

Joachim OTTE

ANALIZA WARUNKÓW PRACY WENTYLATORÓW W UKŁADACH ODSIARCZANIA SPALIN (UOS)

Streszczenie. Przeprowadzono analizę warunków pracy wentylatorów w układach odsiarczania spalin. Dyskutowano warunki pracy w zależności od lokalizacji wentylatorów w układach odsiarczania spalin. Szczegółowo rozpatrzono problemy doboru materiałów konstrukcyjnych.

THE ANALYSIS OF FANS OPERATING CONDITIONS IN FLUE GAS DESULFURIZATION INSTALLATIONS

Summary. The analysis of fan operating conditions in flue gas desulfurization installations has been investigated. Operating conditions has been discussed in dependence of fans location in Flue Gas Desulfurization Installations. Problems of construction materials selection has been in details considered.

EINIGE PROBLEME DER ANWENDUNG VON VENTILATOREN IN RAUCHGASENTSCHWEFELUNGSANLAGEN

Zusammenfassung. Es wurde hier die Problematik der Anwendung von Ventilatoren in den Rauchgasentschwefelungsanlagen diskutiert. Im Beitrag sind anlagentechnische Vorteile sowie die spezifischen Merkmale der Anordnungsmöglichkeiten von Saugzug- und REA-Druckerhöhungseventilatoren erläutert. Speziell sind hier Beurteilungen- und Auswahlhilfen für in Frage kommende Materialien und Werkstoffen aufgezeigt.

1. WSTĘP

Do głównych maszyn pomocniczych w układach odsiarczania spalin należą wentylatory, przy czym należy tu podkreślić, że od ich dyspozycyjności zależy dyspozycyjność całej instalacji.

Obecnie w literaturze technicznej dotyczącej technologii odsiarczania spalin znaleźć można coraz więcej materiałów odnośnie do pracy wentylatorów, z tym że w dużej części są to publikacje wywodzące się z kręgu firm produkujących wentylatory. Analiza różnych artykułów [1 – 10] wskazuje jednoznacznie, że dobór wentylatora do pracy w UOS jest najczęściej traktowany jako indywidualne zagadnienie techniczne powierzone firmie specjalistycznej, produkującej tego typu wentylatory. Do jej zadań należy:

- dobór typu i wielkości wentylatora pod względem parametrowym,
- w zależności od stosowanej metody odsiarczania analiza uwarunkowań wynikających z lokalizacji wentylatora w UOS,
- rozeznanie co do składu fizyko–chemicznego przetłaczanego czynnika,
- wykonanie badań odporności materiałów stosowanych w budowie wentylatora na warunki pracy,
- analiza warunków awaryjnej pracy UOS oraz wypracowanie metod likwidacji ich skutków wpływających na żywotność elementów wentylatora (np. przekroczenie dopuszczalnych stężeń SO_2 w czynniku, zapobieganie skutkom obłepienia elementów układu przepływowego przez zainstalowanie układów (ze sprężonym powietrzem i wodą) do ich czyszczenia bez konieczności demontażu itd.).

2. DOŚWIADCZENIA KRAJOWE Z PRACY WENTYLATORÓW W WARUNKACH ZBLIŻONYCH DO UOS

Ze względu na brak doświadczeń co do eksploatacji krajowych wentylatorów w układach odsiarczania spalin należy zwrócić uwagę na instalacje doświadczalne i półtechniczne [11].

I tak po wcześniejszych badaniach laboratoryjnych opracowano i wykonano półtechniczną instalację doświadczalną na terenie KWK „WUJEK” w Katowicach. Całość przedsięwzięcia zrealizowano w OBR „BAROWENT” w Katowicach przy współdziałaniu Politechniki. Zastosowano moką metodę wapienną usuwania SO_2 z gazów. W instalacji pracował wentylator promieniowy o wydajności $1,38 \text{ m}^3/\text{s}$ i spiętrzeniu całkowitym 5000 Pa . Wentylator pracował na gazie oczyszczonym, wilgotnym. W związku z wykraplananiem się wody należało ją okresowo odprowadzić z obudowy wentylatora za pomocą rury spustowej. Zastosowano wentylator standardowy i w pracy jego nie wystąpiły żadne problemy.

Zakłady Pomiarowo–Badawcze Energetyki „ENERGOPOMIAR” Gliwice prowadziły próby z pilotową instalacją odsiarczania spalin na terenie Elektrowni „HALEMBA” w Rudzie Śląskiej, posiadającej 4 bloki energetyczne, każdy o mocy 50 MW . Do odsiarczania pobierano część spalin za elektrofiltrem czwartego bloku. Elektrownia spala węgiel o niewielkiej zawartości

siarki (0,7 – 1%). Zastosowana metoda odsiarczania spalin należy do mokrych, wapniakowych.

W celu odprowadzenia wykraplającej się wody wywiercono otwór o niewielkiej średnicy w najniższym punkcie obudowy wentylatora. Spaliny dopływające do wentylatora oprócz składników gazowych zawierają gips i nieprzereagowany sorbent (mączka wapienna), co powoduje oblepianie wirników i niestabilną pracę wentylatora. W celu wzmocnienia konstrukcji zmieniono układ łożyskowy (wykonano wspólną obudowę obu łożysk) oraz zmieniono podstawę. Stężenie SO₂ w spalinach przed wentylatorem wynosiło maks. 0,8 g/m³ (0,028% SO₂ obj.) i korozja siarkowa nie była tutaj zasadniczym problemem. Wirnik wytrzymał tylko ok. 1000 godz. pracy przy czyszczeniu go co 1 dobę ze względu na oblepianie się koła wirnikowego, a nie z powodu procesu korozji siarkowej. W celu określenia trudności, które mogą wystąpić w pracy wentylatorów w warunkach zasiarczenia zapoznano się z eksploatacją wentylatorów zainstalowanych na wydziale prażalni Huty Metali Nieżelaznych „SZOPIENICE” w Katowicach.

Cztery wentylatory promieniowe pracują w systemie odciągowym gazów dwóch pieców fluidalnych służących do prażenia siarczku cynku. Proces prowadzi się w celu usunięcia z blendy cynkowej siarki, która jest przerabiana na:

- dwutlenek siarki ciekły techniczny,
- dwutlenek siarki ciekły do celów spożywczych.

Parametry wentylatorów są następujące:

- wydajność 270 Nm³/min; 615 m³/min (350°C),
 770 m³/min (500°C),
- czynnik przetłaczany: gazy siarczane,
- temperatura czynnika: 350 – 500°C,
- ciśnienie całkowite: 2900 Pa (350°C),
 2500 Pa (500°C)
- obroty maks. 1450 obr./min,
- regulacja obrotów za pomocą sprzęgła hydraulicznego.

Wentylatory pracują na gazie prażalnym, będącym nośnikiem pyłu (zapalenie ok. 20 g/m³). Zasiarczenie gazów nie ma decydującego wpływu na częstość wymiany koła wirnikowego. Koło wirnikowe należy wymontowywać z wentylatora co 1 miesiąc, a nawet częściej z powodu dużego zapylenia gazów, na skutek którego pyły osadzają się na wirniku powodując jego niewyagę i erozję łopatek. Obudowa ze stali St3 nie posiada żadnej wykładziny i wymaga wymiany co kilka lat.

Na wydziale prażalni HMN „SZOPIENICE” pracują również 3 wentylatory promieniowe wysokoprężne (w tym 1 rezerwowy) służące do przetłaczania gazu piecowego (gazy prażalne) ochłodzonego i oczyszczonego. Wentylatory pracują przy następującym orientacyjnym składzie gazu: 5 – 7,5% SO₂ ślady

SO₃, 10% O₂, ślady CO₂, azot, para wodna. Gaz jest zwilgocony i istnieje możliwość wykraplania się wody, którą należy odprowadzić z obudowy.

W pracy tych wentylatorów występuje wiele problemów dotyczących głównie kół wirnikowych. Problemy te wynikają stąd, że od materiałów stosowanych do wykonania wirnika wentylatora pracującego w środowisku korozyjnym siarkowym wymaga się wysokiej wytrzymałości i dużej odporności korozyjnej. Niespełnienie tego warunku zmniejsza żywotność koła wirnikowego i zwiększa częstotliwość jego wymiany.

W ciągu kilkuletniego okresu eksploatacji tych wentylatorów zmieniano kilka razy materiał kół wirnikowych. Początkowo wykonywano je ze stali 1H18N9T, a później ze zwykłej stali pokrytej warstwą homogenu z ołowiu (stal + cyna + ołów). Trwałość wirników z warstwą homogenu z ołowiu wynosiła ok. 2 lata, ale wirniki te były znacznie cięższe i wymagały kłopotliwej kooperacji przy wykonawstwie. Powrócono więc do wykonywania ich ze stali 1H18N9T.

Podsumowując można przyjąć, że wentylatory pracujące na czynniku zsiarczonym w warunkach nie powodujących wykraplania się wody nie stwarzają większych problemów podczas eksploatacji i nie wymagają zbyt specjalnych konstrukcji. Wyjątek stanowią wentylatory stosowane do szczególnych celów, np. wentylatorom pracującym na czynniku zsiarczonym zabudowanym w ciągu technologicznym stawia się wymagania wysokiej szczelności.

3. WARUNKI PRACY WENTYLATORÓW W ZALEŻNOŚCI OD ICH LOKALIZACJI W UOS

Z analizy różnych metod odsiarczania spalin jednoznacznie wynika, że obecnie dla warunków krajowych optymalną metodą odsiarczania spalin jest **mokra metoda wapienna/wapniowa**. Istniejące różne jej odmiany technologiczne powodują, że lokalizacja wentylatorów w UOS również ma wiele wariantów. Niemniej wyróżnić można tu dwa zasadnicze podejścia do kwestii lokalizacji wentylatorów w UOS:

- po stronie spalin zsiarczonych,
- po stronie gazów oczyszczonych.

W przypadku usytuowania **wentylatorów po stronie gorących spalin** wyróżnić można układ z dwoma wentylatorami (rys. 1) lub też z jednym wentylatorem (rys. 2). Pierwsze rozwiązanie stosuje się, gdy mamy do czynienia z rozbudową istniejącego bloku energetycznego i drugi wentylator (UOS) pracuje na pokrycie oporów w instalacji odsiarczania. Układ z jednym dużym wentylatorem UOS stosowany jest zwykle dla nowo budowanych bloków lub kotłów.

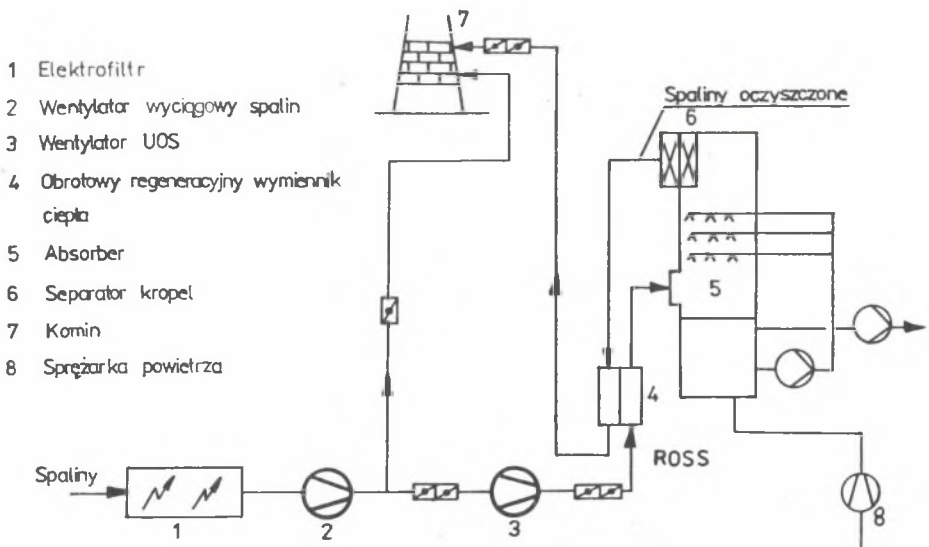
Wentylatory przetłaczające gorące spaliny powinny być przystosowane do następujących warunków pracy [1]:

- temperatura spalin (przeciętnie) ok. 150°C,
- krótkotrwały skok temperatury do 350–400°C przy wypadnięciu podgrzewacza powietrza,
- zawartość SO₂ w spalinach 2000–2700 mg/m²,
- zawartość pyłu w spalinach do 200 mg/m³.

Sytuując **wentylatory po stronie gazów oczyszczonych** można również wskazać na dwie możliwości wyboru układu z jednym lub dwoma wentylatorami. W instalacji z dwoma wentylatorami (rys. 3) możliwa jest niezależna praca kotła i instalacji odsiarczania. Wentylator ciągu pokrywa wszystkie straty ciśnienia w kotle, elektrofiltrze i „bypasie” do komina, natomiast drugi wentylator odpowiada za odpowiedni ciąg w UOS.

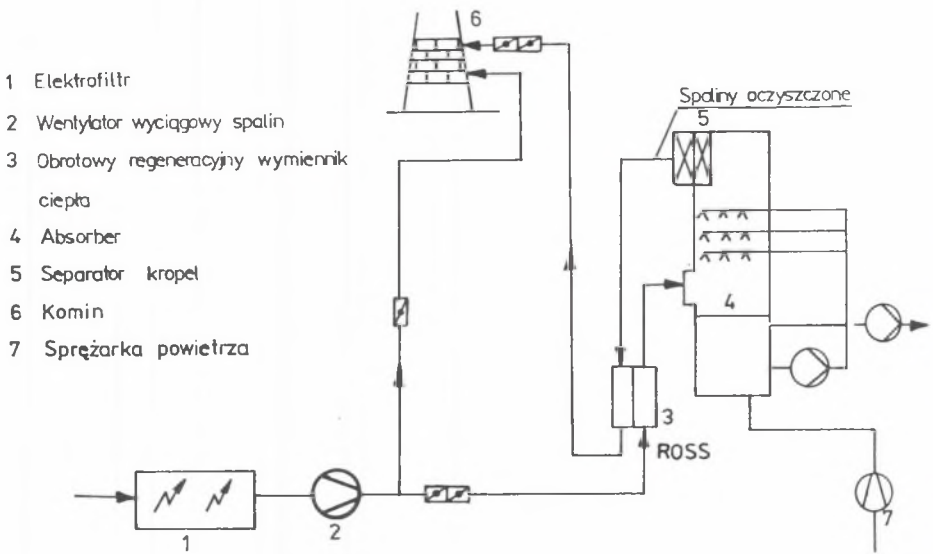
W przypadku gdy nie występują żadne ograniczenia związane ze sterowaniem i regulacją kotła, możliwe jest przy założeniu nie zmienionej pewności pracy, zastosowanie tylko jednego odpowiednio większego wentylatora w UOS, tak jak to przedstawiono na rys. 4.

Po stronie gazów oczyszczonych należy liczyć się z następującymi (przeciętnie rzecz biorąc) warunkami pracy [1]:



Rys. 1. Schemat UOS wg metody mokrej. Wentylatory usytuowane po stronie gorących spalin

Fig. 1. Flue Gas Desulfurization Installation scheme by wet method. Fans located in hot flue gas side



Rys. 2. Schemat UOS wg metody mokrej. Wentylatory usytuowane po stronie gorących spalin

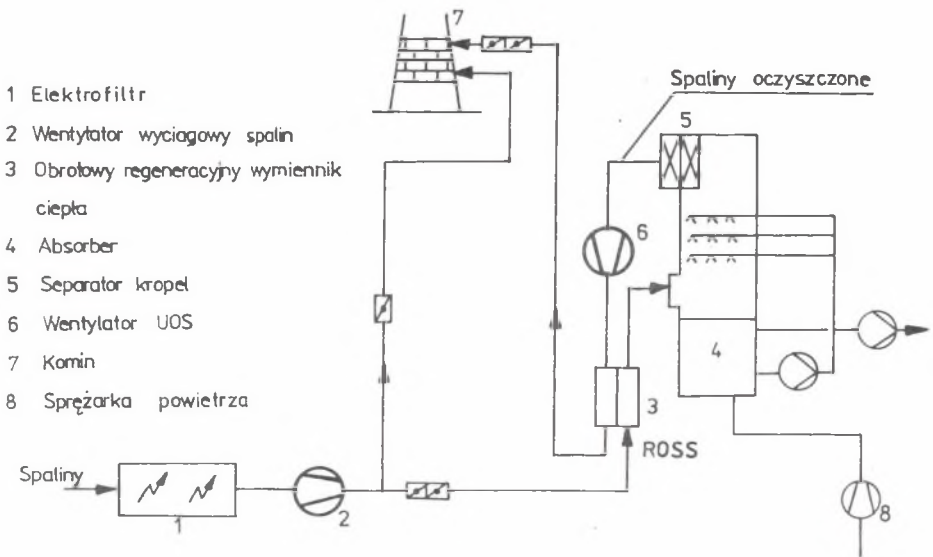
Fig. 2. Fans located in hot flue gas side. Flue Gas Desulfurization Installation scheme by wet method

- temperatura na ssaniu: 45°C (normalna),
80°C (maksymalna),
- zawartość pyłu: 50 mg/m³,
- zawartość wody: 300 mg/m³,
- przekroczony punkt rosy na wlocie do wentylatora,
- zawartość SO₂ do 400 mg/m³,
- występowanie wilgoci w postaci krolepek,
- skłonność do oblepiania przez stałe cząstki porywane przez czynnik.

4. ZAGADNIENIE DOBORU MATERIAŁÓW KONSTRUKCYJNYCH WENTYLATORÓW DO PRACY W UOS

4.1. Wstęp

Jednym z bardzo ważnych problemów warunkujących konstrukcję wentylatorów do pracy w UOS o odpowiednio wysokiej niezawodności jest opanowanie



Rys. 3. Schemat UOS wg metody mokrej. Wentylator wyciągowy po stronie gorących spalin. Wentylator UOS po stronie spalin oczyszczonych

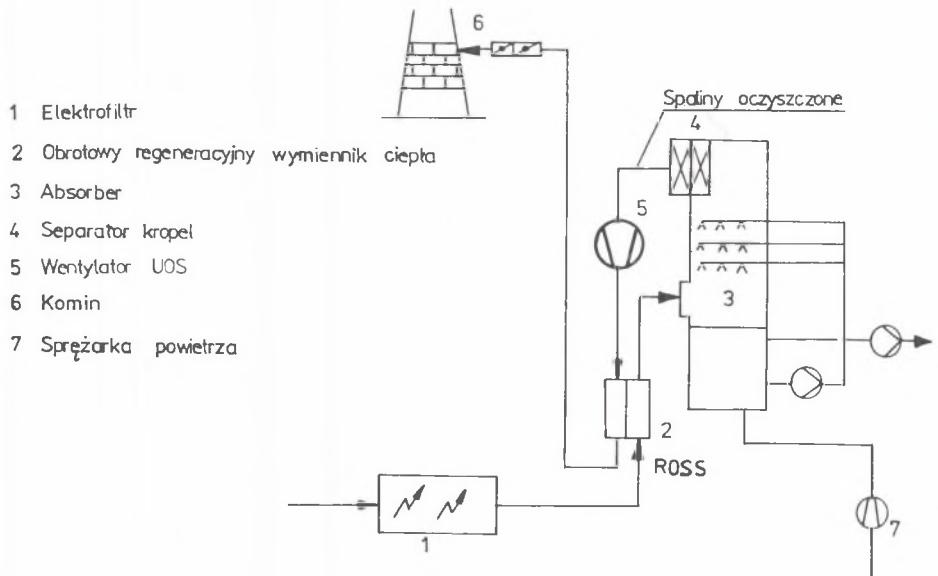
Fig. 3. Exhaust fan in located hot flue gas side. Flue Gas Desulfurization Fan in cleaned gas side

wszystkich zagadnień wynikających na styku: materiał konstrukcyjny – agresywny czynnik gazowy. Szczególne trudności występują wskutek zjawiska korozji, przy czym zagadnienie to często bywa niedoceniane.

Częste załączanie i wyłączenia UOS prowadzi do przekraczania punktu rosy, niekiedy przekraczanie punktu rosy następuje przy „normalnej” eksploatacji UOS. Występująca wtedy korozja objawia się już po kilku miesiącach. W celu zapewnienia wieloletniej eksploatacji, wolnej od uszkodzeń korozyjnych, wymagany jest odpowiedni dobór zestawu materiałów konstrukcyjnych wentylatora, w tym również powłok antykorozyjnych wraz z technologią ich nakładania.

4.2. Doświadczenia krajowe

Dotychczas w kraju wiele wentylatorów pracuje przy czynniku o znacznej agresywności, w warunkach zbliżonych do warunków pracy w UOS. I tak na przykład przeprowadzono przez „BAROWENT” w 1993 r. w HMN „SZOPIENICE” [12] badania wirników wykonanych ze stali 1H18N9T wykazały, że nie



Rys. 4. Schemat UOS wg metody mokrej. Wentylator UOS usytuowany po stronie oczyszczonych spalin

Fig. 4. Flue Gas Desulfurization Fan in cleaned gas side

spełnia ona stawianych jej wymagań. Badania te przeprowadzono w warunkach eksploatacyjnych, zastosowano następujące metody oceny:

- metodę wizualną oceny zmian wyglądu powierzchni,
- metodę oceny zmian masy i wymiarów,
- metodę oceny częstotliwości występowania zmian korozyjnych oraz głębokości zmian korozyjnych,
- metodę oceny zmian własności mechanicznych.

Ocenę korozji przeprowadzono na wirnikach wykonanych ze stali 1H18N9T, które były zabudowane w wentylatorze i pracowały ok. 3 tygodni.

Na wirniku pierwszym zaobserwowano tylko początkowe stadium tworzenia się korozji międzykrystalicznej na spoinach łączących łopatki z tarczą nośną. Innych objawów korozji nie zaobserwowano.

Drugi wirnik poddany badaniom metodą wizualną był całkowicie zniszczony. Wirnik uległ takim rodzajom korozji, jak:

- korozji równomiernej na całej powierzchni wirników przekraczającej znacznie korozję dopuszczalną,
- korozji międzykrystalicznej występującej głównie w strefie spawów,

- erozji korozyjnej, która wystąpiła na znacznej powierzchni łopatek i tarczy nośnej, powodując zniszczenie materiału na całej grubości wymienionych elementów.

Ponadto całkowitemu skorodowaniu uległa tarcza nakrywająca, co nasunęło podejrzenie korozji naprężeniowej.

Powyższe obserwacje wykazały, że korozja wywołana agresywnym działaniem związków siarki stanowi poważny problem. W obecności związków siarki w bardzo ostrej formie występuje korozja międzykrystaliczna i wżerowa, a więc zjawisko bardzo groźne. Badania korozyjne zachowania się różnych typów stali w środowiskach zawierających związki siarki przedstawiono poniżej.

Badania obejmowały:

- korozję ogólną i wżerową,
- korozję naprężeniową,
- badania elektrochemiczne.

W wyniku badań ustalono, że:

- a) stale austenityczne z dodatkiem molibdenu w gatunku OH17N12M2T, OH22N24M4TCu i OH23N283TCu charakteryzują się najlepszą odpornością korozyjną. Nie ulegają one korozji wżerowej w żadnym ze środowisk zawierających siarkę. Natomiast w badaniach elektrochemicznych na stali H17N12M2T zaobserwowano tworzenie się wżerów przy potencjale wyższym o ok. 700 mV od potencjału korozyjnego. Stale OH22N24M4TCu i OH23N28M3TCu w warunkach prądowych nie uległy żadnym zmianom,
- b) stal austenityczna bez dodatku molibdenu w gatunku 1H18N9T ulega silnej korozji równomiernej o grubości 5 μ m i korozji wżerowej dochodzącej do 60 μ m.

Odporność badanych gatunków stali na korozję równomierną w środowisku związków siarki zmienia się wg następującego szeregu: 1H18N9T < H18N10MT < OH17N12m2T < OH22N24M4TCu < OH23N28M3TCu. Rozpatrując uszeregowanie badanych gatunków stali można stwierdzić, że stal 1H18N9T najsilniej ulega korozji ogólnej z utworzeniem wyraźnego osadu produktów korozji. Ponadto tylko na tej stali stwierdzono obecność wżerów po 121-dniowej ekspozycji w warunkach przemysłowych oraz laboratoryjnie wykazano, że wżery na niej mogą występować w najszerszym zakresie potencjałów. Opierając się na wynikach obserwacji i badań ustalono, że stal 1H18N9T w środowisku kwasu siarkowego jest odporna w stosunkowo ograniczonych warunkach, tj. przy stężeniu H₂SO₄ wyższym niż 65 do 70%. Stal ta nie jest odporna na działanie agresywnego środowiska zawierającego mokry dwutlenek siarki, ponadto ma ona skłonności do korozji wżerowej, naprężeniowej i erozjo-korozji.

W świetle przedstawionych powyżej rozważań wysnuto np. wniosek, że stal 1H18N9T nie nadaje się do wykonywania wirników w wentylatorach do przetłaczania gazów prażalnych, dla warunków Huty „Szopienice”. Do warun-

ków, w jakich przetłacza się gazy prażalne, zaproponowano stal OH23N28M3Cu, jako najbardziej odpowiednią do wykonania kół wirnikowych. Stal ta wykazuje dużą odporność na korozję wżerową, naprężeniową oraz erozjo-korozję. Jest stałą austenityczną spawalną. Zalecaną metodą spawania jest metoda TIG przy spoiwie w postaci drutu o składzie chemicznym spwanej stali lub skrawków materiału spawanego.

Piastę koła wirnikowego zaproponowano jako odlew żeliwny całkowicie osłonięty przed działaniem środowiska korozyjnego siarkowego za pomocą blachy ze stali w gatunku jak użyta na koło wirnikowe. Od strony wlotu na koło wirnikowe osłona ta dodatkowo pokryta jest warstwą epidianu. Śruby łączące piastę z tarczą nośną osłonięte są kółkami z blachy stalowej i dodatkowo również pokryte warstwą epidianu 430 z utwardzaczem T. Wyjście wału z obudowy także wymagało osłony przed środowiskiem korozyjnym. Na wał wtłoczono rurę ze stali 1H18N9T skręconą śrubami z piastą. Śruby zalano epidianem, a powierzchnię rury zaspawano elektrycznie.

Do uszczelnienia przejścia wału przez obudowę służy dławik wykonany z ołowiu twardego (OT 3) oraz znajdujący się wewnątrz dławika sznur igielitowo-azbestowy. Obudowa wentylatora wykonana jest z blach stalowych gatunku St3S grubości 6 mm, a od wewnątrz wyłożona jest blachą ołowianą grubości 4 mm. Blacha ołowiana łączona jest z blachą obudowy śrubami, łby śrub od strony wentylatora zalane są cyną. Ze względu na demontaż koła wirnikowego obudowa jest dzielona. Podziały korpusu uszczelnione są sznurem azbestowym lub z poliestru albo gumą. Bardzo dobre wyniki otrzymuje się przy uszczelnianiu igielitem miękkim.

W warunkach pracy instalacji pilotowej zlokalizowanej w Elektrowni „Ha-lemba” przeprowadzono badania próbek stalowych gatunku St3S, 1H13 i 1H18N9T [13]. Niektóre wyniki badań korozji tych stali w środowisku kolumny absorpcyjnej instalacji odsiarczania spalin podano w tabelicy 1.

4.3. Dobór stali konstrukcyjnej i stopów

W metodzie mokrej szczególne wymagania w zakresie doboru materiałów dotyczą wentylatorów usytuowanych po stronie gazów oczyszczonych. Istotny jest w tym względzie skład chemiczny wilgoci (kropelek wody) znajdującej się na powierzchni układu przepływowego. Analizę wody za odkraplaczem z trzech różnych instalacji podano w tabelicy 2 [6].

W zależności od jakości wody użytej do płukania odkraplacza i częstotści płukania uzyskuje się różniący znacznie skład chemiczny kondensatu, który porywany jest do wentylatora.

Tablica 1

**Szybkość korozji stali w środowisku pracy kolumny absorpcyjnej instalacji odsiarczania spalin wg metody MOWAP
w Elektrowni „Halemba”**

Okres badań	590 godz. (24,58 doby)			150 godz. (6,25 doby)			100 godz. (4,15 doby) ^{xxx}		
	szybkość korozji			szybkość korozji			szybkość korozji		
	Gatunek stali	w g/m ² na dobę	średnia w g/m ² na dobę	średnia w mm/rok	w g/m ² na dobę	średnia w g/m ² na dobę	średnia w mm/rok	w g/m ² na dobę	średnia w g/m ² na dobę
St3S	112,66 176,12 174,76	154,51	7,1513	207,62 183,24 160,64	183,83	8,510	240,96 209,37 200,11	216,81	10
1H13	55,24 56,88 62,23	58,117	2,690	161,63 54,63 55,53	57,26	2,651	38,54 44,24 41,38	41,38	1,916
1h18N9T japońska	9,43 9,18 9,20	9,29	0,481	15,43 15,67 15,54	15,54	0,719	xx		
1H18N9T polska	xx			17,28 16,86 16,79	16,98	0,786	xx		

Uwaga: xx – nie badano
xxx – z dodatkiem kwasu adypinowego

Tablica 2

Analiza chemiczna kropelek wody za odkraplaczem UOS

Lp.	pH	Cl [mg/l]	SO ₄ [mg/l]	KB
1	2,14	14900	10300	3,51
2	1,50	1270	3110	2,64
3	7.50	60000	8000	2,45

Celem określenia agresywności korozyjnej wody wprowadzono liczbę (wskaźnik) oddziaływania korozyjnego, której wartość bezpośrednio zależy od zawartości chlorków i wartości pH.

Stała wartość liczby KB oznacza jednakową korozyjną agresywność względem obranego metalu. Powyższą zależność w formie wykresu przedstawiono na rys. 4.

Jeżeli chodzi o materiały konstrukcyjne metalowe do pracy w środowisku agresywnym, korozyjnym, to w rachubę wchodzi stale austenityczne oraz przede wszystkim stale austenityczno-ferrytyczne i stopy niklu. Zestawienie tych stali i stopów stosowanych w Europie zachodniej podano w tablicy 3.

Do oceny odporności korozyjnej metalu wprowadzono w literaturze przedmiotu tzw. indeks lub wskaźnik stopowy WS, zdefiniowany jako

$$W_s = Cr(\%) + 3,3 \times Mo(\%)$$

Im wyższa wartość tego wskaźnika, tym większa jest odporność materiału na korozję.

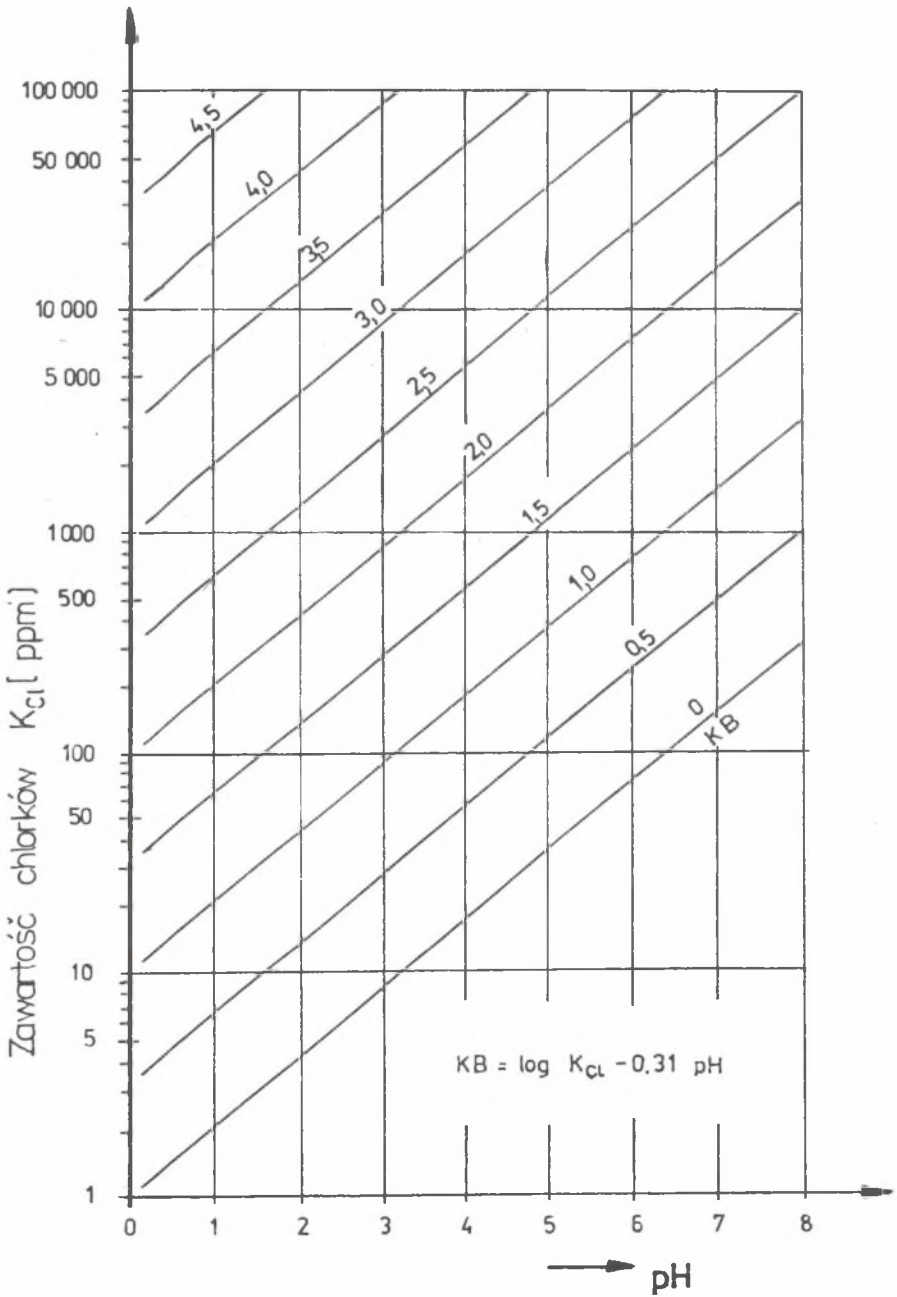
Pewne zgrubne oszacowanie wymaganej wartości indeksu WS niezbędne przy prawidłowym doborze materiału przedstawiono w formie wykresu na rys. 5. Wykres ten jest odpowiedni dla normalnej temperatury 50 – 70°C. Minimalna wartość indeksu WS dla zapewnienia niezbędnej odporności korozyjnej w zależności od liczby KB jest następująca

$$W_s > 10KB + 18$$

5. GUMOWANIE

Jedną z metod pozwalających uchronić materiał konstrukcyjny przed korozją jest pokrycie go powłoką gumową.

Z dostępnych materiałów zachodniemieckiej firmy F.W. Garduck GmbH Ventilatoren – und Apparatebau z Aachen wynika, że firma ta produkuje wentylatory szczególnie do zastosowania w technice procesów przetwórczych w zakładach przemysłu chemicznego (płuczki gazowe z agresywnymi mediami). Wentylatory te cechują się odpornością na korozję przeciw kwaśnym



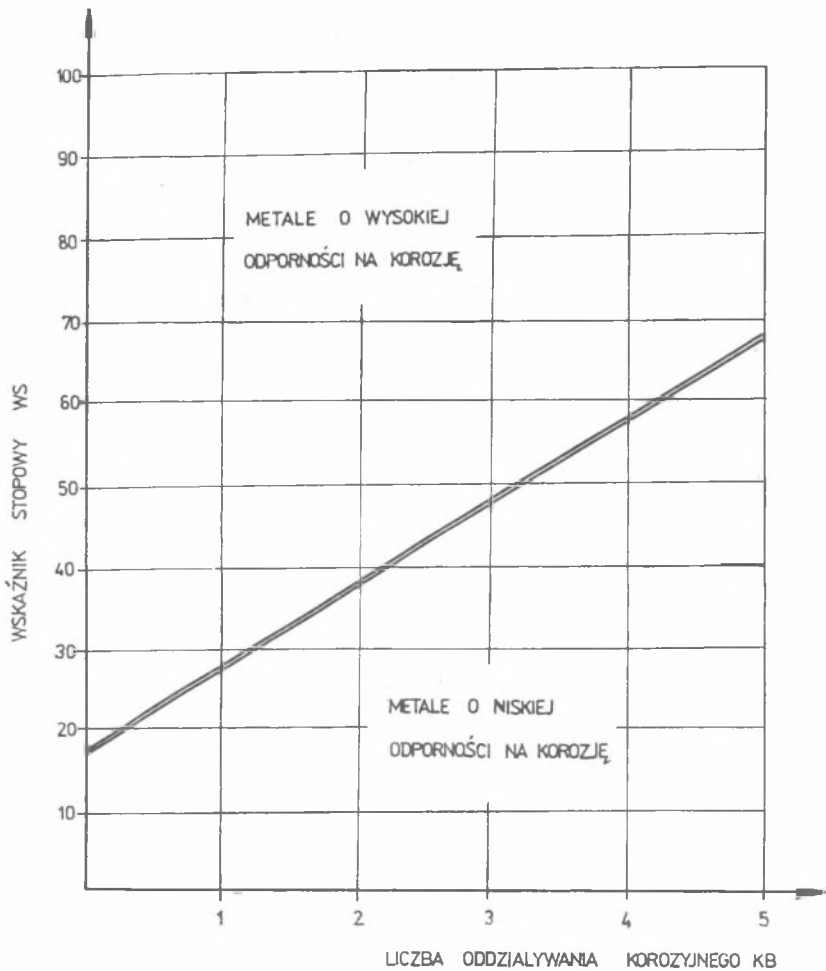
Rys. 5. Zależność liczby oddziaływania korozyjnego wody od zawartości chlorków i liczby pH

Fig. 5. The dependence of water corrosive reaction number and contents of chlorides and acid number

Tablica 3

Stale stopowe i stopy niklu stosowane w budowie wentylatorów UOS

Nr	Symbol	Indeks WS = Cr+3,3Mo	Re min	Rm	A min	Skład %										
		%	N/mm ²	N/mm ²	%	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Cw	Fe	P	S	Inne
Stale stopowe na osnowie austenitycznej																
14539	X 2 Ni Cr Mo Cu	35	220	570–720	35	0,02	0,5	1,2	20,0	4,5	25,0	1,5	–52	–	–	–
Stale stopowe na austenityczno–ferytycznej osnowie																
94460	X 3 Cr Ni Mo Cu 266 Cu	33	400	650–880	18	0,04	1,5	0,7	25	2,4	6,0	3,0	–62	–	–	–
14462	X 2 Cr Ni Mo N 225	32	420	650–880	20	0,03	0,7	1,3	22,5	3,0	4,8	–	–65	–	–	–
–	X 3 Cr Mn Ni Mo N 2564	33	550	700–900	18	0,04	0,4	5,8	25,3	2,3	3,8	–	–62	–	–	–
Stopy niklu																
24856	Inconel 625	51	420	750–850	35	0,02	0,5	0,5	21,5	9,0	62	–	5,0	0,01	0,01	Co 1,0 Nb 3,5
24619	C – 4	69	400	720–820	40	0,01	0,08	1,0	14	15,5	65	–	3,0	0,03	0,02	Co2,0 Ti 0,7
24819	C – 276	68	320	700–800	50	0,01	0,08	1,0	15,5	16,0	57	–	5,0	0,03	0,02	Co 2,5 W 4,0
24607	Euzonit G60	72	300	500–700	8	0,02	–	–	20,0	16,0	61	–	2,0	0,03	0,02	–



Rys. 6. Graficzna ocena poprawności doboru materiału ze względu na korozję

Fig. 6. Graphical evaluation of material's selection correctness for corrosion reasons

i zasadowym zawartościom par i gazów, którą uzyskuje się przez wykonanie obudowy ze stali z nałożoną powłoką oraz przez zastosowanie stali stopowych lub specjalnych stopów na koła wirnikowe i uszczelnienie obudowy (dławnicą).

Nakładanie powłok na części stalowe mające kontakt z agresywnym gazem następuje przez wulkanizację gładkimi pasmami wytworzonymi na bazie naturalnego albo syntetycznego kauczuku. Wszystkie nakładane powłoki po-

winy być kontrolowane przy napięciu do 30 kV. Kołnierze przyłączeniowe mają powłokę z kauczuku. Dodatkowa powłoka z gumy miękkiej (wytrzymującej temperaturę do 80°C) umożliwia nie tylko szczelność obudowy, ale również zapewnia szczelność w połączeniu z dławnicą.

W celu określenia krajowych możliwości zapobiegania korozji wentylatorów przez stosowanie powłok ochronnych nakładanych metodą gumowania zapoznano się z gumowaniem wykonywanym w Przedsiębiorstwie Robót Montażowych Przemysłu Chemicznego w Oddziale Gumowania w Zakładach Chemicznych „Blachownia” w Kędzierzynie. Wykonuje się tu gumowanie takich elementów, jak: trójniki, czwórniki, rurociągi, koła jezdne wózków oraz inne części aparatury chemicznej. Proces polega na tym, że na odtłuszczającą i oczyszczoną przez piaskowanie powierzchnię nakłada się 3 warstwy, a następnie pokrywa się ją gumą i cały element wkłada do autoklawu, gdzie w temp. 120°C, w atmosferze pary wodnej o ciśnieniu 6 atm. w czasie 12–20 godz. następuje właściwa wulkanizacja. Po wulkanizacji i ostygnięciu powierzchnię gumową sprawdza się za pomocą induktora na przebicie elektryczne. Do gumowania stosuje się niewulkanizowane płyty antokorozyjne typu EWA 670, IZA 564, 236, 233. Płyty te nadają się głównie do kwasów (solny, siarkowy, azotowy i inne) o temp. max. 70°C. Gabaryty autoklawu ograniczają możliwości gumowania do elementów o wymiarach maksymalnych: średnica 2300 mm, długość 9000 mm.

Również w pracy [13] stwierdzono, że w celu ograniczenia korozji i występującej niekiedy erozji urządzeń i instalacji odsiarczania spalin najkorzystniejsze z punktu widzenia ekonomiki będzie zastosowanie wykładzin gumowych typu IZA 174, IZA 233 na podkładzie EWA 470. Wyłożenia powierzchni do badań wykonano w zakładach Azotowych „TARNÓW”. Stwierdzono tu, że części stojanowe (nieruchome) można w pełni zabezpieczyć przed korozją stosując jako materiał konstrukcyjny stal węglową gumowaną.

6. POWŁOKI Z POLIETYLENU

Podstawowym surowcem do syntezy polietylenu [14] jest etylen. Polietylen jest polimerem etylenu powstałym przez połączenie się wielkiej liczby cząstek etylenu. Gatunki polietylenu różnią się w zależności od metody otrzymywania. Znane są dwie metody wytwarzania polietylenu:

- metoda wysokociśnieniowa, która daje polietylen na ogół rozgałęziony i o mniejszej gęstości, określane również jako polietylen miękki lub wysokociśnieniowy,
- metoda niskociśnieniowa, która daje polietylen liniowy o wyższej gęstości, zwany twardym lub niskociśnieniowym.

Polietylen odznacza się odpornością chemiczną na działanie większości rozpuszczalników, wodnych roztworów kwasów, zasad i soli oraz niektórych

substancji utleniających. W temperaturze 20°C jest on odporny na działanie suchego i wilgotnego dwutlenku siarki. Polietyleny są nieodporne na działanie silnych utleniaczy: pod wpływem dymiącego kwasu siarkowego, stężonego kwasu azotowego i jego mieszanin z kwasem siarkowym oraz roztworów dwuchromianów w kwasie siarkowym ulegają zniszczeniu. Zalety polietylenu jako surowca do powlekania lub pokrywania innych materiałów warstwą można wykorzystać do ochrony kół wirnikowych wentylatorów pracujących w środowisku korozyjnym siarkowym. Znane są obecnie dwie zasadnicze metody otrzymywania powłok ochronnych z polietylenu przy użyciu surowca w postaci proszku:

- 1) metoda fluidyzacyjna,
- 2) metoda natryskiwania płomieniowego.

Metoda powlekania fluidyzacyjnego wytwarza powłoki antykorozyjne głównie na przedmiotach metalowych. W tym celu przez porowate dno pojemnika zawierającego tworzywo sztuczne w postaci bardzo drobnego pyłu, przetłacza się powietrze lub azot, przeprowadzając pylastą masą w stan fluidalny. Upřednio piaskowane lub poddane powierzchniowej obróbce chemicznej elementy metalowe, ogrzane do temp. 220 – 400°C, zanurza się na 5 do 30 s w wirującej w strumieniu powietrza fluidalnej masie tworzywa, lekko nimi poruszając. Pył termoplastyczny osiada na powierzchni zanurzonego przedmiotu i topiąc się kosztem oddanego ciepła, tworzy bardzo przyczepną jednolitą powłokę.

W przypadku przedmiotów nie nadających się do powlekania metodą fluidalną (np. zbyt dużych) stosuje się metodę natryskiwania płomieniowego, w której proszek polimeru zmieszany z powietrzem wprowadzony do płomienia specjalnego palnika, po nadtopieniu polimeru, uderza w podgrzaną powierzchnię przedmiotu, tworząc na niej jednorodną błonkę.

7. WYBÓR WENTYLATORA DO UOS

Analizując parametry wymagane dla przyszłych realizacji krajowych UOS można stwierdzić, że:

- wentylatory do UOS pod kątem parametrowym stanowią pewną nową jakość,
- przyrosty ciśnienia w UOS rzędu 60 – 100 mbar są mniej więcej dwukrotnie większe aniżeli dotychczas wymagane w blokach energetycznych bez UOS, co stwarza konieczność opracowania konstrukcji wentylatorów o maksymalnych liczbach ciśnienia przy odpowiednio wysokiej sprawności.

Kryteria konstrukcyjne, jakie należy uwzględnić w procesie projektowania wentylatorów UOS, wynikają z racji ekonomicznych, technologicznych i wymogów BHP.

Bez większej przesady można stwierdzić, że wentylatory należą do najważniejszych urządzeń w instalacjach odsiarczania spalin. Niezawodność ich pracy determinuje niezawodność całego układu odsiarczania, stąd też waga, jaką się przykłada do zdobytych już doświadczeń, jak i całego Know-how w zakresie budowy i eksploatacji wentylatorów do UOS.

Wentylatory są pod względem mocy napędowych maszynami bardzo dużymi, co skłania do pewnej optymalizacji pod względem sprawności.

Kolejnym ważnym wyróżnikiem tych maszyn jest powodowany przez nie bardzo wysoki przyrost ciśnienia, co z kolei rodzi konieczność stosowania dużych prędkości obwodowych a więc i wysokiego wytężenia mechanicznego wirnika. Stąd też stosownie do zależności

$$u_2 = \sqrt{\frac{2\Delta p_c}{\rho\psi}}$$

wymagane są konstrukcje z ekstremalnie wysokimi liczbami ciśnienia bądź też w przypadku wentylatorów osiowych – konstrukcje wielostopniowe.

Z wysokimi przyrostami ciśnienia współzależna jest wysoka hałaśliwość wentylatorów i jeżeli uwzględni się, że wzrost sprawności tych wentylatorów wpływa korzystnie na zmniejszenie ich głośności, to uzyskamy dalsze potwierdzenie celowości optymalizacji pod względem wysokiej sprawności.

Analizowane wcześniej warunki pracy wentylatorów w UOS znajdują odzwierciedlenie w racjach ekonomicznych i racjach technologicznych, przy czym szczególnie w odniesieniu do krajowych zamierzeń produkcyjnych należy wziąć pod uwagę trudności wykonawcze.

Zasadnicze kryteria konstrukcyjne, jakimi należy się kierować przy projektowaniu i konstrukcji wentylatorów do UOS, to:

- wysoka sprawność maksymalna wentylatora przy płaskiej charakterystyce sprawności,
- wysoka niezawodność przy długich okresach międzyremontowych,
- wysokie liczby ciśnienia ψ ,
- niska hałaśliwość,
- niskie koszty inwestycyjne,
- mała powierzchnia zabudowy,
- „względnie małe” trudności wykonawcze.

Zbiór kryteriów, w dużej mierze sprzecznych, powoduje, że zagadnienie konstruowania wentylatorów do UOS jawi nam się jako złożone zadanie wielokryterialne, w którym problemem jest znalezienie rozwiązania kompromisowego.

Jak wiadomo z teorii maszyn przepływowych, wentylatory osiowe i promieniowe predestynowane są do pracy w innych zakresach parametrycznych. Ogólnie więc przyjmuje się, że dla dużych wydajności korzystne są wentylatory

osiowe, dla stosunkowo mniejszych zaś wartości wydajności celowe jest stosowanie wentylatorów promieniowych.

W RFN [10] przyjęła się technologia (umownie jednak rzecz biorąc) z zastosowaniem wentylatorów osiowych z regulowanymi podczas ruchu łopatkami wirnika dla wydajności większych od ok. 270 m³/s.

Do najpoważniejszych firm proponujących wentylatory osiowe jedno- lub dwustopniowe do pracy w UOS należy KKK (Frankenthal/Pfalz) z RFN, TURBO-LUFTTECHNIK GmbH (Zweibrücken) z RFN oraz NOVENCO z Danii.

Wentylatory mogą być jedno- lub dwustopniowe w układzie pracy pionowym i poziomym. Łopatki wirnika wykonane są ze stali odpowiedniego gatunku lub żeliwa sferoidalnego. Stopka łopatki jest specjalnie uszczelniona, a w przestrzeni wewnętrznej wieńca łopatkowego utrzymywane jest nadciśnienie.

Przy wymiarowaniu wirnika, łożyskowania, łopatek, wału firmy kierują się wieloletnim doświadczeniem i wykorzystaniem nowoczesnego oprogramowania komputerowego, co zapewnia wysoką dyspozycyjność wentylatora.

Między wirnikiem i rdzeniem stosowane są uszczelnienia labiryntowe, do których doprowadzone jest powietrze zaporowe zabezpieczające przed wpływaniem czynnika agresywnego chemicznie do przestrzeni wewnętrznych wentylatora.

Poza tym stosuje się w celach ochronnych:

- ogumowanie części statycznych wentylatora stykających się z przepływającym czynnikiem (guma miękka),
- wieńiec łopatkowy wykonany z wysokostopowej stali korozjoodpornej,
- łopatki z wysoko wytrzymałej stali korozjoodpornej,
- stopka łopatki uszczelniona dodatkowymi O-ringami i labiryntami wypełnionymi smarem,
- dysze natryskowe wody przed wirnikiem oczyszczające tą metodą łopatki wirnika i kierownice przed osadami,
- otwory spustowe dla kondensatów zlokalizowane w najniższej położonych częściach obudowy wentylatora.

Do firm, które opanowały konstrukcję wentylatorów promieniowych do pracy w UOS, należą: KKK, Fläkt ze Szwecji i A. Piller GmbH & Co z RFN.

W celu zapewnienia ekonomicznej pracy wentylatora w szerokim zakresie parametrów wentylatory regulowane są za pomocą aparatów żaluzyjnych, silników ze zmienną ilością obrotów lub silników ze zmienioną ilością załączonych biegunów. Ze względu na długie okresy eksploatacji kotłów wentylator musi spełniać warunek wysokiej dyspozycyjności ruchowej. Ważna jest łatwość obsługi i remontu oraz szczelność wentylatora wraz ze szczególną szczelnością łożyskowania. Według informacji firm wypróbowano praktycznie wszystkie materiały – od stali Cr-Ni do tytanu z wykorzystaniem technologii gumowania oraz pokryć tworzywami sztucznymi. Dla specjalnie zagrożo-

nych wentylatorów symuluje się obciążenia chemiczne i mechaniczne wykładzin przed wykonawstwem w celu uzyskania optymalnej kombinacji materiałów.

W związku z kryterium wysokiej dyspozycyjności szczególną uwagę przywiązuje się do kontroli wirnika i łożysk. Oprawy łożysk uzbrojone są w czujniki do ciągłego pomiaru i analizy temperatury oraz drgań. Pomimo tych zabezpieczeń wentylatory firmy projektowane są z rezerwą do obciążeń granicznych oraz każdorazowo poddawane testom kontrolnym na stanowisku badawczym (temperatura, wyrównoważenie, obroty). Ze względu na obowiązujące normy, istotnym problemem jest sprawa hałasu, stawiająca wentylatorom szerokie wymagania. Oprócz wstępnych założeń konstrukcyjnych, głównie wysokiej sprawności przepływowej i dyspozycyjności wymagane są środki wtórne jak tłumiki z tworzywa sztucznego lub stali nierdzewnej i izolacji dźwiękochłonnej.

Analiza rozwiązań konstrukcyjnych wentylatorów do UOS proponowanych przez różne firmy zagraniczne w odniesieniu do krajowych perspektyw opanowania takiej produkcji jest utrudniona wobec braku pełnych danych o możliwościach technologiczno-materiałowych potencjalnych krajowych producentów. Uwzględniając dotychczasowe doświadczenie projektowe firmy WIROPOL oraz doświadczenie realizacyjne Fabryki FAWENT, produkującej największe wentylatory przemysłowe i energetyczne, a także biorąc pod uwagę wydajności przepływu z zakresu $\dot{v} < 270 \text{ m}^3/\text{s}$, jak najbardziej predestynowane są tu **konstrukcje wentylatorów promieniowych**.

8. UWAGI I WNIOŚKI KOŃCOWE

Dotychczasowe doświadczenia krajowe, jak i przede wszystkim zagraniczne pozwalają stwierdzić, że jakkolwiek warunki pracy wentylatorów w układach odsiarczania spalin są dosyć trudne, to jednak istniejąca wiedza konstrukcyjna pozwala na zaprojektowanie i zaproponowanie odpowiednich konstrukcji.

Analiza rozwiązań konstrukcyjnych wentylatorów w UOS pozwoliła stwierdzić, że maszyny dla takich zapotrzebowań mogą być z powodzeniem opracowane na podstawie własnych rozwiązań krajowych.

Wentylatory w UOS pracować będą w specyficznych warunkach technicznych, zatem koncepcja rozwiązań konstrukcyjnych musi być oparta na badaniach modelowych.

LITERATURA

- [1] Ventilatoren und Verdichter in Rauchgasentschwe felungsanlagen (REA). KKK – Kühnle – Kopp & Kausch. Materiały firmowe.

- [2] REA – Axialventilatoren mit verstellbaren Lauschaufeln. TLT – Lufttechnik GmbH. Materiały firmowe.
- [3] Stellbrink B., Hegemann K.K.: Massnamen zur Vereinfachung und Erhöhung der Effektivität der Rauchgasentschwefelung im Kraftwerk Wilhelmshaven. VGB Kraftwerkstechnik (66) 1986, H. 4.
- [4] Oestreich H.P.: Anwendung und Verhalten von Kunststoffen in Rauchgasentschwefelungsanlagen. VGB Kraftwerkstechnik 66 (1986), H.B.
- [5] Müller L.: Stand des Baus laufschaufelgeregelter Axialventilatoren. VGB Kraftwerkstechnik 65 (1985), H. 4.
- [6] Kolb W.: Werkstoffauswahl und Konstruktion laufschaufelgeregelter Axialventilatoren für REA. VDI-Berichte 674, 1988.
- [7] Reidick H.: Prozesstechnische Positionierung von Ventilatoren in Industrie und Energieanlagen. VDI-Berichte 594, 1986.
- [8] Hagenbruch D.: REA-Gebläseim Reingasstrom. VDI-Berichte 594, 1986.
- [9] Kuhn N.: Einsatz von Axialventilatoren mit Laufschaufelreglung auf der Naßgasseite in REA-Anlagen. VGB-Kraftwerkstechnik 64 1984, H. 10.
- [10] Radialventilatoren für Rauchgasentschwefelungsanlagen. Anton Piller GmbH Co, KG. Materiały firmowe.
- [11] Pietranek A.: Wentylatory do pracy w instalacjach odsiarczania. Opracowanie „Barowent”. Katowice 1987.
- [12] Ekspertyza techniczna dmuchaw gazowych do przetłaczania gazów palnych. Opracowanie OBR „Barowent” nr ew. 60/076/672/C1/2 z 1983.
- [13] Głowacki E.: Dobór tworzyw sztucznych na pokrycia ochronne i elementy konstrukcji instalacji do odsiarczania spalin kotłowych. Praca dyplomowa. Politechnika Śląska, Gliwice 1991.
- [14] Bojarski J., Lindeman J.: Polietylen, WNT, Warszawa 1963.
- [15] Otte J.J.: O racjonalnym kształtowaniu wirników wentylatorów promieniowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., seria Energetyka z. 91, Gliwice.
- [16] Typoszereg promieniowych wentylatorów przemysłowych nowej generacji CPBR 11.2. Opracowanie Instytutu Maszyn i Urządzeń Energetycznych Politechniki Śląskiej.

Abstract

The analysis of Fan Operating Conditions in FLUE GAS DESULFURIZATION INSTALLATIONS has been investigated. Operating conditions has been discussed in dependence of fans location in Flue Gas Desulfurization Installations. Problems of construction materials selection has been in details considered.

- Basing on domestic requirements in this range it is possible to find, that:
- fans for Flue Gas Desulfurisation Installations are reliable new quality,
 - the pressure rise ($60 \div 100$ mbar) for Flue Gas Desulfurisation Installations are about twice higher than temporary demanding in energetic blocks (without Flue Gas Desulfurisation Installations). It makes the necessity to work out new fan constructions for maximal pressure numbers and relative high efficiencies.

There are principal constructional criteria for Flue Gas Desulfurisation Installations designing and constructing:

- high maximal fans efficiency for the flat efficiency characteristic,
- high reliability for the long interrepair time,
- high pressure numbers ψ ,
- low noisiness,
- low investment costs,
- small building surface,
- relatively low carrying out troubles.