



Gli ultrasuoni nel lavaggio industriale (parte 14)



Una panoramica completa, teorica e pratica, sullo "stato dell'arte" di una tecnologia che presenta ancora molti lati sconosciuti e che è caratterizzata da esperienze empiriche a volte controverse

A cura della Redazione

I PRODOTTI DI LAVAGGIO

In linea generale si può dire che i prodotti con presenza di tensioattivi sono preferibili a quelli non schiumogeni, usati ad esempio nei lavaggi a spruzzo, anche se occorre prestare molta attenzione alla frequenza ultrasonora utilizzata. Molti solventi idrocarburici, così come le soluzioni semi-acquose contenenti idrocarburi, sono compatibili con gli ultrasuoni, anche se necessitano di maggiori potenze per poter cavitare efficacemente, oltre che tutta una serie di accorgimenti impiantistici per l'uso in sicurezza, essendo infiammabili. L'applicazione di un certo grado di vuoto nella vasca di lavaggio può contribuire, in questi casi, ad una riduzione della potenza necessaria al lavaggio, riducendosi la soglia di cavitazione.

IL POSIZIONAMENTO DEI PEZZI

Di fondamentale importanza ai fini dell'efficienza di lavaggio è anche il posizionamento dei pezzi all'interno della vasca. Affinché la pulizia sia condotta con successo, tutte le superfici devono essere esposte sia all'azione degli ultrasuoni, sia a quelle del liquido pulente, ma differenti possono essere le cause tali per cui questa situazione ottimale potrebbe non presentarsi: un'impropria introduzione di pezzi in cui siano presenti fori ciechi, con cavità, ecc., porta alla formazione di sacche d'aria in cui il liquido non riesce a penetrare e l'azione degli ultrasuoni non si può esplicare. Il caricamento di un'eccessiva quantità di piccoli oggetti può portare all'assorbimento dell'energia degli ultrasuoni da parte dei primi strati del carico, che effettuano una sorta di "schermatura" degli oggetti più interni, impedendone la pulizia. L'uso di materiali non appropriati (quali la plastica) e la forma non consona dei cestelli portapezzi può portare ad un'attenuazione

dell'onda ultrasonora, con conseguente riduzione dell'efficacia della cavitazione.

Anche la distanza dei pezzi dall'unità radiante è molto importante, in quanto l'intensità della perturbazione è soggetta ad una certa attenuazione man mano che ci si allontana dalla sorgente; i pezzi andrebbero quindi posizionati alla minima distanza possibile (compatibilmente con il disegno della vasca) dalla sorgente degli ultrasuoni ed il numero di unità radianti dislocate dovrebbe essere in grado di garantire la totale "copertura" del carico. In quest'ultimo caso, va posta particolare attenzione all'installazione di unità radianti disposte frontalmente una all'altra, perché possono verificarsi fenomeni di interferenza distruttiva tra le onde generate, se le unità sono comandate dallo stesso generatore.

Il primo passo nel dimensionamento di un dispositivo ad ultrasuoni è quindi la conoscenza della superficie da lavare, intesa come ingombro superficiale, cioè come spazio occupato di fronte all'unità radiante; poiché le onde emesse dal trasduttore sono planari, con angolo di diffusione quasi nullo, l'unità radiante deve coprire il più possibile tale ingombro superficiale. In seguito, in funzione della tipologia dei pezzi, si stabilirà quante unità radianti installare e se è necessario posizionarle su pareti opposte della vasca.

Nel caso di pezzi di notevole spessore e/o di elevate dimensioni e/o numerosi, vengono sfruttate le riflessioni dell'onda contro le pareti della vasca, anche se questo fenomeno secondario non è oggetto di calcoli né di aggiustamenti empirici; ciò su cui ci si basa è la semplice conoscenza del fatto che, nonostante il lavaggio dovuto all'onda riflessa sia meno efficiente rispetto a quello dell'onda diretta, a causa dell'inevitabile riduzio-

ne d'intensità dell'onda dovuta alla propagazione, le molteplici riflessioni possono portare localmente ad utili e benefici incrementi di intensità. Si ottiene invece un risultato inferiore, posizionando le unità radianti sul fondo della vasca.

Alcuni costruttori suggeriscono, come regola pratica, di non immergere nella vasca un quantitativo di pezzi il cui peso complessivo sia maggiore della metà del peso dell'acqua contenuta nella vasca; altri considerano ottimale un rapporto 60/40 tra il volume del liquido ed il volume dei pezzi.

La cosa migliore è quella di stabilire un proprio standard operativo, in funzione del grado di lavaggio desiderato e verificato sperimentalmente.

IL RUMORE

Da ultimo consideriamo l'aspetto del rumore prodotto dai dispositivi ad ultrasuoni.

Innanzitutto occorre sgombrare il campo dall'opinione errata secondo la quale più un sistema ad ultrasuoni è rumoroso e maggiore è la potenza installata; il rumore è un aspetto che dipende solo parzialmente dalla potenza installata, essendo invece maggiormente influenzato dalla frequenza e dalle caratteristiche costruttive dell'intero dispositivo.

Relativamente al processo di cavitazione, il rumore prodotto dalla cavitazione generata da un'onda a bassa frequenza (bolle più grosse) è maggiore rispetto a quello prodotto da un'onda ad alta frequenza, poiché maggiore è l'intensità di cavitazione.

A parità di frequenza dell'onda, il rumore risulta maggiore per il dispositivo che fornisce il miglior rendimento, cioè la maggiore intensità di cavitazione e quindi, quello che fornisce la più elevata ampiezza della pressione trasmessa.



Tab. V - TLW guida definiti dalla ACGIH statunitense

Frequenza mediana di banda a 1/3 di ottava in KHz	Livello di banda a 1/3 di ottava in dB riferito a 20 µPa
10,0	80
12,5	80
16,0	80
20,0	105
25,0	110
31,5	115
40,0	115
50,0	115

Anche la forma d'onda influisce sulla rumorosità dell'impianto; l'onda quadra è molto rumorosa, in quanto è formata da molte armoniche che possono più facilmente produrre risonanza nei materiali costituenti la vasca.

Il rumore percepito deriva però dagli effetti secondari, che si manifestano come conseguenza del trasferimento dell'energia ultrasonora all'impianto di lavaggio e come conseguenza dell'implosione delle bolle di cavitazione: in quest'ultimo caso, quello che viene percepito è il rumore provocato dall'onda d'urto. L'effetto secondario maggiore è dovuto sia alle vibrazioni della vasca di lavaggio e dei suoi componenti, che possono entrare in risonanza per le sollecitazioni indotte dalla perturbazione ultrasonora (in questo caso l'effetto udibile è un fischio molto acuto), sia alle subarmoniche che vengono prodotte (cioè frequenze che sono sottomultipli della frequenza fondamentale).

Poiché il rumore percepibile in queste condizioni è decisamente elevato, l'impianto di lavaggio ad

ultrasuoni deve necessariamente essere dotato di opportuni accorgimenti atti alla riduzione di questo rumore. La normativa italiana prevede che "nelle attività che comportano un valore dell'esposizione personale di un lavoratore a rumore superiore a 80 dB(A)" il datore di lavoro deve provvedere ad attivare quelle misure tecniche (privilegiando gli interventi alla fonte) atte a ridurre i rischi derivanti dall'esposizione suddetta.

Se un impianto è molto rumoroso non significa che ha un'elevata potenza installata quanto, piuttosto, che non è dotato della adeguata insonorizzazione.

Gli accorgimenti adottabili sono diversi; di seguito si descrivono quelli più comunemente presenti nei dispositivi in commercio:

- applicazione di coibentazioni fonoassorbenti (costituite da adeguati materiali di apposito spessore) sulle pareti della vasca (compreso il fondo) e sul coperchio;
- interblocco che impedisca l'avviamento del dispositivo ad ultrasuoni a coperchio aperto;

- accoppiamento tra coperchio e vasca e tra vasca e struttura di supporto, mediante dispositivi antivibranti o giunti e guarnizioni in gomma;
- eliminazione, per quanto possibile, di parti metalliche esterne collegate alle pareti interne della vasca;
- riduzione, per quanto possibile, della potenza applicata (tale accorgimento può essere adottato se si dispone di generatore con regolazione di potenza);
- utilizzo di apposite vernici anti-tiro, da applicare sulle pareti metalliche della vasca.

Il tipo di rumore percepito dipende anche da altri fattori quali ad esempio: la turbolenza e la temperatura del liquido nella vasca; il tipo e la concentrazione di prodotto chimico utilizzato; dimensioni, forma e materiale dei pezzi trattati.

C'è un altro aspetto da considerare quando si parla di rumore e degli eventuali danni da esso provocati; i discorsi fin qui fatti sono tutti riferiti al campo dell'udibile, nel quale gli ultrasuoni sono responsabili di danni uditivi minori, provocati dalle subarmoniche della frequenza di risonanza, piuttosto che alle componenti ultrasonore vere e proprie. Viene invece sottovalutato il danno provocato da queste ultime, responsabili di effetti extrauditivi più gravi.

L'esposizione continua ad ultrasuoni può infatti produrre affaticamento, cefalea, nausea, vomito, gastralgie, acufeni, sensazione di sovrappressione o otturazione dell'orecchio, deambulazione incerta, vertigini e disturbi del sonno. Questi rischi sono sottovalutati anche a causa delle difficoltà insite nella misura degli ultrasuoni; la loro rilevazione richiede infatti la disponibilità di specifici analizzatori di frequenza, notevolmente costosi e di scarsissima diffusione. A fronte di questo problema un

gruppo di ricercatori veneti ha presentato al 16° Congresso Nazionale dell'A.I.D.I.I. una metodologia di misura che, in via preliminare, permette di valutare il rischio da ultrasuoni anche con strumentazione di facile reperimento.

L'esposizione completa di tale ricerca esula dagli scopi di questa pubblicazione; vanno però puntualizzate alcune considerazioni relative alla metodologia da adottarsi, che scaturiscono da questo studio e da altre esperienze parallele.

La misura delle componenti ultrasonore (>20 KHz) va effettuata secondo modalità e con strumentazione differenti rispetto alla misura del campo sonoro, poiché, data la presenza di armoniche superiori alla frequenza fondamentale, l'intervallo di misura è molto ampio (20 100 KHz): di conseguenza le misure devono essere effettuate in terzi di ottava per essere significative.

Dunque, se nel campo sonoro la misura va espressa in dB(A), per il campo ultrasonoro la misura va espressa in dB assoluti.

Nel campo sonoro i limiti legislativi vengono normati dal citato DL 277/91 e successive modifiche; nel campo ultrasonoro non esiste a livello nazionale una normativa specifica, ma viene normalmente preso in considerazione quanto definito dalla ACGIH, l'associazione degli igienisti americani.

I TLV guida, riferiti ai livelli di pressione sonora, rappresentino le condizioni alle quali si ritiene che la maggior parte dei lavoratori possa rimanere ripetutamente esposta senza effetti negativi per la salute (vedi tab VI).

I TLV riportati in tabella devono essere usati come guida per il controllo dell'esposizione al rumore, ma data la differente sensibilità individuale, non devono essere visti come una linea netta di demarcazione tra livello di sicurezza e livello di pericolo.

Curva ponderale a 79,5 dB (A) Valori assoluti per terzi d'ottava

Hz	dB	Limite ACGIH
8.000	66	80
10.000	69	80
12.500	55	80
16.000	80	80
20.000	84	105
25.000	56	110
31.000	54	115
40.000	56	115

Tab. VI - Esempio di rapporto di misura del rumore su una vasca di lavaggio a ultrasuoni (coperchio chiuso, rumore di fondo 52 dB (A), misurazione a 1.5 metri di altezza da terra, distanza dall'impianto 1 metro)

Nella Tabella VI si riporta un esempio di rapporto di misura del rumore, effettuato su una vasca ad ultrasuoni per il lavaggio industriale.

CONCLUSIONI

Gli ultrasuoni possono essere un efficace mezzo per effettuare la pulizia di un'ampia varietà di manufatti differenti per forma, dimensioni e materiali, contaminati da un'ampia varietà di sostanze; poiché gli effetti chimici e fisici provocati dall'applicazione degli ultrasuoni sono molteplici e dipendono dalle condizioni di processo, tali dispositivi possono essere indicati per l'asportazione sia di contaminanti solubili, sia di contaminanti non-solubili: ciò che cambia, caso per caso, è l'efficacia di un'azione rispetto ad un'altra.

Quella degli ultrasuoni applicati al lavaggio industriale non è però una scienza esatta; essa procede gradualmente attraverso la sperimentazione di chi produce gli impianti e di chi li usa, anche se

difficilmente i risultati ottenuti da soggetti differenti possono essere utilmente confrontati, a causa delle differenti metodologie di valutazione: si rende quindi necessario trovare un minimo comune denominatore che favorisca la comparazione ed il progresso della tecnologia.

Teoricamente, il processo di lavaggio più efficiente è quello che utilizza l'energia ultrasonora più aggressiva, rimuovendo tutti i contaminanti presenti nel più breve tempo possibile, senza causare danni ai materiali trattati. Per raggiungere questo obiettivo devono innanzitutto essere individuati con precisione i meccanismi e le situazioni che possono provocare danni ai pezzi trattati; in secondo luogo devono essere ottimizzati tutti i parametri che influenzano e vanno a determinare l'efficienza di lavaggio; da ultimo, l'installazione e la conduzione del dispositivo ad ultrasuoni devono essere eseguite secondo le norme di buona tecni-



ca e con tutti gli accorgimenti che ne garantiscano l'affidabilità nel tempo, riducendo la probabilità di guasti e malfunzionamenti; ad esempio, è di basilare importanza che il trasduttore si trovi sempre completamente coperto dal liquido della vasca, per evitare danni irreparabili.

Il problema per l'utilizzatore è come avere la garanzia che l'impianto che acquista sia effettivamente ottimizzato e consono alle sue esigenze: riteniamo che, in assenza di dati comparativi attendibili, la migliore tutela sia quella di acquisire tutte le possibili e necessarie informazioni tecniche

che rendano l'utente in grado di rivolgersi ai fornitori con la dovuta competenza e cognizione di causa, le sole che possono garantire un rapporto tra pari.

Ci auguriamo che il nostro sforzo divulgativo possa contribuire allo scopo.

Bibliografia

Parte del materiale pubblicato in questo testo è stato estratto dalle seguenti pubblicazioni.

- F. John Fuchs - Ultrasonic cleaning: Fundamental theory and application (www.caebblackstone.com)
- Howard M. Layton - Ultrasonic frequencies make a clean sweep (Precision Cleaning Web, Archives)
- Kenneth S. Suslick - Gli effetti chimici degli ultrasuoni (Le Scienze, Aprile 1989, N.248)
- F. John Fuchs - The key to ultrasonics: cavitation and implosion (Precision Cleaning Web, Archives)
- F. John Fuchs - Bursting bubbles: ultrasonic cleaning principles for parts cleaning potentials (Precision Cleaning Web, Archives)
- Ahmed A. Busnaima, Glenn W. Gale, Ismail I. Kashkoush - Ultrasonic and megasonic theory and experimentation (Precision Cleaning Web, Archives)
- Mark Beck, Richard B. Vennerbeck - Megasonics help stream-line sensitive substrate cleaning (Precision Cleaning Web, Archives)
- Panatronix - L'evoluzione degli ultrasuoni nel lavaggio industriale (www.panatronix.com)
- John M. Kolyer, A.A. Passchier, Q.M. Tran - Aluminium foil erosion helps determine ultrasonic damage (Precision Cleaning Web, Archives)
- Branson - Theory of ultrasonics (www.bransoncleaning.com)
- Rick Reynolds - What's the frequency? (Precision Cleaning Web, Archives)
- Jeff Hancock - Ultrasonic cleaning (www.bluewaveinc.com)
- Ppb Inc. - Ultrasonic energy meter: operation manual
- Russel C. Manchester - The precision cleaning of delicate structures using aggressive ultrasonics without damage (Precision Cleaning, Aprile 1997)
- FISA - Il lavaggio ad ultrasuoni (Bollettino tecnico)
- A. Peretti, M. Gravino, G. Guarnieri, L. Munegnina, F. Sarto, M. Robotti, G. Grandesso, P. Mariotto, G.B. Bartolucci - Ultrasuoni negli ambienti industriali (Atti del 16° Congresso Nazionale dell'AIDII)
- Giorgio C. Kruger - Il lavaggio con ultrasuoni (Corso AIFM 1998)
- Ugo Amaldi - Dal pendolo ai quark (Zanichelli, 1991)
- Antonio Caforio, Aldo Ferilli - Physica (Le Monnier, 1995)

INDICE DELLE PUNTATE PRECEDENTI:

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| I) Introduzione e "stato dell'arte" | VIII) Il generatore |
| II) Cenni di acustica | IX) La cavitazione (1) |
| III) Gli ultrasuoni | X) La cavitazione (2) |
| IV) I trasduttori magnetostrittivi | XI-XII) Ottimizzazione del lavaggio |
| V) I trasduttori piezoelettrici (1) | XIII) Frequenze e prestazioni |
| VI) I trasduttori piezoelettrici (2) | XIII) Ottimizzazione del lavaggio (3) |
| VII) I trasduttori piezoelettrici (3) | rumore |