenih dimnih plinih toliko večja zaradi postopno slabšega delovanja elektrofiltra kotla 1.

Izvedeni preizkusi so dokazali, da je ultrazvočna aglomeracija letčega pepela pri določeni obremenitvi kotla toliko uspešnejša, kolikor manjša je specifična količina letčega pepela v očiščenih dimnih plinih pri normalnem obratovanju kotla, tj. čim večja je stopnja odprave elektrofiltra.

Predpisi dovoljujejo v SR Sloveniji največjo specifično količino (= emisijo) letčega pepela



Sl. 8. Diagram zmanjšanja specifične količine letčega pepela v očiščenih dimnih plinih v odvisnosti od obremenitve kotla 1 pri preizkusih ultrazvočne aglomeracije v Toplarni Ljubljana

NO — normalno obratovanje
UZ — učinkovanje ultrazvoka
Pp — prvotni preizkusi

1, 2, 5, 7, 8 in 10 — serije preizkusov s primerljivimi rezultati

v očiščenih suhih dimnih plinih pri normalnem stanju ($t = 0^\circ\text{C}$ in $p = 1013,25$ mbar): 150 mg/m^3 .

Preizkušeno metodo je mogoče uporabljati za poboljšanje delovanja onih elektrofiltrov, ki so bili dobavljeni pred 10 leti ali še prej, za stopnjo odprave npr.: 99 %. Ti elektrofiltri namreč že novi niso izpolnjevali sedanjih strogih predpisov za omejevanje prekomerne emisije letčega pepela.

Ob tej priložnosti se zahvaljujem Toplarni Ljubljana, da mi je omogočila te preizkuse in tudi za pomoč pri izvajanju preizkusov.

LITERATURA

[1] L. Andrée: Uporaba ultrazvočne aglomeracije letčega pepela pri čiščenju dimnih plinov, Strojniški vestnik, 1978/9—10, 165—169.

[2] L. Andrée: Uporaba ultrazvočne aglomeracije letčega pepela pri čiščenju dimnih plinov, TERMOTEHNIKA, 1979/2, 3—13.

[3] TEHNIČNO POROČILO o izvajanju in izvedbi raziskovalne naloge: »Preizkus uporabe ultrazvočne aglomeracije letčega pepela za dodatno čiščenje dimnih plinov v elektrofiltvih Toplarni Ljubljana«. LJUBLJANA, maja 1980.

Avtorjev naslov: prof. ing. Leopold Andrée,
Fakulteta za strojništvo
v Ljubljani