

ALLEGATO 4 – Specifica tecnica sistema SNCR



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

PROCESSO DI FORMAZIONE DEGLI NO_x E SISTEMA DI ABBATTIMENTO SNCR



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

INDICE

- 1) *Definizioni*
- 2) *Meccanismi di formazione*
- 3) *Riferimenti normativi*
- 4) *Proiezione formazione NOx*



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43
10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

1) Definizioni

Per NO_x si intendono tutti quegli ossidi di azoto che si formano generalmente in seguito alla combustione in presenza di aria atmosferica.

Gli NO_x che si formano sono perciò:

NO	Ossido di azoto
NO ₂	Diossido di azoto
N ₂ O	Ossido di diazoto
N ₂ O ₃	Triossido di diazoto
N ₂ O ₅	Pentossido di diazoto

Quantità e mix degli NO_x che si formano sono funzione del combustibile utilizzato e delle modalità di combustione.



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

2) *Meccanismi di formazione*

I meccanismi con cui si possono formare gli NO_x in seguito a combustione sono essenzialmente di tre tipi:

- a) Prompt
- b) Thermal
- c) Fuel

I Prompt-NO_x sono gli NO_x che si formano nei primissimi istanti della combustione dove cioè un altissimo numero di composti particolarmente reattivi reagiscono con l'ossigeno e con l'azoto presente tanto nell'aria che nel combustibile. Per la natura instabile della sua formazione i Prompt NO_x hanno la tendenza a ridursi ai componenti base anche in seguito alla forte formazione di CO che funge da catalizzatore.

I Thermal NO_x sono invece quegli NO_x che nascono in seguito alla forte energia generata dalle fiamme e che fanno reagire ossigeno ed azoto fino a combinarli fra loro. L'equazione generale che regola la loro formazione è la seguente

$$X_{NO} = 3,69 \cdot e^{\frac{(-21600)}{1,98 \cdot T}} \cdot \sqrt{X_{N_2} + X_{O_2}}$$

I contrinuti invece degli NO₂ sono generalmente dell'ordine dell'1-2% di quelli di NO per cui si trascurano. In genere se si limita la temperatura delle fiamme al di sotto dei 1100°C si generano valori di NO_x che rispettano le normative di riferimento. Viceversa si



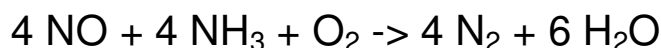
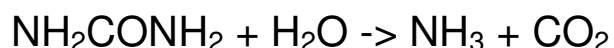
COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

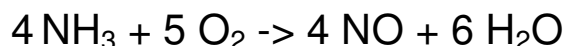
10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

formeranno elevate concentrazioni di NO_x che coloreranno di toni gialli i fumi al camino.

I Fuel NO_x scaturiscono invece dalla riduzione dei legami deboli presenti nei composti azotati organici e quindi derivano essenzialmente dalla natura del combustibile. La loro riduzione passa necessariamente tramite un sistema con o senza catalizzatore (SCR Selective Catalytic Reaction e SNCR Selective Non Catalytic Reaction) attraverso l'iniezione di ammoniaca o di urea (che, più facile da trattare come processo, all'interno della camera di combustione si trasforma in ammoniaca). L'iniezione deve avvenire all'interno di una finestra di temperature ($870^{\circ}\text{C} < T < 1150^{\circ}\text{C}$) stabilito. La reazione principale che avviene è la seguente:



Al di sopra della temperatura di 1150°C invece la reazione che avviene diventa la seguente:



Quindi l'iniezione incrementa gli ossidi di azoto anzichè ridurli. Particolare attenzione nell'applicazione di queste tecniche va posta al grado di miscelazione dell'urea attraverso la camera di combustione al fine di garantire una concentrazione omogenea nelle sezioni intermedie: per far ciò una buona analisi CFD deve essere realizzata a priori rispetto alla progettazione della macchina.

Attraverso sistemi SCR o SNCR si riescono a limitare del 60-80% le emissioni di NO_x.

3) *Inquadramento normativo*



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

I limiti di emissione che devono essere garantiti al camino sono quelli specificati dal DL 152 del 3 aprile 2006, parte Quinta, Allegato I (Parte III) e Allegato IX.

2.1 Salvo diverse prescrizioni dell'autorità competente ai sensi dell'articolo 4, comma 1, lett. e) del DPR 24 maggio 1988, n. 203, gli impianti in cui vengono utilizzate le biomasse combustibili devono rispettare i seguenti valori limite di emissione, riferiti ad un ora di funzionamento dell'impianto esclusi i periodi di avviamento, arresto e guasti. Il tenore di ossigeno di riferimento è l'11% in volume nell'effluente gassoso anidro. Per gli essiccatoi si applica la normativa prevista all'articolo 3, comma 2 del decreto del Presidente della Repubblica 203/88.

	Potenza termica nominale complessiva installata (MW)			
	(1) > 0,15 + ≤ 3	> 3 + ≤ 6	> 6 + ≤ 20	> 20
	Mg/Nm ³ (2)	mg/Nm ³ (2)	mg/Nm ³ (2)	mg/Nm ³ (2)
polveri totali	100	30	30	30 10(3)
carbonio organico totale (COT)	----	----	30	20 10(3)
Monossido di carbonio (CO)	350	300	250 150(3)	200 100(3)
ossidi di azoto (espressi come NO ₂)	500	500	400 300(3)	400 200(3)
ossidi di zolfo (espressi come SO ₂)	200	200	200	200

- (1) Agli impianti di potenza termica nominale complessiva pari o superiore a 0.035 MW e non superiore a 0,15 MW si applica un valore limite di emissione per le polveri totali di 200 mg/Nm³.
- (2) I valori limite sono riferiti al volume di effluente gassoso secco rapportato alle condizioni normali: 0° Centigradi e 0.1013 MPa
- (3) Valori medi giornalieri.



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

4) *Proiezione formazione NOx*

Per fare una proiezione dell'emissione attesa di NOx su di una caldaia bisogna partire innanzitutto da alcune semplificazioni senza le quali qualunque previsione non avrebbe alcun valore.

Infatti perché possano valere le formule generali deve esserci una isocinetica dei processi che permetta alla chimica di formazione di non avere a che fare con transitori bruschi.

Questo stato si può risolvere solamente con studi di tipo fluido dinamico o con geometrie che storicamente abbiano soddisfatto tali requisiti.

In realtà le proiezioni teoriche vanno corrette poi con rilievi pratici su macchine simili e combustibili simili per cui le formule esatte vengono corrette con formule empiriche di diversa natura che magari non hanno una attinenza totale con le dinamiche di processo ma che meglio descrivono lo sviluppo di inquinanti nella pratica quotidiana.

In base a tali considerazioni e alle centinaia di dati storici acquisiti ha sviluppato una formula di previsione che ben si correla a materiale di dimensione P45 con tassi di umidità da W15 a W50 e con una distribuzione omogenea in griglia e proveniente da fonti vegetali con al massimo 1% di azoto organico al proprio interno.

(-6650)

$T_{p.p.c.}$

$$X_{NOx} \text{ (mg/Nm}^3\text{)} = 165000 \cdot e^{\frac{T_{p.p.c.}}{(-6650)}} \cdot \sqrt{X_{N_2} \%f.g. \cdot X_{O_2} \%f.g.}$$

In base a tale formula si può in linea di principio prevedere il grado di emissione in diverse condizioni di utilizzo della macchina (con ricircolo o meno) e con diverse condizioni di materiale (temperatura di riferimento in precamera di postcombustione).



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

Di seguito si riporta una tabella con le possibili combinazioni:

Temperatura p.p.c (°C)	11% O ₂	7%O ₂ (ricircolo totale)
700°C	52	41(29 @ 11%O ₂)
800°C	99	79(56 @ 11%O ₂)
900°C	168	134(95 @ 11%O ₂)
1000°C	262	209(149 @ 11%O ₂)
1100°C	383	305(217 @ 11%O ₂)
1200°C	532	424(302 @ 11%O ₂)

Ovviamente questi sono valori indicativi e frutto di ottimizzazioni dei parametri di combustione. In generale tali valori sono risultati tanto più attendibili quanto migliore è la distribuzione della dimensione media del cippato e questo per il minor fabbisogno di aria necessaria per la combustione. Si è notato anche empiricamente che tali emissioni rispettano le previsioni quanto minore è la fase di irraggiamento che riceve la post camera (drag di fiamma).



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

SISTEMA DI ABBATTIMENTO SNCR

1 SOMMARIO

2 Descrizione impianto

3 Descrizione sistema SNCR di abbattimento degli NOx

3.1 SNCR "Selective Non Catalytic Reduction"

3.2 Serbatoio di stoccaggio ed alimentazione urea commerciale liquida

3.3 Pompa di trasferimento al serbatoio di dissoluzione

3.4 Serbatoio di stoccaggio e dissoluzione

3.4.1 Accessori serbatoio di stoccaggio e dissoluzione

3.5 Pompa dosatrice

3.5.1 Accessori pompa dosatrice

3.6 Tubazioni di distribuzione urea ed fluidi accessori

3.7 Lancia di iniezione urea

3.8 Soffiante di raffreddamento lancia urea

3.9 Inverter di comando ed automatismo di dosaggio

3.10 Quadro elettrico di comando e controllo

4 Dimensionamento impianto



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

2 DESCRIZIONE IMPIANTO

3 DESCRIZIONE SISTEMA SNCR DI ABBATTIMENTO DEGLI NOX

Le tecniche di abbattimento degli NOx, di tipo SNCR e SCR sono impiegate per abbattere gli ossidi dell'azoto prodotti da processi di combustione.

SCR= selective catalytic reduction

SNCR = selective non catalytic reduction

Le emissioni di NO2 derivanti dai processi termici possono essere ridotte modificando i parametri ad esso relativi, come ad es. diminuendo le temperature operative, oppure in funzione dell'umidità del materiale combustibile utilizzato.

In generale e secondo le differenti condizioni di esercizi e di impianto, le tecniche di abbattimento possono comprendere l'utilizzo di bruciatori di tipo "low NOx burners", il riciclo dei gas di combustione, oppure la rimozione degli ossidi di azoto che si originano nel processo di combustione mediante sistemi di riduzione ad azoto come la Riduzione Catalitica Non Selettiva (SNCR) che impiega ammoniaca o urea e permette di raggiungere una riduzione che varia dal 50 al 60%.

3.1 SNCR "Selective Non Catalytic Reduction"

Si inietta Ammoniaca oppure Urea in fase di post-combustione in una finestra di temperatura ben precisa, dell'ordine degli 850-850 °C

Il dosaggio di Urea deve essere proporzionale agli NOx da abbattere e la resa di abbattimento è dell'ordine del 50%.

L'impianto è estremamente semplice e consiste in un gruppo di dosaggio dell'Urea tecnica con concentrazione del 45%, successivamente diluita per una migliore gestione del dosaggio. L'iniezione avviene mediante una o più lance di atomizzazione in fase di combustione, alimentata da pompa dosatrice a portata variabile.

3.2 Serbatoio di stoccaggio ed alimentazione urea commerciale liquida

Il serbatoio del fornitore viene affiancato al dissolutore ed alimenta in automatico il processo di diluizione.

L'Urea liquida deve essere approvvigionata in pallets da 1000 lt di capacità, già preparata al 45% dal fornitore del reagente.



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

3.3 Pompa di trasferimento al serbatoio di dissoluzione

Pompa di travaso in polipropilene, tenuta meccanica, portata 3 m³/h, prevalenza 6 mt completa di tubazione di aspirazione da serbatoio urea e riciclo e di livello a galleggiante per il minimo livello di aspirazione.

3.4 Serbatoio di stoccaggio e dissoluzione

Dalla soluzione commerciale al 45% di Urea, si prevede di ridurre la concentrazione al 10% con aggiunta di acqua di dissoluzione in automatico.

E' necessario che il cliente metta a disposizione acqua di rete, possibilmente demineralizzata, altrimenti è necessario l'uso di inibenti.

Serbatoio per il contenimento di reagenti chimici allo stato liquido, in PE, bianco naturale, capacità litri 1000, di forma parallelepipedica e fondo troncoconico, completo di:

- Telaio di contenimento in metallo, con piedini di appoggio
- Scarico di fondo H = 380 mm
- Accessorio metallico per il montaggio di un agitatore sulla sommità del telaio

3.4.1 Accessori serbatoio di stoccaggio e dissoluzione

Agitatore di dissoluzione ad elica marina tripala, albero ed elica in acciaio inox AISI 304, motore 0,75 KW, 6 poli IP 55, velocità di rotazione 930 RPM.

Vano laterale al dissolutore in quiete per la installazione di un controllo di livello in continuo, soglio di minima e di massima, avvisatore ottico-acustico sul quadro di controllo per minimo livello dissolutore.

3.5 Pompa dosatrice

La pompa dosatrice alimenta il circuito lance di iniezione Urea.

Pompa dosatrice a pistone tuffante, ritorno a molla, corpo in alluminio, testata, sedi valvole e pistone in acciaio inox AISI 316 L, tenuta valvole in FPM e tenuta pistone in PTFE, con le seguenti caratteristiche:

- portata 0-150 lt/h
- prevalenza max 10 bar
- motore elettrico 0,37 kW 4 poli 230/400 V trifase 50 Hz, IP 55 completo di servo ventilazione

Regolazione della portata manuale 0-100% tramite nonio fisso e manopola graduata, da fermo ed in moto.



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

3.5.1 Accessori pompa dosatrice

Valvola di contropressione in linea attacchi gas 1/2", tarata bar 1,5 in AISI 316 L/FPM

Valvola di sicurezza a squadra attacchi gas 3/8", tarata bar 8 in AISI 316 L/PTFE

Polmone smorzatore a sacca, attacco gas 3/8", volume 0,5 litri, precarica 4 bar in AISI 316 L/FPM.

Tubazioni e raccordi di intercollegamento tra pompa e accessori in acciaio inox AISI 304.

3.6 Tubazioni di distribuzione urea ed fluidi accessori

Rete di distribuzione fluidi per l'alimentazione delle lance di iniezione urea, comprendente:

- tubazione AP dosaggio urea, lunghezza circa 6 mt, in PEHD
- derivazione da aria compressa di stabilimento ed alimentazione alla lancia di iniezione urea

Note: Deve essere messo a disposizione un collegamento alla linea aria compressa di stabilimento o dotare l'impianto di compressore dedicato.

3.7 Lancia di iniezione urea

Lancia di iniezione urea liquida in fase di post-combustione, temperatura al punto di iniezione, circa 900-950 °C costituita da:

- lancia di atomizzazione 441291
- ugello in acciaio inox AISI 310, tipo SU26B
- numero di ugelli 3 + 1 di riserva
- portata urea da erogare cad. lancia 5 - 20 lt/h
- pressione aria compressa di atomizzazione 3,5 barg
- pressione urea liquida da iniettare 2,6-3,3 barg
- portata aria compressa di atomizzazione singolo ugello da 150 a 125 Nlt/min

D max goccia ugello da 65 a 110 microns

Note: N. 1 lancia è prevista di riserva, montata e pronta al funzionamento

Dovrà essere resa disponibile aria compressa di rete di stabilimento: il consumo max previsto è di circa 9 m³/h x 4 lance = 36 m³/h alla pressione di 3,5 bar.



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

3.8 Soffiante di raffreddamento lancia urea

Soffiante monostadio in lega d'alluminio per il raffreddamento della lancia urea, portata 270 Nm³/h , pressione circa 0,1 Bar, completa di:

- Filtro sull'aspirazione
- Silenziatore all'aspirazione
- Silenziatore alla mandata
- Motore elettrico trifase V 400/690 - Hz 50 - IP 54 , Kw 5,5
- Valvola di sicurezza sulla mandata
- Valvola di non ritorno a clapet sulla mandata

La soffiante collabora a raffreddare la lancia durante il funzionamento.

3.9 Inverter di comando ed automatismo di dosaggio

Inverter di comando della pompa dosatrice principale, completo di software di regolazione del dosaggio, segnale 4-20 mA proveniente da analizzatore NOx posizionato su linea fumi in uscita DeNOx.

3.10 Quadro elettrico di comando e controllo

Quadro elettrico di comando e controllo del sistema, installato a bordo del dissolutore completo di cassetta, protezione IP55, interruttore generale e blocco porta, lampade di segnalazione per caduna utenza, controllore programmabile per la sequenza delle dissoluzioni del serbatoio di dosaggio.



COMAT s.p.a.

Via Libertà, 43

10095 - GRUGLIASCO (TO) Italy

4 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO

Descrizione	Unità di misura	
POTENZIALITA' CALDAIA		
Portata effettiva dei fumi umidi	Nm3/h	1.860
Temperatura dei fumi	°C	98
DATI INGRESSO/USCITA NOx		
NOx a monte del trattamento	mg/Nm3	107,00
NOx atteso a valle del trattamento	mg/Nm3	70,00
NOx garantito	mg/Nm3	80,00
Riduzione degli NOx	%	70%
Nox ingresso impianto	Kg/h	
Consumo specifico Urea	Kg Urea/Kg Nox	
Consumo urea al 45%	Kg/h	
CONSUMO COMPLESSIVO		
Consumo di Urea tal qual quale in granuli	Kg/h	1,1
Consumo di Urea Commerciale al 45%	Kg/h	2,37
Percentuale diluizione Urea	%	10,00
Consumo di Urea diluita alla perc.le indicata	Kg/h	10,68
Portata pompa dosatrice	lt/h	37
Consumo in 24 ore per urea 45%	Kg/g	
Serbatoio accumulo urea 45%	Kg	1000
durata giorni	gg	14
Serbatoio dissoluzione urea	Kg	1000
Modello serbatoio	TC 10/L	
Lance iniezione	n.	1
Portata cad lancia	lt/h	10
Lance in funzione	n.	1
Portata effettiva cad. lancia	lt/h	10
bar	3,2	
Nm3/h	15,3	
Aria di raffreddamento lance	Nlt/min	100
N. lance in funzione	n.	1
Portata soffiatore	Nm3/h	67
Prevalenza soffiatore	bar	0,1 - 0,2