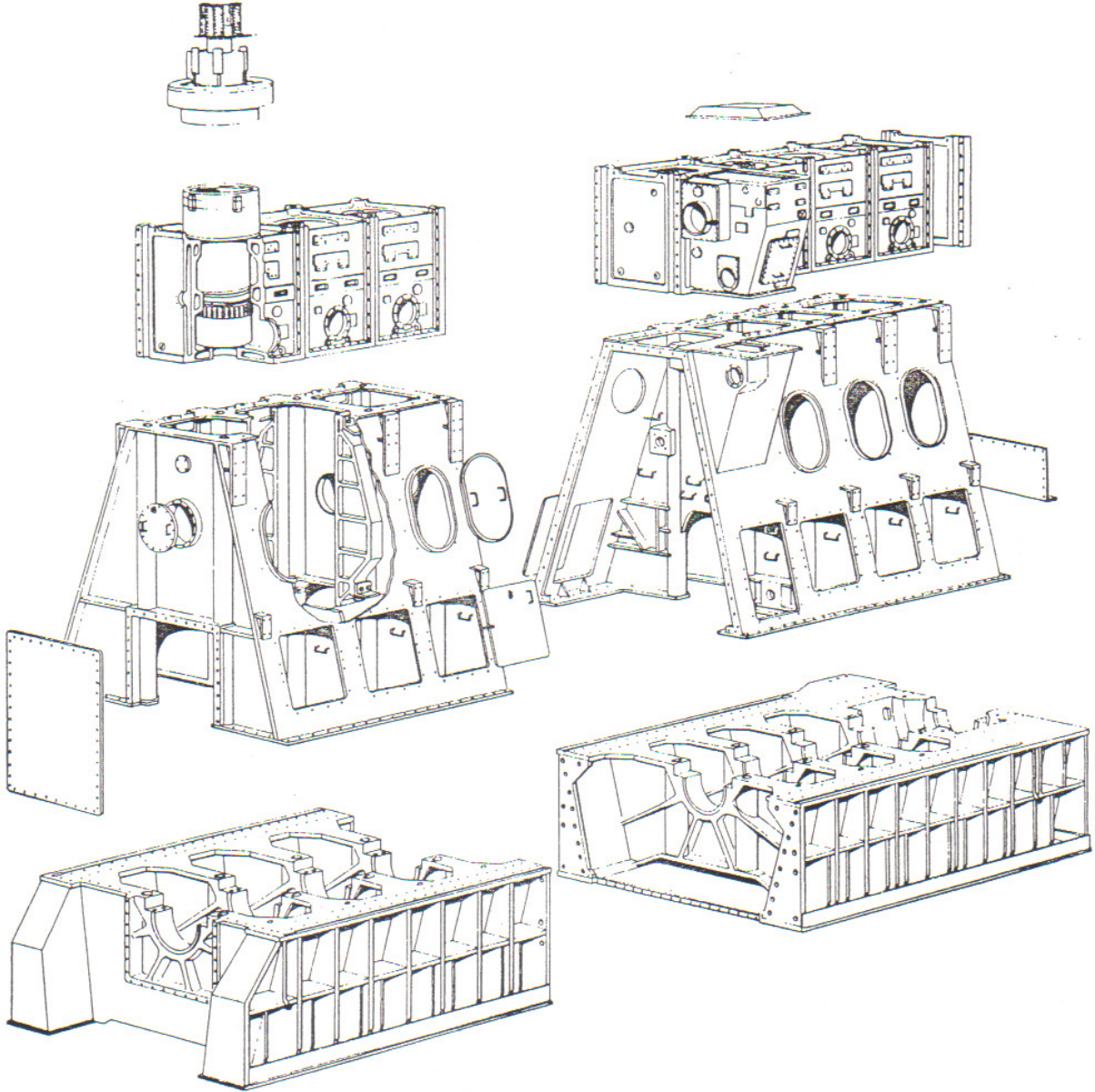


## Chapitre 5 Organes principaux

### 1) Constitution du moteur



**Bedplate –Frame Box –Cylinder Frame**

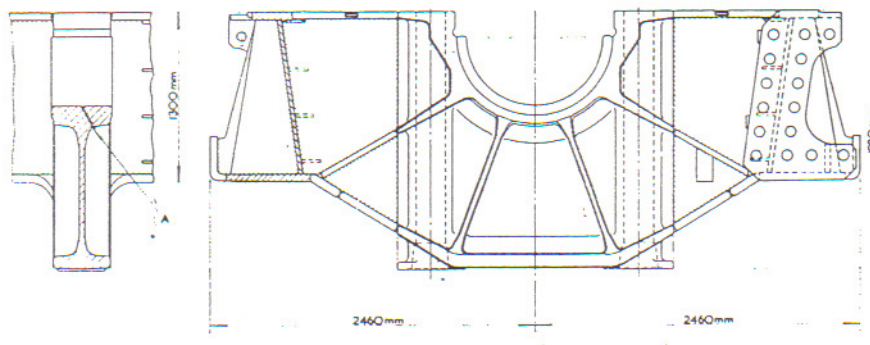
E1180-020

*Opbouw motorgestel (fundatie-krukkast-cilinderbalk)  
BURMEISTER & WAIN 2-slag kruishoofdmotor.*

La constitution générale du moteur est la plaque du fondation, boîte de manivelle ou bâti et le bloc cylindre. Ce sont des pièces à part pour les moteurs lent qui peuvent être construit avec des pièces encore plus petites. En ce qui concerne les moteurs mi-vitesse et grandes vitesse la fondation et le bâti sont produit en un grand ouvrage en fonte.

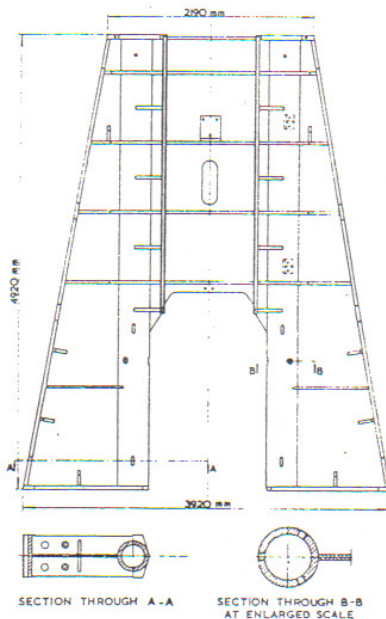
La fondation de moteur et la fondation du navire sont responsable de la rigidité (horizontale et verticale) du moteur.

Parce que le bloc a une grande complexité la méthode de fabrication est le moulage. Pour cette raison on choisit la fonte ou l'aluminium. L'avantage de ce dernier est que le moteur est vraiment plus léger mais moins rigide et fort, et donc moins utile pour des moteurs diesel. Pour les moteurs à mi-vitesse on va utiliser la fonte nodulaire qui est plus forte et mieux résistante contre des tensions variables.



*Fundatie 2-slag BURMEISTER & WAIN motor.*

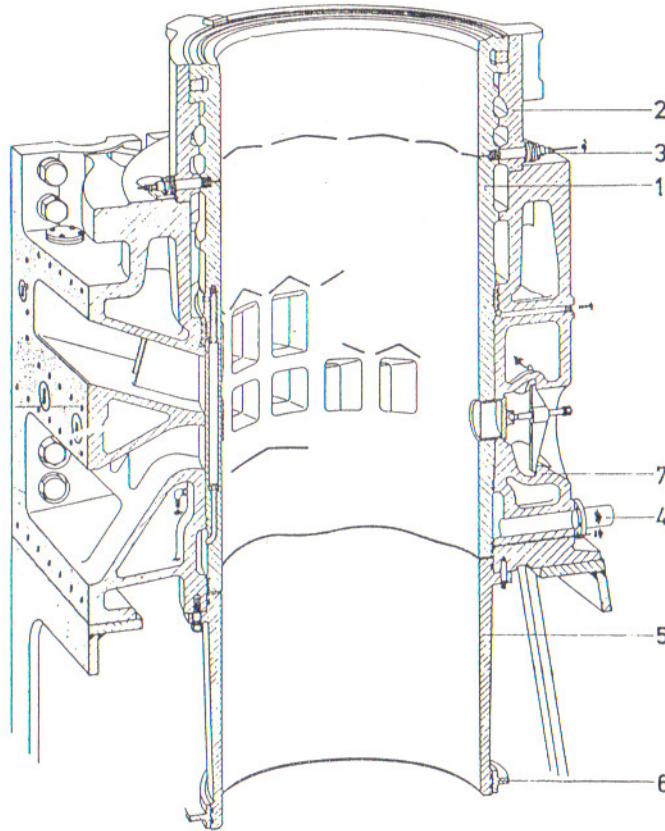
La partie entre les poutres est noyée dans la fondation du navire et est utilisée pour recueillir l'huile de graissage qui coule des paliers. (carter mouillé)



Sur la fondation on met des colonnes qui doivent supporter le bâti. Contre les colonnes on met des glissières qui vont conduire les crosses et qui vont prendre les forces transversales des crosses.

*Kolum van  
B & W motor*

## 2) Bloque cylinder et chemise



- 1 - cilindervoering
- 2 - steunring
- 3 - smeernippel
- 4 - afvoer koelwater poortdammen
- 5 - verlengde cilindervoering
- 6 - pasring voor spoelkleppenkast
- 7 - cilinderbalk

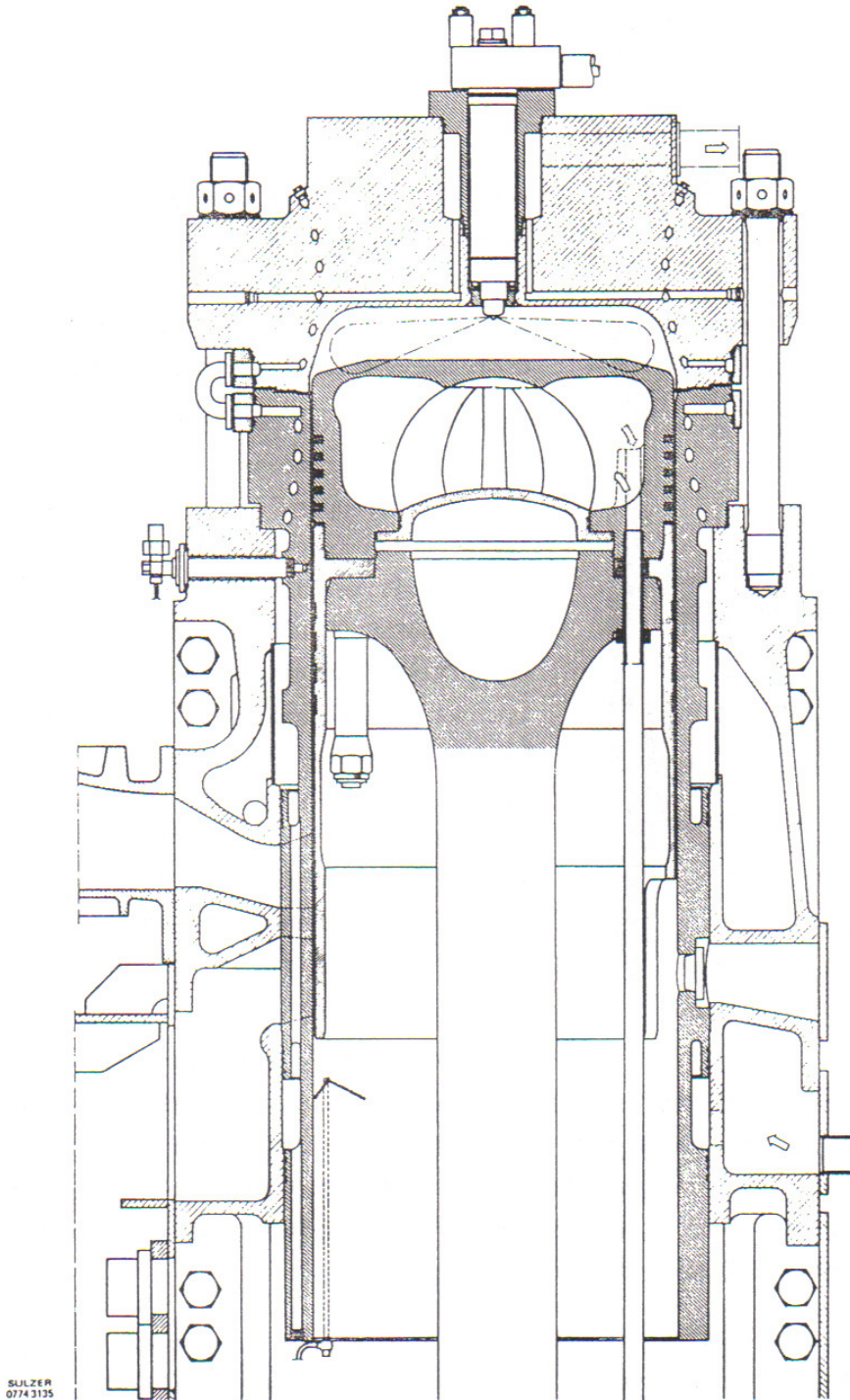
*Perspektiefdoorsnede cilinderbalk*

*met voering M.A.N. motor (KSZ)*

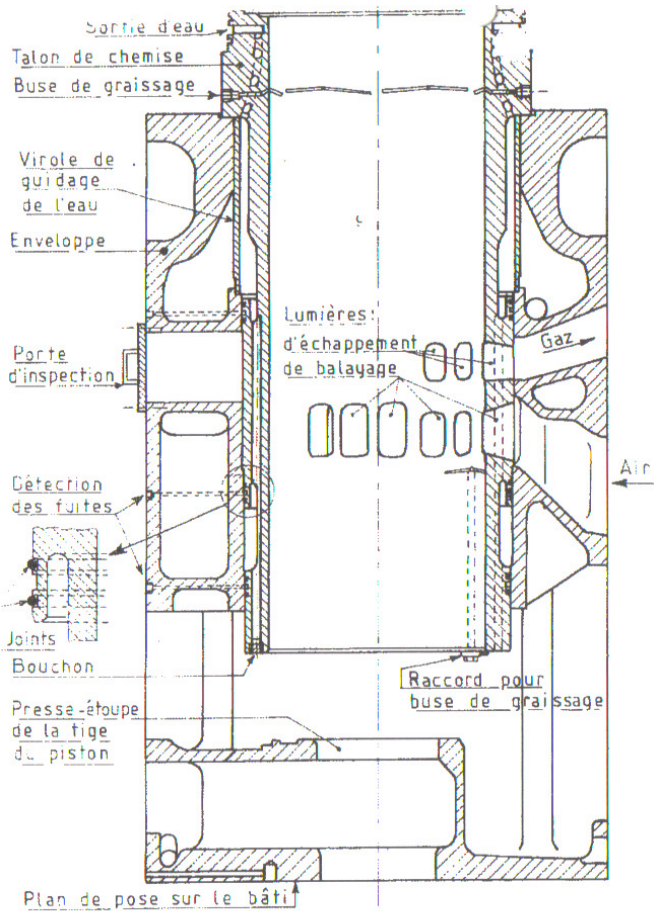
Les cylindres sont chargés mécaniquement très hauts. Les températures de combustion causent en plus une charge thermique très haute et cela fait un refroidissement nécessaire. Donc dans le cas des moteurs de navires des chemises mouillées sont utilisées. Ils sont en contact directe avec le moyen de refroidissement, dans ce cas-ci de l'eau douce. Par suite de cette refroidissement il y a des tensions de matériaux qui peuvent déformer les parois du cylindre.

On fabrique les chemises de matériaux inusables, généralement la fonte alliée fondé centrifugalement perlitique (ceci augmente la densité de la structure) avec un titre de phosphore haut. (ceci augmente la résistance d'usure). Pour diminuer le frottement on ajoute du graphite en flocons. La surface de roulement du cylindre ou la chemise peut être chromée, ce qui va augmenter la durée.

La figure ci-dessous nous montre le bloque cylindre avec culasse, chemise et piston.  
Remarquable est le rehaussement et le volume de la paroi sur place de la charge thermique  
et mécanique maximale.



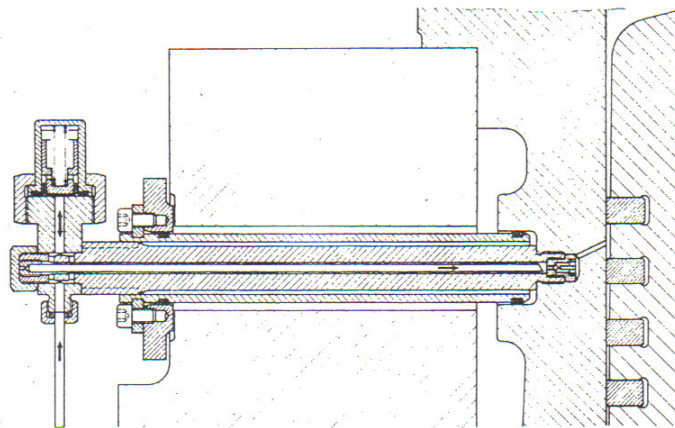
*Dwarsdoorsnede cilinderbalk met deksel, voering en  
zuiger van 2-slag SULZER motor (RND-M)*



Cylindre d'un moteur 2temps avec lumières

CYLINDRE d'un MOTEUR 2 temps à lumières de balayage et d'échap<sup>t</sup>  
SULZER Type R.L.B

Pour obtenir un régime optimale la surface de roulement doit être bien graissée. Avec des moteurs plus petits, on peut appliquer le graissage par barbotage mais pour les moteurs plus grands ce n'est plus possible et du graissage individuel par cylindre est nécessaire. Quand graissage individuel est nécessaire on muni des graisseurs sur le contour du cylindre.



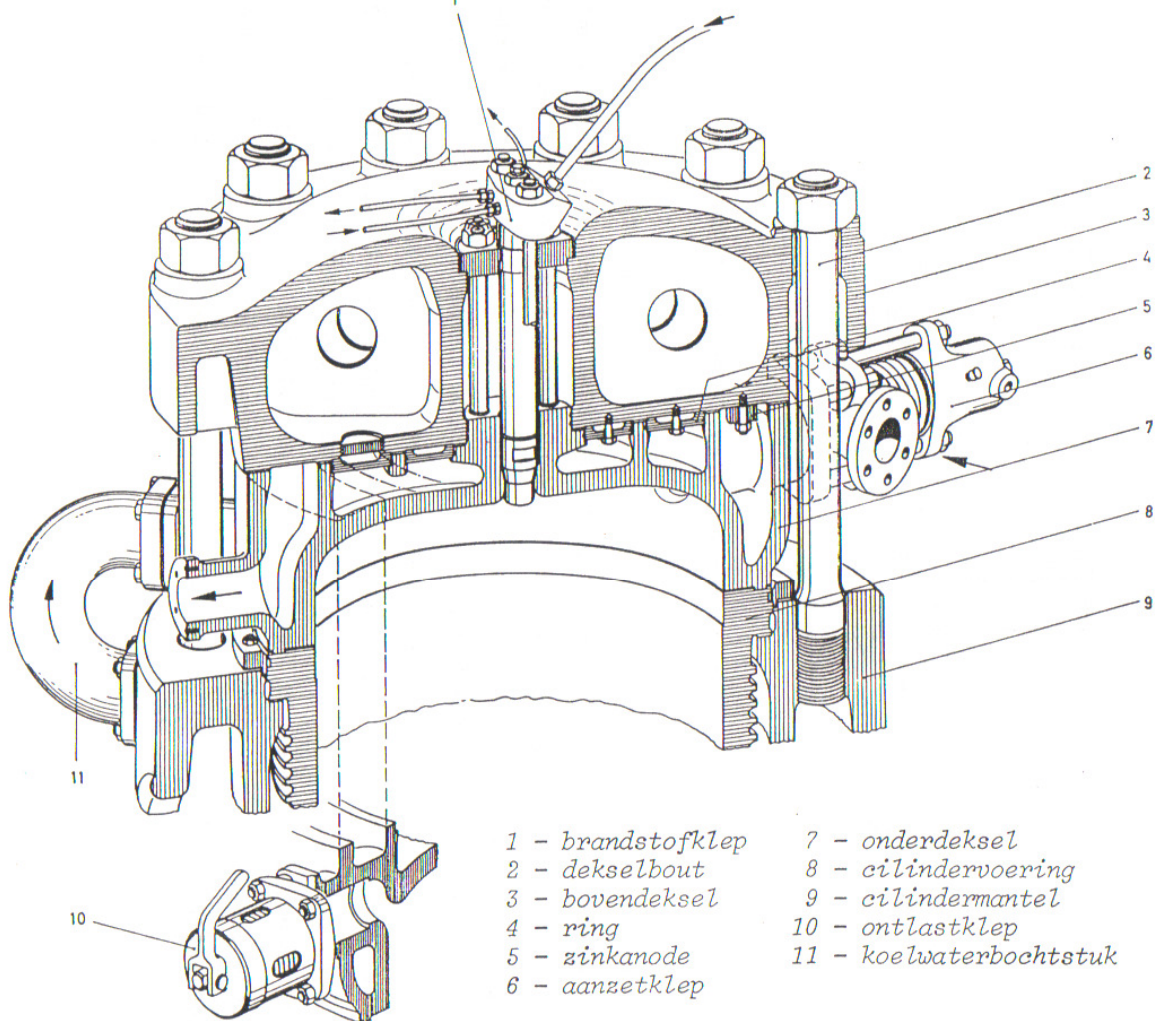
Cylindersmeernippel SULZER 2-slag motor (RND)

Placer une soupape de retour le plus près que possible du graisseur évite le retour de gaz de combustion dans le graisseur. On voit clairement le joint qui permet d'éviter des fuites d'eau dans le circuit de graissage.

### 3) La culasse

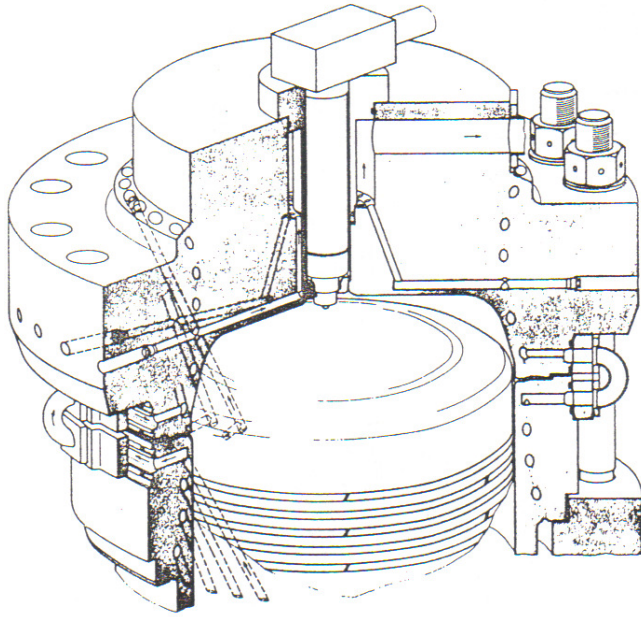
La culasse ferme étanche le cylindre en haut. La forme de la culasse en haut et la forme de la tête du piston vont déterminer la forme de la chambre de combustion. Dans la culasse on va installer des organes indispensables pour le fonctionnement du moteur, comme des soupapes d'admission, d'échappement,...

Souvent les culasses sont fabriquées en fonte spéciale ou acier fonte et de temps en temps allié avec molybdène pour augmenter la limite d'étréage.



*Cilinderdeksel M.A.N. (KZ)*

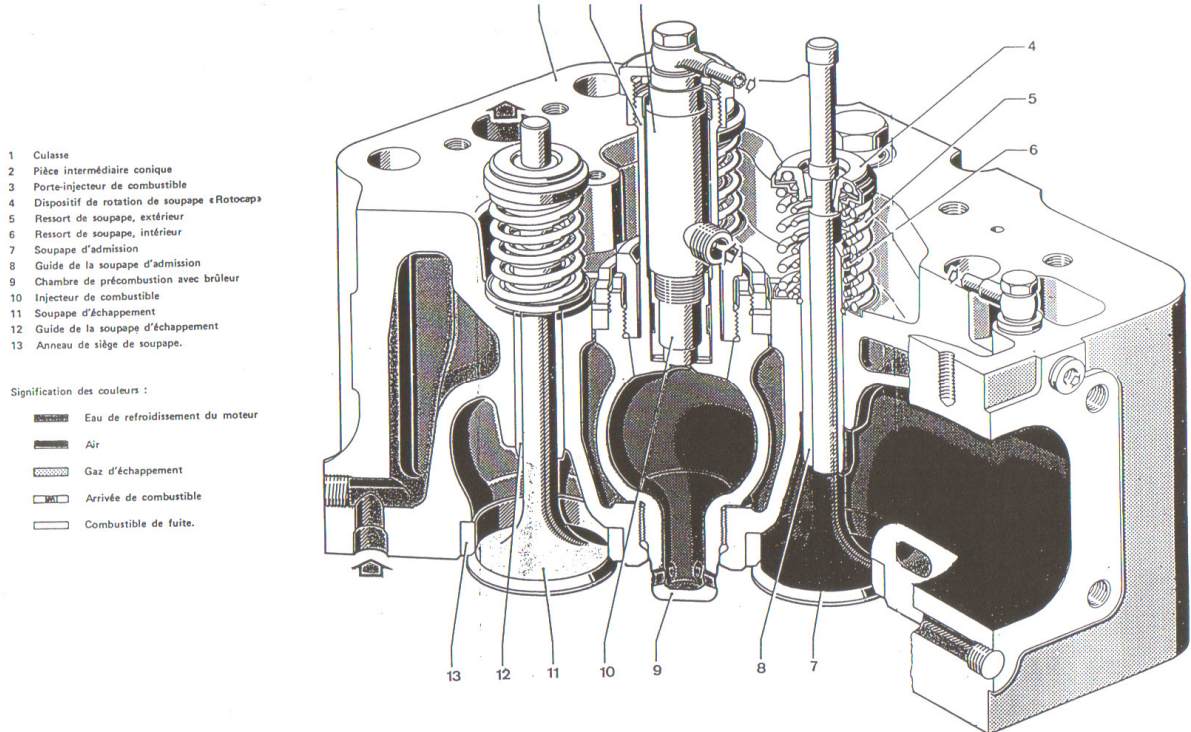
La figure ci-dessus est une culasse dun moteur 2temps.



Le développement le plus récent dans la construction des culasses est l'usage de l'acier homogène prenant la trempe, et les parois réchauffées sont réfrigérée par des canaux de refroidissement foragés.

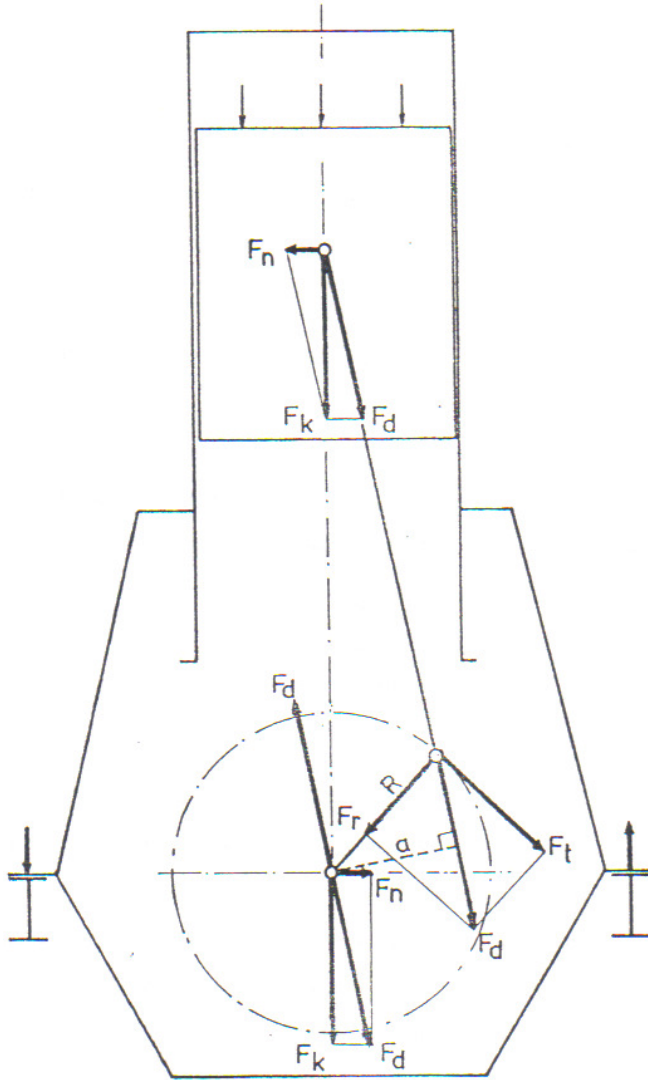
Perspektiefdoorsnede smeedstalen cilinderdeksel met z.g. "bore-cooling" (SULZER RND-M)

Ci-dessous la culasse d'un moteur 4temps. On peut voir clairement les soupapes.



#### 4) Mécanisme d'actionnement du moteur

##### *Mécanisme bielle-manivelle: étude dynamique*



*Drijfwerkkrachten in motor*

- $F_k$  - kracht in zuigerpen of kruishoofd
- $F_n$  - normaalkracht tegen cilinderwand of leibaan
- $F_d$  - drijfstangkracht
- $F_t$  - tangentialkracht op kruk
- $F_r$  - radiaalkracht op kruk

Dans le mécanisme d'actionnement du moteur il y a des forces d'origine différentes:

Force de gaz : Sur le piston on a la pression de gaz qui pendant la phase motrice change continue de grandeur.

Force d'inertie : Sur les pièces du mécanisme d'actionnement du moteur il y a des forces d'inertie qu'on peut cataloguer de manière suivante :

- Forces oscillatoires qui agissent sur les pièces qui montent et descendent
- Forces rotatives qui agissent sur les pièces rotatives

Force de gravité :

Le dessin ci-dessus nous montre les forces dans le mécanisme d'actionnement du moteur pour un certain angle de manivelle.

Sur la crosse il y a les forces de gaz, d'inertie et de gravité et ça nous donne la résultante  $F_k$ . Cette résultante est décomposé en force de bielle  $F_d$  et la force normale  $F_n$ .

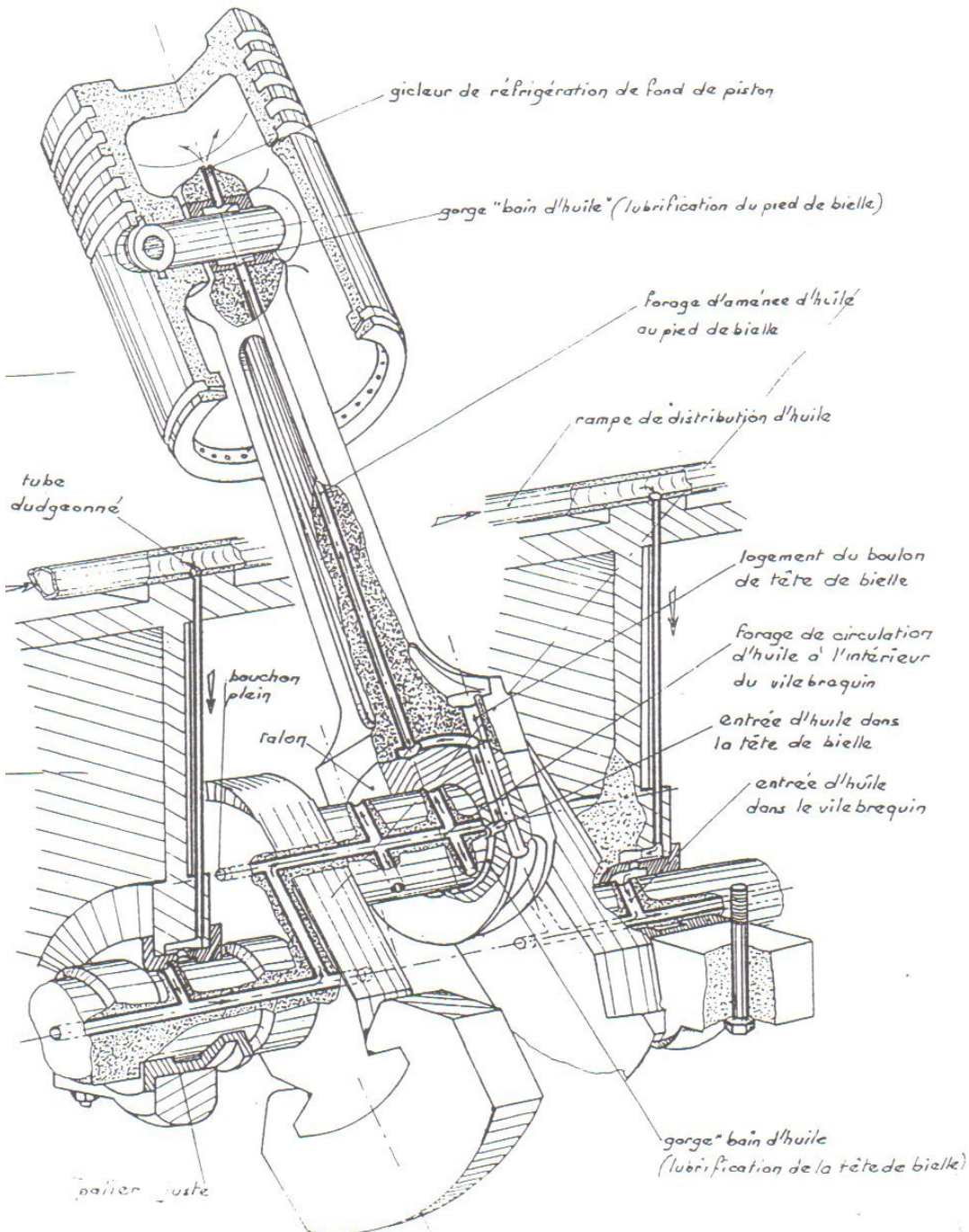
La force de bielle est déplacée sur son portant jusqu'au manivelle et la décompose encore une fois en composant tangente  $F_t$  et composant radiale  $F_r$ . Le composant tangente va fournir la



rotation du manivelle par le couple  $T_d = F_t.R = F_d.a$ . On appelle  $T_d$  le moment de rotation de la manivelle .

Remarque : La force  $F_n$  a aussi un moment vis à vis de la manivelle et celle-la va essayer de faire renverser le moteur.

Les pièces du mécanisme d'actionnement sont les pistons, la tige de piston et la crosse, la bielle et la manivelle. Quant aux machines a pistons fourreaux, ce mécanisme existe du piston avec axe de piston, bielle et manivelle.



**Running-gears**

**Attelages**

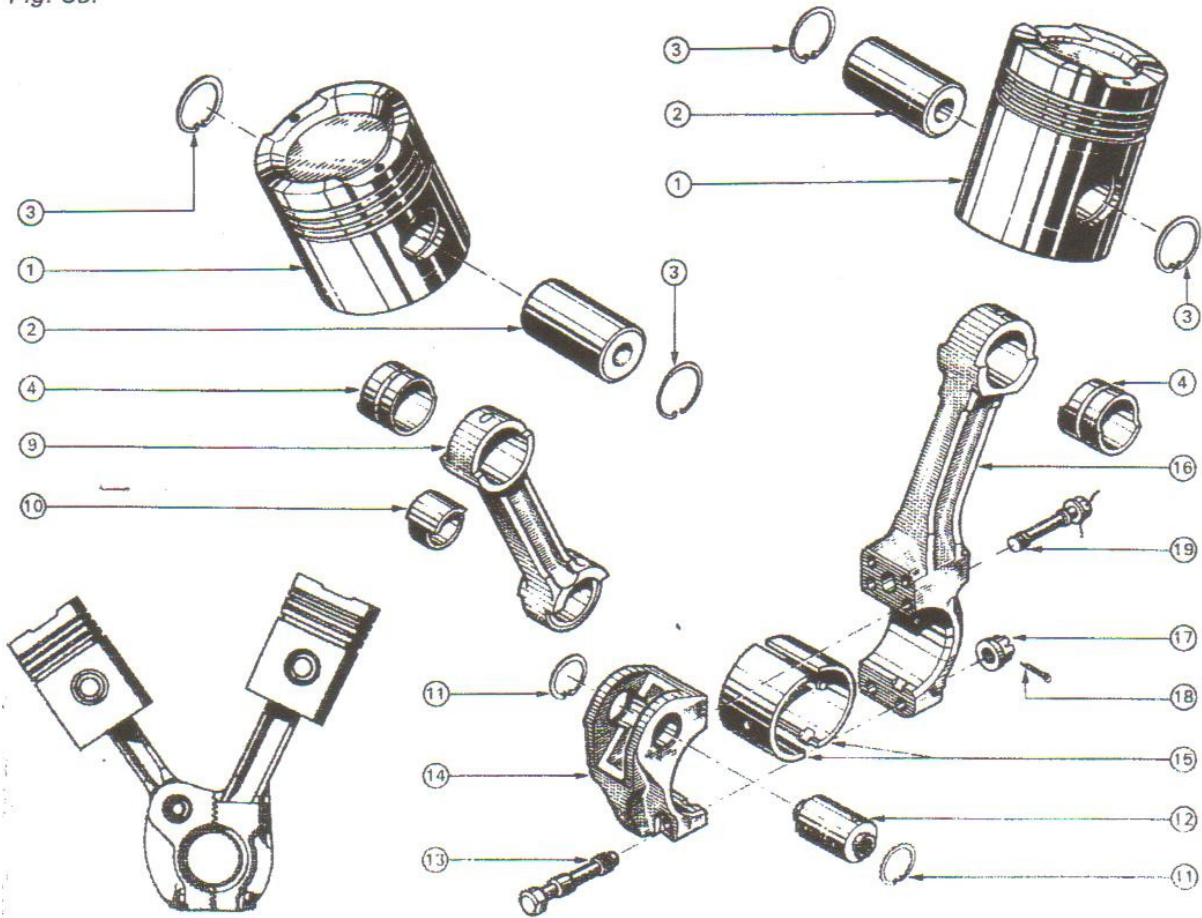
**Running-gear of a high-speed four-stroke Vee-type engine**

Attelage d'un moteur rapide à quatre temps, en V

- ① *piston*, piston; *piston head, piston crown, piston top*, tête de piston; *piston skirt, piston trunk*, jupe, fourreau (*du piston*); *piston ring belt*, zone de segmentation.
- ② *piston pin, gudgeon pin*, axe de piston.
- ③ *snap ring, circlips*, circlips.

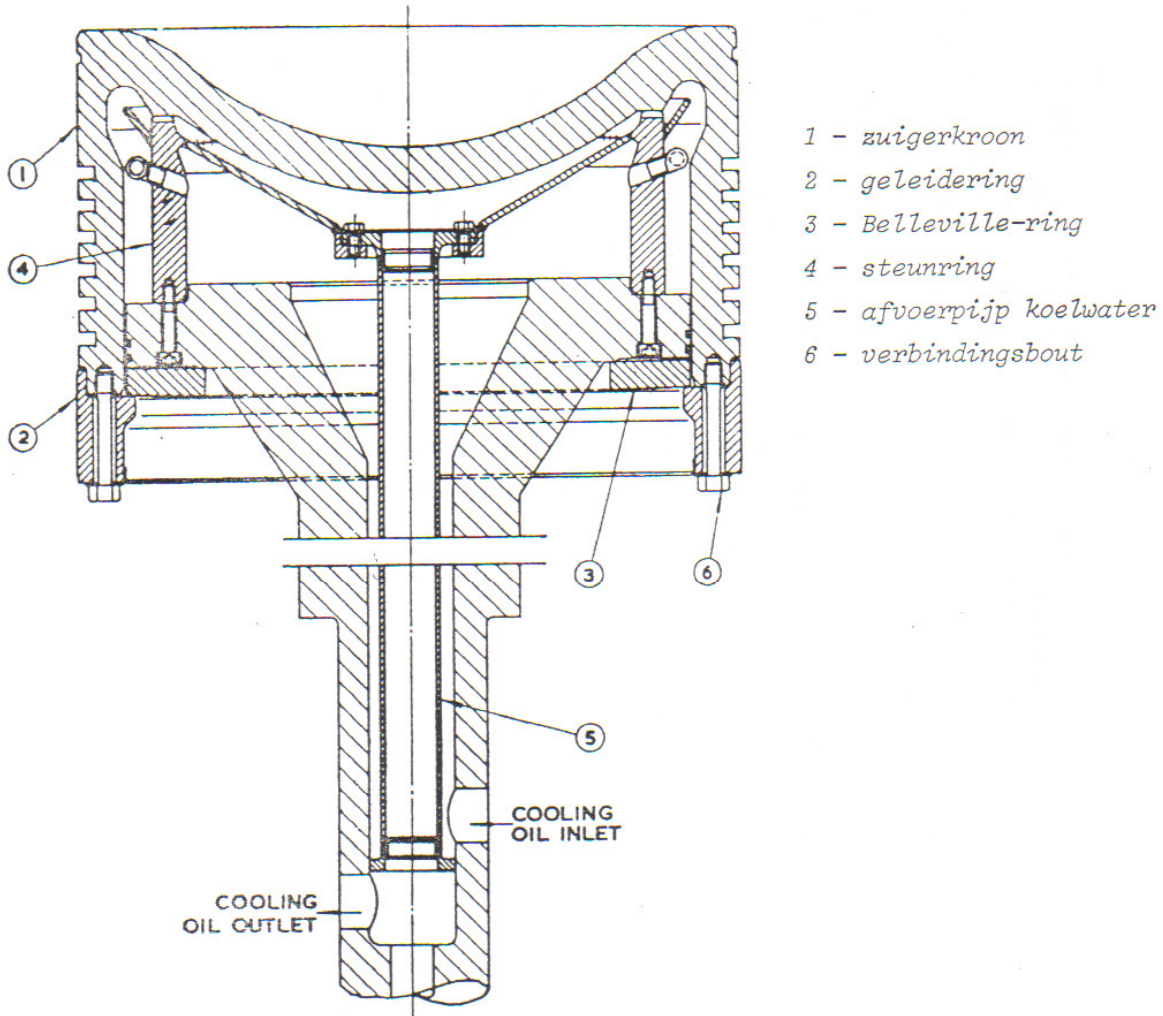
- ④ *top end bearing bush*, douille de pied de bielle.
- ⑨ *short connecting-rod (articulated to bearing cap)*, bielle (*articulée sur le chapeau de tête de bielle*).
- ⑩ *short rod bottom end bush*, douille de tête de bielle.
- ⑪ *snap ring, circlips*, circlips.
- ⑫ *short rod bottom end pin*, axe de tête de bielle.
- ⑬ *assembly bolts*, boulons de fixation.
- ⑭ *bottom end bearing cap, bottom end bearing keep*, chapeau de tête de bielle.
- ⑮ *bottom end bearing shells*, coussinets de tête de bielle.
- ⑯ *connecting-rod*, bielle.
- ⑰ *nut*, écrou.
- ⑱ *split pin*, goupille.
- ⑲ *assembly screw with lockwire*, vis de fixation freinée.

Fig. 89.



### a) le piston

Le piston est fortement chargé thermiquement et mécaniquement. Il doit transférer des forces considérables et par réchauffement de la tête du piston peuvent se former des grandes tensions de chaleur. Avec une forte charge le piston doit bouger dans le cylindre en amortissant des pressions de plus de 10 MPa. L'étanchéité est faite à l'aide de segments. Les pistons plus petits sont fabriqués en pièce unique. Les pistons plus grands sont fabriqués en plusieurs pièces.

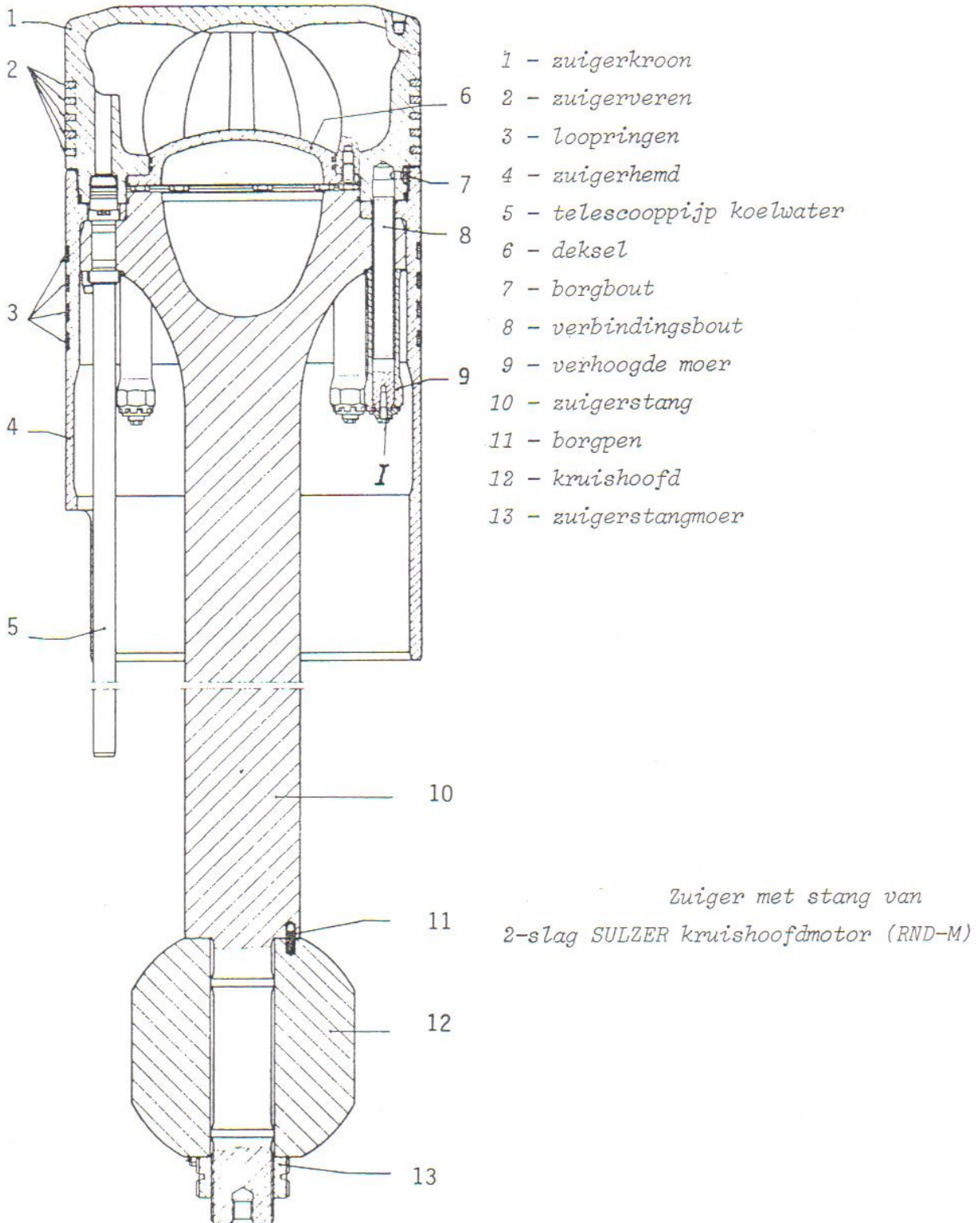


*Zuiger 2-slag B & W kruishoofdmotor (KGF)*

La tête du piston : Cela prend la force des gaz et la transmet au tige ou axe de piston. Les matériaux sont la fonte ou l'acier homogène prenant la trempe, de temps en temps protégés avec une couche d'oxyde dur. La tête contient les segments et est généralement refroidit. Une partie de la chambre de combustion est traité dans la tête du piston donc la forme possède une grande importance.

Le segment de guidage : La tête du piston ne peut pas porter contre les parois parce que la tête est sujette à des déformations thermiques. Pour cette raison, on a mis sous la tête un segment de guidage avec un diamètre plus grand qui porte contre la paroi.

La jupe de piston : Cette partie est seulement fabriquée pour les moteurs 2temps avec lumières, afin que les lumières soient fermées quand le piston se trouve dans le PMS.



La force des gaz est transmise par **l'axe de piston** sur la bielle dans les moteurs à pistons fourreaux. Cette axe est chargée fortement en flexion et doit être fabriquée de manière très rigide pour éviter la déformation. Le matériau est généralement de l'acier creusé pouvant être trempé.

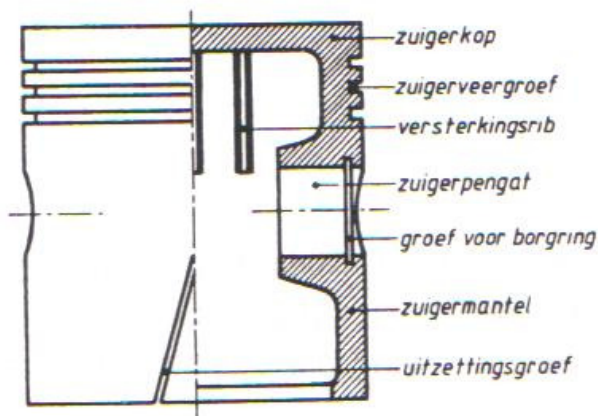
Quant aux moteurs à crosse la tête de piston est généralement reliée avec une tige de piston. Bien que ces pistons ne doivent pas prendre des forces latérales, un segment de guidage est nécessaire pour dégager la tête de la parois.

Les **segments** sont fabriqués en fonte grise ou en bronze-plomb avec une couche d'aluminium-bronze.

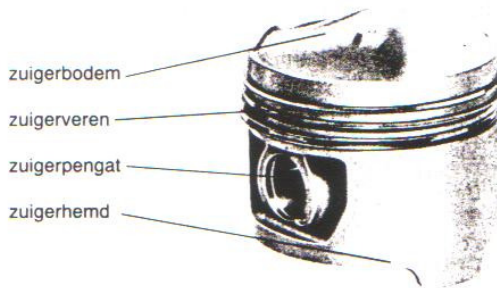
#### Choix de matériau pour le piston :

- Densité médiocre pour limiter les forces d'inertion
- Coefficient de conduction de chaleur haut pour que les températures restent basses.
- Caractéristiques de résistances hautes à températures hautes pour assurer une haute résistance contre déformation et des ruptures de fatigue.
- Comportement d'usure avantageux à températures hautes
- Coefficient de dilatation bas, de préférence le même que le matériau du cylindre.

Donc du métal léger est préférable pour la fabrication des pistons et des alliages d'aluminium et cuivre répondent aux conditions. A ce moment des alliages en aluminium silicium ont pris l'avantage. Parce que le coefficient de dilatation de métal léger est plus grand que celui de fonte ou d'acier, le jeu de la tête dans le cylindre dans la situation froide doit être plus grand. En plus quand on utilise du carburant dense (heavy fuel) en base charge et que les pistons sont froids, des résidus de combustions peuvent se rassembler dans l'espace de jeu, par lequel il y a un risque de fixation du piston. Le métal léger, est en comparaison avec la fonte de laquelle on a fabriqué les segments, très doux. C'est pourquoi les rainures du segment le plus hauts vont être usés le plus vite. Et pour cette raison que l'on va fonder des supports de segments en fonte pour éviter l'usure.

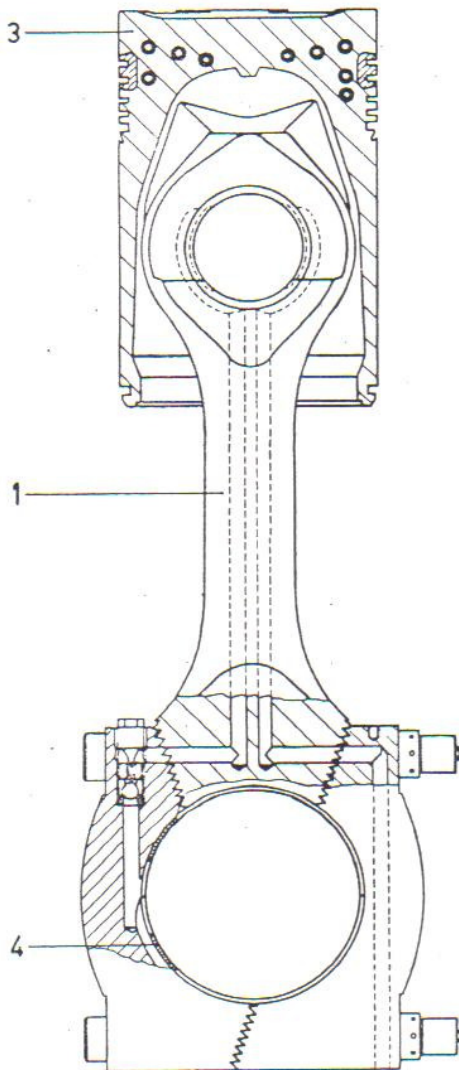


Belangrijkste onderdelen van de zuiger.



On va refroidir et graisser le piston. Le fluide frigorigène est transporté par le bielle au piston.

Figure: piston refroidi en métal léger

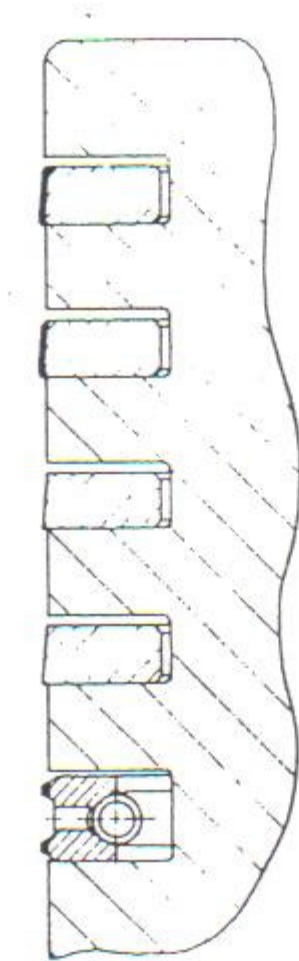


L'huile est transporté par la bielle perforée à l'espace périphérique derrière les segments et par la par quelques canaux radiaux à l'espace central frigorifique.

Le nouveau système set bore-cooling, qui veut dire le refroidissement de canaux de refroidissement par la surface réchauffée. De temps en temps ça donne des problèmes et le constructeur doit appliquer des perforages perpendiculaires sur la paroi . On appelle ça le refroidissement rayon.(MAN,Sulzer)

Il faut aussi étancher le piston dans le cylindre. Pour cela on utilise des segments. Ces segments sont mis dans des rainures dans la tête du piston. Par piston on met 4 à 7 segments.. Le segment le plus haut est très chargé mécaniquement et thermiquement. Ce segment est sous pression pulsatoire (jusqu'à 130bar) et les températures peuvent aller jusqu'à 1300°C. Les

segments ont une section rectangulaire et la hauteur est un peu plus petite pour éviter un versement dans la rainure. Le matériau doit avoir des propriétés d'allure très nette et pour cela on utilise du fer fonte à grain perlitique avec graphite en flocons. Pour avoir un ajustement correcte entre cylindre et segment il faut laisser adapter le moteur. Les segments ont une certaine fuite pour distribuer la pression sur toute la serrure de segments. Le segment le plus bas va être choisi étanche au gaz. Le dernier c'est le segment racleur qui va frotter l'huile de graissage de la surface de roulement et distribuer l'huile sur cette surface

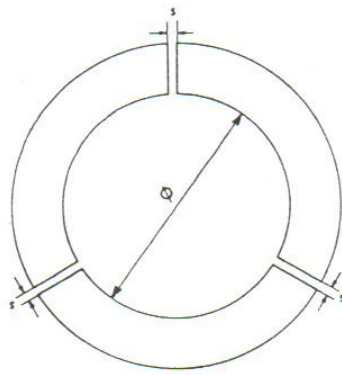
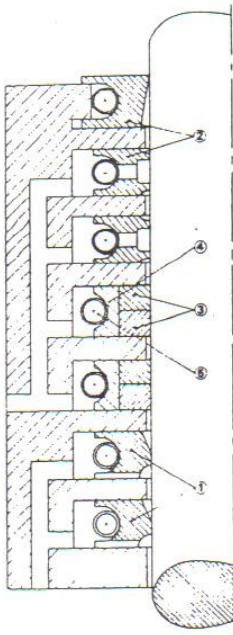


Les segments avec celui le plus bas le segment racleur. La durée de ces segments doit être augmentée et pour cette raison on met une couche de chrome ou Cr-Mo-carbide sur les surfaces de roulement.

*Zuigerveerpakket  
4-slag motor*

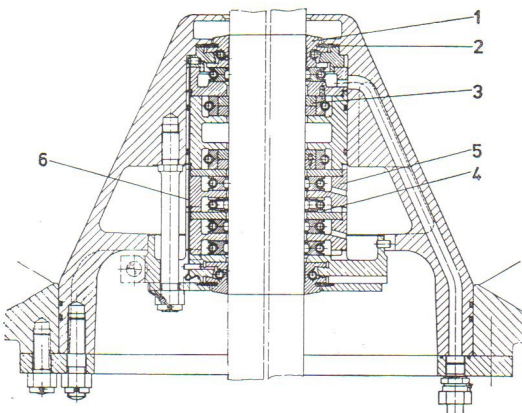
### b) la tige de piston

Les forces de gaz qui sont considérables et qui agissent sur le piston sont transmises par une tige dans le cas des moteurs à crosse. Les tiges sont fabriquées en acier. Dans les cas normaux les tensions produites ne sont pas très hautes à moins qu'on ne se bloque de conséquence d'usure. Dans tous les grands moteurs 2 temps le carburant utilisé a une grande teneur de soufre et d'autres souillures. Quand les produits de combustions qui contiennent des combinaisons de soufre dans le bâti, il y a une possibilité que l'huile de graissage aille acidifier et en conséquence il y aura une forte corrosion des pièces du mécanisme et le matériau du palier. Pour cette raison dans tous les moteurs à crosse on va étancher l'espace du cylindre du bâti par un presse-étoupe du piston.



*Schematische opbouw  
zuigerstangpakkingbus*

- 1) Segment racleur pour les produits de combustion
- 2) Joint diafragme flexible
- 3) Joint d'étanchéité
- 4) Segments racleur pour l'huile de graissage
- 5) Chambre annulaire
- 6) Pince de montage



*Zuigerstangpakkingbus M.A.N. (type KSZ-A)*



### c) l'axe de piston

Les moteurs à fourreaux sont reliés avec la bielle par un axe mis dans le piston. Le coussinet supérieur est en point de vue mécanique le plus chargé du moteur 4 temps. Cette charge est saisie par le palier fabriqué en matériau résistants contre l'usure et la fatigue donc plomb bronze, les axes sont durcis (trempés) et polis.

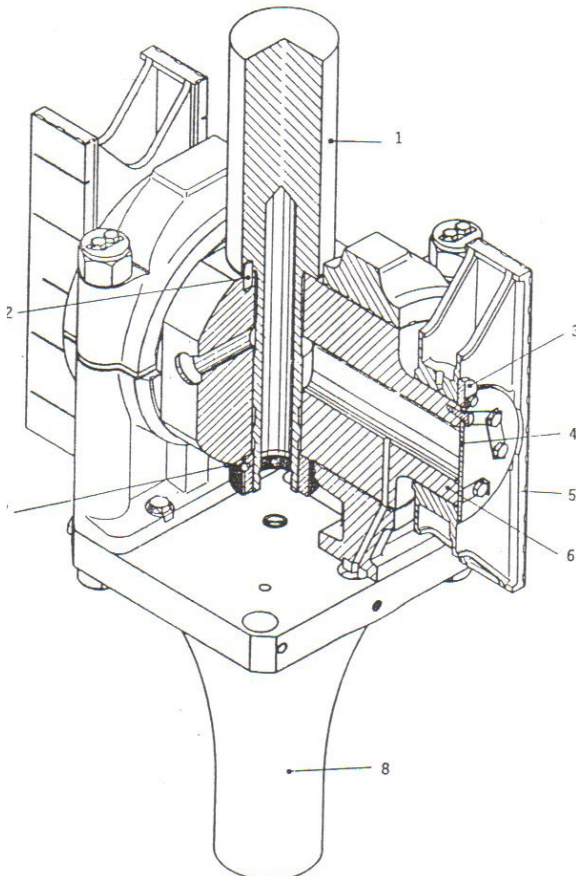
L'axe est mis dans moyeu et ce moyeu doit être fabriqué massif pour éviter des crevasses de fatigue. On prendra des mesures extra comme des bonnes dimensions et du matériau Al-Si eutectique et une refroidissement pointé.

### d) la crosse

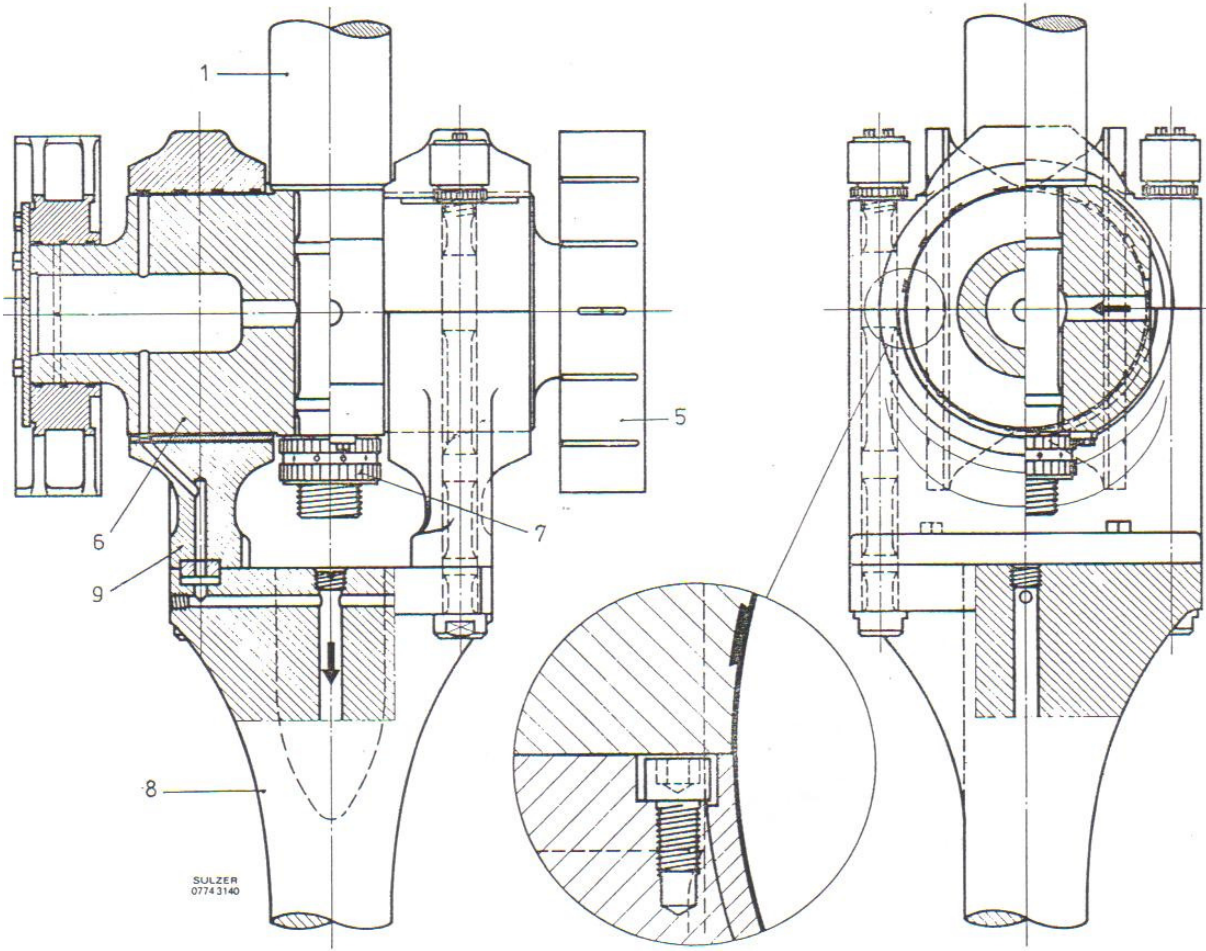
Les grands moteurs lents sont fabriqués sans exception avec crosses. Par laquelle des forces latérales qui se produisent dans le mécanisme d'actionnement du moteur sont saisies par la glissière, et les pistons ne sont plus pressés contre la paroi comme avec les systèmes à fourreaux. Par l'augmentation des pressions de combustions on a remarqué des problèmes avec le graissage par le mouvement oscillant entre les paliers et le frottement d'encroix. Une couche coupée est réparée très difficile parce qu'il n'y a pas une phase sans travail dans les systèmes 2 temps et la conséquence est une usure plus rapide.

Afin d'éviter cette situation, on a pris certaines mesures comme :

- Agrandissement des surfaces portantes
- Agrandissement de la force portative du métal par usage de matériau de palier avec plus de solidité de fatigue
- Réparation du film de graisse après chaque tour
- Agrandissement de la vitesse relative du maneton vis à vis de palier pour atteindre plus de graissage hydrodynamique



*Kruishoofd SULZER motor in perspectief (zie ook 5.36.)*



*Kruishoofd van SULZER 2-slag motor (RND-M)*

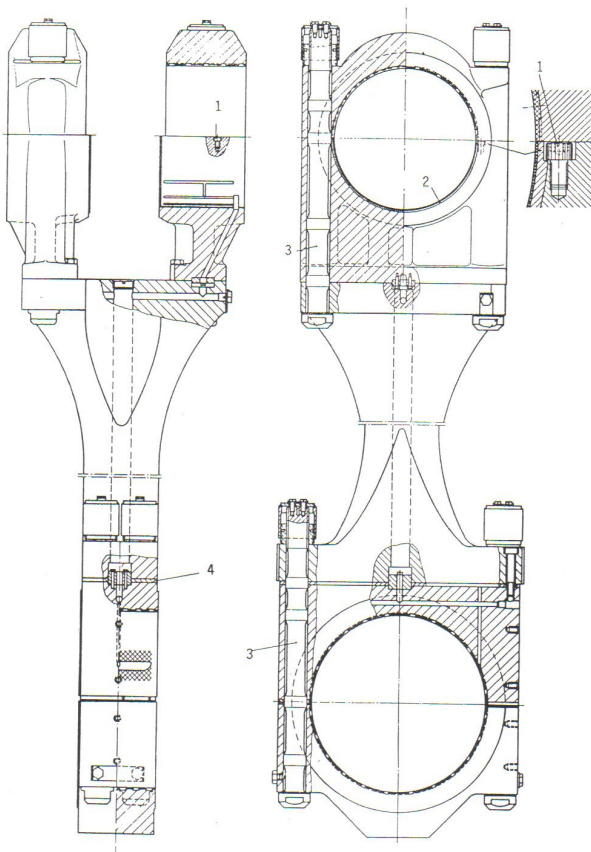
- 1 - zuigerstang
- 2 - borgpen
- 3 - borgplaat
- 4 - deksel

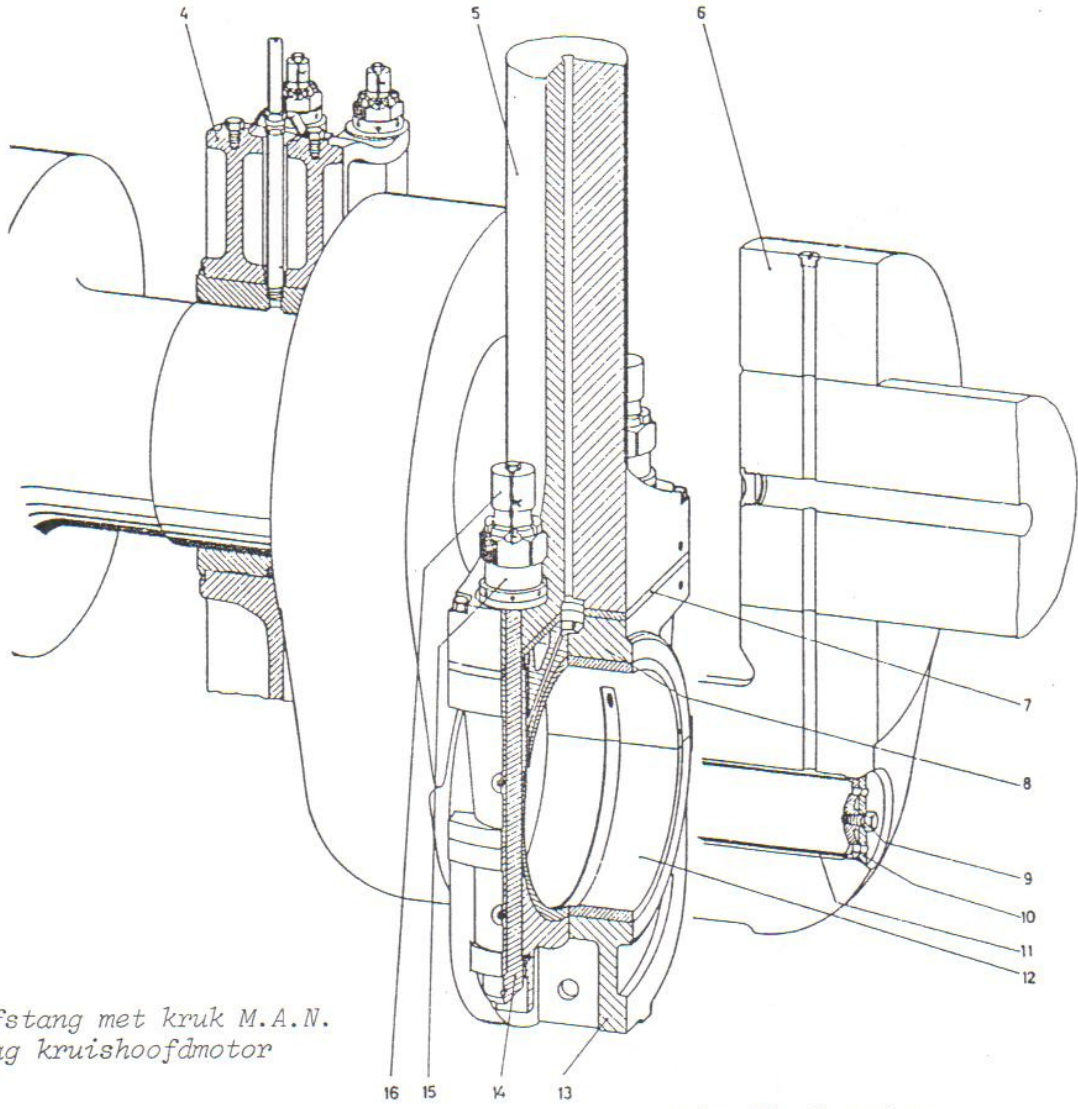
- 5 - leislof
- 6 - pen voor leislof
- 7 - moer
- 8 - drijfstang

**e) la bielle**

La force dans la crosse est transmise par une bielle au maneton. La bielle est chargée en charge de flambage et compression, mais par les forces d'inertion se forme aussi une tension de flexion, et avec les moteurs 4 temps de temps en temps il y a une tension de traction. La bielle consiste de deux paliers en haut dans l'axe de piston et en bas dans le bouton de manivelle. Les matériaux de palier sont fabriqués de matériaux doux pour encaster les parties abrasives qui comme ça ne puissent plus endommager et afin que ça, le palier est auto-graisseur.

*Drijfstaaf van 2-slag kruisvoermotor (SULZER)*





*Drijfstang met kruk M.A.N.  
2-slag kruishoofdmotor*

- 4 - hoofdaslagerkap
- 5 - drijfstang
- 6 - krukwang
- 7 - vulplaat
- 8 - bovenkruikpenlager
- 9 - bout voor afsluitdeksel
- 10 - afsluitdeksel
- 11 - huls
- 12 - onderkruikpenmetaal
- 13 - onderkruikpenlager
- 14 - kruikpenlagerbout
- 15 - moer
- 16 - beschermkap

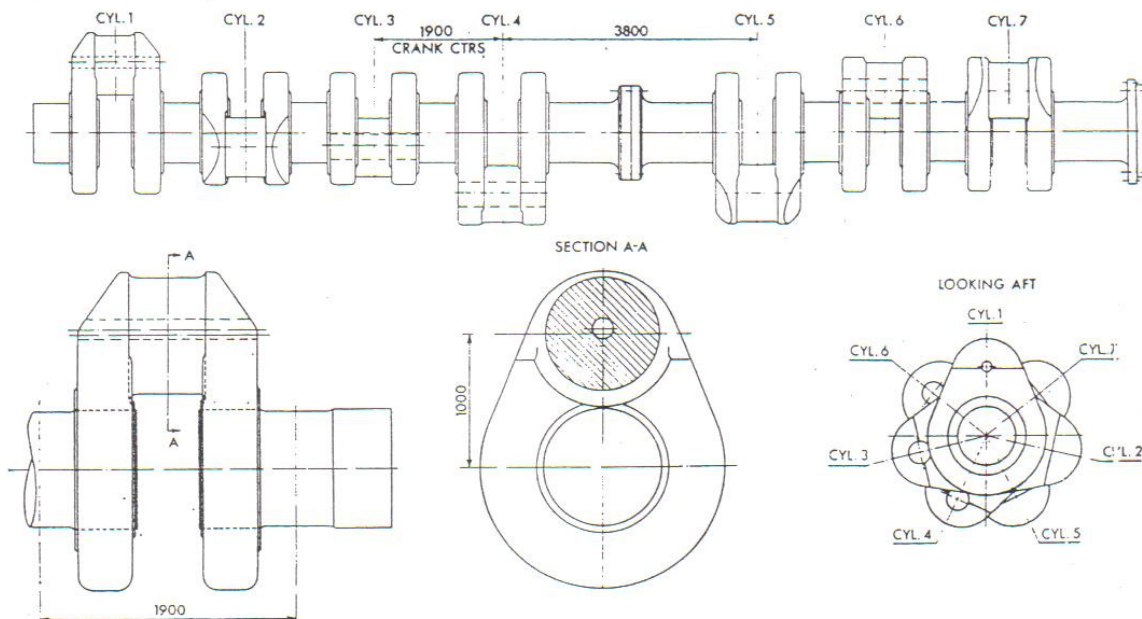
## f) le vilebrequin

La pièce la plus importante et la plus chère du mécanisme d'actionnement du moteur est le vilebrequin. S'il y a une avarie ce sont des frais généralement très hauts parce que le moteur doit être démonté en total ou partiel. Le développement d'un vilebrequin n'est pas du tout facile par l'ensemble des charges complexes. Il y a des tensions de flexion et de torsion qui peuvent augmenter considérablement si le vilebrequin n'était pas aligné correctement.

On peut distinguer trois sortes de vibrations:

- Vibrations de flexure: excitées par des harmoniques dans le composant radiale de l'action de la bielle
- Vibrations de torsion : émanant du composant tangente
- Vibration axiale : émanant du jeu d'ensemble des deux composants si-dessus

Pour niveller les vibrations de torsion on utilise un amortisseur. Le matériau pour les vilebrequins des moteurs 2 temps lents avec grosse est généralement de l'acier au creuset, fondu ou forgé (acier perlitique nodulaire). Les vilebrequins des moteurs mi-vitesse ou rapide sont fabriqués d'acier au chrome au nickel ou chrome au molybdène. Par cette amélioration, les tensions de traitement sont neutralisées. Les surfaces de roulement et le maneton sont durcis par laquelle l'usure est diminué. Il y a deux processus pour le trempage: par induction ou par flammes. On va achever les surfaces de manière très précise (polir) pour éviter l'effet d'entaille. Les vilebrequins plus grand ne sont pas fabriqués en entier mais en pièces et sont assemblés par alésage de calage à dilatation. De temps en temps on fait des forages dans l'arbre pour gagner du poids et transporter de l'huile à travers cet arbre.



*Krukas voor 7-cilinder 2-slag kruishoofdmotor van B & W.*

Le vilebrequin pèse dans les supports de l'essieu qui sont mis dans la fondation. Les tourillons sont pesés par des coussinets qui ont une couche de métal antifriccion blanc. Entre les coussinets on a mis une cartouche pour adapter du jeu.