

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

6/85

وزارة التعليم العالي
Ministère de l'Enseignement Supérieur

Tex

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES
INGENIORAT D'ETAT EN GENIE MECANIQUE

SUJET :

ETUDE DE LA FABRICATION D'UNE
SPHERE DE RETENUE POUR ROBINET
PAR DEFORMATION PLASTIQUE

2 PLANS

Proposé et Dirigé par :

A. ELEOD

Professeur à l'E.N.P.A.

Etudié par :

BADA Mohamed Ali





الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي
Ministère de l'Enseignement Supérieur

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES
INGENIORAT D'ETAT EN GENIE MECANIQUE

SUJET :

ETUDE DE LA FABRICATION D'UNE
SPHERE DE RETENUE POUR ROBINET
PAR DEFORMATION PLASTIQUE

Proposé et Dirigé par :

A. ELEOD

Professeur à l'E.N.P.A.

Etudié par :

BADA Mohamed Ali

RÉSUMÉ

Notre projet fait l'objet d'une étude qui consiste à donner les différentes possibilités de fabrication d'une sphère de retenue pour robinet. En choisissant le procédé d'estampage par déformation plastique, on a calculé les forces et les contraintes développées lors de la déformation, ensuite on a établi un calcul de dimensionnement et de résistance de l'outillage, enfin on a fait le dessin de cet outillage.

SUMMARY

Examination of different possibilities of manufacturing of a blocking sphere for a Tap is the propose of our work. The plastic deformation by stamping is chosen. The forces and the stress caused by this deformation are computed. The determination of dimensions and the strength of the tools necessary for manufacturing. The work is completed by the drawing of these tools.

ملخص

يهدف من هذا المشروع إلى إعطاء مختلف الوسائل لصناعة كرة حجز لحنفية بعد اختيار التجهيز بواسطة التشويب اللدني. قمنا في البداية بحسب القوى والجهودات المنولدة عند التشويب، وبعد ذلك حددنا أبعاد و مقاومته الأدوات المنعملة وفي الأخير قمنا بتصوير هذه الأدوات.

REMERCIEMENTS

*Je tiens à remercier tous les enseignants
qui ont contribué à ma formation et plus
particulièrement ceux du département de
Génie Mécanique*

*Je reitère mes remerciements et ma gratitude
à M^r ANDRÁS ELEÖD professeur à l'ENPA
pour ses conseils et son suivi permanent
qu'il m'a prodigué tout le long de mon
travail*

*Que tous ceux qui m'ont aidé de près où de
loin durant mes études trouveront ici
l'expression de ma profonde gratitude*

M^{ed} Ali BADA

Alger, Janvier 1985

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail:

- A l'honneur de mon père pour les soins qu'il a prêtés à ma formation et à mon éducation, lui qui m'a montré le chemin de l'école et ne m'a pas vu en sortir
- A la mémoire de ma mère qui s'est sacrifiée pour me voir atteindre ce but
- A mon frère Ahmed Toufik qui a été pour moi un soutien indéfectible
- A mes frères (Mohamed, Lotfi) et à toutes mes soeurs
- A toute ma famille
- A tous ceux qui me sont chers
- A tous ceux qui croient en Dieu l'Unique et le Miséricordieux ALLAH et en son Envoyé Mohamed

Med Ali BADA

Légende des Symboles Utilisés

D :	Diamètre de la Sphère	[mm]
d :	diamètre du Trou de Passage du fluide	[mm]
F :	Force de Pressage	[daN]
P_c :	Pression	[MPa]
δ :	Serrage ou Écart entre matrice et Anneau	[μ m]
a :	Section ou épaisseur	[mm]
L :	longueur	[mm]
σ_K :	Contrainte Radiale	[MPa]
σ_θ :	Contrainte Tangentielle	[MPa]
σ_{adm} :	Contrainte Admissible de la matrice	[MPa]
K_2 :	Contrainte Admissible de l'anneau	[MPa]
ν :	coefficient de Poisson	
r :	Rayon	[mm]
ϵ :	deformation	
E :	Module d'élasticité longitudinal	[MPa]
R_{el} :	limite d'élasticité	[MPa]
K_f :	contrainte d'écoulement	[MPa]
μ :	coef ^t de frottement	
A :	Surface de Pression	[mm ²]
ρ :	coef ^t de sécurité	

Table des Matières

Introduction	1
Histoire . . . Parcours bibliographique	4
Le Travail par Déformation sans entèvement de copeaux	6
Présentation de la Pièce et but de l'étude	8
Chapitre 1 : Généralités	10
1.1 : les robinets à Tournants . Constitution	
1.2 : Obturateur Conique	11
1.3 : Obturateur Sphérique	12
Chapitre 2 : 2.1: Technologies d'obtention de la Sphère	14
2.2: Fabrication par Moulage à Noyau	16
2.2.1: Inconvénients du Procédé par moulage	18
2.3: Technologie de Fabrication par Emboutissage	
à froid . Emboutissage des pièces hémisphériques	20
2.3.1: Opération de Soudage des hémisphères	22
2.3.2: Opération de l'usinage du baret et	24
2.3.3: Avantages et Inconvénients du procédé par	26
Emboutissage	
24: Technologie de fabrication par Estampage	27
24.1) Avantages du procédé par Estampage	29
25: Comparaison des différents procédés	30

Chapitre 3:

3.1: Plasticité des corps Métalliques	32
3.2: Étude de la Déformation Plastique	33
3.3: Déformation Plastique à froid	34

Chapitre 4: Dimensionnement de la sphère.

4.1: Calcul du diamètre de la sphère	37
4.2: Détermination de la longueur initiale du Tube	39
4.2: Contrôle de l'épaisseur de la sphère.	41
4.4: Matériau utilisé pour l'Estampage	44
4.5: État de surface de la sphère finale.	45

Chapitre 5:

5.1: Calcul de la Force de Pression de la matrice	48
5.2: Calcul de la Résistance de la Matrice.	59
5.3: Calcul de la Contrainte Radiale	62
5.4: Calcul de la contrainte Admissible de la Matrice	63
5.5: Choix du Matériau de la Matrice.	64
5.6: Dimensionnement de la matrice et de l'anneau.	65
5.7: Calcul de la Pression à l'interface	67
5.8: Calcul de l'écart Nécessaire entre la matrice et l'anneau.	68

Chapitre 6: Fonctionnement de l'outillage.

6.2: Calcul de la Productivité.	72
---	----

Conclusion.	73
---------------------	----

INTRODUCTION

LE DÉVELOPPEMENT DU FAÇONNAGE DES MÉTAUX PAR DÉFORMATION PLASTIQUE

Le façonnage des métaux à l'état plastique a pris au cours de ces dernières années une importance considérable. Il permet en effet de réaliser en grande série, la fabrication des produits ayant d'excellentes caractéristiques mécaniques, et à des prix de revient peu élevés par rapport à ceux qui correspondent au façonnage par enlèvement de copeaux sur machines-outils.

De plus, on est parvenu à réaliser ces déformations avec une précision de plus en plus grande et les possibilités d'utilisation de ce mode de façonnage sont tellement variées que le domaine dans lequel il trouve son application ne cesse de s'agrandir.

À l'inverse de beaucoup d'autres branches de la technique, le façonnage par déformation plastique remonte à de nombreux siècles en arrière, très tôt dans l'histoire de l'humanité, il a été appliqué à l'art du forgeage.

Dans l'antiquité, on ne savait fabriquer les fils ni tôle que par forgeage, un nouveau procédé, le tréfilage s'est développé au cours du moyen âge. C'est au cours des XVI^e et XVII^e siècles que la navigation maritime entraîne celui de la

fabrication des lourds ancras par forgeage, c'est vers cette époque que naquit le laminage pour le façonnage de grandes quantités de matières, et pour la fabrication des produits semi finis.

Ensuite se développèrent le travail de la tôle par emboutissage, le filage à la presse des métaux non ferreux, et la fabrication des tubes sans soudure seulement vers la fin du siècle dernier.

Les procédés de déformation à froid et à chaud (Étirage, laminage, estampage et emboutissage) ont pris ces dernières années une importance de plus en plus grande car ils se prêtent particulièrement bien à des fabrications en grande série et avec des tolérances très réduites.

Pendant des siècles, on s'est contenté de ce fait d'expérience que des corps métalliques, soumis à une pression suffisante se mettaient à "couler" et qu'au cours de cet écoulement leurs dimensions diminuaient suivant la direction de la pression et augmentaient transversalement à cette direction.

On savait, en outre que le réchauffage préalable facilitait la déformation plastique et qu'on pouvait, de cette façon réaliser le façonnage en mettant en jeu des efforts

moins importants car la "malleabilité" du corps se trouvait augmentée, mais on ignorait complètement la valeur absolue des efforts nécessaires au façonnage, l'état de Tension et le déplacement subi par chacune des molécules du corps au cours de la déformation.

HISTORIQUE

PARCOURS BIBLIOGRAPHIQUE

Les premières recherches scientifiques relatives à la déformation plastique, ont été les travaux de H. Treska "Mémoire sur l'écoulement des corps solides" et de O.V. Obsermajer sur l'écoulement des masses plastiques dans la deuxième moitié du siècle dernier.

Les premiers travaux théoriques sont ceux de Saint-Venant sur les équations différentielles de la plasticodynamique qui chercha à appliquer les lois de l'écoulement des fluides visqueux à l'étude des états de Tension dans le domaine plastique. Par contre, vers le début du siècle, on parvint à déterminer avec précision les conditions de plasticité: il en résulte de nouvelles manières de voir; et l'étude théorique de la question fit des progrès considérables.

A ces travaux; se rattachent les travaux de H. Hencky et de L. Prandtl sur l'équilibre dans les corps plastiques et sur la déformation des couches de glissements. Mais tous ces travaux se limitent à des déformations de faibles amplitudes, au cours desquelles on peut encore admettre que la forme initiale du corps n'a pas changée, alors que le but du façonnage à l'état plastique est justement de

modifier cette forme initiale aussi profondément que possible.

Néanmoins, notre époque d'automatisation et de rationalisation pose des problèmes entièrement nouveaux aux entreprises effectuant des fabrications de grande série. Il leur faut trouver des moyens et des méthodes permettant de réduire dans toute la mesure du possible le cycle de travail et de réduire au minimum les frais de chaque opération. La matière première représente le poste le plus important du prix de revient de très grande série, on devra surveiller tout particulièrement son utilisation à tous les stades de l'exécution. Il en résulte de ce fait qu'on a intérêt à connaître à fond le fonctionnement de toutes les machines concernant sa spécialité.

Le Travail par déformation sans enlèvement de copeaux

le travail par déformation pure ne cesse de gagner du terrain par rapport au travail par enlèvement de copeaux.

le façonnage sans production de copeaux utilise rationnellement la matière première dont on dispose et permet d'obtenir des formes qui, par usinage demanderaient des opérations longues et compliquées.

Il s'ajoute une certaine amélioration des propriétés tant métallurgiques que mécaniques, fibrage continu, résistance accrue à la fatigue, grâce à l'augmentation des caractéristiques dues au travail à froid et à la création d'un système favorable de contraintes résiduelles qui jouent un rôle important dans la concurrence entre les deux méthodes.

le matriçage à froid étant un procédé très rapide de fabrication au prix de revient le plus bas et dont on peut résumer ses avantages comme suit.

1/ l'économie de matière est importante, le matriçage de boulons par exemple comporte une chute moyenne de 0 à 5% et à titre de comparaison, le tournage de la même barre conduit à une perte dépassant 50%

2/ Les tolérances sont faibles à respecter tout en évitant un certain nombre d'opérations postérieures, ces dernières pouvant cependant être encore nécessaires quand le matriçage est fait à chaud.

3/ La matière utilisée doit être de première qualité et très pure, Craquelures et pliures apparaissent au refroidissement, le procédé contribue donc à garantir la qualité du métal à déformer.

4/ La cadence de Travail est élevée, ce qui conduit au prix de revient minimum, aussi le travail à froid agit favorablement sur les Caractéristiques physiques.

PRÉSENTATION DE LA PIÈCE et BUT DE L'ÉTUDE

Notre étude sera axée sur la fabrication d'une série de sphère de retenue pour robinet en développant une technologie d'usinage à froid par déformation plastique.

La sphère de retenue appelée aussi "tournant sphérique" est l'organe d'obturation dans un robinet à tournant, elle a pour rôle principal, l'ouverture et la fermeture du passage du fluide par une simple rotation autour de son axe à l'aide d'un dispositif de manœuvre rapide.

Le dessin de définition du Tournant Sphérique est représenté en fig(1) avec le dessin d'ensemble du robinet. Néanmoins, l'étude du procédé de fabrication est en raison de la diversité des moyens mis en jeu, pour l'organisation de la production est d'une nécessité absolue. Il faut toujours en effet une fois le produit de fini, respecter les formes et les dimensions avec un minimum de correction géométrique et avec un maximum de rentabilité en utilisant les procédés les plus économiques, tant du point de vue matières, énergie et rapidité d'exécution.

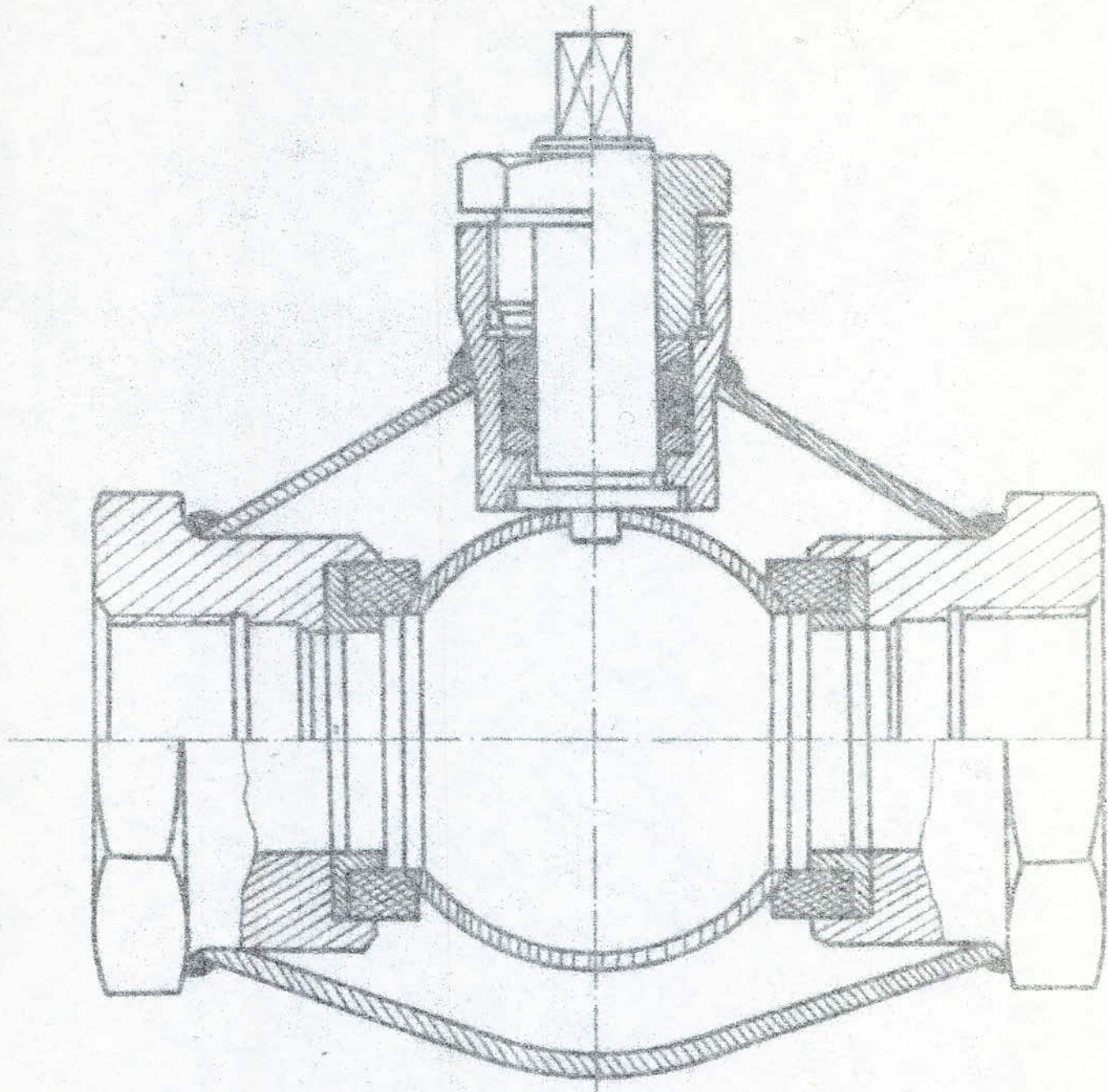


Fig. 1 ROBINET A TOURNANT SPHÉRIQUE

GÉNÉRALITÉS: LES ROBINETS À TOURNANTS

constitution:

Les robinets à Tournants sont caractérisés par un obturateur appelé "Tournant", qui se déplace par rotation autour de son axe sur un siège porté par le corps du robinet; il est percé de lumières qui par sa rotation, sont masquées ou démasquées, d'où fermeture ou ouverture du robinet.

Dans la classe des robinets à Tournants, on distingue deux types

- Robinet à Tournant Conique fig(2)
- Robinet à Tournant sphérique fig(3)

1/. Obturateur Conique

Dans ce cas, l'obturateur est un solide dont la partie Centrale de forme de révolution Conique est prolongé vers le bas et vers le haut par les parties permettant sa manoeuvre et sa liaison.

Étanchéité:

Elle est obtenue par un ajustement Conique du Tournant dans le corps (ou boiseau), l'usure des deux pièces est donc compensée par un enfoncement du Tournant dans le boiseau

* Cette étanchéité dépend de:

1). du bon partage des deux surfaces, ajustement qui doit être précis

2). De la Conicité: l'assemblage conique donne lieu à une poussée axiale du fluide sur le Tournant, poussée tendant à écarter le Tournant du boiseau, elle est d'autant plus importante que la conicité est plus grande.

l'étanchéité est alors plus facile à obtenir si la conicité est faible, mais il y a risque de coincement du Tournant.

Inconvénients:

1). Malgré les précautions prises, l'étanchéité est souvent médiocre et les fuites augmentent avec l'usure.

2). la veine liquide subit (le plus souvent une variation de forme d'une section circulaire à une section trapézoïdale, ce qui fait augmenter les pertes de charges au cours de l'écoulement.

3). Si le Tournant est bien serré, l'étanchéité est bonne, mais l'effort de manoeuvre est important, d'où nécessité de lubrification des surfaces coniques

4). Difficulté de maintien de la pression des surfaces en contact, en effet le dispositif de liaison doit maintenir le contact entre le Tournant et le boiseau, malgré la poussée axiale et sans coincement.

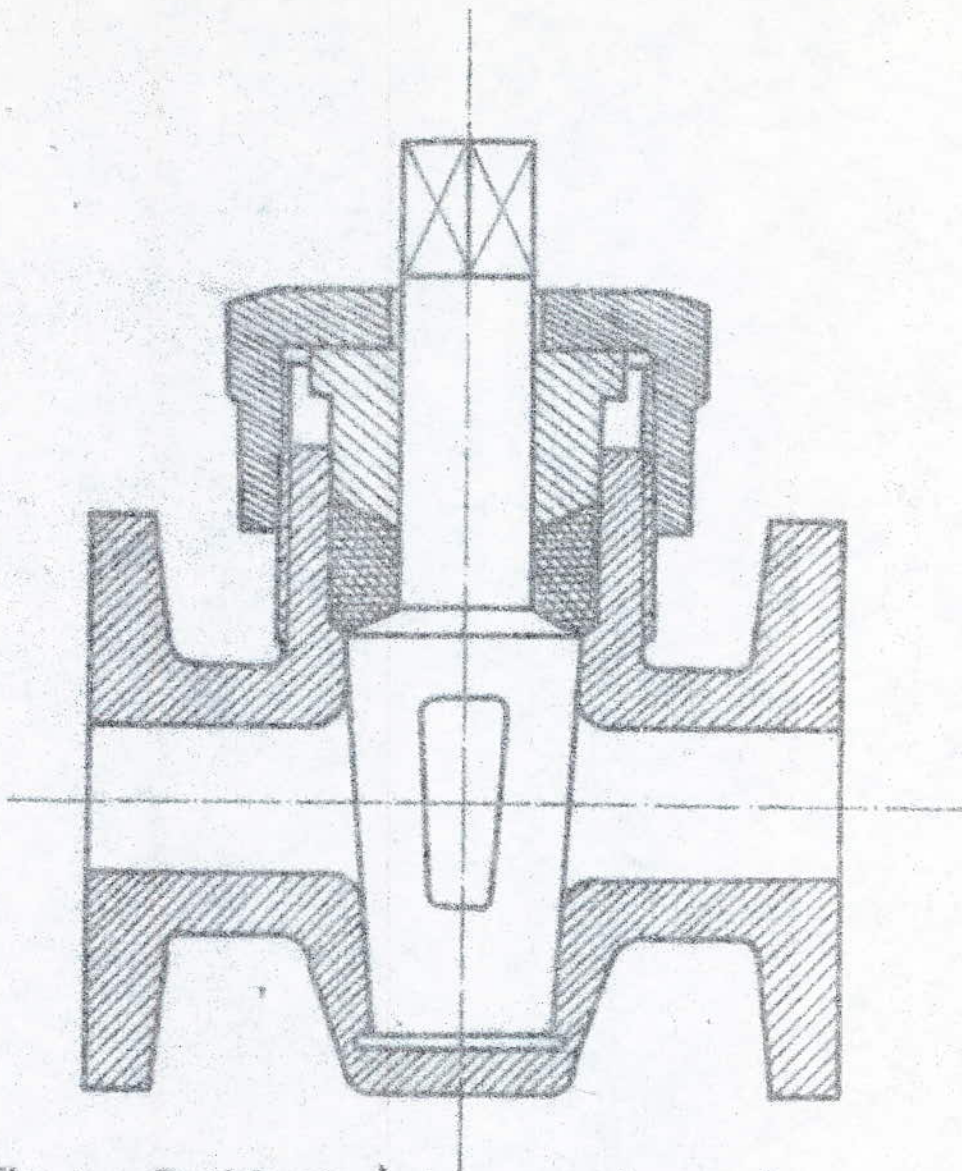


Fig. 2 Robinet à tournant conique

2/ Obturateur Sphérique:

Dans ce cas, l'obturateur est une sphère traversée par un passage cylindrique, ce qui représente les avantages:

1/ En position ouverte, ces robinets présentent une perte de charge pratiquement nulle.

2). Du fait que la sphère est intercalée dans un matériau élastique qui sera soumis à une pression de contact d'où on assure une bonne étanchéité et une usure pratiquement inexistante due à la faible surface de contact de la sphère.

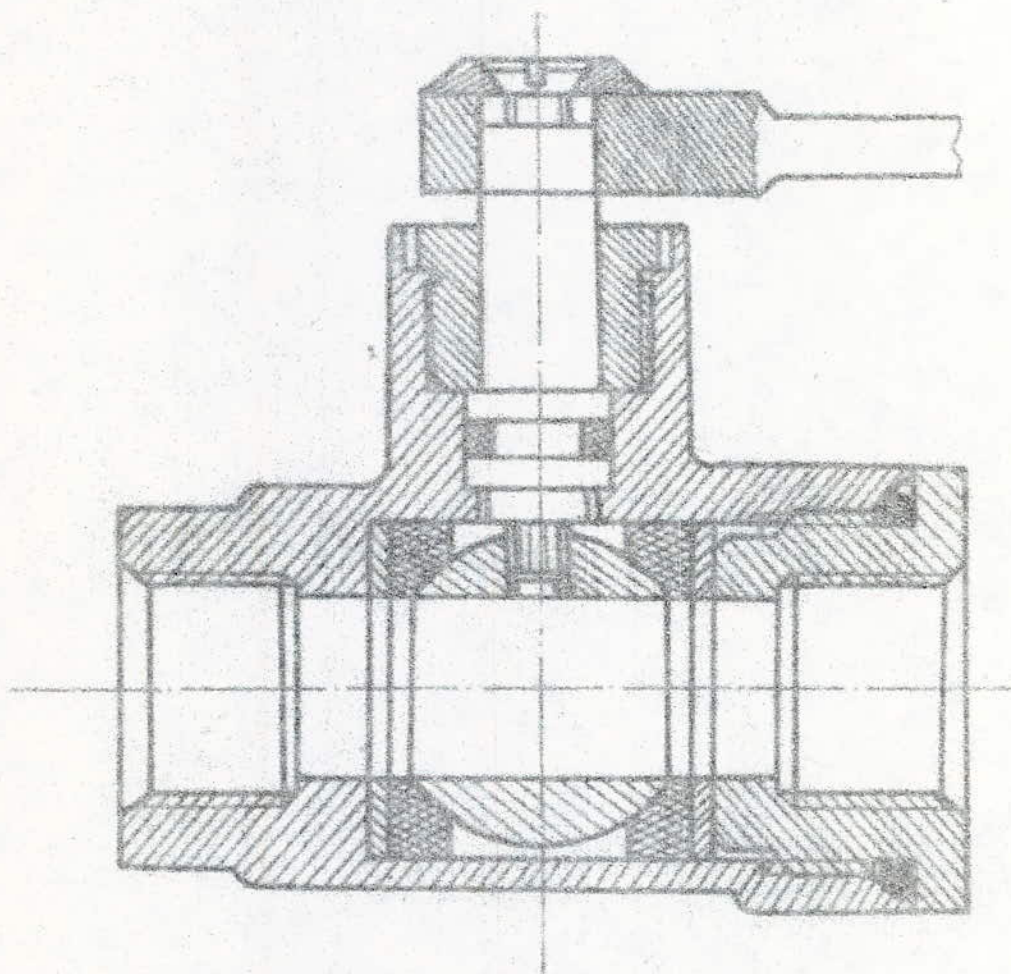


Fig.3 Robinet à tournant sphérique
(sphère usinée)

22/ FABRICATION PAR MOULAGE A NOYAU

la pièce sera obtenue par fusion et coulée dans un moule à noyau en sable de moulage serré, en disposant sur le modèle principal les formes de mouler la sphère et en plaçant sur parties des noyaux pour la partie interne.

Nature du modèle

Le modèle principal sera en bois grâce à sa grande facilité de mise en œuvre, ainsi que de son prix relativement bon marché, d'où le matériau par excellence pour la conception du modèle en fonderie.

On peut aussi adopter un modèle en plâtre qui a l'avantage de reproduire fidèlement les formes les plus délicates. Néanmoins c'est un matériau fragile.

La fabrication comprend les opérations suivantes.

1/ Le modèle posé sur le fond plat, est entouré d'un châssis de dessous que l'on remplit de sable jusqu'à sa partie supérieure (voir Fig 4)

2/ On retourne le dessous, on soupaudra le joint et on pose le châssis de dessus que l'on emballe.

3/ On enlève le "dessous" dans lequel on taille les attaches de coulée et le bassin de coulée et on démonte

le modèle de dessous.

4). On pulvérise les surfaces du moule au charbon de bois on remonte le noyau dans le "dessous" et on referme le "dessus" le moule est alors prêt à être rempli.

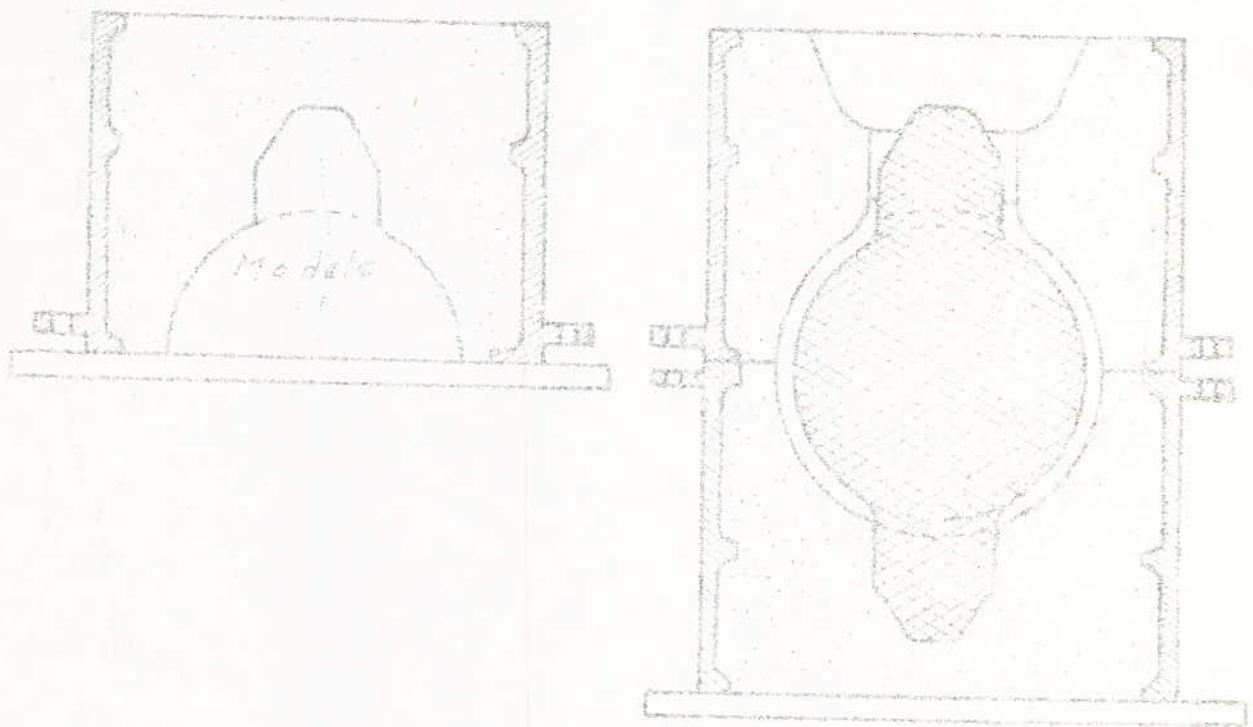


Fig. 4 moule prêt à être rempli

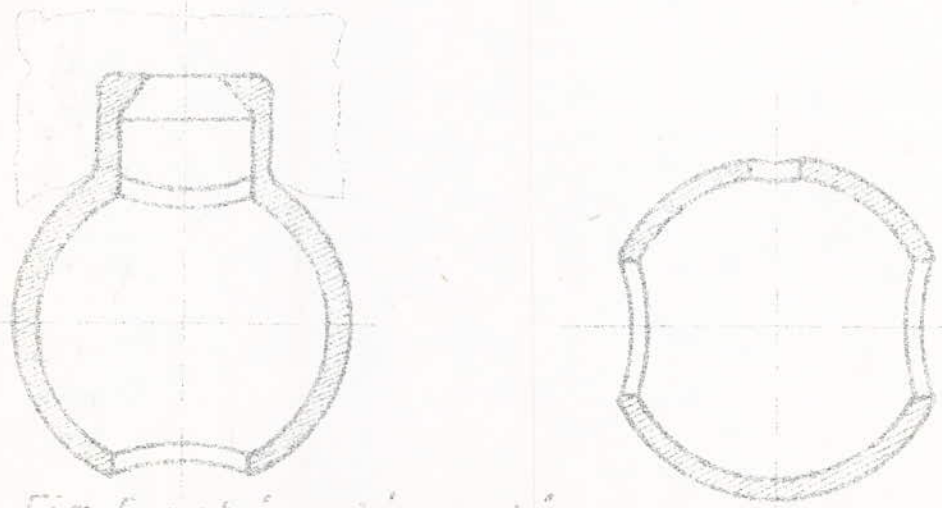


Fig. 5 sphère démoulée

sphère finie

la coulée qui s'effectue en plus le long du Noyau donnera au décapage des suppléments de matière qui seront taillés avant usinage (Voir fig 5)

5|. la dernière opération consiste à exécuter le taraudage pour la commande de la sphère (fig 5).

6|. Traitement Thermique de la pièce moulée
Ce Traitement consiste en une hypertrempe (1050°-1100°) qui permet essentiellement d'augmenter la dureté et de maintenir l'austénite à la température ambiante en empêchant toute transformation au cours du refroidissement (Extrait de la Norme NF A 32.056 relatif aux aciers inoxydables moulés)

2.21| Inconvénients du procédé par moulage

1|. Après refroidissement, la pièce sera usinée du fait que les dimensions du modèle sont plus grandes que celles de la sphère finie puisqu'il convient d'ajouter à celles ci la valeur du retrait et la matière réservée pour la finition, de plus la valeur de ces surépaisseurs devra être assez forte pour assurer la réussite de la pièce ce qui fait un usinage coûteux.

2|. le temps de fabrication d'une pièce est élevé.

23/ TECHNOLOGIE DE FABRICATION PAR EMBOUTISSAGE A FROID

On désigne par emboutissage, la mode de déformation plastique qui permet de transformer une tôle plane en une pièce creuse par l'effet de la pression.

La déformation totale s'effectue à l'aide d'une presse équipée d'un outillage constitué par un serre-flan (pour éviter le glissement de la tôle et éviter la formation des plis), d'un poinçon et d'une matrice, la forme du poinçon est prévue de manière à façonner l'intérieur de la tôle et la forme de la matrice son déduit de celle

23) Emboutissage des pièces hémisphériques

L'emboutissage d'une demi-sphère est d'une grande difficulté en raison de la formation des plis du fait que la tôle est insuffisamment maintenue entre serre-flan et matrice, il se produit des plis sur la surface de tôle comprise entre le poinçon et le bord de la matrice, le seul remède est de changer la répartition des contraintes dans la tôle pour rendre prédominantes les contraintes radiales de tension.

Cela peut se faire en augmentant la pression

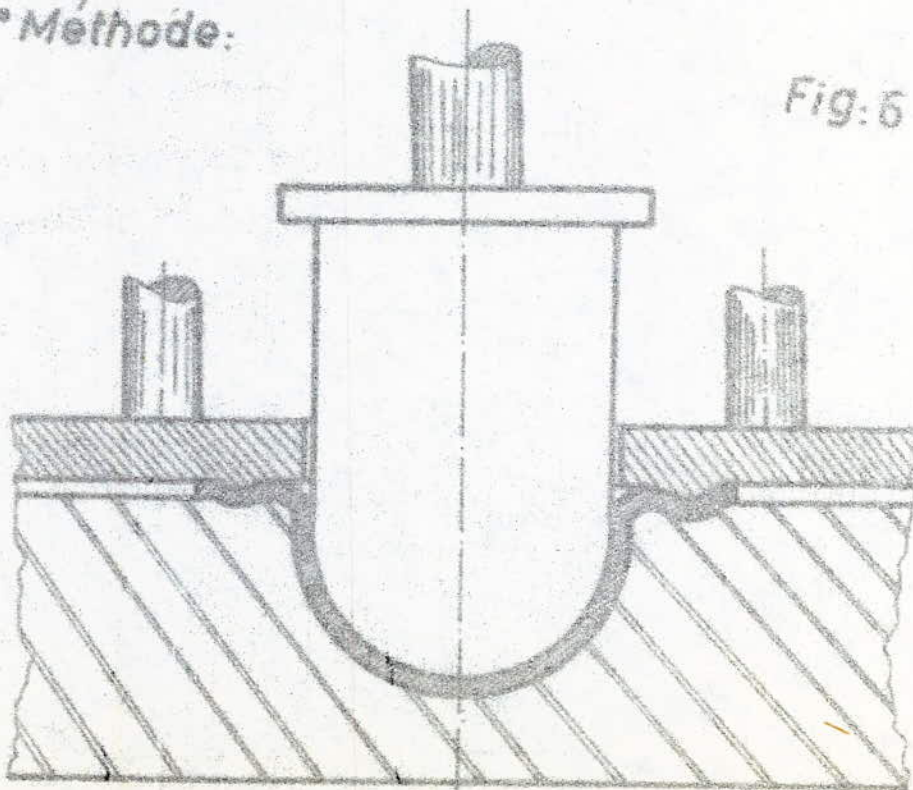
du serre flan en accroissant la surface de tôle sous le serre flan

Une autre évolution consiste à murer la matrice d'un bouchet de retenue du Flan (bossage) qui retient énergiquement la tôle, et par son action de laminage augmente la plasticité du métal en empêchant le glissement et la formation des plis longitudinaux qui risquent d'entraîner la rupture du fond de la Calotte.

Plusieurs méthodes permettent d'aboutir à un résultat pour l'exécution des emboutis hémisphériques et il convient de procéder à l'exécution de l'outillage de la façon suivante:

1^{re} Méthode:

Fig. 6



2^e Méthode (Fig 7)

Exécution avec un outil d'emboutissage à serre-flan dans lequel la matrice est simplement une matrice pour emboutissage cylindrique ordinaire. Le poinçon a la forme et les dimensions de la demi-sphère à emboutir. On prévoit un extracteur à la forme d'une calotte sphérique concave pour éviter des éventuelles déformations à l'extraction.

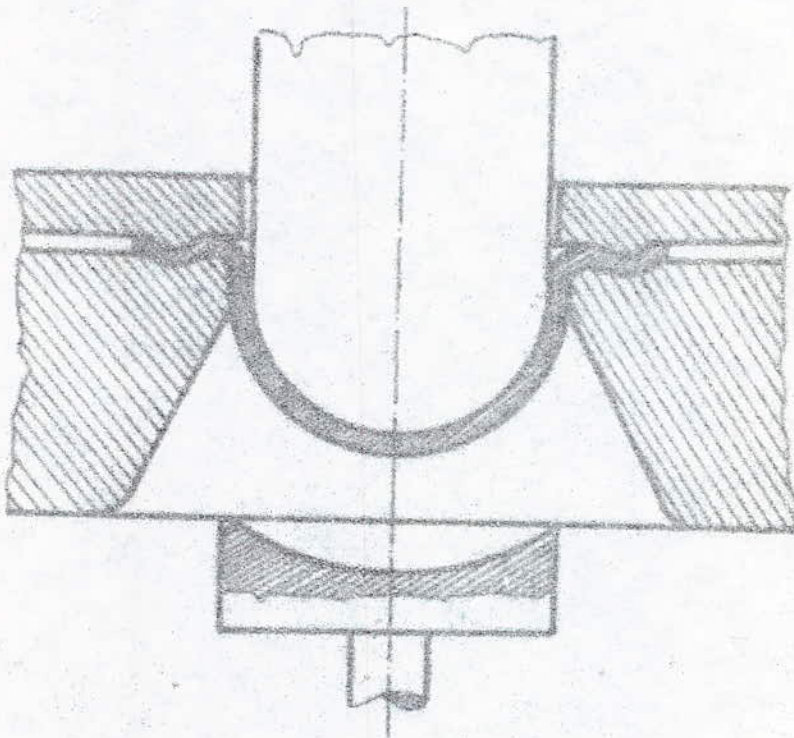


Fig: 7

2^e Opération: Soudage des hémisphères

Etant donné que la sphère va être fabriquée en deux hémisphères identiques d'où nécessité d'une soudure circulaire périphérique

Pour cela on adoptera le soudage bout à bout par résistance pure les deux hemispheres sont places bout à bout sans superposition, maintenus de façon rigide par les machoires electrodes de la machine à souder (fig 8)

le passage du courant etant établi, il se produit un échauffement par effet Joule, au voisinage de l'état pateux du métal, les machoires rapprochées rapidement provoquent l'interpénétration moléculaire des deux faces à assembler tout en réalisant un forgeage.

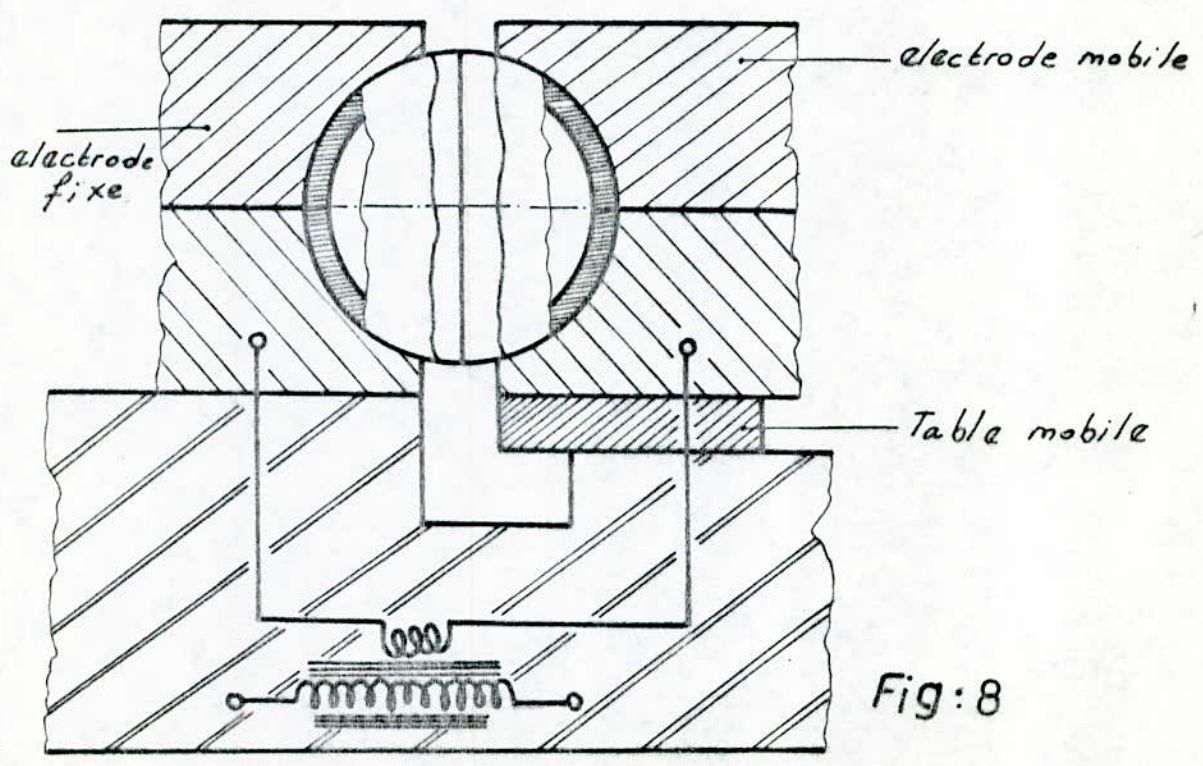


Fig: 8

3° Opération: Usinage du bourelet

l'interconnexion moléculaire et l'effort final du rapprochement sur les bords portés au banc soudant, provoque une augmentation sensible de la section par renflement et la formation d'un bourelet de refoulement assez volumineux (fig 9) ce qui nécessite une opération de finition et de rectification à la meule pour avoir un bon état de surface (fig 10)

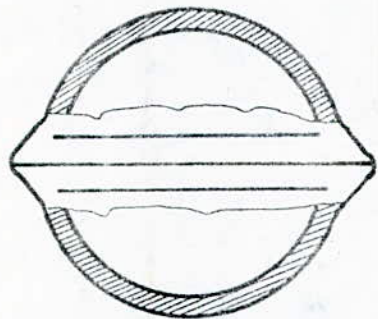


Fig: 9

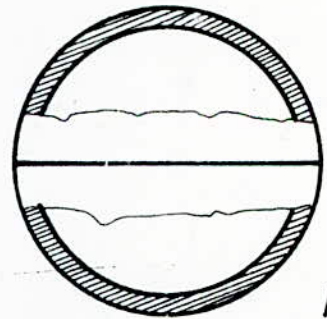


Fig: 10

4° Opération:

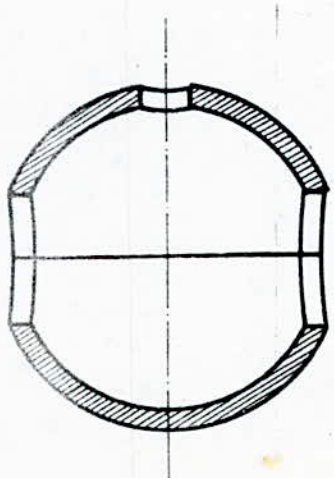


Fig: 11 Sphère finie

afin que la sphere soit operationnelle, il faut exécuter le passage de la veine de passage du fluide et le passage du bras de commande de la manoeuvre de la sphere.

2.3.3/Avantages du procédé par Emboutissage

1/ Haute Productivité:

L'outillage d'exécution une fois réalisé et mis au point, il suffira d'une main d'oeuvre de qualité ordinaire pour assurer le fonctionnement et l'alimentation des presses, celles-ci peuvent être pourvus de dispositifs entièrement automatisés.

2/ Caractéristiques mécaniques élevées.

L'écrouissage résultant d'une déformation à froid donne au métal des caractéristiques supérieures à ses caractéristiques d'origine (Augmentation de la charge de rupture, de la limite élastique et de la dureté)

3/ l'aspect lisse et la propreté facile à obtenir des surfaces embouties diminuent le coût des opérations de finition.

4/ Sécurité d'emploi

En raison des contraintes sévères imposées au métal pendant son emboutissage, un produit défectueux ne résistera pas à cette transformation et sera éliminé d'office l'opération de mise en forme est donc d'elle-même une opération de contrôle.

5) Interchangeabilité des pièces

les pièces obtenues avec un même outillage sont identiques, en général des contrôles par échantillonnage au cours de fabrication sont suffisants pour assurer toute garantie.

Ce procédé peut être entièrement automatisé par une chaîne de production multistation (Alimentation en tôles, pressage des emboutis, Soudure, perçage, usinage de finition).

2.3.4) Inconvénients du procédé par Emboutissage

1) le nombre élevé d'opérations qui augmente le prix de revient global de la pièce (Surtout la grande consommation d'énergie au cours du soudage dû à l'échauffement en profondeur par effet Joule), ainsi que le temps total d'exécution qui reste élevé.

2) Mauvaise précision dimensionnelle au cours du soudage à cause de la réduction de dimension provoquée par l'inter-pénétration, ce qui augmente sensiblement la section du renflement et la formation du bourrelet.

24/ TECHNOLOGIE DE FABRICATION PAR ESTAMPAGE (Matriçage)

Principe:

Le matriçage est un procédé par forgeage mécanique qui consiste à élaborer une pièce en obligeant par pression une ébauche de celle-ci à remplir une enceinte correspondant à la forme de la pièce, le matériau est soumis à des efforts importants pour vaincre sa résistance propre et le faire écouler dans des moules métalliques appelés matriçes où il prend la forme désirée (Fig 12)

L'ébauche:

Notre ébauche sera un tube en acier inoxydable que l'on peut fabriquer par le tirage à froid et que l'on desire déformer sans aucun usinage en une sphère creuse.

Matrices:

La matrice est composée de deux blocs, un bloc supérieur et un autre inférieur dans lesquels ont été réalisées des empreintes en creux la forme de la sphère. Les deux blocs matriçes sont fixés l'un à la partie fixe et l'autre à la partie mobile du système de pressage de la machine (Presse hydraulique).

Comme la forme de la pièce à obtenir le permet, l'estampage s'accomplit en matrices fermées ce qui permet d'éviter les bavures. le procédé de fabrication est à haute productivité et il ne comporte qu'une seule opération de matriçage et ne nécessitant même pas une finition, vu l'aspect lisse et l'excellent état de surface après pressage.

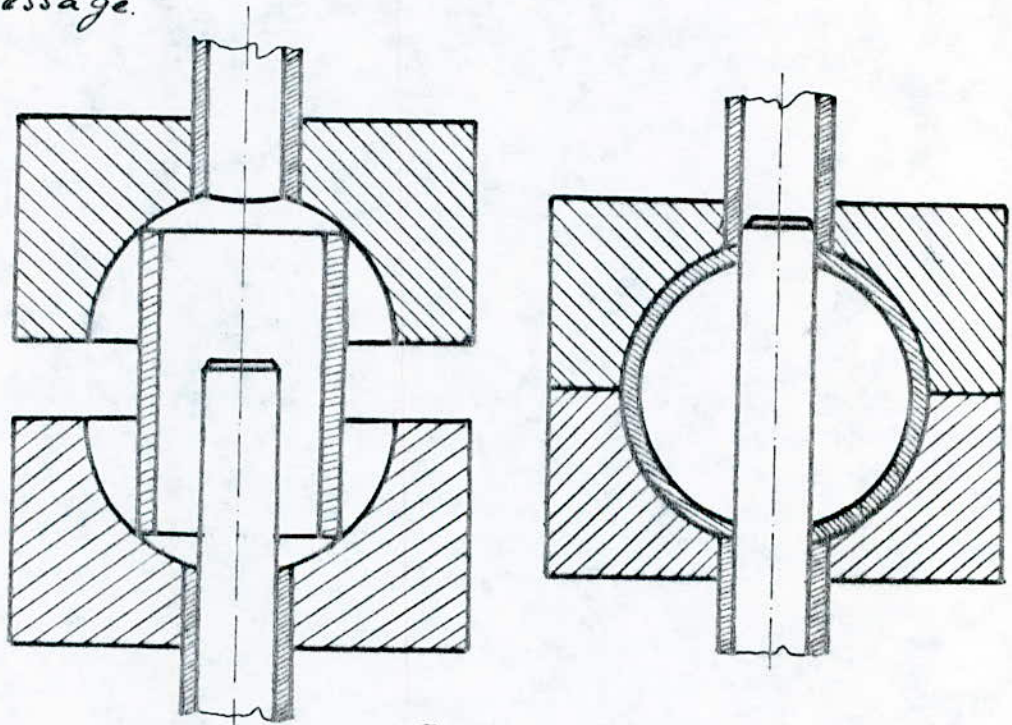
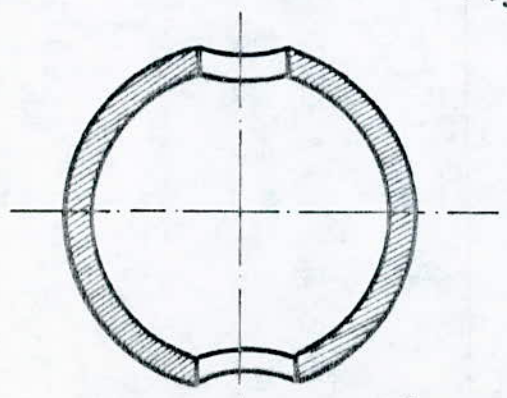


Fig: 12.



sphère après pressage

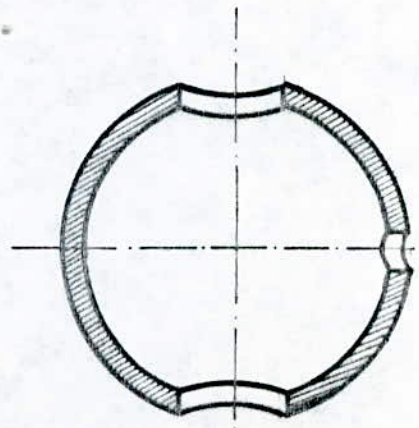


Fig: 13

2.4.1/Avantages du procédé par Estampage

1/. Le procédé ne se compose que d'une seule opération par déformation plastique y compris l'exécution des ouvertures du passage du fluide, ce qui donne une réduction au minimum des travaux d'usinages ultérieurs, c'est à dire qu'il y aura ni soudage, ni finition de la surface externe.

2/. Ce procédé offre une fabrication à haute production, ce qui nous donne une possibilité d'avoir une production entièrement automatique en deux Stations, une d'alimentation en Tube et sa déformation et l'autre de perçage du trou de commande de la sphère.

3/. Perfection d'exécution ne nécessitant qu'un seul et même montage et supprime par cela même les tâtonnements d'alignage et le réglage de la pièce sur la machine.

4/. La déformation plastique se produit à froid, c'est pour quoi il se produit un durcissement caractérisé par le phénomène d'écrouissage qui se traduit par une augmentation de la résistance de la pièce.

5/. On utilise un Tube comme pièce initiale d'ébauche lors de la déformation, il n'y a pas d'excédant de matière par bavardage, vu la faible épaisseur du Tube et la transformation qui se fait à épaisseur constante.

2.5/COMPARAISON DES DIFFÉRENT PROCÉDÉS

le travail fait au bureau d'étude et au bureau des méthodes consiste à rechercher une solution à la fabrication des pièces en nombre donné, dans un délai déterminé et au prix de revient le plus bas, donc quatre facteurs interviennent dans l'étude.

- la qualité des pièces.
- l'importance de la série de pièces
- le délai de livraison
- le prix de revient global.

C'est dans ce cadre que se situe notre étude dans ce mémoire, qui permettra de donner le mode de fabrication le plus rentable. En accord avec les quatre facteurs cités, nous avons opté pour la fabrication par déformation plastique par le procédé d'estampage. le procédé avec lequel le matriçage se trouve en concurrence est la fonderie, mais elle a sur le matriçage les inconvénients suivants

- faibles caractéristiques du métal coulé
- manque de précision dans les côtes.
- fréquence des défauts internes (inclusions dans la coulée)
- difficulté d'usinage et de finition de la surface externe.

Par conséquent, la technique du matriçage est unique, aucune

CHAP 3:

3.1) PLASTICITÉ DES CORPS MÉTALLIQUES

La plasticité d'un corps métallique est influencée dans une grande mesure, par la Température à laquelle a lieu la déformation et les possibilités de déformations qui sont mise en jeu découlent de l'application des Variations des Caractéristiques.

R : résistance du métal

E : limite élastique

$A\%$: Allongement en %

$\Sigma\%$: Striction en %

En même temps qu'elles amènent les produits à leur forme d'emploi, ces opérations de déformations changent la structure du métal, il en résulte des modifications plus ou moins importantes des propriétés du métal.

Ces opérations donc certaines peuvent être exécutées soit à chaud ou à froid, permettent d'obtenir économiquement des produits de dimensions très régulières, possédant des caractéristiques mécaniques élevées et généralement exemptes de défauts internes, ce qui les destinent tout naturellement à l'exécution de pièces de Sécurité.

Une des propriétés essentielles des matériaux métalliques résulte de leur aptitude à se déformer, la connaissance

des propriétés plastiques est d'un grand intérêt, puis qu'elle est nécessaire aussi bien pour une utilisation correcte du matériau que pour la mise en forme des pièces par forgeage, laminage, filage, Etirage pour ne citer que ces opérations.

3.2/ ETUDE DE LA DÉFORMATION PLASTIQUE

D'une manière générale, un solide suivant sa nature et l'amplitude des contraintes mécaniques auxquelles il est soumis est susceptible de subir trois types de déformations.

- Des déformations élastiques disparaissant instantanément lorsque les contraintes s'annulent.

- Des déformations Supermanentes disparaissant lentement dans le temps après la suppression des contraintes.

- Des déformations permanentes subsistant de manière définitive

Quand un échantillon de métal est soumis à un effort relativement faible (Traction, Compression, Torsion, flexion) il ne subit que des déformations élastiques, si dans les conditions de l'essai la matière expérimentée est "Fragile" le corps se rompt sans déformation permanente notable, dès que la valeur des forces exercées dépasse une certaine limite Critique.

Si pour une augmentation suffisamment grande et dépasse la limite élastique, la déformation sub siste après l'effort: c'est la déformation plastique, et on dit que la matière "coule".

Dans ce propos, toutes les analyses mécaniques présentent le comportement des grandeurs de la contrainte d'écoulement et le coefficient de frottement à l'interface "pièce-outil". Le premier objectif est de fournir la valeur de ces quantités dans des conditions voisines de l'opération de la mise en forme.

3.3/ DÉFORMATION PLASTIQUE A FROID

La déformation à froid est caractérisée par une distorsion des cristaux, ce qui correspond au changement de forme du corps alors il se produit un durcissement de la matière qui caractérise le phénomène "d'écrouissage" (dû à la création et l'interaction des défauts) qui se traduit par une élévation de la limite élastique et la dureté avec un abaissement de la malléabilité et l'affaiblissement de la plasticité.

Il en résulte donc que la déformation à froid est limitée par les effets même de cette déformation.

Comme la résistance à la déformation au cours du travail à froid augmente considérablement avec la déformation,

et comme la capacité du corps diminue de plus en plus, on est amené pour de grandes déformations (Etirage, Embou. tissage, laminage à froid) à diviser l'opération en plusieurs passes pour pouvoir suivre la déformation et à rendre au métal ses propriétés initiales; il faut opérer avec des recuits de recristallisation intermédiaires.

Sans ce Traitement Thermique, la matière devient dure, cassante et fragile et ne peut même plus supporter à la fin de faibles efforts.

Cette recristallisation supprime pratiquement l'écrasement et réduit brusquement la charge de rupture et retour à l'état malléable, alors que la plasticité (A%, Z%) s'améliore.

Il est noter que l'état écroui est par fois recherché pour améliorer la résistance à la rupture, l'élasticité et la dureté.

CHAP 4

DIMENSIONNEMENT DE LA SPHERE

4.1/Calcul du diamètre de la sphere

On se propose de dimensionner la fabrication en serie d'une famille de sphere fabriquée à partir d'une autre famille de Tube de conduite de Serie Normalisée et élaborée par étirage à froid.

Le principal problème est de déterminer dans les limites possible de déformation et dans les meilleures conditions de fonctionnement, le diamètre (D) de la sphere qu'en peut obtenir à partir du diamètre et de la longueur du Tube.

En tenant compte du Critère de plasticité et de la contrainte d'écoulement du Tube représentant l'aptitude à la déformation; on a proposé cette méthode de dimensionnement.

Le meilleur compromis nous fait aboutir à une distribution linéaire entre le diamètre (D) de la sphere et le diamètre Nominal de la veine du passage du fluide qui correspond au diamètre du Tube de conduite rattaché au robinet.

D'où la Formule Empirique.

$$D = 1,544 d + 5,5 \quad [mm]$$

Néanmoins, l'application de cette formule n'a pas été respectée rigoureusement; et les diamètres réels de la sphere peuvent soit augmenter, soit diminuer par rapport à la Valeur Calculée.

D_{ext} : diamètre extérieur du Tube à bancher

d : diamètre de la Veine de passage du fluide

a : épaisseur de la sphère

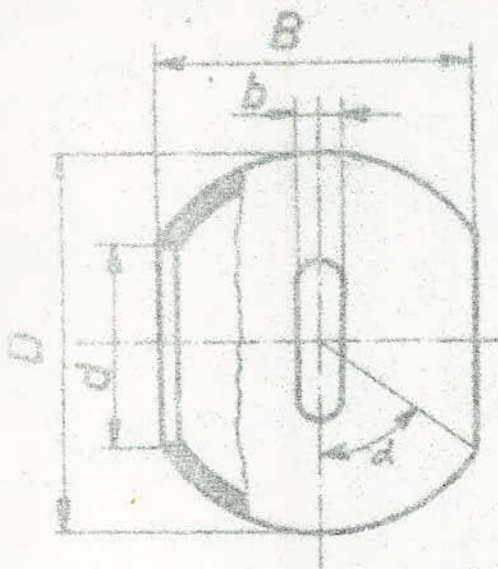
D : Diamètre de la sphère

D_{ext} [mm]	d [mm]	a [mm]	D calculé $D = 1,54d + 1,5$	D réellement utilisé
20	10	2,0	20,94	21,0
29	15	2,6	28,66	28,50
34	20	2,6	36,38	34,50
43	25	2,6	44,10	44,50
53	32	2,6	54,91	54,50
68	40	2,9	67,26	69,50
83	50	3,2	82,70	84,0
102	65	3,6	105,86	106,0
127	80	4,0	129,02	129,0
152	100	4,5	159,90	158,0
194	125	5,6	198,50	198,0
219	150	6,3	237,10	237,0

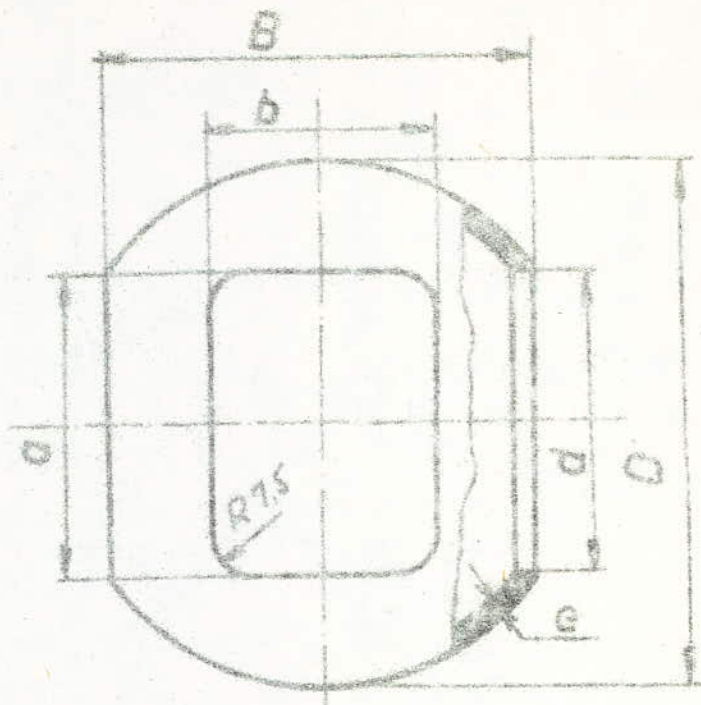
Tableau:1

42/ Détermination de la longueur initiale du tube

Connaissant le diamètre (D) de la sphère, on peut calculer



Ød 15-50 Fig: 14



Ød 65-150

Ø nom.	b
d 15-20	6 H 11
d 25	6 H 11
d 32	6 H 11
d 40-50	8 H 11

Ø nom.	a	b
d 65	45	28 c 11
d 80	50	36 c 11
d 100	50	36,3 c 11
d 125	70	50 c 11
d 150	70	50 c 11

la longueur initiale du Tube, pour cela on suppose que la déformation se fait à épaisseur constante

d'après la figure (14) on a la relation

$$d = D \cos \alpha \Rightarrow \alpha = \arccos d/D$$

ce qui nous permet de déterminer la cote B; $B = D \sin \alpha$

Pour le calcul de la longueur du Tube, on se base sur le principe de conservation du Volume de la matière puisque la déformation se fait sans aucune perte de métal.

1). Soit V_s = Volume de matière dans la sphère déformée.

V_1 = Volume de la sphère pleine

$$V_1 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D}{2} \right)^3 = \frac{\pi}{6} D^3$$

V_2 = Volume du Vide dans la sphère

$$V_2 = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{D \cdot 2e}{2} \right)^3 = \frac{\pi}{6} (D \cdot 2e)^3$$

V_3 = Volume de l'anneau Sphérique d'épaisseur e .

V_{31} = Volume de la grande Calotte Sphérique de

$$\text{hauteur } h_1 = \frac{D \cdot B}{2}$$

$$V_{31} = \frac{\pi}{3} \left(\frac{D \cdot B}{2} \right)^2 \left[3 \frac{D}{2} - \left(\frac{D \cdot B}{2} \right) \right] = \frac{\pi}{24} (D \cdot B)^2 (2D + B)$$

V_{32} = Volume de la petite Calotte Sphérique de

$$\text{hauteur } h_2 = \frac{D \cdot B}{2} - e$$

$$V_{32} = \frac{\pi}{3} \left[\left(\frac{D \cdot B}{2} - e \right)^2 \left[3 \left(\frac{D}{2} - e \right) - \left(\frac{D \cdot B}{2} - e \right) \right] \right]$$

D'où le Volume de l'anneau Sphérique $V_3 = V_{31} - V_{32}$.

$$\text{et } V_s = V_1 - V_2 - V_3$$

2) De la même manière pour le Tube cylindre.

Soit V_r : Volume de la matière dans le Tube

V_1 : Volume du cylindre plein de longueur L

$$V_1 = \pi \left(\frac{D_r}{2} \right)^2 L = \frac{\pi}{4} D_r^2 L \quad \text{avec } D_r = \phi \text{ du Tube.}$$

V_2 : Volume du vide dans le cylindre de longueur L

$$V_2 = \pi \left(\frac{D_r - 2e}{2} \right)^2 L = \frac{\pi}{4} (D_r - 2e)^2 L$$

D'où le Volume de la matière dans le Tube

$$V_r = V_1 - V_2$$

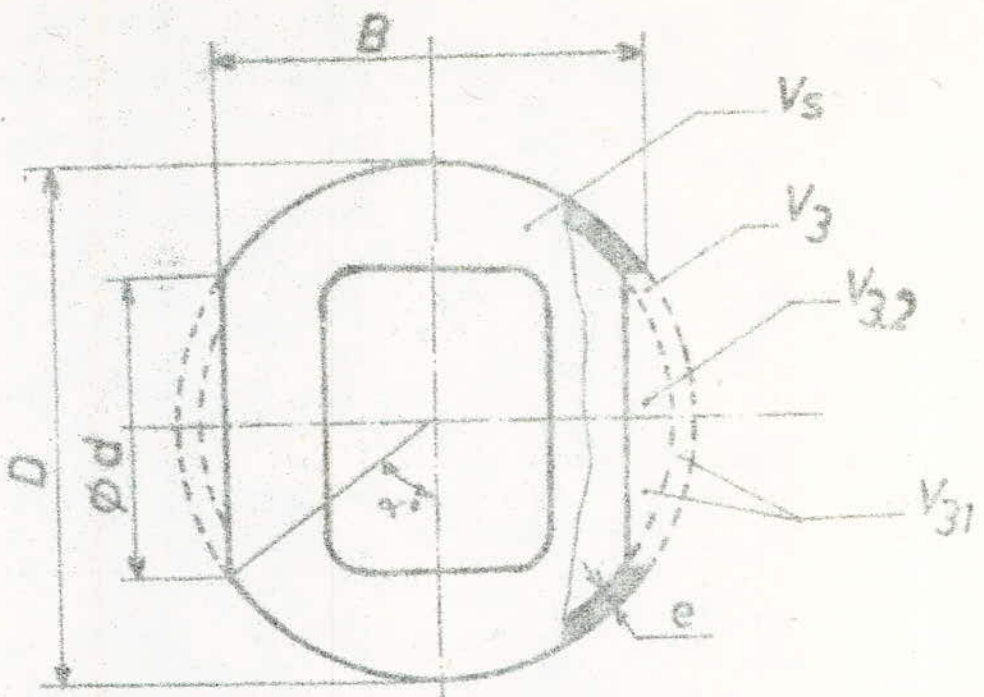
Par conservation du Volume de matière entre la sphère et le Tube initial on aura:

$$V_{\text{sphère}} = V_{\text{tube}} \quad \text{d'où } V_s = V_r = \frac{\pi}{4} L [D_r^2 - (D_r - 2e)^2]$$

$$V_s = \frac{\pi}{4} L [D_r^2 - (D_r - 2e)^2]$$

$$\text{d'où } L = \frac{4V_s}{\pi [D_r^2 - (D_r - 2e)^2]}$$

Tous les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau suivant en fonction du diamètre de chaque sphère.



d	D	α°	B	l
10	21,0	61,56	18,46	20,23
15	29,5	58,24	24,23	25,96
20	34,5	54,56	28,10	30,12
25	44,5	55,81	36,80	40,53
32	54,5	54,04	44,11	48,74
40	69,5	54,86	56,83	63,20
50	84,0	53,47	67,49	75,09
65	106,0	52,17	83,73	93,12
80	129,0	51,67	101,19	112,31
100	158,0	50,73	122,32	135,63
125	198,0	50,65	153,55	170,47
150	237,0	50,73	183,47	204,56

Tableau : 2

43| CONTROLE DE L'ÉPAISSEUR DE LA SPHÈRE

On se propose de vérifier la résistance de la sphère sous l'effet des contraintes de pression de l'eau traversant le robinet.

Pour cela, il suffit de calculer les épaisseurs théoriques minimales des sphères et les comparer avec ceux données par les catalogues de Normalisation de la Tuyauterie.

On fera le calcul pour toute une famille de robinet qui correspond donc à une famille de sphère donc :

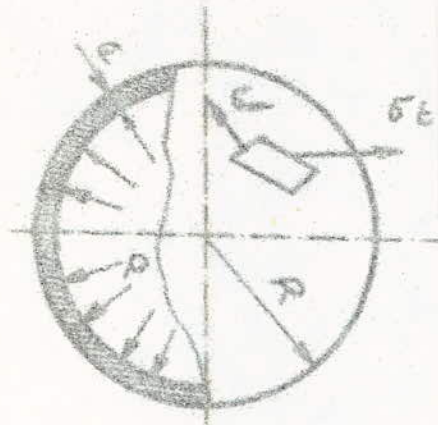
- les épaisseurs sont données par la Norme des Tubes
- les pressions Nominales sont données en fonction des diamètres des Tubes.

On assimilera notre sphère de robinet à une enveloppe sphérique dont la pression intérieure est Uniforme et on appliquera la théorie des enveloppes à paroi minces.

Ø Tubes [mm]	Pression Nominale [bar]
10... 25	100... 64
32... 50	40
65... 150	25... 10

les contraintes s'exerçant sur la paroi sont données par:

$$\sigma_m \cdot \sigma_t = \frac{PR}{2e} \leq [\sigma_{adm}]$$



σ_m : contrainte Normale méridienne

σ_t : contrainte Circumferentielle

p : pression intérieure de l'eau

$[\sigma_{adm}]$: contrainte Admissible

e : épaisseur de la sphère.

$$[\sigma_{adm}] = \frac{R_{eH}}{f} \text{ avec:}$$

R_{eH} : limite d'élasticité du métal de base; $R_{eH} = 245 \text{ N/mm}^2$

f : 1.5 (coefficient de sécurité).

$$[\sigma_{adm}] = \frac{245}{1.5} = 163.33 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_m \cdot \sigma_t = \frac{PR}{2e} \leq [\sigma_{adm}] \rightarrow e \geq \frac{PR}{2[\sigma_{adm}]}$$

Exemple de Calcul:

Pour un diamètre de sphère D : 625 mm

Pression Nominale: 40 bar, 40 N/mm².

$$e \geq \frac{PR}{2[\sigma_{adm}]} = \frac{40 \times 625/2}{2 \times 163.33} = 0.48 \text{ mm.}$$

or e pratique: 2.97 mm donc c'est vérifié.

D'après le Tableau (1) regroupant les paramètres des sphères on complètera le Tableau suivant.

ϕ nom Tube	P_{nom} [bar]	ϕ sphère	a_{th} calculé	a pratique
10... 25	100... 64	27... 34,5	0,36... 0,38	2,0... 2,6
32... 50	40	54,5... 84,0	0,38... 0,50	2,6... 3,2
65... 150	25... 16	106,0... 232,0	0,46... 0,66	3,6... 6,0

On remarque bien que toutes les épaisseurs réellement utilisées sont largement supérieures aux épaisseurs minimales théoriques, ce qui donne une bonne sécurité d'emploi.

4.4 / MATÉRIAU UTILISÉ POUR L'ESTAMPAGE

Le choix du métal constitutif de la sphère doit se faire en tenant compte :

- de l'adaptation des propriétés physiques, chimiques et mécaniques de la pièce.
- de l'aptitude du métal à être façonné par un procédé commode et économique.

Dans notre cas, le choix du matériau aboutit à l'utilisation d'un Acier inoxydable au Nickel, chrome allié au Molybdène, Titane et Manganèse en faible quantité.
D'après la Norme Française : ZBN 47 42.

%C	%Cr	%Ni	%Mn	%Ti	%Mo
0,03-0,15	16-18	10-14	2	0,5	2-3

Caractéristiques Mécaniques :

Traitement Thermique de référence : Austénitisation entre $1050 \div 1100^\circ\text{C}$ suivie d'un refroidissement à l'eau.

Structure : Austénitique

Limite Conventiionnelle d'élasticité : $R_{eH} \approx 215 \text{ N/mm}^2$

Allongement : $A : 40\%$

Résilience : 10 daJ/cm^2

Propriétés : Inoxydable, bonne Aptitude à la déformation plastique

ÉTAT DE SURFACE DE LA SPHÈRE

Les ajustements, ont été choisis de façon à assurer un fonctionnement le plus correct possible et éviter tout excès de précision.

1/ Indice de Rugosité

Le tube élaboré par Etirage à froid aura un état de surface équivalent à un indice de rugosité $R: 5 \mu m$.

Par contre la sphère et sous l'effet du pressage aura un indice $R: 3,5 \mu m$.

2/ Tolérance de forme: voir fig page (46), (47).

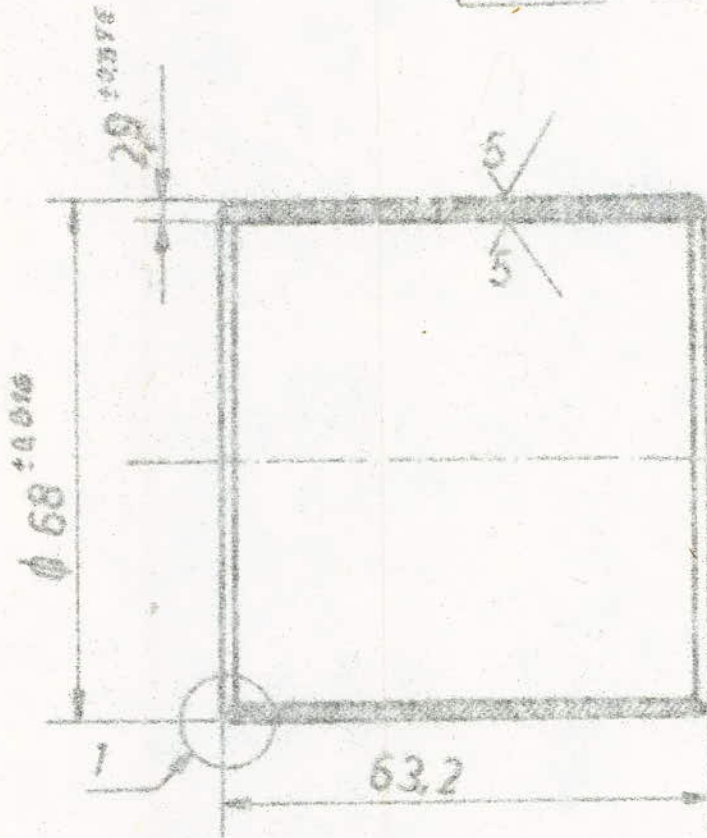
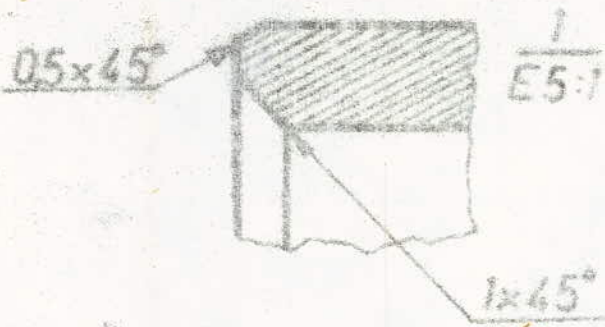
a/ Rectitude: la génératrice du plan de référence (B) de l'alésage doit être comprise entre 2 droites parallèles distantes de $0,1 mm$ et contenues dans un plan passant par l'axe.

b/ Circularité:

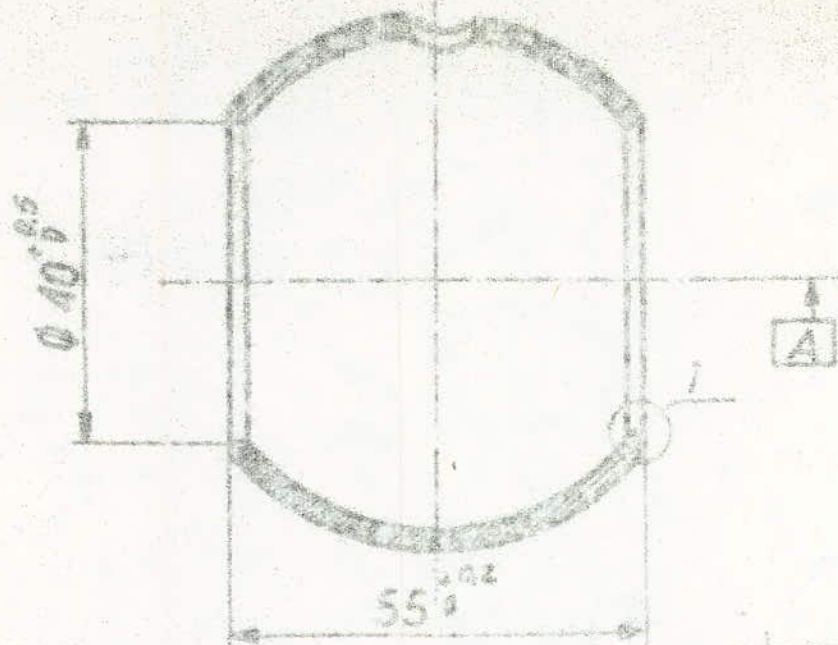
le profil doit être compris entre deux cercles concentriques, dont les rayons diffèrent de $0,05 mm$.

c/ Perpendicularité:

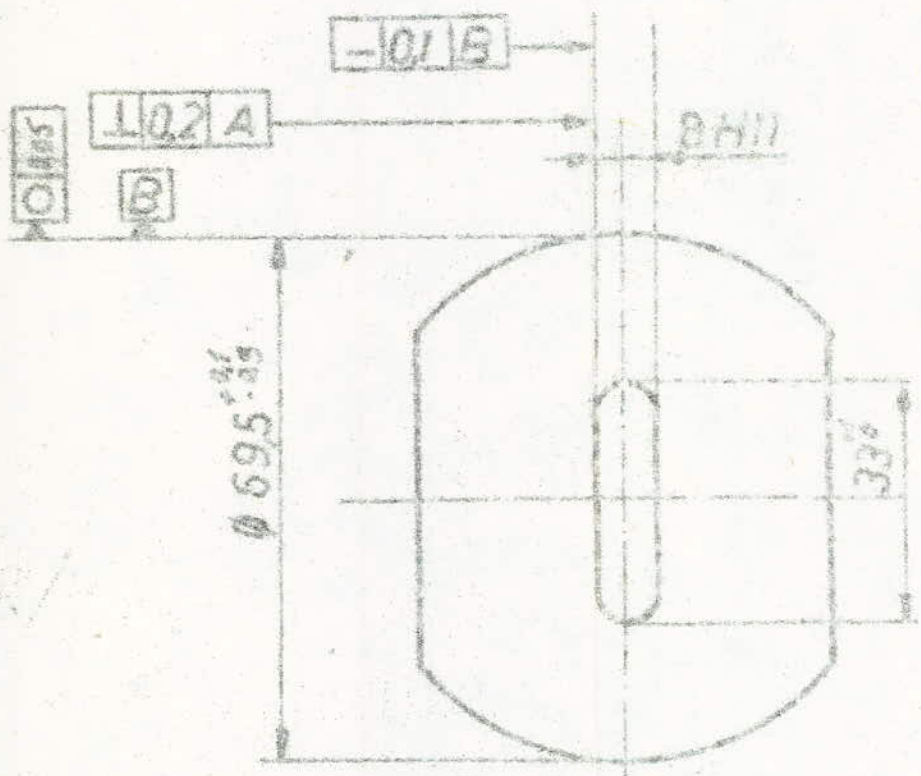
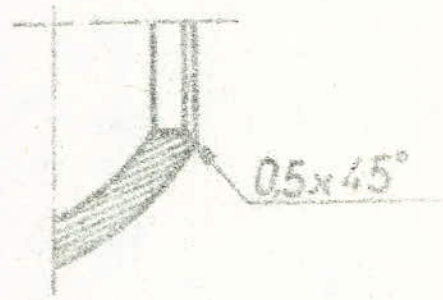
la surface toléranciée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de $0,2 mm$ et perpendiculaire à la surface de référence (A).



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE				
Echelle	Masse	☐ ⊙	TUBE ÉBAUCHE AVANT DÉFORMATION	ENPA. Dép Mécanique
N				
Etudiant	BADA			
Promot	Eleöd			



$\frac{1}{E21}$



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE			
échelle	Masse		SPHÈRE
1/1			DE RETENUE
étudiant	BADA		ENPA
travail	Elead		Dép Mécanique

CHAP 5

CALCUL DE LA FORCE DE PRESSION DANS LA MATRICE

Dans cette partie, on se propose de déterminer les efforts nécessaires qu'aura à subir le Tube pour pouvoir le déformer en sphère, à l'effet des forces extérieures qui tendent à modifier la position des particules du corps ou à les déplacer, s'opposent les contraintes que les forces engendrent.

5.1/ Calcul de la contrainte de pression dans la matrice

On se place dans un système d'axes principaux des contraintes.

soit : σ_p : contrainte dans la feuille de Métal

σ_m : contrainte de contact feuille - Matrice

σ_θ : contrainte Tangentielle (Voir Fig 16)

L'équation de Lamy, mises nous donne la relation entre les contraintes et les déformations dans le système d'axes principal.

$$\frac{\sigma_p \cdot \epsilon_\theta}{d\epsilon_p \cdot d\epsilon_\theta} = \frac{\sigma_\theta \cdot \epsilon_p}{d\epsilon_\theta \cdot d\epsilon_p}$$

Cela est dû à l'hypothèse selon laquelle les matériaux se comportent conformément à la loi de Hooke, tandis que les déformations sont produites sous l'effet des contraintes σ_p , σ_m , σ_θ .

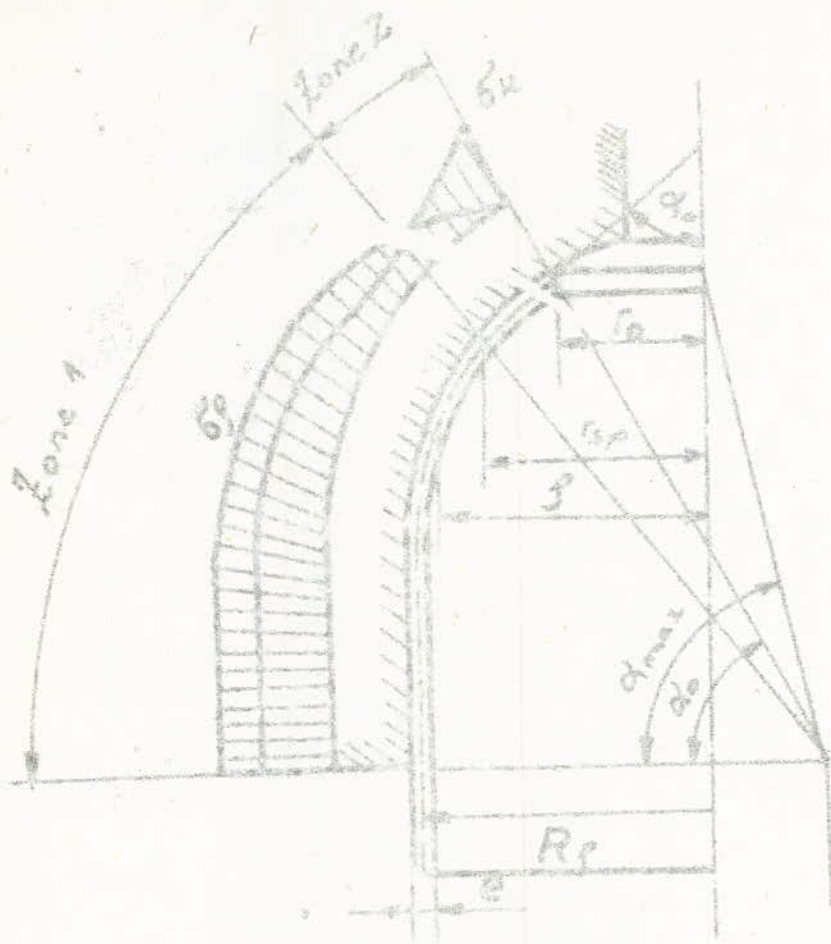


Fig:16 Répartition des contraintes dans la matrice [16]

l'équation (1) dans s'écrit sous la forme:

$$d\sigma_\theta + d\sigma_\varphi + d\sigma_r = 0$$

or d'après la fig (17) et pour la valeur de $r: r_0$, on n'a pas de contact entre la sphère et la Matrice, c'est une surface considérée comme libre.

dans ce cas $\sigma_f, \sigma_k = 0$.

Pour un état de contraintes plan, les équations d'équilibre sont données par

$$\int \frac{d\sigma_r}{dr} = \sigma_\theta - \frac{r}{a} \frac{d\sigma_\theta}{dr} \quad \text{avec } a: \text{ épaisseur de la sphère}$$

$$\frac{\sigma_r}{R_f} + \frac{\sigma_\theta}{R_n} - \frac{r}{a} = 0 \quad [16]$$

D'après le critère de plasticité de Tresca on a:

$$\sigma_\theta - \sigma_r = k_f m$$

avec $k_f m$: constante d'écoulement qui caractérise la résistance à la déformation du métal

La fig (18) nous donne la variation de $k_f = f(E)$

$k_f = f(\alpha)$: constante d'écoulement en fonction du degré de déformation.

D'après les conditions de frottement à l'interface "sphère-matrice" on prendra comme référence le modèle de "Coulomb" qui admet que la surface des solides est lustrée.

La Composante Radiale σ_r et la Composante Tangentielle

σ_θ du vecteur contraintes à l'interface sont reliées par

$$\text{la relation } \sigma_r = \mu \sigma_\theta$$

μ : coef^t de frottement ; $\mu: 0.1 - 0.15$

les équations d'équilibre deviennent:

$$\frac{dS_f}{dS} + S_f \cdot S_0 - \mu S_k \frac{f}{\sin \alpha} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{S_f}{R_f} + \frac{S_0}{R_0} - \frac{S_k}{c} = 0 \quad (2) \Rightarrow \frac{S_f}{R_f} - \frac{S_0}{R_0} = \frac{S_k}{c}$$

Restituer la valeur de $\frac{S_k}{c}$ dans (1) on aura:

$$f \frac{dS_f}{dS} + S_f \cdot S_0 - \frac{\mu f}{\sin \alpha} \left(\frac{S_f}{R_f} + \frac{S_0}{R_0} \right) = 0$$

Pour une surface libre $S_f \cdot S_k = 0$ pour $r = 0$

d'où on aura la relation $K_f = -S_0$ (le signe (-) indique l'effet de pression)

En remplaçant la valeur de S_0 on aura:

$$f \frac{dS_f}{dS} + S_f + K_f - \frac{\mu f}{\sin \alpha} \left(\frac{S_f}{R_f} - \frac{K_f}{R_0} \right) = 0 \quad (3)$$

d'après (16) on a:

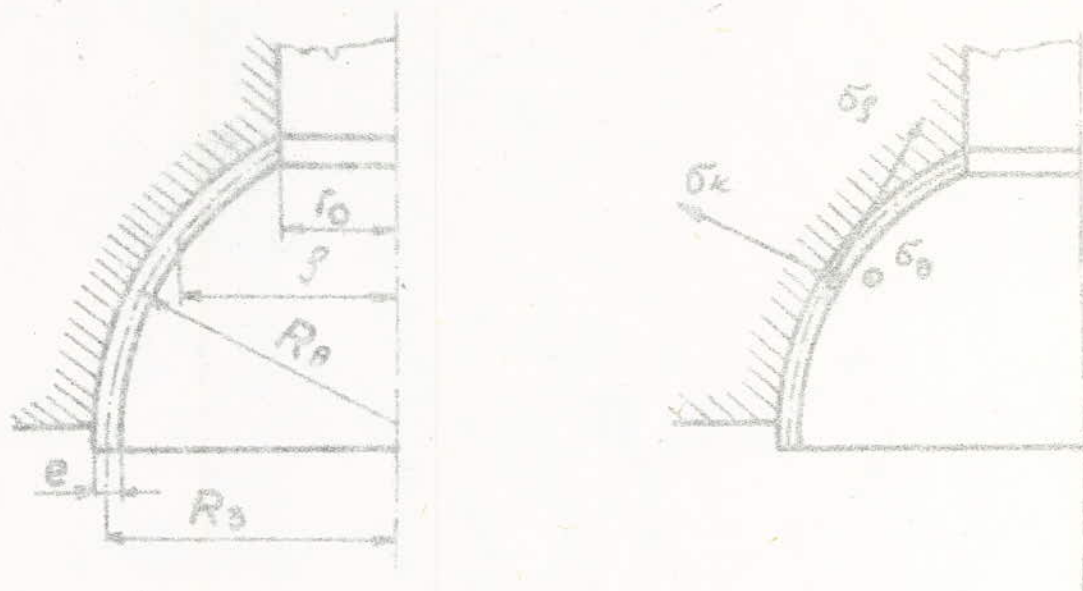
$$R_0 = \frac{f}{\cos \alpha} \quad \text{et} \quad R_f = \frac{f \cdot r_{sp}}{\cos \alpha}$$

par conséquent $\cotg \alpha_{sp} = \cotg \frac{\pi}{4} = 1$

l'équation (3) devient:

$$f \frac{dS_f}{dS} + S_f \left(1 - \frac{\mu f}{f \cdot r_{sp}} \right) + K_f (1 + \mu) = 0$$

Fig:17



Répartition des contraintes dans la sphère [16]

Pour résoudre l'équation différentielle posons $\sigma_r = uv$.

$$\sigma_r = uv \Rightarrow \frac{d\sigma_r}{df} = u \frac{dv}{df} + v \frac{du}{df}$$

l'équation (3) devient:

$$\left(u \frac{dv}{df} + v \frac{du}{df} \right) + uv \left(1 - \frac{\mu f}{f - r_{sp}} \right) + kf(1 + \mu) = 0$$

$$u \left(f \frac{dv}{df} \right) + kf(1 + \mu) + v \left[f \frac{du}{df} + u \left(1 - \frac{\mu f}{f - r_{sp}} \right) \right] = 0$$

$$f \frac{du}{df} + u \left(1 - \frac{\mu f}{f - r_{sp}} \right) = 0 \Rightarrow \frac{du}{u} = - \frac{df}{f} + \frac{\mu}{f - r_{sp}} df$$

$$\log u = - \log f + \mu \log(f - r_{sp})$$

$$\text{donc } \log u = \log \left(\frac{f - r_{sp}}{f} \right)^\mu$$

d'où la solution: $u = \frac{(f - r_{sp})^\mu}{f}$

d'autre part: $u \left(f \frac{dv}{df} \right) + k_f (1 + \mu) = 0$

$$(f - r_{sp})^\mu \frac{dv}{df} + k_f (1 + \mu) = 0 \Rightarrow dv = - k_f (1 + \mu) \frac{df}{(f - r_{sp})^\mu}$$

d'où la solution: $v = - k_f \frac{1 + \mu}{1 - \mu} (f - r_{sp})^{1 - \mu} + c$

$$\sigma_f \cdot uv = - k_f \frac{1 + \mu}{1 - \mu} \left(\frac{f - r_{sp}}{f} \right) + c \left(\frac{f - r_{sp}}{f} \right)^\mu$$

déterminons la Valeur de la constante d'intégration:

d'après la condition limite:

Pour $f = r_0 > r_{sp}$ on a $\sigma_f = 0$ à cause de la surface libre.

$$\text{Alors, } c = k_f \frac{1 + \mu}{1 - \mu} \left(1 - \frac{r_{sp}}{r_0} \right) \frac{r_0}{(r_0 - r_{sp})^\mu}$$

$$\text{d'où } \sigma_f = - k_f \frac{1 + \mu}{1 - \mu} \left[1 - \frac{r_{sp}}{f} - \left(1 - \frac{r_{sp}}{r_0} \right) \frac{r_0}{f} \left(\frac{f - r_{sp}}{r_0 - r_{sp}} \right)^\mu \right]$$

Notons par σ'_f , σ_f pour la Valeur de $f = R_3$

$$\sigma'_f = - k_f \frac{1 + \mu}{1 - \mu} \left[1 - \frac{r_{sp}}{R_3} - \left(1 - \frac{r_{sp}}{r_0} \right) \frac{r_0}{R_3} \left(\frac{R_3 - r_{sp}}{r_0 - r_{sp}} \right)^\mu \right]$$

façons une approximation pour simplifier l'expression σ'_f .

$$\begin{aligned} \left(\frac{R_3 - r_{sp}}{r_0 - r_{sp}} \right)^\mu &\approx \left(1 + \mu \log \frac{R_3 - r_{sp}}{r_0 - r_{sp}} \right) \approx \left[1 + \mu \left(\frac{R_3 - r_{sp}}{r_0 - r_{sp}} - 1 \right) \right] \\ &= 1 + \mu \frac{R_3 - r_0}{r_0 - r_{sp}} \end{aligned}$$

$$\sigma'_r = -k_f \left(\frac{1+\mu}{1-\mu} \right) \left[1 - \frac{r_{sp}}{R_3} - \left(1 - \frac{r_{sp}}{r_0} \right) \frac{r_0}{R_3} \left(1 + \mu \frac{R_3 - r_0}{r_0 - r_{sp}} \right) \right]$$

$$\sigma'_r = -k_f \left(\frac{1+\mu}{1-\mu} \right) \left(\frac{R_3 - r_0}{R_3} - \mu \frac{R_3 - r_0}{R_3} \right)$$

d'où finalement :

$$\sigma'_r = -k_f (1+\mu) \left(1 - \frac{r_0}{R_3} \right)$$

Pour une surface libre $\sigma_r = 0$ et $\sigma_\theta = -k_f$ (car $\sigma_r \cdot \sigma_\theta = k_f$)

Reprenons l'équation :

$$\frac{\sigma_r}{R_r} + \frac{\sigma_\theta}{R_\theta} - \frac{\sigma_k}{e} = 0$$

On Tire la Valeur de l'expression de la contrainte de Pression interne dans la Matrice.

$$\sigma_k = e \left(\frac{\sigma_r}{R_r} + \frac{\sigma_\theta}{R_\theta} \right) \quad \text{d'où} \quad \sigma_k = e \left(\frac{\sigma_r}{R_r} - \frac{k_f}{R_\theta} \right)$$

5.2/Calcul de la Force de Pression

Cette force est donnée par l'expression

$$F = \int_A \sigma'_r dA, \quad \text{d'où} \quad F = \sigma'_r \cdot A$$

avec $\sigma'_r = k_f (1+\mu) \left(1 - \frac{r_0}{R_3} \right)$

et A: surface de pression de la matrice sur la sphere

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi d^2}{4}$$

d'où : $F = k_f (1+\mu) \left(1 - \frac{r_0}{R_3} \right) \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) \quad [MPa]$

avec R_3 : rayon moyen de la Sphère

$$r_0 = d/2$$

On suppose un coefficient de Frottement $\mu = 0,08$

(car $\mu < 0,1$ pour les métaux durs inoxydables)

$$\text{d'où } F = \frac{\pi}{4} k_{fm} (1 + 0,08) \left(1 - \frac{d}{D-e}\right) (D^2 - d^2)$$

$$F = 0,84 k_{fm} \left(1 - \frac{d}{D-e}\right) (D^2 - d^2)$$

Détermination de la contrainte d'écoulement k_{fm} :

(qui caractérise la résistance à la déformation du métal)

Pour cela, il suffit de connaître le degré de déformation

ϵ puis en déduire $k_f = f(\epsilon)$ du graphique fig (18)

(k_f est aussi une fonction du pourcentage de Carbone dans le métal et de la Température d'exécution)

le degré de déformation ϵ est donné par:

$$\epsilon = 2 \log \frac{D_1}{D_2} \quad \text{avec } D_1: \phi \text{ du Tube avant déformation}$$

$$D_2: \phi \text{ du Tube après déformation}$$

D'après la fig (19); $\epsilon_{\max} = 2 \log \frac{D}{d}$

ce qui correspond à une déformation Maximale du Tube

De la Valeur de ϵ_{\max} , on déduit la contrainte d'écoulement

$k_{f\max}$ de la courbe $k_f = f(\epsilon)$.

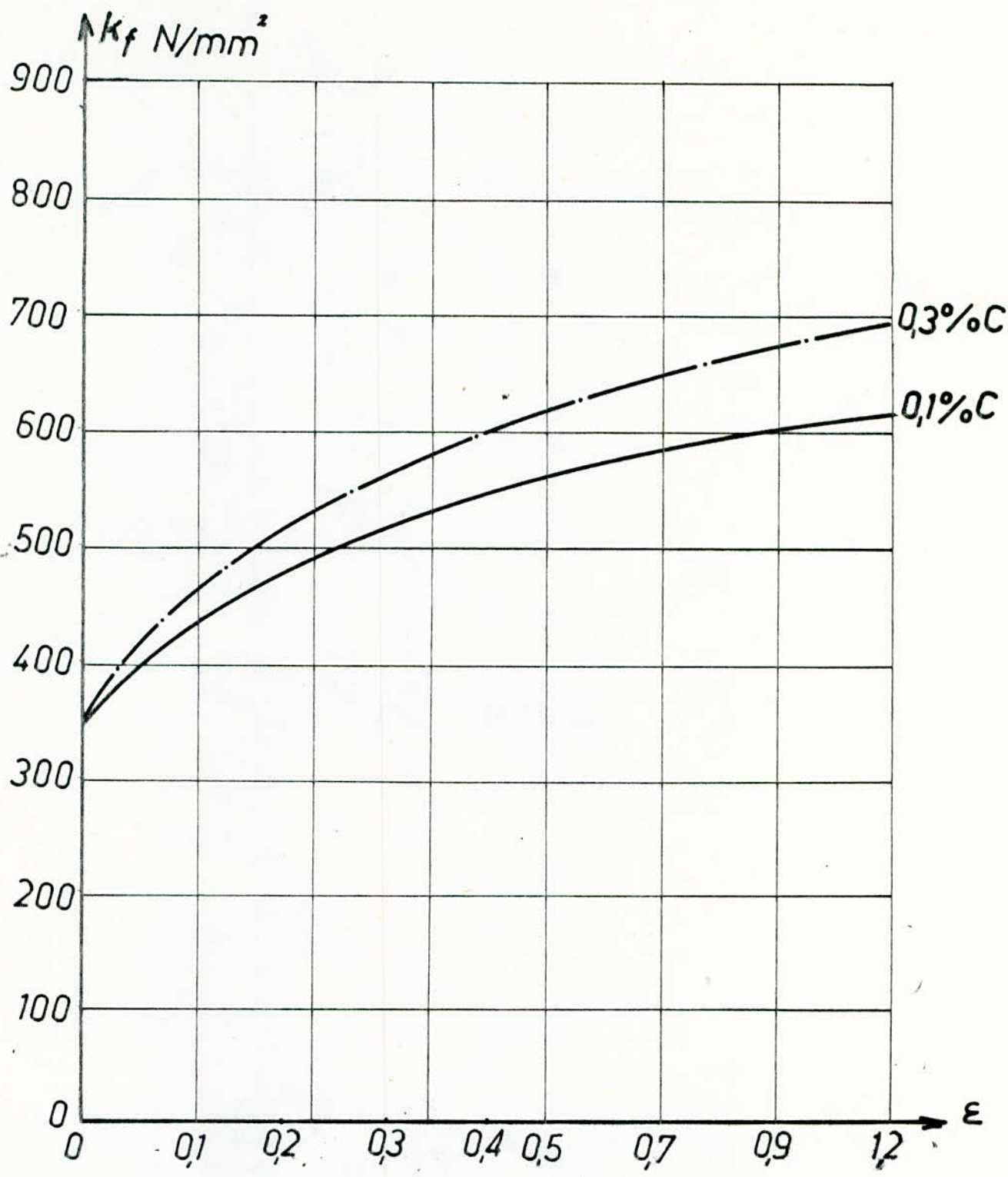


Fig:18 Courbe Tension Déformation pour acier inoxydable [6]

D'autre part :

$\epsilon_{min} \approx 2 \log \frac{D}{d}$, on n'a presque aucune déformation d'où

$\epsilon_{min} \approx 0$, ce qui coïncide avec la valeur k_{fmin} du graphe

$k_f: f(\epsilon)$.

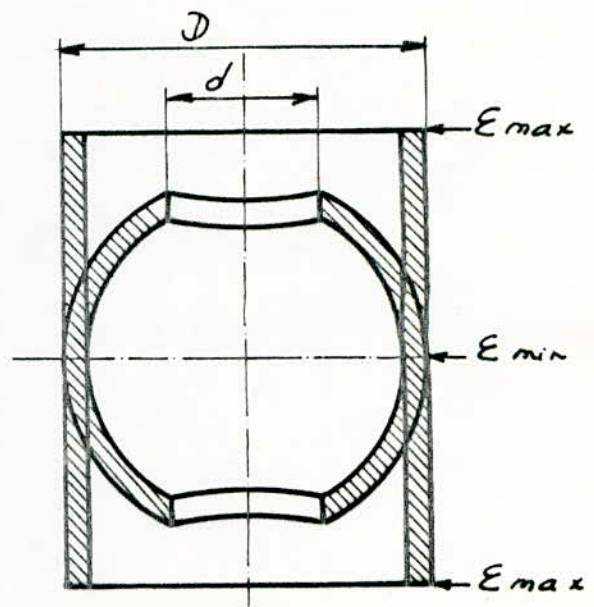


Fig:19

Pour Aborder le Calcul; il faut déterminer le degré de déformation moyen

$$\epsilon_{moy} = \frac{\epsilon_{max} + \epsilon_{min}}{2} = \frac{\epsilon_{max}}{2} \text{ puis on déduit la valeur de } k_{fm} \text{ du graphe.}$$

Le Tableau (3) résume l'ensemble des résultats obtenus pour la force de Pression donnée par la relation

$$F = 0,84 k_{fm} \left(1 - \frac{d}{D}\right) (D^2 - d^2)$$

d [mm]	D [mm]	ϵ_{moy}	$k_f \text{ moy}_{27}$ [N/mm ²]	F [daN]
10	21,0	0,74	590	8097,8
15	28,5	0,64	579	12394,6
20	34,5	0,54	568	14285,5
25	44,5	0,57	574	26356,2
32	54,5	0,53	566	35479,7
40	69,5	0,55	570	62189,4
50	84,0	0,51	560	82184,6
65	106,0	0,48	558	121439,4

Tableau:3

Pour l'élaboration de la série des sphères; on utilisera une presse hydraulique du Type "Meyer. AMS.160" d'une capacité Maximale de Prèssage de 160 tonnes.

Composé d'un bloc de guidage inférieur fixe recevant la matrice inférieure et d'un bloc supérieur représentant la partie mobile de l'outillage et recevant la force de Pression.

5.3| CALCUL DE LA RESISTANCE DE LA MATRICE

le but de cette partie est de dimensionner une série de matrices interchangeables dans la presse (la matrice servira de conteneurs pour les Tubes), en fonction de la famille de sphère à fabriquer.

Pour notre cas; on utilisera une matrice avec Anneau Précontraint pour éviter qu'elle éclate.

Etant donné que la matrice est en Acier dur qui ne supporte pas les contraintes de Traction exercées par le pressage, et c'est justement la présence de cet Anneau qui va compenser et neutraliser les contraintes de Traction.

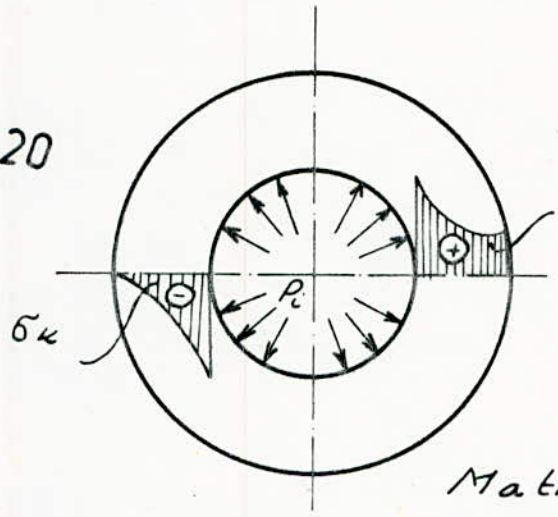
Le Calcul de la matrice sera assimilé à la théorie des tubes à parois épaisses soumis à une pression interne; le Calcul de l'anneau sera assimilé à la Théorie des cylindres compoonds

Dans le but d'atteindre une distribution plus régulière des contraintes sur l'épaisseur de la paroi de la matrice, ainsi qu'un déchargement des couches internes pour une meilleure mise à profit des couches externes; pour cela on adoptera par voie de revêtement avec serrage de la matrice un anneau

précontraint (avec un Ajustement bloqué).

lors du revêtement avec serrage de la matrice dans l'anneau, les contraintes tangentielles deviennent des contraintes de Traction dans l'anneau externe

Fig: 20



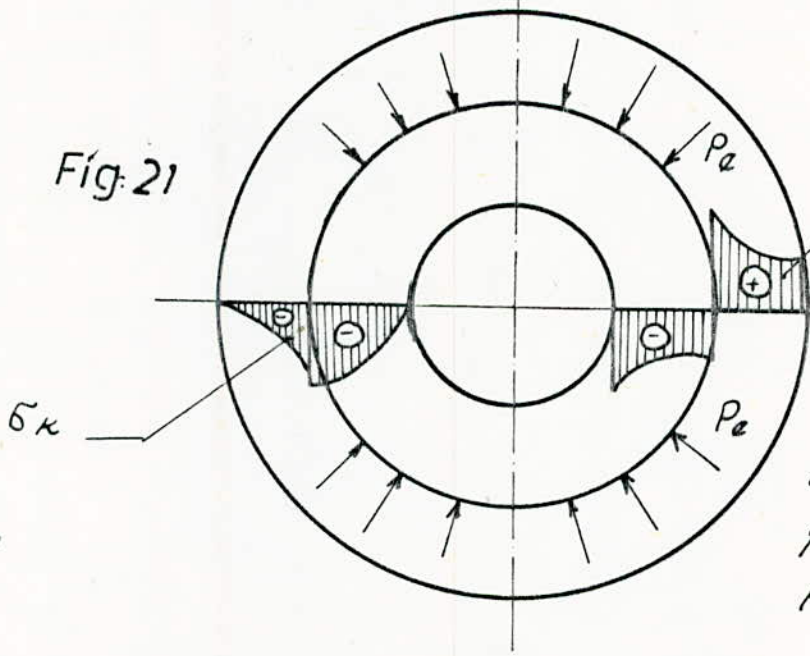
⊕ : Traction
 ⊖ : compression

P_i intérieure > 0
 P_e extérieure $= 0$

Matrice simple sans
 Anneau Précontraint

σ_θ : contrainte Tangentielle
 σ_k : contrainte Radiale.

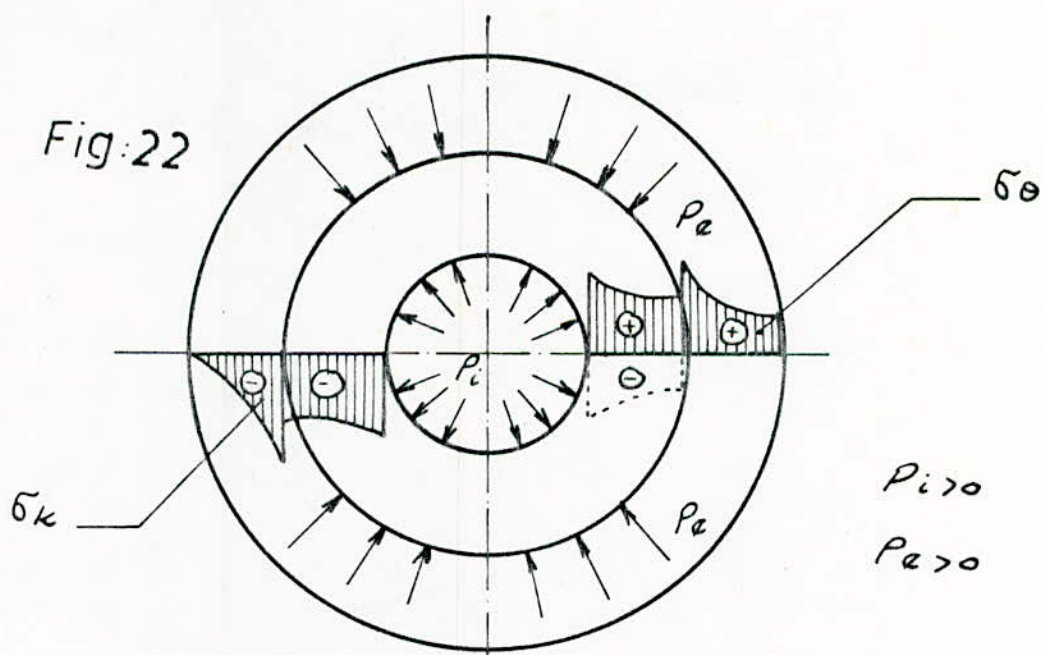
Fig: 21



Matrice avec
 anneau précontraint
 $P_i = 0$
 $P_e > 0$

En additionnant les diagrammes de contraintes de la fig (20) et fig (21) on obtiendra le diagramme réel en fig (22) qui a lieu dans la "matrice - Anneau" soumis à une pression interne et externe.

On remarquera bien de ce diagramme résultant que les contraintes fatiguant la paroi de la "matrice - Anneau" sont distribuées de façon plus régulière que dans la matrice fait en une seule pièce.



Schema de la matrice avec Anneau Précontraint lors de l'opération de pressage

l'étape essentielle du Calcul consiste dans la détermination de la Valeur de la pression P_2 que supporte la surface de contact pour un serrage donné Z représentant la différence entre le diamètre externe de la matrice et le ϕ intérieur de l'anneau.

5.4| Calcul de contrainte radiale σ_k

D'après les Calculs précédents; σ_k est donné par la formule.

$$\sigma_k = e \left(\frac{\sigma_f}{R_f} - \frac{K_f m}{R_\theta} \right) \text{ avec } \sigma_f = -k_f m (1 + \mu) \left(1 - \frac{r_0}{f} \right)$$

On prendra $R_f = R_\theta \approx R_{\text{moy}} = \frac{D-e}{2}$ et $f = \frac{D-e}{2}$ pour des raisons pratiques de Calcul; on calculera σ_k dans les conditions Optimales; d'où l'expression de σ_k

$$\sigma_k = e \left[\frac{k_f (1 + \mu) \left(1 - \frac{r_0}{f} \right)}{\left(\frac{D-e}{2} \right)} + \frac{K_f}{\frac{D-e}{2}} \right] = \frac{2e k_f}{D-e} \left[(1 + \mu) \left(1 - \frac{d}{D-e} \right) + 1 \right]$$

$$\text{d'où } \sigma_k = \frac{2e k_f}{D-e} \left[1,08 \left(1 - \frac{d}{D-e} \right) + 1 \right]$$

5.5| Calcul de la contrainte admissible de la matrice

$$\text{elle est donnée par : } \sigma_{\text{adm}} = \frac{K_2}{a^2} \left[\sqrt{a^2 + 1} - 1 \right]^2 \quad [16]$$

avec K_2 : contrainte Admissible de l'anneau précontraint.

On choisira pour l'anneau un Acier à ressort avec une composition chimique de.

$$C = 0,55 \dots 0,65\%$$

$$Mn = 0,8 \dots 1,1\%$$

$$Si = 1,3 \dots 1,8\%$$

$$Cr = 0,3\%$$

et dont la limite d'élasticité est $R_{eH} = 1500 \text{ MPa}$

$$\text{donc } K_2 = \frac{R_{eH}}{f} = \frac{1500}{1,5} = 1000 \text{ MPa}$$

(f = coeff^t de sécurité; $f = 1,5$).

Calcul du coefficient a :

le coefficient a est une Caractéristique dépendant de la machine à Presser.

$$a = \frac{d^*}{D} \text{ avec } d^* : \text{cote donnée comme Caractéristique de base de la presse.}$$

On a $d^* = 165 \text{ mm}$; $D = \phi$ de la sphère.

5.6/ Choix du matériau de la Matrice

Presque tous les aciers à outils contiennent plusieurs éléments d'addition, les propriétés de ces divers éléments ont une réaction les uns sur les autres en amplifiant mutuellement leurs actions.

Pour notre cas, on utilisera un acier très dur, fortement allié au Tungstène et au Cobalt.

En effet le Tungstène affine le grain et rend le métal plus résistant lorsqu'il est surchauffé, les Carbures de Tungstène sont extrêmement durs, et offrent une très grande résistance à la compression et une résistance à l'usure et à la charge.

Le Cobalt augmente la résistance à froid, il n'est jamais employé seul en addition mais ajouté aux aciers au chrome et Manganèse.

A cela, s'ajoute un Traitement Thermique, puisque les aciers d'outillages ont pour Caractéristique principale une dureté spéciale, jointe à une extrême rigidité après Trempe, ce qui leur permet d'exécuter toutes sortes de façonnage sans subir eux-mêmes d'usure sensible.

5.7/Dimensionnement de la matrice et l'anneau

On se propose de calculer les diamètres respectifs de la matrice et de l'anneau en fonction du diamètre de la sphère.

Le principe de ce calcul est donné par les expressions:

$$a_{1opt} = \sqrt{a} \sqrt[4]{\frac{\sigma_{adm} \text{ matrice}}{K_2}} \quad [16]$$

en remplaçons la contrainte Admissible de la matrice par sa

Valeur : $\sigma_{adm} = \frac{K_2}{a^2} \left[\sqrt{a^2 + 1} - 1 \right]^2$

on aura : $a_{1opt} = \sqrt{\sqrt{a^2 + 1} - 1} = \frac{d_2}{D} \quad (4)$

avec d_2 : diamètre de la matrice

D : diamètre de la sphère.

de la même manière:

$$a_{2opt} = \sqrt{a} \sqrt[4]{\frac{K_2}{\sigma_{adm}}} = \sqrt{\sqrt{a^2 + 1} + 1} = \frac{d_1}{d_2} \quad (5)$$

avec d_1 : diamètre extérieur de l'anneau

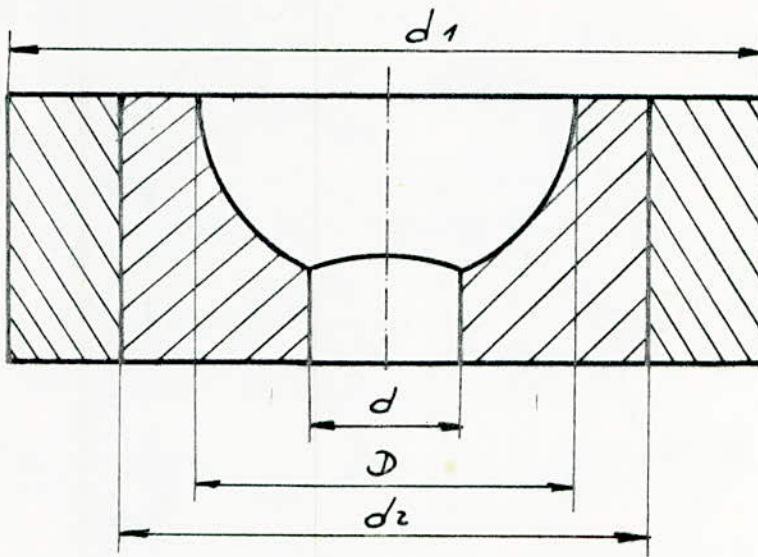
d_2 : diamètre intérieur de l'anneau.

de l'équation (4) on tire la valeur de d_2

d'où $d_2 = D \cdot a_{1opt}$

de l'équation (5) on tire la valeur de d_1

d'où $d_1 = d_2 \cdot a_{2opt}$.



Tous les résultats sont regroupés dans le Tableau suivant.

D	a	d_z	d_1
21,0	7,85	55,21	164,83
28,5	5,78	62,86	164,71
34,5	4,78	67,98	164,89
44,5	3,70	74,89	165,63
54,5	3,02	80,49	164,58
69,5	2,37	87,14	164,69
84,0	1,96	92,03	164,63

5.8/ Calcul de la pression à l'interface entre la matrice et l'anneau

Cette pression règne au Niveau du joint Anneau. matrice et elle donne par la relation

$$P_2 = \frac{1}{2} \left[\sigma_k + 2 + \sqrt{\frac{\sigma_k K_2}{a^2}} \right] = \frac{\sigma_k}{2} + 1 + \frac{\sqrt{\sigma_k K_2}}{2a} \quad [\text{MPa}].$$

Cette pression de contact sera considérée une pression extérieure pour la matrice et une pression intérieure pour le cylindre externe

$$\text{avec } \sigma_k = \frac{2ekf}{D \cdot e} \left[1,08 \left(1 \cdot \frac{d}{D \cdot e} \right) + 1 \right].$$

Les résultats obtenus sont résumés dans le Tableau suivant en fonction des diamètres des sphères.

D	σ_k [MPa]	P_2 [MPa]
21,0	167,8	110,99
28,5	128,35	96,16
34,5	114,34	93,54
44,5	102,26	95,34
54,5	89,19	87,97
69,5	63,54	85,94
84,0	56,63	90,02

5.9/ Calcul de l'écart nécessaire entre l'anneau et la matrice

la Capacité portante de l'assemblage forcé est déterminée en premier lieu par la Valeur du serrage Z_2 , c'est à dire par la différence entre les diamètres d'ajustement.

Cette assemblage forcé est réalisé par montage à la presse par échauffement de l'anneau et refroidissement de la matrice

Cet écart est donné par la formule [16]

$$Z_2 = \frac{d_2}{2} \left[-\frac{\sigma_K}{E_1} \cdot \frac{2}{a_1^2 - 1} + P_2 \left[\frac{1}{E_2} \left(\frac{a_2^2 + 1}{a_2^2 - 1} + \nu_2 \right) + \frac{1}{E_1} \left(\frac{a_1^2 + 1}{a_1^2 - 1} + \nu_1 \right) \right] \right] \quad [\text{mm}]$$

avec $E_1 = 5 \cdot 10^5 \text{ MPa}$: Module d'élasticité longitudinal des aciers durs (Pour la matrice)

$E_2 = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ (Pour l'anneau précontraint)

$\nu_1 = 0,35$ coefficient de Poisson de la matrice

$\nu_2 = 0,3$ " " " " l'anneau

P_2 = Pression à l'interface entre la matrice et l'anneau.

σ_K = Contrainte radiale dans la matrice.

les résultats obtenus sont rassemblés dans le Tableau suivant, en fonction du diamètre des sphère.

D [mm]	d_2 [mm]	Z_2 [μm]
21,0	55,21	27,5
28,5	62,86	27,0
34,5	67,98	27,3
44,5	74,89	30,5
54,5	80,49	31,10
69,5	87,14	35,60
84,0	92,03	44,82

d'après la fig(23):
l'écart entre l'anneau et la
matrice sera

$$Z_2 = \frac{d_2' - d_2''}{2}$$

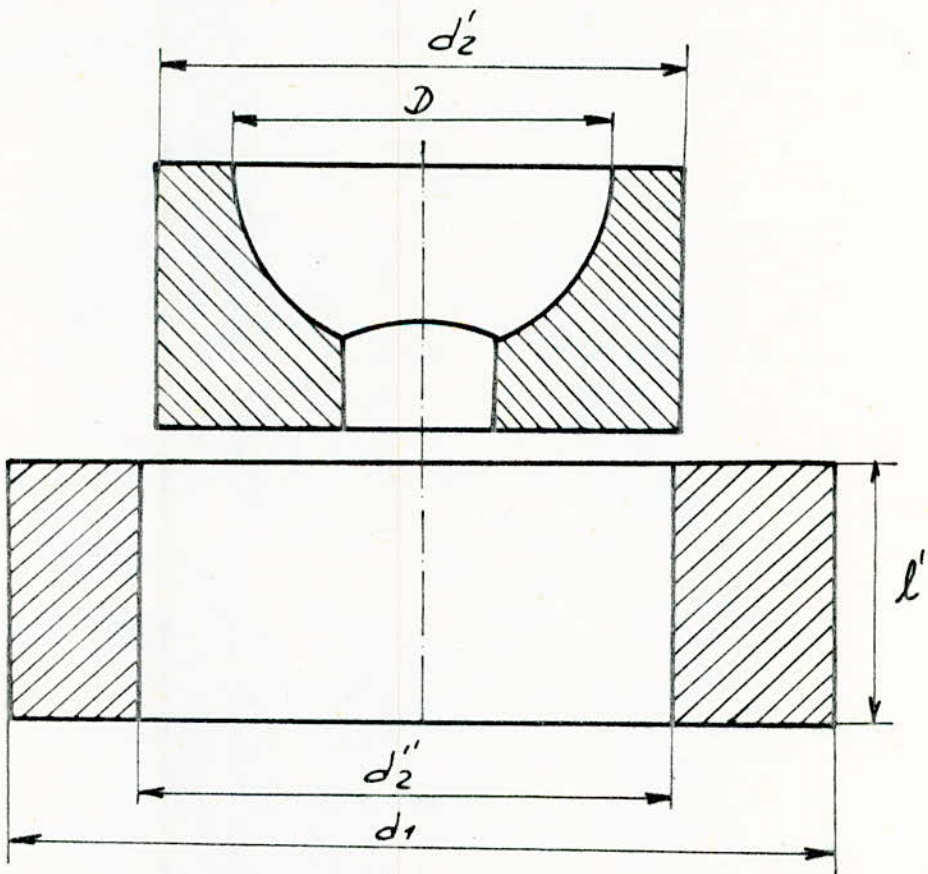


Fig:23

CHAP 6 :

6.1/ FONCTIONNEMENT DE L'OUTILLAGE

le produit à banche est livré sous forme de Tube avec une longueur et un diamètre déterminé auparavant par le calcul. Au début de l'opération, l'opérateur place le Tube à l'intérieur de la matrice inférieure (le bloc supérieur est en position haute)

le Tube étant maintenu en position verticale par le biais d'une pince synchronisée avec le mouvement du bloc mobile par un système de Came-galet (Transformant un mouvement vertical en un mouvement d'avance-recul horizontal de la pince) de telle sorte que la pince lâche le Tube et commence à reculer au moment où la matrice supérieure touche le Tube; c'est ainsi que la pince est tenue hors du champ de contact des matrices.

A ce moment là, commence le pressage du Tube qui se transforme en sphère. Une fois le pressage terminé, on active le système d'éjection de la sphère agissant à l'aide de deux éjecteurs ayant pour rôle d'effectuer la sortie hors de la matrice de la sphère qui sera ensuite récupérée par l'opérateur.

Ensuite le bloc mobile commence son mouvement de montée à vide en même temps que la pince engage son mouvement

de retour pour le positionnement du Nouveau tube et c'est ainsi que le cycle recommence.

6.2| Changement de l'outillage

Etant donné que notre presse est conçue pour la fabrication d'une série de sphères de différent diamètre; il faut donc pour chaque diamètre adopté l'outillage correspondant.

Le principe régissant cette application impose l'utilisation d'une valeur unique de course du coulisseau, c'est donc l'outil nécessitant la course la plus importante qui détermine la valeur de la course.

Les seuls éléments susceptibles d'un changement sont le bloc matrice. Anneau (solidaire d'un montage forcé) qui détermine le diamètre D de la sphère, et la Tige de limitation qui caractérise le diamètre d .

De plus, la pince est dotée d'un système de réglage lui permettant soit l'avance, soit le recul suivant que le diamètre du Tube diminue ou augmente, la pente de la pince est déterminée de façon qu'elle inscrive tout les diamètres des Tubes.

6.3/ Calcul de la Productivité

la presse est équipée d'un dispositif de selection de Vitesse ainsi la course de remonté à vide du coulisseau est effectuée à Vitesse accélérée par rapport à celle de pressage.

Chronologie de la fabrication

1/. Descente de Pressage avec $V: 5 \text{ mml/s}$ sur une distance de 106 mm en Mouvement Uniforme

$$V = \frac{x}{t} \Rightarrow t = \frac{x}{V} = \frac{106}{5} = 21,2 \text{ s} \quad t_1: 21,2 \text{ s}$$

2/. Ejection de la pièce et son ramassage par l'opérateur on estime un temps moyen de $t: 15 \text{ s}$ $t_2: 15 \text{ s}$

3/. Monté à vide du bloc supérieur à Vitesse accélérée $V: 10 \text{ mml/s}$ en Mouvement Uniforme sur 106 mm .

$$t = \frac{x}{V} = \frac{106}{10} = 10,6 \text{ s} \quad t_3: 10,6 \text{ s}$$

4/. Rechargement de la Presse en Tube ébauche.

on l'estime à $t: 15 \text{ à } 20 \text{ s}$ $t_4: 15 \text{ à } 20 \text{ s}$

Temps Total d'un cycle de production.

$$t_{\text{Total}} = 61,8 \text{ s}$$

Donc on peut prévoir une production pouvant atteindre jusqu'à $53 \text{ à } 56 \text{ pièces / heure}$.

CONCLUSION

L'étude complète de la déformation plastique est loin d'être facile, elle est en réalité beaucoup plus complexe et nécessite le travail en collaboration d'un groupe de spécialistes (Mécaniciens; Métallurgistes, Chimistes).

En effet; la partie la plus délicate de cette technique de formage à froid réside dans le choix des dimensions initiales du Tube, ainsi que la détermination des contraintes et des efforts à développer; pour l'extension de l'étude une programmation est indispensable et un calcul plus poussé pour connaître notamment les phénomènes métallurgiques, les états de Tension et les différents déplacements subit par les différents Critaux au cours de la déformation.

Malgré tous les problèmes que j'ai rencontrés lors de mon travail et surtout le manque de documentation pour l'élaboration du Calcul (chaque constructeur se réserve le secret de sa propre recherche), j'ai essayé à Travers le présent travail de toucher aux principaux points et on peut dire que cette étude peut déjà constituer un point de départ, et un amont pour le lancement d'une recherche détaillée d'un grand projet industrielle pour la fabrication des sphères de retenues.

BIBLIOGRAPHIE

- 1|. Façonnage des Métaux par Déformation plastique
Erich Siebel Paris (Bib E.N.P.A)
- 2|. Pratique du Forgeage Tome I et II
Pyc. Edition. Jean Husson (Bib C.C.F)
- 3|. Encyclopédie Technique de l'ingénieur
Tome 3 (M3): Mise en forme des Métaux 1970
(Bib E.N.P.A)
- 4|. Technologie de Fabrication Mécanique
- la matière et sa mise en forme (1)
J Bosi, J. le Van Armond Colin (Bib C.C.F)
- 5|. Usinage sans copeaux
J. Hibout et M. Roger Delagrave (Bib C.C.U)
- 6|. Mise en Forme des Métaux. Tome I et II
P Bague et E. Falder Dunod (Bib E.N.P.A)
- 7|. Technologie de Fabrication Mécanique Tome II
M. Norbert et R. Philippe
la Capitelle S.A éditions Uzès
(Bib C.C.U)
- 8|. l'outillage de presses de Type conventionnelle
Gerald Chauvelin
Des forges. Editeur Paris (Bib C.C.F)

9|. le modèle en Fonderie

Encyclopédie des Sciences Industrielles - Tome 3. Quillet
Paris 1974.

10|. Travaux et Outillage à la Presse

Wassilieff Dunod Paris (Bib E.N.P.A)

11|. Emboutissage, Règles principales et Calcul

Wassilieff Dunod Paris (Bib E.N.P.A)

12|. Guide du dessinateur Industriel

A. Chevalier.

13|. Projets de fin d'études

- Production de soupapes d'admission par
déformation plastique A. Kellaci 1983

14|. - Développement d'une Technologie d'usinage à froid
des vis à Tête hexagonale par déformation
plastique M. Tayeb Brahim

Juin 1983.

15|. Cours du Module "Technologie d'exécution 3" (T.E.3)

enseigné en 5^B Génie Mécanique

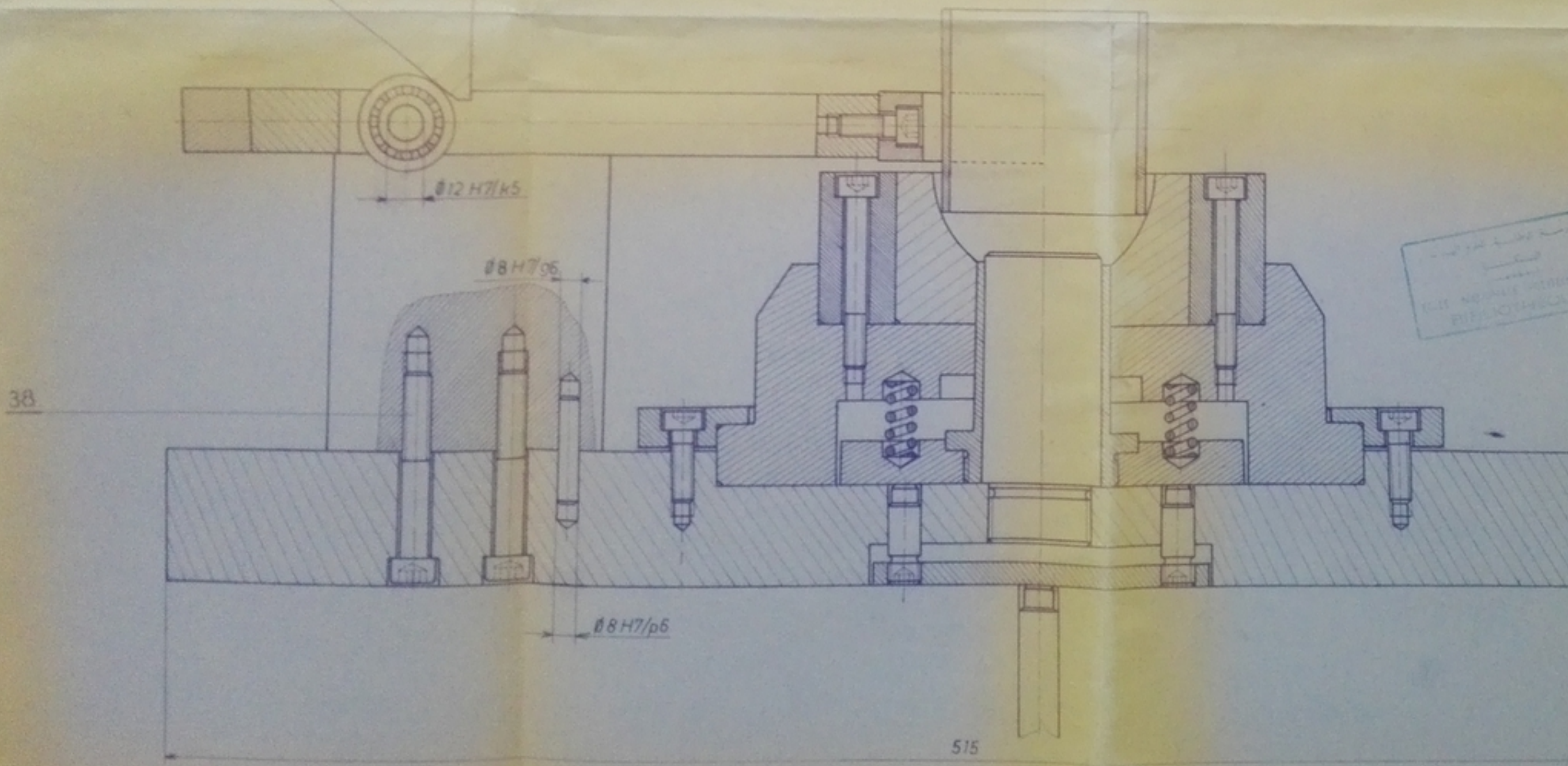
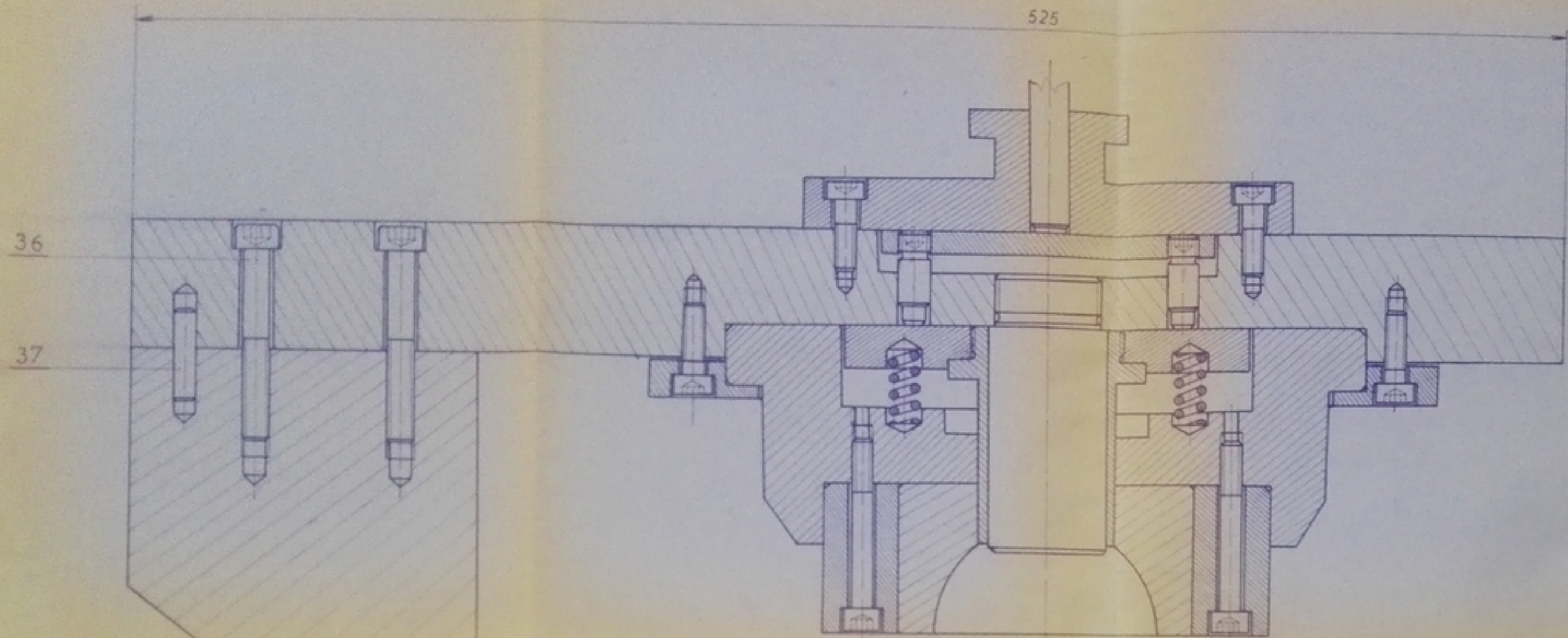
par M^r A. Elcöd

16|. Fémek Képlékény alakítás

Dr Gillemot L, Dr Ziaja Gy

Tankönyv kiadó, Budapest 1980.



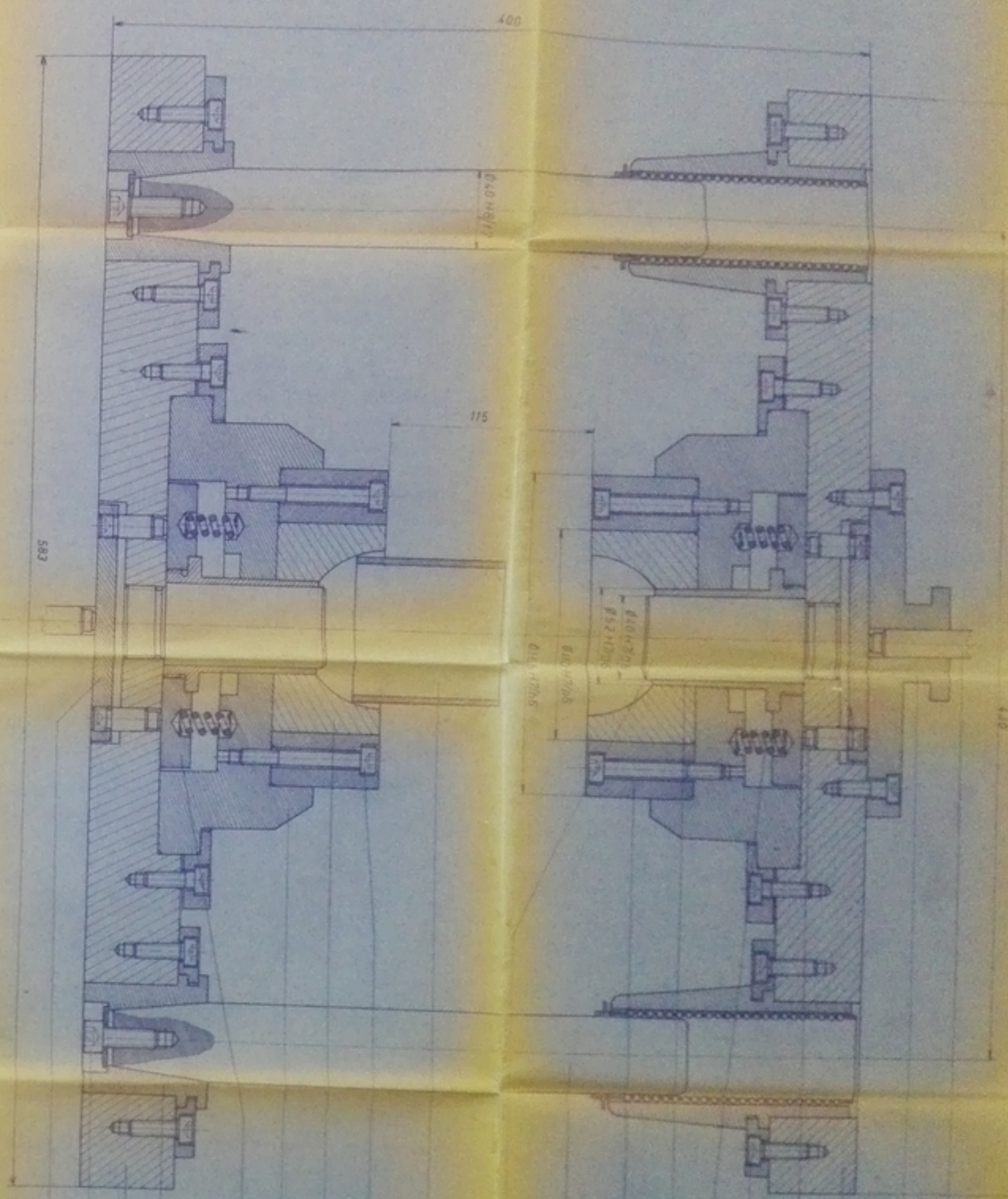
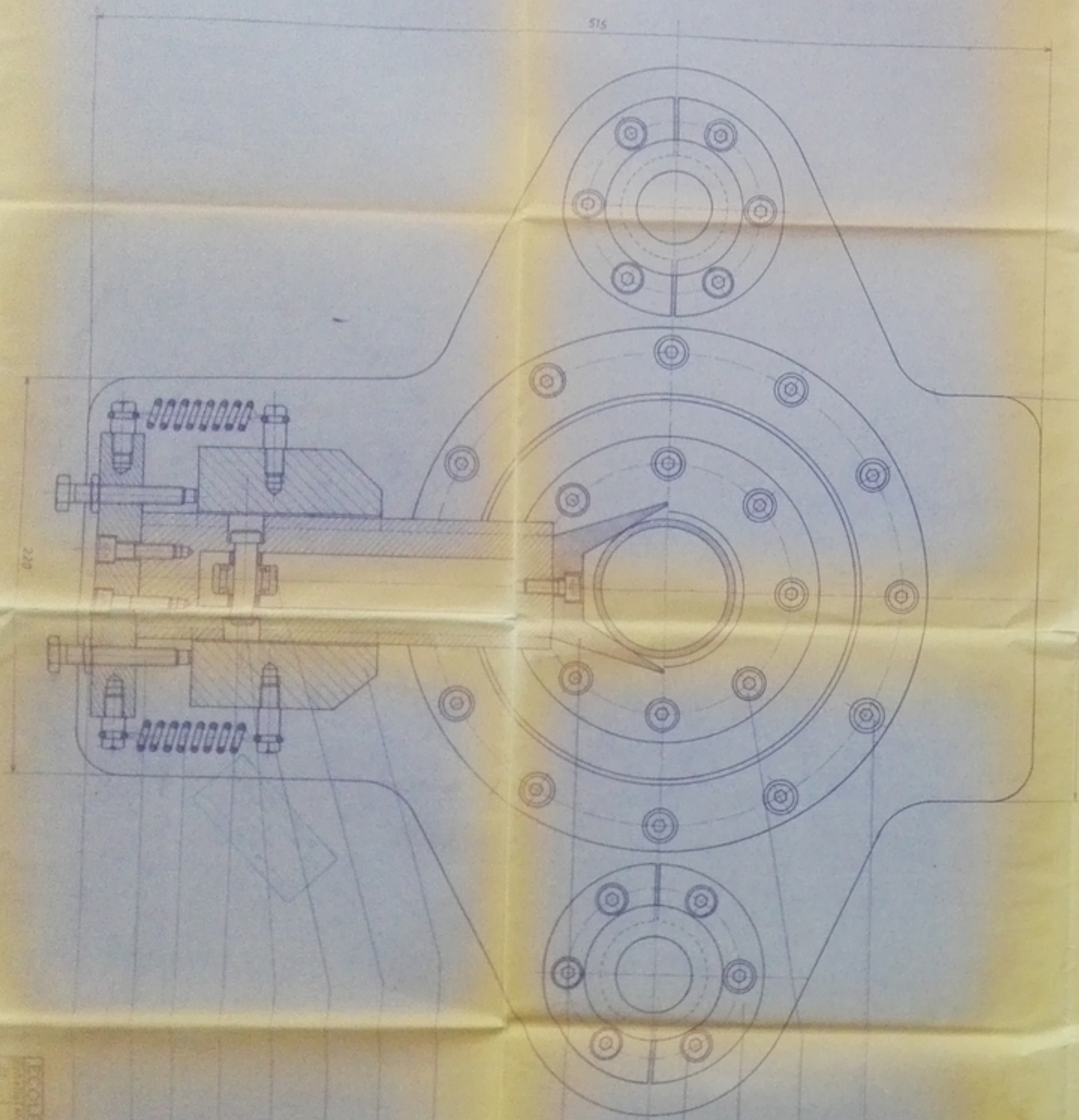


PM00685
-4-

38	Vis CHc M10.65	2	clas 5.6	NFE27161
37	Goupille de position $\varnothing 8-37$	4	XC42	
36	Vis CHc M10.70	2	clas 5.6	NFE27161
35	Foureaux à billes	2		
34	Vis CHc M8.30	2	clas 5.6	
33	Ecrou Hm M10	2	clas 5	NFE27145
32	Vis de réglage Hm M10.50	2	clas 5.6	
31	Ressort cylindrique	2	50CV4	NFE0314
30	Arbre	1	XC32	
29	Circulaps pour arbre 12x1	1	XC75	NFE27161
28	Vis Hm M10.25	4	clas 5.6	NFE27161
27	Roulement à aiguilles	1		12N15.32
26	Support de guidage	2	XC42	
25	Bras coulisseau	1	XC42	
24	Fourchette de positionnement	1	XC42	
23	Vis CHc M8.26	6	clas 5.6	NFE27161
22	Bride de fixation	4	XC32	
21	Vis CHc M8.50	8	clas 5.6	NFE27161
20	Vis CHc M8.26	12	clas 5.6	
19	Plaque d'ejection	2	XC42	
18	Vis CHc M10.28	2	clas 5.6	NFE27161
17	Bloc de guidage fixe	1	XC65	Normalisé
16	Semelle de fixation	2	XC42	
15	Plaque d'ejection	2	XC42	
14	Parte matrice	2	A38	
13	Matrice	2	WCo85	acier dur
12	Vis CHc M8.60	8	clas 5.6	NFE27161
11	Tube à déformer	1		acier inox
10	Tige de limitation	2	XC42	
9	Colonne de guidage	2	25CD4	trempé
8	Anneau précontraint	2		révêtu
7	Ejecteur	2	XC42	
6	Ressort cylindrique	6	50CV4	fil 04
5	Vis CHc M8.26	6	clas 5.6	
4	Poussoir	6	XC42	
3	Bloc de guidage mobile	1	XC65	Normalisé
2	Chapeau de pressage	1	XC65	trempé
1	Tige de poussée	2	XC32	révêtu
RP	DÉSIGNATION	Nb	Mat	Observ

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

Echelle	Masse	<input checked="" type="checkbox"/>	OUTILLAGE	ENPA
Etudiant	Bada		DE PRESSE	Dep Mécanique
Promot	Ele6d			PR 01 01



ÉCOLE NATIONALE PATHECHNIQUE

26
27
28
29
30
31
32
33

19
18
17
16
15
14
13
12
11

10
9
8
7
6
5
4
3
2

418
579