(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 633 100 B1

(12) FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
08.10.1997 Bulletin 1997/41

(51) Int. Cl.[6]: **B25B 23/142**

(21) Numéro de dépôt: **94401544.5**

(22) Date de dépôt: **05.07.1994**

(54) Outil de mesure d'un couple, tel qu'une clé dynamométrique électronique

Werkzeug zum Messen eines Drehmoments, wie z.b. ein elektronischer Drehmomentschlüssel

Torque measuring tool, such as an electronic torque wrench

(84) Etats contractants désignés:
DE GB IT

(30) Priorité: **09.07.1993 FR 9308519**

(43) Date de publication de la demande:
11.01.1995 Bulletin 1995/02

(73) Titulaire: **FACOM, Société dite:**
91423 Morangis Cédex (FR)

(72) Inventeur: **Brihier, Gérard**
F-91180 Saint Germain les Arpajon (FR)

(74) Mandataire: **Martin, Jean-Paul et al**
c/o CABINET LAVOIX
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 293 310
EP-A- 0 362 696
WO-A-87/00109
DE-A- 3 139 374
FR-A- 2 626 514
US-A- 4 006 629

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Printed by Rank Xerox (UK) Business Services
2.14.16/3.4

EP 0 633 100 B1

Description

La présente invention a pour objet un outil de mesure d'un couple tel que par exemple une clé dynamométrique électronique, permettant de connaître la valeur du couple exercé sur un organe de serrage (écrou, vis, boulon ou autres) actionné en rotation au moyen de cette clé, et par conséquent de contrôler le serrage assuré par cette clé, cf. par exemple US-A-4 006 629.

L'un des problèmes couramment rencontrés sur les dispositifs de mesure du couple de serrage (desserrage) du type clé dynamométrique est celui de l'erreur due à l'incertitude sur le point d'application de la force de commande sur le manche de la clé. En pratique l'opérateur ne positionne pas toujours sa main exactement au même endroit et/ou ne répartit pas la force entre ses différents doigts de manière constante.

La version généralement considérée comme la plus simple de clé dynamométrique 1 utilisant des extensomètres résistifs et un traitement électronique du signal représentée à la Fig.1 comprend une tête de commande (d'un modèle variable) de la pièce à visser, une partie flexible 4 (manche) équipée d'un extensomètre (M) et servant à mesurer la force F appliquée perpendiculairement à l'axe longitudinal du manche 4, et une poignée manuelle 3 servant à appliquer l'effort F en un point variable P. Les géométries et les modes de réalisation de ces différentes pièces peuvent être, bien entendu, très variables. La tête de commande de la pièce à visser peut, par exemple, comporter une clé à fourche ou un carré 5 pour entraînement de douille, ou un adaptateur "universel".

Cette solution simple utilise une mesure de la flexion du manche de la clé ou d'une pièce intermédiaire représentative de la flexion du manche. Les moyens de mesure de la flexion sont, par obligation, à une distance non nulle de l'axe de la tête de la clé. Le coefficient entre la valeur mesurée et le couple (Co) transmis par la clé dépend de la position du point d'application de la force de commande. Il est de valeur :

$$Co = F \times L \quad (1)$$

La valeur mesurée étant :

$$Me = F \times (L-D) \quad (2)$$

Un calcul direct du couple à partir de la valeur mesurée conduirait donc à une erreur Er de valeur égale à:

$$Er = -F \times D \quad (3)$$

On remarque que la valeur absolue de cette erreur ne dépend que de la valeur de la force F et est indépendante de la position du point d'application de la force.

$$\text{Le coefficient est donc } L/(L-D) \quad (4)$$

Et la valeur exacte du couple peut être calculée (à un coefficient près) à l'aide de la formule :

$$C = M \times (L/(L-D)) \quad (5)$$

L'équation (5) met en évidence que la valeur obtenue ne correspond exactement à celle du couple appliqué à la pièce à visser que si la position du point d'application P de la force de commande F est constante. Pour des applications pratiques, cette imprécision limite la possibilité d'utiliser cette solution simple lorsque l'on recherche des mesures précises. Aussi un certain nombre de réalisations ont-elles été proposées pour réaliser des clés dynamométriques ne présentant pas ce défaut.

Une première réalisation, décrite notamment dans le brevet français 2.400.996 consiste à placer les moyens de mesure de l'effort de manière physiquement ou fonctionnellement concentrique avec l'axe de la vis ou de l'écrou serré (desserré) par la clé. Ce dispositif conduit à une augmentation du volume de la clé au niveau de sa tête, ce qui pose des problèmes d'accessibilité dans de nombreux cas. De plus certains types d'entraînement, clé à fourche notamment, ne sont pas compatibles avec cette solution.

Une autre réalisation uniquement mécanique, (brevet français 1.034.502) consiste à réaliser, au moyen de deux lames convergeant vers l'axe de la tête de la clé, une structure se déformant préférentiellement sous l'effet d'un couple. L'influence sur les éléments de mesure des forces autres que le couple à mesurer est nettement diminuée, et la mesure peut être considérée comme dépendant uniquement de ce dernier. L'association de ce dispositif avec une mesure électronique au moyen d'extensomètres résistifs ("jauges de contraintes") est décrite dans le brevet français 2.584.330.

Une troisième réalisation, décrite dans le brevet US 4.006.629, consiste à prévoir deux dispositifs de mesure indépendants situés à des distances D1 et D2 différentes de l'axe de la tête de la clé. Le rapport des valeurs mesurées par les deux dispositifs est influencé par la position du point d'application de la force et permet par la-même de déterminer cette position. Une fois celle-ci connue, le rapport exact entre la valeur mesurée et le couple peut être déterminé et celui-ci peut donc être calculé exactement. En pratique la simple addition des valeurs mesurées M1 et M2 avec des coefficients adaptés permet la résolution globale, et dispense donc d'effectuer des opérations de calcul explicites. En raison du principe même de ce dispositif le signal global fourni par les capteurs d'élongation a une valeur nettement inférieure au signal correspondant à une flexion simple, et est donc plus sensible aux perturbations.

Une quatrième réalisation, décrite entre autres dans le brevet français 2.538.741, consiste à coupler mécaniquement la pièce métallique dont on mesure la déformation et le manche de la clé, de manière à ce que seules les forces correspondant à la transmission d'un couple soient transmises à la partie servant à la mesure

de force. En général ce type de solution met en oeuvre des dispositifs mécaniques du type articulation ce qui, en raison des imperfections inhérentes à cette fonction, conduit à une limitation de la précision possible.

Ces différentes solutions conduisent à des réalisations nettement plus complexes et plus onéreuses que la simple mesure de flexion au niveau du manche de la clé.

L'objet de la présente invention est un dispositif permettant de s'affranchir des erreurs dues à la position du point d'application de la force de commande, conçu de telle manière qu'il n'entraîne pas ou peu d'augmentation substantielle du prix de revient de la clé.

L'outil de mesure d'un couple, par exemple de serrage, tel qu'une clé dynamométrique électronique visée par l'invention est du type comportant une tête de serrage d'un organe à visser, une poignée manuelle de commande, un manche déformable et sensible à la flexion reliant la poignée à la tête de serrage, ainsi que des moyens électroniques de mesure de la déformation du manche et d'affichage du couple de serrage déterminés à partir de ladite mesure de déformation caractérise en ce que lesdits moyens de mesure sont adaptés pour mesurer, indépendamment ou non, les contraintes dues respectivement au cisaillement et à la flexion, et ces moyens sont réalisés afin que ces contraintes soient dans des proportions telles que l'influence des contraintes de cisaillement compense une erreur provoquée par la prise en considération de la flexion seule pour la détermination du couple transmis par la tête de serrage.

Conformément à un mode de réalisation de l'invention, le manche peut comporte une zone dont la section principale est différente de celle du reste du manche et telle qu'elle peut transformer localement des contraintes de cisaillement, générées par la force de commande, en contraintes d'élongation-compression parallèles à la surface du manche,

On constate que dans ces conditions, l'erreur de mesure due à la position du point d'application de la force de commande se trouve diminuée ou annulée, ce qui permet à l'opérateur de respecter la valeur nominale du couple.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, faite en référence aux dessins annexés qui en illustrent plusieurs formes de réalisation à titre d'exemples non limitatifs.

La figure 1 est une vue en élévation longitudinale d'une clé dynamométrique connue.

La figure 2 est une vue en élévation longitudinale d'une première forme de réalisation de la clé dynamométrique électronique selon l'invention.

La figure 3 est une vue en élévation longitudinale d'une seconde forme de réalisation de la clé dynamométrique selon l'invention.

Les figures 4 et 5 sont des graphiques illustrant les variations respectivement des contraintes de cisaillement et des contraintes en flexion, de part et d'autre de la zone du manche de la clé selon la Fig.3, dont la section a été modifiée conformément à l'invention.

La figure 6 est une vue en élévation partielle d'une troisième forme de réalisation de la clé selon l'invention.

La figure 7 est une vue de dessus du manche de clé de la Fig.6.

La figure 8 est une vue en élévation latérale partielle d'une quatrième forme de réalisation de la clé selon l'invention.

La clé dynamométrique 1 représentée à la Fig.1, connue en soi, comporte un axe 5 de serrage approprié, de section par exemple carrée comme représenté, ou rectangulaire ou hexagonale... L'extensomètre M peut être relié, de manière connue en soi et non représentée, à un circuit électronique de mesure et d'affichage du couple de serrage exercé par l'axe 5.

Si par conséquent on applique la force F suivant la normale au manche ou barreau 4 au point P situé à une distance L de l'axe géométrique de serrage (perpendiculaire au plan de la Fig.1), cette distance L étant variable en fonction du point d'application des doigts de l'opérateur sur le manche 3, on constate, après analyse, que l'on introduit deux contraintes différentes :

- une contrainte de cisaillement, constante dans la zone située entre P et 2, et donc au point M. Cette contrainte ne dépend que de la valeur de la force F;
- une contrainte de flexion proportionnelle à la valeur de la force F et à la distance séparant le point P du point de mesure M.

Il existe donc au point de mesure M des contraintes telles qu'un système de mesure adapté ayant une sensibilité Sc pour les contraintes de cisaillement et Sf pour les contraintes de flexion fournirait une information de valeur V égale à :

$$V = F \times Sc + F \times Sf \times (L-D) \qquad (6)$$

En rapprochant l'équation (6) des équations (2) et (3) on constate l'analogie entre le second terme de droite de l'équation (6) et l'équation (2), mais aussi celle existant entre l'équation (3) et le premier terme de l'équation (6). En effet dans ces deux derniers cas la valeur ne dépend, aux constantes prés, que de celle de la force F.

Si pour le dispositif de mesure M on rend le rapport Sc/Sf des sensibilités en cisaillement et en flexion de dispositifs de mesure élémentaires et séparés (M1, M2...) égal à D/U, U étant l'unité de longueur commune utilisée pour exprimer les valeurs de L et D, on constate que la valeur V fournie par l'équation (6) est alors exactement proportionnelle au couple transmis. En effet le premier terme de la partie droite de cette équation compense exactement l'erreur due à une mesure en flexion seule, mesure exprimée par le second terme de la partie droite.

Pour la suite des explications, et dans le but de clarifier l'exposé, seul le cas d'éléments sensibles des organes de mesure (M) constitués d'extensomètres

résistifs collés (jauges de contrainte) sera considéré. Il est toutefois évident que des moyens de mesure connus, d'un autre type, peuvent être utilisés en restant dans le cadre de la présente invention.

La mesure des contraintes de flexion est effectuée de manière classique au moyen d'extensomètres résistifs collés sur les faces adéquates du barreau.

La mesure des contraintes de cisaillement peut être effectuée par les méthodes classiques pour ce type de mesure, par exemple au moyen d'extensomètres collés sur les faces latérales du barreau. Toutefois cette solution conduit à des coûts proches de ceux des solutions connues ce qui limite l'intérêt pratique de cette solution à des cas particuliers. Le signal fourni par les extensomètres mesurant le cisaillement peut être alors trop faible pour être combiné directement (suivant l'équation (6)) avec le signal des extensomètres fournissant l'information de flexion, et il serait alors nécessaire d'atténuer ce dernier signal, ce qui serait préjudiciable à la qualité des mesures.

La solution proposée selon l'invention consiste à faire varier la section de la partie flexible (4) au niveau du système de mesure (M), afin de transformer localement les contraintes de cisaillement en contraintes d'élongation/compression parallèles à la surface. Il est alors aisé de mesurer ces contraintes au moyen d'extensomètres résistifs classiques.

Les contraintes ainsi créées se superposent à celles dues à la flexion. En mesurant séparément les contraintes de flexion dans une zone de section régulière, il est possible d'isoler par calcul la valeur des contraintes dues au cisaillement. Une autre possibilité plus performante, pour mesurer la flexion, consiste à additionner (ou soustraire suivant les signes d'origine) les valeurs obtenues dans deux zones où les contraintes de cisaillement et de flexion sont respectivement de même valeur, mais où leur signe relatif est dans une zone l'inverse de ce qu'il est dans l'autre zone.

Si l'ensemble "extensomètre" et "modification de section" a été conçu de manière adéquate, il est possible d'obtenir un fonctionnement tel que le signal de sortie de l'extensomètre corresponde à la somme des influences du cisaillement et de la flexion avec des proportions relatives correspondant à celles recherchées, telles que données pour les coefficients Sc et Sf de l'équation (6). On obtient alors directement le résultat souhaité, c'est-à-dire la valeur du couple indépendamment de la position du point d'application de la force, sans aucune autre modification à la structure de base que le changement de section du barreau et le collage de l'extensomètre en correspondance.

L'opérateur peut de ce fait aisément éviter de dépasser la valeur nominale du couple.

Une première solution favorable consiste à ménager dans le manche 4 un évidement de section de préférence constante, et d'axe principal perpendiculaire à la fois à l'axe longitudinal du manche 4 et à l'axe d'application de la force de commande.

Ainsi dans la première forme de réalisation de la clé 6 selon l'invention, illustrée à la Fig.2, le manche 7, de pourtour rectangulaire, comporte un perçage parallélépipédique 8, dont l'axe XX se trouve à la distance D de l'axe géométrique de serrage du profil 5 et à une distance L1 du point d'application P de la force de commande F. L'axe principal XX de l'évidement 8 est perpendiculaire à la fois à l'axe d'application de la force F et à l'axe longitudinal YY du barreau ou manche 7. Les moyens de mesure M (extensomètres résistifs) sont collés sur l'une des faces du manche 7 à un emplacement approprié de façon à couvrir une zone située sensiblement au droit de l'évidement 8, proche de l'extrémité de cet évidement et pouvant ou non recouvrir la zone dans laquelle la section du manche 4 est pleine.

La Fig.3 illustre une variante de réalisation de la clé 6 dans laquelle l'évidement dans le manche 7 est constitué par un perçage cylindrique 9 convenablement dimensionné. Cependant de nombreuses autres géométries de l'évidement sont possibles.

Comme illustré à la Fig.4, pour la zone de surface (S) du barreau située en vis-à-vis de l'axe de l'évidement 8, les contraintes longitudinales induites par le cisaillement (Cc) sont nulles. Pour les zones situées à une distance d de part et d'autre de la zone citée précédemment, les contraintes longitudinales existent et sont de signe contraire. Leur valeur augmente puis diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'axe de l'évidement.

Les contraintes longitudinales dues à la flexion (Cf) sont maximales au droit de l'axe de l'évidement 8 (Fig.5), et diminuent au fur et à mesure que l'on s'éloigne de ce point.
(Ces graphiques sont proches de ceux qui correspondraient aux modes de réalisations décrits ci-après).

La troisième forme de réalisation de la clé dynamométrique, illustrée aux Fig.6 et 7, comprend un manche 11 dont la zone 16 de section différente de celle du reste du manche est constituée d'au moins deux barreaux parallèles 12 comportant chacun une partie intermédiaire 13 de section et d'épaisseur E constantes, et deux parties terminales opposées 14. Ces dernières ont une section croissante de la partie 13 jusqu'à la jonction avec la partie contiguë du manche 11. Les moyens de mesure M sont collés à l'une des parties terminales 14.

Ainsi la forme de chaque barreau 12 est telle, que sur la partie 13 de sa longueur, le rapport entre les contraintes dues à la section et celles dues au cisaillement est approximativement constant. Une telle caractéristique limite la précision requise pour le positionnement des extensomètres M. Dans l'exemple illustré aux Fig.6, 7 l'épaisseur E de chaque partie 13 intervient de manière sensiblement proportionnelle pour les contraintes dues à la flexion, et à la puissance 2 pour celles dues au cisaillement. La largeur du barreau intervient proportionnellement dans les deux cas. L'explication simplifiée du fonctionnement est la suivante : dans la zone 13 considérée, l'inertie du barreau 12 est constante, ce qui conduit à une sensibilité approximative-

ment constante pour les contraintes dues à la flexion. Pour les contraintes dues au cisaillement, la portion considérée du barreau 12 constitue une poutre iso-flexion.

Les dimensions extérieures de l'élément flexible (4; 7; 11; 19) dans la zone de l'évidement (8, 9...) et celles du dit évidement permettent de définir indépendamment les valeurs des contraintes dues au cisaillement et celles dues à la flexion. De plus la distance par rapport au droit de l'axe de l'évidement permet, pour une géométrie de barreau et d'évidement donnée, de définir une zone de collage de l'extensomètre telle que la moyenne des contraintes longitudinales en surface dans cette zone corresponde à la répartition (coefficients Sc et Sf) décrite précédemment. Pour une géométrie donnée cette zone peut ne pas exister, et il est donc indispensable de choisir une géométrie adaptée.

La quatrième forme de réalisation de la clé représentée à la Fig.8 comporte un barreau ou manche flexible 19 dont la section principale n'a pas subi de modification, contrairement aux formes de réalisation précédemment décrites. On utilise alors la présence sur des faces différentes du barreau, de contraintes dues respectivement à la flexion et au cisaillement. Cette clé est équipée d'un moyen de mesure constitué de l'association de deux organes élémentaires correspondant respectivement à une mesure distincte des forces de cisaillement dues à la force de commande, et une mesure des forces de flexion dues à la force de commande. Ceci peut être réalisé par exemple en associant dans un même pont de mesure deux paires de jauges, chaque paire constituant un "capteur" élémentaire. En effet, il a été exposé précédemment que l'association, dans un rapport convenable, des signaux partiels provenant (ou provoqués par) des sollicitations en flexion et en cisaillement, permet d'obtenir un signal global indépendant de la position du point d'application P de la force F. Il en est de même si ce signal global est obtenu par addition, après mise à l'échelle éventuelle pour obtenir le rapport correct, de deux signaux élémentaires provenant respectivement d'un dispositif de mesure de la flexion pure et d'un dispositif de mesure du cisaillement pur. Ces dispositifs peuvent être par exemple, comme représenté à la Fig.8, un demi-pont d'extensomètres 20 placé sur une face du barreau 19 éloignée de la fibre neutre pour la mesure de flexion F, et un demi-pont d'extensomètres 21 placé sur une face latérale du manche 19. Ces dispositifs de mesure extensométriques sont parfaitement connus en soi et décrits en détail notamment dans les traités d'extensométrie, tant pour les mesures élémentaires que pour les effets d'une association.

Si les dispositifs de mesure de flexion et de cisaillement n'ont pas une insensibilité totale à l'autre paramètre, la correction de leurs rapports réciproques permet de corriger cette erreur au moyen de résistances additionnelles par exemple. Il suffit que, dans le signal final, les composantes élémentaires (flexion, cisaillement), soient dans le rapport correct.

Dans tous les cas, les dispositifs de mesure collés sur les faces du barreau 19 sont sensibles aux contraintes dues à la flexion et à celles dues au cisaillement, dans des proportions telles que l'influence des contraintes de cisaillement compense l'erreur provoquée par la prise en considération de la flexion seule, pour le calcul du couple transmis par le dispositif de serrage.

En ce qui concerne les diverses formes d'exécution de la clé illustrées aux Fig.2 à 7, il convient de préciser les points suivants.

- L'organe déformable constitué par le manche 7, 11... ainsi que l'évidement 8, 9,... ont une forme telle que la proportion entre les contraintes dues à la flexion et celles dues au cisaillement soit constante ou approximativement constante sur une certaine longueur de la partie recevant l'organe de mesure M, tandis que la partie sensible de cet organe de mesure possède de préférence une sensibilité constante sur la longueur de mesure. L'extensomètre M est positionné de manière bien précise : si par exemple suivant les endroits du manche flexible, on relève des valeurs de la proportion entre les deux types de contraintes comprises entre 0 et 40%, et qu'on désire obtenir une valeur de 20% pour ce rapport, on colle l'extensomètre M à l'endroit précis où cette valeur de 20% existe. Il est aussi possible de coller une jauge de contrainte dans un endroit où le rapport des deux types de contraintes est trop faible, une autre jauge dans un endroit où le rapport est trop fort, puis d'associer ces jauges selon un rapport ajustable, par exemple au moyen d'un potentiomètre, afin d'obtenir un rapport correspondant à la proportion exacte souhaitée.

L'extensomètre doit être placé de manière précise en théorie, de même que la géométrie du barreau doit être appropriée, la précision du positionnement de l'extensomètre pouvant être par exemple de 0,1mm. On peut également ajuster la géométrie de l'évidement 8, 9,... notamment par fraisage, afin d'obtenir la sensibilité exacte souhaitée, et ce après détermination des dimensions de l'évidement par le calcul.

- L'un au moins des organes sensibles (extensomètres) aux contraintes des moyens de mesure peut être constitué d'au moins deux parties, séparées ou non. Ces différentes parties peuvent être placées, pour certaines d'entre elles, en des zones du barreau où la proportion de contrainte est légèrement supérieure à la valeur théorique, les autres parties étant placées en des zones où la proportion des contraintes est légèrement inférieure à la valeur théorique.
- Les différentes parties des organes sensibles concernés comportent par construction, ou sont associées, à des moyens permettant d'ajuster de façon discrète ou continue leur influence globale, afin

d'obtenir une sensibilité globale correspondant exactement à la valeur recherchée, lesdits moyens pouvant être confondus ou séparés de ceux destinés au réglage de la proportion des contraintes. Il existe donc en fait deux types de réglage: d'une part l'obtention du rapport correct entre l'effet de la flexion et celui du cisaillement, et d'autre part l'obtention de la sensibilité exacte souhaitée sur l'étalonnage global de la clé. Ces derniers moyens de réglage peuvent être complètement séparés des précédents ou être reliés à ceux-ci. Par exemple l'évidement peut être légèrement déplacé par fraisage ou découpe laser d'une fente, les deux réglages pouvant être exécutés simultanément dans une même opération. Le fait de faciliter l'étalonnage de la clé apporte un avantage important, car il diminue la main d'oeuvre nécessaire, et par conséquent le coût de revient de la clé.

- Les moyens de réglage peuvent comporter par eux mêmes, ou sont associés à des moyens auxiliaires spécifiques pour ajuster la proportion de sensibilité aux contraintes, en fonction d'un changement de géométrie de l'organe de commande de la pièce à visser, si celui-ci est amovible, et/ou d'un changement de l'adaptateur entre cet organe de commande et la pièce à visser. Les moyens auxiliaires spécifiques précités peuvent être la tête de serrage 2 avec son axe profilé 5, ou bien une tête à fourche, ou encore un adaptateur universel, le changement de tête de serrage pouvant permettre un ajustement de la sensibilité aux contraintes. Un adaptateur est choisi pour une utilisation particulière et permet d'ajuster les rapports de contraintes, grâce à des moyens du circuit électronique de mesure : par exemple ce circuit peut comporter un bouton manuel de réglage à plusieurs positions, chacune correspondant à la distance entre l'axe géométrique de serrage de l'adaptateur utilisé et la position de l'organe extensométrique de mesure M. Le positionnement du bouton sur l'index correspondant à la longueur D de l'adaptateur choisi ajuste alors automatiquement le calcul du couple de serrage à la nouvelle distance D.
- La clé dynamométrique selon l'invention peut comporter des moyens permettant de modifier la géométrie fonctionnelle de l'évidement de l'organe de commande, soit directement soit indirectement en provoquant une modification de son influence, afin d'ajuster la proportion de sensibilité aux contraintes, en fonction d'un changement de géométrie de l'organe de commande de la pièce à visser, si celui-ci est amovible, et/ou d'un changement de l'adaptateur entre cet organe de commande et la pièce à visser. En d'autres termes, on modifie la géométrie de façon que l'extensomètre M réagisse dans les proportions voulues, par exemple en réalisant un renfort partiel de l'évidement 8, 9,... On modifie ainsi la géométrie du barreau, ou encore la liaison (point d'application des forces par exemple) du barreau avec la tête de serrage, afin d'obtenir une altération appropriée aux sensibilités relatives des deux types de contraintes.

Ainsi par exemple si l'on utilise sur un même outil des adaptateurs de longueurs différentes, on peut pour chacun des adaptateurs choisir la position des points d'appui, entre le manche et l'adaptateur, donc les points par lesquels les forces sont transmises, afin que pour chaque cas, les contraintes transmises au système de mesure soient égales à la valeur nominale souhaitée.

* Exemple numérique de calcul du barreau : cas d'un évidement de section rectangulaire dans le cas d'un élément sensible de type capteur extensomètre résistif.

Soit une clé dynamométrique destinée à la mesure d'un couple maximum de 250 N.m ayant une longueur de 400 mm entre l'axe de la tête 2 et le point d'application P de la force de commande F, et utilisant un élément déformable (4, 7...) dont la limite élastique a été fixée à 500 N/mm2.

L'élément de mesure est situé à 40 mm de l'axe de la tête 2 et on fixe (arbitrairement) la largeur du barreau à 10 mm et la longueur de l'évidement à 20 mm. La solution globale n'étant pas unique, ces valeurs correspondent à un choix effectué suivant des critères ne dépendant pas uniquement de l'objet de l'invention proprement dit.

Cet exemple correspond à un calcul simplifié. La démarche générale établie, les calculs élémentaires sont suffisamment connus par eux-mêmes pour qu'il ne soit pas besoin de les rappeler ici.

On choisit comme point de positionnement de l'élément extensomètrique (M) sur le barreau (S) formant le cote de l'évidement le quart de la longueur du dit barreau. Des contraintes plus élevées dues au cisaillement existent aux extrémités de ce barreau, mais leur gradient étant élevé le positionnement de l'élément extensométrique serait à cet endroit plus délicat.

La force maximum appliquée au point de commande sera de : 250/0,4 = 625 N

La force maximum au cisaillement sera, par barreau (xx) : 625/2 = 312 N

La proportion entre les contraintes provoquées par la flexion et celles provoquées par le cisaillement sera, pour le point nominal d'application de la force :
360/(400-360) soit 9

Au point de contrainte maximale la contrainte due au cisaillement étant le double de celle au point de mesure, les critères de respect de la limite élastique conduisent à prendre pour valeur maximum de la contrainte due à la flexion les 9/11ème de la limite élastique, soit 409 N/mm2 et pour valeur maximum de la contrainte due au cisaillement, les 2/11ème de la limite élastique soit 91 N/mm2. Au point de mesure, la contrainte due au cisaillement est de 45,5 n/mm2.

La formule donnant la contrainte maximum étant :

$$T = (6 \times F \times L) / (B \times E2)$$

L'application de cette formule au barreau permet de calculer l'épaisseur de celui-ci :

$$H = V(6 \times 312 \times 5)/(10 \times 91) = 4,5mm$$

La formule donnant la contrainte maximum dans le cas de la flexion étant :

$$T = (6 \times F \times L \times H)/(B \times (H3-E3))$$

L'application de cette formule permet de calculer l'épaisseur totale de l'élément sensible :

$$(H3-E3)/H = (6 \times 625 \times 360)/(10 \times 409) = 330$$

D'où H = 18,3mm

Il est à noter que, dans cet exemple la contrainte due au cisaillement variant linéairement le long du barreau (S) et celle due à la flexion étant sensiblement constante sur la longueur du barreau (S), le fait que l'élément de mesure ne soit pas ponctuel mais recouvre une certaine longueur dudit barreau n'influence pas la mesure, pour autant que l'élément de mesure (M,2) ait une sensibilité constante sur toute sa longueur.

Le dispositif de mesure (M) décrit précédemment comme étant constitué d'un capteur extensométrique unique peut bien entendu être constitué de plusieurs capteurs montés en demi-pont ou en pont complet. Des structures à ponts multiples peuvent être réalisées en restant dans le cadre de l'invention. Dans le cas d'extensomètres multiples, les différents extensomètres peuvent être placés en des points de contraintes identiques (côte à côte par exemple) en des points de contrainte symétriques (faces opposées du barreau par exemple), ou en des points de valeurs de contrainte différentes. Dans ce dernier cas, c'est la somme fonctionnelle des contraintes mesurées qui doit répondre au critère de placement défini par l'extensomètre unique. En dehors du rapport des sensibilités Sc et Sf qui est à la base de l'invention, la disposition du ou des extensomètres doit suivre toutes les règles habituelles connues de l'homme de l'art, et peut utiliser les dispositions particulières, également connues, afin d'obtenir un fonctionnement avantageux (insensibilité au vrillage parasite par exemple).

Il convient de noter que les évidements tels que 8 et 9, ont de préférence une section régulière pour des raisons de facilité de fabrication. Mais cette section peut aussi ne pas être régulière, tout en restant dans le cadre de l'invention. Il est également possible de réaliser plusieurs évidements au lieu d'un seul.

Revendications

1. Outil de mesure d'un couple, par exemple de serrage, tel qu'une clé dynamométrique électronique (6), comportant une tête (2) de serrage d'un organe à visser, une poignée manuelle (3) de commande, un manche (7; 11) déformable et sensible à la flexion reliant la poignée à la tête, ainsi que des moyens électroniques (M) de mesure de la déformation du manche et d'affichage du couple déterminé à partir de ladite mesure de déformation, caractérisé en ce que lesdits moyens (M) sont adaptés pour mesurer, indépendamment ou non, les contraintes dues respectivement au cisaillement et à la flexion, et ces moyens sont réalisés afin que ces contraintes soient dans des proportions telles que l'influence des contraintes de cisaillement compense une erreur provoquée par la prise en considération de la flexion seule pour la détermination du couple transmis par la tête.

2. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le manche comporte une zone dont la section principale est différente de celle du reste du manche et telle qu'elle peut transformer localement des contraintes de cisaillement, générées par la force de commande (F), en contraintes d'élongation-compression parallèles à la surface du manche.

3. Outil selon la revendication 2, caractérisé en ce que la zone de section principale différente de celle du reste du manche (7) comporte au moins un évidement transversal (8;9), de section de préférence régulière dont l'axe (XX) est perpendiculaire à l'axe du manche (4) et à la force de commande (F) ou de réaction.

4. Outil selon la revendication 3, caractérisé en ce que la section de l'évidement est régulière, par exemple carrée (8), circulaire (9) ou rectangulaire.

5. Outil selon la revendication 4, dans lequel l'évidement (9) est cylindrique, caractérisé en ce que l'axe de cet évidement se situe dans le plan principal du manche déformable, défini par l'axe longitudinal de la clé et par l'axe de la pièce à visser, afin de réaliser deux zones de déformation identiques de part et d'autre de l'évidement.

6. Outil selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le manche (7;11;15) et l'évidement (8,9...) ont une forme telle que la proportion entre les contraintes dues à la flexion et celles dues au cisaillement est constante ou approximativement constante sur une longueur déterminée de la partie recevant l'organe de mesure (M), et en ce que cet organe de mesure comporte une partie sensible qui possède de préférence une sensibilité constante sur la longueur de mesure.

7. Outil selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'un au moins des organes (M) sensibles aux contraintes des moyens de mesure est constitué d'au moins deux parties, dont certaines sont placées dans des zones où la proportion de contrainte est légèrement supérieure à la valeur

théorique, tandis que les autres parties sont placées dans des zones où la proportion des contraintes est légèrement inférieure à la valeur théorique.

8. Outil selon la revendication 7, caractérisé en ce que les différentes parties du ou des organes sensibles précités comportent par construction, ou sont associés à des moyens permettant d'ajuster de façon discrète ou continue leur influence réciproque afin d'obtenir globalement une proportion correspondant exactement à la valeur recherchée.

9. Outil selon la revendication 7, caractérisé en ce que les différentes parties des organes sensibles concernés comportent par construction ou sont associées à des moyens permettant d'ajuster de façon discrète ou continue leur influence globale afin d'obtenir une sensibilité globale correspondant exactement à la valeur recherchée, lesdits moyens pouvant être confondus ou séparés des moyens précités destinés au réglage de la proportion.

10. Outil selon l'une quelconque des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que l'évidement a une géométrie telle qu'elle peut être ajustée mécaniquement après fixation des organes sensibles des moyens de mesure (M) afin d'obtenir la valeur adéquate de la proportion de sensibilité aux contraintes, et les moyens d'ajustage mécaniques prévus sont agencés pour pouvoir être utilisés sans risque de dégradation desdits organes sensibles.

11. Outil selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que lesdits moyens de réglage comportent ou sont associés à des moyens auxiliaires spécifiques pour ajuster la proportion de sensibilité aux contraintes en fonction d'un changement de géométrie de l'organe de commande de la pièce à visser, si celui-ci est amovible, et/ou d'un changement d'un adaptateur entre cet organe de commande et la pièce à visser.

12. Outil suivant l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens permettant de modifier la géométrie fonctionnelle de l'évidement de l'organe de commande, directement ou indirectement en provoquant une modification de son influence, afin d'ajuster la proportion de sensibilité aux contraintes, en fonction d'un changement de géométrie de l'organe de commande de la pièce à visser, si celui-ci est amovible, et/ou d'un changement de l'adaptateur entre cet organe de commande et la pièce à visser.

13. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite zone de section différente est constituée d'au moins deux barreaux parallèles (12) dont les extrémités opposées (14) ont une section supérieure à celle de la partie intermédiaire (12) de section constante du barreau, et porte les moyens de mesure (M) du couple de serrage.

14. Outil selon la revendication 12, caractérisé en ce que lesdites extrémités (14) des barreaux (12) ont une profil conique.

15. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite zone (16) de section différente est constituée d'une partie centrale (17) de section supérieure à celle du reste du manche, et de deux parties terminales opposées (18), dont la section décroît jusqu'au raccordement avec les parties contiguës (15a) du manche (15), l'une de ces parties terminales étant pourvue des moyens de mesure (M) du couple de serrage.

16. Outil selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que les moyens de mesure (M) du couple de serrage comprennent un capteur extensométrique unique (M), ou plusieurs capteurs extensométriques montés en demi-pont ou en pont complet, ou encore en ponts multiples.

17. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le manche déformable est équipé d'un moyen de mesure constitué de l'association d'un premier organe (21) de mesure des forces de cisaillement dues à la force de commande, et d'un second organe (20) de mesure des forces de flexion dues à la force de commande (Fig.8).

18. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens de mesure des forces de cisaillement et des forces de flexion comportent par exemple un pont d'extensomètres (20) placé sur les faces du manche éloignées de la fibre neutre pour la mesure de flexion, et un pont ou un demi-pont d'extensomètres (21) sur les faces latérales du manche pour la mesure du cisaillement.

Claims

1. Tool for measuring torque, for example tightening torque, such as an electronic torque wrench (6), comprising a head (2) for tightening a member to be screwed, a manual control hand-grip (3), a handle (7; 11) which is deformable and sensitive to bending, connecting the hand-grip to the head, as well as electronic means (M) for measuring the deformation of the handle and displaying the torque determined from said deformation measurement, characterised in that said means (M) are adapted to measure, independently or otherwise, the stresses due respectively to shearing and to bending, and these means are produced in order that these stresses are in proportions such that the influence of the shearing stresses compensates for an error caused by taking the bending alone into considera-

tion for the determination of the torque transmitted by the head.

2. Tool according to Claim 1, characterised in that the handle comprises an area whereof the main section is different from that of the remainder of the handle and such that it is able to transform locally shearing stresses, generated by the control force (F), into elongation/compression stresses parallel to the surface of the handle.

3. Tool according to Claim 2, characterised in that the area of main section different from that of the remainder of the handle (7) comprises at least one transverse recess (8; 9), of preferably regular section whereof the axis (XX) is perpendicular to the axis of the handle (4) and to the control force (F) or reaction force.

4. Tool according to Claim 3, characterised in that the section of the recess is uniform, for example square (8), circular (9) or rectangular.

5. Tool according to Claim 4, in which the recess (9) is cylindrical, characterised in that the axis of this recess is situated in the main plane of the deformable handle, defined by the longitudinal axis of the wrench and by the axis of the part to be screwed, in order to produce two identical deformation areas on either side of the recess.

6. Tool according to one of Claims 1 to 4, characterised in that the handle (7; 11; 15) and the recess (8, 9...) have a shape such that the proportion between the stresses due to bending and those due to shearing is constant or approximately constant over a predetermined length of the part receiving the measuring member (M), and in that this measuring member comprises a sensitive part which preferably has constant sensitivity over the measuring length.

7. Tool according to one of Claims 1 to 5, characterised in that at least one of the members (M) sensitive to stresses of the measuring means is constituted by at least two parts, certain of which are placed in areas where the proportion of stresses is slightly higher than the theoretical value, whereas the other parts are placed in areas where the proportion of stresses is slightly lower than the theoretical value.

8. Tool according to Claim 7, characterised in that the different parts of the aforesaid sensitive member or members comprise due to construction, or are associated with means making it possible to adjust their reciprocal influence discretely or continuously in order to obtain overall a proportion corresponding exactly to the desired value.

9. Tool according to Claim 7, characterised in that the different parts of the sensitive members in question comprise by construction or are associated with means making it possible to adjust their overall influence discretely or continuously in order to obtain an overall sensitivity corresponding exactly to the desired value, said means being able to be combined with or separate from the aforesaid means intended for adjusting the proportion.

10. Tool according to one of Claims 2 to 8, characterised in that the recess has a geometry such that it may be adjusted mechanically after fixing the sensitive members of the measuring means (M) in order to obtain the adequate value of the proportion of sensitivity to stresses, and the mechanical adjusting means provided are arranged in order to be able to be used without risk of damaging said sensitive members.

11. Tool according to one of Claims 6 to 8, characterised in that said adjustment means comprise or are associated with specific auxiliary means for adjusting the proportion of sensitivity to stresses as a function of a change in geometry of the member for controlling the part to be screwed, if the latter is removable, and/or changing an adaptor between this control member and the part to be screwed.

12. Tool according to one of Claims 1 to 10, characterised in that it comprises means making it possible to modify the functional geometry of the recess in the control member, directly or indirectly causing a modification of its influence, in order to adjust the proportion of sensitivity to stresses, as a function of a change of geometry of the member for controlling the part to be screwed, if the latter is removable, and/or as a function of a change of the adaptor between this control member and the part to be screwed.

13. Tool according to Claim 1, characterised in that said area of different section is constituted by at least two parallel small bars (12) whereof the opposite ends (14) have a section greater than that of the intermediate part (12) of constant section of the small bar and supports the means (M) for measuring the tightening torque.

14. Tool according to Claim 12, characterised in that said ends (14) of the small bars (12) have a conical profile.

15. Tool according to Claim 1, characterised in that said area (16) of different section is constituted by a central part (17) of section greater than that of the remainder of the handle, and by two opposed terminal parts (18), whereof the section decreases as far as the connection to the contiguous parts (15a) of

the handle (15), one of these terminal parts being provided with means (M) for measuring the tightening torque.

16. Tool according to one of Claims 1 to 15, characterised in that the means (M) for measuring the tightening torque comprise a single extensometric pick-up (M), or several extensometric pick-ups mounted as a half-bridge or as a complete bridge, or even as multiple bridges.

17. Tool according to Claim 1, characterised in that the deformable handle is equipped with measuring means constituted by the association of a first member (21) for measuring the shearing forces due to the control force, and with a second member (20) for measuring the bending forces due to the control force (Figure 8).

18. Tool according to Claim 1, characterised in that said means for measuring the shearing forces and the bending forces comprise for example a bridge of extensometers (20) placed on the sides of the handle remote from the neutral fibre for measuring bending, and a bridge or a half-bridge of extensometers (21) on the side faces of the handle for measuring the shearing.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Messung eines Drehmoments, zum Beispiel eines Anzugsdrehmoments, wie ein elektronischer Drehmomentschlüssel (6), umfassend einen Kopf (2) zum Anziehen eines festzuschraubenden Teils, einen Handgriff (3) zur Betätigung, einen verformbaren und biegeempfindlichen Stiel (7; 11), der den Griff mit dem Kopf verbindet, sowie elektronische Mittel (M) zur Messung der Verformung des Stiels und zur Anzeige des anhand dieser Verformungsmessung bestimmten Drehmoments, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (M) dafür angepaßt sind, unabhängig oder nicht die jeweils durch die Scherung und die Biegung hervorgerufenen Spannungen zu messen, und diese Mittel so verwirklicht sind, daß diese Spannungen in solchen Verhältnissen vorliegen, daß der Einfluß der Scherspannungen einen Fehler ausgleicht, der verursacht wird, wenn zur Bestimmung des durch den Kopf übertragenen Drehmoments nur die Biegung berücksichtigt wird.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stiel eine Zone aufweist, deren Hauptquerschnitt von dem des restlichen Stiels abweicht und die so beschaffen ist, daß sie die von der Betätigungskraft (F) erzeugten Scherspannungen lokal in zur Oberfläche des Stiels parallele Dehnungs-Druckspannungen umwandeln kann.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Zone mit dem Hauptquerschnitt, der von dem des restlichen Stiels (7) abweicht, mindestens eine querlaufende Aussparung (8; 9) mit einem vorzugsweise regelmäßigen Querschnitt aufweist, deren Achse (XX) senkrecht zur Achse des Stiels (4) und zur Betätigungs- (F) oder Rückwirkungskraft ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt der Aussparung regelmäßig ist, zum Beispiel quadratisch (8), kreisrund (9) oder rechteckig.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, bei der die Aussparung (9) zylindrisch ist, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Achse dieser Aussparung in der Hauptebene des verformbaren Stiels befindet, welche durch die Längsachse des Schlüssels und durch die Achse des festzuschraubenden Teils definiert ist, um zwei identische Verformungszonen auf beiden Seiten der Aussparung zu schaffen.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Stiel (7; 11; 15) und die Aussparung (8, 9...) eine solche Form aufweisen, daß das Verhältnis zwischen den durch die Biegung hervorgerufenen Spannungen und jenen, die durch die Scherung hervorgerufen werden, auf einer bestimmten Länge des das Meßorgan (M) aufnehmenden Teils konstant oder ungefähr konstant ist, und daß dieses Meßorgan einen empfindlichen Teil umfaßt, der vorzugsweise eine über die Meßlänge konstante Empfindlichkeit besitzt.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der spannungsempfindlichen Organe (M) der Meßmittel von mindestens zwei Teilen gebildet wird, von denen einige in Zonen angeordnet sind, wo das Spannungsverhältnis etwas über dem theoretischen Wert liegt, während die anderen Teile in Zonen angeordnet sind, wo das Verhältnis der Spannungen etwas unter dem theoretischen Wert liegt.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedenen Teile des oder der vorgenannten empfindlichen Organe mit Mitteln gestaltet oder verbunden sind, welche die stufenweise oder kontinuierliche Einstellung ihres reziproken Einflusses gestatten, um insgesamt ein Verhältnis zu erhalten, das genau dem gesuchten Wert entspricht.

9. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die verschiedenen Teile der betreffenden empfindlichen Organe mit Mitteln gestaltet oder verbunden sind, welche die stufenweise oder

kontinuierliche Einstellung ihres Gesamteinflusses gestatten, um eine Gesamtempfindlichkeit zu erhalten, die genau dem gesuchten Wert entspricht, wobei die Mittel mit den vorgenannten, zur Regelung des Verhältnisses bestimmten Mitteln vereinigt oder von diesen getrennt sein können.

10. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Aussparung eine solche Geometrie aufweist, daß sie nach Befestigung der empfindlichen Organe der Meßmittel (M) mechanisch eingestellt werden kann, um den passenden Wert des Spannungsempfindlichkeitsverhältnisses zu erhalten, und die vorgesehenen Mittel zur mechanischen Einstellung so gestaltet sind, daß sie ohne Gefahr einer Beschädigung der empfindlichen Organe verwendet werden können.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Regelung mit spezifischen Hilfsmitteln gestaltet oder verbunden sind, die dazu dienen, das Spannungsempfindlichkeitsverhältnis in Abhängigkeit von einer Veränderung der Geometrie des Organs zur Betätigung des festzuschraubenden Teils, wenn dieses Organ abnehmbar ist, und/oder von einem Wechsel eines Adapters zwischen diesem Betätigungsorgan und dem festzuschraubenden Teil einzustellen.

12. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß sie Mittel aufweist, die es gestatten, die funktionelle Geometrie der Aussparung des Betätigungsorgans direkt oder indirekt durch Bewirken einer Veränderung ihres Einflusses zu verändern, um das Spannungsempfindlichkeitsverhältnis in Abhängigkeit von einer Veränderung der Geometrie des Organs zur Betätigung des festzuschraubenden Teils, wenn dieses Organ abnehmbar ist, und/oder von einem Wechsel des Adapters zwischen diesem Betätigungsorgan und dem festzuschraubenden Teil einzustellen.

13. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zone mit dem abweichenden Querschnitt von mindestens zwei parallelen Stäben (12) gebildet wird, deren gegenüberliegende Enden (14) einen größeren Querschnitt aufweisen als der dazwischenliegende Stabteil (12) von konstantem Querschnitt, und die Mittel zur Messung (M) des Anzugsdrehmoments trägt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Enden (14) der Stäbe (12) ein konisches Profil aufweisen.

15. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zone (16) mit dem abweichenden Querschnitt von einem mittleren Teil (17) mit einem größeren Querschnitt als der restliche Stiel und von zwei gegenüberliegenden Endteilen (18) gebildet wird, deren Querschnitt bis zur Verbindungsstelle mit den angrenzenden Teilen (15a) des Stiels (15) abnimmt, wobei einer dieser Endteile mit den Mitteln zur Messung (M) des Anzugsdrehmoments ausgestattet ist.

16. Vorrichtung nach irgendeinem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Messung (M) des Anzugsdrehmoments einen einzigen Dehnungsaufnehmer (M) oder mehrere Dehnungsaufnehmer umfassen, die als Halbbrücke oder vollständige Brücke oder auch als mehrfache Brücken montiert sind.

17. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der verformbare Stiel mit einem Meßmittel ausgestattet ist, das aus der Verbindung eines ersten Organs (21) zur Messung der durch die Betätigungskraft hervorgerufenen Scherkräfte und eines zweiten Organs (20) zur Messung der durch die Betätigungskraft hervorgerufenen Biegekräfte besteht (Fig. 8).

18. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel zur Messung der Scherkräfte und der Biegekräfte zum Beispiel eine Dehnungsmeßbrücke (20), die zur Messung der Biegung auf den von der neutralen Achse entfernten Flächen des Stiels angeordnet ist, und eine Dehnungsmeßbrücke oder -halbbrücke (21) auf den Seitenflächen des Stiels zur Messung der Scherung umfassen.

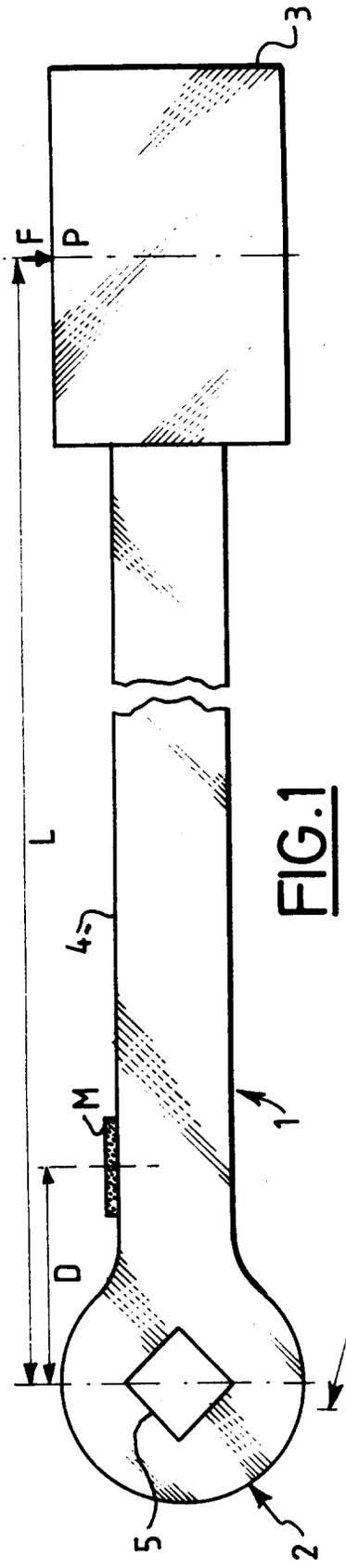


FIG.1

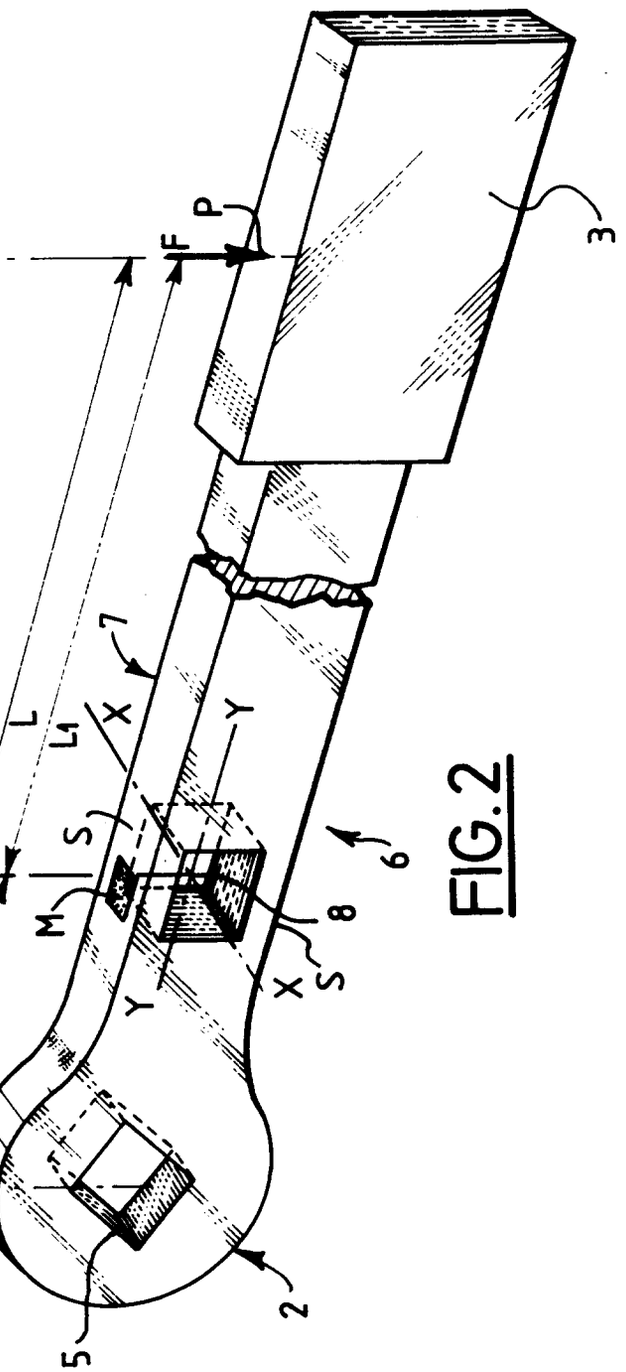


FIG.2

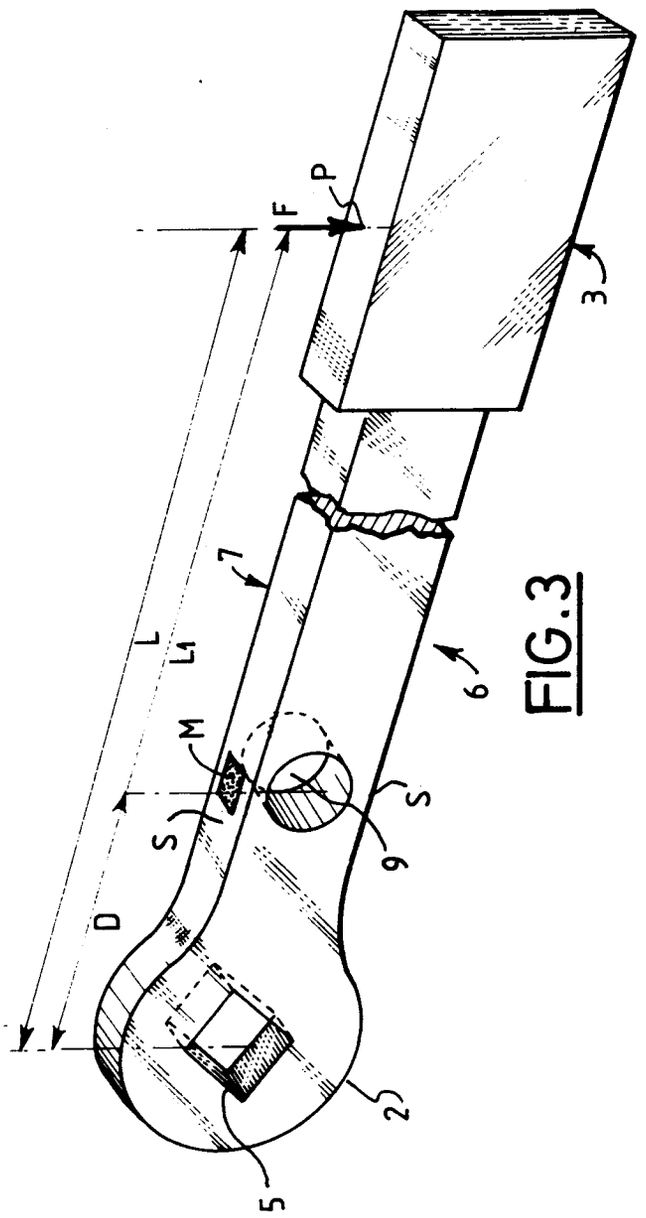


FIG.3

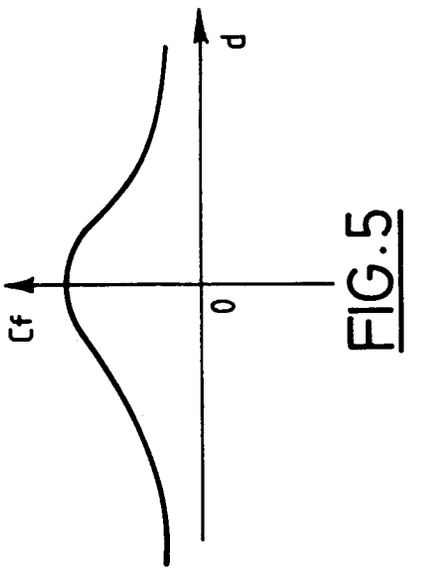


FIG.5

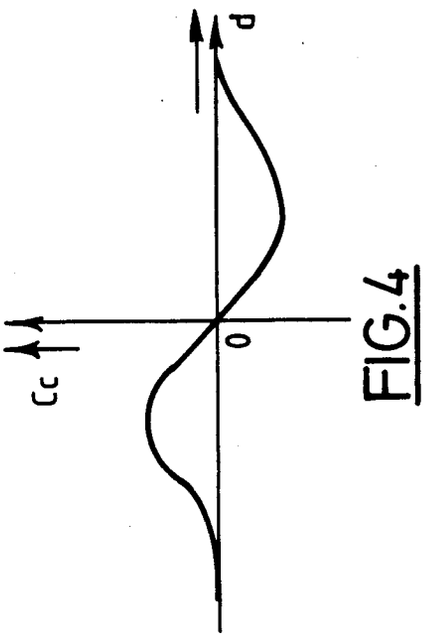


FIG.4

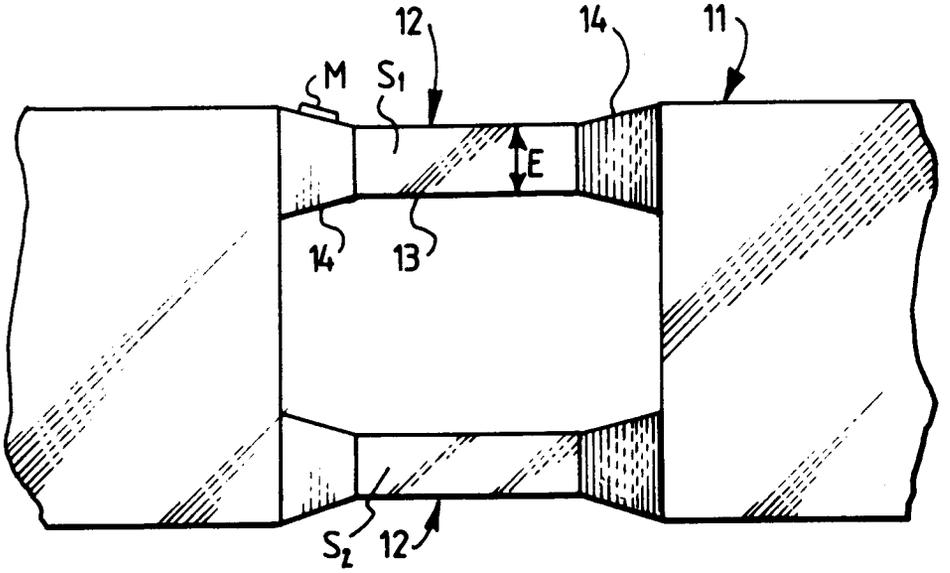


FIG.6

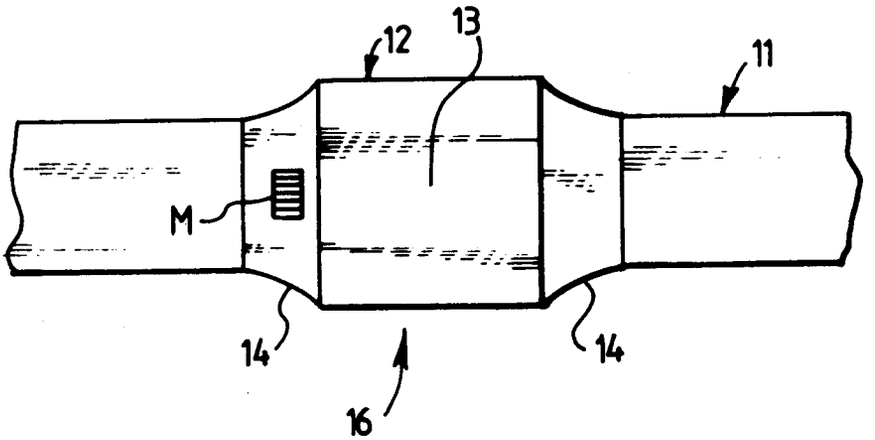


FIG.7

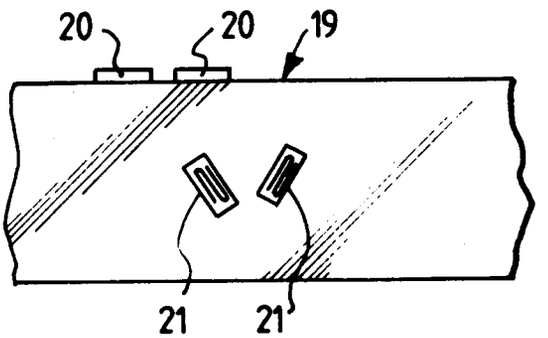


FIG.8