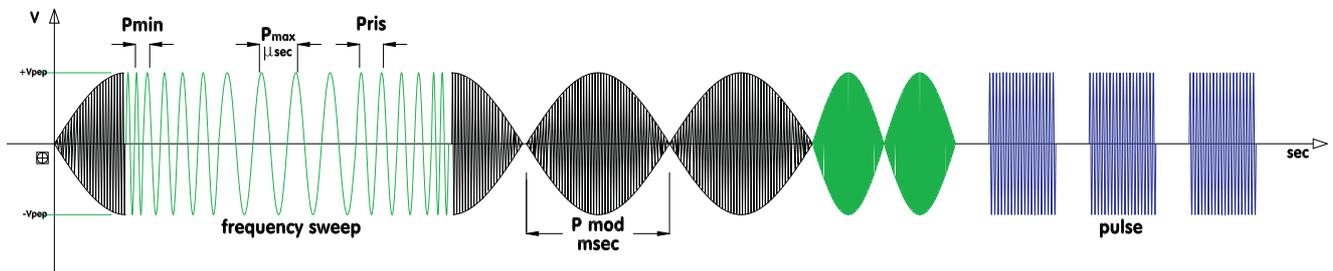


Ottobre 2011



# Il lavaggio con ultrasuoni



## Indice degli argomenti

<b>1.</b>	<b>IL LAVAGGIO CON ULTRASUONI</b>	<b>pag.</b>	<b>3</b>
<b>1.1.</b>	<b>Principio di funzionamento</b>	<b>pag.</b>	<b>4</b>
1.1.1.	Unità radianti	pag.	4
1.1.2.	Frequenza di funzionamento	pag.	4
Fig. 1 -	Principio di funzionamento e nomenclatura di una vasca a ultrasuoni	pag.	4
1.1.3.	Trasduttori magnetici	pag.	5
1.1.4.	Trasduttori piezoelettrici	pag.	5
Fig. 2 -	Principio di funzionamento di un trasduttore magnetostriativo.	pag.	5
1.1.5.	Generatori elettronici	pag.	6
Fig. 3 -	Principio di funzionamento di un trasduttore piezoelettrico.	pag.	6
Fig. 4 -	Esplosivo di un trasduttore piezoelettrico.	pag.	6
1.1.6.	Modulazione	pag.	7
Fig. 5 -	Aspetto del pannello frontale del generatore	pag.	7
<b>1.2.</b>	<b>Dimensionamento dell'impianto</b>	<b>pag.</b>	<b>8</b>
<b>1.3.</b>	<b>Caratteristiche della vasca di lavaggio</b>	<b>pag.</b>	<b>8</b>
Fig. 6 -	Dimensionamento impianto a ultrasuoni per impianto a braccia.	pag.	9
Fig. 7 -	Dimensionamento impianto a ultrasuoni per impianto a carro.	pag.	9
<b>1.4.</b>	<b>Avviamento dell'impianto</b>	<b>pag.</b>	<b>10</b>
<b>1.5.</b>	<b>Funzionamento normale</b>	<b>pag.</b>	<b>11</b>
<b>1.6.</b>	<b>Manutenzione ordinaria</b>	<b>pag.</b>	<b>11</b>
<b>2.</b>	<b>LE APPLICAZIONI DEGLI ULTRASUONI</b>	<b>pag.</b>	<b>13</b>
<b>2.1.</b>	<b>Un po' di storia</b>	<b>pag.</b>	<b>13</b>
<b>2.2.</b>	<b>La situazione attuale</b>	<b>pag.</b>	<b>13</b>
<b>2.3.</b>	<b>Gli impianti con detergenti acquosi</b>	<b>pag.</b>	<b>14</b>
2.3.1.	Il lavaggio degli oli leggeri	pag.	15
2.3.2.	Il lavaggio delle paste di lucidatura	pag.	15
2.3.3.	I risciacqui con ultrasuoni	pag.	15
2.3.4.	Gli ultrasuoni nella zincatura	pag.	15
2.3.5.	Gli ultrasuoni nella cromatura	pag.	16
<b>2.4.</b>	<b>Gli impianti con solventi alternativi</b>	<b>pag.</b>	<b>16</b>
<b>2.5.</b>	<b>Impianti a solventi classici</b>	<b>pag.</b>	<b>17</b>
Fig. 8	Schema di una lavatrice a solventi classici	pag.	17
<b>2.6.</b>	<b>Impianti ermetici</b>	<b>pag.</b>	<b>18</b>
<b>3.</b>	<b>Il lavaggio sulla linea galvanica</b>	<b>pag.</b>	<b>19</b>
<b>3.1.</b>	<b>Proprietà dei detergenti</b>	<b>pag.</b>	<b>19</b>
3.1.1.	Effetto bagnante	pag.	19
3.1.2.	Effetto emulsionante	pag.	19
3.1.3.	Effetto solubilizzante	pag.	19
3.1.4.	Effetto saponificante	pag.	19
3.1.5.	Effetto disperdente	pag.	20
3.1.6.	Effetto complessante	pag.	20
<b>3.2.</b>	<b>Azione meccanica</b>	<b>pag.</b>	<b>20</b>
3.2.1.	Movimentazione dei pezzi	pag.	20
3.2.2.	Aria insufflata	pag.	20
3.2.3.	Pompe di ricircolo	pag.	20
3.2.4.	Pompaggio ad alta pressione	pag.	21
<b>3.3.</b>	<b>Cicli di trattamento</b>	<b>pag.</b>	<b>22</b>
3.3.1.	Preparazione dell'ottone	pag.	22
3.3.2.	Preparazione del ferro	pag.	23
3.3.3.	Preparazione della zama	pag.	24
3.3.4.	Preparazione dell'alluminio	pag.	24
<b>4.</b>	<b>Bibliografia</b>	<b>pag.</b>	<b>25</b>

Giorgio C. Krüger

## Il lavaggio a ultrasuoni e la preparazione delle superfici prima della deposizione

Corso di laurea EFUN - CORSO DI BASE AIFM autunno 2011

# 1. IL LAVAGGIO CON ULTRASUONI

Gli ultrasuoni forniscono un'efficace azione di asportazione del contaminante dalla superficie del pezzo da lavare mediante la generazione nel liquido di lavaggio, solvente o detergente, di onde acustiche ad alta frequenza che hanno questi tre effetti:

- \* **degasificazione** completa del liquido per renderlo omogeneo e permettergli di trasmettere le onde acustiche (un gas, comprimendosi, le attenua)

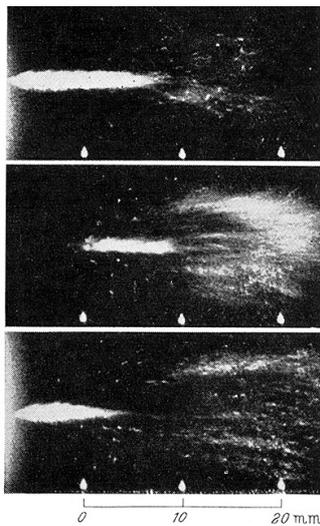


Figure 18. Three successive frames of multiple bursts in aerated water. The dense cloud of bubbles is probably caused by multiple bursts occurring before and during the exposure (after G. W. WILLARD<sup>8</sup>, Courtesy of Bell Telephone Laboratories Inc., New York)

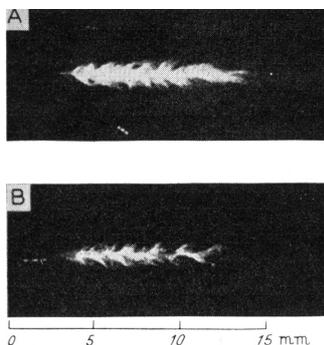
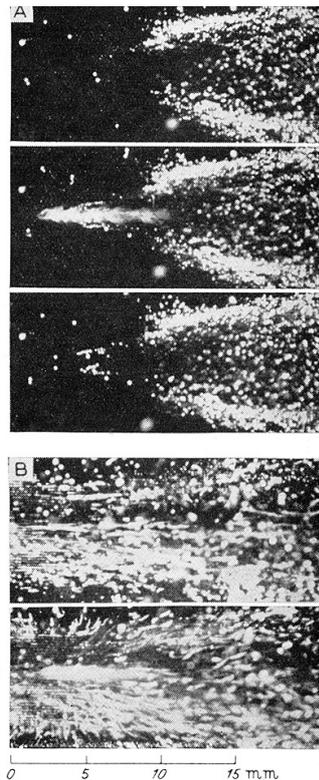
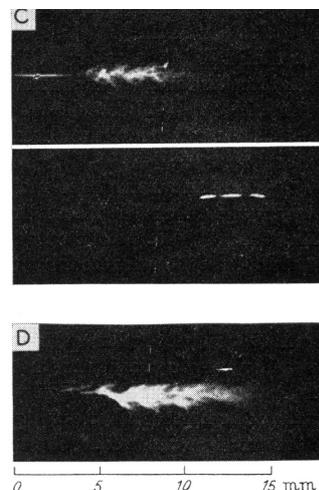


Figure 16. Cavitation bursts and bubble motion in degassed water. The bubble appears as three dots or dashes due to three illuminations per exposure. (C) shows two consecutive frames (after G. W. WILLARD<sup>8</sup>, Courtesy of Bell Telephone Laboratories Inc., New York)



- \* aumento notevole della **capillarità** che permette l'introduzione del liquido in tutte le parti nascoste, nei fori ciechi e nelle anfrattuosità del pezzo da lavare
- \* formazione di bolle di **cavitazione** che accelerano l'attività chimica del prodotto detergente ed esercitano un'azione meccanica sulla superficie del pezzo, facilitando il distacco dell'inquinante e la sua dispersione nel liquido. Questo fenomeno inizia solo quando si sono completati i due effetti precedenti.

Ovviamente è determinante l'ottimizzazione chimica e fisica del liquido di lavaggio, sia esso un detergente che un solvente. È indispensabile quindi controllare:

- \* **la temperatura** che deve essere mantenuta lontano dal punto di ebollizione, perché in tale stato si ha la formazione continua di bolle di vapore e gli ultrasuoni quindi sarebbero sempre nella fase di degassaggio. Temperatura consigliata per un detergente 50 - 70 °C, per un solvente tra i 20 e i 40 °C al disotto del punto di ebollizione,
- \* **la densità** che deve essere la più bassa possibile, compatibilmente con l'azione detergente del prodotto, per diminuire l'assorbimento delle onde acustiche,
- \* **l'acidità**, particolarmente per i solventi, deve essere mantenuta al giusto valore per evitare possa dissociarsi e diventare particolarmente corrosivo per i pezzi e per l'impianto,
- \* **l'inquinamento** del prodotto detergente va continuamente tenuto sotto controllo e, nel caso di un detergente è meglio sostituire il prodotto piuttosto che rinforzarlo, mentre nel caso di un solvente occorre sostituirlo quando l'acidità scende sotto il pH consigliato.

Quando si verificano tutte queste condizioni ha inizio il fenomeno della cavitazione che si sviluppa specialmente sulla superficie dell'oggetto da lavare e fornisce una sufficiente agitazione dell'interfaccia liquido - contaminante così da accelerare la solubilizzazione del contaminante solubile e da fornire la necessaria energia per rompere i legami ionici e meccanici che legano il contaminante non solubile alla superficie dell'oggetto.

## 1.1. Principio di funzionamento

Generando in un liquido delle vibrazioni a una frequenza ultrasonica di 20 - 40 kHz, cioè delle onde di pressione e depressione che si ripetono 20 - 40 mila volte al secondo, si producono migliaia di microscopiche bollicine di vapore che continuano a gonfiarsi fino a raggiungere dimensioni visibili, cioè dell'ordine del millimetro.

Ma a un certo punto queste bollicine collassano, cioè implodono, poichè la loro pressione interna è minore di quella del liquido, e così producono, nelle loro immediate vicinanze, delle onde di pressione dell'ordine del migliaio di atmosfere. Questo fenomeno, detto "CAVITAZIONE", dura, dalla formazione delle bollicine alla loro implo-

sione, qualche decimillesimo di secondo e si ripete in continuazione.

La cavitazione, pur essendo più o meno distribuita in tutto il liquido, è maggiore nei punti in cui si vengono a creare delle discontinuità, per esempio alla superficie del liquido (discontinuità liquido - aria) o sulla superficie di un oggetto immerso nel liquido (discontinuità liquido - oggetto). (Fig. 1) Si verrà così a creare una zona di cavitazione molto più intensa intorno all'oggetto da lavare che sarà circondato da migliaia di bollicine che, implodendo, esercitano un martellamento a livello quasi molecolare rimuovendo ogni impurità anche se trattenuta in fori o porosità della superficie.

### 1.1.1. Unità radianti

Per generare nel liquido le vibrazioni ultrasoniche che stanno alla base di tutto il fenomeno descritto, si usano delle *UNITÀ RADIANTI* ermetiche, immerse nel liquido, contenenti dei trasduttori elettro-acustici che trasformano in vibrazioni acustiche, cioè meccaniche, le onde elettriche prodotte da un GENERATORE ad alta frequenza. (Fig. 1) In pratica i trasduttori sono degli altoparlanti studiati per diffondere onde acustiche in un liquido invece che nell'aria. E, come gli altoparlanti trasformano in onde sonore nell'aria le onde elettriche prodotte da una radio, così i trasduttori tra-

sformano in onde sonore nel liquido le onde elettriche prodotte dal generatore.

Le unità radianti immergibili possono essere immerse in qualsiasi vasca e, collegate mediante un cavo al generatore, trasformano la vasca in una lavatrice a ultrasuoni. È quindi possibile utilizzare vasche già esistenti, sostituire comodamente sia la vasca che l'unità radiante, aggiungere nuove unità aumentando così la potenza degli ultrasuoni in vasca.

### 1.1.2. Frequenza di funzionamento

I migliori impianti a ultrasuoni possono essere forniti, a scelta, con due frequenze di funzionamento: 23 - 25 kHz oppure 40 kHz. Alla frequenza

maggiore si hanno delle bolle di cavitazione più piccole e più diffuse che permettono un lavaggio più delicato dei pezzi; inoltre a questa frequenza

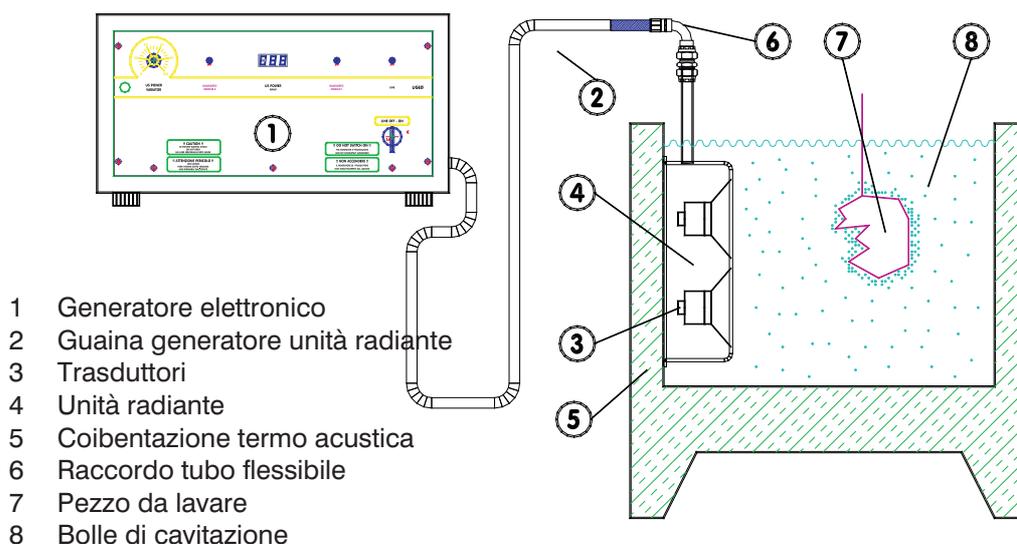


Fig. 1 - Principio di funzionamento e nomenclatura di una vasca a ultrasuoni

la rumorosità dell'impianto è inferiore. In linea di massima un impianto funzionante a 40 kHz richiede una potenza specifica (Watt/litro) maggiore del 20 - 30% rispetto a un impianto funzionante a 23 kHz.

Alla frequenza di 23 kHz le bolle di cavitazione sono di maggiori dimensioni e permettono un miglior lavaggio di particolari massicci e pesanti, pur con una rumorosità superiore ad un impianto a 40 kHz.

### 1.1.3. Trasduttori magnetici

Sfruttano la proprietà del nichel laminato di variare le sue dimensioni quando è sottoposto a un campo magnetico, fornitogli da un avvolgimento alimentato dal generatore. Se il campo magnetico è alternato a 20 kHz, le estremità del trasduttore vibrano a 20 kHz. Praticamente è costruito come un trasformatore, ma con i fogli del pacco distanziati tra loro di qualche millimetro; i lamierini sono poi incollati, di testa, alla parete radiante. (Fig. 2)

#### Vantaggi dei trasduttori magnetostrittivi:

- \* costo ridotto
- \* generatore più economico
- \* semplicità di progettazione.

#### Svantaggi dei trasduttori magnetostrittivi:

- \* efficienza di conversione intorno al 60%
- \* fragilità dell'incollaggio
- \* disuniformità di radiazione.
- \* massima frequenza di funzionamento 20 kHz: inoltre tale frequenza è difficilmente raggiungibile e questi impianti funzionano generalmente intorno ai 18 kHz, presentando una notevole rumorosità. (7.1.6)
- \* impossibilità di essere alimentati con corrente modulata: risulta così più facile la formazione di onde stazionarie che riducono l'azione di lavaggio. (1.1.6)

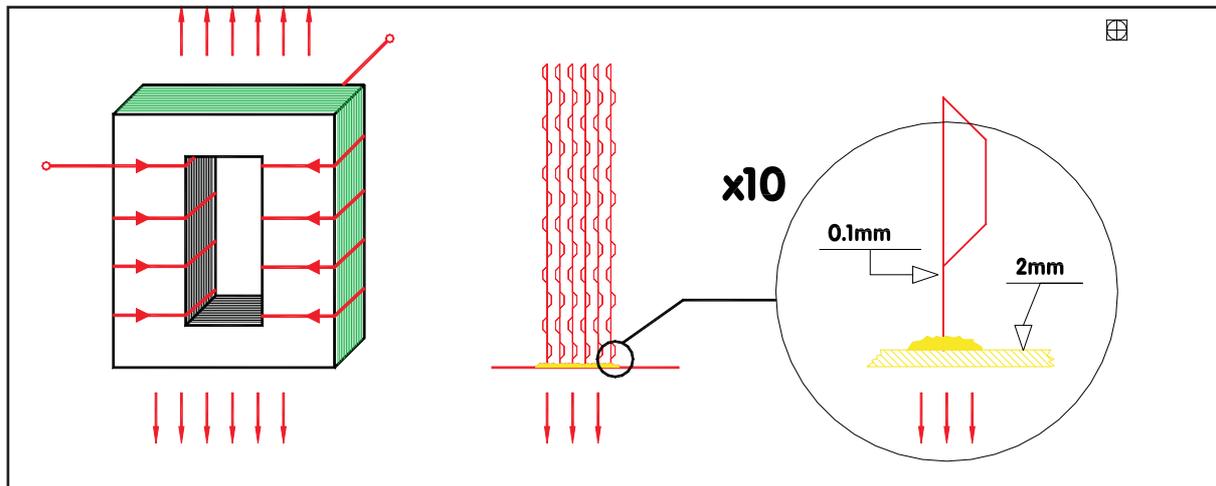


Fig. 2 - Principio di funzionamento di un trasduttore magnetostrittivo.

### 1.1.4. Trasduttori piezoelettrici

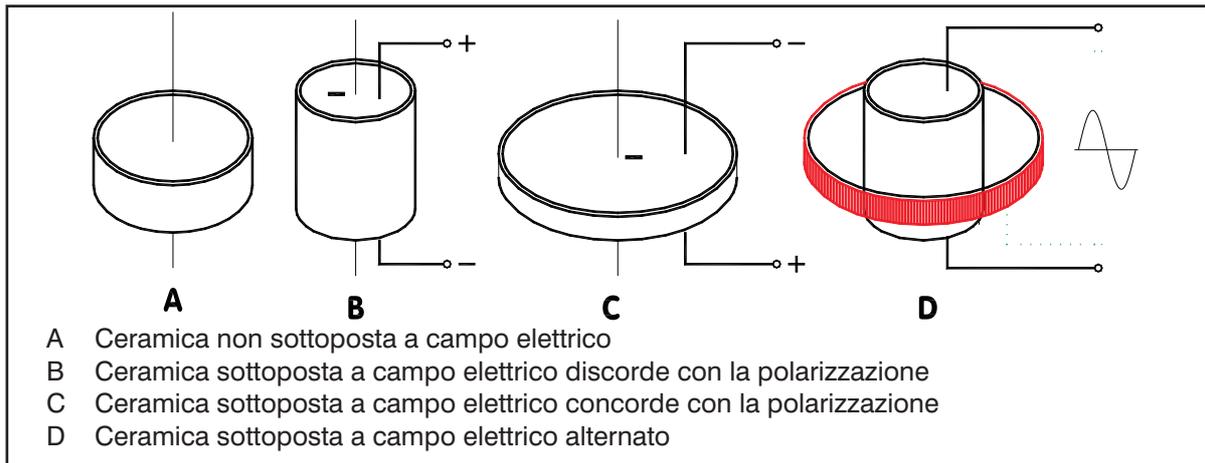
Sfruttano la proprietà di ceramiche, opportunamente composte, sinterizzate e polarizzate, di variare le loro dimensioni quando sono sottoposte a un campo elettrico applicato loro da due sottili fogli di argento. Si accorciano se la differenza di potenziale è concorde col verso di polarizzazione e si allungano se è opposta. (Fig. 3)

Sottoposte a un campo alternato a 20 kHz, che passa cioè da positivo a negativo 20.000 volte al secondo, le ceramiche si allungano e si accorciano 20.000 volte al secondo e la loro superficie vibra a 20 kHz.

L'ampiezza di queste vibrazioni è dell'ordine del decimo di micron; per aumentarla le ceramiche

vengono compresse tra due blocchi di metallo, dimensionati in modo da poter vibrare a una sola determinata frequenza. (Fig. 4)

Quando la frequenza a cui le ceramiche vengono fatte vibrare è uguale a quella propria dei blocchi di metallo, le facce esterne del sistema così formato vibrano con un'ampiezza molto maggiore a una frequenza che viene chiamata "frequenza di risonanza del trasduttore". Questa frequenza di risonanza, purtroppo, non è solo una costante di progetto, ma varia del 10 - 15% al variare delle condizioni che si presentano nella vasca: quantità e temperatura del liquido, natura del pezzo da lavare, additivi di lavaggio...



**Fig. 3 - Principio di funzionamento di un trasduttore piezoelettrico.**

Si può facilmente intuire la difficoltà di progetto e di ottimizzazione di un simile trasduttore, che, oltre a tutto, andrà anche alimentato a una frequenza variabile automaticamente al variare delle condizioni di carico.

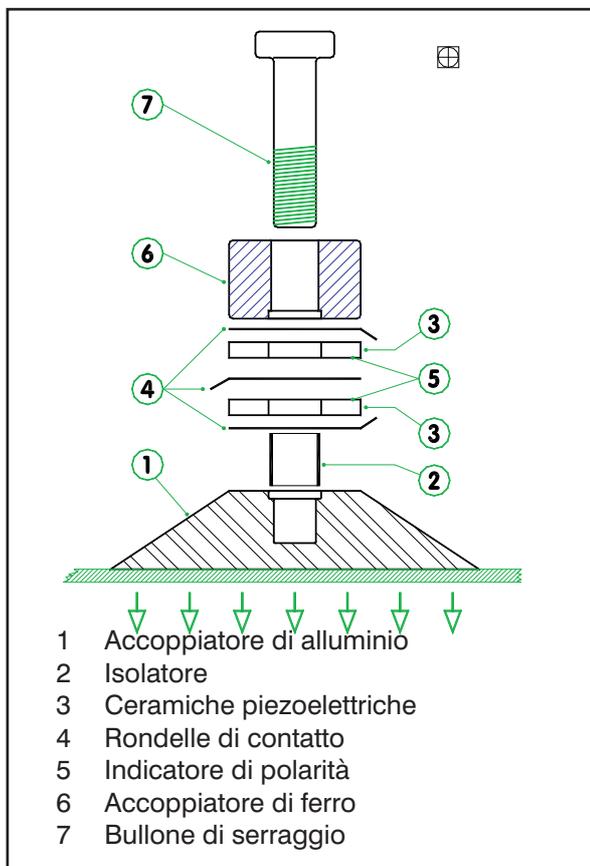
Praticamente un trasduttore piezoelettrico è formato da una o più ceramiche compresse tra due blocchi di metallo, uno dei quali è incollato alla parete radiante. (Fig. 4)

**Vantaggi dei trasduttori piezoelettrici:**

- \* efficienza di conversione maggiore del 90%
- \* notevole uniformità di radiazione
- \* possibilità di funzionare a 40 kHz
- \* grande superficie d'incollaggio
- \* notevole affidabilità

**Svantaggi dei trasduttori piezoelettrici:**

- \* difficoltà di progetto
- \* maggior costo del trasduttore
- \* maggior costo del generatore



**Fig. 4 - Esploso di un trasduttore piezoelettrico.**

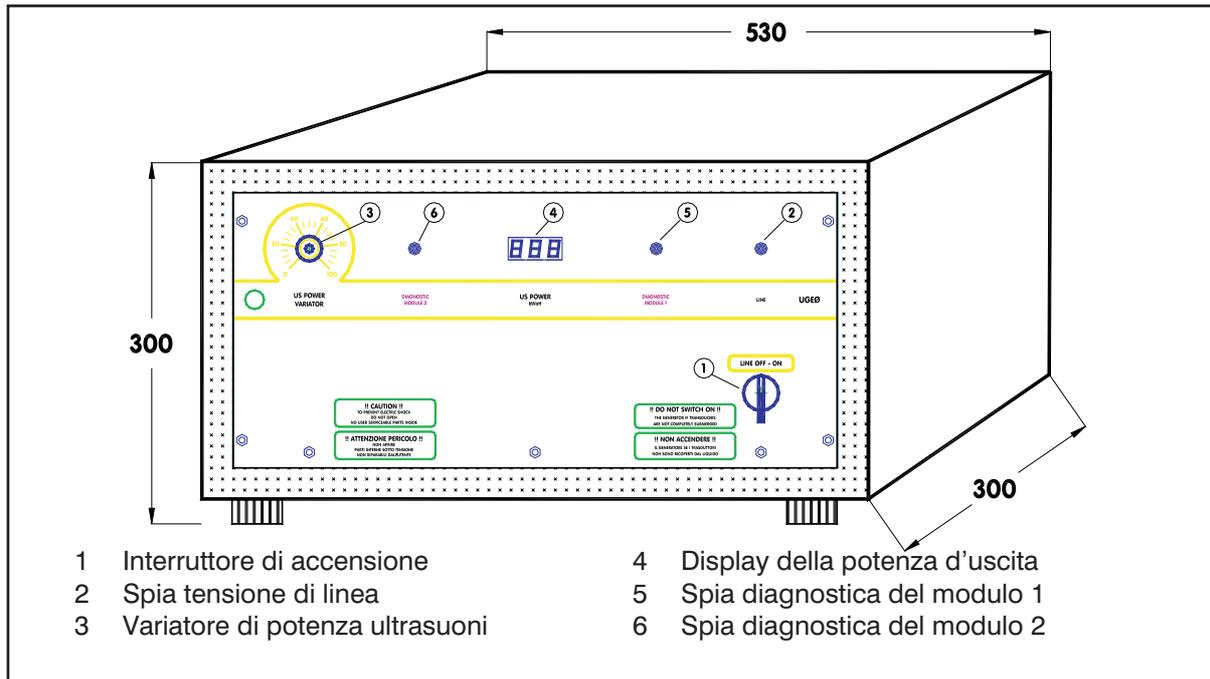
**1.1.5. Generatori elettronici**

Il generatore elettronico ha il compito di fornire all'unità radiante una corrente alternata alla frequenza richiesta dai trasduttori.

Una volta venivano costruiti con transistor o con valvole o addirittura con gruppi motore alternatore ad alta frequenza; oggi sono costruiti, quasi tutti, con transistor.

I generatori più moderni riescono persino a commutare alla tensione di rete, evitando così i trasformatori di alimentazione ed avendo un'efficienza maggiore del 95% con un fattore di potenza praticamente unitario.

Un buon generatore deve poi essere in grado di seguire automaticamente le variazioni di frequenza dovute al variare del carico, in modo da alimentare sempre alla frequenza adatta i trasduttori che possono così lavorare nelle condizioni di massima efficienza. Deve essere inoltre protetto per non danneggiarsi se, inavvertitamente, lo si accende a vasca vuota, senza carico o col carico in corto circuito.



**Fig. 5 - Aspetto del pannello frontale del generatore**

È infine molto utile la presenza di un variatore della potenza d'uscita, con relativo Wattmetro, per potersi adeguare alle diverse condizioni operative..

Il Wattmetro, o delle opportune spie diagnostiche, sono indispensabili poi nel caso di installazioni

multiple, per una esatta diagnosi del buon funzionamento dell'impianto. Quando si hanno 10 o 20 generatori è impossibile accorgersi a "orecchio" che un impianto non funziona.

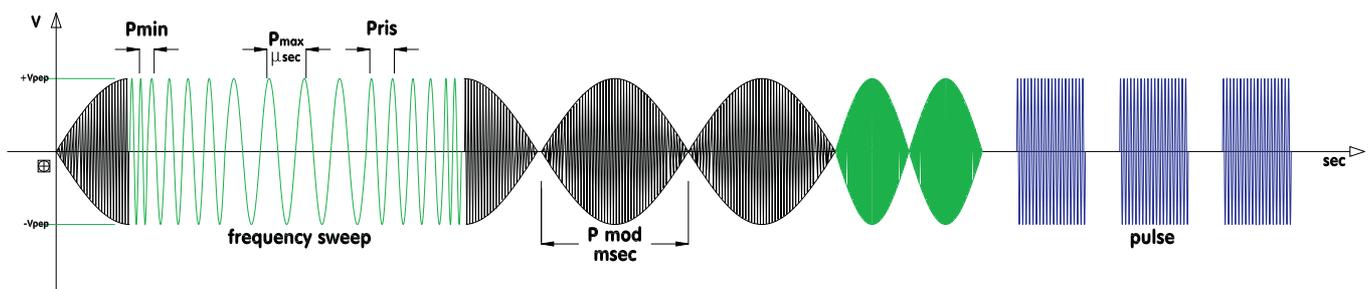
### 1.1.6. Modulazione

Per evitare che nel liquido di lavaggio si vengano a creare delle condizioni stazionarie che causerebbero delle disuniformità di cavitazione, si è trovato vantaggioso modulare al 50% l'ampiezza delle vibrazioni. In altre parole, viene fornita al trasduttore una potenza  $P$  per un certo intervallo di tempo  $t$ , una potenza zero per un intervallo di tempo  $t$  uguale al precedente, poi di nuovo una potenza  $P$  e così via.

I generatori più evoluti hanno invece una modulazione sinusoidale: si fa crescere cioè la tensione e

corrente d'uscita con un andamento sinusoidale. La sinusoide di inviluppo ha una frequenza di 50 Hz. (Fig. 5) In questo caso ovviamente il generatore deve essere in grado di fornire una potenza  $P_{ep}$  quattro volte maggiore di quella continua.

Si è constatato che il lavaggio di un impianto a ultrasuoni così fatto è uguale a quello di un impianto, non modulato, di potenza quattro volte maggiore. Notevole è quindi il risparmio energetico



## 1.2. Dimensionamento dell'impianto

A secondo delle esigenze, cioè del grado di inquinamento e del materiale dei pezzi e del tempo di lavaggio richiesto, occorrono da 4 a 50 W per litro di liquido. Generalmente le unità radianti sono disposte sulle pareti laterali della vasca, possibilmente contrapposte per ottimizzare il lavaggio.

Per un corretto dimensionamento dell'impianto occorre tenere ben presente che i trasduttori accoppiano al liquido delle onde di compressione e decompressione planari, quindi con un angolo di apertura molto limitato. Occorre perciò che la superficie delle unità radianti sia praticamente uguale alla superficie del telaio che occorre lavare.

## 1.3. Caratteristiche della vasca di lavaggio

Il rumore prodotto da un impianto a ultrasuoni è in massima parte provocato da risonanze e subarmoniche della vasca di lavaggio che deve essere costruita con i seguenti accorgimenti:

- \* costruzione delle pareti interne con acciaio inossidabile AISI 316
- \* coibentazione termoacustica, sulle pareti e sul fondo della vasca, con pannelli di poliuretano espanso ad alta densità da 100 mm di spessore
- \* costruzione delle pareti esterne, del bordo della vasca e dell'eventuale coperchio con pannelli di un materiale plastico, come polipropilene o PVC di spessore opportuno, per evitare le vibrazioni di questi particolari
- \* assenza, all'esterno della vasca, di parti metalliche collegate alle pareti interne della vasca: esse possono trasmettere rumorose vibrazioni.
- \* Rubinetto di scarico a sfera di opportune dimensioni
- \* Feritoie di troppo pieno da collegare eventualmente a un opportuno disoleatore.



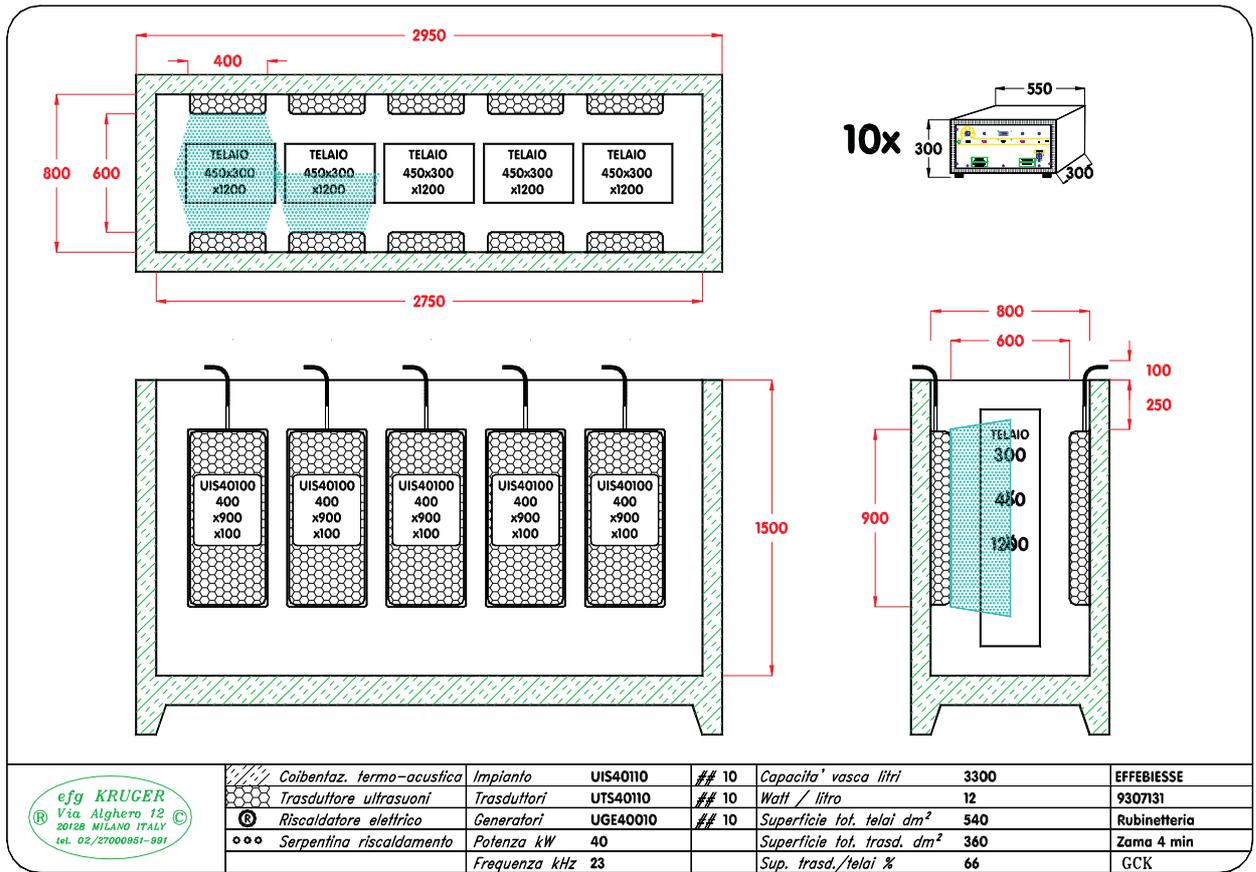


Fig. 7 - Dimensionamento impianto a ultrasuoni per impianto a carro.

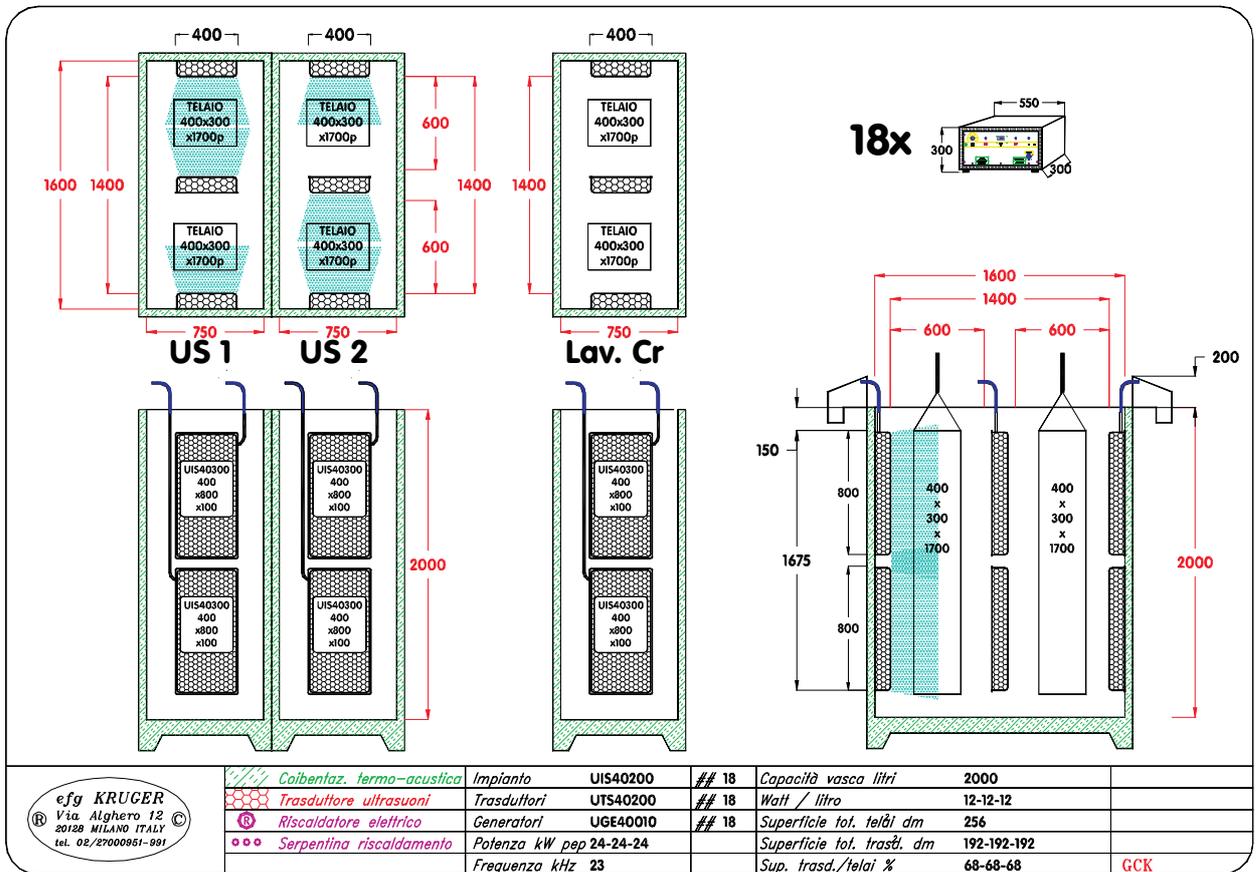


Fig. 6 - Dimensionamento impianto a ultrasuoni per impianto a braccia.

## 1.4. Avviamento dell'impianto

Se sono già state eseguite le altre istruzioni generali preliminari all'avviamento dell'impianto di lavaggio, procedere, come segue, al collaudo dell'impianto a ultrasuoni, altrimenti consultare il fabbricante dell'impianto di lavaggio

Assicurarsi che sia chiuso il rubinetto di scarico della vasca che contiene l'impianto a ultrasuoni.

Riempire col liquido previsto (acqua o detergente o solvente) la vasca che contiene l'impianto a ultrasuoni fino a raggiungere il livello previsto dal fabbricante dell'impianto di lavaggio

**\*\*\* ATTENZIONE \*\*\***  
**I TRASDUTTORI DEVONO SEMPRE ESSERE COMPLETAMENTE COPERTI DAL LIQUIDO DI LAVAGGIO**  
**IL FUNZIONAMENTO CON TRASDUTTORI PARZIALMENTE O COMPLETAMENTE SCOPERTI DAL LIQUIDO PUO' PROVOCARE DEI GRAVI DANNI AI TRASDUTTORI**

Accendere, se previsto, il riscaldamento della vasca che contiene l'impianto a ultrasuoni

Verificare che l'interruttore di accensione dei generatori sia spento, cioè che abbia la leva in posizione verticale.

Verificare sul retro del generatore la tensione di alimentazione prevista e, se corretta, collegare la spina del generatore alla rete elettrica. In caso di dubbio verificare con un tester che la tensione di rete sia uguale a quella del generatore.

A questo punto si può finalmente accendere l'interruttore del generatore, anche se la vasca non ha ancora raggiunto la sua temperatura di funzionamento.

Appena si accendono gli ultrasuoni si deve sentire un certo fischio che, dapprima debole, aumenta col passare del tempo fino a stabilizzarsi a una certa intensità. Questo fenomeno, particolarmente

evidente quando si è appena riempita la vasca di liquido, è del tutto normale ed è causato dalle microscopiche bollicine di aria, contenute nel liquido, che assorbono le onde acustiche prodotte dagli ultrasuoni.

Ma gli ultrasuoni hanno un notevole potere degasificante e mandano in superficie tutte queste minuscole bollicine di aria fino a degasare completamente il liquido. A questo punto il fischio degli ultrasuoni dovrebbe essere arrivato all'intensità massima e quindi stabilizzarsi.

Il tempo trascorso tra l'accensione degli ultrasuoni e questo momento si chiama "tempo di degasificazione del liquido". La brevità di questo tempo è indice di un corretto dimensionamento della potenza degli ultrasuoni, cioè di un favorevole rapporto Watt/litri.

**4x**

**Caratteristiche vasca**

- ° Costruzione acciaio inossidabile AISI 304 di spessore adeguato
- ° Fondo inclinato con rubinetto di scarico adeguato
- ° Riscaldamento elettrico o con serpentina di acciaio inossidabile AISI 316
- ° Coibentazione termo acustica con poliuretano espanso ad alta densità spessore 100 mm (anche fondo vasca)
- ° Pannellatura esterno vasca e bordi superiori vasca con polipropilene spessore 3-5 mm
- ° Eventuale coperchio coibentato e rivestito come la vasca (poliuretano e polipropilene)

	Coibentaz. termo-acustica	Impianto	UIS50110	## 4	Capacità vasca litri	1200	031031
	Trasduttore ultrasuoni	Trasduttori	UTS40100	## 4	Watt / litro	16.7	FIR spa
	Riscaldatore elettrico	Generatori	UGE50010	## 4	Superficie tot. telai dm <sup>2</sup>	180	
	Serpentina riscaldamento	Potenza kW	20		Superficie tot. trasd. dm <sup>2</sup>	144	
		Frequenza kHz	23		Sup. trasd./telai %	80 %	GCK

Via Alghero 12  
20128 MILANO ITALY  
tel. 02/27000981-991

## 1.5. Funzionamento normale

Assicurarsi che l'impianto abbia raggiunto la temperatura di funzionamento prevista

Accendere gli ultrasuoni qualche minuto prima di introdurre i primi pezzi da lavare per favorire il degasaggio della soluzione detergente.

Alcuni generatori sono muniti di un variatore della potenza d'uscita che permette di variare la potenza, e quindi il consumo e la rumorosità, in funzione dell'effettivo inquinante presente sui pezzi da lavare. Il valore ottimale di potenza va trovato sperimentalmente, tenendo conto che una potenza più bassa di quella necessaria non pulisce perfet-

tamente i pezzi, mentre una potenza più elevata di quella necessaria non produce alcun inconveniente

Se l'impianto di lavaggio non è munito di allarmi in caso di livello del liquido troppo basso, controllare ogni tanto che questo non scenda al di sotto del limite superiore degli ultrasuoni: in tal caso aggiungere del nuovo liquido

E' del tutto normale che il rumore prodotto dagli ultrasuoni possa variare: influiscono il tipo di liquido presente in vasca, la sua temperatura e la conformazione dei pezzi da lavare presenti.

## 1.6. Manutenzione ordinaria

Durante il primo mese di funzionamento verificare settimanalmente la tenuta e se necessario stringere i seguenti raccordi:

- \* dado di serraggio del raccordo filettato (se presente)
- \* dadi di fissaggio del raccordo flangiato (se presente)
- \* dado di fissaggio del raccordo rapido (se presente)
- \* dadi di fissaggio dei raccordi terminali delle guaine
- \* bordo esterno della scatoletta di giunzione

- \* giunzione tra guaina e raccordi terminali
- \* giunzione tra raccordo rapido e tubo di uscita cavi

Dopo il primo mese di funzionamento ripetere con frequenza trimestrale le operazioni sopra descritte.

Ogni mese smontare la griglia posteriore del generatore e soffiare con dell'aria compressa dalla parete che normalmente sta all'interno del generatore verso la parete esterna al generatore.

Ogni due o tre anni smontare le guaine di protezione dei cavi che vanno dai trasduttori ai generatori,



verificare le condizioni dei cavi elettrici, eventualmente sostituirli e sostituire in ogni caso le guaine.

**\*\*\* ATTENZIONE \*\*\***  
**LE LINEE ELETTRICHE TRA TRASDUTTORI E GENERATORI**  
**SONO A TENSIONE ELEVATA**  
**PRIMA DI QUALSIASI CONTROLLO SU QUESTE LINEE**  
**SPEGNERE L'INTERRUTTORE GENERALE**  
**E TOGLIERE TENSIONE A TUTTO L'IMPIANTO**



### TERMINOLOGIA

<b>Vibrazioni</b>	oscillazioni periodiche alternate di un corpo o di una molecola
<b>Frequenza (f)</b>	numero di vibrazioni nell'unità di tempo, cioè in un secondo; si misura in Hertz = Hz = cicli al secondo. 1 kHz = 1000 Hz
<b>Periodo (T)</b>	tempo impiegato per una oscillazione completa; è collegato alla frequenza dalla relazione $T = 1/f$ ; si misura in secondi e sue frazioni
<b>Suono</b>	vibrazione acustica a frequenza udibile, compresa cioè tra 20 e 16.000 Hz
<b>Ultrasuoni</b>	vibrazione acustica a frequenza maggiore di 20 kHz, non udibile perciò dall'orecchio umano
<b>Atmosfera</b>	unità di pressione : 1 atmosfera = 1 kg per cm <sup>2</sup>
<b>Micron</b>	sottomultiplo del metro: 1 micron = 1/1000 di mm
<b>Trasduttore</b>	elettro acustico: apparecchio che trasforma le onde elettriche in vibrazioni acustiche, per esempio l'altoparlante di una radio.
<b>Generatore</b>	apparecchio elettronico che produce corrente elettrica alternata ad alta frequenza ( 20 - 40 kHz)
<b>Efficienza</b>	di una macchina: rapporto tra potenza d'uscita e potenza assorbita in entrata, sempre minore dell'unità

## 2. LE APPLICAZIONI DEGLI ULTRASUONI

### 2.1. Un po' di storia

Si incomincia negli anni 50 a utilizzare industrialmente le onde acustiche prodotte da emettitori di ultrasuoni per coadiuvare il lavaggio dei pezzi immersi in vasche caricate con opportuni agenti chimici.

Negli anni 60 i primi utilizzatori, al di là dei settori ad alta tecnologia come gli aeronautici e i militari, furono gli orafi e i galvanotecnici. I primi utilizzavano piccole vaschette da pochi litri in cui lavavano con acqua e detergente i gioielli alla fine della lavorazione; l'asciugatura avveniva poi manualmente, tanto i gioielli andavano presi e controllati uno per uno. Erano gli anni d'oro in cui capitava di sentirsi offrire un chilo d'oro in cambio di una vaschetta a ultrasuoni da 5 litri (1 kg d'oro = 750.000 lire, 1 vaschetta = 800.000 lire).

I galvanici, invece, utilizzavano gli ultrasuoni, come tutt'ora, nei primi lavaggi ad acqua e detergente in testa alla linea galvanica e non avevano quindi il problema di asciugare i pezzi che, dopo il

lavaggio, passavano ad altri trattamenti sempre in acqua.

Dalla seconda metà degli anni 60 incominciarono a diffondersi i solventi clorurati e fluorurati che, oltre ad avere un ottimo potere detergente, avevano l'incomparabile vantaggio di permettere, con macchine in verità non troppo complicate, una semplice e perfetta asciugatura del pezzo.

Iniziò così una rapida diffusione degli impianti di lavaggio a solvente in tutte le officine meccaniche, sia per il lavaggio finale che per quello interstadio.

Molto spesso questi impianti erano muniti di ultrasuoni che, talvolta, avevano solo il compito di impreziosire il giocattolo, dandogli un aspetto "elettronico". In realtà, anche pochi Watt/litro producono un'ottima cavitazione in questi tipi di solvente, grazie al loro elevato  $\rho v$  (densità x velocità del suono nel mezzo), alla bassa viscosità e al ridotto valore di tensione di vapore.

TIPO	ULTRASUONI	DIFETTI
cercare, sul mercato nero, un impianto a solventi classici usato da spacciare come impianto preesistente alle nuove normative	pochi Watt/litro	coscienza
acquistare un impianto ermetico a percloroetilene	maggiori di 10 Watt/litro	rapporto produttività costo non sempre entusiasmante
passare a un impianto di lavaggio ad acqua e detergente	maggiori di 10 Watt/litro	impianto più complesso, difficoltà di asciugatura, necessità di depurazione
passare a un impianto di lavaggio con solventi alternativi	maggiori di 20 Watt/litro	infiammabilità del prodotto

### 2.2. La situazione attuale

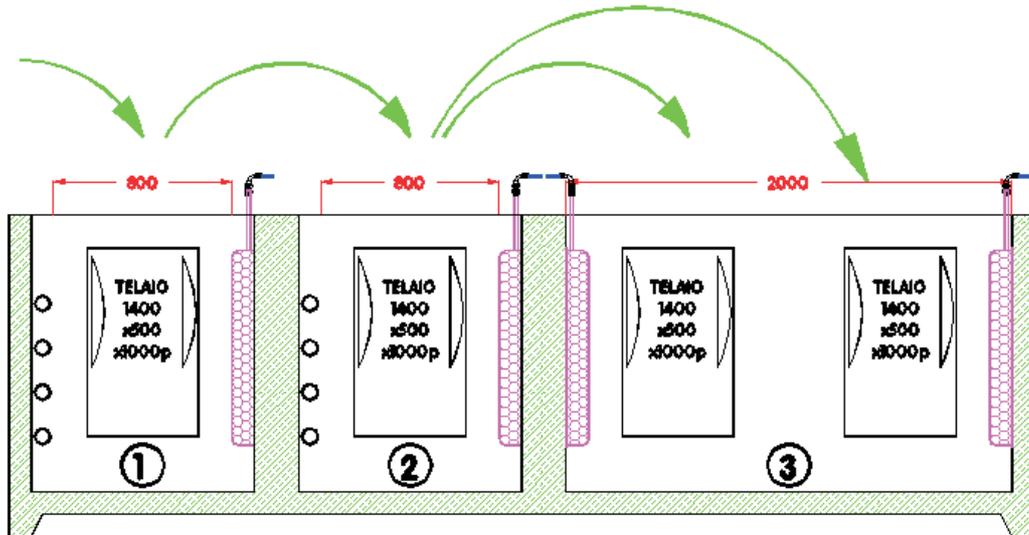
All'inizio degli anni 90, con la criminalizzazione dei solventi classici, sono iniziate le perplessità degli utenti che fino al giorno prima erano beatamente felici delle loro mega - multistadio che consumavano *solo* pochi quintali di solvente al mese.

La prima possibilità viene citata unicamente ad onore della fantasia mediterranea, anche se le richieste in tal senso siano più numerose di quanto si possa pensare.

Negli ultimi tre casi le cose volgono a favore dei

All'utilizzatore che ha la necessità di installare un nuovo impianto di lavaggio si presentano le seguenti possibilità:

poveri costruttori di ultrasuoni, dato che i pochi Watt/litro sufficienti per gli impianti a solventi tradizionali vanno ora sostituiti con potenze specifiche ben maggiori.



### 2.3. Gli impianti con detergenti acquosi

Il lavaggio in acqua e sapone è sempre esistito, fin dai tempi dei romani, tuttavia non è mai stato preso molto in considerazione, al di fuori del settore galvanico, finché si poteva scegliere, a causa delle difficoltà che si incontrano nell'asciugatura del pezzo.

Ciononostante già nel 1978 è stato messo in funzione, presso una nota verniciatura in conto terzi, un impianto di lavaggio a immersione con ultrasuoni in acqua e detergente in vasche di circa cinque m<sup>3</sup>: il ciclo prevedeva lavaggio, fosfatazione, risciacquo e asciugatura. I particolari trattati, carpenterie di ferro per elaboratori, erano prodotti da una grande ditta che approvò, sia teoricamente che praticamente, il ciclo di trattamento.

Visti i buoni risultati, dopo un paio d'anni venne installato un altro impianto analogo, sempre in vasche di circa cinque m<sup>3</sup>, per il trattamento delle pressofusioni di alluminio che servivano da basamento ai videoterminali.

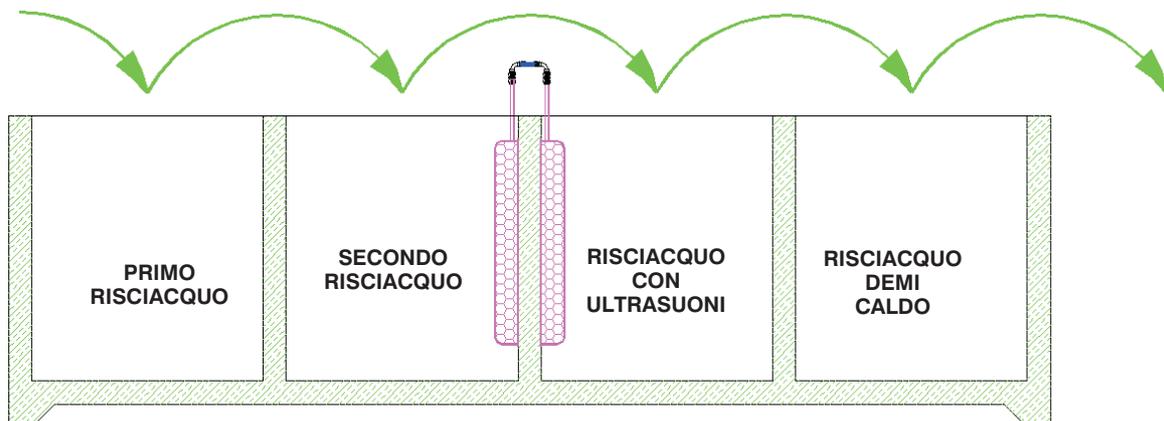
Certo, visti oggi questi due impianti presentano dei discreti problemi di produttività dovuti, specialmente all'inefficienza della movimentazione,

ma i risultati qualitativi erano nettamente superiori a quelli che si ottenevano col lavaggio a spruzzo nel tunnel di verniciatura

Dal punto di vista del lavaggio i cicli a detergente continueranno a garantire dei buoni risultati, purché si rispettino i seguenti parametri costruttivi.

- \* Opportuno dimensionamento del ciclo e del numero di vasche di trattamento
- \* Opportuno dimensionamento della potenza degli ultrasuoni, tenendo ben presente che, al di là del corretto valore di potenza specifica (W/litro), gli ultrasuoni si propagano in un liquido in maniera rettilinea, cioè con un piccolissimo angolo di apertura, e che tutta la superficie dei pezzi da trattare deve essere esposta agli ultrasuoni
- \* Valutare la possibilità di utilizzare degli ultrasuoni negli ultimi risciacqui

Tutto ciò vale sia che si debbano lavare dei pezzi disposti su telaio o ammassati in cesti o in impianti in continuo tipo coclea.



### 2.3.1. Il lavaggio degli oli leggeri

Esempi tipici di questa categoria sono i particolari di ferro o di alluminio inquinati con oli di taglio o di stampaggio, trattati sia su telai che in cesti o barili. Dal punto di vista del lavaggio è meglio osservare le seguenti norme:

- \* Utilizzare una o due vasche di prelavaggio, a secondo della quantità di olio presente sui pezzi.
- \* Installare degli ultrasuoni, con un livello di potenza di pochi W/litro, nelle prime due vasche: si avrà così una migliore bagnabilità

dei pezzi e un più rapido affioramento dell'olio in superficie

- \* Prevedere un efficiente sistema di separazione dell'olio
- \* Installare degli ultrasuoni con una potenza dai 7 ai 15 W/litro nella terza vasca, a secondo della tipologia e della disposizione dei pezzi da trattare
- \* Installare degli ultrasuoni con una potenza di qualche W/litro nella vasca di risciacquo, specialmente se i particolari trattati presentano dei fori ciechi o dei lamierati scatolati

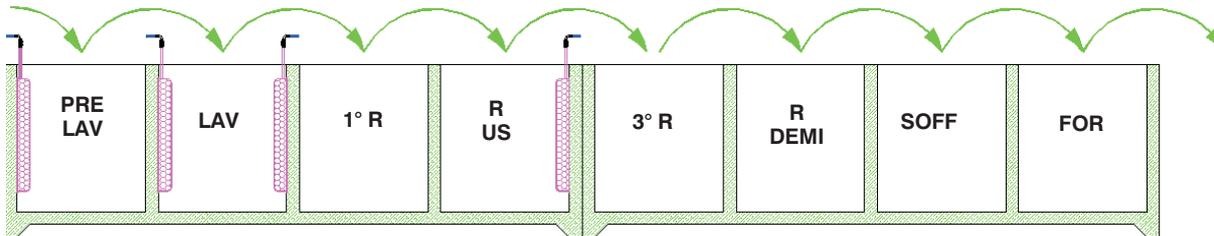
### 2.3.2. Il lavaggio delle paste di lucidatura

La tipologia tipica di questi pezzi è rappresentata da particolari di ottone o di zama che vengono lucidati, manualmente o su macchine automatiche, con paste di lucidatura. In questi casi è importante un accurato studio e messa a punto non solo del ciclo di lavaggio, ma anche del ciclo di lavorazione precedente: un eccesso di pasta di lucidatura rimasta sul pezzo non solo è difficile da lavare, ma spesso può provocare delle corrosioni, special-

mente sui pezzi di zama.

Attenersi comunque ai seguenti suggerimenti:

- \* Prevedere almeno una vasca di preammollo con una potenza specifica degli ultrasuoni di 5-10 W/litro
- \* Installare da 10 a 20 W/litro di ultrasuoni nella vasca di lavaggio, considerando che è indispensabile disporre i trasduttori su ambedue le pareti della vasca



### 2.3.3. I risciacqui con ultrasuoni

Notoriamente la fase più critica di un impianto di lavaggio ad acqua è l'asciugatura dei pezzi dopo il lavaggio. Molto spesso i particolari da trattare presentano fori e zone scatolate da cui è molto difficile rimuovere non solo l'inquinante ma anche la soluzione detergente che, se rimane intrappolata, rischia di fuoriuscire durante la fase di asciugatura macchiando i pezzi.

Il primo effetto degli ultrasuoni in un liquido è di degasarlo e di aumentare il fenomeno di capillarità, permettendo il ricambio di liquido anche in zone difficili. D'altra parte per evidenziare questi fenomeni è sufficiente una relativamente bassa potenza specifica (2-3 W/litro), per cui anche la spesa d'acquisto di un tale impianto a ultrasuoni resta su livelli accettabili.

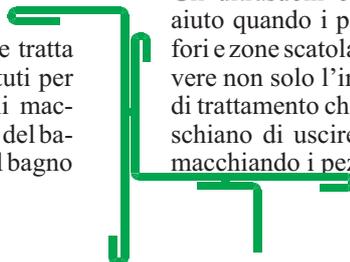
### 2.3.4. Gli ultrasuoni nella zincatura

Non è sempre vero che la zincatura sia un trattamento povero, con scarso valore aggiunto, che non può permettersi tecnologie avanzate e quindi costose. Ecco un ciclo studiato e applicato da una grossa zincatura francese.

**Problema:** su un impianto a telaio che tratta prevalentemente lamierati puntati e ribattuti per telefonia e informatica si hanno notevoli macchiature e colature dovute al trascinarsi del bagno acido di zincatura che fuoriesce dopo il bagno di passivazione.

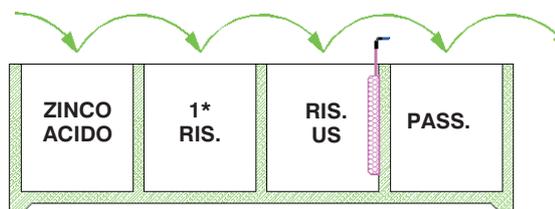
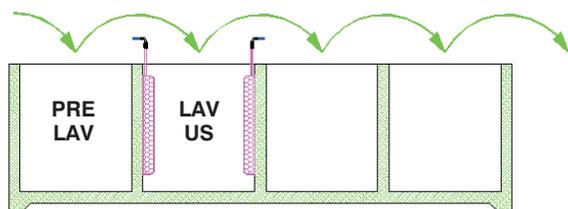
**Soluzione:** inserire un impianto a ultrasuoni nel secondo risciacquo dopo il bagno di zincatura, subito prima della vasca di passivazione.

Gli ultrasuoni offrono spesso un insostituibile aiuto quando i particolari da trattare presentano fori e zone scatolate da cui è molto difficile rimuovere non solo l'inquinante ma anche le soluzioni di trattamento che, se rimangono intrappolate, rischiano di uscire durante le fasi di asciugatura macchiando i pezzi.



Il primo effetto degli ultrasuoni in un liquido è di degasarlo e di aumentare il fenomeno di capillarità, permettendo il ricambio di liquido anche in zone difficili.

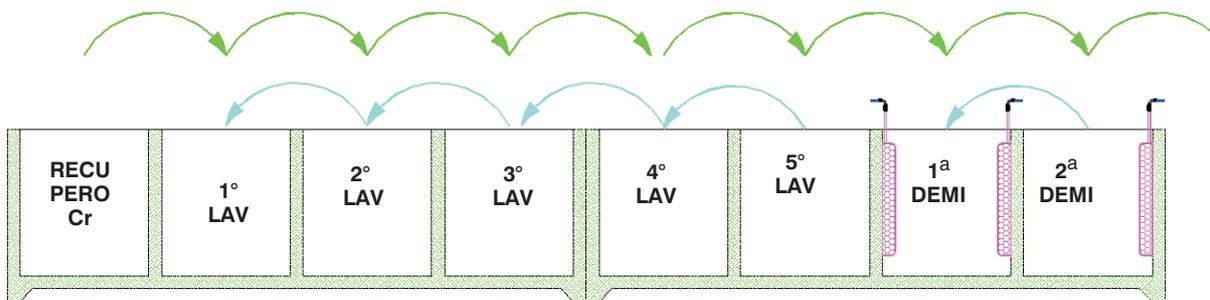
D'altra parte per evidenziare questi fenomeni è sufficiente una relativamente bassa potenza specifica (3-7 W/litro), per cui anche la spesa d'acquisto di un tale impianto a ultrasuoni resta su livelli accettabili.



### 2.3.5. Gli ultrasuoni nella cromatura

**Problema:** I flessibili per doccia prodotti su un classico impianto di cromatura presentavano all'uscita, una volta asciugati, notevoli quantità di cromo trattenuto tra le spire e nella aggraffatura del tubo. Tale problema era particolarmente notevole per i flessibili con doppia aggraffatura, cioè per quelli più robusti e più costosi. Unica soluzione era quella di rilavare i flessibili fuori linea e procedere poi alla loro centrifugazione. Questo passaggio era indispensabile data la notevole esportazione sul mercato americano che ormai è sempre più intrasigente.

**Soluzione:** inserire un impianto a ultrasuoni nel penultimo lavaggio demineralizzato con una potenza dell'ordine dei 7 W/litro e uno nell'ultimo lavaggio con una potenza di 3 W/litro. Gli ultrasuoni offrono spesso un insostituibile aiuto quando i particolari da trattare presentano fori e zone scatolate da cui è molto difficile rimuovere non solo l'inquinante ma anche le soluzioni di trattamento che, se rimangono intrappolate, rischiano di uscire durante le fasi di asciugatura macchiando i pezzi.



## 2.4. Gli impianti con solventi alternativi

Questi tipi di impianto, destinati specialmente al trattamento in massa di piccoli particolari, non ha ancora avuto un accettabile sviluppo, forse dovuto alla necessità di disporre di impianti antideflagranti. Resta comunque da notare che questi liquidi, date le loro caratteristiche fisiche (basso  $p_v$  e alta viscosità) richiedono degli impianti a ultrasuoni opportunamente ottimizzati e dei trasduttori con potenza per unità di superficie radiante molto maggiore dei 1-1,5 W/cm<sup>2</sup> dei soliti trasduttori, data la diversa impedenza tipica del liquido di la-

vaggio che richiede anche una forma di modulazione diversa per favorire la formazione della cavitazione.

Sicuramente si ottengono dei buoni risultati di lavaggio specialmente con gli impianti sotto vuoto, dato che la bassa pressione, presente sulla superficie del liquido di lavaggio, favorisce la cavitazione all'interno del liquido

## 2.5. Impianti a solventi classici

Questi impianti rappresentano una discreta popolazione del nostro pianeta e, ormai caduti in disuso per i noti problemi ecologici, meriterebbero di essere redenti e nobilitati con l'uso di prodotti meno nocivi.

Anche se probabilmente sono stati totalmente ammortizzati, rientra sempre in una corretta gestione ecologica delle risorse cercare di evitare di smaltire delle attrezzature che potrebbero invece essere riutilizzate.

La cosa non è però semplice ed è possibile solo in un ristretto numero di casi, non tanto per problemi di lavaggio, ma piuttosto per problemi di risciacquo e di asciugatura finale.

Come abbiamo già visto un ciclo di trattamento ad acqua ideale comporta le seguenti fasi:

- \* prelavaggio con o senza ultrasuoni
- \* lavaggio con ultrasuoni
- \* 1° risciacquo
- \* 2° risciacquo con ultrasuoni
- \* 3° risciacquo
- \* 4° risciacquo demineralizzato
- \* soffiatura con aria fredda
- \* forno di asciugatura

Sarebbero quindi richieste 8 vasche di trattamento

o comunque 8 posizioni diverse e, anche volendosi limitare e abolendo il prelavaggio e il 3° risciacquo, resterebbero sempre 6 diversi passaggi.

La maggior parte degli impianti a solvente esistenti possiede due o al massimo tre vasche e potrebbe quindi essere utilizzata solo per le prime due o tre fasi del trattamento: lavaggio a ultrasuoni, 1° risciacquo e risciacquo con ultrasuoni.

Occorre poi tenere ben presente che il ciclo in acqua e detergente richiede dei tempi di trattamento ben superiori a quelli che erano richiesti da un impianto a solvente e quindi le considerazioni seguenti si applicano solo a grandi impianti con una produttività relativamente bassa.

Ovviamente bisogna poi prevedere di potenziare la parte a ultrasuoni già esistente nell'impianto che era stata a suo tempo dimensionata per l'uso di solventi e aveva quindi una potenza nettamente inferiore a quella necessaria per lavare in acqua.

Come si vede il lavoro è notevole e coinvolge sia l'impiantista che il produttore di ultrasuoni ed è comunque possibile, a mio parere, solo su impianti abbastanza grandi e previsti per una bassa produttività.. Solo un accurato e preciso calcolo dei costi può dire se è conveniente la trasformazione o l'acquisto di un nuovo impianto appositamente dimensionato

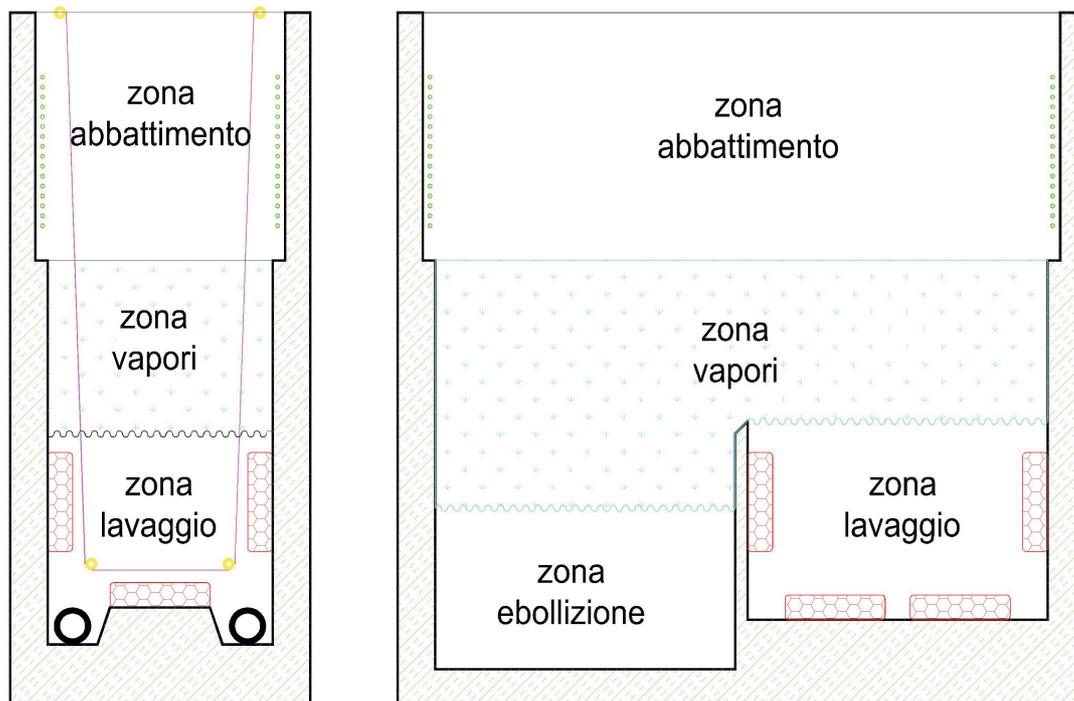
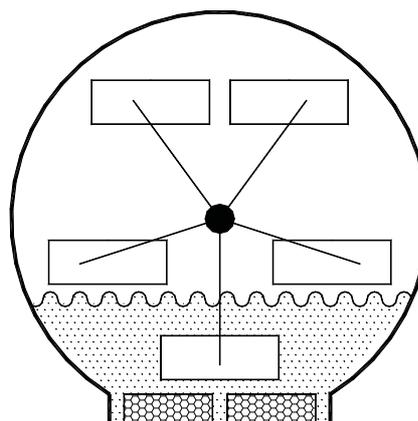
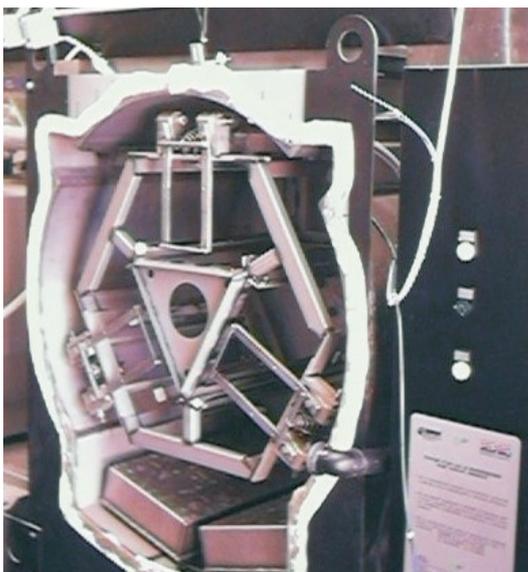


Fig. 8 Schema di una lavatrice a solventi classici



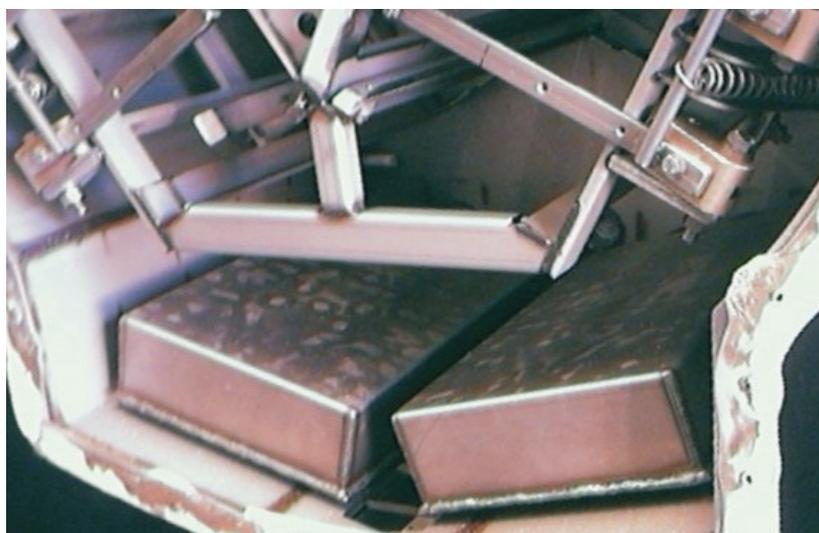
## 2.6. Impianti ermetici

Questi impianti, ormai abbastanza diffusi, rappresentano una soluzione impeccabile dal punto di vista ecologico, data la loro trascurabile emissione e anche dal punto di vista produttività permettono dei tempi di ciclo paragonabili a quelli degli impianti aperti automatici: un cesto ogni 4-5 minuti.

I pezzi caricati, in appositi cesti, vengono fatti ruotare in una botte in cui si immette il solvente per effettuare la fase di lavaggio, eventualmente in presenza di ultrasuoni; viene poi pompato via il solvente e si immettono vapori per effettuare il risciacquo finale e il riscaldamento dei pezzi indispensabile per l'asciugatura che viene effettuata con circolazione d'aria calda o mediante un circuito di vuoto. Il tutto viene fatto passare attraverso un gruppo frigorifero di condensazione e i vapori così condensati vanno al serbatoio del distillato e non vengono quindi emessi o mandati a un filtro a carboni attivi, come succede negli impianti tradi-

zionali che, se anche presentano una emissione ridotta nell'ambiente, hanno comunque un notevole consumo di solvente che viene trattenuto dai carboni attivi.

Sullo stesso principio si stanno introducendo oggi anche degli impianti ermetici per detergenti in base acquosa. Il liquido viene prelevato da un serbatoio, mandato nella vasca di trattamento e alla fine ripompato nel serbatoio. Si possono avere diversi serbatoi, ciascuno col suo circuito di pompaggio, in modo da poter fare diverse fasi di lavaggio e risciacquo; alla fine viene poi eseguita un'asciugatura sotto vuoto



### 3. Il lavaggio sulla linea galvanica



A mio avviso, ogniqualvolta sia possibile, è consigliabile eseguire le operazioni di preparazione all'inizio della linea galvanica, evitando i cosiddetti

lavaggi fuori linea che richiedono un inutile maneggiamento dei particolari, infatti:

- \* almeno un operatore è necessario per alimentare e scaricare un impianto di lavaggio, per quanto questo sia automatico.
- \* Inoltre un ciclo di lavaggio richiede un'asciugatura, spesso più difficoltosa del lavaggio stesso, specialmente adesso che i solventi sono stati messi all'indice
- \* Si rende necessaria una logistica operativa tale da evitare problemi di ossidazione e corrosione ai pezzi lavati in attesa del trattamento di deposizione che deve comunque essere fatto nel più breve tempo possibile.

Ovviamente i cicli di pretrattamento e i prodotti da usare sono diversi a secondo del materiale di base da trattare e del deposito metallurgico che vogliamo eseguire.

#### 3.1. Proprietà dei detergenti

I prodotti base utilizzati per confezionare un detergente chimico sono: Soda caustica, fosfati, metasilicati, carbonati, disperdenti organici, complessanti organici, tensioattivi anionici e non ionici, anfoteri, saponi, antisedimentanti.

L'impiego dei vari prodotti nella formulazione di uno sgrassante chimico e le loro percentuali, sono determinati dal tipo di metallo da sgrassare, dalla temperatura di impiego, dal ciclo in cui viene inserito, dalle modalità di utilizzo.

##### 3.1.1. Effetto bagnante

L'effetto che lo sgrassante esplica attraverso i tensioattivi in esso contenuti. I tensioattivi tendono a sciogliere lo strato di sporco che c'è sul metallo, mediante abbassamento della tensione superficiale e interfacciale, e spostamento dell'aria presente nell'interfaccia metallo-sporco.

L'effetto bagnante è, in pratica, il primo requisito per sgrassare un metallo.

##### 3.1.2. Effetto emulsionante

Una volta avvenuto l'effetto bagnante, può verificarsi l'effetto emulsionante. Questo è semplicemente la dispersione di due liquidi reciprocamente immiscibili. Il verificarsi dell'effetto

emulsionante dipende, in primo luogo, dai tipi di olio incontrati, e dalla scelta del tensioattivo, ed in secondo luogo da fattori quali il pH della soluzione, la temperatura e l'agitazione.

##### 3.1.3. Effetto solubilizzante

E' il processo per cui la solubilità di una sostanza in una soluzione (in questo caso acquosa), viene incrementata attraverso la scelta di specifici ten-

sioattivi. Nel caso specifico, è la possibilità di solubilizzare in acqua alcune parti dei contaminati, di per sé insolubili.

##### 3.1.4. Effetto saponificante

E' costituito dalla reazione tra un olio contenente acidi grassi reattivi, con alcali liberi, per formare

un sapone. Esempio di olii saponificabili sono quelli vegetali, animali o di balene. Il sapone formato diventa solubile in acqua.

### 3.1.5. Effetto disperdente

---

E' il processo per cui lo sporco viene disgregato in particelle molto piccole nella soluzione detergente. Viene mantenuto in questo stato, evitando che si riagglomeri.

### 3.1.6. Effetto complessante

---

E' il processo per cui ioni presenti nella soluzione come Calcio ( $Ca^{++}$ ) e Magnesio ( $Mg^{++}$ ), ed ioni che possono entrare in soluzione successivamente, quali  $Fe$ ,  $Zn$ ,  $Cu$ , vengono disattivati prima che possano reagire con altre sostanze, e formare precipitati insolubili, od inibire l'effetto disperdente della soluzione.

Tipico esempio è l'intorbidamento di un'acqua dura, quando in essa vengono sciolti saponi o particolari tensioattivi. Il sapone reagisce con Calcio e Magnesio, dando luogo a precipitati insolubili.

Il complessante ha, inoltre, un altro effetto sui metalli che possono trovarsi in soluzione (tipo  $Fe$ ,  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $Pb$ ).

Questi metalli, se complessati, facilitano il processo di distacco dello sporco dal pezzo ed evitano la formazione di prodotti che inibiscono con il tempo l'effetto disperdente della soluzione.



## 3.2. Azione meccanica

---

L'azione chimica del detergente sui pezzi deve essere coadiuvata da un'azione meccanica che favorisca la rimozione dell'inquinante. Gli ultrasuoni, come abbiamo visto, producono sul pezzo una no-

tevole azione meccanica, ma si possono applicare altri tipi di azione meccanica.

### 3.2.1. Movimentazione dei pezzi

---

Si ottiene con un opportuno motoriduttore che sposta la barra portatelai: il movimento può essere orizzontale o verticale, meglio ancora se percorre un'orbita circolare del diametro di pochi centimetri.

Può essere utilizzata anche nelle vasche in cui sono presenti ultrasuoni e favorisce l'uniformità di diffusione della cavitazione sulla superficie del pezzo. In questo caso deve essere piuttosto lenta: 5 - 10 cicli al minuto

### 3.2.2. Aria insufflata

---

Si ottiene con delle ventole ad alta pressione che mandano aria in tubature disposte sul fondo della vasca, permettendo così un notevole rimescola-

mento della soluzione. Tale sistema non è utilizzabile in presenza di ultrasuoni, dato che ne annullerebbe l'effetto, ma è molto diffuso nelle vasche di preammollo in cui i pezzi stazionano lungamente.

### 3.2.3. Pompe di ricircolo

---

Aspirano dal fondo della vasca e mandano sulle superficie del liquido; sono normalmente collegate a un impianto di filtraggio che permette di mantenere pulita la soluzione. Largamente diffuse nelle vasche di deposizione di nichel e rame sia

elettrolitico che chimico, si utilizzano talvolta anche nelle vasche di preparazione per separare dalla soluzione gli inquinanti solidi o oleosi.

Normalmente questi sistemi convivono male con gli ultrasuoni, dato che una qualunque pompa

produce sempre del vapore e, come abbiamo già visto, la presenza di gas inibisce l'azione degli ultrasuoni.

Nel caso si debbano separare degli olii che vengono tenuti in sospensione dal detergente, occorre prevedere una vasca che abbia due feritoie poste all'altezza del livello massimo su due lati opposti della vasca.

Da una feritoia si aspira la soluzione con una pompa che manda a un disoleatore e, con un'altra pompa, si manda il liquido pulito alla feritoia opposta. Si viene così a creare, sulla superficie della soluzione, una corrente che manda l'olio galleggiante verso la feritoia di aspirazione. Questo tipo di ricircolo agisce solo sulla superficie e non disturba quindi l'azione degli ultrasuoni.

### 3.2.4. Pompaggio ad alta pressione

Detto anche lavaggio idrocinetico o Hydrosonic consiste in una pompa ad alta pressione che invia il liquido, aspirato dalla vasca stessa di lavoro, a una serie di getti disposti sulle pareti della vasca di fronte ai pezzi da trattare. Il tutto crea una notevole turbolenza che aiuta a distaccare lo sporco, ma non riesce ad agire sull'inquinante all'interno dei pezzi.

Il sistema è meccanicamente piuttosto delicato e richiede una notevole manutenzione dei filtri e de-

gli ugelli di spruzzatura, oltre a richiedere un esorbitante consumo di energia elettrica, si parla di qualche decina di KW per ogni mille litri di bagno.

Ovviamente questa turbolenza non è compatibile con l'azione degli ultrasuoni.

**6x**

**Caratteristiche vasca**

- ° Costruzione acciaio inossidabile AISI 304 di spessore adeguato
- ° Fondo inclinato con rubinetto di scarico adeguato
- ° Riscaldamento elettrico o con serpentina di acciaio inossidabile AISI 316
- ° Coibentazione termo acustica con poliuretano espanso ad alta densità spessore 100 mm (anche fondo vasca)
- ° Pannellatura esterno vasca e bordi superiori vasca con polipropilene spessore 3-5 mm
- ° Eventuale coperchio coibentato e rivestito come la vasca (poliuretano e polipropilene)

	Impianto	UIS40110	## 6	Capacità vasca litri	1000	20010101
	Trasduttori	UTS40100	## 6	Watt / litro	24	Newform spa
	Generatori	UGE40010	## 6	Superficie tot. telai dm <sup>2</sup>	240	
	Potenza kW	24		Superficie tot. trasd. dm <sup>2</sup>	216	
	Frequenza kHz	23		Sup. trasd./telai %	90 %	GCK

### 3.3. Cicli di trattamento

E' impossibile fare un elenco esaustivo di tutti i cicli di pretrattamento, dato che la galvanica è un'arte e non un mestiere, ciascuno personalizza e adegua alle sue esigenze i già numerosi cicli di base esistenti.

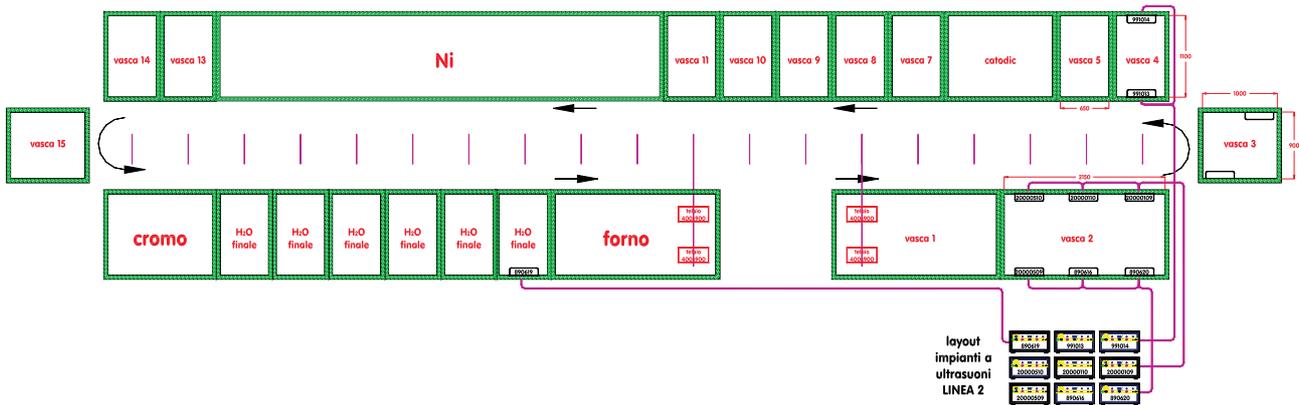
Cerchiamo di riassumere così i diversi cicli di pretrattamento differenziandoli in base ai metalli da trattare, anche se spesso si vedono delle linee miste previste per il trattamento di svariati materiali.

#### 3.3.1. Preparazione dell'ottone

- \* La prima vasca di disoleatura è utile quando si ha molto inquinamento da olio, talvolta fatta solo con acqua, talvolta con detergenti a bassa concentrazione, ma sempre a una temperatura di 90 - 95 °C.
- \* La seconda vasca serve per i pezzi sporchi di pasta di lucidatura che sarebbe meglio non far passare nella prima vasca, per non farli arrivare nella terza vasca troppo poveri di grassi, con solo gli abrasivi sulla superficie del pezzo. Inoltre si potrebbe avere una eccessiva ossidazione dei pezzi
- \* La quarta e la quinta vasca servono a bloccare, data l'alcalinità della soluzione, qualunque trascinamento di saponi che potreb-

be provocare pericolosi fenomeni di sbucciatura di tutto il deposito

- \* Non è consigliabile un risciacquo prima delle elettrolitiche dato che anch'esse sono alcaline e la quinta vasca serve già a bloccare i saponi.
- \* Nella vasca di neutralizzazione si può aggiungere una piccola quantità di acido citrico (2-3 g/l) utile specialmente per le leghe ad alto contenuto di Pb. E' invece sconsigliabile, a parer mio, l'aggiunta di HF.
- \* Particolarmente critico è il lavaggio prima del nichel: occorre evitare che trascinati indesiderati tensioattivi nella vasca di trattamento

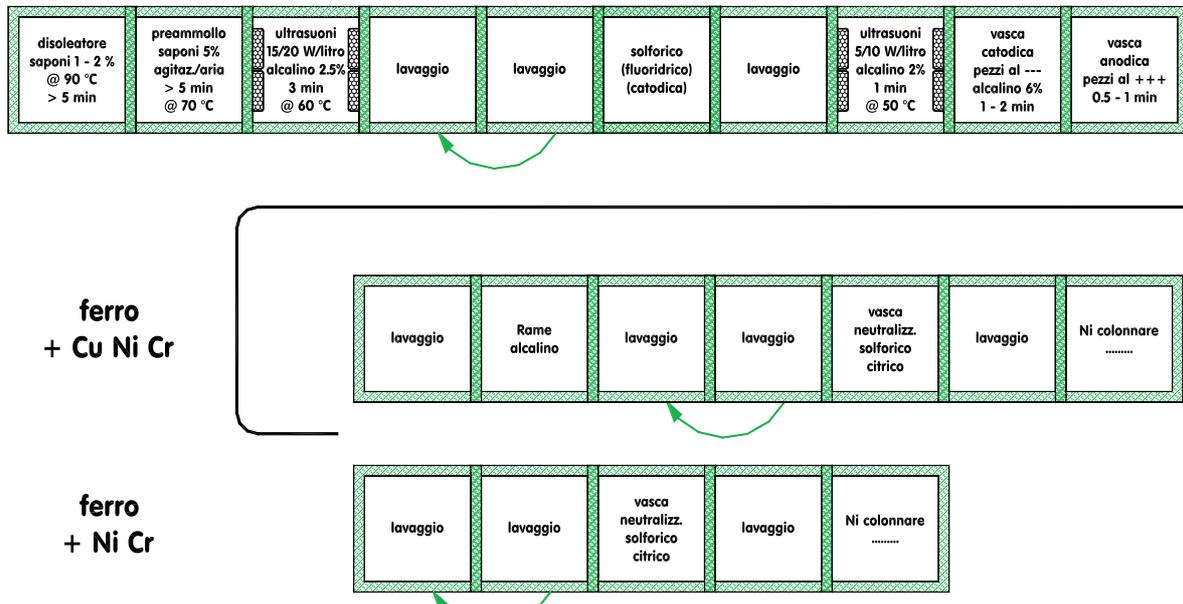


**ottone  
+ Ni Cr**



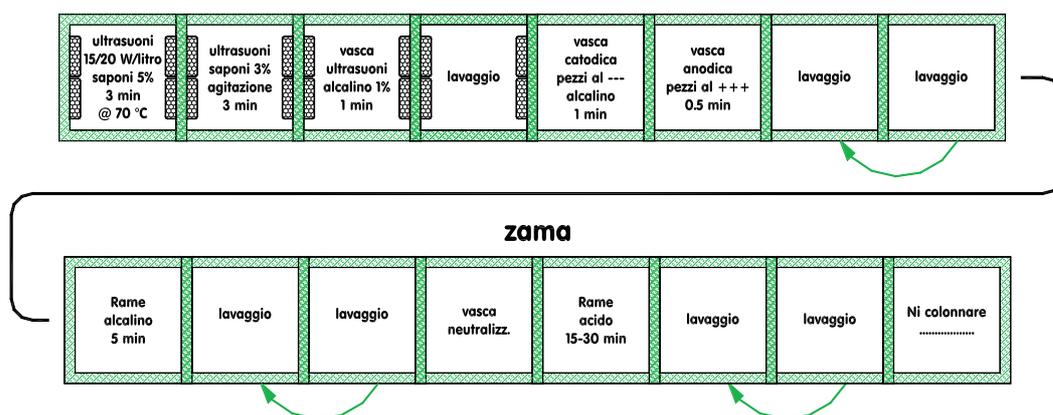
### 3.3.2. Preparazione del ferro

- \* La prima e la seconda vasca possono essere entrambe usate data la presenza di un decapaggio acido nella sesta vasca
- \* I due lavaggi in controcorrente delle vasche 4 e 5 sono indispensabili per non neutralizzare l'acido della vasca 6 con i trascinalenti di sgrassatura.
- \* Il decapaggio della vasca 6 contiene normalmente  $H_2SO_4$ , HCl e in alcuni casi HF. Può anche essere messo sotto corrente in fase catodica
- \* Gli ultrasuoni della vasca 8 sono utili per eliminare eventuali polverini lasciati sui pezzi dal decapaggio. Si può poi entrare direttamente in elettrolitica
- \* Nel caso si depositi prima Cu è sufficiente un solo lavaggio dopo le elettrolitiche
- \* Prima della neutralizzazione è sempre meglio avere due lavaggi



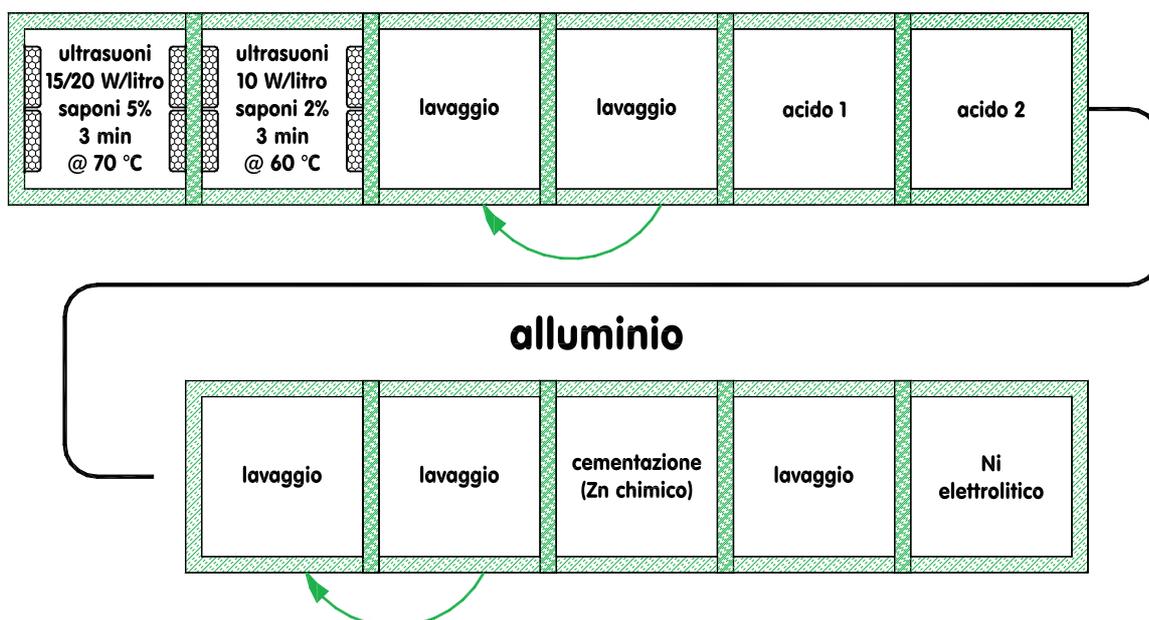
### 3.3.3. Preparazione della zama

- \* La zama è piuttosto delicata ed è meglio trattarla subito nella prima vasca con gli ultrasuoni
- \* La terza vasca contiene una soluzione debolmente alcalina per evitare il trascinamento dei saponi
- \* Le sgrassature elettrolitiche devono essere brevi e sono piuttosto critiche
- \* E' sempre consigliabile, dopo il primo strato di Cu alcalino, depositare uno strato di Cu acido, molto più lucido e coprente di quello alcalino



### 3.3.4. Preparazione dell'alluminio

- \* In alcuni casi la seconda vasca è caricata con un detergente leggermente alcalino in modo da fare un intacco sulla superficie del pezzo (satinatura)
- \* Sono previste due vasche di intacco acido da usare in alternativa a secondo della lega di alluminio; in genere sono a base di acido nitrico e fluoridrico
- \* In alcuni casi è necessario ripetere due volte il ciclo di decapaggio e cementazione per assicurare una maggiore aderenza del deposito
- \* In alcuni casi si preferisce depositare uno strato di Cu (acido) sotto il deposito di Ni, molti riescono preferiscono invece nichelare direttamente





## Indice

### A

Aria insufflata	pag.	20
Atmosfera	pag.	12
Avviamento dell'impianto	pag.	10
Azione meccanica	pag.	20

### C

Cicli di trattamento	pag.	22
capillarità	pag.	3
cavitazione	pag.	3 - 4
ceramiche piezoelettriche	pag.	5
criminalizzazione dei solventi	pag.	13

### D

degasificazione	pag.	3
Dimensionamento ultrasuoni	pag.	8

### E

Effetto bagnante	pag.	19
Effetto complessante	pag.	20
Effetto disperdente	pag.	20
Effetto emulsionante	pag.	19
Effetto saponificante	pag.	19
Effetto solubilizzante	pag.	19
Efficienza	pag.	12

### F

Frequenza	pag.	4
Funzionamento ultrasuoni	pag.	11

### G

generatore elettronico	pag.	6
------------------------	------	---

### I

immersibili	pag.	4
impianti con detergenti	pag.	14
impianti con solventi alternativi	pag.	16
Il lavaggio in linea	pag.	19 - 24
Impianti con solventi clorurati	pag.	17
Impianti ermetici	pag.	18

### L

lavaggio degli oli	pag.	15
lavaggio delle paste	pag.	15

### M

Manutenzione ultrasuoni	pag.	11
Micron	pag.	12
Modulazione	pag.	7
Movimentazione dei pezzi	pag.	20

### P

Periodo	pag.	12
Pompaggio ad alta pressione	pag.	21
Pompe di ricircolo	pag.	20
Preparazione del ferro	pag.	23
Preparazione dell'alluminio	pag.	24
Preparazione dell'ottone	pag.	22
Preparazione della zama	pag.	24
Proprietà dei detergenti	pag.	19

### S

Suono	pag.	12
-------	------	----

### T

TERMINOLOGIA	pag.	12
Trasduttori magnetici	pag.	5
Trasduttori piezoelettrici	pag.	5

### U

Ultrasuoni	pag.	12
Unità radianti	pag.	4

### V

Vibrazioni	pag.	12
------------	------	----

### S

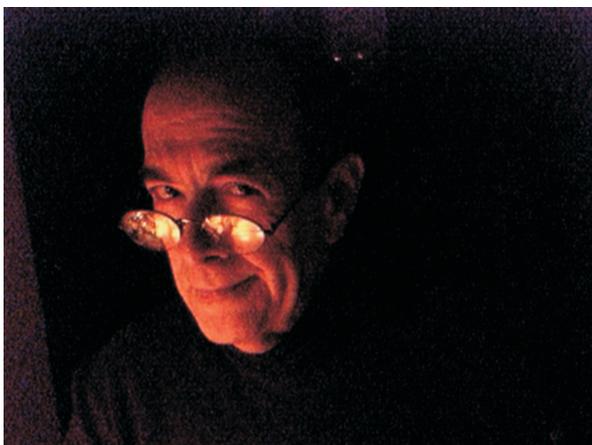
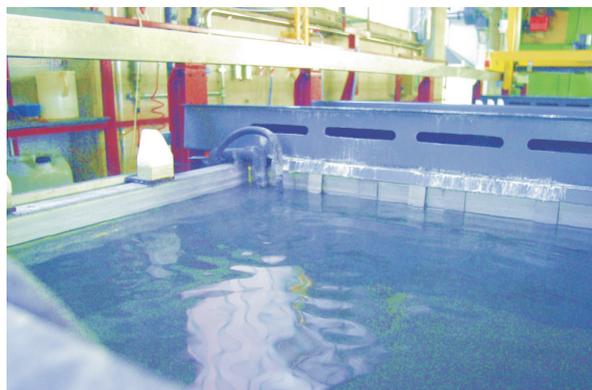
solubilizzazione	pag.	3
storia ultrasuoni	pag.	13

### U

ultrasuoni nei risciacqui	pag.	15
ultrasuoni nella cromatura	pag.	16
ultrasuoni nella zincatura	pag.	15

### V

vasca di lavaggio	pag.	8
-------------------	------	---



**!! per qualunque chiarimento scrivetemi:  
gk@gkappa-com**