

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI UDINE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche

Tesi di Dottorato di Ricerca in

TECNOLOGIE CHIMICHE E DEI NUOVI MATERIALI

XVII Ciclo

**Applicazione della tecnologia *sonozone*
al trattamento di reflui complessi.**

Coordinatore: Prof. Giuliano Dolcetti



Dottorando: Dott. Ing. Cristiano Roselli della Rovere

Anno Accademico 2003-2004

INTRODUZIONE	Pag.	1
1 L'OZONO NEL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE	Pag.	3
1.1 <u>Generalità</u>	"	3
1.1.1 Aree di applicazione dei sistemi ad ozono	"	3
1.1.2 Effetti principali dell'ozonazione.....	"	3
1.1.3 Alcuni problemi connessi con la tecnologia ad ozono	"	4
1.1.4 Dosaggi tipici	"	4
1.1.5 Dati dell'ozono.....	"	4
1.1.6 Ossidanti secondari	"	5
1.2 <u>Velocità di reazioni dell'ozono molecolare</u>	"	8
1.3 <u>Decomposizione dell'ozono disciolto in acqua</u>	"	9
1.3.1 Permanenza dell'ozono disciolto in diversi tipi di acque.....	"	9
1.3.2 Trasformazione dell'Ozono nel radicale OH	"	9
1.4 <u>Processo avanzato di ossidazione (Ozone-Based advanced Oxidation Processes AOPs) con il perossido di idrogeno o radiazioni UV</u>	"	11
1.5 <u>Reazioni del radicale OH e reazioni degli ossidanti radicali</u>	"	13
1.5.1 Reazioni di tipo radicale dell' OH^{\bullet}	"	13
1.5.2 Velocità e costanti delle reazioni radicali OH.....	"	13
1.6 <u>Ossidazione dei soluti e formazione di sottoprodotti e dipendenza dal tipo di reattore e dai parametri idraulici</u>	"	15
1.6.1 Formazione di sottoprodotti organici (in assenza di bromuro)	"	16
1.6.2 Formazione di sottoprodotti in presenza di bromuro	"	16
1.7 <u>Combinazioni dell'ozono con altri processi di trattamento</u>	"	18
1.7.1 Effetti sul cloro e biossido di cloro	"	18
1.7.2 Post clorazione: formazione di composti organici alogenati....	"	18
1.7.3 Effetti sulla coagulazione, flocculazione, filtrazione e flottazione	"	19
1.7.4 Effetti sui processi microbiologici	"	19
2 SONOCHIMICA	"	21
2.1 <u>L'origine degli effetti sonochimici: la cavitazione</u>	"	21
2.2 <u>Parametri che influenzano la cavitazione</u>	"	24
2.3 <u>Sistemi chimici influenzabili dagli ultrasuoni</u>	"	29
2.3.1 Reazioni omogenee (fase liquida)	"	29
2.3.2 Reazioni eterogenee (fase liquida e fase solida).....	"	30
2.3.3 Reazioni eterogenee (liquidi immiscibili)	"	33

2.4	<u>La soglia cavitativa</u>	Pag.	33
2.4.1	Determinazione attraverso rivelazione delle bolle	“	34
2.4.2	Determinazione attraverso rivelazione sonoluminescente	“	34
2.4.3	Determinazione attraverso innesco di reazioni chimiche	“	34
2.5	<u>La generazione degli ultrasuoni: i trasduttori</u>	“	35
2.5.1	Trasduttori "gas-driven"	“	35
2.5.2	Trasduttori "liquid-driven"	“	35
2.5.3	Trasduttori elettromeccanici	“	36
2.6	<u>Tipologie di apparecchiature sonochimiche</u>	“	38
2.6.1	Bagno di pulitura agli ultrasuoni	“	39
2.6.2	Sonda ultrasonora	“	52
2.7	<u>Misura della potenza ultrasonora</u>	“	66
2.7.1	Misure fisiche	“	67
2.7.2	Misure chimiche	“	68
2.8	<u>Sonoluminescenza</u>	“	70
2.8.1	MBSL spectra	“	70
2.8.2	SBSL spectra	“	71
3	<u>APPLICAZIONI AMBIENTALI</u>	“	73
3.1	<u>Processi di trattamento integrato biologico-ultrasonori</u>	“	73
3.2	<u>Effetti degli ultrasuoni sui microrganismi</u>	“	76
3.2.1	Richiami di Microbiologia	“	76
3.2.2	Trattamento agli ultrasuoni di microrganismi	“	77
3.3	<u>Effetto degli ultrasuoni sugli inquinanti idrofobi</u>	“	80
3.3.1	Pre-trattamento ultrasonoro di inquinanti a basso peso molecolare	“	81
3.3.2	Pre-trattamento ultrasonoro di inquinanti ad alto peso molecolare	“	83
3.4	<u>Degradazione sonochimica di contaminanti aromatici e cloroaromatici</u>	“	84
3.4.1	Degradazione del fenolo e del paraclorofenolo	“	86
3.5	<u>Effetto degli ultrasuoni sui fanghi</u>	“	89
3.6	<u>Irraggiamento ultrasonoro come processo di ossidazione avanzata</u>	“	95
3.7	<u>Processi di trattamento integrato "sonozone"</u>		

4	<u>METODI E MISURE</u>	Pag.	105
4.1	<u>Determinazione del BOD5 (senza inoculo) – Standard Methods</u>	“	105
4.2	<u>Determinazione dell'ossigeno disciolto (DO). Metodo dell'elettrodo a membrana per ossigeno – Standard Methods</u>	“	108
4.3	<u>Misura del COD (Chemical Oxygen Demand) - Standard Methods</u>	“	109
4.4	<u>Misura dei coliformi totali. Metodo per filtrazione a membrana – Standard Methods</u>	“	110
4.5	<u>Misura delle frazioni solide – Standard Methods</u>	“	112
4.6	<u>Misure di assorbanza</u>	“	113
4.7	<u>Misura della domanda/richiesta di Ozono</u>	“	116
4.8	<u>Misure di Assorbanza UV254</u>	“	117
4.9	<u>Misure di granulometria</u>	“	117
5	<u>TARATURA DEL SISTEMA</u>	“	119
5.1	<u>Taratura del generatore di ultrasuoni</u>	“	119
5.1.1	Taratura in batch	“	119
5.1.2	Taratura in continuo	“	131
5.2	<u>Prove di generazione di ozono</u>	“	136
6	<u>PROVE SPERIMENTALI</u>	“	139
6.1	<u>Scelta dello schema di processo</u>	“	139
6.1.1	Flow sheet di processo - caso 1	“	139
6.1.2	Flow sheet di processo - caso 2	“	140
6.2	<u>Descrizione dell'impianto</u>	“	145
6.2.1	Funzionamento dell'impianto semi-batch	“	145
6.2.2	Taratura dell'impianto semi-batch	“	146
6.2.3	Sperimentazione	“	146
6.3	<u>Sperimentazione preliminare</u>	“	147
6.4	<u>Prove sperimentali con reattore a scala di laboratorio</u>	“	148
6.4.1	Misure di granulometria	“	148
6.4.2	Prove di viscosità	“	152
6.4.3	Consumo di ozono	“	154
6.4.4	Coliformi	“	155
6.4.5	Ossidazione componente organica	“	158
6.5	<u>Abbattimento dei tensioattivi</u>	“	167

Indice

7	CONCLUSIONI.....	“	169
	7.1 <u>Considerazioni conclusive</u>		
8	BIBLIOGRAFIA	“	173

FULL TEXT AVAILABLE BY AUTHOR