

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901939017A1

Publication Date

20121022

Applicant

ALENIA AERONAUTICA S.P.A.

Title

DISPOSITIVO DI SERRAGGIO TARATO

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Dispositivo di serraggio tarato"

Di: ALENIA AERONAUTICA S.p.A., nazionalità italiana,
Via dell'Aeronautica s.n.c., 80038 Pomigliano
d'Arco (NA)

Inventori designati:

GALOTA Vincenzo; INSERRA IMPARATO Sabato;

DE BONIS Pasquale; IAGULLI Gianni

Depositata il: 22 aprile 2011

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un dispositivo di serraggio in grado di applicare una forza di serraggio calibrata per bloccare insieme provvisoriamente due pezzi.

Nel settore della costruzione di velivoli occorre frequentemente accoppiare insieme due pezzi di grosse dimensioni, aventi ciascuno una superficie estesa che va affacciata e serrata contro una superficie estesa dell'altro pezzo oppure contro una pluralità di superfici d'appoggio discrete e distanziate tra loro, presentate dall'altro pezzo. Tale necessità si presenta, ad esempio, quando occorre accoppiare componenti in carboresina quali pannelli irrigiditi, longheroni, centine, ecc., tra

loro e/o con parti in lega leggera o in titanio, dove l'accoppiamento risulta particolarmente critico a causa del diverso grado di finitura delle superfici delle superfici di accoppiamento. I due pezzi vanno prima avvicinati e posizionati in una posizione di accoppiamento reciproca predeterminata, accostando le due rispettive superfici l'una contro l'altra. I due pezzi vengono quindi trattennuti insieme temporaneamente, mediante mezzi di accoppiamento provvisori, in quella posizione preterminata che corrisponde sostanzialmente alla configurazione di volo secondo cui i due pezzi devono successivamente essere uniti in maniera definitiva. Prima di giuntare insieme i due pezzi in modo definitivo, ad esempio mediante rivetti, o collegamenti filettati, o altri organi di collegamento specifici (*HI-Lok*, *lockbolt*, ecc.) occorre verificare l'esistenza e quantificare l'entità di un eventuale gap (o spazio vuoto o intercapedine) tra le superfici affacciate dei due pezzi.

Qualora l'eventuale gap fosse di dimensioni maggiori rispetto a certi valori tabellati, il raggio con il quale si realizza l'accoppiamento definitivo dei due pezzi comporterebbe inevitabilmente un forzamento inammissibile per portare i due

pezzi in contatto diretto, con la conseguente comparsa di tensioni indotte da deformazioni impresse localmente per l'avvicinamento dei pezzi. Tali tensioni rappresentano un precarico che va ad aggiungersi alle tensioni alle quali i pezzi sono soggetti in esercizio. In casi estremi, se le forze di accoppiamento applicate in presenza di gap sono eccessive, al superamento di un livello ammissibile di tensione si possono verificare rotture nei pezzi.

Per evitare ciò, occorre interporre tra le superfici affacciate delle due parti un inserto solido riempitivo (o "shim") che riempie l'intercapedine in modo tale che, quando i due pezzi vengono accostati, li si può giuntare insieme senza la generazione di tensioni e deformazioni locali aggiuntive apprezzabili.

Al fine di fabbricare un inserto o *shim* avente spessore variabile corrispondente alle distanze tra le superfici affacciate dei due pezzi da unire, occorre misurare lo spessore dell'intercapedine o gap tra i pezzi mentre questi si trovano entrambi nella loro posizione naturale o indeformata nella quale dovranno poi essere uniti in modo definitivo.

Nell'industria aeronautica, alcuni costruttori stabiliscono che le misurazioni del gap vadano effettuate trattenendo provvisoriamente insieme i due pezzi mediante l'applicazione, per punti, di forze di serraggio standardizzate; ad esempio, è prescritto che le forze abbiano intensità di 5 lb (22,24 N) e siano applicate in corrispondenza di coppie di fori allineati, ottenuti nelle due parti da accoppiare, dove ciascuna coppia è distanziata dall'altra da un interasse di 1 piede (0,305 m). Per l'applicazione di queste forze di ritegno provvisorie si sfruttano fori passanti di diametro leggermente minore rispetto al diametro dei fori finali nei quali verranno introdotti gli organi di collegamento definitivi (tipicamente rivetti o bulloni).

Lo scopo dell'invenzione è di applicare una forza serraggio calibrata, per trattenere in posizione accostata i due pezzi da unire, ma senza forzarli, durante la fase di misurazione del gap, al fine di costruire uno *shim* fatto su misura per essere interposto tra i due pezzi che possono poi essere uniti in modo definitivo, senza generare in essi deformazioni e tensioni nocive. Un altro scopo dell'invenzione è di realizzare un dispositivo di

serraggio semplice ed economico da costruire, composto da poche parti, in grado di assicurare l'applicazione di una forza di serraggio precisa in una molteplicità di punti.

Questi ed altri scopi e vantaggi, che saranno compresi meglio in seguito, sono raggiunti secondo l'invenzione da un dispositivo di serraggio avente le caratteristiche definite nella rivendicazione 1. Secondo un altro aspetto dell'invenzione, si propone un procedimento così come definito nella rivendicazione 9. Forme di attuazione preferenziali dell'invenzione sono enunciate nelle rivendicazioni dipendenti.

Verrà ora descritta una forma di attuazione preferita ma non limitativa dell'invenzione; si fa riferimento ai disegni allegati, in cui le figure 1 e 2 sono viste in sezione che illustrano schematicamente un dispositivo secondo l'invenzione che serra insieme due pezzi.

Facendo inizialmente riferimento alla figura 1, un dispositivo di serraggio secondo l'invenzione, indicato nel suo insieme con 10, comprende una barra rettilinea 11 sulla quale sono ricavate porzioni filettate 12, 13 in zone assialmente distanziate lungo la barra, in questo esempio in zone di

estremità opposte. Sulla barra 11 è infilata una molla di compressione calibrata 14, e sono accoppiati in modo filettato, sulle rispettive porzioni filettate 12, 13, un pomello 21, un dado filettato 15 e preferibilmente anche un controdado filettato 16. In una forma di realizzazione alternativa (non illustrata), la barra 11 può essere filettata sostanzialmente tutta la sua lunghezza.

Con A e B sono indicati due pezzi, in questo esempio due pannelli o pareti, da giuntare insieme. L'invenzione non è limitata dalla forma dei pezzi da giuntare; il riferimento a pezzi conformati come pannelli non deve essere in alcun modo interpretato come limitativo della portata del brevetto. I pezzi A e B hanno rispettive superfici affacciate C e D che, nella condizione (illustrata) nella quale i pezzi sono accostati l'uno contro l'altro, individuano tra esse un'intercapedine o gap E. Lo spessore del gap deve essere misurato in diversi punti al fine di costruire un inserto riempitivo solido o "shim" (non illustrato) che verrà interposto tra le superfici affacciate. Lo *shim*, fatto su misura per copiare esattamente la forma e le dimensioni del gap, consente l'accoppiamento definitivo dei due pezzi con l'applicazione di forze di serraggio che,

grazie all'interposizione dello *shim*, non indurranno deformazioni e tensioni apprezzabili nei pezzi.

La tecnologia per la fabbricazione dell'inserto di compensazione o *shim* potrà essere scelta tra varie moderne tecniche di prototipazione e produzione rapida che non sono rilevanti ai fini della comprensione dell'invenzione e, pertanto, non verranno qui descritte.

La lunghezza assiale della barra filettata 11 è convenientemente scelta in modo tale che essa sporga abbondantemente da entrambe le facce opposte F, G dei due pezzi A, B accostati. In tutta la presente descrizione e nelle rivendicazioni che seguono, i termini e le espressioni indicanti posizioni ed orientamenti quali "assiale" e "trasversale" si intendono riferiti alla direzione longitudinale in cui si estende la barra filettata 11.

La barra 11 viene inserita liberamente, con gioco trasversale, attraverso due fori passanti L, M allineati o sostanzialmente allineati in direzione assiale e già praticati nei rispettivi pezzi A, B da unire.

La barra 11 reca una pluralità (in questo esempio tre) di segni o elementi di riferimento ben visibili 17, 18, 19, quali ad esempio tacche o ri-

lievi anulari o linee colorate trasversali, riportate sulla superficie esterna della barra in posizioni assialmente distanziate: un primo elemento di riferimento, in questo esempio una linea circolare 17, ed un secondo elemento di riferimento 18, in questo esempio una linea circolare. Un ulteriore elemento di riferimento, riportato in posizione assialmente intermedia tra il primo ed il secondo, è indicato con 19. Tutti gli elementi di riferimento sono contenuti in rispettivi piani geometrici perpendicolari alla direzione assiale e assialmente distanziati l'uno dall'altro lungo la barra 11.

Con i due pezzi accostati con le superfici C e D a contatto, la barra 11 viene infilata nei fori allineati L, M fino a portare il primo elemento di riferimento 17 in una posizione complanare o a raso con una delle superfici affacciata esternamente, di uno dei due pezzi, in questo esempio con la superficie F del pezzo A. Opzionalmente, come nell'esempio illustrato, una rondella 20 può essere applicata sulla barra 11 a livello dell'elemento di riferimento 17.

Questa posizione della barra viene fissata avvitando il dado 15 sull'estremità opposta della barra, che sporge oltre la superficie G del pezzo

B, fino a portare il dado in battuta contro la superficie G. La posizione del dado viene poi bloccata mediante il controdado 16. Il dado 15 costituisce uno spallamento la cui posizione assiale può essere regolata lungo la barra 11.

La molla 14 è assialmente interposta tra la superficie F (o la rondella 20, se presente) e il pomello filettato 21 che viene avvitato sull'estremità qui definita "anteriore" della barra filettata, fino a contattare la molla 14 senza comprimerla. Questa condizione iniziale, a molla decompressa, è illustrata nella figura 1. La superficie anteriore 23 del pomello 21 è allineata trasversalmente con la linea 18 di zero carico, che è stata riportata sulla barra 11 a seguito di un'operazione di calibrazione effettuata precedentemente. Nella condizione illustrata nella figura 1, il carico elastico di compressione esercitato dalla molla tra la superficie anteriore F e il pomello 21 è nullo; di conseguenza è nulla anche la forza di serraggio applicata ai due pezzi A e B.

Con 24 è indicata una rondella, opzionale, interposta tra il pomello 21 e la molla 14. Nella forma di realizzazione preferita, la sede filettata del pomello che viene avvitata sulla barra 11 è una

cavità cilindrica passante 22, che si apre sulla superficie 23 situata sul lato del pomello opposto alla molla 14.

Dalla posizione di carico nullo si procede quindi avvitando il pomello 21, comprimendo gradualmente la molla 14, fino ad ottenere l'allineamento trasversale della superficie anteriore 23 del pomello 21 con la seconda linea di riferimento 19 predisposta sulla barra filettata in base ad una precedente calibrazione. In questa nuova posizione del pomello (figura 2), la molla 14 è compressa in misura tale da esercitare tra il pomello 21 e la superficie F un carico prefissato, ad esempio 5 lb, che corrisponde anche alla forza di serraggio applicata ai due pezzi A e B.

Se si avvita ulteriormente il pomello 21 fino a portare la sua superficie anteriore 23 in corrispondenza della linea di riferimento 25, con il pomello in tale posizione (non illustrata) la molla 14 applica ai due pezzi A e B un carico di serraggio maggiore, ad esempio di 10 lb (44,48 N). L'applicazione di questo carico di serraggio più elevato è utile in un secondo tempo, al fine di verificare che lo shim preparato in base alle misure precedentemente eseguite con il precarico di 5 lb, si

adatti effettivamente al gap con le tolleranze prescritte.

Al raggiungimento di una condizione di allineamento trasversale dell'elemento di riferimento 23 sul pomello con una delle linee di riferimento 18, 19 o 25, l'operatore sa quale forza di serraggio prestabilita è applicata ai due pezzi, e cioè 0, oppure 5 oppure 10 lb, a seconda della linea di riferimento raggiunta.

Tutti i segni o elementi di riferimento presenti sulla barra 11 vengono riportati a seguito di operazioni di taratura, utilizzando preferibilmente un dinamometro.

Come si potrà apprezzare, un medesimo dispositivo di serraggio può essere utilizzato per applicare una forza di serraggio predeterminata e precisa, a prescindere dallo spessore delle due parti da unire e del gap presente tra le due parti. Una barra filettata 11 di lunghezza adeguata consente, infatti, al dispositivo di funzionare su vari spessori. Al variare dello spessore varia, inversamente, la lunghezza della porzione posteriore della barra filettata che emerge dalla coppia dado 15 / controllo dado 16. Regolando ogni volta la posizione dello spallamento di contrasto posteriore (in

quest'esempio rappresentato dal dado), in modo tale che il primo segno di riferimento sia complanare alla superficie anteriore dei due pezzi, si ottiene una posizione "zero" di riferimento, a partire dalla quale si può applicare la forza di serraggio predeterminata.

Si intende che l'invenzione non è limitata alla forma di realizzazione qui descritta ed illustrata, che è da considerarsi come un esempio del dispositivo di serraggio; l'invenzione è invece suscettibile di modifiche relative a forme, dimensioni, disposizioni di parti, dettagli costruttivi e materiali usati. Ad esempio, lo spallamento regolabile dal lato posteriore del dispositivo potrà essere di tipo diverso dal dado e controdado. In alternativa si potranno utilizzare mezzi di spallamento quali anelli elastici capaci di serrare la barra ed attentarsi contro la superficie posteriore G del pezzo B. In una forma di realizzazione ancora diversa, l'elemento di spallamento regolabile lungo la barra potrà impegnarsi selettivamente in una serie di tacche ricavate lungo la barra. Tale variante, tuttavia, non consente una regolazione variabile con continuità della posizione di "carico zero", cosa che invece è ottenibile, con la massima

precisione possibile, grazie all'utilizzo di un dado filettato. La scelta di uno spallamento in forma di dado filettato è vantaggiosa perché permette una regolazione fine e continua della posizione assiale dello spallamento lungo la barra.

In aggiunta, l'elemento di riferimento presentato dal pomello potrà essere diverso dalla superficie terminale 23. Un elemento di riferimento equivalente a questo potrà ad esempio essere costituito da una linea trasversale riportata su una finestra trasparente sul pomello, che consenta di riscontrare visivamente l'allineamento trasversale degli elementi di riferimento e quindi l'entità della forza di serraggio elastica applicata. L'aspetto degli elementi di riferimento, che servono a identificare l'entità di compressione della molla, non è limitativo dell'invenzione.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo di serraggio (10) atto ad applicare una forza di serraggio tarata ad una coppia di pezzi accostati (A, B), caratterizzato dal fatto che il dispositivo comprende, in combinazione:

- una barra rettilinea filettata (11) estendentesi in una direzione assiale;
- almeno un primo (17), un secondo (18) ed un terzo (19) elemento di riferimento visibili situati sulla barra (11), giacenti in piani perpendicolari a detta direzione e assialmente distanziati l'uno dall'altro lungo la barra;
- uno spallamento (15, 16) bloccabile selettivamente in una pluralità di posizioni assiali lungo la barra;
- un corpo filettato (21) accoppiato in modo filettato alla barra (11) così da permettere la regolazione della posizione assiale del corpo (21) lungo la barra (11);
- un quarto elemento di riferimento visibile (23) situato sul corpo filettato (21) e giacente in un piano perpendicolare alla direzione assiale;
- un mezzo elastico assialmente comprimibile (14) montato sulla barra (11) in una posizione assial-

mente interposta tra il corpo filettato (21) e lo spallamento (15, 16);

il dispositivo di serraggio (10) essendo in grado di assumere almeno due condizioni operative differenti:

una prima condizione di carico nullo, nella quale

- la barra (11) è infilata attraverso due fori (L, M) assialmente allineati di due pezzi (A, B) accostati,

- lo spallamento (15, 16) è in battuta contro una prima superficie (G) di uno (B) dei due pezzi (A, B),

- il primo elemento di riferimento (17) è complanare con una seconda superficie (F) dell'altro (A) dei due pezzi (A, B) accostati, dove la seconda superficie si trova su un lato opposto a quello della prima superficie (G), e

- il corpo filettato (21) è posizionato lungo la barra (11) in una prima posizione assiale nella quale il secondo (18) e il quarto (23) elemento di riferimento si trovano in un medesimo piano perpendicolare alla direzione assiale, e nella quale prima posizione assiale il mezzo elastico (14) è bloccato in una condizione non compressa tra il corpo

filettato (21) e la seconda superficie (F) del pezzo (A); e

una seconda condizione di serraggio tarato, nella quale:

- la barra (11) e lo spallamento (15, 16) sono posizionati come nella prima condizione operativa;
- il corpo filettato (21) è posizionato lungo la barra (11) in una seconda posizione assiale tale per cui il mezzo elastico (14) è compresso assialmente tra il corpo filettato (21) e la seconda superficie (F) del pezzo (A),
- il terzo (19) e il quarto (23) elemento di riferimento si trovano in un medesimo piano perpendicolare alla direzione assiale, per cui i due pezzi (A, B) sono serrati con una forza assiale calibrata tra lo spallamento (15, 16) ed il mezzo elastico (14).

2. Dispositivo di serraggio secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il terzo elemento di riferimento (19) è situato sulla barra (11) in una posizione assialmente intermedia tra il primo (17) elemento di riferimento ed il secondo (18) elemento di riferimento.

3. Dispositivo di serraggio secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che sulla barra

(11) è riportato un quinto elemento di riferimento visibile (25) in una posizione assialmente intermedia tra il primo (17) elemento di riferimento ed il terzo (19) elemento di riferimento.

4. Dispositivo di serraggio secondo la rivendicazione 1 o 2 o 3, caratterizzato dal fatto che lo spallamento comprende un dado filettato (15) accoppiato in modo filettato alla barra (11) così da permettere la regolazione della posizione assiale del dado (15) lungo la barra (11).

5. Dispositivo di serraggio secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che lo spallamento comprende inoltre un controdado (16) accoppiato in modo filettato alla barra (11) e adiacente al dado (15) per bloccare la posizione assiale del dado (15) lungo la barra (11).

6. Dispositivo di serraggio secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il mezzo elastico (14) è una molla di compressione ad elica infilata sulla barra (11).

7. Dispositivo di serraggio secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che gli elementi di riferimento (17, 18, 19, 25) presenti sulla barra (11) includono tacche o rilievi anulari o linee riportate sulla superficie

esterna della barra in posizioni assialmente distanziate.

8. Dispositivo di serraggio secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto che il corpo filettato (21) è un pomello che presenta una cavità cilindrica passante filettata (22) avvitata sulla barra (11), e che il quarto elemento di riferimento (23) è definito da una superficie esterna del pomello sulla quale si apre la cavità (22).

9. Procedimento per applicare una forza di serraggio tarata ad una coppia di pezzi accostati (A, B), caratterizzato dal fatto che di prevedere le fasi seguenti:

a) predisporre un dispositivo di serraggio (10) secondo una qualunque delle rivendicazioni precedenti, il dispositivo di serraggio comprendendo:

- una barra rettilinea filettata (11) estendentesi in una direzione assiale;
- almeno un primo (17), un secondo (18) ed un terzo (19) elemento di riferimento visibili situati sulla barra (11), giacenti in piani perpendicolari a detta direzione e assialmente distanziati l'uno dall'altro lungo la barra;

- uno spallamento (15, 16) bloccabile selettivamente in una pluralità di posizioni assiali lungo la barra;
 - un corpo filettato (21) accoppiato in modo filettato alla barra (11) così da permettere la regolazione della posizione assiale del corpo (21) lungo la barra (11);
 - un quarto elemento di riferimento visibile (23) situato sul corpo filettato (21) e giacente in un piano perpendicolare alla direzione assiale;
 - un mezzo elastico assialmente comprimibile (14) montato sulla barra (11) in una posizione assialmente interposta tra il corpo filettato (21) e lo spallamento (15, 16);
- b) predisporre due pezzi (A, B) accostati con rispettivi fori passanti (L, M) allineati;
- c) infilare la barra (11) attraverso i due fori (L, M);
- d) regolare la posizione dello spallamento (15, 16) lungo la barra (11) così che lo spallamento è in battuta contro una prima superficie (G) di uno (B) dei due pezzi (A, B) e il primo elemento di riferimento (17) è complanare con una seconda superficie (F) dell'altro (A) dei due pezzi (A, B) acco-

stati, dove la seconda superficie si trova su un lato opposto a quello della prima superficie (G);

e) regolare la posizione del corpo filettato (21) lungo la barra (11) così da portare il corpo filettato in una prima posizione assiale nella quale il secondo (18) e il quarto (23) elemento di riferimento si trovano in un medesimo piano perpendicolare alla direzione assiale, e nella quale prima posizione assiale il mezzo elastico (14) è bloccato in una condizione non compressa tra il corpo filettato (21) e la seconda superficie (F) del pezzo (A);

f) regolare la posizione del corpo filettato (21) lungo la barra (11) così da portare il corpo filettato in una seconda posizione assiale nella quale:

- il mezzo elastico (14) è compresso assialmente tra il corpo filettato (21) e la seconda superficie (F) del pezzo (A),
- il terzo (19) e il quarto (23) elemento di riferimento si trovano in un medesimo piano perpendicolare alla direzione assiale, per cui i due pezzi (A, B) sono serrati con una forza assiale calibrata tra lo spallamento (15, 16) ed il mezzo elastico (14).

CLAIMS

1. A clamping device (10) for applying a calibrated clamping force to a pair of abutting pieces (A, B), characterized in that the device comprises, in combination:

- a straight threaded rod (11) extending in an axial direction;
 - at least a first (17), a second (18) and a third (19) visible reference elements located on the rod (11) and lying in planes perpendicular to said direction and axially spaced apart from one another along the rod;
 - a shoulder (15, 16) selectively lockable in a plurality of axial positions along the rod;
 - a threaded body (21) coupled to the threaded rod (11) so as to allow adjusting the axial position of the body (21) along the rod (11);
 - a fourth visible reference element (23) located on the threaded body (21) and lying in a plane perpendicular to the axial direction;
 - an axially compressible elastic means (14) mounted on the rod (11) at a position axially interposed between the threaded body (21) and the shoulder (15, 16);
- the clamping device (10) being able to take at

least two different working conditions:

a first, zero load condition, in which:

- the rod (11) is inserted through two axially aligned holes (L, M) formed through two abutting pieces (A, B),
- the shoulder (15, 16) is abutting a first surface (G) of one (B) of the two pieces (A, B),
- the first reference element (17) is coplanar with a second surface (F) of the other (A) of the two abutting pieces (A, B), the second surface being located on a side opposite the first surface (G), and
- the threaded body (21) is positioned along the rod (11) in a first axial position in which the second (18) and fourth (23) reference elements are in a same plane perpendicular to the axial direction, and wherein in said first axial position the elastic means (14) is locked in a non-compressed state between the threaded body (21) and the second surface (F) of the piece (A),

and

a second condition of calibrated clamping, in which:

- the rod (11) and the shoulder (15, 16) are positioned as in the first working condition;
- the threaded body (21) is positioned along the rod (11) in a second axial position such that the elastic means (14) is compressed axially between the threaded body (21) and the second surface (F) of the piece (A),
- the third (19) and fourth (23) reference elements are in a same plane perpendicular to the axial direction, whereby the two pieces (A, B) are clamped with a calibrated axial force between the shoulder (15, 16) and the elastic means (14).

2. A clamping device according to claim 1, characterized in that the third reference element (19) is located on the rod (11) at an axially intermediate position between the first (17) reference element and the second (18) reference element.

3. A clamping device according to claim 2, characterized in that the rod (11) provides a fifth, visible reference element (25) located at an axially intermediate position between the first (17) reference element and the third (19) reference element.

4. A clamping device according to any of claims 1 to 3, characterized in that the shoulder comprises a threaded nut (15) coupled to the threaded rod (11) to allow adjustment of the axial position of the nut (15) along the rod (11).

5. A clamping device according to claim 4, characterized in that the shoulder also includes a nut (16) coupled to the threaded rod (11) and adjacent to the nut (15) for locking the axial position of the nut (15) along the rod (11).

6. A clamping device according to any of the preceding claims, characterized in that the elastic means (14) is a helical compression spring fitted on the threaded rod (11).

7. A clamping device according to any of the preceding claims, characterized in that the reference elements (17, 18, 19, 25) on the rod (11) include notches or annular reliefs or lines marked on the outside surface of the rod at axially spaced positions.

8. A clamping device according to any of the preceding claims, characterized in that the threaded body (21) is a knob having a through, threaded cylindrical cavity (22) screwed on the rod (11), and that the fourth reference element (23) is defined

by an outer surface of the knob on which the cavity (22) opens.

9. A method of applying a calibrated clamping force to a pair of abutting pieces (A, B), characterized in that the method includes the following steps of:

a) providing a clamping device (10) according to any of the preceding claims, the clamping device including:

- a straight threaded rod (11) extending in an axial direction;
- at least a first (17), second (18) and third (19) visible reference elements located on the rod (11), the reference elements lying in planes perpendicular to said direction and being axially spaced apart along the rod;
- a shoulder (15, 16) selectively lockable in a plurality of axial positions along the rod;
- a threaded body (21) coupled to a threaded rod (11) to allow adjustment of the axial position of the body (21) along the rod (11);
- a fourth, visible reference element (23) located on the threaded body (21) and lying in a plane perpendicular to the axial direction;
- an axially compressible elastic means (14)

- mounted on the rod (11) in a position axially interposed between the threaded body (21) and the shoulder (15, 16);
- b) providing two abutting pieces (A, B) with respective, aligned through holes (L, M);
 - c) inserting the rod (11) through the two holes (L, M);
 - d) adjusting the position of the shoulder (15, 16) along the rod (11) so that the shoulder is abutting against a first surface (G) of one (B) of the two pieces (A, B) and the first reference element (17) is coplanar with a second surface (F) of the other (A) of the two abutting pieces (A, B), the second surface being located on a side opposite the first surface (G);
 - e) adjusting the position of the threaded body (21) along the rod (11) so as to bring the threaded body in a first axial position in which the second (18) and fourth (23) reference elements are in a same plane perpendicular to the axial direction, and wherein in the said the first axial position the elastic means (14) is locked in a non-compressed state between the threaded body (21) and the second surface (F) of the piece (A);
 - f) adjusting the position of the threaded body

(21) along the rod (11) so as to bring the threaded body in a second axial position in which:

- the elastic means (14) is axially compressed between the threaded body (21) and the second surface (F) of the piece (A);
- the third (19) and fourth (23) reference elements are in a same plane perpendicular to the axial direction, whereby the two pieces (A, B) are clamped together with a calibrated axial force between the shoulder (15, 16) and the elastic means (14).

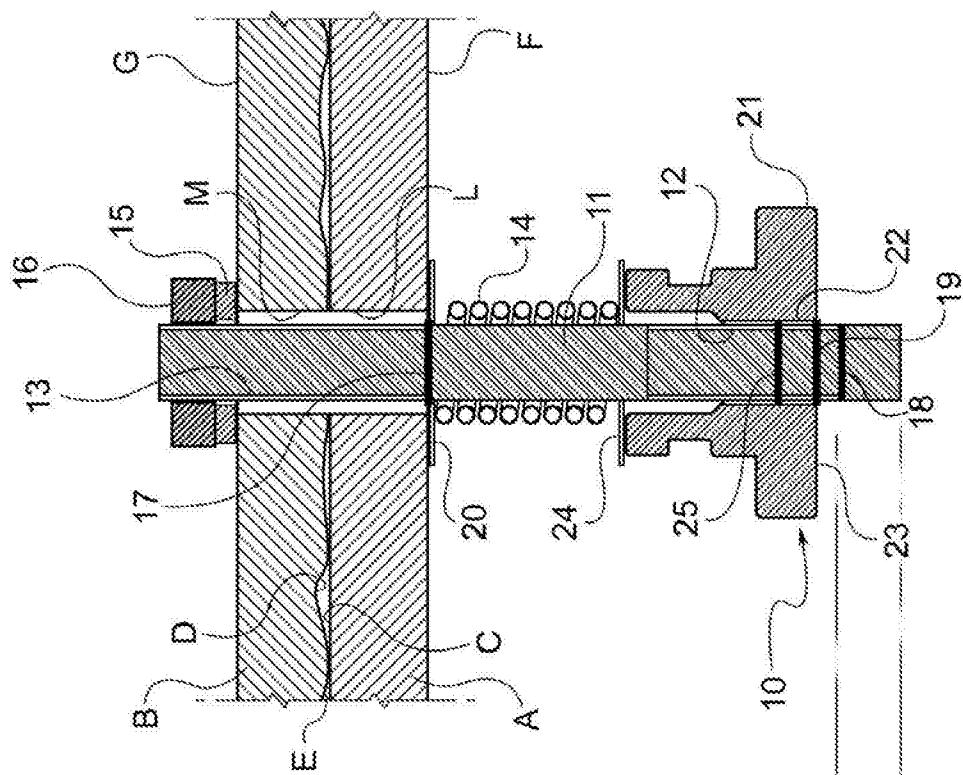


FIG. 2

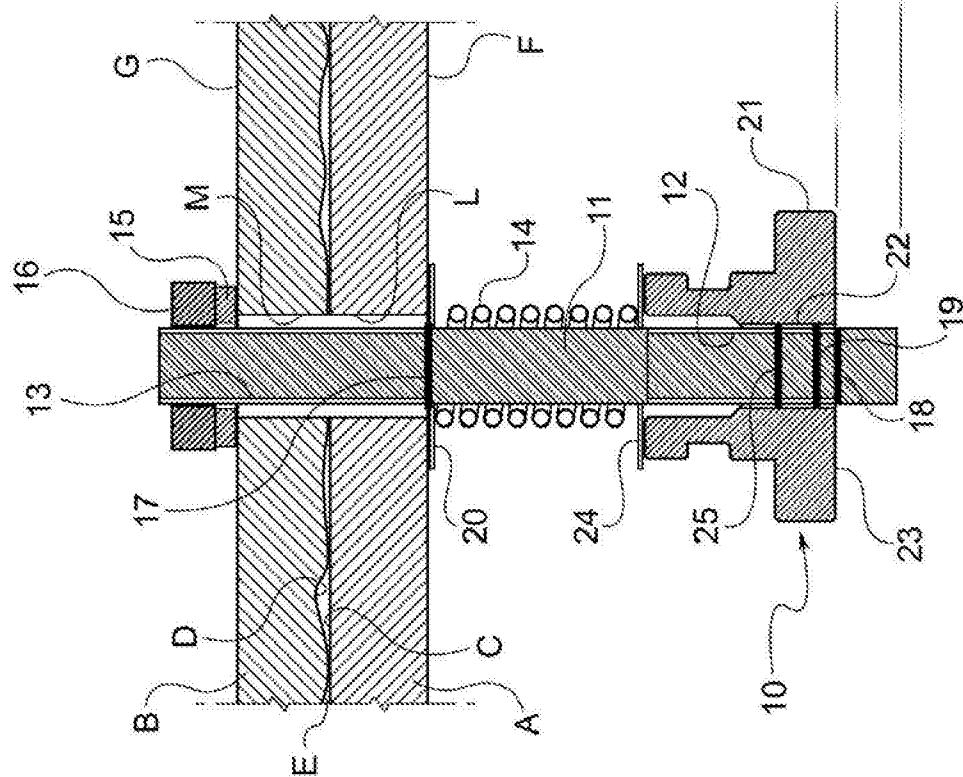


FIG. 1