



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
30.10.2002 Bulletin 2002/44

(51) Int Cl.7: **E21D 9/00, E21D 9/10**

(21) Numéro de dépôt: **02290989.9**

(22) Date de dépôt: **18.04.2002**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR
 Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeurs:
 • **Vergnes, Jean-Jacques**
69260 Charbonnières les bains (FR)
 • **Fontanille, Gilbert**
38130 Echirolles (FR)

(30) Priorité: **24.04.2001 FR 0105519**

(74) Mandataire: **Jacobson, Claude et al**
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(71) Demandeur: **NFM Technologies**
69006 Lyon (FR)

(54) **Machine de creusement d'un tunnel**

(57) L'invention concerne une machine de creusement (1) d'un tunnel, du type comprenant un bouclier frontal (3) circulaire supportant, par l'intermédiaire d'une virole (15) et d'un boîtier de motorisation (16), une bague extérieure (11) fixe d'un roulement (10) et une tête de coupe (4) munie d'outils de travail et reliée par l'intermédiaire de bras de liaison (17) à une bague intérieure

re (12) dudit roulement. La machine de creusement comporte des moyens de mesure en temps réel des efforts exercés sur la tête de coupe (4) pendant sont déplacement en translation et en rotation et une unité de traitement et de transmission des informations reçues par lesdits moyens de mesure, à un système de pilotage de la machine de creusement.

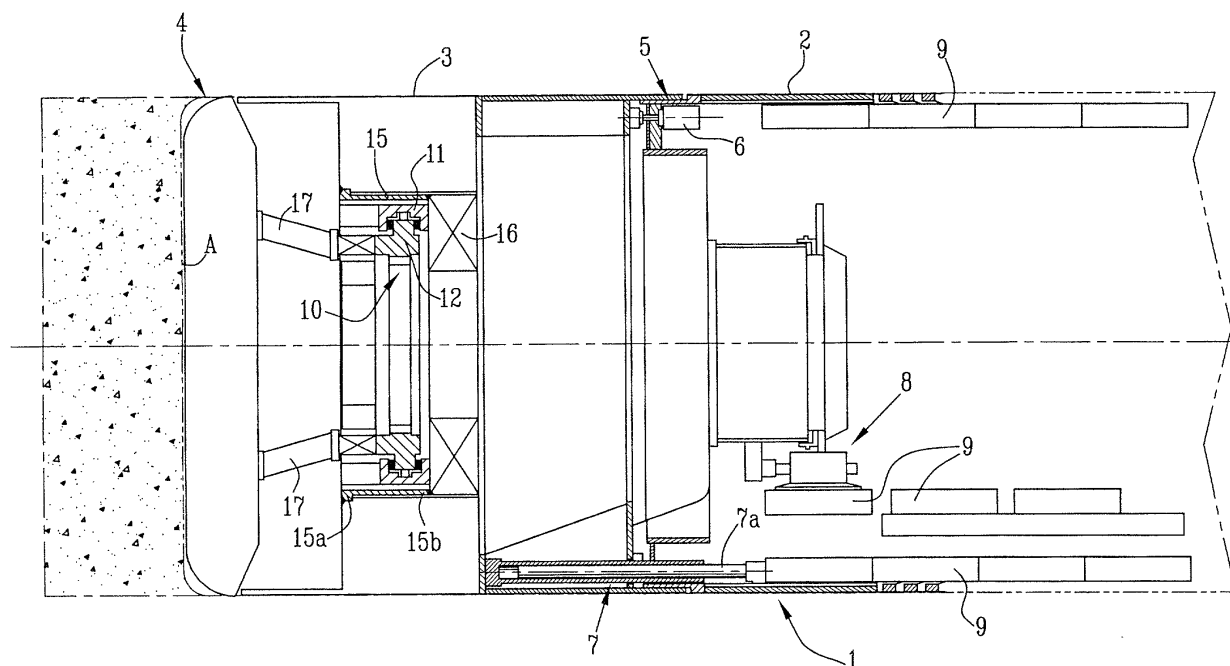


FIG.1

Description

[0001] La présente invention concerne une machine de creusement d'un tunnel appelée tunnelier, qui comporte une structure mobile de grandes dimensions et nommée bouclier ayant une section sensiblement circulaire dont le diamètre correspond sensiblement au diamètre du tunnel dont on réalise le creusement.

[0002] Généralement, le bouclier est formé par une enveloppe cylindrique en deux parties, une première appelée bouclier frontal et une seconde partie appelée bouclier arrière relié au bouclier frontal par un système d'articulations flottantes pour autoriser les mouvements relatifs de faibles amplitudes.

[0003] Le bouclier frontal porte une tête de coupe qui vient en contact avec le front de taille pour réaliser le découpage de la formation géologique traversée par le tunnel et qui se présente sous la forme d'un plateau circulaire de diamètre légèrement supérieur à celui du bouclier.

[0004] La tête de coupe est équipée d'un ensemble d'outils constitués par exemple par des molettes ou des outils rabots ou autres en fonction de la nature du terrain traversé.

[0005] L'abattage du terrain est obtenu par la rotation de la tête de coupe et simultanément par une poussée de cette tête de coupe contre le front de taille.

[0006] Le bouclier frontal supporte par l'intermédiaire d'une virole concentrique audit bouclier et d'un boîtier de motorisation, une bague extérieure fixe d'un roulement concentrique à la virole et la tête de coupe est reliée par l'intermédiaire de bras de liaison avec une bague intérieure de ce roulement.

[0007] Le rôle de la virole est de transmettre l'effort de la tête de coupe sans que les déformations provenant du bouclier frontal aient une influence quelconque sur le roulement.

[0008] Lors du déplacement en translation et en rotation de la tête de coupe, cette tête de coupe subit des efforts qui sont différents selon la nature du terrain traversé et selon l'homogénéité du front de taille. Les efforts transmis par la tête de coupe au roulement sont de trois types :

- poids propre de la tête de coupe,
- effort de pénétration des outils de travail suivant le type de terrain rencontré, et
- frottement du terrain sur la structure de la tête de coupe.

[0009] Ces efforts sont intégralement retransmis au roulement disposé entre le bouclier frontal et la tête de coupe.

[0010] Avec un front de taille homogène, la charge sur la tête de coupe est centrée et de ce fait le moment de basculement induit par la tête de coupe n'est dû qu'au poids de cette dernière. Avec un front de taille très hétérogène, c'est à dire par exemple avec un terrain dur

en bas et meuble en haut, la charge sur la tête de coupe est excentrée et le moment de basculement induit par la tête de coupe est important.

[0011] Jusqu'à présent, le pilote de la machine de creusement dispose de certaines informations, comme par exemple la poussée générale de la machine, la pression sur la cloison frontale du bouclier, la traînée du bouclier arrière et la traction du train suiveur de la machine. Ces informations lui permettent d'estimer la répartition des efforts de poussée dans la machine.

[0012] Mais, le pilote ne dispose pas en temps réel d'informations sur les contraintes réellement appliquées sur la tête de coupe et celles dues au frottement du bouclier frontal si bien qu'il peut enclencher des manoeuvres inappropriées entraînant sur cette tête de coupe et par conséquent sur le roulement disposé entre cette dernière et le bouclier frontal, des efforts trop importants pouvant avoir des conséquences graves sur la tenue de ces éléments.

[0013] L'invention a pour but de connaître exactement la répartition des efforts de poussée et donc d'éviter ces inconvénients.

[0014] L'invention a donc pour objet une machine de creusement d'un tunnel, du type comprenant, d'une part, un bouclier frontal circulaire supportant par l'intermédiaire d'une virole concentrique audit bouclier et d'un boîtier de motorisation, une bague extérieure fixe d'un roulement concentrique à la virole et, d'autre part, une tête de coupe munie d'outils de travail et reliée par l'intermédiaire de bras de liaison à une bague intérieure dudit roulement, le bouclier frontal et la tête de coupe étant déplaçables en translation axialement au tunnel à creuser et cette tête de coupe étant déplaçable en translation, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens de mesure en temps réel des efforts exercés sur la tête de coupe pendant son déplacement en translation et en rotation et une unité de traitement et de transmission des informations transmises par lesdits moyens de mesure, à un système de pilotage de ladite machine de creusement.

[0015] Selon d'autres caractéristiques de l'invention :

- les moyens de mesure sont formés par au moins trois capteurs répartis sur au moins une méridienne de la virole,
- les capteurs sont au nombre de huit,
- les capteurs sont répartis symétriquement sur ladite méridienne de la virole,
- chaque capteur est placé dans un logement cylindrique transversal ménagé dans la virole,
- chaque capteur est formé par un manchon cylindrique obturé à chaque extrémité et comportant au moins quatre tétons en relief en contact avec la paroi interne du logement et répartis à 90° les uns des autres sur la périphérie dudit manchon,
- lesdits tétons sont disposés dans la partie médiane du manchon cylindrique,
- un joint d'étanchéité est interposé entre le manchon

et la paroi interne de l'alésage, à chaque extrémité dudit manchon.

[0016] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Fig. 1 est une vue schématique en coupe axiale d'une machine de creusement conforme à l'invention,
- la Fig. 2 est une vue schématique en perspective d'une virole de liaison entre un bouclier frontal et une tête de coupe de la machine de creusement conforme à l'invention,
- la Fig. 3 est une vue en coupe axiale d'un capteur de mesure des efforts appliqués sur la tête de coupe de la machine de creusement conforme à l'invention.

[0017] Selon la Fig. 1, on a représenté schématiquement une machine de creusement 1, appelée tunnelier, et qui se compose, de manière classique, d'une enveloppe généralement cylindrique en deux parties indépendantes, une première partie 3 appelée bouclier avant ou bouclier frontal et une seconde partie appelée bouclier arrière.

[0018] Le bouclier frontal 3 porte une tête de coupe 4 qui vient en contact avec le front de taille A pour réaliser le découpage de la formation géologique traversée par le tunnel et qui se présente sous la forme générale d'un plateau circulaire de diamètre légèrement supérieur à celui du bouclier frontal 3.

[0019] La tête de coupe 4 est entraînée en rotation par au moins un moteur, non représenté, à une vitesse déterminée qui est fonction de la nature du terrain à creuser et cette tête de coupe 4 porte, sur sa face avant, des outils de travail constitués par exemple par des molettes ou des outils rabots ou autres, en fonction de la nature du terrain traversé.

[0020] De manière classique, le bouclier arrière 2 et le bouclier frontal 3 sont reliés l'un à l'autre par un ensemble 5 d'articulations flottantes qui autorisent les mouvements angulaires et de translation de ce bouclier frontal 3 par rapport audit bouclier arrière 2. Ces articulations flottantes sont constituées par des vérins hydrauliques 6 qui assurent également la traction du bouclier arrière 2 par le bouclier frontal 3 lors de l'avance de la machine de creusement 1.

[0021] La machine de creusement 1 comporte aussi des moyens 7 de déplacement axial de l'ensemble constitué par le bouclier arrière 2, le bouclier frontal 3 et la tête de coupe 4, un dispositif 8 de pose de voussoirs 9 à l'intérieur du tunnel et un transporteur à vis ou une bande transporteuse, non représenté, destiné à l'évacuation vers l'arrière de la machine de creusement du matériau excavé.

[0022] Les moyens 7 de déplacement axial du bou-

clier frontal 3 ainsi que du bouclier arrière 2 et de la tête de coupe 4 sont formés par une couronne de vérins 7a solidaires du bouclier frontal 3 et qui viennent en appui contre l'anneau de voussoirs 9 posés à l'intérieur du tunnel de façon à exercer sur le bouclier frontal 3 la poussée nécessaire à l'excavation du terrain traversé.

[0023] Les variations de direction de la tête de coupe 4 sont obtenues par des écarts de poussée entre les différents vérins 7a.

[0024] La tête de coupe 4 mobile en rotation est reliée au bouclier frontal 3 fixe en rotation par l'intermédiaire d'un roulement désigné dans son ensemble par la référence 10.

[0025] A cet effet, le bouclier frontal 3 circulaire supporte, par l'intermédiaire d'une virole 15 concentrique audit bouclier frontal 3 et d'un boîtier de motorisation 16, une bague extérieure 11 du roulement 10 disposé concentriquement à ladite virole 15.

[0026] La tête de coupe 4 est reliée par l'intermédiaire de bras de liaison 17 à une bague intérieure 12 dudit roulement 10.

[0027] Ainsi, la partie avant 15a de la virole 15 est reliée, par exemple par soudage, au bouclier frontal 3 et la partie arrière 15b de cette virole 15 est reliée, par exemple par soudage, au boîtier de motorisation 16 et le bouclier frontal 3, la virole 15 et le roulement 10 sont disposés concentriquement les uns par rapport aux autres, ainsi que représenté à la Fig. 1.

[0028] La structure mécanosoudée du boîtier de motorisation 16 est suffisamment rigide pour permettre le bon fonctionnement du roulement 10 en garantissant un plan d'appui indéformable pour la piste principale de ce roulement 10.

[0029] Lors du déplacement en rotation et en translation de la tête de coupe 4, les efforts transmis par cette tête de coupe 4 au roulement 10 sont de trois types :

- poids propre P de la tête de coupe 4,
- effort de pénétration F_c des outils de travail de la tête de coupe 4 selon le type de terrain rencontré, et
- frottement du terrain sur la structure de ladite tête de coupe 4.

[0030] Les grandeurs de ces efforts sont différents suivant le type de terrain rencontré.

[0031] Pour permettre au pilote de la machine de creusement 1 de disposer en temps réel d'informations sur les contraintes réellement appliquées sur la tête de coupe 4, lui permettant d'optimiser la poussée et donc l'avance de cette machine de creusement 1, ladite machine de creusement 1 comporte des moyens de mesure des efforts exercés sur la tête de coupe 4 pendant son déplacement en translation et en rotation et une unité de traitement des mesures reçues desdits moyens de mesure et de transmission des informations à un système de pilotage de la machine de creusement 1.

[0032] A cet effet, la virole 15 représentée en perspective à la Fig. 2, est équipée de ces moyens de me-

sure qui sont formés par au moins trois capteurs 20 répartis sur au moins une méridienne de ladite virole 15. De préférence, les capteurs sont au nombre de huit répartis sur au moins une méridienne de la virole 15 de manière symétrique ou non.

[0033] La virole 15 de supportage de l'ensemble constitué par le boîtier de motorisation 16 et la tête de coupe 4 sert de corps d'épreuve pour la mesure des efforts provenant de cette tête de coupe 4. Du fait de son épaisseur et de sa longueur, cette virole 15, située en aval du roulement 10, permet en effet de découpler les efforts provenant de la tête de coupe 4 et ceux provenant du bouclier frontal 3.

[0034] Ainsi que représenté à la Fig. 3, chaque capteur 20 est placé dans un logement cylindrique 15a radial ménagé dans la virole 15.

[0035] Par ailleurs, chaque capteur 20 est formé par un manchon 21 de diamètre extérieur inférieur au diamètre du logement 15a et obturé à chacune de ses extrémités par un couvercle 22. Le manchon 21 comporte au moins quatre tétons 23 en relief et en contact avec la paroi interne de logement 15a. De préférence, les tétons 23 sont disposés dans la partie médiane du manchon 21.

[0036] Ces tétons 23 en relief et en contact avec la paroi interne du logement 15a sont répartis à 90° les uns des autres sur la périphérie du manchon 21 et permettent la détermination des déformations du logement 15a lors de l'application d'efforts la tête de coupe 4.

[0037] Le manchon 21 de chaque capteur de mesure 20 est usiné en acier inoxydable et un joint d'étanchéité 24 est interposé entre le manchon 21 et la paroi interne du logement 15a, à chaque extrémité dudit manchon. Chaque capteur de mesure 20 est relié à une unité de traitement par des fils dont les traversées au niveau de chaque logement 15a sont réalisées par des connecteurs étanches.

[0038] Chaque capteur de mesure 20 mesure les déformations sous charge du logement circulaire radial 15a correspondant et les informations recueillies par l'ensemble des capteurs de mesure 20 sont traitées mathématiquement et permettent de calculer l'effort de poussée axiale et le moment de basculement de la tête de coupe 4 en un point formé par le centre du cercle d'installation des différents capteurs de mesure. Ces informations sont primordiales dans le calcul de la tenue en fatigue du roulement 10 et sont transmises en temps réel à un système de pilotage de la machine de creusement 1.

[0039] La mesure exacte des efforts repris par le roulement 10 permet donc d'optimiser les paramètres de conduite de la machine de creusement 1 afin de préserver la durée de vie de ce roulement.

[0040] Par ailleurs, la mise à disposition de manière permanente au pilote de la machine de creusement des efforts engendrés sur la tête de coupe lui permet d'optimiser la poussée et donc l'avance de ladite machine de creusement.

[0041] Le pilote de la machine de creusement dispose donc, en temps réel, de mesures qui lui permettent par déduction de connaître la part d'efforts de poussée qui passe par frottement dans le bouclier frontal.

[0042] Si cette part augmente de façon significative et soudaine sans pour autant que les efforts sur la tête de coupe soient modifiés, il est possible que le terrain "coince" le bouclier frontal ou qu'il se produise un début d'arcboutement de ce bouclier frontal.

[0043] Ainsi, le pilote peut, grâce aux mesures en temps réel, modifier les paramètres de fonctionnement de la machine de creusement en fonction du terrain traversé et des problèmes rencontrés.

[0044] Enfin, l'examen et l'enregistrement des efforts sur la tête de coupe permettent sur un chantier de reconnaître les changements géologiques dangereux pour les travaux.

[0045] Une variation de la charge frontale ou de son point d'application permet de reconnaître l'apparition d'une roche dure dans un sol ou l'inverse.

Revendications

1. Machine de creusement d'un tunnel, du type comprenant, d'une part, un bouclier frontal (3) circulaire supportant par l'intermédiaire d'une virole (15) concentrique audit bouclier (3) et d'un boîtier de motorisation (16), une bague extérieure (11) fixe d'un roulement (10) concentrique à la virole (15) et, d'autre part, une tête de coupe (4) munie d'outils de travail et reliée par l'intermédiaire de bras de liaison (17) à une bague intérieure (12) dudit roulement (10), le bouclier frontal (3) et la tête de coupe (4) étant déplaçables en translation axialement au tunnel à creuser et cette tête de coupe (4) étant déplaçable en rotation, **caractérisée en ce qu'elle** comporte des moyens (20) de mesure en temps réel des efforts exercés sur la tête de coupe pendant son déplacement en translation et en rotation et une unité de traitement et de transmission des informations transmises par lesdits moyens de mesure, à un système de pilotage de ladite machine de creusement.
2. Machine de creusement selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les moyens de mesure sont formés par au moins trois capteurs (20) répartis sur au moins une méridienne de la virole (15).
3. Machine de creusement selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** les capteurs (20) sont au nombre de huit.
4. Machine de creusement selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** les capteurs (20) sont répartis symétriquement sur ladite méridienne de la virole (15).

5. Machine de creusement selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, **caractérisée en ce que** chaque capteur (20) est placé dans un logement cylindrique (15a) radial et ménagé dans la virole (15). 5
6. Machine de creusement selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, **caractérisée en ce que** chaque capteur (20) est formé par un manchon cylindrique (21) obturé à chaque extrémité et comportant au moins quatre tétons (23) en relief en contact avec la paroi interne du logement (15a) et repartis à 90° les uns des autres sur la périphérie dudit manchon (21). 10
7. Machine de creusement selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** lesdits tétons (23) sont disposés dans la partie médiane du manchon cylindrique (21). 15
8. Machine de creusement selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, **caractérisée en ce qu'un** joint d'étanchéité (24) est interposé entre le manchon (21) et la paroi interne du logement (15a), à chaque extrémité dudit manchon. 20

25

30

35

40

45

50

55

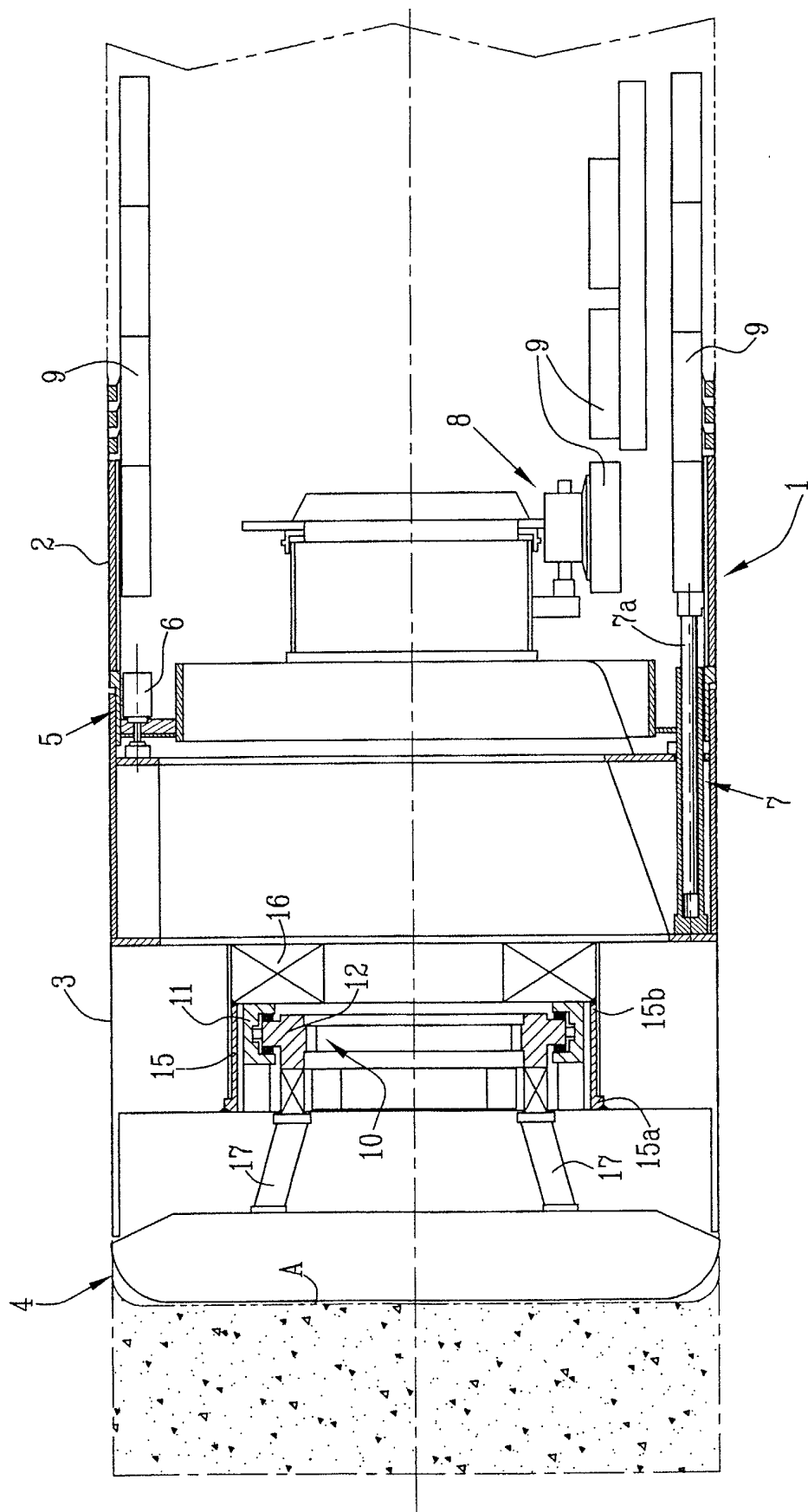


FIG. 1

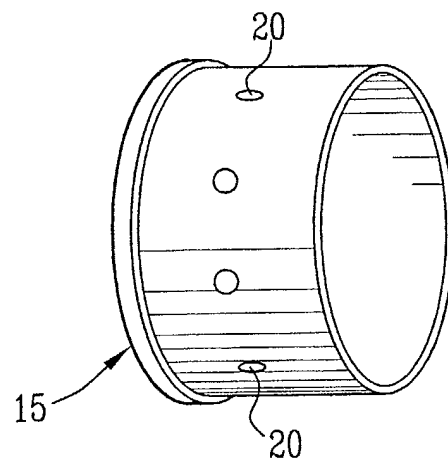


FIG. 2

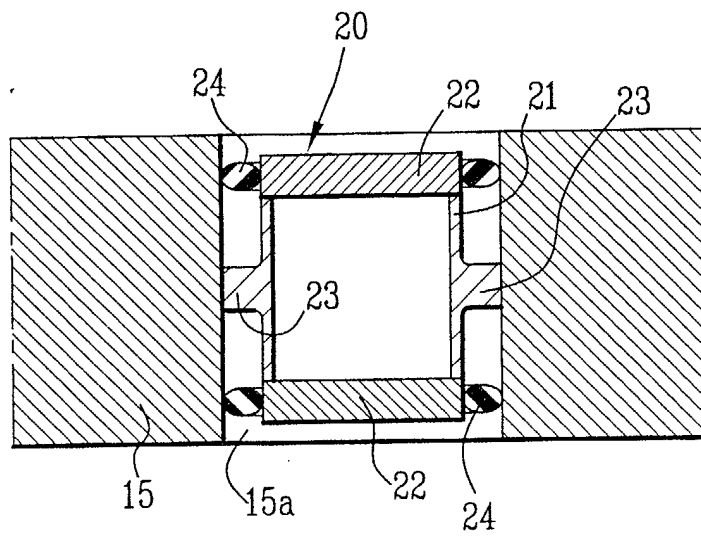


FIG. 3



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 02 29 0989

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.CI.7)
A	GB 2 091 316 A (ISEKI KAIHATSU KOKI) 28 juillet 1982 (1982-07-28) * le document en entier *	1-4	E21D9/00 E21D9/10
A	DE 299 19 505 U (WIRTH CO KG MASCH BOHR) 22 mars 2001 (2001-03-22) * le document en entier *	1	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 08, 30 juin 1999 (1999-06-30) & JP 11 072335 A (HITACHI CABLE LTD), 16 mars 1999 (1999-03-16) * abrégé *	1	
A	EP 0 410 353 A (ISEKI KAIHATSU KOKI) 30 janvier 1991 (1991-01-30) * figure 1 *	1	
A	US 4 774 470 A (TAKIGAWA TAKAMURA ET AL) 27 septembre 1988 (1988-09-27)		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CI.7)
A	EP 0 384 065 A (ZAIDAN HOHJIN DOBOKU KENKYU CE ; KOBE STEEL LTD (JP)) 29 août 1990 (1990-08-29)		E21D
A	EP 0 497 454 A (ISEKI KAIHATSU KOKI ; PENTA OCEAN CONSTRUCTION (JP)) 5 août 1992 (1992-08-05)		
A	US 4 548 443 A (TURNER JOHN) 22 octobre 1985 (1985-10-22)		
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 27 juin 2002	Examineur Fonseca Fernandez, H
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03 92 (P04002)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 02 29 0989

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

27-06-2002

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
GB 2091316	A	28-07-1982	AUCUN		
DE 29919505	U	22-03-2001	DE	29919505 U1	22-03-2001
			EP	1098066 A1	09-05-2001
JP 11072335	A	16-03-1999	AUCUN		
EP 0410353	A	30-01-1991	JP	2519105 B2	31-07-1996
			JP	3059295 A	14-03-1991
			AT	88792 T	15-05-1993
			AU	625869 B2	16-07-1992
			AU	5989990 A	31-01-1991
			CA	2021773 A1	29-01-1991
			CN	1049045 A ,B	06-02-1991
			DE	69001464 D1	03-06-1993
			DE	69001464 T2	12-08-1993
			EP	0410353 A1	30-01-1991
			KR	9504440 B1	01-05-1995
			US	5123708 A	23-06-1992
US 4774470	A	27-09-1988	FR	2587408 A1	20-03-1987
			GB	2180713 A ,B	01-04-1987
EP 0384065	A	29-08-1990	JP	2049613 C	10-05-1996
			JP	2217594 A	30-08-1990
			JP	7081506 B	30-08-1995
			JP	1315592 A	20-12-1989
			JP	2552355 B2	13-11-1996
			JP	2049617 C	10-05-1996
			JP	2311692 A	27-12-1990
			JP	7081507 B	30-08-1995
			JP	2049618 C	10-05-1996
			JP	2311693 A	27-12-1990
			JP	7081508 B	30-08-1995
			JP	2049619 C	10-05-1996
			JP	2311694 A	27-12-1990
			JP	7081509 B	30-08-1995
			JP	2049620 C	10-05-1996
			JP	2311695 A	27-12-1990
			JP	7081510 B	30-08-1995
			CA	1331025 A1	26-07-1994
			DE	68907339 D1	29-07-1993
			DE	68907339 T2	20-01-1994
			EP	0384065 A1	29-08-1990
			US	4998776 A	12-03-1991

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 02 29 0989

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

27-06-2002

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0497454 A	05-08-1992	JP 2510098 B2	26-06-1996
		JP 4237796 A	26-08-1992
		CA 2059065 A1	15-07-1992
		CN 1063335 A , B	05-08-1992
		DE 69200479 D1	10-11-1994
		DE 69200479 T2	18-05-1995
		EP 0497454 A2	05-08-1992
		KR 127291 B1	29-12-1997
		US 5190407 A	02-03-1993

US 4548443 A	22-10-1985	AUCUN	

EPC FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82