

Pascale Vangeli, Elisabeth Torsner, Bernd Beckers, Outokumpu Stainless, Szwecja,
Gary M. Carinci, TMR Stainless – USA

Stale nierdzewne do skruberów w IOS – II część

■ Korozyjne testy polowe

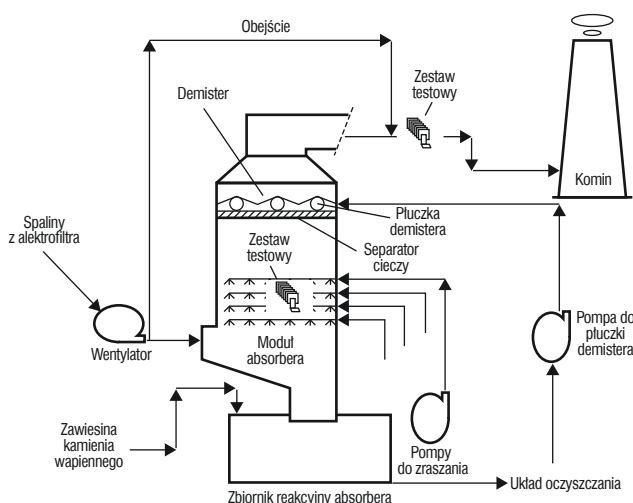
Testy polowe [11] przeprowadzono w wieży natryskowej i w przewodzie wylotowym działającego skrubera w amerykańskiej elektrowni węglowej (rys. 2). W wieży natryskowej do odsiarczania spalin stosowano mokry kamień wapienny i utlenianie powietrzem. Testom poddano próbki spawane i szczelinowe przez dziewięć miesięcy w wieży natryskowej i przez osiem miesięcy w przewodzie wylotowym. Warunki panujące w skruberze i w przewodzie wylotowym opisano w tabeli 6, a wyniki testów w tabeli 7.

Warunki w czasie tego testu były dość ciężkie, jako że próbki były wystawione na wyższe stężenie chlorków niż zwykle spotykane w skruberach. Mimo to próbki z 254 SMO® i 2507 spisaly się dobrze w wieży natryskowej, ulegając jedynie niewielkiej korozji szczelinowej. Przyczyną tych stosunkowo dobrych wyników było prawdopodobnie wysokie pH podczas próby polowej. Stal nierdzewna 316 uległa korozji ogólnej, szybkość korozji wyniosła 0,163 mm/rok.

W próbkach w przewodzie wylotowym większą ataków na metal rodzimy i spoinę wynikało z korozji szczelinowej pod osadami. Stale 317LMN i 904L były jedynymi, w których stwierdzono wżery w obrębie spoin, natomiast w z 254 SMO® i 2205 wystą-

Tab. 6. Warunki prób polowych w skruberze FGD

Miejsce testu	Cl- ppm	pH	Temperatura °C
wieża natryskowa	60-80 000	5-5.5	~55
przewód wylotowy	tworzy się pewna ilość skroplin, stężenia Cl- i F- nieznane	2 w skroplinach	52-54



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia zestawów testowych w procesie odsiarczania spalin w elektrowni węglowej

piła korozja szczelinowa pod osadem przy spoinach. Stal 316 uległa korozji ogólnej, która ochroniła ją przed lokalnym atakiem w postaci wżerów i korozji szczelinowej, a szybkość korozji wyniosła 0,225 mm/rok. Warunki w przewodzie wylotowym były nieco cięższe niż w wieży natryskowej ze względu na tworzenie się osadów i skroplin.

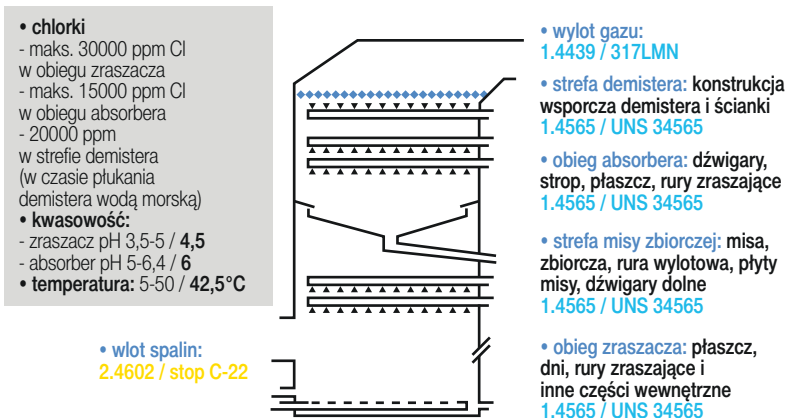
■ Doświadczenie ruchowe

Rysunek 3 [12] przedstawia schematyczny szkic absorbera z podwójnym obiegiem zainstalowanego w elektrowni La Spezia, należącej do włoskiej grupy ENEL. Oprócz wlotu gazu surowego, gdzie zastosowano stop niklu C-22, cała wieża natryskowa włącz-

Tab. 7. Wyniki testów polowych

Stop	Wieża natryskowa				Przewód wylotowy			
	ogólna	szczelinowa	wżery metal rodzimy	spoina	ogólna	szczelinowa	atakis metal rodzimy	spoina
Stale nierdzewne austenityczne								
316L	0.16	>1000	214	X	0.23	0	0	0
317LMN	0.01	373	335	X	0.01	117	X	X
904L	0	119	220	X	0	182	X	X
254 SMO®	0	83	0	0	0	100	X	X
Stale nierdzewne duplex								
2205	0.02	215	58	X	0	116	X	X
2507	0	87	X(1)	0	0	157	0	0

0 = brak ataku, X = zaatakowany, (1) = atak w miejscu znakowania. W tabeli podano szybkość korozji ogólnej w mm/rok albo maksymalną głębokość ataku w mikronach.



Rys. 3. Schemat absorbera z podwójnym obiegiem w elektrowni La Spezia włoskiej grupy ENEL

nie z elementami wewnętrznymi, takimi jak: rury rozpraszające, układy zraszania, sita, miska zbiorcza, podpora demistera, wykonana była ze stali nierdzewnej 4565. Za demisterem, tj. na materiał ścianek wylotu gazu, zastosowano stal 317LMN. La Spezia była pierwszą elektrownią, w której ENEL zastosował stal 4565 w większości instalacji odsiarczania. Elektrownia działa od sześciu lat bez żadnych problemów z korozją. ENEL wykorzystał te pozytywne doświadczenia i zastosował stal 4565 w innych inwestycjach związanych z odsiarczaniem – nowych instalacjach odsiarczania spalin, jak i przy wymianie różnych elementów takich jak układy zraszania i wentylatory wyciągowe w istniejących elektrowniach,

gdzie pierwotnie zastosowany materiał ulegał korozji szczelinowej.

■ Wymagania mechaniczne

Na zwiększonej wytrzymałości mechanicznej można skorzystać poprzez możliwość zmniejszenia grubości ścianek elementów i obniżenie całkowitego kosztu instalacji odsiarczania. Jak pokazano w tabeli 1, wysoka zawartość azotu w stali 4565 wpływa na wyjątkowo wysoką granicę plastyczności, co można wykorzystać do zaoszczędzenia materiału i obniżenia kosztów wytwarzania poprzez zmniejszenie grubości, obniżenie masy, a także obniżenie kosztów obróbki mechanicznej i spawania. Stal

4565 wykazała również lepszą odporność na korozję od innych wymienionych stali nierdzewnych oprócz SMO® 654. Dawniej stal typu 4439 (317MLN) stosowano często w strefach o nie tak ciężkich warunkach, ale w wielu zastosowaniach zastąpiono ją stalą nierdzewną duplex 2205, która jest tańsza, ma wyższą granicę plastyczności i podobną odporność na korozję.

■ Problem spawania

Kluczowym czynnikiem dla uzyskania dobrych spoin jest właściwy dobór materiału na spoiwo dostosowanego do metalu rodzimego pod względem odporności na korozję i właściwości mechanicznych. W celu przeciwdziałania segregacji chromu i molibdenu podczas krzepnięcia spoiny w wysokostopowych stalach austenitycznych należy stosować wysokostopowe materiały pomocnicze na bazie niklu. Do stali duplex również stosuje się spoiny wysokostopowe, aby zachować w spoinie równowagę austenit-ferryt.

■ Dobór stali, a koszty cyklu eksploatacji

Instalacje odsiarczania spalin można podzielić na strefy o różnych warunkach pracy (rys. 2). Mając na uwadze ten podział można dokonać ekonomicznie optymalnego doboru materiałów na zbiornik

absorbera, zraszacz i układ absorbera, strefę demistera, przewody, klapy i wentylatory, tak jak pokazano w tabeli 8. Oczyszczanie korzyści wynikają z zastosowania gatunków stali o wysokiej wytrzymałości (654 SMO®, 4565, 2205 i 2507), tam gdzie konstrukcja wymaga materiału o wysokiej granicy plastyczności. Natomiast w innych miejscach można rozważyć zastosowanie 254 SMO® i 4439.

Choć stale nierdzewne uważane są za stosunkowo drogie w porównaniu do stali węglowych i materiałów niemetalowych, to skalkulowanie kosztów dla całego okresu eksploatacji wykazuje, że oszczędniejsze jest stosowanie stali nierdzewnych. Jeśli do konstrukcji dobrać się właściwe stale nierdzewne, okres użytkowania instalacji odsiarczania spalin będzie taki jak samej elektrowni i nie będą ponoszone żadne poważne koszty konserwacji w odróżnieniu do rozwiązań z zastosowaniem powłok niemetalicznych, gdzie regularna konserwacja i wymiana powłok stanowi część koncepcji. Stale nierdzewne można stosować w postaci blach cienkich i grubych, co powinno stanowić podstawę rozwiązań w nowych instalacjach albo w postaci okładzin, co zaleca się w przypadku modernizacji.

Na dłuższą metę najwybitniejszą zaletą konstrukcji ze stali nierdzewnej jest jej niezawodność. Wymagania wobec elektrowni ustanowione są w prawie i w przepisach: jeśli skrubler nie działa, to i elektrownia nie może pracować. Przy prawidłowym doborze gatunku stali do instalacji, stale nierdzewne zapewniają niezawodną i długą eksploatację. Ponadto stale nierdzewne są odporne na zdarzenia katastroficzne wynikające z niekontrolowanej zmiany warunków pracy i z pewnością nie ulegną zawaleniu, stopieniu czy spaleni, tak jak niektóre elementy czy okładziny niemetaliczne.

■ Podsumowanie

Stale nierdzewne zapewniają odporność na korozję, której stopień zależy od zawartości chromu, molibdenu

Tab. 8. Przykładowe elementy instalacji odsiarczania spalin i odpowiednie materiały

Elementy	Stop
Przewód wlotowy	654 SMO®, 4565, na bazie Ni
Zbiornik absorbera (część dolna)	654 SMO®, 4565, na bazie Ni
Zbiornik absorbera (część górna)	654 SMO®, 4565, 2205, 254 SMO®, 317LMN, na bazie Ni (okładziny)
Lance rozpryskowe, zraszacz	654 SMO®, 4565, na bazie Ni
Lance rozpryskowe, absorber	654 SMO®, 4565, 2205, 254 SMO®, 317LMN
Lance rozpryskowe, woda technologiczna	654 SMO®, 4565, 2205, 254 SMO®, 317LMN
Demister	654 SMO®, 4565, 2205, 317LMN
Wentylator wyciągowy	654 SMO®, 4565
Gaz oczyszczony/przewód wylotowy	654 SMO®, 4565, 2507, tworzywa szt. wzm. włóknem, powłoki
Komin	na bazie Ni (okładziny), powłoki

i azotu. Przy właściwym doborze gatunku stali w zależności od konkretnych wymagań dla danego elementu, stale nierdzewne mogą zapewnić ekonomiczną eksploatację instalacji odsiarczania spalin. W tego typu instalacjach pomyślnie zastosowano szereg gatunków stali nierdzewnych. Stale nierdzewne superaustenityczne i duplex stanowią doskonałe rozwiązanie jeśli weźmie się pod uwagę nakłady inwestycyjne, koszty konserwacji, dostępność materiałów i trwałość instalacji.

■ Literatura

- [1] „Stainless steel for flue gas desulfurization scrubbers”; R.M. Davison, J.D. Redmond; Technical Marketing Resources, Inc.; Avesta Sheffield Corrosion Handbook, Eighth Edition, 1999.
- [2] „Performance of nickel-alloy weldments in a high nitrogen superaustenitic stainless steel in oxidizing chloride environments” N. Artl, W. Heimann, T. Ladwein, E. Michel; Thyssen Edelst. Techn. Ber. 17. Band 1991 Heft 1.
- [3] „Schweißen und Korrosionsbeständigkeit des neuen stickstofflegierten Stahles X 2 CrNiMnMoN 24 17 6 4 (Remanit 4565 S)”; N. Artl, C. Gillissen, W. Heimann, H. Heuser, T. Ladwein; ThyssenEdelst. Techn. Ber. 17. Band 1991 Heft 1.
- [4] „Recent Experiences with Stainless Steels in Flue Gas Desulfurization Plants” R. Zauter, T.L. Ladwein; Corrosion 2000, paper no.

579, NACE 2000.

[5] „A Nitrogen Alloyed Superaustenitic Filler Metal – Properties and Application”; V. Gross, H.Heuser, T.L. Ladwein; Stainless Steel World Conference 2003, Maastricht.

[6] „Field Experiences with Stainless Steels in Flue Gas Desulphurization Plants”; R. Zauter, T.L. Ladwein, W. Braun’ Stainless Steel World, Vol. 12, December 2000.

[7] Annual Book of ASTM Standards, ASTM G 48-03.

[8] „An Update on Materials Selection for Flue Gas Desulfurization Control Systems”; G. Carinci, Airpol 2004, Washington, DC, August 2004.

[9] „Materials Selection and Optimization for Wet Flue Gas Desulfurization Control Systems”; G. Carinci, “Mega” Symposium Conference, Baltimore, MD, August, 2006.

[10] „Stainless Steel Selection for Wet Flue Gas Desulfurization Systems”; G. Carinci “Mega” Symposium Conference, Baltimore, MD, August, 2008.

[11] „The Construction of the Flue Gas Desulphurization Plant of La Spezia – A Special Solution to Weld the High Strength Superaustenitic Steel Nirosta 4565 S”; P. Bonalumi, L. Crosta; Stainless Steel World, September 2001.

[12] „Stainless Steels for Flue Gas Cleaning – Laboratory Trials, Field Tests and Service Experience”; B.Beckers, A. Bergquist, C.-O. A. Olsson, M. Snis, and E. Torsner, Airpol 2007 Conference, Louisville, KY, June 2007.

□