

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication : **2 547 225**  
à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction

②1 N° d'enregistrement national : **83 09574**

⑤1 Int Cl<sup>3</sup> : B 23 K 20/10; B 06 B 3/00.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 9 juin 1983.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPi « Brevets » n° 50 du 14 décembre 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *MECASONIC*. — FR.

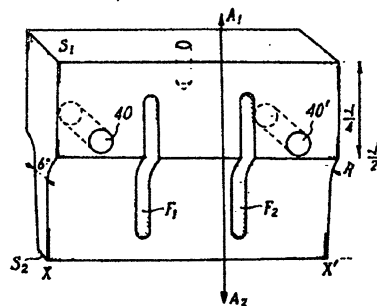
⑦2 Inventeur(s) : Jean-Pierré Scotto.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Armengaud Aîné.

⑤4 Perfectionnements apportés à la fabrication des sonotrodes ultrasoniques.

⑤7 Sonotrode ultra-sonique pour le soudage par ultra-sons,  
du type comportant plusieurs jambes délimitées par des fentes  
non débouchantes, constituée par un barreau dont la longueur  
est égale à une demi-longueur d'onde longitudinale à la fré-  
quence de la tête à ultra-sons, caractérisée en ce que, pour  
obtenir une amplitude constante sur la face de travail ou de  
sortie XX' de la sonotrode, on diminue la section du barreau  
au voisinage du nœud de vibration, c'est-à-dire dans sa zone  
centrale.



FR 2 547 225 - A1

D

La présente invention est relative à des perfectionnements apportés à la fabrication des sonotrodes utilisées dans la technique du soudage par ultra-sons.

On sait qu'à l'heure actuelle, les sonotrodes de soudage par ultra-sons sont réalisées sous la forme de barreaux qui présentent une longueur égale à une demi-onde longitudinale ( $\lambda/2$ ) à la fréquence utilisée, qui est généralement 20 KHz pour la plus grande partie des machines de soudage par ultra-sons. Sur les Figures 1 et 2 des dessins annexés, on a représenté, de façon schématique, en élévation frontale et longitudinale respectivement, un exemple de réalisation d'une sonotrode de type connu. On voit que cette sonotrode se présente sous la forme d'un barreau, comportant un filetage 10 pour la fixation à la tête ultra-sonique. En première approximation, la demi-longueur d'onde longitudinale ( $\lambda/2$ ) pour un barreau de titane ou <sup>de</sup> duralumin, ayant un diamètre compris entre 30 et 80 mm, est de l'ordre de 124 mm pour une fréquence de 20 KHz. Il en résulte qu'une sonotrode en demi-onde, à la fréquence de 20 KHz, présente toujours une longueur voisine de 124 mm. Comme on peut le voir sur les Figures 1 et 2, une sonotrode élémentaire cylindrique est constituée de deux quarts d'onde ( $\lambda/4$ ), ayant respectivement une longueur de 62 mm. Chacune des extrémités de la sonotrode constitue un ventre d'amplitude A, mais un noeud de contrainte, alors que le milieu du barreau constituant la sonotrode est un noeud d'amplitude N, mais un ventre de contrainte. Sur les Figures 1 et 2, les zones de contrainte, désignées par la référence C, ont été schématisées par des hachures.

On connaît également des sonotrodes couramment appelées "pelles". La Figure 3 représente un exemple de réalisation d'une telle sonotrode pelle, ayant une longueur comprise entre 150 et 200 mm. Comme on peut le voir sur la Fig. 3, une telle sonotrode présente la forme d'un bloc rectangulaire qui comporte un filetage 12, assurant la fixation à la tête ultra-sonique, une première partie 14 en quart d'onde ( $\lambda/4$ ), ayant une longueur de l'ordre de 62 mm et une section rectangulaire S1, une seconde partie 16 en quart d'onde de section rectangulaire S2, raccordée à la première partie 14 par un rayon R, un angle au sommet de 6°, qui détermine, comme représenté sur la Figure, un profil conique de cette seconde partie 16 et, des fentes F1 et F2, non débouchantes qui déterminent sur la sonotrode trois jambes 18, 20 et 22, de section

égale, comme on peut le voir sur la Figure 3. Le rapport d'amplification R d'une telle sonotrode est donné par la relation :

$$R = \frac{A_2}{A_1} = \frac{S_1}{S_2}$$

5 dans laquelle S1 et S2 sont respectivement les sections des première et seconde parties l4 et l6 de la sonotrode.

Sur la Figure 5, on a représenté un exemple de réalisation d'une sonotrode pelle ayant une longueur comprise entre 225 et 325 mm. Comme on peut le voir sur cette Figure 5, une telle sonotrode se présente sous la forme d'un bloc rectangulaire, fixé sur la tête ultra-sonique à l'aide d'un filetage, et elle comprend : une première partie en quart d'onde ( $\lambda/4$ ) de section rectangulaire S1, une seconde partie en quart d'onde, de section rectangulaire S2, raccordée à la première partie par un rayon R, un angle au sommet de 6°, comme représenté sur le dessin qui détermine un profil conique de la seconde partie en quart d'onde et, quatre fentes F1, F2, F3, F4 non débouchantes, qui délimitent cinq jambes de section égale 24, 26, 28, 30 et 32. Le rapport d'amplification R d'une telle sonotrode est donné par la relation :

$$R = \frac{A_2}{A_1} = \frac{S_1}{S_2}$$

relation dans laquelle S1 et S2 sont respectivement les sections des première et seconde parties en quart d'onde de la sonotrode.

Les sonotrodes pelles décrites ci-dessus, comportant plusieurs fentes non débouchantes présentent comme inconvénient majeur d'avoir des amplitudes irrégulières sur la face de travail. En réalité, tout se passe comme si chacune des jambes de la sonotrode se comportait différemment, bien que toutes ces jambes soient excitées par la même tête ultra-sonique. Une mesure précise de l'amplitude A montre qu'il existe des différences de l'ordre de 20 % le long de la surface de travail XX'. Sur la Figure 4, on a représenté de façon schématique la répartition de l'amplitude A le long de la face de travail XX' de la sonotrode représentée sur la Figure 3. On comprend que de telles irrégularités d'amplitude sont très néfastes pour l'utilisation de telles sonotrodes, en vue de l'assemblage, par soudure par ultra-sons, de pièces en matière plastique, car elles déterminent une soudure irrégulière par endroits.

Si on examine une sonotrode pelle comportant deux fentes F1, F2, non débouchantes, comme représentée sur la Figure 3, qui délimitent trois

jambes 18, 20 et 22, on remarque que :

- la jambe centrale 20, qui est excitée directement par la tête ultra-sonique, se comporte vis-à-vis des deux jambes latérales, comme un "excitateur" ; les jambes latérales 18 et 22, couplées au niveau des ventres d'amplitude à la jambe centrale 20 par les sections Z, se comportent comme des "résonnateurs" excités par l'effet moteur de la jambe centrale 20.

Une série d'expériences, réalisée par la présente Demanderesse a permis de montrer les points suivants :

- a) pour une sonotrode pelle réalisée selon la technique antérieure, la fréquence propre de la jambe centrale (qui, on l'a vu ci-dessus constitue un excitateur), prise isolément, est toujours inférieure à la fréquence propre des jambes latérales (constituant des résonnateurs), prises séparément ;
- b) l'irrégularité de la valeur de l'amplitude A, observée le long de la face de travail XX' de la sonotrode (Figure 4) est essentiellement due au mauvais accord en fréquence entre la jambe centrale excitatrice 20 et les jambes latérales résonnatrices 18 et 22 ;
- c) l'amplitude A2 devient pratiquement constante le long de la face de travail XX', si, contrairement à ce que l'on observe sur les sonotrodes classiques, la fréquence de la jambe centrale excitatrice 20 est supérieure à la fréquence propre des jambes latérales résonnatrices 18 et 22.

Compte tenu de ces constatations et pour pallier les inconvénients signalés ci-dessus, résultant des problèmes d'inégalités d'amplitude, il a été réalisé des sonotrodes du type représenté schématiquement sur la Figure 6. Une telle sonotrode améliorée de type connu comporte des jambes latérales 34 34' (résonnateurs) qui sont plus longues que la jambe centrale 36 (excitatrice). On sait que la fréquence propre d'un élément vibrant en demi-longueur d'onde ( $\lambda/2$ ) est inversement proportionnelle à sa longueur. Il en résulte que la fréquence de résonance des jambes latérales résonnatrices 34 et 34' est inférieure à celle de la jambe centrale excitatrice 36, compte tenu de leurs longueurs respectives. On peut ainsi obtenir une amplitude constante sur la face sortie XX'. Une telle solution apporte une amélioration à la répartition de l'amplitude des outils ultra-soniques. Cependant, la mise en oeuvre de cette solution améliorée, illustrée par la Figure 6 est problématique, notamment lorsqu'il est nécessaire de réaliser des sonotrodes de grandes dimensions, com-

portant plus de trois jambes. Une sonotrode réalisée selon la technique connue, illustrée par la Figure 6, présente un profil crénelé, dont la fabrication nécessite un fastidieux travail de fraisage, qui doit être interrompu par une série de mesures compliquées d'amplitude et de fréquence.

5 La présente invention se propose d'apporter une solution simple au problème de la répartition de l'amplitude d'un outil ultra-sonique.

L'invention a été réalisée à partir des observations suivantes, faites par la présente titulaire :

- 1) pour diminuer la fréquence de résonance d'une sonotrode élémentaire en  
10 demi-longueur d'onde ( $\lambda/2$ ), constituée par un barreau de section constante, il suffit de diminuer la section du barreau au voisinage du noeud de vibration N, c'est-à-dire pratiquement dans la zone centrale ;
- 2) pour une sonotrode à trois jambes, pour laquelle on veut obtenir une amplitude constante sur la face de travail, il faut abaisser la fréquence des jam-  
15 bes latérales pour qu'elle soit inférieure à la fréquence de la jambe centrale.

En conséquence, la présente invention a pour objet une sonotrode ultra-sonique pour le soudage par ultra-sons, du type comportant plusieurs jambes délimitées par des fentes non débouchantes, constituée par un barreau dont la longueur est égale à une demi-longueur d'onde longitudinale à la fré-  
20 quence de la tête à ultra-sons, cette sonotrode étant caractérisée en ce que, pour obtenir une amplitude constante sur la face de travail ou de sortie de la dite sonotrode, on diminue la section du barreau au voisinage du noeud de vibration, c'est-à-dire dans la zone centrale.

Selon un mode de réalisation de la présente invention, la section  
25 du barreau est diminuée par le perçage de trous de part en part, au voisinage du noeud de vibration sur les jambes dont on veut diminuer la fréquence, le diamètre des trous ainsi percés étant fonction de l'abaissement de la fréquence que l'on veut obtenir individuellement sur chaque jambe.

L'invention vise également un procédé de réalisation d'une sonotrode  
30 à amplitude constante sur toute sa face de travail.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-après en référence aux dessins annexés qui en illustrent divers exemples de réalisation, dépourvus de tout caractère limitatif. Sur les dessins :

35 - les Figures 1 et 2 sont des vues en élévation frontale et latérale

de la sonotrode selon la technique antérieure décrite ci-dessus ;

- la Figure 3 représente schématiquement en perspective une sonotrode pelle à trois jambes, selon la technique antérieure, décrite ci-dessus ;

5 - la Figure 4 est un graphique illustrant les variations d'amplitude sur la face de travail XX' de la sonotrode selon la Figure 3 ;

- la Figure 5 représente en perspective une sonotrode pelle de grande longueur selon la technique antérieure, décrite ci-dessus ;

10 - la Figure 6 est une vue schématique en perspective de la sonotrode perfectionnée, décrite ci-dessus, permettant d'obtenir une amplitude constante le long de la face de travail XX' ;

- la Figure 7 est une vue schématique en perspective, illustrant un premier exemple de réalisation d'une sonotrode perfectionnée selon la présente invention ;

15 - la Figure 8 est une vue en plan de la Figure 7 et,

- la Figure 9 est une vue en perspective d'un second exemple de réalisation d'une sonotrode pelle de grande longueur selon la présente invention.

On se réfère aux Figures 7 et 8 sur lesquelles on a représenté une sonotrode pelle à trois jambes réalisée selon la présente invention. On voit sur  
20 ces Figures que selon l'invention, on obtient une amplitude constante sur la face de travail d'une telle sonotrode en perçant des trous 40, 40', de part en part, au voisinage du noeud sur les jambes latérales dont on veut diminuer la fréquence. Le diamètre des trous 40 et 40' est fonction de la diminution de la fréquence que l'on veut obtenir individuellement sur chacune des jambes,  
25 l'abaissement de la fréquence ainsi obtenu étant fonction de la diminution de la section au voisinage du noeud d'amplitude, en raison de la présence des trous 40 et 40'.

Pratiquement, et selon une autre caractéristique de la présente invention, afin d'éviter d'affaiblir la structure de la sonotrode dans la zone de  
30 contrainte maximale située comme on l'a vu ci-dessus au voisinage du rayon R, on perce les trous 40 et 40' au-dessus du congé de raccordement qui existe entre la première partie en quart de longueur d'onde et la seconde partie en quart de longueur d'onde de la sonotrode. Dans le cas d'une sonotrode du type "bloc", présentant une section constante, les trous sont percés exactement au

milieu de la sonotrode.

La Figure 9 représente de façon schématique une sonotrode pelle de grande longueur réalisée selon la présente invention. Cette sonotrode est réalisée sous la forme d'un barreau et elle comporte une première partie en quart d'onde et une seconde partie également en quart d'onde, raccordée à la première de la manière décrite ci-dessus. Quatre fentes non débouchantes délimitent cinq jambes : une jambe centrale 47 et des jambes latérales 46, 46' et 44, 44'. Pour obtenir une amplitude constante sur toute la face de travail d'une telle sonotrode, on perce, selon l'invention, des trous 40, 40' et 42, 42' au voisinage du noeud sur les jambes 44, 44' et 46, 46' dont il est nécessaire de diminuer la fréquence. Comme on peut le voir sur le dessin, le diamètre des trous ainsi percé est fonction de la diminution de la fréquence que l'on veut obtenir individuellement sur chacune des jambes.

L'invention vise également un procédé pour la réalisation d'une sonotrode à amplitude constante. Ce procédé est caractérisé en ce qu'on fabrique une sonotrode classique selon la technique actuellement connue, c'est-à-dire comportant une série de fentes dont le nombre et les dimensions dépendent de la géométrie de la sonotrode, on procède ensuite à une série de mesures afin de déterminer les zones de faible amplitude, puis on réalise une série de trous, de part en part, au voisinage du noeud sur les jambes dont il faut diminuer la fréquence, le diamètre de ces trous étant fonction des inégalités d'amplitudes mesurées lors de l'étape précédente.

Selon un mode de mise en oeuvre de ce procédé, le diamètre précis des trous est déterminé empiriquement par une série de mesures d'amplitudes intercalées entre deux opérations de perçage des trous. La sonotrode idéale, obtenue par la mise en oeuvre du procédé selon l'invention est celle qui, après l'exécution des opérations décrites ci-dessus, présente une amplitude constante sur toute sa face de travail.

Il demeure bien entendu que la présente invention n'est pas limitée aux divers exemples de réalisation ou de mise en oeuvre décrits ici, mais qu'elle en englobe toutes les variantes.

## REVENDECATIONS

1 - Sonotrode ultra-sonique pour le soudage par ultra-sons, du type comportant plusieurs jambes délimitées par des fentes non débouchantes, constituée par un barreau dont la longueur est égale à une demi-longueur d'onde longitudinale à la fréquence de la tête à ultra-sons, caractérisée en ce que, pour obtenir une amplitude constante sur la face de travail ou de sortie (XX') de la sonotrode, on diminue la section du barreau au voisinage du noeud de vibration, c'est-à-dire dans sa zone centrale.

2 - Sonotrode selon la revendication 1, caractérisée en ce que la section du barreau est diminuée par le perçage de trous (40, 40') de part en part, au voisinage du noeud de vibration, sur les jambes dont on veut diminuer la fréquence, le diamètre des trous ainsi percés étant fonction de l'abaissement de la fréquence que l'on veut obtenir individuellement sur chaque jambe de la sonotrode.

3 - Sonotrode selon la revendication 2, caractérisée en ce que les trous (40, 40' - 42, 42') sont percés au-dessus du congé de raccordement entre la première partie en quart d'onde de la sonotrode et la seconde partie en quart d'onde de cette sonotrode.

4 - Sonotrode selon la revendication 3, caractérisée en ce que les trous sont percés exactement au milieu de la sonotrode.

5 - Procédé pour la réalisation d'une sonotrode à amplitude constante selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'on fabrique une sonotrode classique, selon la technique antérieure, c'est-à-dire comportant une série de fentes dont le nombre et les dimensions dépendent de la géométrie de la sonotrode, on procède ensuite à une série de mesure afin de déterminer les zones de faible amplitude, puis on réalise une série de trous, de part en part, au voisinage du noeud sur les jambes dont on veut diminuer la fréquence, le diamètre de ces trous étant fonction des inégalités d'amplitude mesurées lors de l'étape précédente.

6 - Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que le diamètre précis des trous percés au voisinage du noeud sur les jambes dont on veut diminuer la fréquence, est déterminé empiriquement par une série de mesures d'amplitudes intercalées entre deux opérations de perçage de trous.



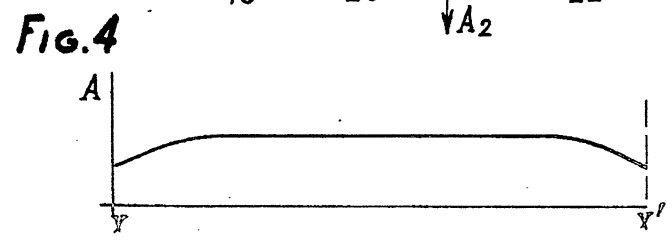
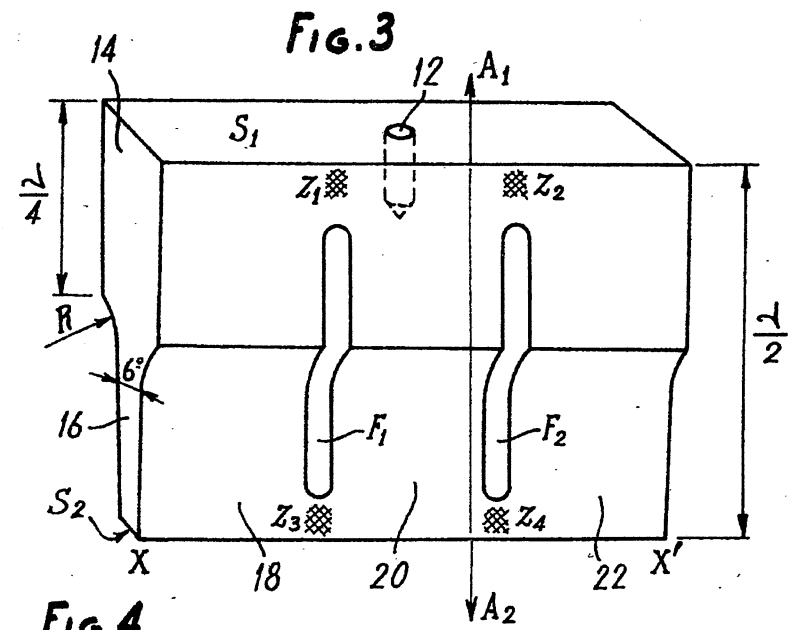
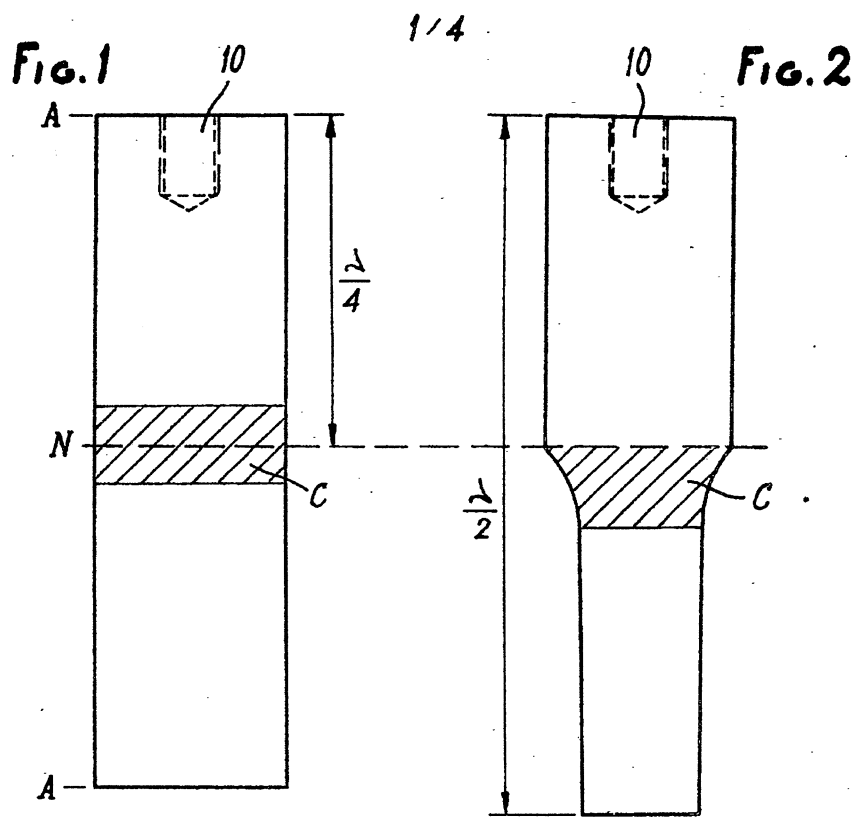


FIG. 5

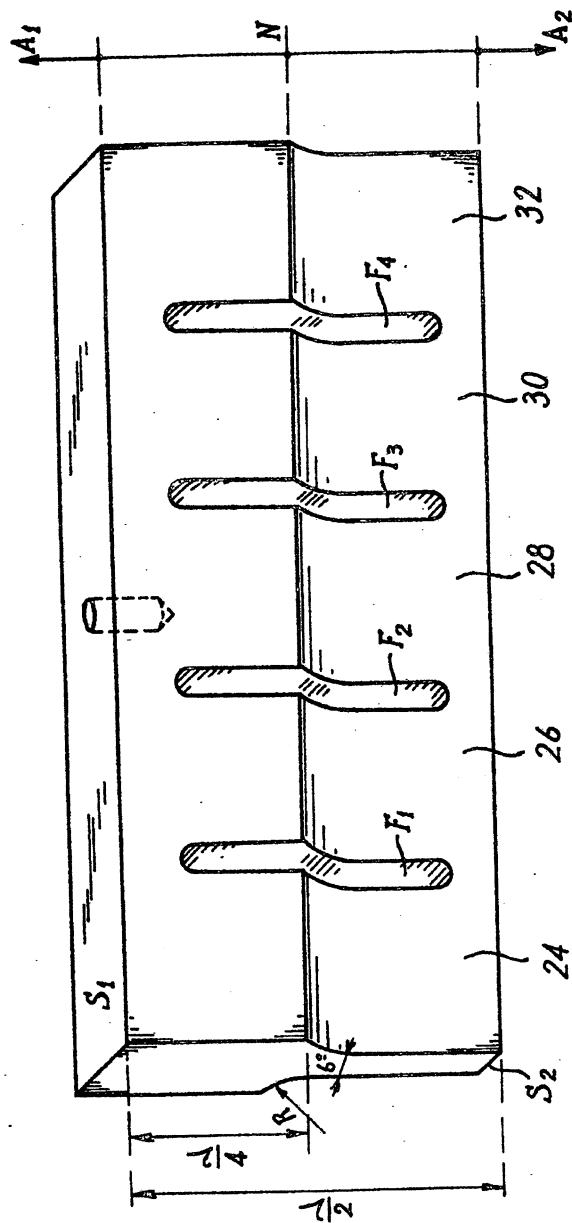


FIG. 6

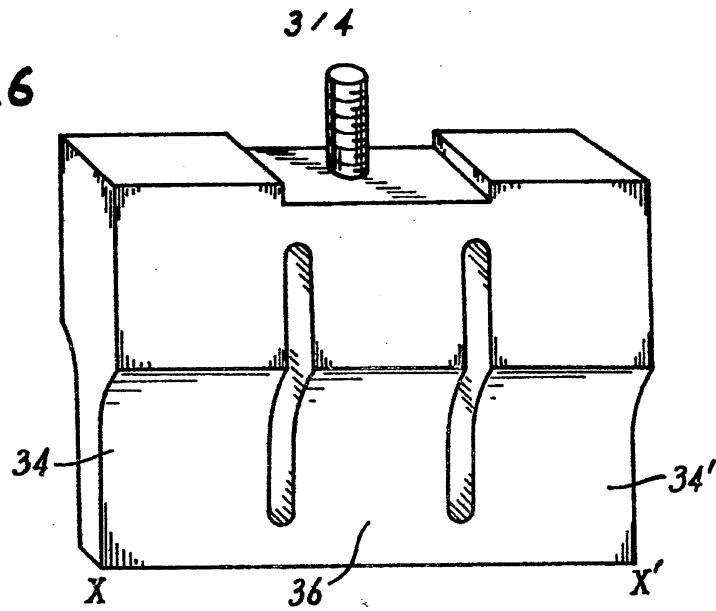


FIG. 7

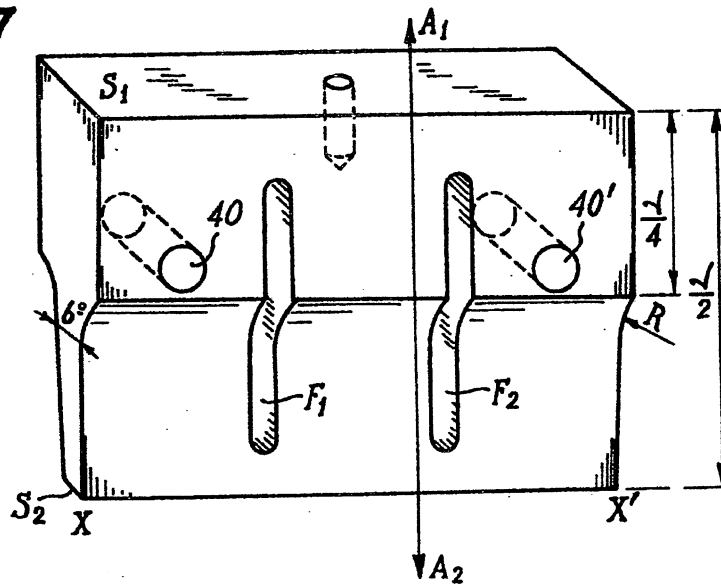


FIG. 8

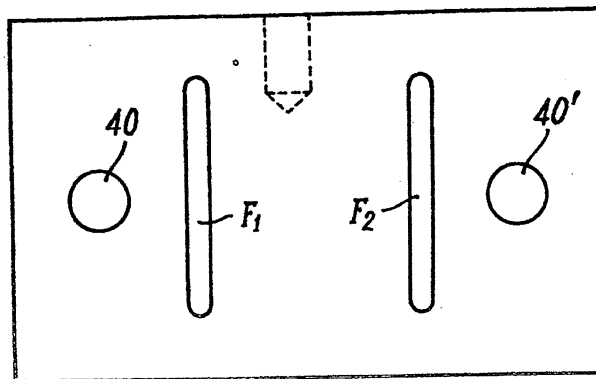


FIG. 9

