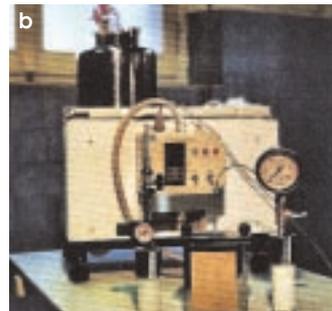




*Alberto Breccia Fratadocchi  
Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna  
Massimo Melandri, Marco Contarini  
Diemme SpA - Lugo (RA)*



# TRATTAMENTO DEI RIFIUTI da fanghi biologici ed industriali con tecniche a microonde

**La tecnica a microonde è stata utilizzata in tre processi, di cui nell'articolo verrà descritto lo scale up: nella disidratazione dei fanghi derivanti da scarti biologici e industriali, nel distacco del cloro dalle molecole organiche o nell'impedimento di formazione di cloroderivati organici durante il processo di incenerimento dei fanghi essiccati e nel condizionamento dei fanghi con policlورو di alluminio.**

In una serie di ricerche nel laboratorio della società Ipectisa Srl di Fermo (AP) (1) sono stati messi a punto i parametri più importanti per l'applicazione della tecnica a microonde di potenza nel trattamento dei rifiuti di conceria in particolare ed industriali e biologici in genere (2-4).

Due erano i processi sotto indagine in Italia: la disidratazione e l'incenerimento dei rifiuti sia in ambiente ossigenato sia in ambiente anossico.

Dopo alcuni anni che i brevetti erano stati registrati, la società Diemme SpA, leader in Italia e con vasto mercato internazionale nel settore degli impianti a pressa ed a nastri per l'essiccamento dei fanghi e per la spremitura delle uve per la vinificazione, si è mostrata fortemente interessata all'applicazione delle tecnologie a microonde nei loro impianti. Con l'ausilio di Ipectisa, attraverso la collaborazione di Alberto Breccia Fratadocchi, Diemme ha presentato un progetto e le è stato accordato un finanziamento Imi per la costruzione di impianti fortemente innovativi nel settore del trattamento fanghi biologici ed industriali con tecniche a microonde variamente utilizzate nelle varie fasi dei processi.

In particolare la tecnica a microonde è stata utilizzata nella disidratazione dei fanghi, ossia nei primi due impianti prototipi industriali, passando dallo 80% al 25% di acqua; nel distacco del cloro dalle molecole organiche o nell'impedimento di formazione di cloroderivati organici durante il processo di incenerimento dei fanghi essicca-

ti, sfruttando nel contempo l'autocombustione sotto microonde nella prima camera di combustione, e, quindi, durante l'abbattimento dei fumi con plasma a microonde, nel terzo impianto industriale prototipo previsto e costruito nello sviluppo del Progetto.

Nel trattare le fasi di attuazione dei singoli impianti sarà evidenziato lo "scale up" dei vari processi.

## Disidratazione ed essiccamento fanghi

Nel progetto della disidratazione di fanghi sono stati studiati tre sistemi basati su tecnologie a microonde, costruendo 2 moduli da laboratorio, 3 impianti pre-industriali, 2 prototipi industriali. I vari impianti sono stati costruiti in successione come nell'elenco di seguito riportato man mano che la sperimentazione effettuata con essi dava i risultati positivi, seguendo l'impostazione della ricerca, per passare progressivamente ai successivi impianti:

1) piccoli moduli da laboratorio, ottenuti trasformando forni a microonde per famiglia con potenza massima variabile fino a 600, 700, 900 W. Tali apparecchiature sono state utilizzate per verificare: il rendimento energetico; l'effetto della geometria della sorgente; l'efficacia dell'irraggiamento rispetto alla tipologia dei fanghi; la costante dielettrica di vari fanghi biologici ed industriali. In particolare sono stati modificati sei forni in maniera da coprire l'analisi dei parametri sopra indicati. Esempi di forni modificati sono mostrati nella foto di apertura, in cui a) è il forno per reazioni chimiche, b) il forno del

modulo da laboratorio per sistema di incenerimento, c) il forno con muffola interna per incenerire;

2) impianto pre-industriale con sorgente di 17 kW teorici e movimentazione del fango con coclea a circuito chiuso per un quantitativo di 400 kg di fango biologico. Complesso di generatori presi in affitto;

3) impianto pre-industriale con tre generatori di microonde a magnetron da 2 kW e movimentazione a coclea continua con connessioni in teflon e con carico e scarico del fango biologico. Il sistema dei magnetron era fornito di isolatore e diodo raffreddati ad acqua per la valutazione dell'energia riflessa. Il pannello di controllo conteneva anche l'accessorio per la regolazione della potenza di microonde da fornire al sistema;

4) impianto pilota industriale con movimentazione a coclee in continuo dalla potenza di 20 kW in microonde e dalla portata di 360 kg. Lo scorrimento delle coclee dalla durata di sei ore e la potenza dei generatori erano rapportate alla quantità di acqua da evaporare in 360 kg di fanghi, biologici già essiccati al 25%, per portarli al 75% di secco. L'impianto base a coclea è mostrato nelle Figura 2a;

5) impianto pilota industriale dalla potenza di 20 kW in microonde con movimentazione a nastro continuo e con portata di 60 kg. Il movimento del nastro per lo scorrimento continuo era di 1 h. Tempo di movimentazione e potenza dei generatori sono, come nel precedente impianto, rapportati alla quantità di acqua da evaporare. L'impianto base a nastro è mostrato nella Figura 2b. L'impianto completo è mostrato in Figura 2c.

## Incenerimento

Lo studio dell'incenerimento con microonde è stato effettuato con tre impianti: un modello da laboratorio per quantitativi fino ad 1 kg di



fango con abbattimento fumi con filtri; un piccolo impianto pilota con abbattimento fumi con filtri e con plasma a microonde; un impianto industriale con trattamento fumi con microonde per eliminare la formazione di cloro derivati e parzialmente per l'abbattimento fumi.

Il modulo da laboratorio consisteva di quattro parti: il reattore in pyrex protetto internamente da uno schermo ceramico termoisolante ma trasparente alle microonde. Le temperature nel reattore in pyrex erano fra 870 e 900 °C. Il reattore era posto in un forno Cem-Alter di 900 W potenza nominale, connesso tramite tubi di vetro pyrex ad un gorgogliatore contenente acido nitrico al 10%, quindi ad un vaso contenente gel di silice e filtri per assorbimento dei fumi. L'abbattimento dei fumi era del 60%. Nel reattore veniva insufflata aria per

la combustione e per il trasporto dei fumi.

L'impianto prototipo era formato da un contenitore in acciaio, dalla portata di 8 kg, collegato ad un generatore di microonde da 2 kW e ad un tubo in metallo per il trasporto dei fumi.

Nel contenitore in acciaio viene insufflata dal fondo aria per la combustione e per il trasporto del fumo. Il tubo in metallo contiene quattro punti di prelievo fumi per la loro analisi.

Il tubo è collegato ad uno scambiatore di calore per il raffreddamento del fumo.

Lo scambiatore di calore è collegato ad un gorgogliatore contenente soluzioni basiche per il deposito delle particelle e per la neutralizzazione di vapori acidi. Dal gorgogliatore il fumo ed i vapori residui sono veicolati in un contenitore di filtri per il loro abbattimento. In una modifica dell'impianto al posto dei filtri è stato posto una camera al plasma a microonde prodotta da un generatore di 2 kW di potenza. Il fumo ed i vapori erano veicolati insieme ai gas del plasma per bruciarli. La temperatura raggiunta doveva essere



## Microwaves Techniques in the Treatment of Sludges from Industrial and Biological Wastes

Microwaves are been used in three processes, whose scale up is described in the article: dehydration of industrial and biological sludges, separation of chlorine from organic molecules or for preventing organic chloroderivatives formation during burning of dried sludges, and in the conditioning of sludges with aluminium polychloride.

ABSTRACT 

secondo la letteratura oltre i 1.600 °C. L'impianto prototipo industriale è composto da un classico inceneritore per fanghi biologici. Le modifiche apportate riguardano il posizionamento di un sistema al plasma al centro della camera di combustione dalla potenza di 6 kW di energia microonde. Il plasma, che ha una temperatura interna di circa 7.000 °C ed esterna di circa 3.000 °C, mantiene accesa la combustione e migliora la fase di incenerimento, diminuendo i composti clorurati e tenendo più alta la temperatura di combustione. Altri quattro generatori da 2 kW sono posti alla base del camino nella camera di post-combustione per l'ulteriore abbattimento dei fumi. I predetti quattro generatori dovrebbero alimentare un plasma a microonde, onde diminuire il volume del camino od eliminarlo. L'impianto industriale è mostrato in Figura 3, dove nel punto 11 sono evidenziate le sorgenti a microonde. Il sistema di abbattimento fumi è sperimentalmente completato. Sono state evidenziate sperimentalmente le linee guida per l'uso del plasma a microonde anche nella parte finale della distruzione dei fumi. In Figura 1 è visibile l'impianto al plasma.



Figura 3 - Impianto industriale di incenerimento a microonde, 11) zona a microonde da 8 kW per trattamento fumi come post combustione



Figura 4 - Forno modificato per trattamento con microonde ed ultrasuoni

## Condizionamento dei fanghi con policloruro di alluminio attivato a microonde

Sono stati predisposti due impianti da laboratorio per il condizionamento dei fanghi di cui uno basato sull'irraggiamento dei fanghi e l'altro sull'irraggiamento della soluzione di PAC (policloruro di alluminio). Sono stati utilizzati forni a microonde modificati per permettere anche l'uso di ultrasuoni da soli o alternativamente insieme a microonde. In Figura 4 è mostrato il modello da laboratorio.

La sperimentazione ha dimostrato una forte efficienza dell'irraggiamento a microonde della soluzione di PAC mentre esso è inattivo o degenerativo durante il riscaldamento tradizionale dei fanghi e del PAC. L'uso contemporaneo di ultrasuoni anche sulle soluzioni di altri condizionanti o l'irraggiamento dei fanghi prima del condiziona-

mento con policloruro non ha presentato miglioramenti effettivi. Il miglioramento dell'uso del PAC dopo trattamento a microonde consisteva in una forte diminuzione del condizionante, fino al 40%, e un maggiore ispessimento del fango pressato. È stato pertanto predisposto un impianto di tipo pre-industriale composto da due cilindri di circa 100 l ciascuno consistenti il primo per la preparazione della soluzione del PAC ed il secondo collegato al primo via pompa idraulica quale reattore per l'irraggiamento. Il secondo cilindro contiene distribuiti nella parete esterna 8 generatori di microonde di potenza variabile di uno o due kW, di un miscelatore interno e di uno scambiatore di calore sul coperchio per condensare eventuali vapori che si dovessero formare. Nel cilindro-reattore è inserito un controllo della temperatura per bloccare l'eccessivo riscaldamento. Nella Figura 5 è mostrato l'impianto pre-industriale.



Figura 5 - Impianto pre-industriale per trattamento liquidi in genere e per reazioni in soluzione composto da due cilindri una per miscelazione in continuo ed uno come reattore

## Conclusioni

Il complesso delle apparecchiature ideate e costruite è sicuramente esauriente rispetto alle finalità predisposte nel progetto di ricerca. I molti problemi che si sono presentati nel corso della loro progettazione e della loro costruzione sono stati tutti risolti.

La preparazione professionale del personale laureato e tecnico di Diemme, completata da personale assunto appositamente, si è dimostrata efficiente e sempre all'altezza delle varie e spesso imprevedute situazioni tecniche e logistiche. Il complesso dei lavori, durati circa quattro anni, ha comportato un costo di circa 3,5 milioni di euro. Il progetto e la sua attuazione sono stati oggetto di studio da parte della Ampere Europe Ltd, associazione europea non profit per le applicazioni industriali e scientifiche delle microonde di potenza che lo ha selezionato e ne ha pubblicato un sommario come esempio caratteristico di "Case Study" nelle applicazioni delle microonde di potenza.

**Ringraziamenti:** Si ringraziano la Direzione dell'Azienda e le Maestranze, per l'alta professionalità, i tecnici, Enrico Babini e Davide Cavalli, del Laboratorio chimico, Marco Vistoli per la collaborazione chimica ed Cesare Valentinotti per i sistemi di programmazione e gli schemi elettronici e tutto il settore elettromeccanico per la fattiva ed ampia collaborazione. In particolare si intende ringraziare tutti i membri della Famiglia Melandri, della Società Diemme SpA, per la fiducia che hanno sempre espresso nella innovazione tecnologica della loro Azienda.

## Bibliografia

- (1) A. Breccia, Waste Treatment by Microwave Power, Plenary Lecture, Proceedings of Sixth Inter. Conference on Microwave and High Frequency Heating, Fermo, 1997, Addendum.
- (2) J.E. Goodwill, Microwave Treatment of Industrial Waste Water Sludges, Abstract Book, First World Congress on Microwave

Processing, Lake Buena Vista, Florida, 1997, 51.

- (3) A. Breccia Fratadocchi, Uso di fornaci a microonde per la termodistruzione di rifiuti industriali, Brevetto BO 91A 000238.
- (4) A. Breccia Fratadocchi, Dispositivo a microonde per la termodistruzione di fanghi e di carcicchio di conceria, Brevetto BO 94A 000307.