

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **715 641 A2**

(51) Int. Cl.: **G04B** 17/04 (2006.01)
G04B 17/32 (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 01430/19

(22) Date de dépôt: 11.11.2019

(43) Demande publiée: 15.06.2020

(30) Priorité: 13.12.2018 CH 01539/18

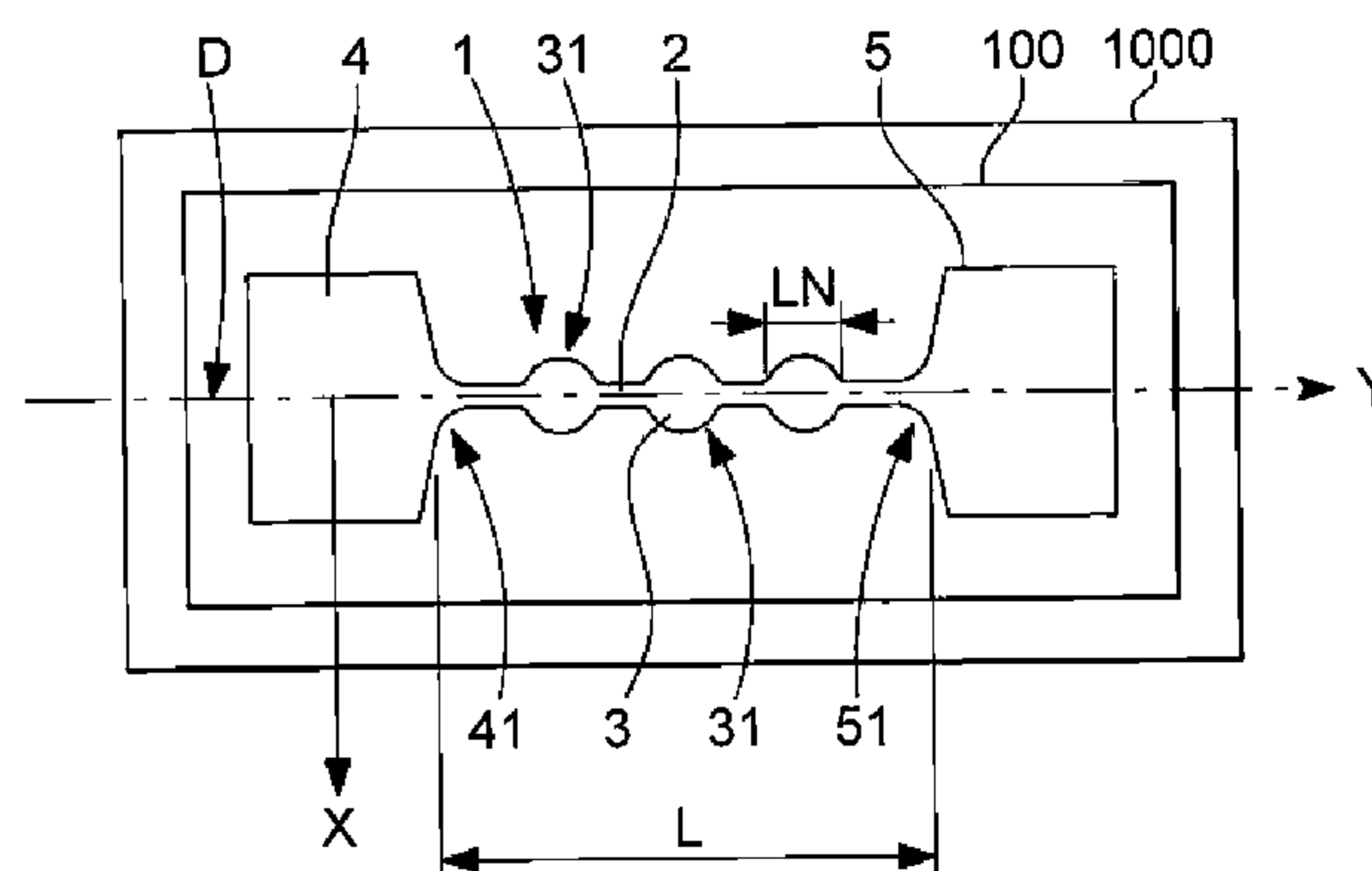
(71) Requéant:
ETA SA Manufacture Horlogère Suisse,
Schild-Rust-Strasse 17
2540 Grenchen (CH)

(72) Inventeur(s):
Pascal Winkler, 2072 St Blaise (CH)
Laurent Klinger, 2503 Bienne (CH)
Jean-Luc Helfer, 2525 Le Landeron (CH)
Baptiste Hinaux, 1005 Lausanne (CH)
Gianni Di Domenico, 2000 Neuchâtel (CH)
Jean-Bernard Peters, 2542 Pieterlen (CH)

(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Résonateur d'horlogerie comportant au moins un guidage flexible.**

(57) L'invention concerne un résonateur d'horlogerie (100) comportant un élément inertiel (4 ; 5) suspendu à une lame flexible (2) déformable dans un plan parallèle XY à une direction longitudinale et dont l'extension transversale selon un axe transversal, en projection sur ce plan XY est variable et de valeur positive sur au moins un côté de la fibre neutre de ladite lame (2) laquelle comporte, à distance de ses encastrements (41 ; 51), une pluralité de nervures (3) s'étendant sensiblement selon un axe Z perpendiculaire au plan, chacune comportant au moins une génératrice qui est plus éloignée de la fibre neutre que ne le sont les surfaces externes des tronçons (6) de la lame (2) situés en dehors des nervures (3), et l'extension longitudinale de chaque nervure (3) de la lame (2), selon l'axe longitudinal, est inférieure au cinquième de la longueur de la lame (2) entre ses encastrements (41 ; 51), le nombre est supérieur ou égal à la différence entre d'une part le quotient entre ladite longueur et la hauteur H de la lame (2), et d'autre part une unité,



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un résonateur d'horlogerie comportant, entre un premier élément et un deuxième élément dont au moins l'un des deux constitue un élément inertiel mobile au sein dudit résonateur, au moins un guidage flexible constituant un moyen de rappel élastique dudit élément inertiel au sein dudit résonateur et comportant au moins une lame flexible joignant un premier encastrement dudit premier élément à un deuxième encastrement dudit deuxième élément, ledit premier encastrement définissant avec ledit deuxième encastrement une direction de lame, ledit premier élément et ledit deuxième élément étant chacun plus rigide que chaque dite au moins une lame flexible, ladite au moins une lame flexible étant agencée pour se déformer essentiellement dans un plan XY parallèle à ladite direction de lame, et comportant une première dimension L appelée longueur selon un premier axe Y longitudinal parallèle à ladite direction de lame, une deuxième dimension E appelée épaisseur selon un deuxième axe X transversal orthogonal audit premier axe Y dans ledit plan XY, et une troisième dimension H appelée hauteur selon un troisième axe Z orthogonal audit plan XY, ladite première dimension L étant supérieure à ladite troisième dimension H qui est supérieure à ladite deuxième dimension E, ladite au moins une lame s'étendant sensiblement en forme de ruban autour ou de part et d'autre d'une fibre neutre géométrique joignant ledit premier encastrement et ledit deuxième encastrement, et comportant au moins une zone médiane s'étendant transversalement, selon ledit deuxième axe X, de part et d'autre de ladite fibre neutre et dont l'épaisseur est une épaisseur nominale EN.

[0002] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comportant au moins un tel résonateur.

[0003] L'invention concerne le domaine des pièces d'horlogerie à oscillateur mécanique, et en particulier le domaine des montres, où les guidages flexibles selon l'invention permettent de garantir à la fois l'isochronisme et l'insensibilité aux positions dans l'espace.

Arrière-plan de l'invention

[0004] Traditionnellement, une montre mécanique comporte un oscillateur comportant un balancier-spiral, qui est responsable de la bonne précision chronométrique de la montre.

[0005] Schématiquement, l'oscillateur mécanique assure trois fonctions élémentaires avec :

- des moyens de guidage, agencés pour limiter les degrés de liberté ;
- des moyens inertiels ;
- des moyens de rappel élastique.

[0006] Plus particulièrement pour le balancier-spiral, ces fonctions élémentaires sont réalisées par, respectivement :

- des pivots, classiquement dans des paliers en rubis ;
- la serge du balancier ;
- le ressort spiral.

[0007] La précision des montres mécaniques traditionnelles est limitée par les différences de frottements des pivots du balancier, selon les différentes positions que peut prendre la montre dans l'espace.

[0008] Dès lors, on s'attache à développer des oscillateurs dépourvus de pivots frottants.

[0009] Une voie très prometteuse pour s'affranchir du frottement des pivots est celle des oscillateurs à guidages flexibles, dans lesquels un guidage flexible remplit deux fonctions élémentaires à la fois : d'une part la fonction de guidage et, d'autre part, la fonction de force ou de couple de rappel élastique.

[0010] Dans le cas de la montre mécanique, on privilégie un guidage flexible rotatif, pour que les chocs en translation ne perturbent pas l'oscillateur, et on prend soin de placer le centre de masse de l'élément inertiel sur l'axe virtuel défini par ledit guidage flexible.

[0011] Des exemples non limitatifs de guidages flexibles rotatifs sont décrits dans les documents EP3035126, EP3206089, et EP18179623, tous au nom de THE SWATCH GROUP RESEARCH & DEVELOPMENT Ltd. Il existe désormais une grande variété de guidages flexibles rotatifs, dont la fabrication a été rendue possible par les technologies „LIGA“ et „DRIE“.

[0012] Le document WO2018/100122A1 au nom de LVMH décrit un dispositif pour pièce d'horlogerie comprenant une base, un organe régulateur à inertie monté à rotation par rapport à la base, au moyen d'un moyen de suspension élastique reliant l'organe régulateur à la base. L'organe régulateur comprend un nombre n de parties rigides reliées deux à deux

au moyen de n liaisons de couplage élastiques. Le moyen de suspension élastique comprend n liaisons de suspension élastiques reliant chaque partie rigide individuellement à la base.

[0013] Le document EP3001257A1 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse décrit un résonateur d'horlogerie comportant une masse reliée, par des lames flexibles, à des points d'accrochage d'une structure fixe, et soumise à un couple ou/et un effort, ce résonateur étant agencé pour osciller avec au moins deux degrés de liberté en translation, et les lames flexibles étant agencées pour entretenir des oscillations de cette au moins une masse autour d'un pivot virtuel. Ces lames flexibles comportent de longs bras chacun de longueur développée au moins deux fois supérieure à la plus courte distance entre la masse et les points d'accrochage.

[0014] Le document CH712068A2 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse décrit un mécanisme résonateur d'horlogerie avec une masse pivotante, pivotant autour d'un axe virtuel, et comportant un mécanisme flexible de guidage en pivotement et un premier et un deuxième supports fixes auxquels est fixé, par un premier ensemble élastique et respectivement un deuxième ensemble élastique qui définissent ensemble cet axe virtuel, un support rotatif portant cette masse pivotante. Ce mécanisme flexible de guidage en pivotement est plan, le premier ensemble élastique comporte, de part et d'autre de l'axe virtuel, et jointes par une première lame intermédiaire plus rigide que chacune d'elles, une première lame flexible externe et une première lame flexible interne définissant ensemble une première direction passant par l'axe virtuel, et le deuxième ensemble comporte une deuxième lame flexible définissant une deuxième direction passant par l'axe virtuel.

[0015] Le document EP2975470A1 au nom de NIVAROX SA décrit un dispositif de guidage élastique en rotation pour un mécanisme d'horlogerie permettant la rotation d'un élément par rapport à un autre autour d'un axe de rotation définissant une direction axiale, comprenant des lames de construction, comprenant chacune une pièce de fixation d'assemblage comprenant un corps et une partie fonctionnelle s'étendant du corps jusqu'à une extrémité, la partie de fixation de l'ensemble et la partie fonctionnelle étant séparées par au moins une fente en au moins deux extensions élastiquement connectées qui s'étendent dans une direction radiale transversale à la direction axiale, le dispositif comprenant en outre des zones d'ancrage disposées à des extrémités axiales opposées du dispositif de guidage flexible, et configurées pour être fixées auxdits organes. La partie de fixation d'assemblage de chacune des lames de construction comprend une cavité ou un dégagement d'assemblage et une extension d'assemblage qui s'entrecroisent et qui s'emboîtent dans une direction radiale pour être verrouillées ensemble. Afin de garantir la précision de la montre mécanique, on cherche à définir un guidage flexible rotatif dont le couple de rappel est proportionnel à l'angle d'élongation, pour que la période ne dépende pas de l'amplitude d'oscillation, et dont les déplacements parasites du centre de rotation virtuel sont les plus faibles, pour que la période ne dépende pas de l'orientation de la montre. On recherche, en outre, un guidage qui permette de grandes amplitudes sans que les contraintes dans le matériau produisent la rupture.

[0016] En pratique, pour bien assurer la fonction de guidage d'un tel guidage flexible, on sait utiliser au moins deux lames flexibles combinées en parallèle, comme par exemple dans un pivot à lames croisées en projection. Mais la forme la plus élémentaire de guidage flexible rotatif est une lame unique qui travaille en flexion pure, et qui reste une solution à ne pas négliger.

[0017] En première approximation, si on soumet une lame sensiblement plate à un moment, elle se déforme selon un arc de cercle, et son extrémité définit un angle proportionnel au moment appliqué.

[0018] En réalité, la lame fléchie présente une légère courbure anticlastique. La courbure anticlastique est due au fait que les fibres extérieures à la fibre neutre de la lame en flexion, doivent s'allonger et donc, aussi se contracter dans les directions orthogonales à la fibre neutre, et, inversement, les fibres intérieures à la fibre neutre sont contractées et donc, s'étendent orthogonalement.

[0019] L'ampleur de ces déformations orthogonales est décrite par le coefficient de Poisson. Si le volume du matériau est maintenu, le coefficient de Poisson vaut 0.5. Pour la plupart des matériaux usuels, le coefficient de Poisson est plus proche de la valeur 0.3.

[0020] L'ampleur de la courbure anticlastique dépend de la courbure en flexion locale, du coefficient de Poisson du matériau, des rapports entre les trois principales dimensions de la lame, et des géométries des encastresments.

[0021] La dépendance de la courbure anticlastique à l'angle de flexion provoque, si on ne prend aucune précaution, une non-linéarité dans la relation entre l'angle de flexion et le moment appliqué.

[0022] Cet effet est très faible, mais pour un oscillateur de montre mécanique, un millièème de non-linéarité résulte en une erreur de l'ordre de 100 secondes par jour de fonctionnement.

[0023] Il convient encore de noter encore que l'on cherche parfois à contrôler la non-linéarité plutôt qu'à l'annuler, pour, par exemple, compenser un anisochronisme provoqué par l'échappement utilisé.

Résumé de l'invention

[0024] L'invention se propose de définir un guidage flexible pour oscillateur mécanique, qui soit le moins possible soumis à la courbure anticlastique.

[0025] L'invention se propose de munir la lame flexible d'un relief adéquat, notamment de nervures, afin de contrôler la courbure anticlastique, sans pour autant dégrader significativement les performances élastiques de la lame flexible.

[0026] Plus particulièrement, plusieurs nervures sont réparties le long de la lame flexible et s'étendent selon la hauteur de celle-ci, afin de la rigidifier pour limiter la courbure anticlastique, sans beaucoup limiter ses qualités attendues de flexion.

[0027] A cet effet, l'invention concerne un résonateur d'horlogerie selon la revendication 1.

[0028] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comportant au moins un tel résonateur.

Description sommaire des dessins

[0029] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :

- les figures 1 à 3 représentent, de façon schématisée, une lame flexible sujette à une courbure anticlastique :
- la figure 1 est un détail montrant les courbures inverses qui se contrarient dans la zone médiane de la lame à distance égale des encastresments ;
- la figure 2 est une vue de dessus de cette lame,
- et la figure 3 est une vue en perspective de cette même lame faisant apparaître la courbure parasite au milieu de la lame ;
- la figure 4 représente, de façon similaire à la figure 3, une lame flexible droite classique entre deux encastresments, à l'état libre non contraint ;
- les figures 5 et 6 représentent, de façon similaire aux figures 3 et 2, une lame flexible selon l'invention, équipée de nervures s'étendant sur sa hauteur, représentée en flexion ;
- la figure 7 est un diagramme de marche d'un résonateur à guidage flexible à une lame, avec en ordonnée la marche en secondes par jour, en fonction de son amplitude en degrés en abscisse, pour différents nombres de tronçons entre les nervures dont est équipée une lame similaire à celle des figures 5 et 6 ;
- la figure 8 est un diagramme de marche d'un résonateur à guidage flexible à une lame illustrant son anisochronisme, entre 20° et 10° d'amplitude, avec en ordonnée la marche en secondes par jour, en fonction du nombre de tronçons de la lame du résonateur en abscisse ;
- les figures 9 et 10 représentent, de façon similaire aux figures 6 et 5, une lame flexible dont les nervures sont agencées de façon à constituer une lame ondulée dont la fibre neutre n'est pas comprise dans l'épaisseur de la lame, laquelle lame croise cette fibre neutre uniquement aux zones d'inflexion de l'ondulation ;
- les figures 11 et 12 représentent, de façon similaire aux figures 9 et 10, une lame flexible dont les nervures sont agencées de façon à constituer une lame ondulée dont la fibre neutre est comprise dans l'épaisseur de la lame, qui conserve ainsi sa rigidité maximale en traction ;
- les figures 13 à 31 représentent, de façon similaire à la figure 5, différentes variantes d'exécution de lames flexibles selon l'invention :
- figure 13: nervures droites parallépipédiques sur toute la hauteur de la lame, en symétrie par rapport à la fibre neutre ;
- figure 14 : nervures prismatiques à base de losange, sur toute la hauteur de la lame, en symétrie par rapport à la fibre neutre ;
- figure 15: nervures tubulaires sur toute la hauteur de la lame, en symétrie par rapport à la fibre neutre ;
- figure 16: nervures prismatiques à base d'ellipse, sur toute la hauteur de la lame, en symétrie par rapport à la fibre neutre ;
- figure 17: nervures droites parallépipédiques sur toute la hauteur de la lame, alternées par rapport à la fibre neutre selon un pas régulier ;
- figure 18: nervures prismatiques à base de demi-ellipse, sur toute la hauteur de la lame, et sur un seul côté de celle-ci ;

CH 715 641 A2

- figure 19: nervures prismatiques à base de trapèze, sur toute la hauteur de la lame, et sur un seul côté de celle-ci ;
- figure 20: nervures prismatiques à base d'ondulation sinusoïdale, sur toute la hauteur de la lame, alternées par rapport à la fibre neutre selon un pas régulier, et en débord de la fibre neutre ;
- figure 21: nervures prismatiques à base de ligne brisée en zig-zag, sur toute la hauteur de la lame, alternées par rapport à la fibre neutre selon un pas régulier, et en débord de la fibre neutre ;
- figure 22: nervures prismatiques en secteurs cylindriques, sur toute la hauteur de la lame, alternées par rapport à la fibre neutre selon un pas régulier, et en débord de la fibre neutre ;
- figure 23: nervures prismatiques en créneaux, sur toute la hauteur de la lame, alternées par rapport à la fibre neutre selon un pas régulier, et en débord de la fibre neutre ;
- figure 24: nervures prismatiques à base d'ondulation sinusoïdale, sur toute la hauteur de la lame, alternées par rapport à la fibre neutre selon un pas régulier, et recouvrant la fibre neutre ;
- figure 25: nervures prismatiques en secteurs cylindriques, sur toute la hauteur de la lame, alternées par rapport à la fibre neutre selon un pas régulier, et recouvrant la fibre neutre ;
- figure 26: nervures droites parallélogrammiques sur une partie de la hauteur de la lame, en symétrie par rapport à la fibre neutre ;
- figure 27 : lame concave symétrie par rapport à la fibre neutre et par rapport par un plan à mi-hauteur de la lame ;
- figure 28: nervures droites parallélogrammiques sur une partie de la hauteur de la lame, comportant un creux arrondi à mi-hauteur de la lame, en symétrie par rapport à la fibre neutre ;
- figure 29: nervures droites parallélogrammiques sur une partie de la hauteur de la lame, comportant un saillant arrondi à mi-hauteur de la lame, en symétrie par rapport à la fibre neutre ;
- figure 30: nervures droites parallélogrammiques sur une partie de la hauteur de la lame, de part et d'autre d'une ouverture à mi-hauteur de la lame, en symétrie par rapport à la fibre neutre ;
- figure 31: nervures droites parallélogrammiques sur une partie de la hauteur de la lame en forme de rampe selon la hauteur;
- la figure 32 est un schéma-blocs représentant une pièce d'horlogerie, notamment une montre, comportant un résonateur selon l'invention avec au moins une telle lame flexible à relief contre la courbure anticlastique.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0030] L'invention se propose de munir la lame flexible de relief, et plus particulièrement de nervures, afin de contrôler la courbure anticlastique.

[0031] Les figures 1 à 3 représentent une lame flexible classique sujette à une courbure anticlastique.

[0032] La figure 4 définit les éléments géométriques de référence utilisés dans la suite de l'exposé, et représente une lame flexible 2 joignant un premier encastrement 41 d'un premier élément 4 à un deuxième encastrement 51 d'un deuxième élément 5. Le premier encastrement 41 définit avec le deuxième encastrement 51 une direction de lame D. Le premier élément 4 et le deuxième élément 5 sont, chacun, plus rigide que chaque lame flexible 2. La lame flexible 2 est agencée pour se déformer essentiellement dans un plan XY parallèle à la direction de lame D, et comportant une première dimension L appelée longueur selon un premier axe Y longitudinal parallèle à la direction de lame D et définie par le premier encastrement 41 et le deuxième encastrement 51, une deuxième dimension E appelée épaisseur selon un deuxième axe X transversal orthogonal au premier axe Y dans le plan XY, et une troisième dimension H appelée hauteur selon un troisième axe Z orthogonal au plan XY. La première dimension L est supérieure à la troisième dimension H, laquelle est supérieure à la deuxième dimension E.

[0033] La lame 2 s'étend sensiblement en forme de ruban le long d'une fibre neutre FN géométrique joignant le premier encastrement 41 et le deuxième encastrement 51, et comporte au moins une zone médiane 6, qui s'étend transversalement, selon le deuxième axe X, autour ou bien de part et d'autre de la fibre neutre FN, et dont l'épaisseur est une épaisseur nominale EN. Selon le cas, tel que visible sur les figures, la lame 2 peut s'étendre autour de la fibre neutre FN, qui reste alors toujours dans la matière, ou bien de part et d'autre de cette fibre neutre FN. On comprend que cette fibre neutre FN correspond à une courbe en position de repos de la lame 2, vers laquelle cette lame revient après une déformation élastique en flexion,

[0034] Dans une variante, tel que visible notamment sur la figure 5, plusieurs nervures sont réparties le long de la lame et s'étendent selon la hauteur de la lame, afin de rigidifier la lame pour limiter la courbure anticlastique, sans beaucoup la rigidifier pour la flexion prévue.

[0035] La figure 7 présente la marche d'un résonateur à guidage flexible à une lame en fonction de son amplitude pour différents nombres de tronçons, le nombre de nervures étant ici égal au nombre de tronçons moins un. On constate que l'ajout de quelques nervures suffit à améliorer considérablement l'isochronisme du résonateur.

[0036] La figure 8 montre la variation de marche (anisochronisme) entre 20° et 10° d'amplitude, en fonction du nombre de tronçons de la lame du résonateur.

[0037] Une autre variante consiste à munir la lame flexible d'ondulations, afin de contrôler la courbure anticlastique, tel que visible sur les figures 9 et 10. La lame ondulée proposée peut, en projection dans le plan XY, comprendre complètement la fibre neutre FN, pour ne pas perdre la rigidité en traction de la lame.

[0038] Ainsi, l'invention concerne un résonateur d'horlogerie 100 comportant, entre un premier élément 4 et un deuxième élément 5 dont au moins l'un des deux constitue un élément inertiel mobile au sein du résonateur 100, au moins un guidage flexible 1 constituant un moyen de rappel élastique de cet élément inertiel au sein du résonateur 100.

[0039] Ce guidage flexible 1 comporte au moins une lame flexible 2 telle que définie plus haut.

[0040] Plus particulièrement, cette au moins une lame flexible 2 est symétrique par rapport à un plan médian parallèle au plan XY, a une extension transversale qui est variable selon le deuxième axe transversal X, en projection sur le plan XY, par rapport à la fibre neutre FN, et comporte, selon ce deuxième axe transversal X, au moins un relief. Ce relief est saillant et éloigné de la fibre neutre FN d'une distance supérieure à la moitié de la plus faible épaisseur de la au moins une lame flexible 2 considérée, ou à la moitié ou de l'épaisseur nominale EN, pour limiter la courbure anticlastique de cette au moins une lame flexible 2.

[0041] Plus particulièrement, cette au moins une lame 2 comporte, à distance du premier encastrement 41 et du deuxième encastrement 51, au moins une nervure 3 s'étendant sensiblement selon le troisième axe Z. Chaque nervure 3 comporte au moins une génératrice 31 qui est plus éloignée de la fibre neutre FN que ne le sont les surfaces latérales des zones médianes 6 de la lame 2 situées en dehors de cette ou de ces nervures 3. Et l'extension longitudinale LN, selon le premier axe Y longitudinal, de chaque nervure 3 de la lame 2 est inférieure ou égale au cinquième de la longueur L de la lame 2 entre ses encastresments.

[0042] Plus particulièrement, chaque nervure 3 est distante, selon le premier axe Y, de tout col que comporte la lame 2, d'une valeur supérieure ou égale à la hauteur H de la lame 2. Les variantes de réalisation illustrées sont des lames ne comportant pas de col.

[0043] Plus particulièrement, cette au moins une lame 2 comporte une pluralité de zones médianes 6, qui sont des tronçons s'étendant le long de la fibre neutre FN et dans le prolongement géométrique les uns des autres le long de la fibre neutre FN avec la même épaisseur nominale EN. Chaque tronçon 6 forme un ruban dont les surfaces latérales 60 sont parallèles au troisième axe Z. Et, en projection sur le plan XY, au moins deux tronçons 6 sont séparés par une nervure 3 d'épaisseur saillante ES par rapport à une surface latérale 60. Cette épaisseur saillante ES est de préférence supérieure ou égale à l'épaisseur nominale EN selon le deuxième axe X transversal. Plus particulièrement, l'épaisseur saillante ES est au moins une fois et demi plus grande que l'épaisseur nominale EN.

[0044] Plus particulièrement, cette au moins une lame 2 comporte, à distance du premier encastrement 41 et du deuxième encastrement 51, au moins deux nervures 3.

[0045] Dans une variante particulière, la lame 2 est droite, et comporte sa fibre neutre FN droite selon la direction de lame D.

[0046] Plus particulièrement, les tronçons 6 sont des tronçons courts, dont la longueur selon la première direction longitudinale Y est inférieure à la hauteur de la lame 2.

[0047] Plus particulièrement, le nombre de tronçons est supérieur ou égal au premier nombre entier supérieur ou égal au quotient L/H de la longueur totale L de la lame 2 par sa hauteur H.

[0048] Dans une variante de réalisation, la lame 2 comporte une alternance de tronçons 6 suivant la fibre neutre FN, et de nervures 3.

[0049] Dans une autre variante de réalisation, les zones médianes 6 sont limitées à des zones d'inflexion entre des nervures arrondies ou pointues, ou similaire, formant une lame ondulée ou en zig-zag.

[0050] Dans une réalisation particulière, cette au moins une lame flexible 2 comporte au moins une nervure 3 qui s'étend sur toute la hauteur H de la lame 2 selon le troisième axe Z. Plus particulièrement, chaque nervure 3 de cette lame 2 s'étend sur toute la hauteur H de la lame 2 selon le troisième axe Z.

[0051] Plus particulièrement, la hauteur H de la lame 2 est inférieure ou égale au cinquième de la longueur L de la lame 2 entre ses encastresments.

[0052] Plus particulièrement, l'épaisseur maximale EM de la lame 2 selon le deuxième axe X transversal est inférieure ou égale au cinquième de la hauteur H de la lame 2.

[0053] Dans une réalisation avantageuse en termes de fabrication, la lame 2 forme un prisme droit s'étendant selon le troisième axe Z, c'est-à-dire un solide extrudé selon la direction Z depuis une base dans le plan XY, et plus particulièrement limité par deux plans parallèles au plan XY et distants de la hauteur H. Plus particulièrement la base de ce prisme dans le plan XY est symétrique par rapport à la projection de la fibre neutre FN dans ce plan XY. Autrement exprimé, la lame 2 peut être facilement réalisée par un procédé de type extrusion, ou par un procédé „LIGA“ ou „DRIE“, puisque que sa géométrie peut être entièrement décrite par sa projection dans le plan XY, élevée selon la troisième direction Z.

[0054] Dans certaines variantes illustrées, la lame peut comporter une ouverture centrale, notamment quand elle est réalisée à base de deux wafers tête-bêche, ou comporter une dépouille, ou comporter deux dépouilles en symétrie par rapport à un plan médian parallèle au plan XY.

[0055] Plus particulièrement, l'extension longitudinale LN de chaque nervure 3 de la lame 2, selon le premier axe Y longitudinal, est inférieure ou égale à l'épaisseur saillante ES de la nervure 3 selon le deuxième axe X transversal.

[0056] Dans une réalisation particulière, au moins une nervure 3 est un parallépipède rectangle ou est inscrit dans un parallépipède rectangle.

[0057] Plus particulièrement, ces parallépipèdes rectangles s'étendent sur toute la hauteur de la lame, et leur dimension selon le deuxième axe transversal X est plus grande que leur dimension selon le premier axe longitudinal Y.

[0058] Dans une autre variante, ces nervures sont prismatiques à base de losange, sur toute la hauteur de la lame, en symétrie par rapport à la fibre neutre par laquelle passe une diagonale du losange.

[0059] Dans une réalisation particulière, au moins une nervure 3 est un cylindre.

[0060] Dans une réalisation particulière, au moins une dite nervure 3 est un tube de section circulaire ou elliptique.

[0061] Dans une réalisation particulière, au moins une nervure 3 est symétrique par rapport à la fibre neutre FN.

[0062] Dans une réalisation particulière, au moins une nervure 3 est asymétrique par rapport à la fibre neutre FN.

[0063] Dans une réalisation particulière, la lame 2 comporte, à distance du premier encastrement 41 et du deuxième encastrement 51, une pluralité de nervures 3 saillant alternativement de part et d'autre des zones médianes 6.

[0064] Dans une réalisation particulière, au moins une nervure 3 est creuse ou ouverte.

[0065] Dans une réalisation particulière, toute projection de la lame 2 sur le plan XY englobe la fibre neutre FN.

[0066] Dans une réalisation particulière, la lame 2 comporte, à distance du premier encastrement 41 et du deuxième encastrement 51, une pluralité de nervures 3 réparties régulièrement selon la première direction Y longitudinale.

[0067] Selon l'invention, la lame 2 comporte, à distance du premier encastrement 41 et du deuxième encastrement 51, une pluralité de nervures 3, dont le nombre est supérieur ou égal à la différence entre d'une part le quotient L/H entre la longueur L et la hauteur H, et d'autre part une unité.

[0068] Dans une réalisation particulière, la projection de la lame 2 sur le plan XY comporte, au niveau de toutes les jonctions de surfaces, des congés arrondis avec une valeur minimale de rayon de 10 micromètres.

[0069] Dans une réalisation particulière, la lame 2 est en matériau micro-usinable ou en silicium compensé thermiquement par une couche périphérique de dioxyde de silicium.

[0070] Plus particulièrement, la lame 2 comporte, selon sa longueur L, au moins deux augmentations de son inertie de section. Dans une réalisation particulière, au lame comporte au moins trois augmentations de son inertie de section. Ces augmentations de son inertie de section sont réalisées par ces nervures 3 qui s'étendent selon la troisième direction Z.

[0071] Dans une variante de type „tôle ondulée“, ces augmentations de l'inertie de section sont réalisées par des ondulations qui s'étendent de part et d'autre de la fibre neutre.

[0072] Dans une variante de type „tôle inextensible“, les augmentations de l'inertie de section sont réalisées par de telles ondulations qui, vues en projection sur le plan XY, comprennent la fibre neutre.

[0073] Le guidage flexible 1 proprement dit n'est pas détaillé ici. Plus particulièrement, il comporte au moins deux telles lames flexibles 2. Plus particulièrement, ce guidage flexible est un pivot à lames croisées, avec au moins deux lames s'étendant chacune parallèlement au plan XY, distinctes, et croisées en projection sur ce plan XY.

[0074] Plus particulièrement, la lame 2 est réalisée par procédé „DRIE“ ou „LIGA“ ou similaire.

[0075] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie 1000 comportant au moins un tel résonateur d'horlogerie 100. Plus particulièrement, cette pièce d'horlogerie 1000 est une montre, en particulier une montre mécanique.

Revendications

1. Résonateur d'horlogerie (100) comportant, entre un premier élément (4) et un deuxième élément (5) dont au moins l'un des deux constitue un élément inertiel mobile au sein dudit résonateur (100), au moins un guidage flexible (1) constituant un moyen de rappel élastique dudit élément inertiel au sein dudit résonateur (100) et comportant au moins une lame flexible (2) joignant un premier encastrement (41) dudit premier élément (4) à un deuxième encastrement (51) dudit deuxième élément (5), ledit premier encastrement (41) définissant avec ledit deuxième encastrement (51) une direction de lame (D), ledit premier élément (4) et ledit deuxième élément (5) étant chacun plus rigide que chaque dite au moins une lame flexible (2), ladite au moins une lame flexible (2) étant agencée pour se déformer essentiellement dans un plan XY parallèle à ladite direction de lame (D), et comportant une première dimension L appelée longueur selon un premier axe Y longitudinal parallèle à ladite direction de lame (D), une deuxième dimension E appelée épaisseur selon un deuxième axe X transversal orthogonal audit premier axe Y dans ledit plan XY, et une troisième dimension H appelée hauteur selon un troisième axe Z orthogonal audit plan XY, ladite première dimension L étant supérieure à ladite troisième dimension H qui est supérieure à ladite deuxième dimension E, ladite au moins une lame (2) s'étendant sensiblement en forme de ruban autour ou de part et d'autre d'une fibre neutre (FN) géométrique joignant ledit premier encastrement (41) et ledit deuxième encastrement (51), et comportant au moins une zone médiane (6) s'étendant transversalement, selon ledit deuxième axe X, de part et d'autre de ladite fibre neutre (FN) et dont l'épaisseur est une épaisseur nominale EN, où ladite au moins une lame flexible (2) est symétrique par rapport à un plan médian parallèle au dit plan XY, a une extension transversale variable par rapport à ladite fibre neutre (FN), selon ledit deuxième axe transversal X, en projection sur le plan XY, et comporte, selon ledit deuxième axe transversal X, au moins un relief qui est saillant et éloigné de ladite fibre neutre (FN) d'une distance supérieure à la moitié de la plus faible épaisseur de ladite au moins une lame flexible (2) ou de ladite épaisseur nominale (EN), pour limiter la courbure anticlastique de ladite au moins une lame flexible (2), et où ladite lame (2) comporte, à distance de ses encastremets, au moins une nervure (3) s'étendant sensiblement selon un axe Z perpendiculaire au plan XY, caractérisé en ce que ladite lame (2) comporte, à distance dudit premier encastrement (41) et dudit deuxième encastrement (51), une pluralité de dites nervures (3), dont le nombre est supérieur ou égal à la différence entre d'une part le quotient L/H entre ladite longueur L et ladite hauteur H, et d'autre part une unité.
2. Résonateur d'horlogerie (100) selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque dite nervure (3) comporte au moins une génératrice (31) qui est plus éloignée de ladite fibre neutre (FN) que ne le sont les surfaces latérales desdites zones médianes (6) de ladite lame (2) situées en dehors desdites nervures (3), et caractérisé en ce que l'extension longitudinale LN, selon ledit premier axe Y longitudinal, de chaque dite nervure (3) de ladite lame (2) est inférieure ou égale au cinquième de ladite longueur L de ladite lame (2) entre ses encastremets.
3. Résonateur d'horlogerie (100) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que chaque dite nervure (3) est distante, selon ledit premier axe Y, de tout col que comporte ladite lame (2), d'une valeur supérieure ou égale à ladite hauteur H de ladite lame (2).
4. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ladite au moins une lame (2) comporte une pluralité de dites zones médianes (6) qui sont des tronçons s'étendant le long de ladite fibre neutre (FN) et dans le prolongement géométrique les uns des autres le long de ladite fibre neutre (FN) avec la même dite épaisseur nominale EN, chaque dit tronçon (6) formant un ruban dont les surfaces latérales (60) sont parallèles audit troisième axe Z, caractérisé en ce que, en projection sur ledit plan XY, au moins deux dits tronçons (6) sont séparés par une dite nervure (3) d'épaisseur saillante ES par rapport à une dite surface latérale (60), ladite épaisseur saillante ES étant supérieure ou égale à ladite épaisseur nominale EN selon ledit deuxième axe X transversal.
5. Résonateur d'horlogerie (100) selon la revendication 4, caractérisé en ce que ladite épaisseur saillante ES est au moins une fois et demi plus grande que ladite épaisseur nominale EN.
6. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite lame (2) comporte, à distance dudit premier encastrement (41) et dudit deuxième encastrement (51), au moins deux nervures (3).
7. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que ladite lame (2) est droite et comporte sa dite fibre neutre (FN) droite selon ladite direction de lame (D).
8. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ladite au moins une lame flexible (2) comporte au moins une dite nervure (3) qui s'étend sur toute ladite hauteur H de ladite lame (2) selon ledit troisième axe Z.
9. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que ladite hauteur H de ladite lame (2) est inférieure ou égale au cinquième de ladite longueur L de ladite lame (2) entre ses encastremets.
10. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que l'épaisseur maximale EM de ladite lame (2) selon ledit deuxième axe X transversal est inférieure ou égale au cinquième de ladite hauteur H de ladite lame (2).
11. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que ladite lame (2) forme un prisme droit s'étendant selon ledit troisième axe Z.

CH 715 641 A2

12. Résonateur d'horlogerie (100) selon la revendication 11, caractérisé en ce que la base dudit prisme dans ledit plan XY est symétrique par rapport à la projection de ladite fibre neutre dans ledit plan XY.
13. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'extension longitudinale LN de chaque dite nervure (3) de ladite lame (2), selon ledit premier axe Y longitudinal, est inférieure ou égale à l'épaisseur saillante ES de ladite nervure (3) selon ledit deuxième axe X transversal.
14. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'au moins une dite nervure (3) est un parallélépipède rectangle ou est inscrite dans un parallélépipède rectangle.
15. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'au moins une dite nervure (3) est symétrique par rapport à ladite fibre neutre (FN).
16. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que ladite lame (2) comporte, à distance dudit premier encastrement (41) et dudit deuxième encastrement (51), une pluralité de dites nervures (3) saillant alternativement de part et d'autre des dites zones médianes (6)
17. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que toute projection de ladite lame (2) sur ledit plan XY englobe ladite fibre neutre FN.
18. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisé en ce que ladite lame (2) comporte, à distance dudit premier encastrement (41) et dudit deuxième encastrement (51), une pluralité de dites nervures (3) réparties régulièrement selon ladite première direction Y longitudinale.
19. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce que la projection de ladite lame (2) sur ledit plan XY comporte, au niveau de toutes les jonctions de surfaces, des congés arrondis avec une valeur minimale de rayon de 10 micromètres.
20. Résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisé en ce que ladite lame (2) est en matériau micro-usinable ou en silicium compensé thermiquement par une couche périphérique de dioxyde de silicium.
21. Pièce d'horlogerie (1000) comportant au moins un résonateur d'horlogerie (100) selon l'une des revendications 1 à 20.

Fig. 1

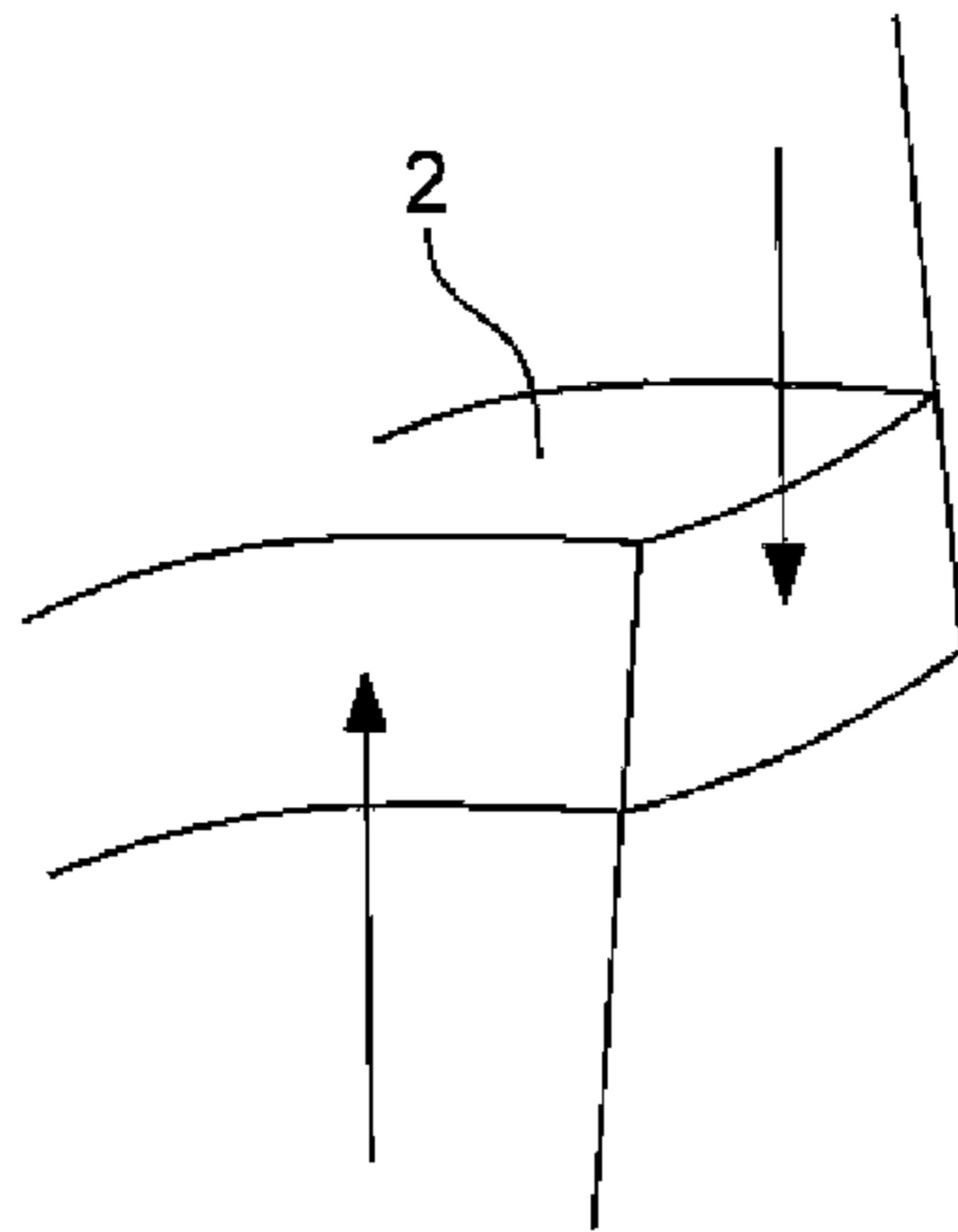


Fig. 2

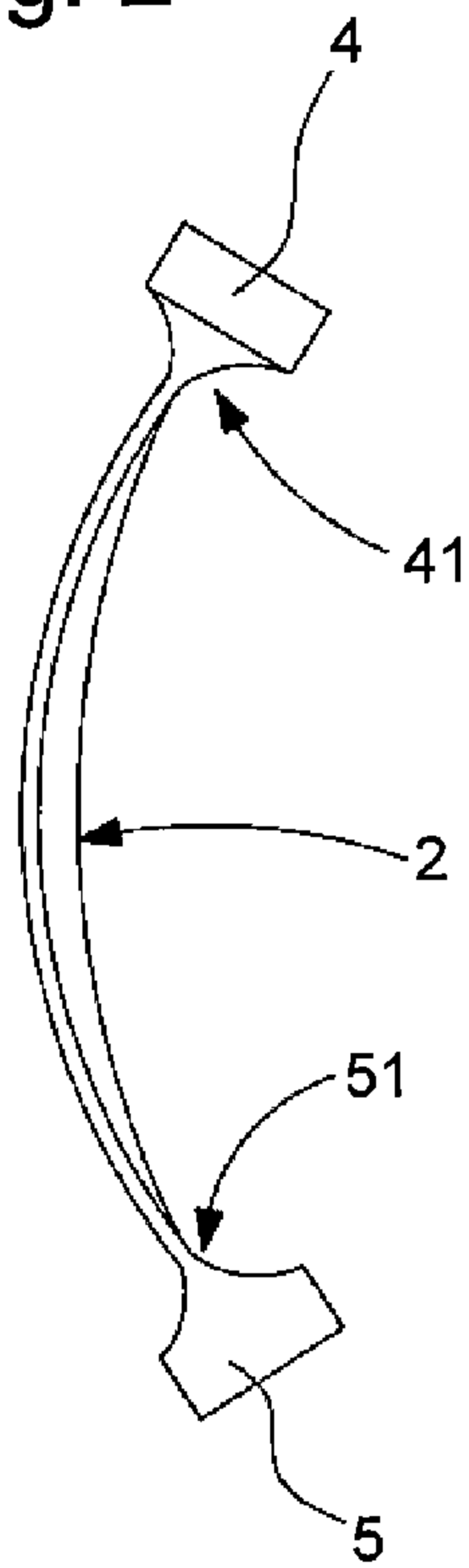


Fig. 3

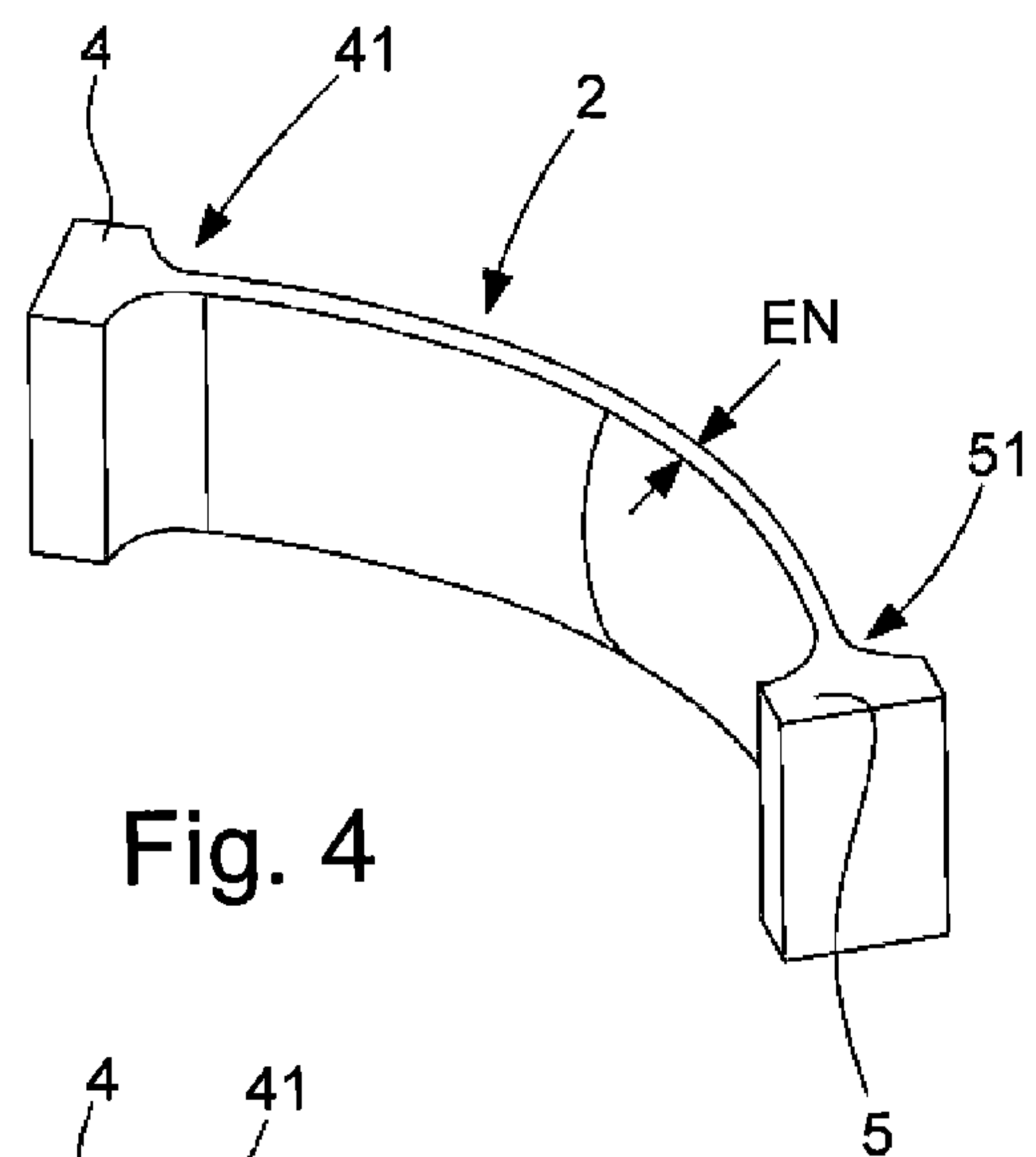


Fig. 4

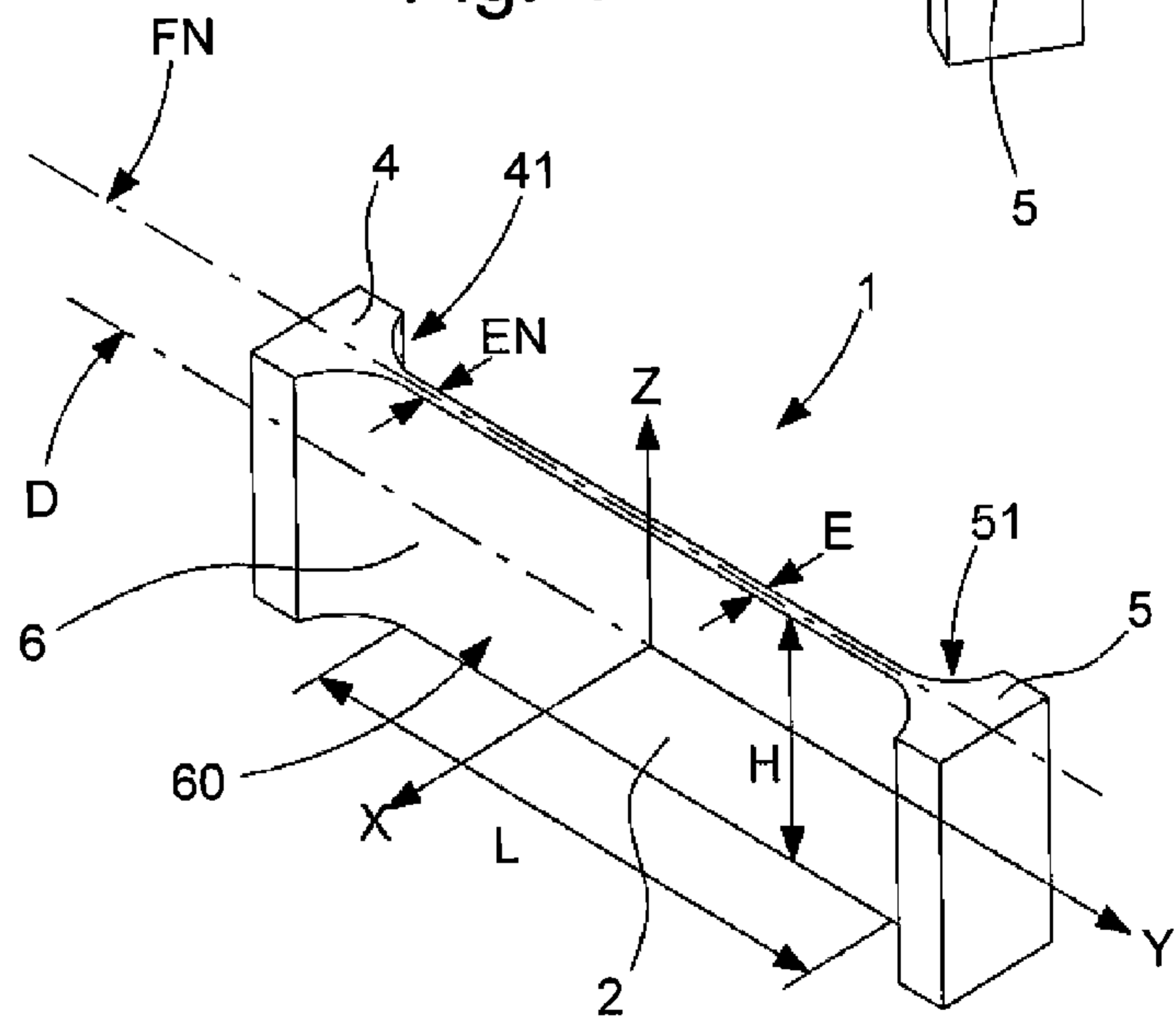


Fig. 5

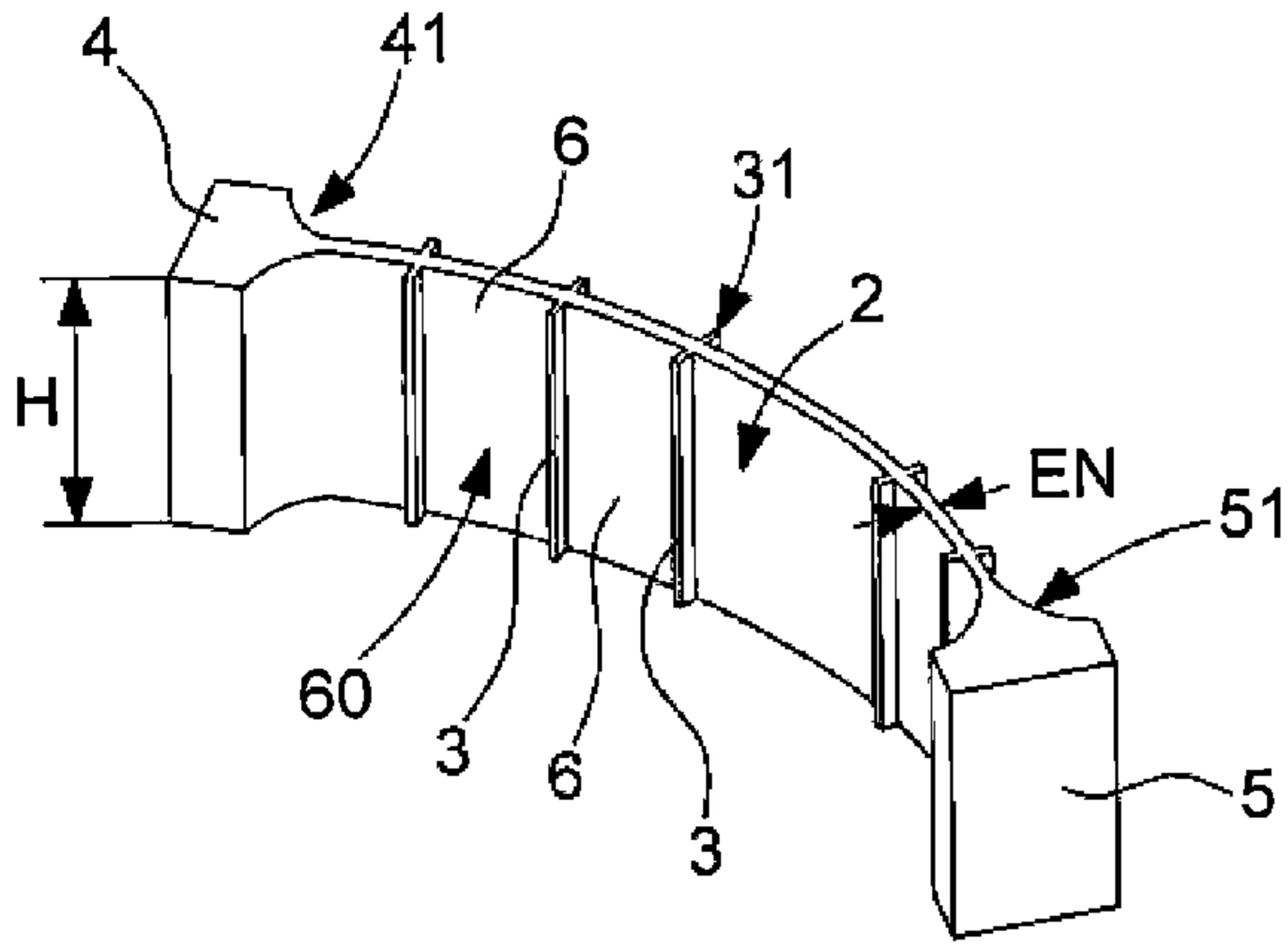


Fig. 6

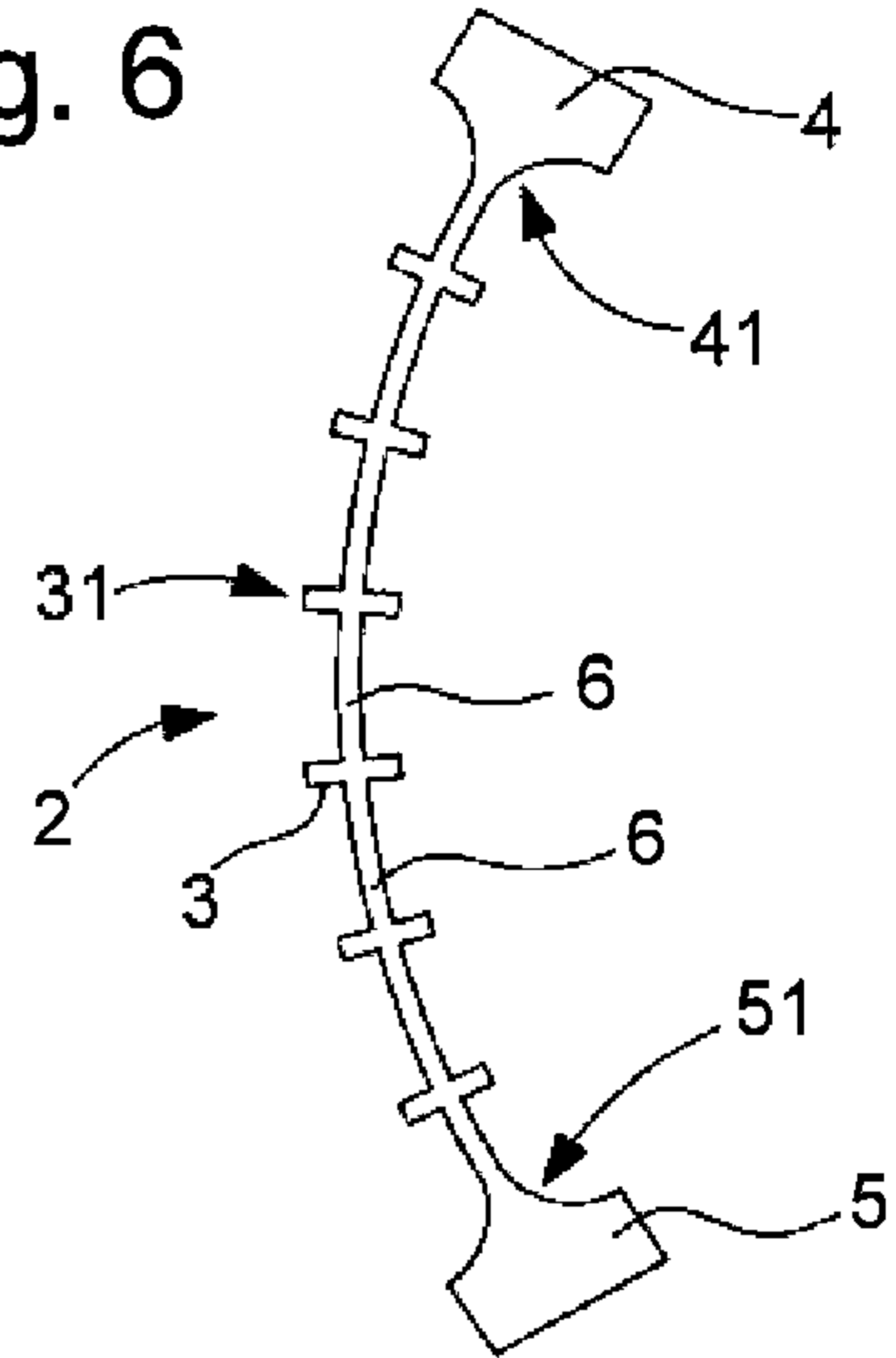


Fig. 9

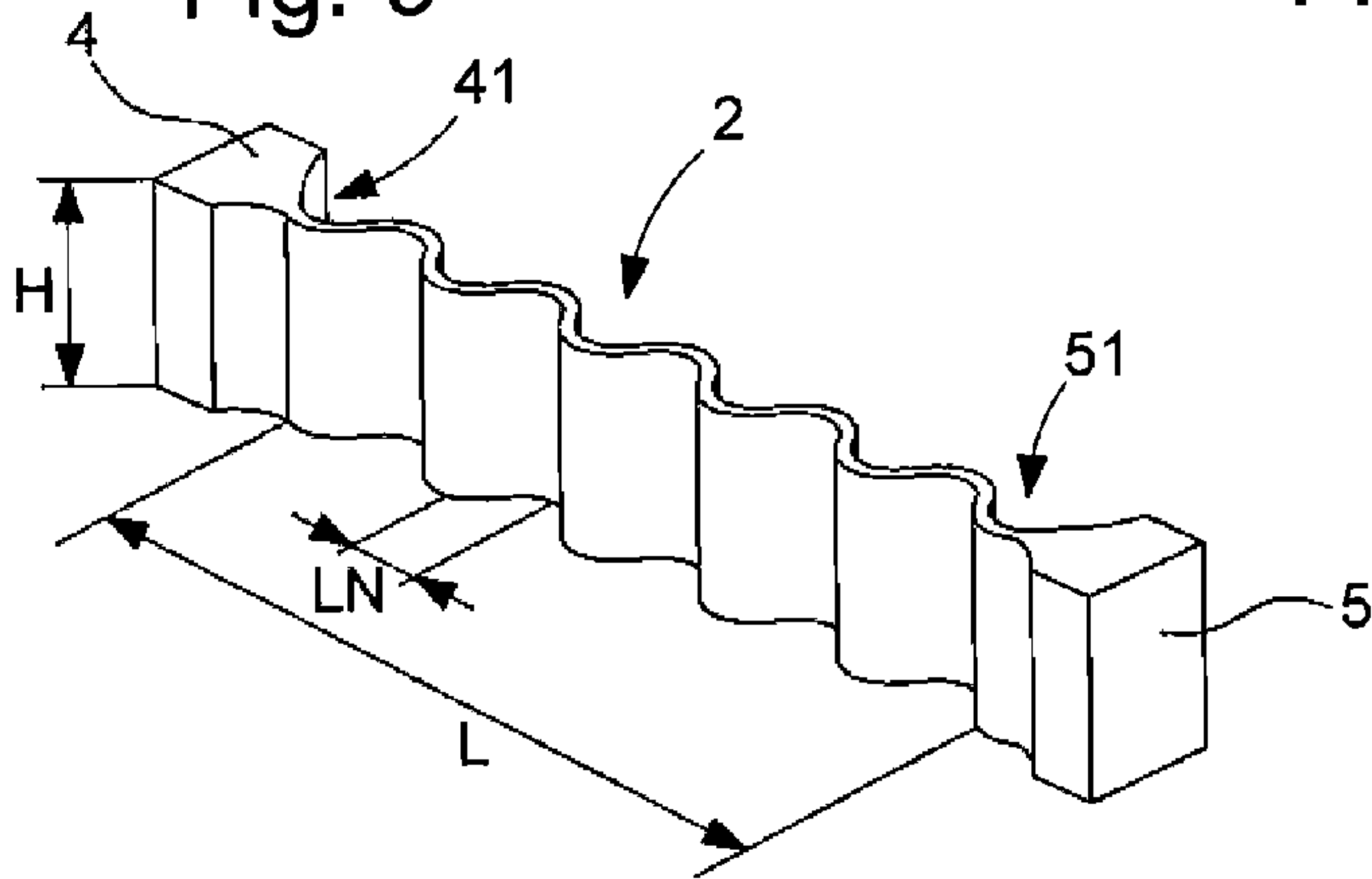


Fig. 10

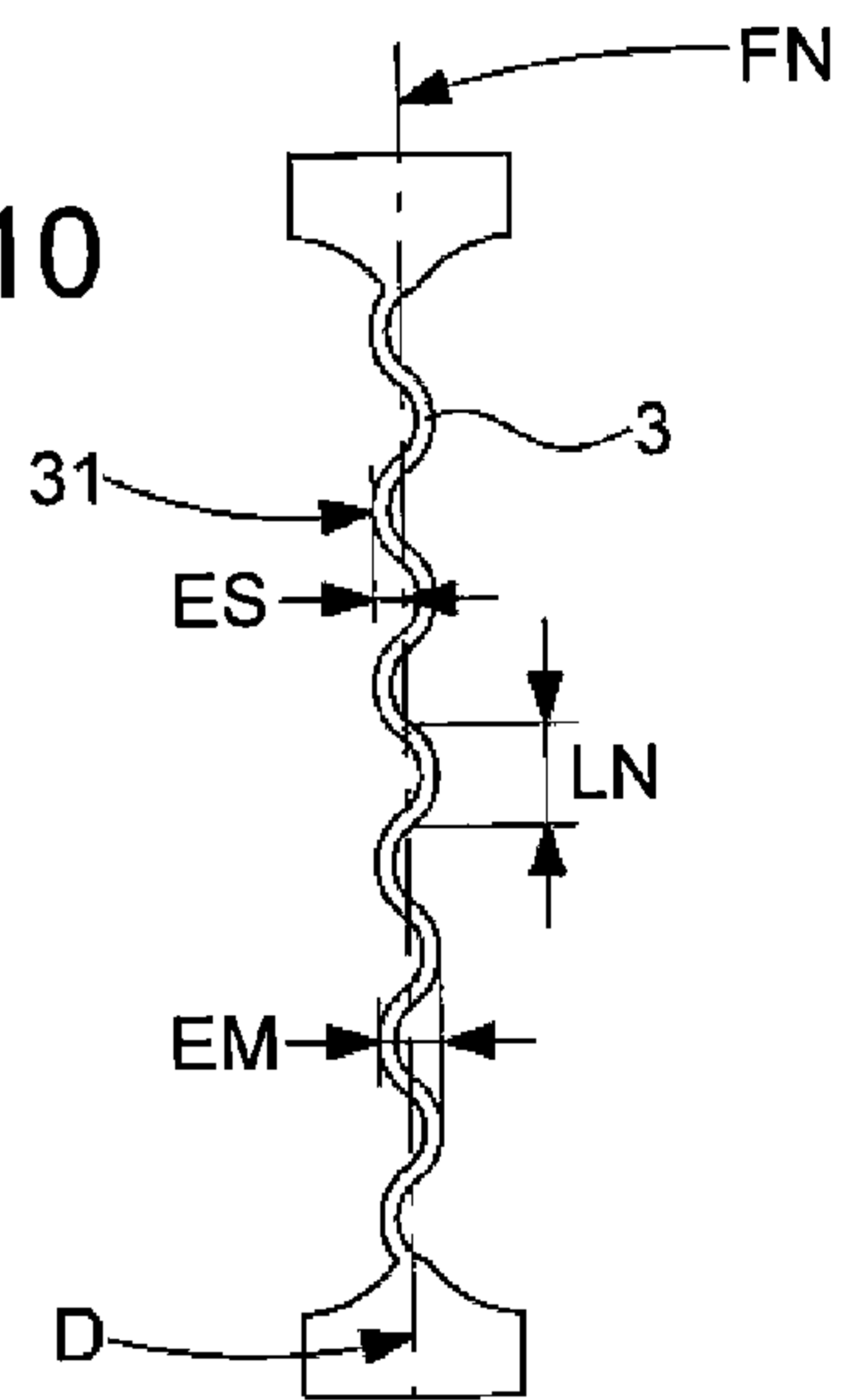


Fig. 11

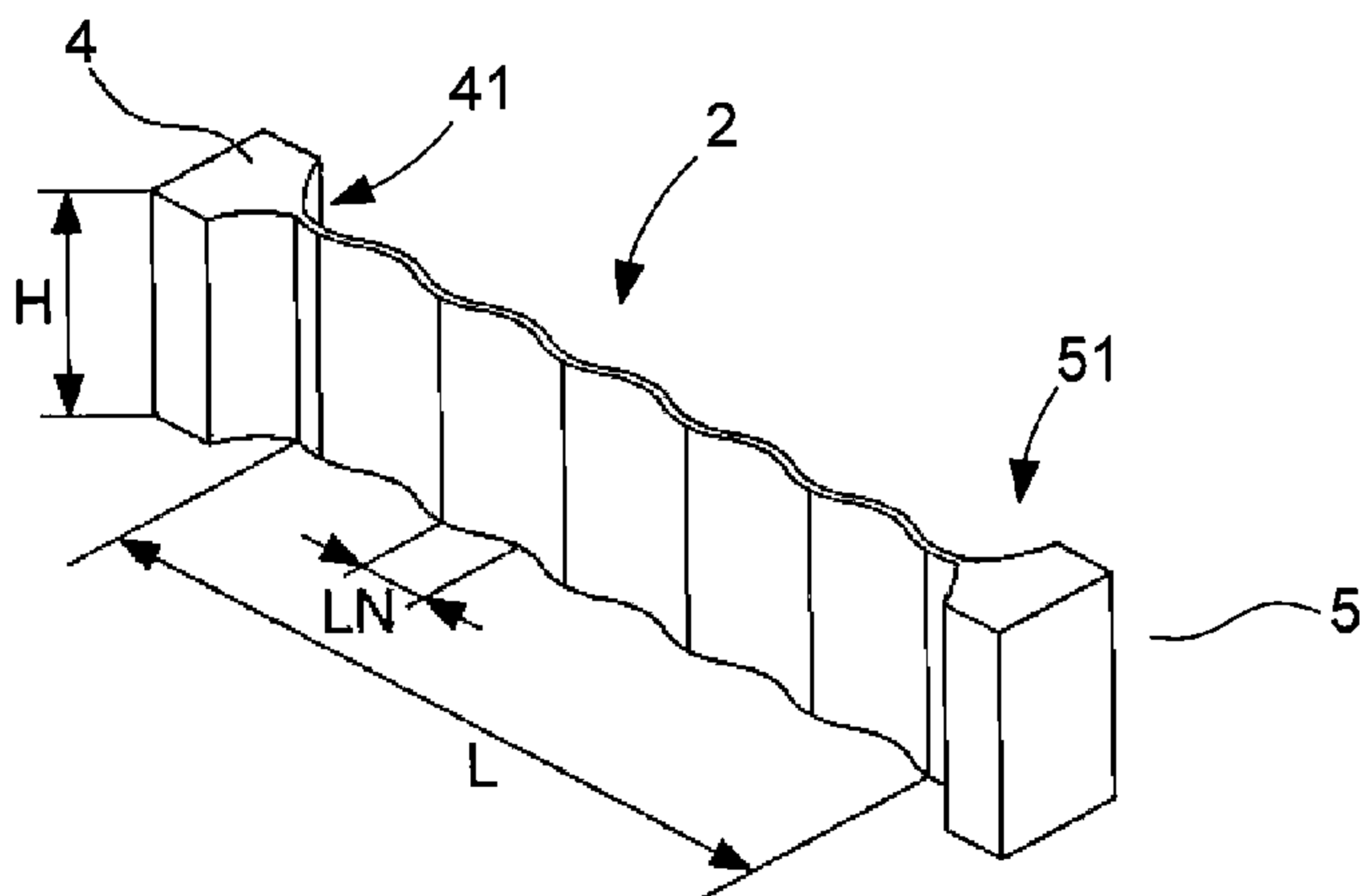


Fig. 12

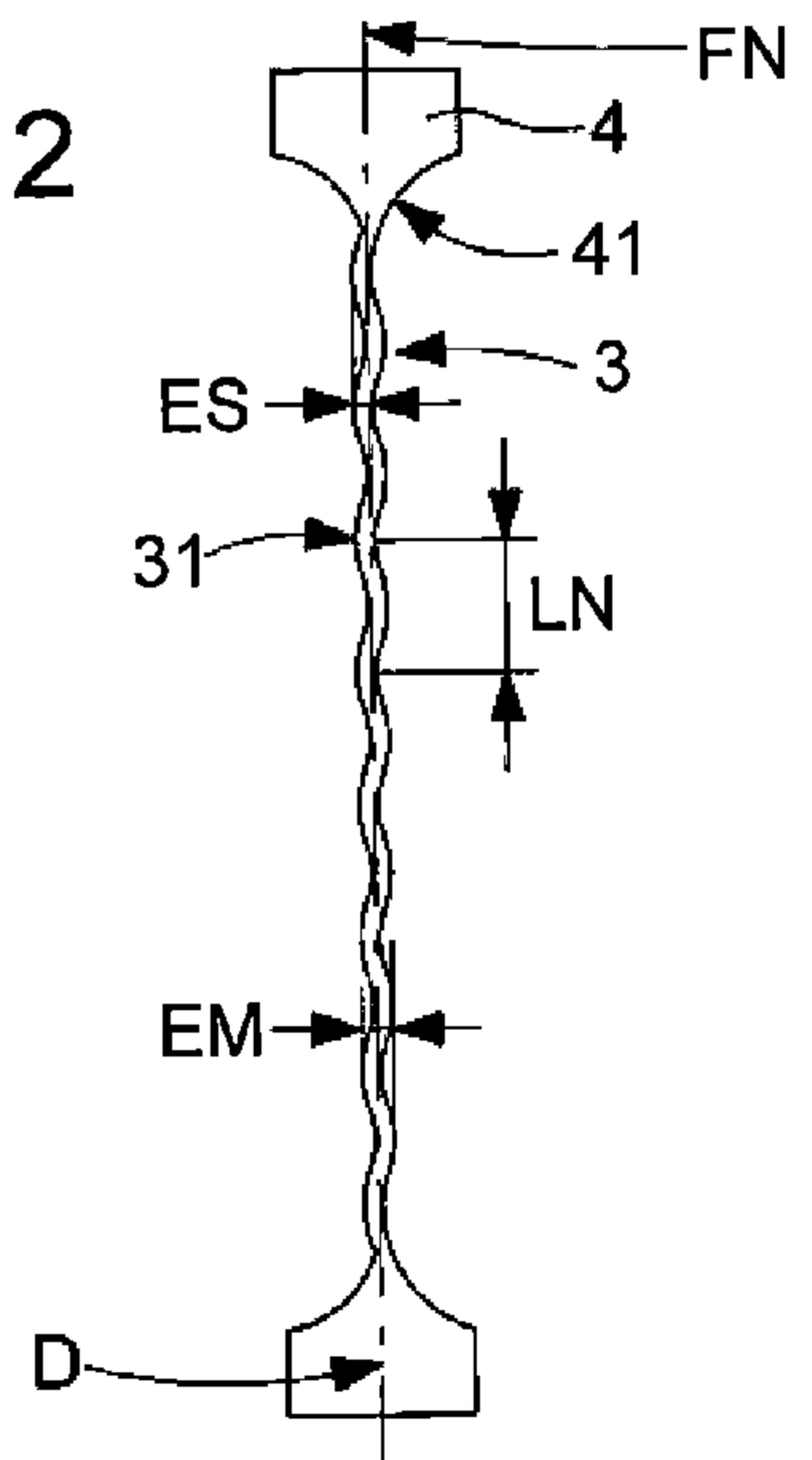


Fig. 7

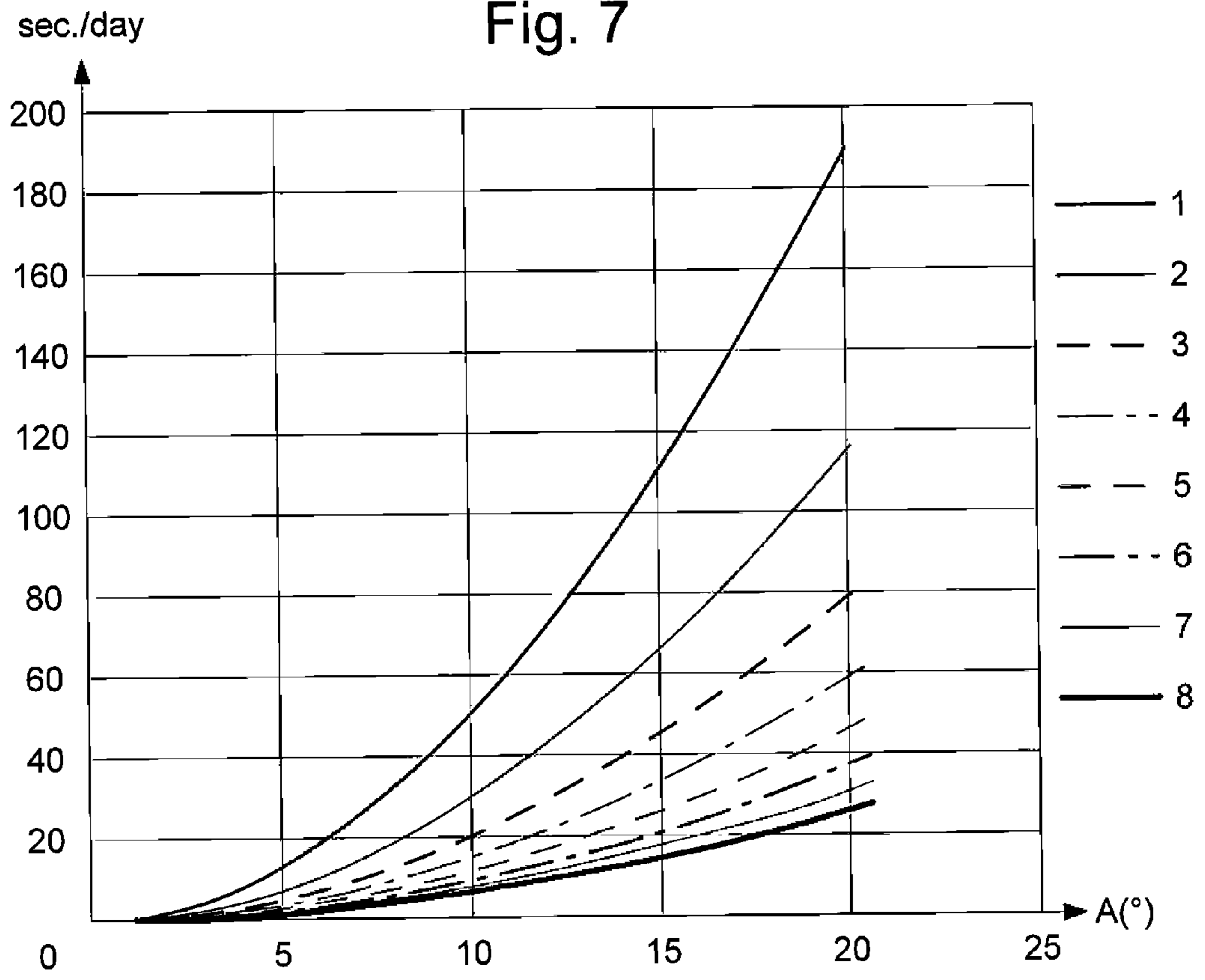
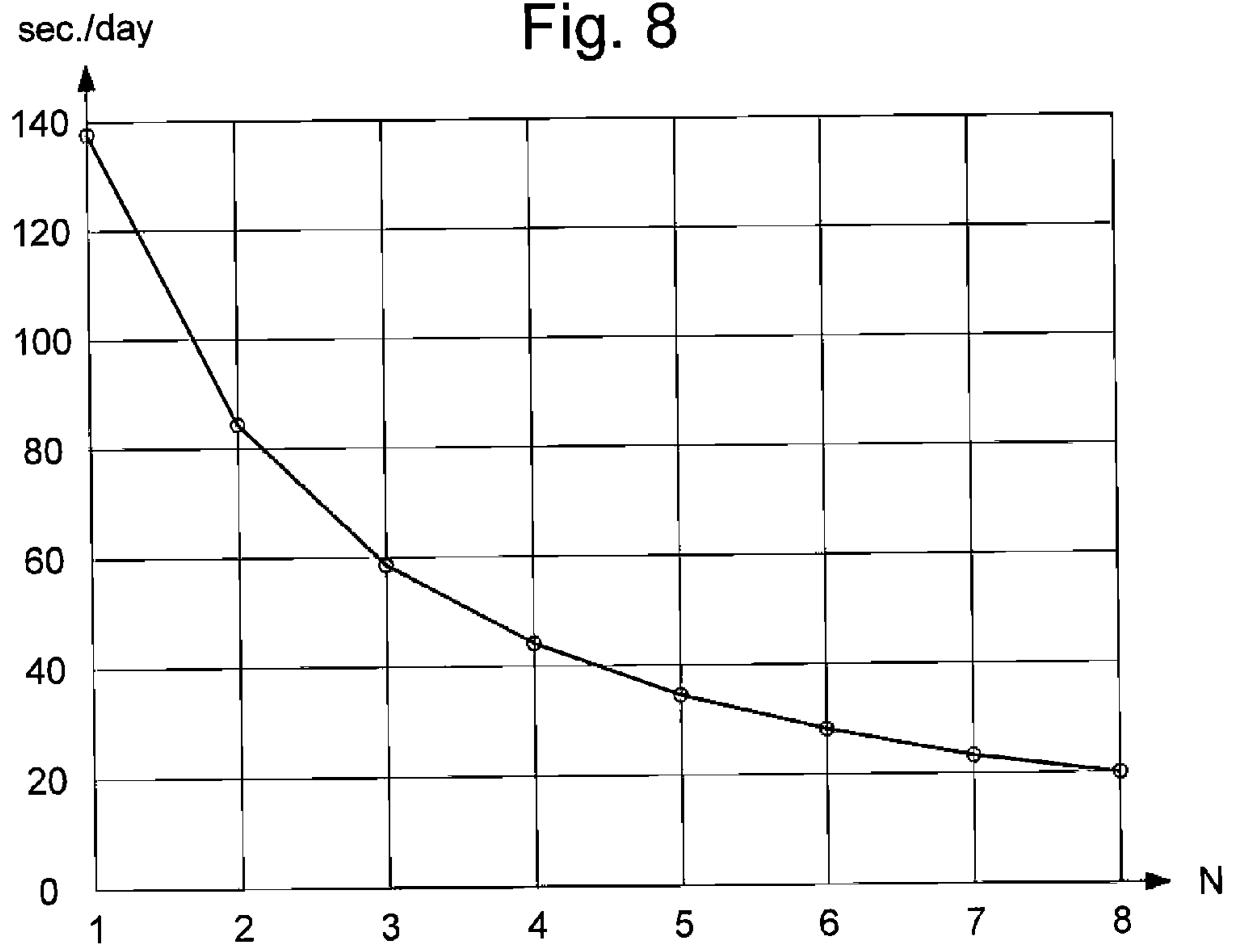


Fig. 8



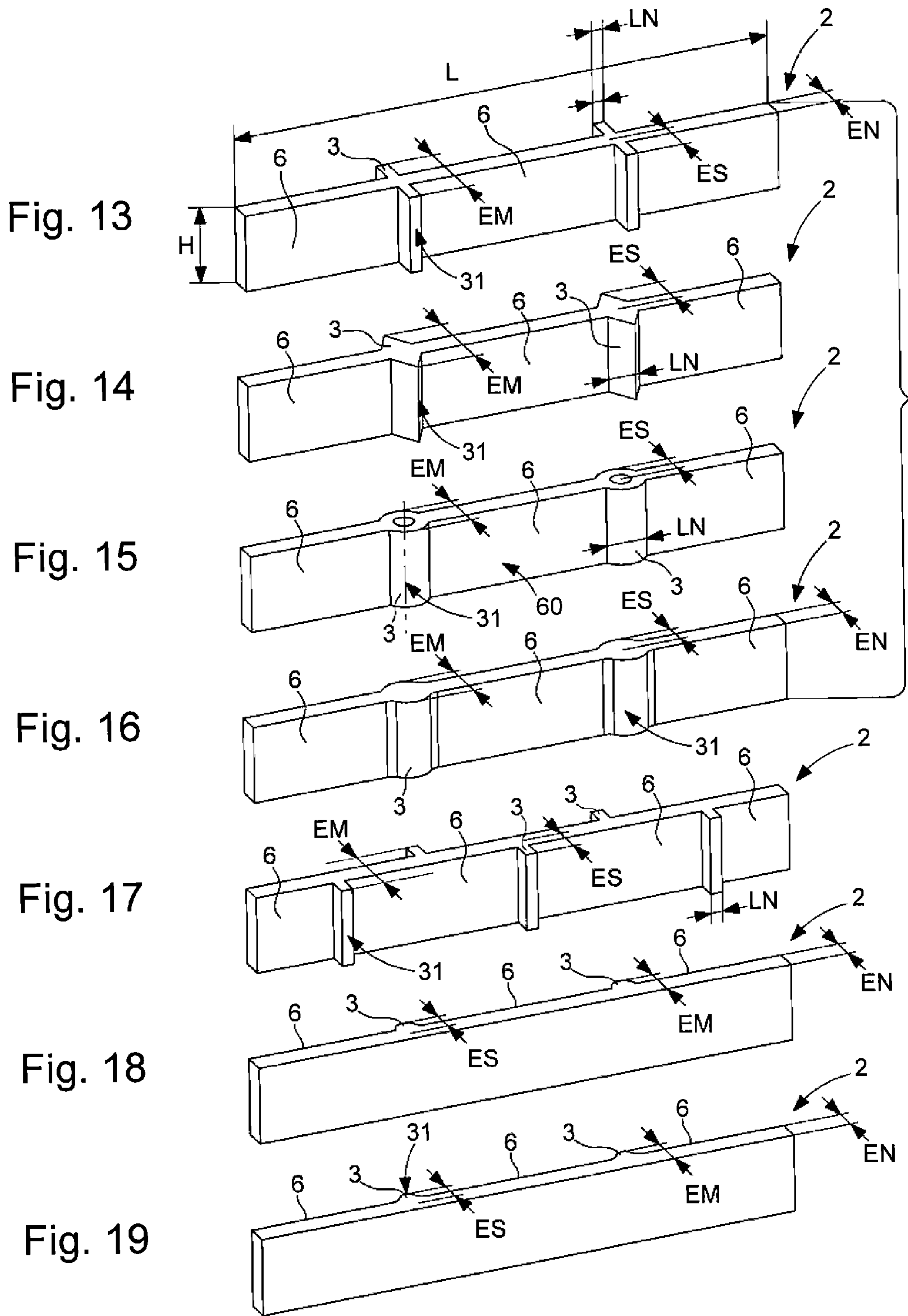


Fig. 20

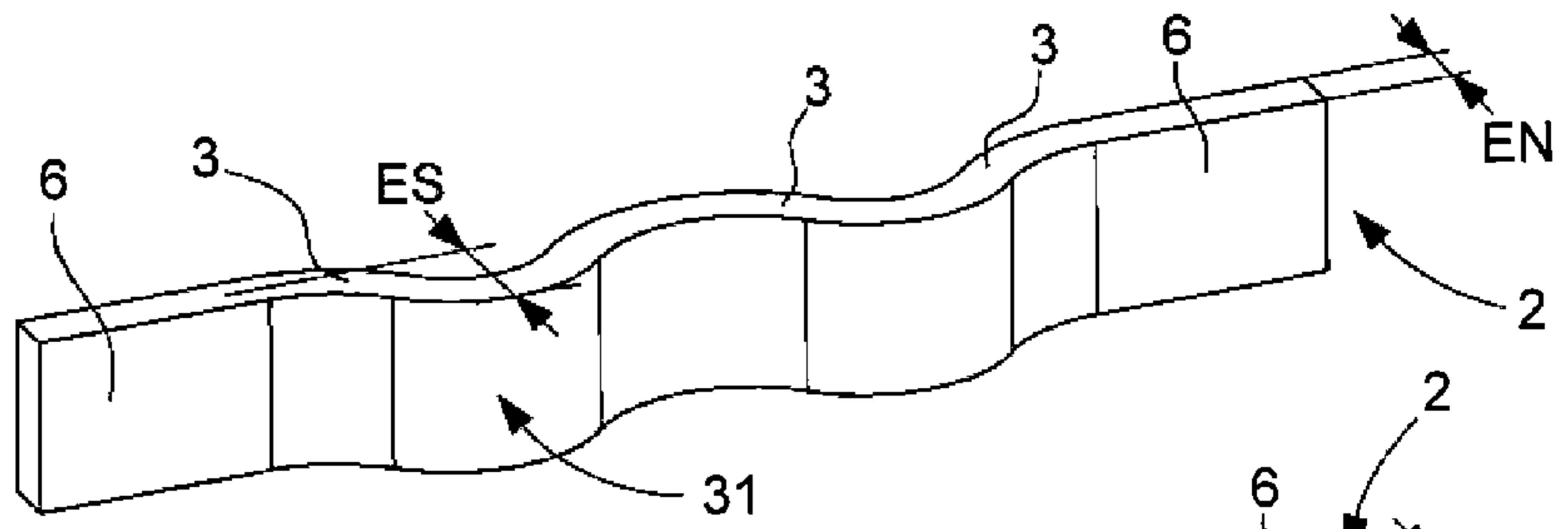


Fig. 21

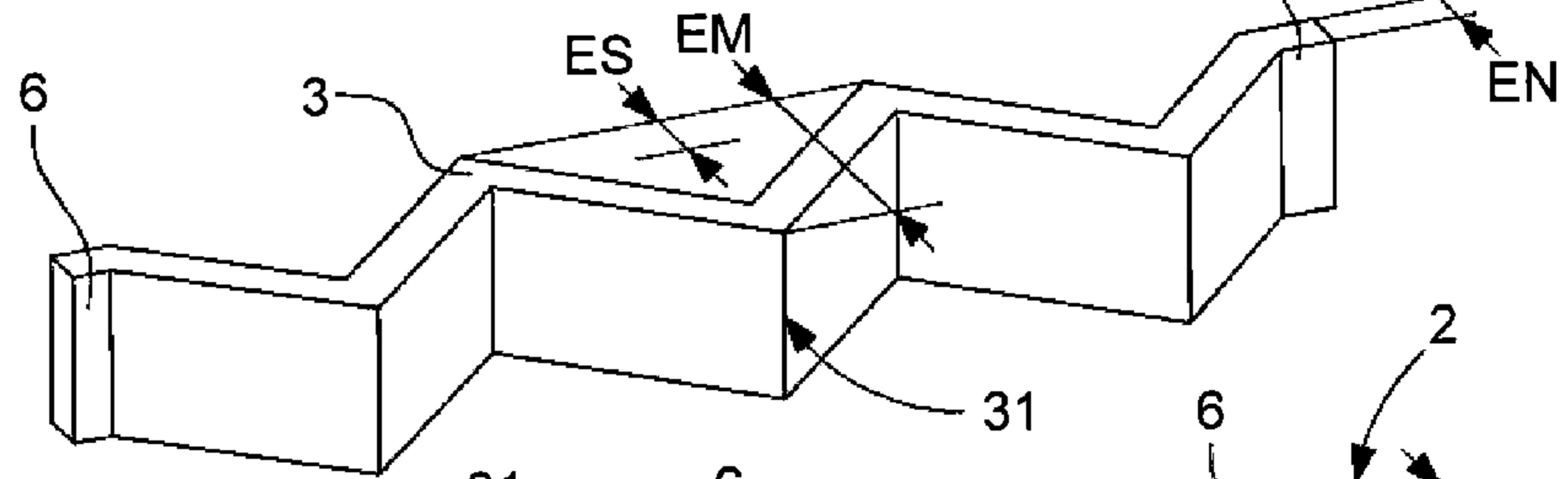


Fig. 22

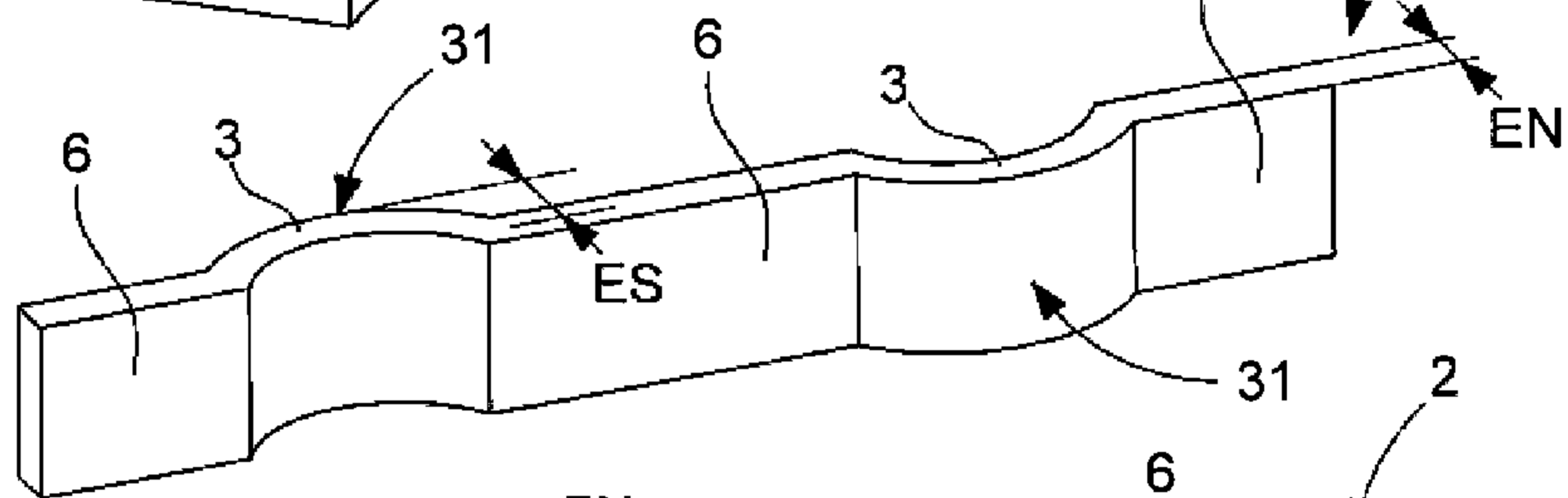


Fig. 23

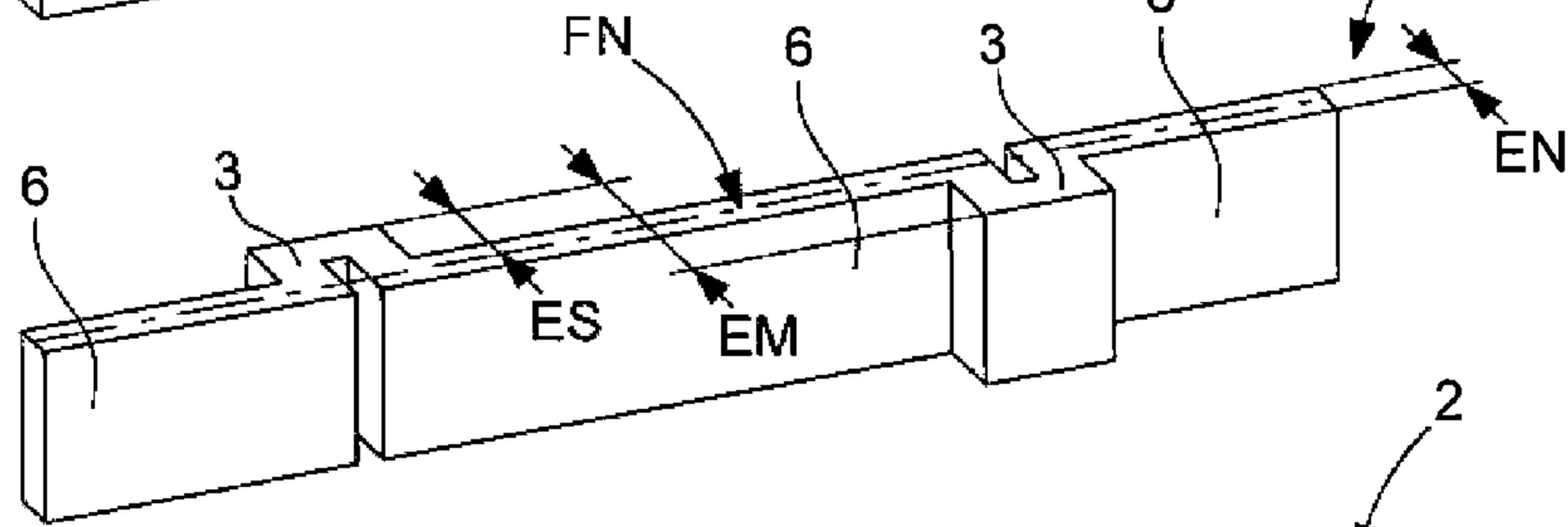


Fig. 24

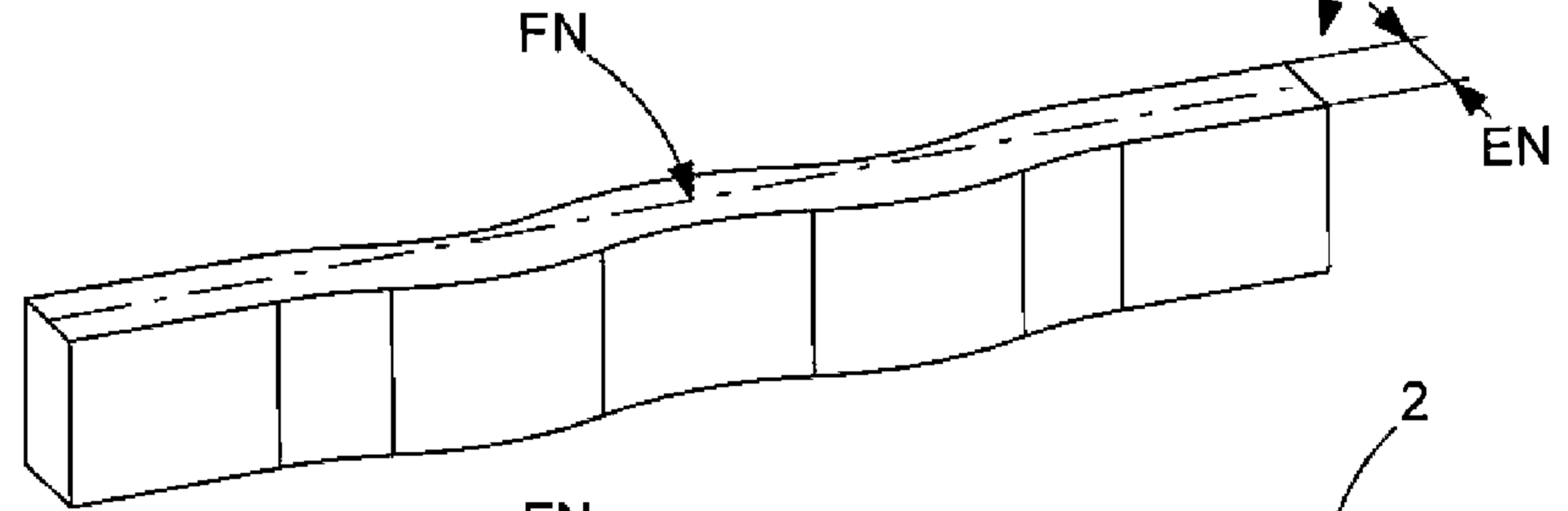


Fig. 25

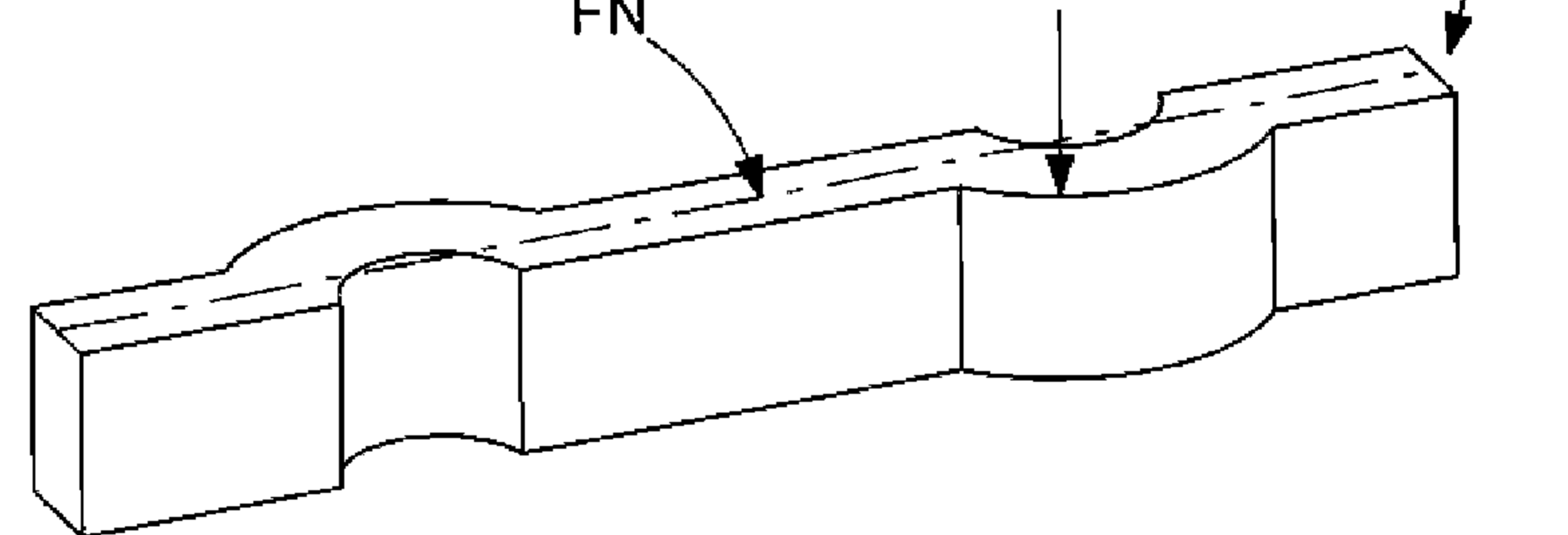


Fig. 26

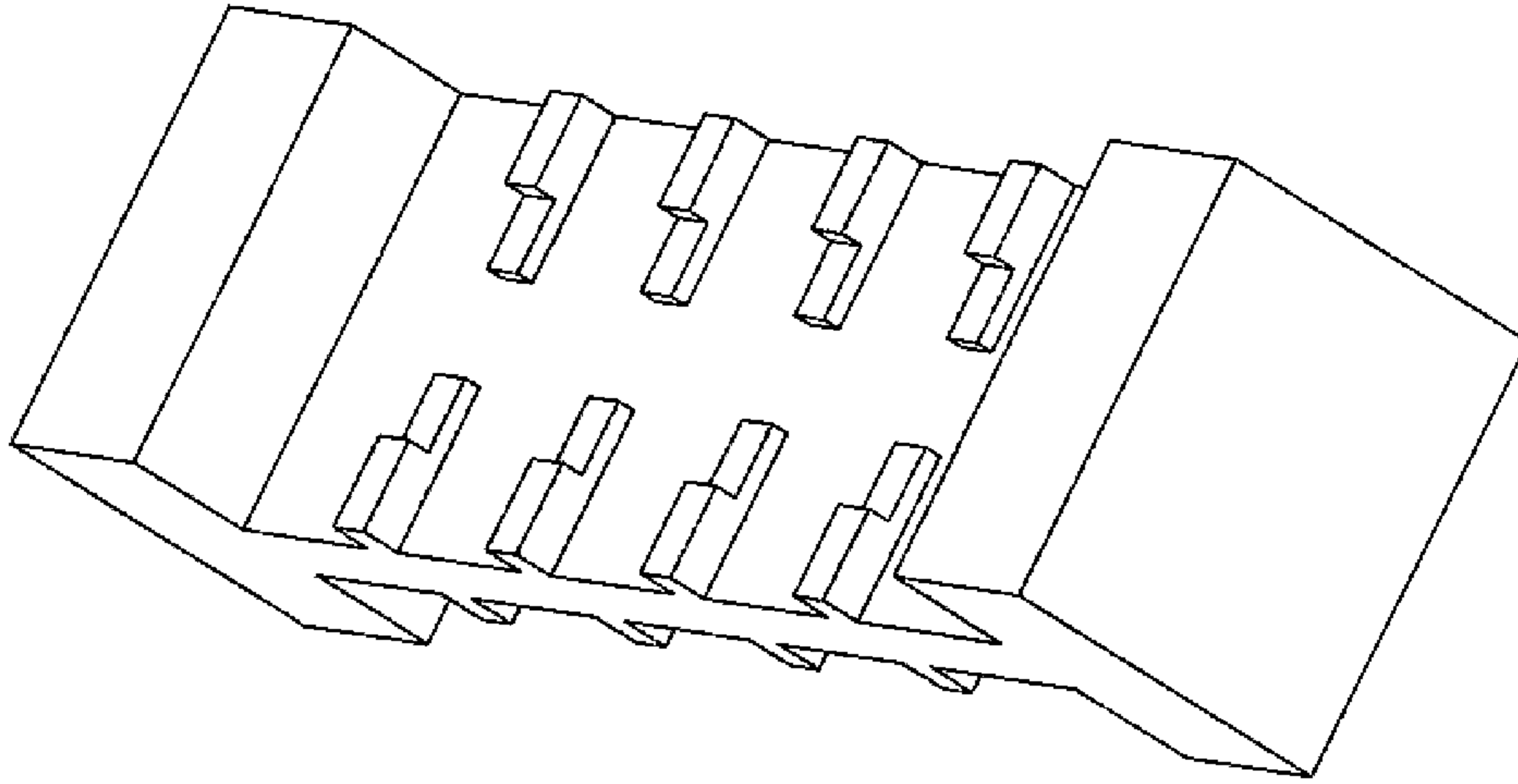


Fig. 27

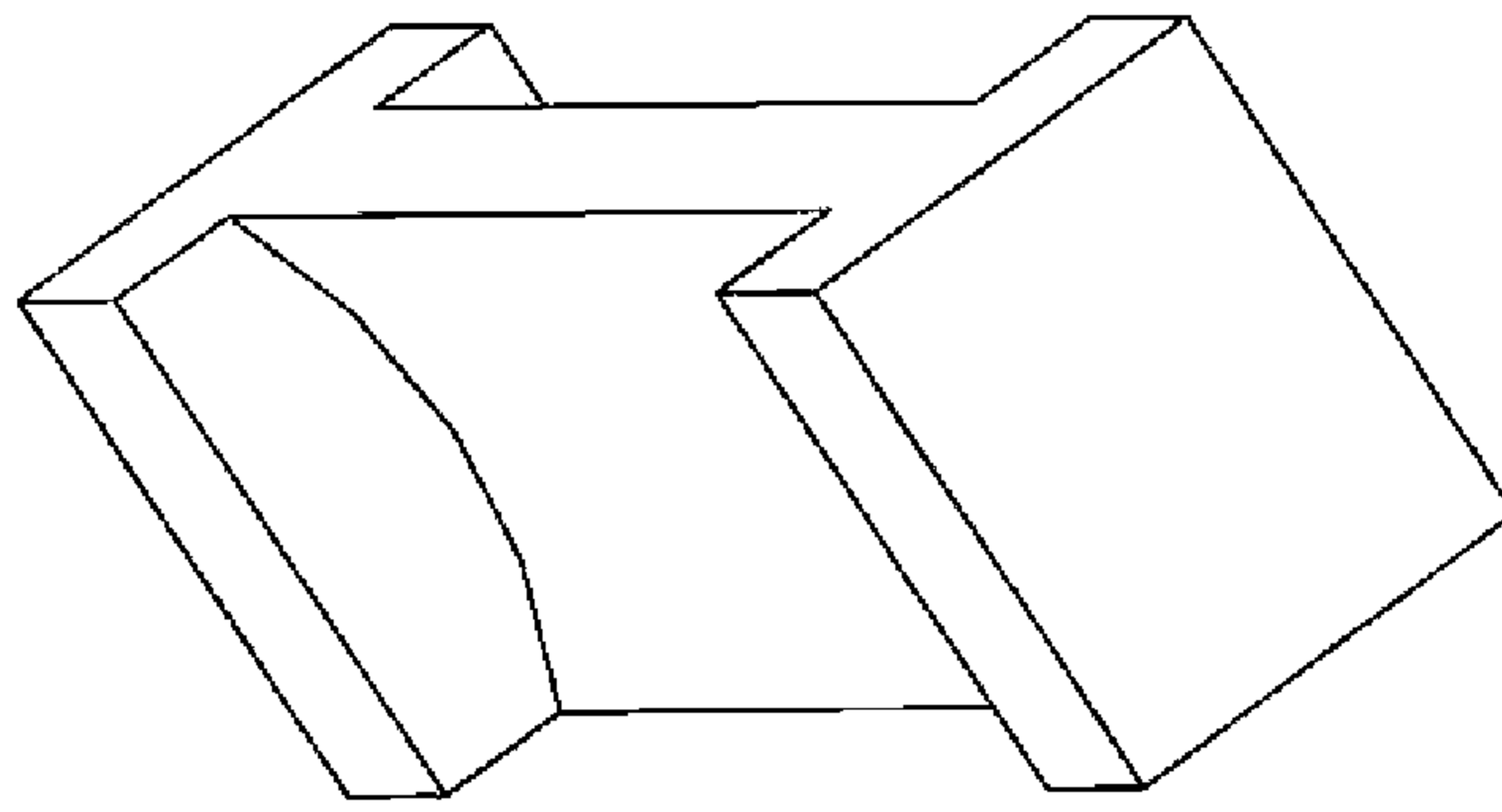


Fig. 28

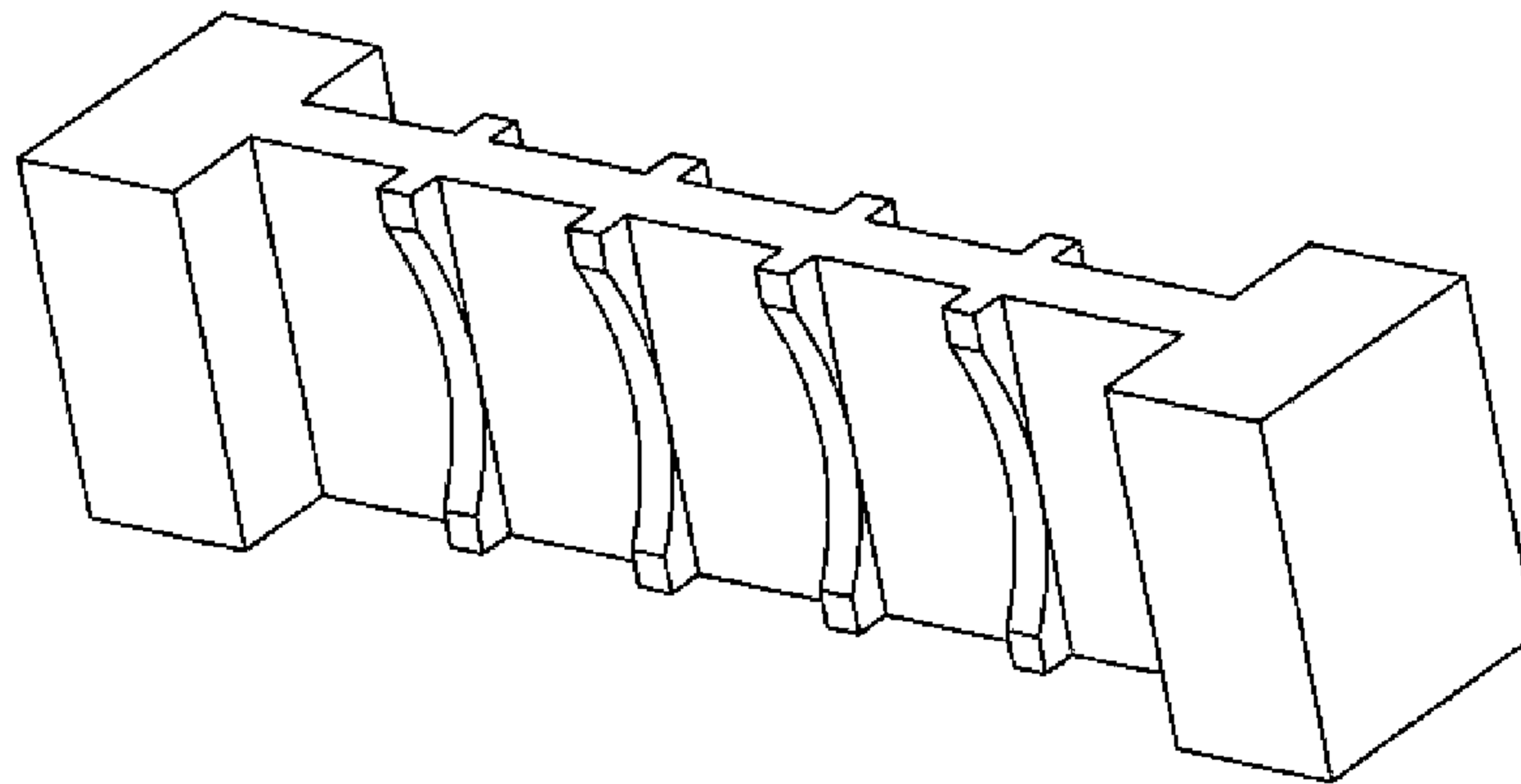


Fig. 29

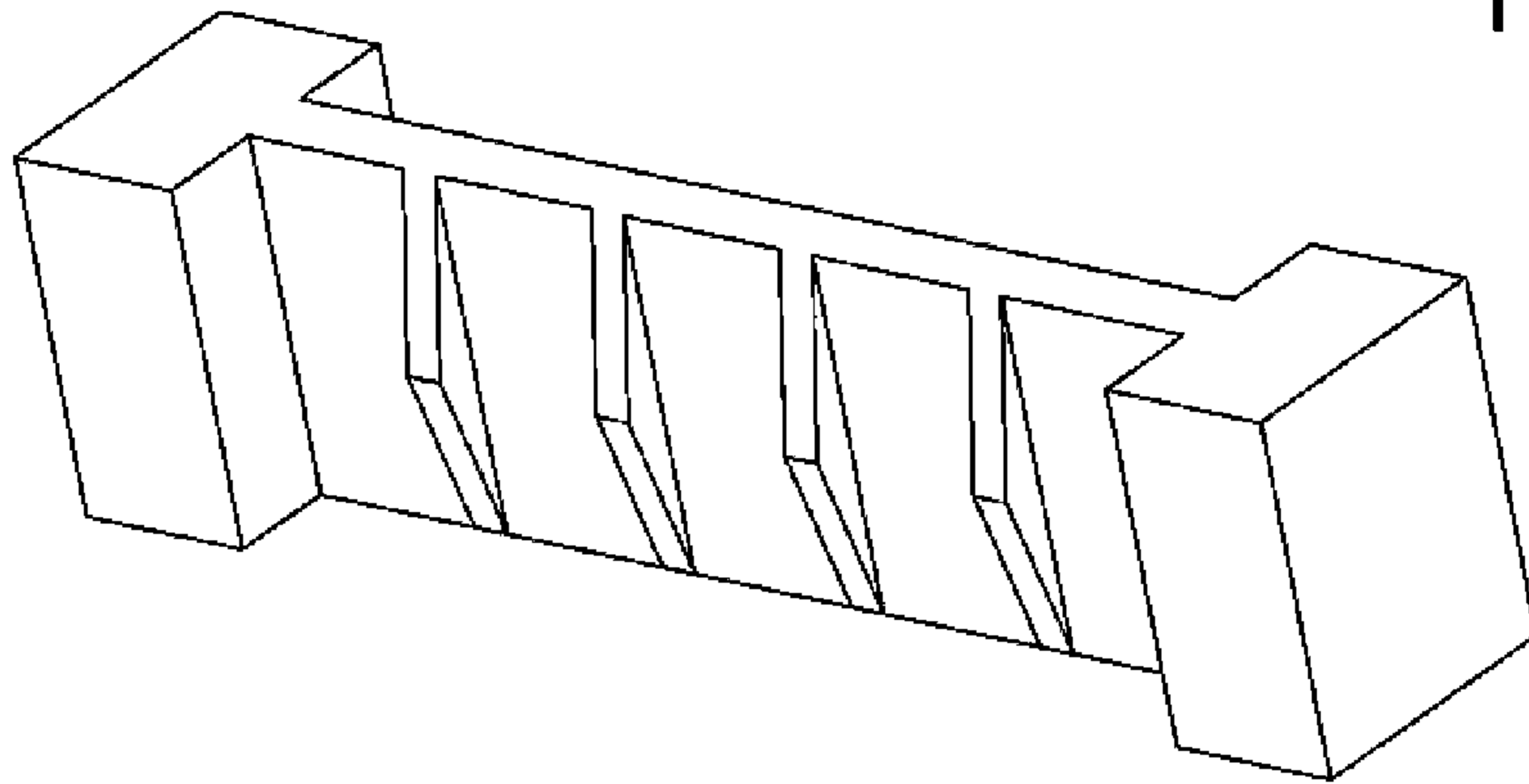


Fig. 30

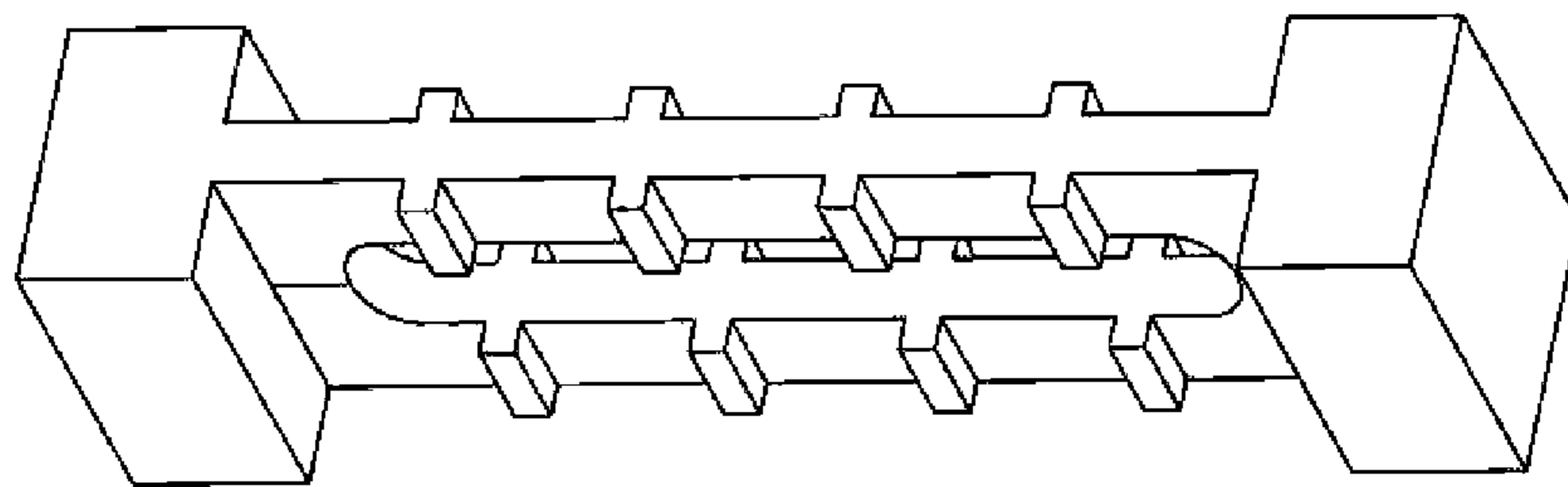


Fig. 31

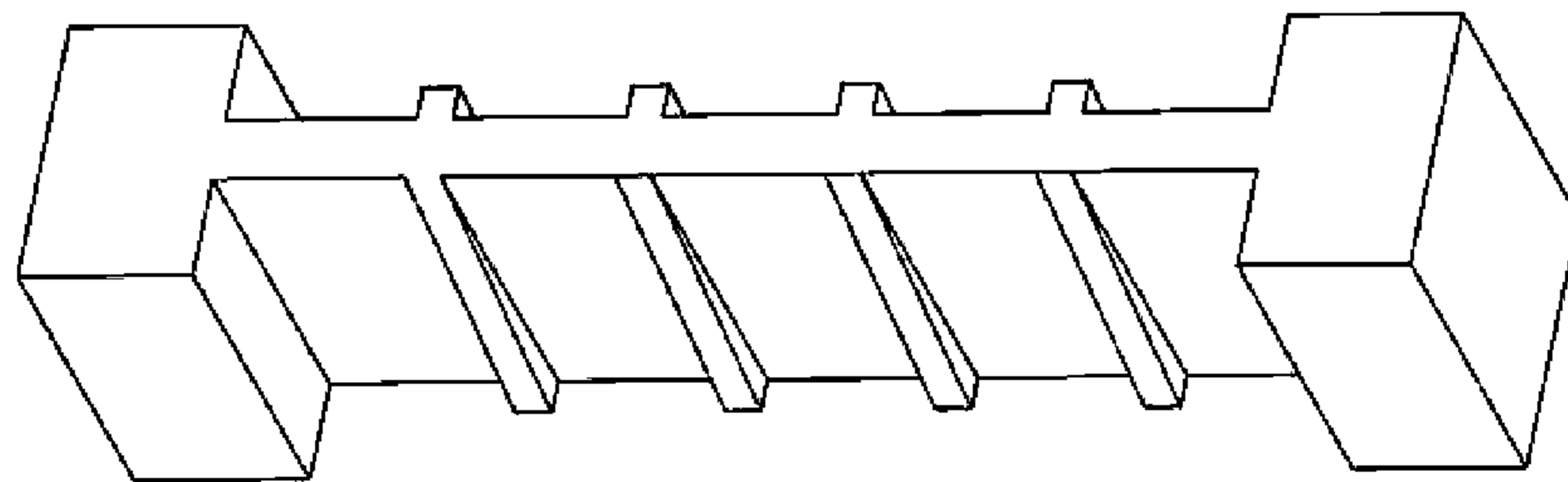


Fig. 32

