



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102007901555892
Data Deposito	14/09/2007
Data Pubblicazione	14/03/2009

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	29	C		

Titolo

SONOTRODO ROTANTE PER LA SALDATURA AD ULTRASUONI.

rivendicazione 1.

L'invenzione trova particolare applicazione nel campo delle macchine per la saldatura ad ultrasuoni di materiali plastici, tessili oppure per generare la cavitazione in liquidi e in generale per tutte quelle applicazioni dove è richiesta una vibrazione radiale rispetto alla rotazione del sonotrodo.

Come è noto queste macchine comprendono un convertitore che trasforma attraverso un dispositivo piezoelettrico o similari, un segnale elettrico con frequenza nel campo degli ultrasuoni (solitamente da 15 a 60 kHz) in vibrazioni meccaniche ultrasoniche ed un sonotrodo collegato al convertitore, il quale vibrando su due porzioni adiacenti di materiale plastico le salda insieme.

I sonotrodi possono essere di tipo stazionario (come descritto dalla domanda di brevetto EP 0 468 125) oppure rotante (come descritto dalla domanda di brevetto EP0 457 187).

La presente invenzione si riferisce ai sonotrodi rotanti, ossia a quei componenti che hanno un corpo sostanzialmente discoidale che viene fatto ruotare su due porzioni di materiale plastico da saldare.

Uno dei maggiori problemi dei sonotrodi rotanti attualmente conosciuti, risiede nella difficoltà di ottenere dispositivi in grado di vibrare alla frequenza desiderata trasmettendo

efficacemente l'energia di eccitazione al materiale plastico da saldare.

Fissato il materiale di cui deve essere costituito il sonotrodo (alluminio, titanio, acciaio o loro leghe), la frequenza di risonanza di quest'ultimo, ossia quella a cui è massima l'ampiezza della vibrazione, dipende grandemente dalla lavorazione delle due facce contrapposte del corpo discoidale. Rispetto ad una forma ideale, la fresatura di pochi decimi di millimetro di materiale dalle facce del corpo rotante può cambiare notevolmente l'ampiezza delle vibrazioni del sonotrodo.

Una variazione anche minima del profilo del disco, così la distribuzione delle masse sul disco e sul mozzo genera effetti molto diversi in funzione della saldatura ottenibile. Un tipo di sonotrodo noto allo stato dell'arte è descritto nel documento EP 0 457 187 sopra richiamato.

I dischi descritti nel brevetto EP 0 457 187 sono caratterizzati dal fatto di presentare facce laterali del disco piane, o genericamente concave, che si raccordano ad un mozzo posto attorno all'asse di rotazione del disco.

I sonotrodi realizzati secondo gli insegnamenti della domanda EP 0 457 187 hanno fatto riscontrare alla frequenza di vibrazione di 35 kHz, che è quella normalmente più utilizzata per le applicazioni industriali dei sonotrodi, alcuni limiti legati alla ampiezza piuttosto ridotta della vibrazione della

superficie di saldatura, la quale risulta anche non uniforme lungo la larghezza della fascia che costituisce tale superficie: ciò porta di fatto a non poter utilizzare i sonotrodi noti da EP 0 457 187 per le applicazioni industriali.

Il problema tecnico che si pone alla base della presente invenzione è pertanto quello di migliorare questo stato della tecnica.

L'idea di soluzione di tale problema deriva dal fatto che a seguito di numerose prove di laboratorio, si è riscontrato come il profilo delle facce laterali del disco del sonotrodo è estremamente importante ai fini dell'ampiezza e dell'uniformità di vibrazione.

In particolare la richiedente ha sorprendentemente riscontrato che le prestazioni del sonotrodo migliorano in modo sensibile se lo spessore del suo corpo discoidale è minimo nella zona dove esso si raccorda con il mozzo, o in prossimità di questa zona.

Il problema tecnico anzidetto è pertanto risolto da un sonotrodo rotante le cui caratteristiche sono enunciate nella rivendicazione 1.

Queste ed ulteriori caratteristiche del trovato, con gli effetti vantaggiosi che ne derivano, risulteranno maggiormente dalla descrizione che segue e dai disegni annessi, forniti a titolo esemplificativo e non limitativo,

in cui:

la fig. 1 illustra schematicamente una macchina per la saldatura ad ultrasuoni secondo l'invenzione;

le fig. 2 e 3 sono rispettive viste in sezione e di lato di un sonotrodo secondo l'invenzione;

fig. 4, 5 e 6 mostrano rispettive viste in sezione diametrale di sonotrodi secondo la presente invenzione;

fig. 7 mostra una sezione di un sonotrodo secondo la tecnica anteriore.

Con riferimento alla figura 1, in essa è visibile una macchina per la saldatura secondo l'invenzione la quale comprende un convertitore 1 di tipo noto in sé, supportato (con dei cuscinetti non riportati in fig. 1) in modo da poter girare rispetto ad un asse di rotazione Z orizzontale e destinato a generare vibrazioni ultrasoniche con le tipiche frequenze per le applicazioni industriali, in particolare quelle intorno a 35 kHz.

Il convertitore 1 genera vibrazioni ultrasoniche e in questo esempio presenta un perno 2 solidale con esso, sul quale è calettata una ruota dentata 3; quest'ultima è collegata ad un motore, preferibilmente di tipo elettrico, mediante una trasmissione a cinghia, ingranaggi o altro, per la messa in rotazione del perno 2 e del convertitore 1 intorno ad un asse orizzontale Z di rotazione. Il motore e la trasmissione non sono stati mostrati nei disegni per semplicità.

Ovviamente le soluzioni per l'azionamento in rotazione del convertitore 1 potranno essere diverse dalla ruota dentata 3 con la relativa trasmissione; peraltro il perno 2 può essere assente in certe soluzioni costruttive, nelle quali si ha solo il convertitore 1.

Il perno 2 è collegato al mozzo 4 di un sonotrodo 5 realizzato secondo l'invenzione; tale collegamento può essere di tipo filettato o di qualunque altro genere in uso nella tecnica.

Nelle figure 1 e 2 il sonotrodo è mostrato in sezione diametricale (senza tratteggio) in modo da lasciare in evidenza il profilo delle sue facce esterne, di cui si dirà meglio in seguito.

Il mozzo 4 si estende anche dal lato opposto del sonotrodo 5 rispetto al convertitore 1, simmetricamente con riferimento ad un piano mediano M; nell'esempio raffigurato, la parte del mozzo 4 che si trova dal lato opposto rispetto al convertitore 1, è collegata ad un contrappeso 6 che serve da organo di bilanciamento: quest'ultimo è comunque opzionale in quanto potrebbe anche essere assente.

Il sonotrodo 5 presenta un corpo discoidale 8 con facce esterne concave 9, 10 contrapposte lungo l'asse di rotazione Z e simmetriche rispetto al piano mediano M; le facce 9, 10 si estendono radialmente dal mozzo 4 in corrispondenza di rispettivi bordi 11 e 12 di raccordo con esso, fino ad una

superficie periferica di saldatura 15 costituita da una fascia cilindrica coassiale con l'asse di rotazione del sonotrodo.

La superficie 15 è la parte del sonotrodo 5 che entra in contatto con il materiale 7 da saldare, il quale potrà essere costituito da elementi di materiale plastico, tessuto o altro, secondo le applicazioni dell'invenzione, di cui si è già detto in precedenza; essa presenta uno spessore 18 che dipende dal profilo delle facce esterne 9 e 10.

Infatti, come si vede dalle figure lo spessore in senso assiale (cioè parallelo all'asse Z) del corpo discoidale 8 del sonotrodo varia in funzione della distanza radiale dall'asse di rotazione Z.

In particolare, definendo lo spessore S in un punto come la distanza tra le facce 9, 10 presa lungo una direzione d parallela all'asse Z di rotazione e passante per quel punto, si vede che lo spessore del corpo del disco presenta un minimo $S_{\min}$.

In accordo con l'invenzione il minimo spessore $S_{\min}$ del corpo discoidale 8 deve trovarsi ad una distanza dai bordi di raccordo 11, 12 delle facce 9, 10, minore della metà della estensione radiale delle facce 9 e 10 del disco 8.

Così, ad esempio, nella figura 1 il minimo spessore $S_{\min}$ del corpo discoidale 8 del sonotrodo si trova in corrispondenza dei bordi di raccordo 11 e 12 delle sue facce con il mozzo 4;

progredendo radialmente verso l'esterno, cioè verso la superficie di saldatura 15, lo spessore S del corpo discoidale 8 aumenta con una legge che dipende dal profilo concavo delle facce 9, 10.

Il minimo spessore $S_{\min}$ del corpo discoidale può comunque trovarsi anche distanziato rispetto al mozzo 4, come ad esempio visibile in figura 2 dove una porzione rastremata 16 del corpo del disco 8 si estende dai bordi di raccordo 11, 12 delle sue facce esterne 9 e 10, fino alla zona di minimo spessore $S_{\min}$ individuata dal raggio $R_{\min}$.

In generale la richiedente ha notato che, sorprendentemente, le prestazioni del sonotrodo aumentano se il minimo spessore $S_{\min}$ del corpo discoidale 8 si trova in posizione più ravvicinata ai bordi di raccordo 11, 12 delle facce esterne 9, 10; tale minimo non deve comunque essere oltre la metà dell'estensione radiale ($R_d/2$) delle facce esterne dai bordi 11, 12 di raccordo col mozzo 4.

In termini geometrici, se si indica con R_m il raggio del mozzo 4, con R_d l'ampiezza radiale del corpo 8 del disco (e delle sue facce 9, 10) e con $R_{\min}$ la distanza dei punti di minimo spessore del corpo del disco, in accordo con l'invenzione si ha che: $R_{\min} < R_m + R_d/2$.

Ciò vale sia che le facce 9, 10 abbiano un profilo curvilineo come nelle fig. 1 e 2, sia nel caso che tale profilo sia rettilineo come si vedrà meglio in seguito; inoltre, la

richiedente ha notato che questo effetto non dipende dalla lunghezza del mozzo 4: infatti esso può avere lunghezza pari alla larghezza della superficie di saldatura 15, oppure maggiore di essa o anche inferiore.

I sonotrodi realizzati in accordo con l'invenzione hanno evidenziato delle ampiezze di vibrazione notevolmente superiori a quelle dei sonotrodi descritti nella domanda di brevetto europea EP 0 457 187.

Quest'ultima descrive infatti dei sonotrodi le cui facce esterne sono piatte o genericamente concave, ed in cui i punti di minimo spessore del corpo del disco sono distanti dal bordo di raccordo delle facce con il mozzo (nei casi in cui questo è presente).

Ne consegue che le vibrazioni ottenute con questi sonotrodi noti, oltre ad avere ampiezze piuttosto ridotte sono anche disuniformi sulla superficie di saldatura, cioè non sono omogenee su tutta l'ampiezza di fascia.

Pertanto questi sonotrodi noti non sono di fatto utilizzabili industrialmente.

Naturalmente è possibile realizzare varianti dei sonotrodi seguendo l'insegnamento dell'invenzione sopra delineato.

Ad esempio, oltre alle configurazioni delle figure 1 e 2 nelle quali il minimo spessore $S_{\min}$ si trova in corrispondenza dei bordi di raccordo 11, 12 delle facce concave 9 e 10, oppure a valle della superficie rastremata 16, si possono

realizzare sonotrodi in cui le facce esterne 9, 10 hanno profilo rettilineo divergente verso la superficie 15 di saldatura, come mostrato nelle figure 4-6.

In queste varianti è stato anche volutamente aumentato lo spessore radiale 18 della superficie periferica di saldatura 15 rispetto agli esempi precedenti, così che lateralmente diventa una parte non trascurabile delle facce esterne 9, 10 del sonotrodo.

A conferma dei risultati conseguiti dall'invenzione, la richiedente ha effettuato alcune prove comparative tra i sonotrodi delle figure 4, 5 e 6, con alcuni di quelli noti dalla domanda europea EP 0 457 187 già richiamata; di tali prove si riportano appresso le risultanze.

Le prove sono state eseguite tenendo come parametri fissi i seguenti: frequenza utilizzata 35000 Hz, diametro esterno 90 mm; profondità massima P della faccia concava rispetto alla sua proiezione in piano: 7.5 mm; raggio del mozzo $R_m = 11,5$ mm; larghezza della superficie di saldatura $L_s 32$ mm ; materiale utilizzato: lega di alluminio "anticorodal 00".

Partendo dai sonotrodi del brevetto EP 0 457 187 (ed in particolare da quello di fig. 15-16 di questo documento) si è realizzato un campione con queste caratteristiche dimensionali, il quale però presentava una frequenza di risonanza di 37950 Hz incompatibile con la frequenza di 35000 Hz di funzionamento dei generatori ultrasonici per

applicazioni industriali nella saldatura di materie plastiche (le tolleranze per queste applicazioni vanno da circa 34600 Hz a 35600 Hz).

Successivamente si è quindi realizzato un altro campione di sonotrodo secondo EP 0 457 187, avente diametro esterno di 120 mm; questo secondo campione tuttavia presentava una frequenza di risonanza di 31500 Hz, nuovamente al di fuori dal campo di lavoro dei normali generatori ultrasonici.

Si è quindi provveduto a realizzare, sempre seguendo gli insegnamenti del brevetto EP 0 457 187, il sonotrodo di fig. 7 il quale presenta una frequenza di risonanza di 35450 Hz ed è quindi validamente utilizzabile per una prova comparativa.

Le dimensioni di questo campione di fig. 7 sono:

$R_m = 11,5 \text{ mm}$

$R_d = 43,5 \text{ mm}$

$L_m = 45 \text{ mm}$

$L_s = 32 \text{ mm}$

Inoltre, il raggio di curvatura delle facce esterne concave era di 32 mm

Secondo gli insegnamenti della presente invenzione è stato quindi realizzato un sonotrodo come quello di fig. 4, in cui il minimo spessore $S_{\min}$ del corpo discoidale 8 si trova in corrispondenza dei bordi 11, 12 di raccordo col mozzo 4: pertanto, con le notazioni precedenti, in questo caso $R_{\min}$ è uguale a R_m (dove $R_{\min}$ è la distanza del minimo spessore

dall'asse di rotazione Z, mentre R_m è il raggio del mozzo 4).

Le dimensioni del sonotrodo secondo l'invenzione mostrato in fig. 4 sono:

$$R_m = 11,5 \text{ mm}$$

$$R_d = 33,5 \text{ mm}$$

$$L_m = 45 \text{ mm}$$

$$L_s = 32 \text{ mm}$$

Applicando ai sonotrodi da provare degli ultrasuoni con frequenza 35000 Hz sono state misurate le ampiezze delle vibrazioni in corrispondenza di tre punti della superficie di saldatura 15: due punti che si trovano da parti opposte rispetto al piano mediano M e un punto giacente su tale piano.

L'ampiezza delle vibrazioni rilevate è come riportato in tabella 1, con valori espressi in micron:

	Punto a	Punto b	Punto c
Sonotrodo EP 0 457 187 (fig. 7)	10	3	8
Sonotrodo secondo la presente invenzione (fig. 4)	24	24	24

Tabella 1

Da questi valori si può apprezzare come il sonotrodo realizzato secondo la presente invenzione, abbia una elevata uniformità ed ampiezza di vibrazione.

Al contrario, il sonotrodo realizzato secondo EP 0 457 187 presenta una vibrazione non uniforme e di ampiezza ridotta,

che non permette di effettuare una buona saldatura e può portare a conseguenze negative anche sulla durata del sonotrodo stesso, il quale a causa della non uniformità di vibrazione è potenzialmente più esposto a fenomeni di rottura.

I risultati favorevoli ottenuti dal campione precedente di sonotrodo secondo l'invenzione, sono stati poi confermati anche da altri campioni mostrati nelle figure 5 e 6, sui quali sono state eseguite ulteriori prove.

In particolare la fig. 5 mostra una configurazione vantaggiosa di un sonotrodo 5 secondo l'invenzione, in cui il mozzo 4 presenta un andamento tronco-conico crescente verso le sue estremità libere; come si vede, il minimo spessore $S_{\min}$ del disco si ritrova in corrispondenza dei bordi 11, 12 di raccordo delle facce 9, 10 del corpo discoidale 8, pertanto ad una distanza $R_{\min}$ dall'asse di rotazione Z che è minore del raggio R_m del mozzo 4 ($R_{\min} < R_m$).

In aggiunta, in questo caso il mozzo 4 ha lunghezza L_m pari alla ampiezza L_s della superficie di saldatura 15.

La fig. 6 illustra una configurazione di sonotrodo secondo l'invenzione in cui il mozzo 4 presenta un andamento cilindrico a raggio costante e pari a R_m , e il raggio di minimo spessore del disco si ritrova immediatamente dopo il raggio R_m stesso.

Le dimensioni del sonotrodo di fig. 5 sono:

$$R_m = 9,5 \text{ mm}$$

$$R_d = 35,5 \text{ mm}$$

$$L_m = L_s = 32 \text{ mm}$$

Mentre quelle del sonotrodo di fig. 6 sono:

$$R_m = 16,5 \text{ mm}$$

$$R_d = 28,5 \text{ mm}$$

$$L_m = L_s = 32 \text{ mm}$$

Questi due campioni di sonotrodo dell'invenzione sono stati sottoposti a delle prove di laboratorio analoghe a quelle precedenti (cioè con eccitazione a 35.000 Hz) ed i risultati ottenuti sono stati riportati nella tabella 2, dove sono indicate le rilevazioni della ampiezza di vibrazione (esprese in micron) in tre punti della superficie di saldatura 15, vale a dire lungo i bordi opposti rispetto al piano mediano P e in corrispondenza di tale piano.

	Punto a	Punto b	Punto c
Sonotrodo fig. 5	40	40	40
Sonotrodo fig. 6	28	28	28

Tabella 2

Anche in questi casi si può notare come la vibrazione dei sonotrodi sia uniforme su tutta la larghezza della loro superficie di saldatura 15, così come il valore dell'ampiezza di vibrazione è superiore al sonotrodo noto di fig. 7 provato

in precedenza

Come detto, l'uniformità di vibrazione si riflette vantaggiosamente non soltanto sulla qualità di saldatura, ma anche sulla robustezza del sonotrodo, mentre l'amplificazione del segnale si riflette sul rendimento.

Da quanto descritto sinora è possibile comprendere come in accordo con l'invenzione, le prestazioni dei sonotrodi migliorano se si profilano le loro facce esterne 9, 10 in modo che il minimo spessore S_{min} del corpo del disco 8, si trovi il più vicino possibile ai bordi di raccordo 11, 12 e comunque non oltre la semiampiezza radiale ($R_d/2$) del corpo discoidale.

Nell'ambito di questo insegnamento si potranno quindi realizzare sonotrodi con facce aventi profilo curvo o rettilineo come quelle dei disegni considerati, oppure con una combinazione di tali profili.

Tutte queste varianti rientrano comunque nell'ambito delle rivendicazioni che seguono.

* * * * *

RIVENDICAZIONI

1. Sonotrodo (5) per la saldatura ad ultrasuoni, comprendente un corpo discoidale (8) atto a ruotare rispetto ad un asse (Z), dotato di una coppia di facce esterne (9, 10) contrapposte la cui distanza lungo una direzione (d) parallela all'asse di rotazione (Z) definisce lo spessore (S) in un punto del corpo discoidale, dette facce essendo estese radialmente tra rispettivi bordi (11, 12) di raccordo con un mozzo (4) ed una superficie periferica di saldatura (15), caratterizzato dal fatto che il minimo spessore ($S_{\min}$) del corpo discoidale si trova ad una distanza radiale dai bordi di raccordo (11, 12) col mozzo (4) delle facce laterali (9, 10) che è inferiore a metà della estensione radiale (R_d) delle facce stesse.

2. Sonotrodo secondo la rivendicazione 1, in cui lo spessore (S) del corpo discoidale (8) aumenta progredendo radialmente verso l'esterno oltre il minimo spessore ($S_{\min}$), fino ad un valore corrispondente all'ampiezza della superficie periferica di saldatura (15).

3. Sonotrodo secondo le rivendicazioni 1 o 2, in cui il minimo spessore ($S_{\min}$) del corpo discoidale (8) si trova sostanzialmente in corrispondenza dei bordi (11, 12) di raccordo delle facce laterali (9, 10) col mozzo (4).

4. Sonotrodo secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui le facce laterali (9, 10) sono concave e

presentano un profilo in sezione che è curvilineo a partire dal minimo spessore ($S_{\min}$) verso la superficie periferica di saldatura (15).

5. Sonotrodo secondo la rivendicazione 4, in cui il corpo discoidale (8) comprende una porzione rastremata (16) che si estende dai bordi di raccordo (11, 12) delle facce esterne (9, 10) fino al minimo spessore ($S_{\min}$).

6. Sonotrodo secondo le rivendicazioni 4 o 5, in cui il profilo curvilineo è di tipo ellittico, parabolico o simili.

7. Sonotrodo secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 3, in cui le facce esterne (9,10) presentano un profilo in sezione che è rettilineo divergente a partire dal minimo spessore ($S_{\min}$) verso la superficie periferica di saldatura (15).

8. Sonotrodo secondo una qualunque delle rivendicazioni da 4 a 7, in cui lo spessore (18) della superficie periferica di saldatura (15) è parte delle facce esterne (9, 10) del corpo discoidale (8).

9. Sonotrodo secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, in cui il mozzo (4) presenta una forma cilindrica a raggio costante.

10. Sonotrodo secondo una qualunque delle rivendicazioni da 1 a 8, in cui il mozzo (4) presenta una forma tronco-conica crescente verso le estremità libere del mozzo (4) stesso.

11. Sonotrodo secondo una qualunque delle rivendicazioni

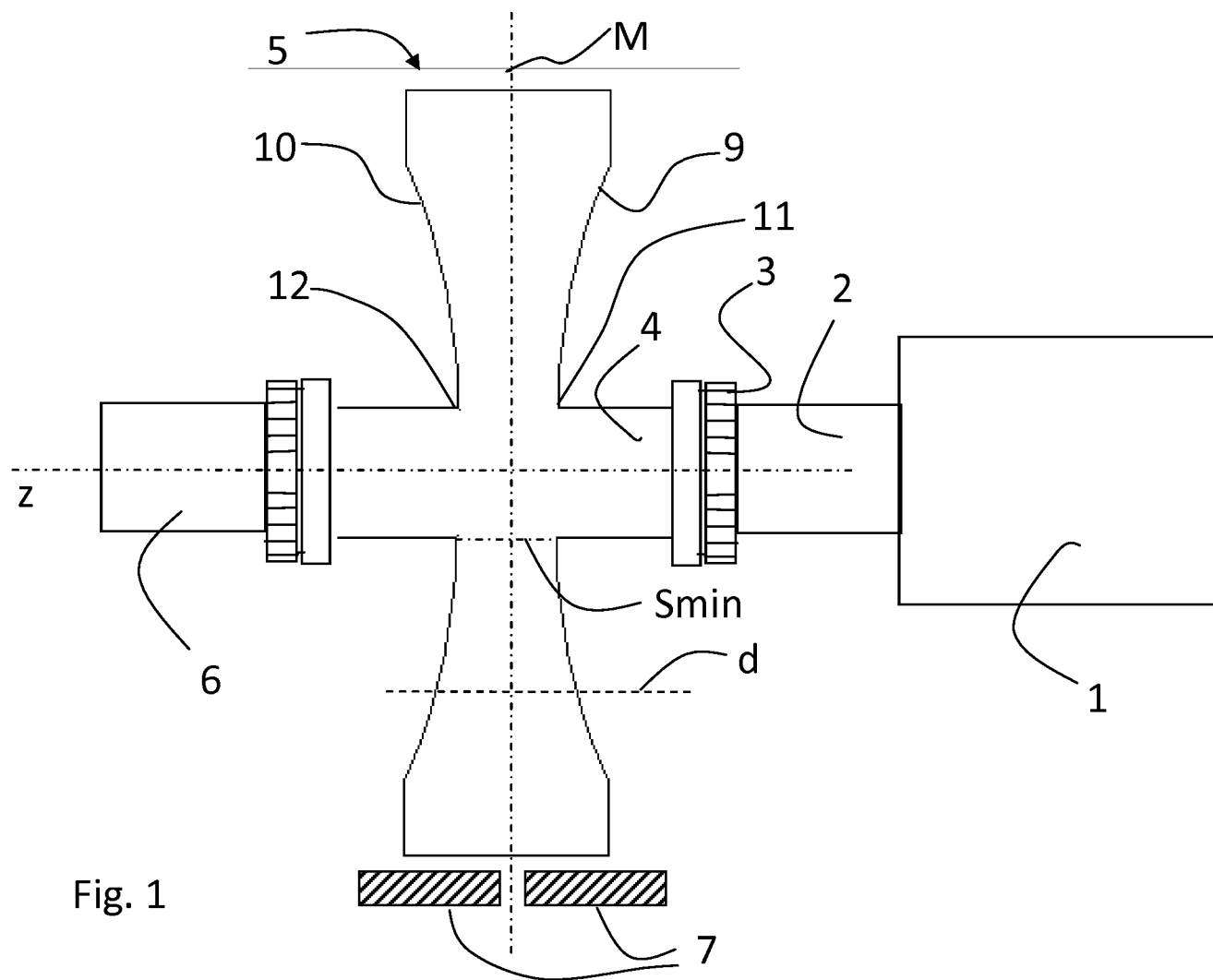
precedenti, in cui il mozzo (4) ha una lunghezza (L_m) sostanzialmente pari o superiore alla larghezza (L_s) della superficie periferica di saldatura (15).

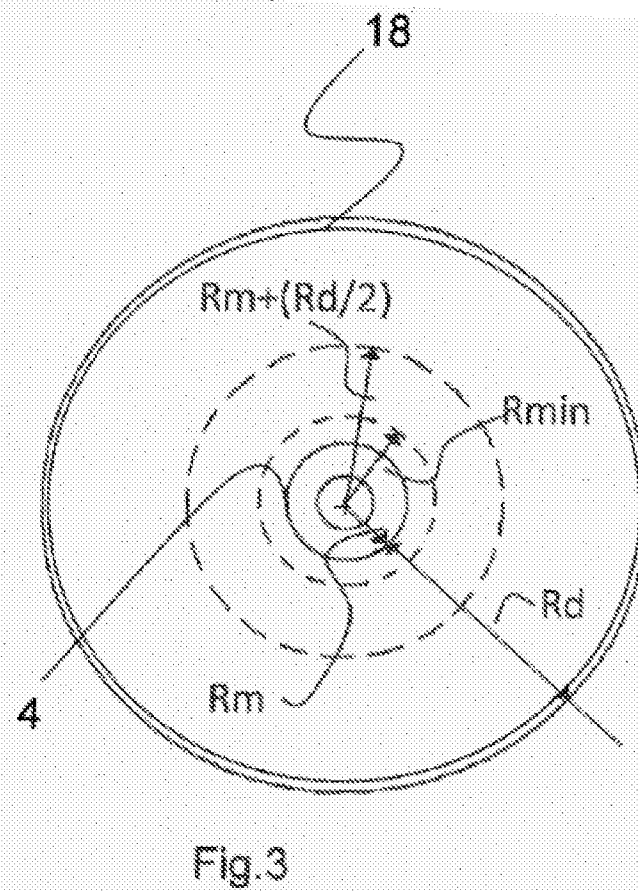
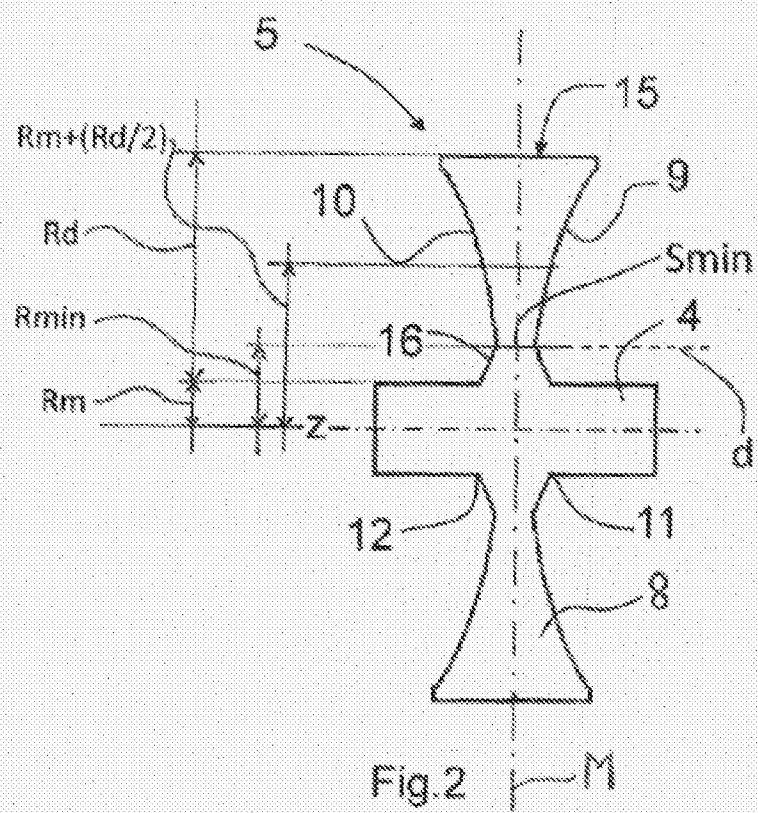
* * * * *

Startec s.r.l.

p.i. Ing. CAMOLESE MARCO

(No. Iscr. Albo: 882BM)





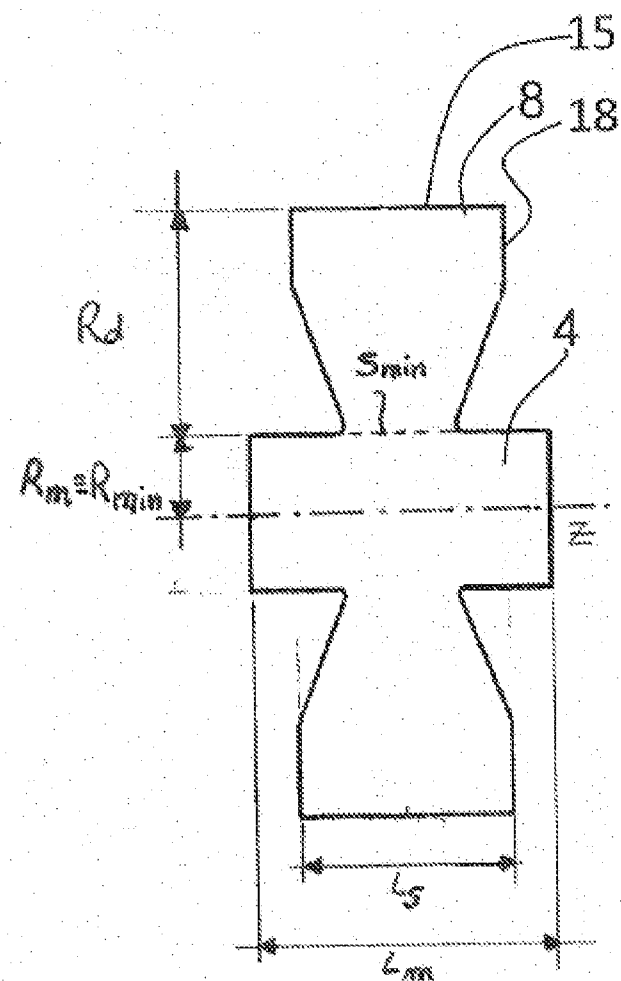


Fig. 4

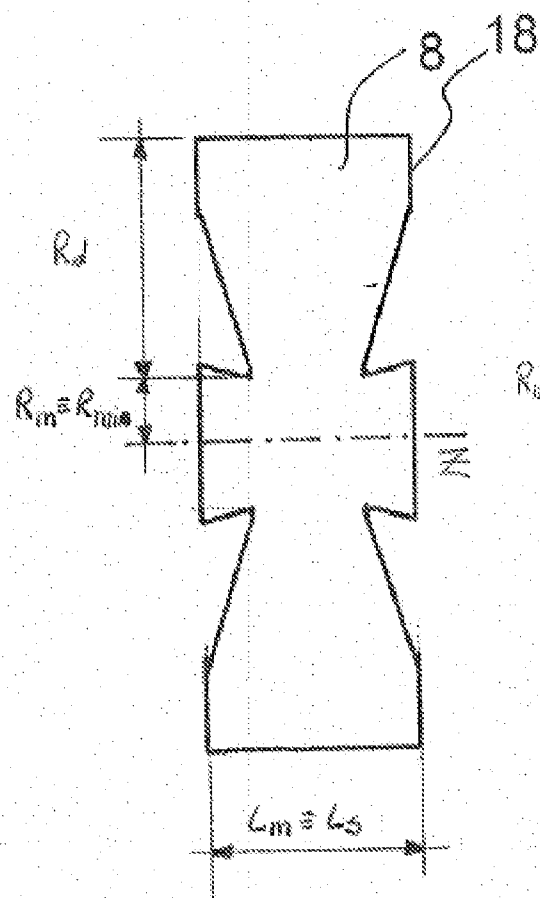


Fig. 5

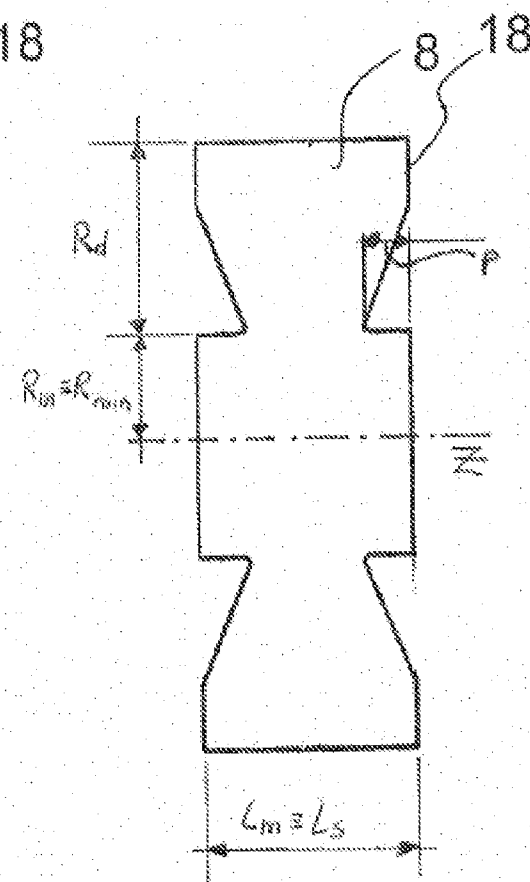


Fig. 6

- ARTE NOTA -

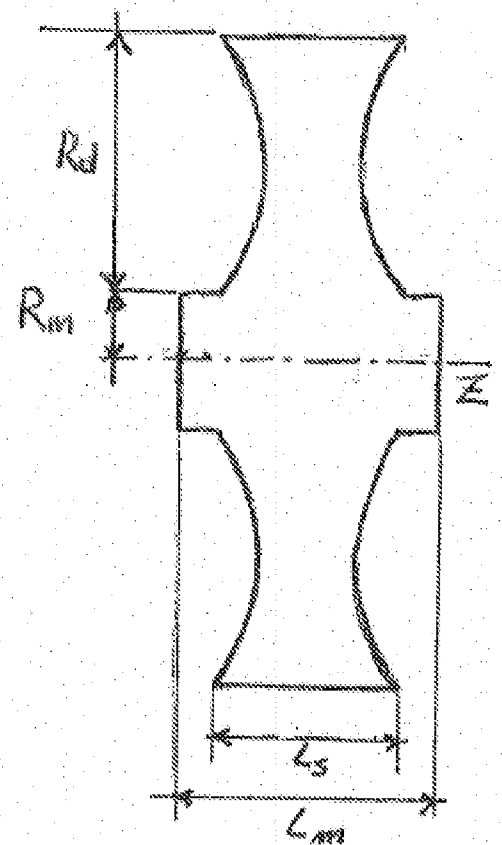


Fig.7