



32-530-715-1

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE DE BLIDA
INSTITUT DE MECANIQUE**

THESE DE MAGISTER

Présenté par : D TOUMI

**En vue de l'Obtention du Diplôme de Magister
en Génie Mécanique
Option : Construction Mécanique.**

Thème

**ETUDE CINEMATIQUE ET DYNAMIQUE DES
INSTRUMENTS DE COUPE
"PLATS INCLINES ET DISQUES"**

Soutenue devant le jury :

Président	Dr. A. BETTAHAR	Maître de Conférence CU Chlef
Examineur	Dr. M. OUALI	Maître de Conférence U Blida
	Dr. M. HADJI	Maître de Conférence U Blida
	M ^f M. TEMMAR	Chargé de Cours U Blida
Rapporteur	Dr. A. ALLALI	Chargé de Cours U Blida
Co-Rapporteur	Dr. A. BRAHIMI	Chargé de Cours U Blida

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE BLIDA
INSTITUT DE MECANIQUE

THESE DE MAGISTER

Présenté par : D TOUMI

En vue de l'Obtention du Diplôme de Magister
en Génie Mécanique
Option : Construction Mécanique.

Thème

ETUDE CINEMATIQUE ET DYNAMIQUE DES
INSTRUMENTS DE COUPE
"PLATS INCLINES ET DISQUES"

Soutenue devant le jury :

Président	Dr. A. BETTAHAR	Maître de Conférence CU Chlef
Examineur	Dr. M. OUALI	Maître de Conférence U Blida
	Dr. M. HADJI	Maître de Conférence U Blida
Rapporteur	M ^r M. TEMMAR	Chargé de Cours U Blida
	Dr. A. ALLALI	Chargé de Cours U Blida
Co-Rapporteur	Dr. A. BRAHIMI	Chargé de Cours U Blida

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Messieurs ALLALI Abderezak et BRAHIMI Abdelhalim, pour avoir accepté de diriger ce travail et pour m'avoir encouragé à préparer cette étude.

Je remercie Monsieur BETTAHAR Ahmed d'avoir accepté de présider le jury de ce mémoire.

Je remercie également Messieurs M. OUALI, M. TEMMAR, et M. HADJI pour avoir accepté d'examiner mon travail et de faire partie du jury de mon mémoire.

Je remercie vivement Messieurs B. RAHMOUNE et D. BENGUERBA qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de ce travail, et pour l'aide qu'ils m'ont prodiguée.

Je remercie l'ensemble des enseignants et travailleurs de l'Institut de Mécanique

Liste des Figures

<u>Figure</u>	<u>Page</u>
Fig 1.1. Schéma de détermination de l'angle d'affûtage d'un couteau plat	03
Fig 1.2. Schéma d'analyse cinématique de découpage glissant	05
Fig 1.3. Schéma cinématique de découpage haché	07
Fig 1.4. Schéma d'analyse cinématique de découpage haché avec un couteau incliné	08
Fig 1.5. Schéma d'analyse cinématique de découpage avec un couteau incliné à deux côtés affûtés	10
Fig 1.6. Schéma d'analyse cinématique de découpage avec un couteau incliné à un seul côté affûté	11
Fig 1.7. a - Schéma d'application des forces sur le couteau à un seul côté affûté. b - Schéma de déformation de la matière par le découpage haché.	13
Fig 1.8. Schéma d'analyse dynamique de découpage avec un couteau incliné à deux côtés affûtés	16
Fig 1.9. Schéma de détermination de la force normale de pression sur la matière à l'aide d'un couteau plat incliné.	22
Fig 1.10. Schéma d'application des forces sur la matière avec un couteau plat incliné.	27
Fig 1.11. Schéma d'analyse des forces appliquées sur la matière à l'aide d'un couteau plat à un seul côté affûté.	30
Fig 1.12. Schéma en coupe de l'application des forces sur la matière à l'aide d'un couteau plat à un seul côté affûté.	31
Fig 1.13. Schéma cinématique de l'installation expérimentale.	35
Fig 1.14. Installation expérimentale.	36
Fig 1.15. Couteau plat incliné.	36
Fig 1.16. Schéma du circuit électrique.	39
Fig 1.17. Etalonnage à l'aide d'un pont de Winston.	40
Fig 1.18. Oscillogrammes types de processus de coupe d'étude.	42
Fig 1.19. Relation entre la force de résistance et la vitesse du couteau (A 2 C A)	44
Fig 1.20. Relation entre la force de résistance et la vitesse du couteau (A 1 seul C A)	45
Fig 1.21. Relation entre la force de résistance et l'angle d'inclinaison du couteau (A 2 C A)	46
Fig 1.22. Relation entre la force de résistance et l'angle d'inclinaison du couteau (A 1 S C A)	47

Fig 1.23. Relation entre la force de résistance et l'épaisseur du couteau (A 2 C A).	48
Fig 1.24. Relation entre la force de résistance et l'épaisseur du couteau (A 2 C A).	49
Fig 1.25. Schéma de détermination des forces de frottement de serrage.	51
Fig 1.26. Oscillogrammes types de détermination des forces de frottement.	52
Fig 1.27. Valeurs de coefficient de frottement pour des différentes vitesses et forces de pression du couteau.	55
Fig 2.1. Schéma de détermination de l'angle de coupe.	59
Fig 2.2. Schéma d'application du couteau sur la matière.	62
Fig 2.3. Organigramme de l'étude de changement de l'angle de coupe selon l'épaisseur de la matière.	64
Fig 2.4. Graphe de calcul de relations entre l'angle de coupe et l'épaisseur de la matière (Petites vitesses).	65
Fig 2.5. Graphe de calcul de relations entre l'angle de coupe et l'épaisseur de la matière (Grandes vitesses).	66
Fig 2.6. Schéma d'application des forces sur le couteau disque pendant le découpage.	68
Fig 2.7. Schéma de détermination de la force de coupe selon la partie tranchante.	71
Fig 2.8. Schéma de calcul de la force de frottement de la matière par rapport à l'arrête tranchante.	75
Fig 2.9. Schéma à rapprocher la solution du problème pour déterminer la force (F_1).	79
Fig 2.10.. Relation entre la puissance nécessaire de coupe et le rapport de vitesses K.	84
Fig 2.11. Relation entre les forces qui actionnent sur la matière dans le plan horizontal et le rapport de vitesses K.	84

RESUME

Le domaine de la théorie de coupe et plus précisément de l'outillage connaît des développements récents et considérables.

Dans ce contexte, des sujets ayant trait à ce thème sont proposés l'Institut de Génie Mécanique de l'Université de Blida

Le but de ce mémoire consiste en l'étude cinématique et dynamique des instruments de coupe plats inclinés, et disques.

L'étude théorique effectuée sur les couteaux plats inclinés, et disques permettent l'obtention des relations analytiques, pour le calcul des paramètres cinématique et dynamiques, en fonction de la géométrie des couteaux et les propriétés physico-mécaniques de la matière à découper.

Pour valider les relations analytiques obtenues, on réalise une installation expérimentale.

Les expériences menées permettent la sélection de quelques paramètres des instruments de coupe.

Les résultats sont donnés sous forme de tableaux et de graphes avec les conclusions nécessaires.

SUBSTRACT

The cutting theory and more precisely the tools used in cutting materials are developing considerably. As a result the University of Blida and its Mechanical Engineering Institute are interested in this subject and want to involve itself in studying the actual trend and its applications in the classical/ traditional tooling using the theory and the experimental works on bent plate-knives and disks. We developed the analytical equations for analysing the kinematical and dynamical parameters of the given plate geometry and the physical -mechanical material properties. To validate the found analytical relations we realised an experimental installation, of its kind, which allowed us to fundamentally obtain some of the tools cutting the parameters. Anyhow this work has made the general theory and practice more convergent than ever, our results are given in both tables and curves forms.

Sommaire

	Page
Introduction	01
1. Etude du phénomène de coupe du cuir en « tripe ».	02
1.1. Cinématique de coupe avec des couteaux plats.	02
1.2. Analyse des forces appliquées sur le couteau plat avec un matériau élasto- plastique.	12
1.3. Etude expérimentale sur les couteaux plats avec le cuir	34
1.4. Analyse comparative des données et des résultats expérimentales et le calcul théorique.	50
Conclusion du premier chapitre.	56
2. Etude du phénomène de coupe du cuir avec des couteaux disques.	58
2.1. Cinématique de coupe avec des couteaux disques.	58
2.2. Analyse des forces appliquées sur le couteau disque avec la matière.	63
Conclusion du deuxième chapitre.	85
Conclusion générale.	86
Bibliographie.	
Annexe.	

Introduction

Actualité du travail :

La fabrication des machines-outils a toujours été une priorité majeure dans toutes les politiques de développement sur les plans techniques, scientifiques, et économiques.

Le but de notre travail est l'étude du phénomène de la coupe du cuir à l'état semi-fini, autrement dit en phase de découpage.

Cette étude nous permettra de faire une analyse très approfondie sur :

- L'état de la matière à découper.
- Les conditions de coupe.
- Le comportement de la matière pendant la coupe.
- L'influence des paramètres géométriques des instruments de coupe.
- La fiabilité des installations mécaniques, pour que le processus de coupe se réalise dans les meilleures conditions : à savoir la coupe et le déplacement de la matière par rapport à l'outil de coupe.
- La rentabilité du procédé.

But et problème de recherche :

- Le but de notre travail est d'étudier le phénomène de coupe, ainsi que le mécanisme de déplacement du couteau. Pour cela il était indispensable de résoudre les problèmes suivants :
- Effectuer l'analyse des procédés de coupe utilisés actuellement dans les différentes filières de transformation du cuir, et les installations de découpage.
- Pré-analyser les méthodes de base de l'application des instruments de coupes sur la matière à traiter pendant le découpage.
- L'exécution des recherches théoriques, (cinématique et dynamique) correspondant au couteau plat incliné et disque avec des matériaux flexibles.
- Accomplissement des recherches expérimentales du phénomène de coupe avec les différents matériaux à découper à l'aide des couteaux plats et disques.
- Possibilité de l'étude des différentes opérations de découpage à l'aide des machines à disques fermées.

Méthodes de recherche :

Dans ce travail, nous avons élaboré les méthodes de recherches théoriques et expérimentales.

Les recherches théoriques sont accomplies à la base des positions théoriques des mécanismes, la résistance des matériaux, les différentiels et les intégrales des équations.

Les recherches expérimentales sont élaborées à l'aide du circuit du pont de Winston, l'électronique et les statistiques mathématiques.

Nous avons élaboré des installations spéciales. Le traitement des données expérimentales est effectué sur ordinateur.

Nouveauté scientifique :

1 – Nous avons trouvé des relations analytiques pour l'analyse cinématique et dynamique de l'application des couteaux plats et disques sur des matériaux flexibles, et nous avons établi le lien entre les paramètres géométriques des couteaux et leur régime de travail, et les caractères physico-mécaniques des matériaux à traiter d'autre part.

2 – Des recherches expérimentales ont été effectuées pour déterminer les indices des forces pendant le découpage à l'aide des couteaux plats et disques sur des différents matériaux, où nous avons déterminé les paramètres rationnels des instruments de coupe.

Chapitre 1

1. Etude du phénomène de coupe du cuir en "tripe"

L'analyse du phénomène de coupe à l'aide d'un couteau plat incliné, sur les différentes matières peut être envisagée dans trois cas différents :

- Haché ;
- Scie (glissant),
- Coupe avec des couteaux inclinés.

Ces cas diffèrent par la nature de déplacement de l'arrête tranchante, et celle de la matière ; c.à.d, la cinématique de coupe /1-2-3-11-23/.

La cinématique de la coupe se caractérise par :

- L'importance des charges appliquées à l'arrête tranchante du couteau.
- La grandeur des forces de résistance de coupe appliquée sur cette arrête /10-13-23/.

Les problèmes de la cinématique et de la dynamique selon les cas (glissant et haché) /3-5-6-9-10-11-12/. En même temps, il y aura une différence des données de recherche du phénomène de coupe de la matière avec des couteaux plats à arrêtes tranchantes inclinées, en faisant un mouvement dont la direction est parallèle au plan de la matière.

Dans ce contenu, et pour résoudre ces problèmes, nous avons établi dans la première partie, les données nécessaires théoriques et expérimentales des recherches en utilisant la matière en "tripe".

Dans la première étape, nous avons rapporté les résultats expérimentaux relatifs aux deux cas (glissant et haché), comparativement aux recherches déjà établies.

1.1. Cinématique de coupe avec des couteaux plats :

La cinématique de coupe du cuir en «tripe» a fait l'objet d'une étude profonde dans les travaux /3-1-8/. Nous signalons l'importance de la géométrie du couteau plat qui a fait l'objet des travaux indiqués ci-dessus.

La figure (1-1) montre les possibilités d'affûtage des couteaux.

Description de la partie active du couteau :

a/ cas de l'affûtage des deux côtés :

α_1 : Angle formé par l'intersection des plans : ABEF et BCDE figure (1-1-a), d'où résulte le bord tranchant du couteau \overline{BE} .

b/ cas de l'affûtage d'un seul côté :

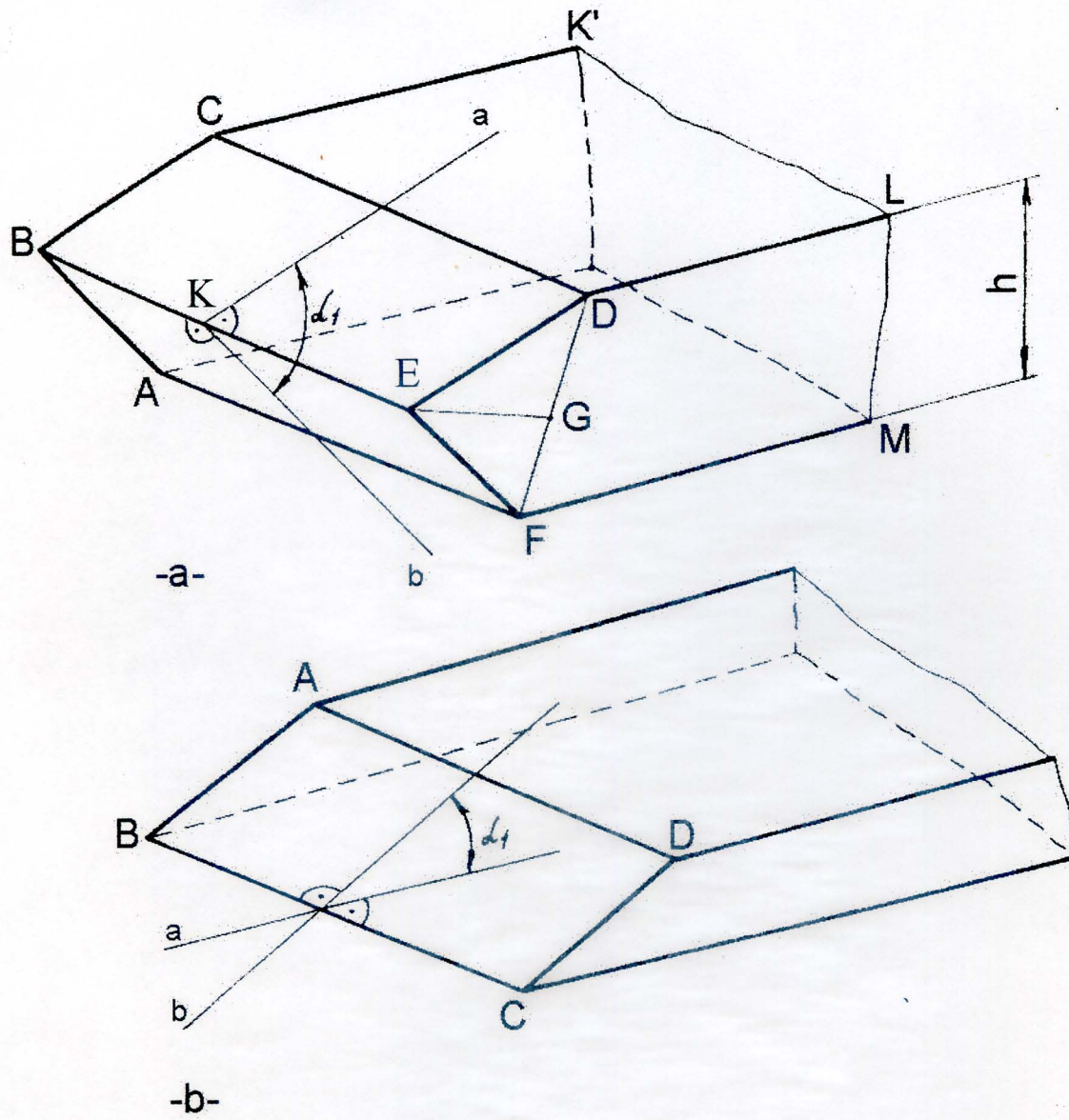


Fig. 1.1. Schéma de détermination de l'angle d'affûtage d'un couteau plat.

a- Avec deux côtés affûtés.

b- Avec un seul côté affûté.

α_1 : formé par l'intersection du plan de base du couteau et de la face ABCD. \overline{BC} est l'arrête tranchante.

Les sections latérales de la partie active forment le bord tranchant du couteau \overline{BE} .

La valeur de l'angle d'affûtage du couteau influe essentiellement sur la stabilité de l'arrête tranchante, et assure les meilleures conditions de coupe.

La variation de l'angle d'affûtage " α_1 ", selon les deux cas possibles, nous conduit incontestablement vers une solution optimale à adopter à la coupe du cuir en "tripe"

L'angle " α_2 ", est l'angle formé par la section du bec par le plan passant par les points "A", "C", et "E", et porte le vecteur vitesse résultant des vitesses de coupe et de déplacement (voir figure (1-2)).

L'angle de coupe " α_2 " facilite la cinématique du phénomène de coupe, et la liaison du mouvement du couteau par rapport à la matière, et peut être inférieur ou égal à l'angle d'affûtage.

Les différentes théories indiquent : en diminuant l'angle de coupe " α_2 ", la force de résistance due à la coupe diminue sensiblement, et facilite l'action de découpage de la matière.

L'intensité de l'arrête tranchante influe sur les angles de coupes, et par contre on peut s'attendre à la diminution de l'effort de coupe.

L'angle de coupe " α_2 " peut être d'une manière évidente illustré dans la cinématique de coupe pour le cas de coupe glissant.

Etudions le phénomène de coupe représenté par la figure(1-2). On trouve que la matière à découper "1" est immobile et se trouve sur le plan horizontal (parallèle au plan XOY), le couteau plat "2" possède un angle de coupe $\widehat{GED} = \alpha_1$, et accompli un déplacement vertical ZOY avec une vitesse résultante \vec{V}_r .

Pour cela la composante de la vitesse verticale dirigée dans le sens de l'arrête tranchante \overline{OE} est égale à \vec{V}_c , mais la vitesse horizontale est orientée perpendiculairement à \overline{OE} est égale à \vec{V}_M .

A partir des données déterminées ci-dessus, l'angle de coupe " α_2 " est donné par les lignes \overline{AE} et \overline{CE} selon la section de la partie tranchante du couteau avec le plan, en formant le vecteur \vec{V}_r et la droite a-a perpendiculaire au plan de mouvement du couteau ZOY.

Nous constatons que $\widehat{BEF} = \beta_0$, et le point "E", est le point d'application des 3 angles :
 α_1 : angle d'affûtage,

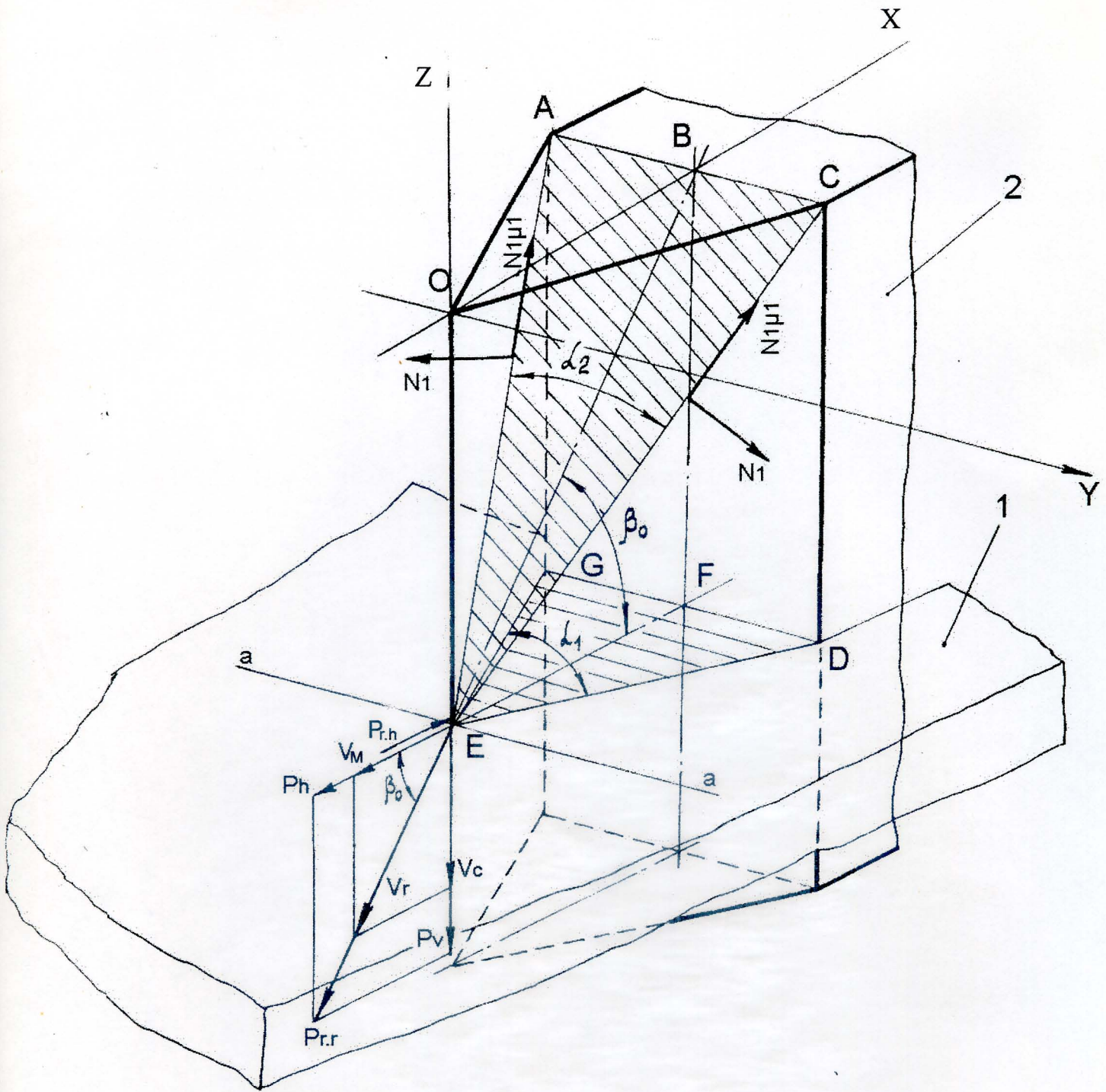


Fig. 1.2. Schéma d'analyse cinématique de découpage glissant.

α_2 : angle de coupe,

β_0 : angle formé par les plans \overline{ACE} et \overline{GED} ; déterminons la relation $\alpha_2 = f(\alpha_1)$:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} = \frac{\overline{BC}}{\overline{BE}} = \frac{\overline{FD}}{\frac{\overline{FE}}{\cos \beta_0}} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cos \beta_0;$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cos \beta_0 ; \quad [1-1]$$

et pour déterminer l'angle de coupe on peut avoir :

$$\cos \beta_0 = \frac{V_M}{V_r} = \frac{V_M}{\sqrt{V_c^2 + V_M^2}} = 1 / \sqrt{V_c^2 / V_M^2 + 1}$$

prenons $\frac{V_c}{V_M} = K$, nous aurons :

$$\cos \beta_0 = 1 / \sqrt{K^2 + 1} ; \quad [1-2]$$

En résumé la fonction relation ($\alpha_2 = f(\alpha_1)$), après avoir introduit [1-2] dans [1-1] nous aurons :

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} = \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{K^2 + 1}} ; \quad [1-3]$$

Cette formule nous montre que dans le cas de coupe glissante, l'angle de coupe " α_2 " est inférieur à l'angle d'affûtage " α_1 ", et diminue selon la variation des rapports des vitesses " K ".

Cette relation nous montre le cas de déplacement du couteau, selon un angle droit par rapport au plan de la matière à découper, et en même temps nous donne une analyse cinématique du cas de coupe glissante selon le schéma donné.

La différence entre les deux cas de coupe (glissante et hachée), selon le même sens de coordonnées c'est $\vec{V}_r = \vec{V}_c$ (voir figure (1-3)). Comme c'est indiqué sur la figure, le plan de la droite $\overline{a-a}$ et le vecteur " \vec{V}_r " coïncident avec le plan perpendiculaire à l'arrête tranchante, et par conséquent, l'angle de coupe donné dans ce cas est égal à l'angle d'affûtage :

$$\alpha_1 = \alpha_2 . \quad [1-4]$$

Sur la figure (1-4) on a illustré le schéma de l'action du couteau sur la matière dans le cas de coupe hachée avec un couteau incliné selon la coupe en ciseau.

Le couteau "1" accomplit un déplacement continu suivant l'axe OZ selon la vitesse " \vec{V}_r ".

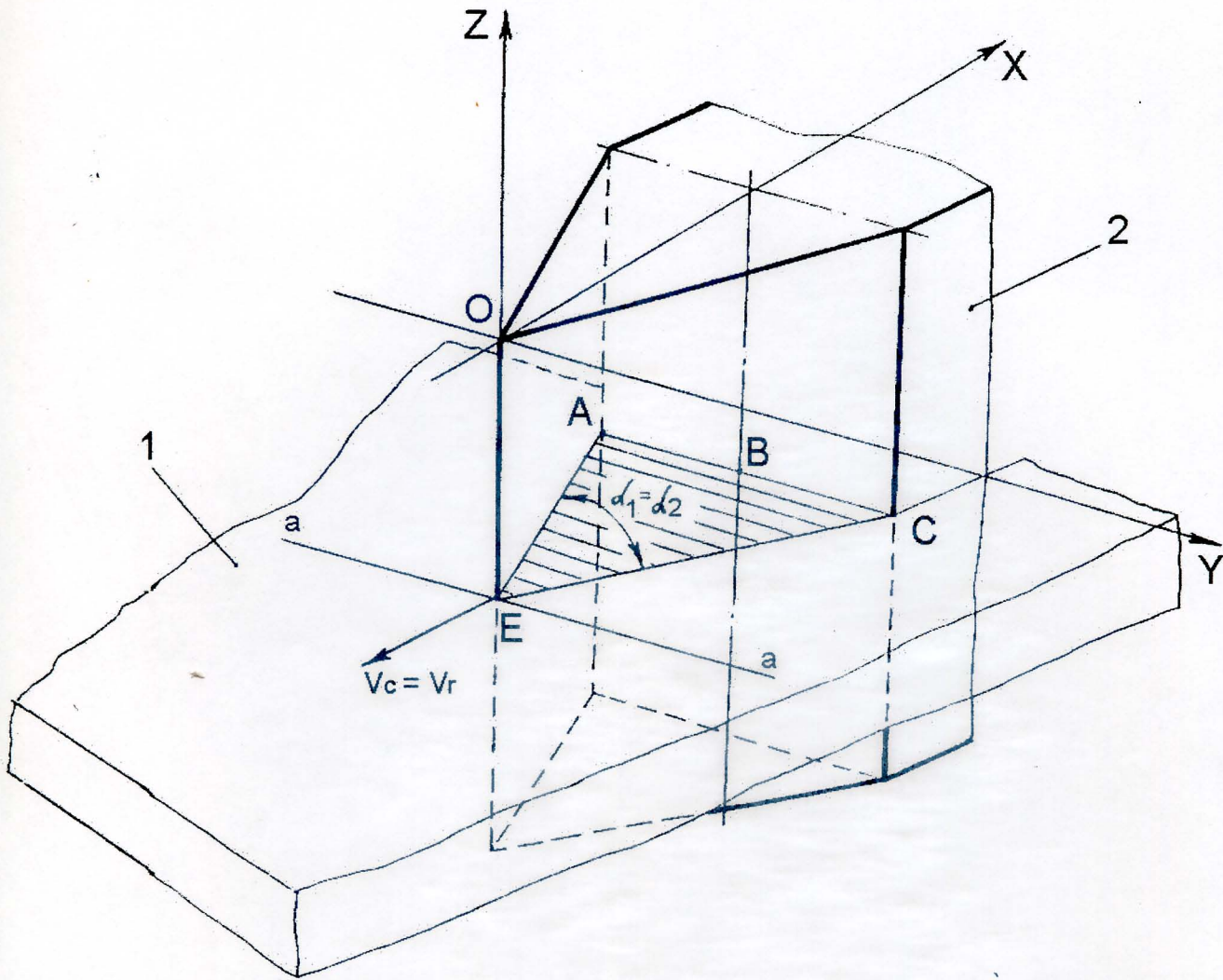


Fig. 1.3. Schéma cinématique de découpage haché.

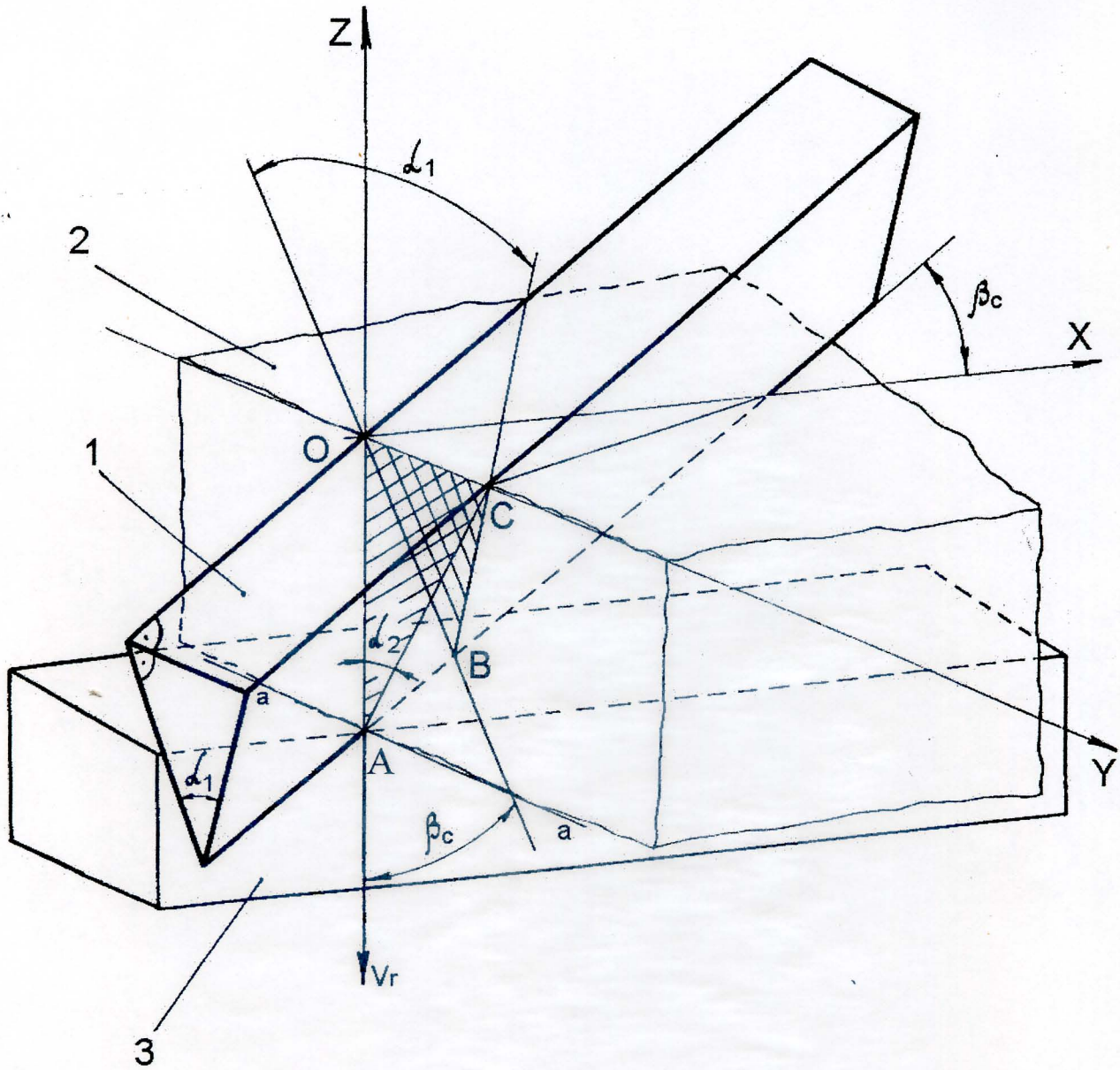


Fig. 1.4. Schéma d'analyse cinématique de découpage haché avec un couteau incliné.



La matière "2" immobile est fixée à l'aide d'un appui plan "3" qui joue le rôle de la 2^{ème} partie tranchante (immobile).

Soit " β_c ": l'angle d'inclinaison de l'arrête tranchante "AB" du couteau immobile. " β_c " est l'angle AÔB entre les plans des sections de couteau \overline{BOC} et \overline{AOC} (la normale à l'arrête tranchante, et les vecteurs \vec{V}_r à la perpendiculaire $\overline{a-a}$), dans lesquels se trouvent les angles " α_1 " et " α_2 " qui sont égaux à l'angle " β_c ".

Pour ce cas donné la relation $\alpha_2 = f(\alpha_1)$ découle de la relation suivante :

$$tg \alpha_2 = \frac{\overline{OC}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{OC}}{\overline{OB} / \cos \beta_0} = tg \alpha_1 \cdot \cos \beta_0 ;$$

$$tg \alpha_2 = tg \alpha_1 \cdot \cos \beta_0 ; \quad [1-5]$$

Le cas de coupe à l'aide des couteaux inclinés diffère de celui de la coupe hachée par leur vitesse " \vec{V}_r " qui sera parallèle au plan de déplacement de la matière (voir figure (1-5) et (1-6)).

Désignons l'angle d'inclinaison de l'arrête tranchante du couteau par rapport au plan de la matière par " β_c ". Etudions les sections "ABD" et "AEC" (voir figure (1-5)), et à l'aide des relations géométriques nous trouvons :

$$tg \frac{\alpha_2}{2} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \overline{EC}}{\overline{AO}} = \frac{\frac{1}{2} \cdot \overline{BD}}{\overline{AF} / \sin \beta_c} = tg \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c ;$$

donc :

$$tg \frac{\alpha_2}{2} = tg \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c , \quad [1-6]$$

d'après un raisonnement logique du schéma de coupe avec un couteau incliné à un seul côté affûté (voir figure (1-6)), nous trouvons :

$$tg \alpha_2 = \frac{\overline{OC}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{BD}}{\overline{BA} / \sin \beta_c} = tg \alpha_1 \cdot \sin \beta_c ;$$

Donc:

$$tg \alpha_2 = tg \alpha_1 \cdot \sin \beta_c ; \quad [1-7]$$

Egalisons les relations du processus cinématique selon le schéma donné et le schéma de coupe glissante. Nous remarquons que dans les deux cas, la valeur de l'angle de coupe " α_2 " est inférieure à celle de l'angle d'affûtage " α_1 ". Si nous avons le cas de coupe glissante, la différence se détermine par le mouvement transversal qui nous donne une vitesse " \vec{V}_c ", et à partir d'ici l'angle " β_c " sera analogue à celui du plan de coupe de la matière.

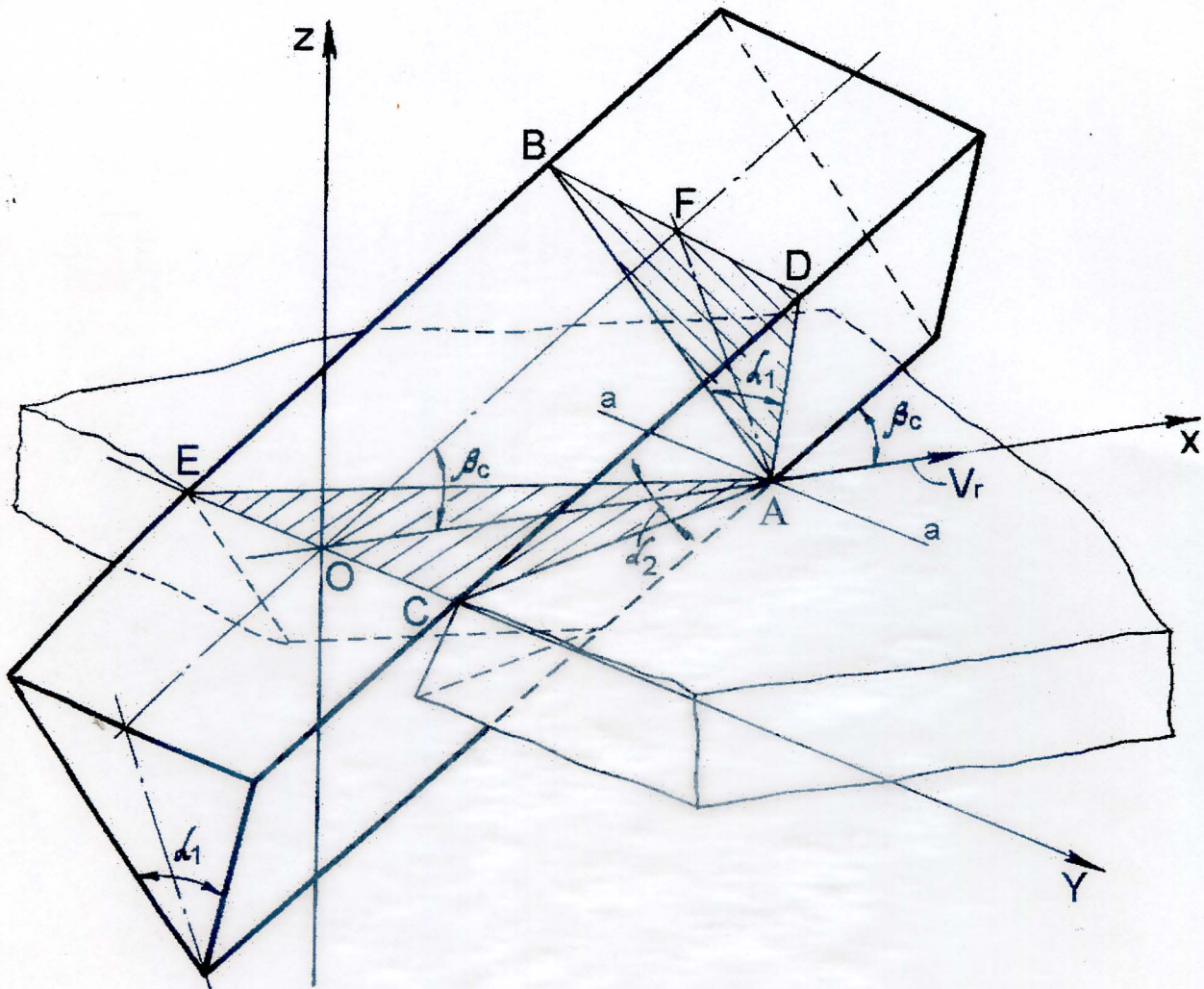


Fig. 1.5. Schéma d'analyse cinématique de découpage avec un couteau incliné à deux côtés affûté.

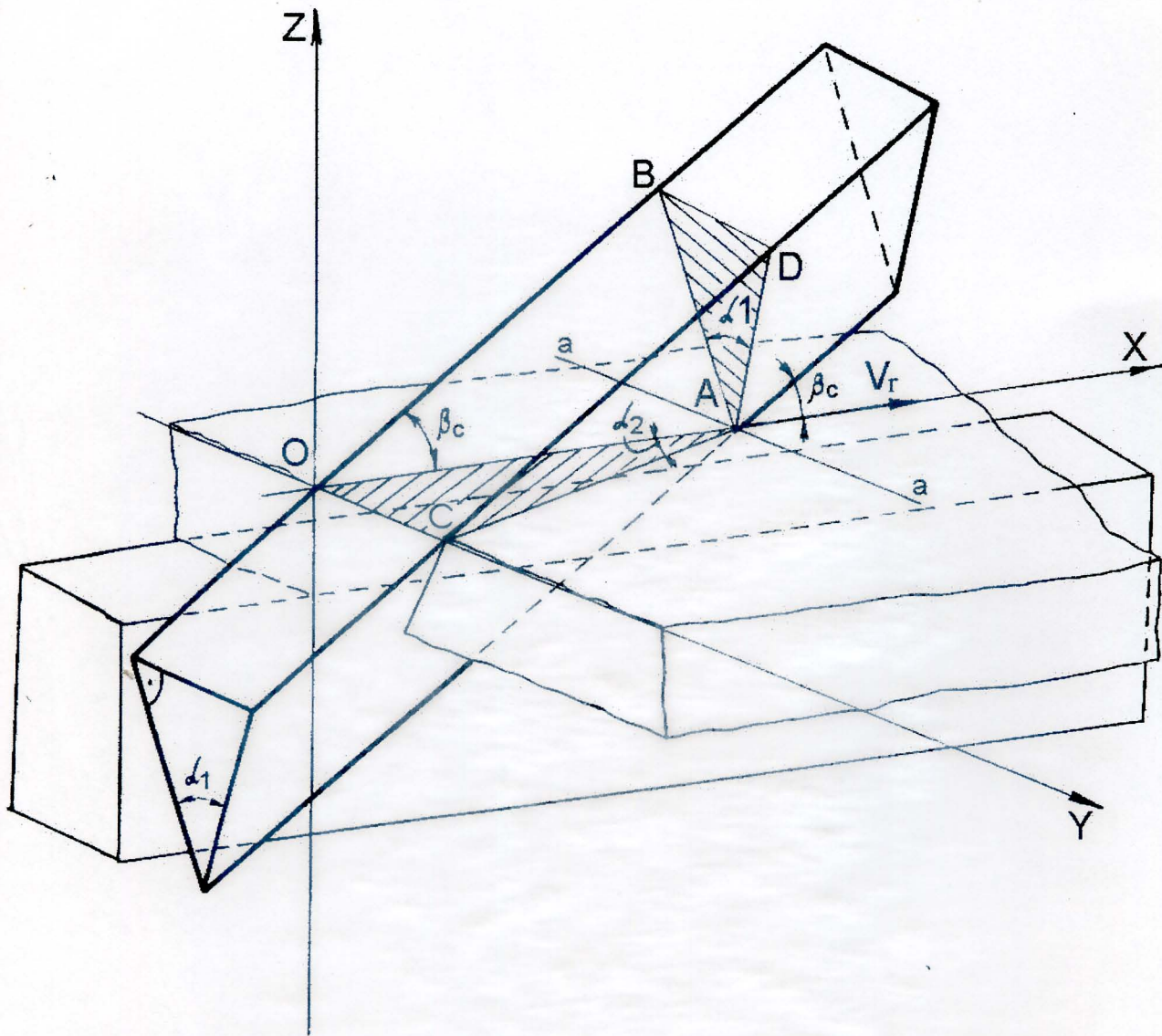


Fig. 1.6. Schéma d'analyse cinématique de découpage avec un couteau plat incliné à un seul côté affûté.

1.2. Analyse des forces appliquées sur le couteau plat avec un matériau élasto-plastique :

L'analyse des forces appliquées sur le couteau et sur la matière à découper consiste à déterminer la force de résistance à la coupe et la puissance nécessaire pour le déplacement du couteau.

Les modèles d'application des instruments de coupe et la matière sont donnés dans les travaux /2-11-15/, et peuvent être utilisés pour la coupe du cuir en "tripe", pour cela il est nécessaire d'étudier les spécifications physico-mécaniques du phénomène l'objet du traitement les conditions de construction des instruments de coupe et le choix des schémas de coupe.

Dans le travail /1/, la force qui agit sur le couteau à un seul côté affûté pour l'opération de hachage est déterminée par la figure (1-7-a).

De l'équation de projection sur l'axe vertical, la force de résistance de la matière à l'arrête tranchante du couteau est désignée par " P_r ", les forces normales de pression sont " N_1 " et " N_2 " du côté superficiel de la matière.

Pour déterminer la force de coupe " P_c ", qui est perpendiculaire au couteau nous posons la relation suivante :

$$P_r = P_c + N_1(\sin \alpha_1 + \mu_1 \cdot \cos \alpha_1) + \mu_2 \cdot N_2 ; \quad [1-8]$$

Avec " μ_1 " et " μ_2 " : Coefficient de frottement de la matière sur les côtés.

Pour déterminer la force normale de pression " N_1 " de la matière sur la partie active supérieure du couteau, nous divisons la zone de déformation "AB" en longueurs élémentaires unitaire contenue dans le plan :

$$\frac{d\xi}{\cos \alpha_1}, \text{ et de longueur } L.$$

Où L : Est la longueur de l'arrête tranchante du couteau (voir figure (1-7-b)).

Puisque $dN_1 = dR_1 \cdot \cos \varphi$, et $dR_1 = \frac{dR_{1x}}{\cos(\alpha_1 + \varphi)}$, nous aurons la relation suivante entre la

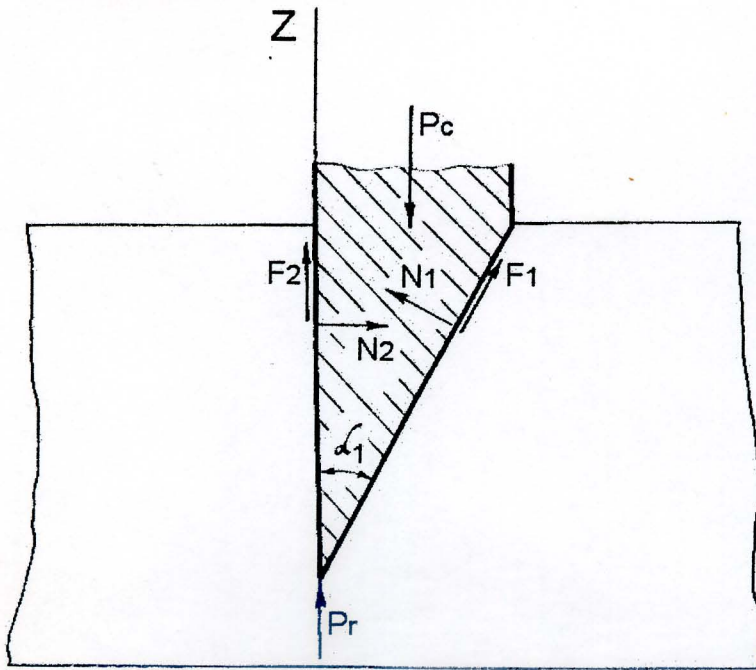
force normale " N_1 " et la force de projection " dR_{1x} ", qui agit sur le plan élémentaire :

$$dN_1 = \frac{dR_{1x} \cdot \cos \varphi}{\cos(\alpha_1 + \varphi)} ; \quad [1-9]$$

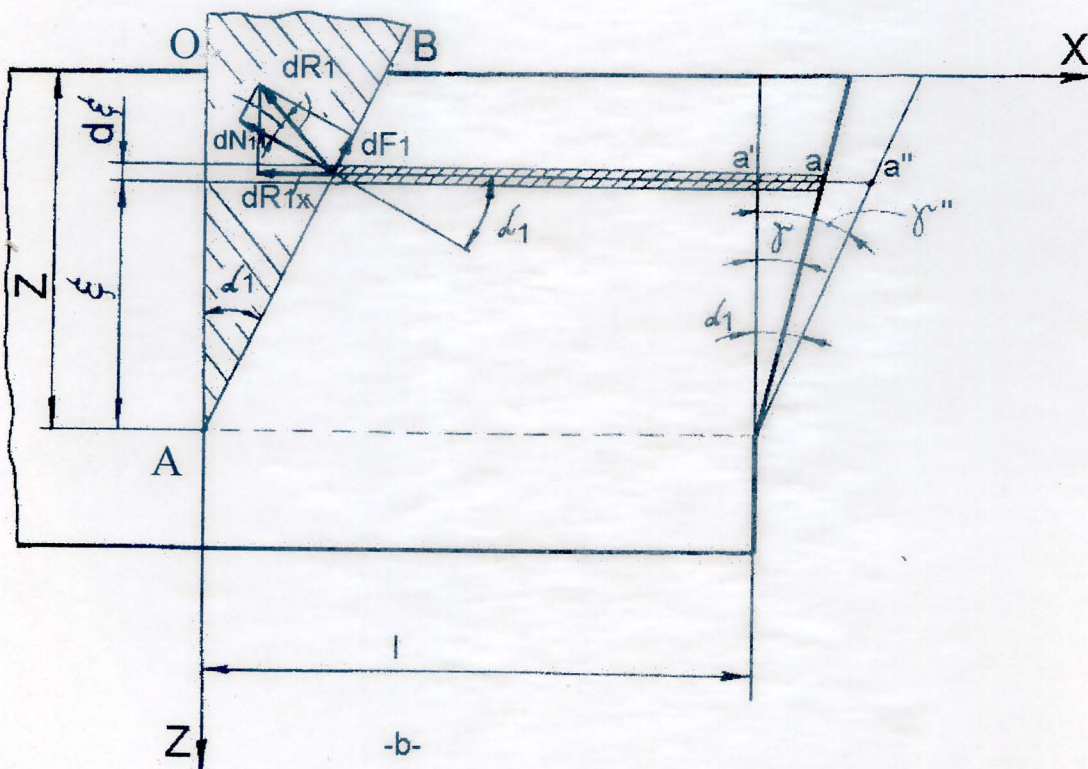
Le plan de compression absolu est appliqué sur lui une force dR_{1x} , d'où :

$$dR_{1x} = \sigma_x \cdot L \cdot d\xi \quad [1-10]$$

Où $\sigma_x = (E_x \cdot \varepsilon_x)^{1/n}$: La contrainte qui apparaît dans la section transversale du plan pendant la compression.



-a-



-b-

Fig. 1.7. a - Schéma d'application des forces sur le couteau avec un seul côté affûté.

b - Schéma de déformation de la matière par le découpage haché.

ε_x : Déformation du plan dans le sens de l'axe OX.

E_x : Module d'élasticité de la matière pendant la compression.

$m = (0.8 \div 1.0)$: Coefficient qui étudie les propriétés d'élasticité et de plasticité de la matière.

Nous allons étudier le phénomène d'effort de pénétration dans la matière, le couteau sera incliné de sa position verticale d'un angle quelconque γ .

- Pour une matière rigide $\gamma = \gamma''$;
- Pour une matière élastique $\gamma = \gamma' = 0$.

L'angle γ , est inférieur à l'angle d'affûtage " α_1 ", et pour une déformation élémentaire dans le sens de l'axe OX, nous aurons la relation :

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta_x}{l} = \frac{a' a'' - a' a}{l} = \xi \frac{(tg \alpha_1 - tg \gamma)}{l}; \quad [1-11]$$

et désignons par $n = \frac{tg \alpha_1 - tg \gamma}{l}$, après avoir remplacé [1-11] et [1-10] dans [1-9] pour déterminer la force normale de pression de la matière sur la partie superficielle du couteau, finalement nous trouvons la relation :

$$N_1 = \frac{\cos \varphi \cdot (n \cdot E_x)^{\frac{1}{m}}}{\cos(\alpha_1 + \varphi)} \cdot L \int_0^z \xi^{\frac{1}{m}} d\xi = \frac{m \cdot \cos \varphi \cdot (n \cdot E_x)^{\frac{1}{m}} L \cdot Z^{\frac{1+m}{m}}}{(1+m) \cdot \cos(\alpha_1 + \varphi)}; \quad [1-12]$$

Le phénomène de coupe par hachage : cette méthode de découpage avec des couteaux plats affûtés sur les deux côtés, a été étudié dans le travail /15-4/, où nous avons soulevé les étapes de pénétration du couteau dans la matière, en indiquant au début que la première période caractérise la déformation élémentaire de la matière avant sa destruction, en même temps le mouvement de la couche de la matière à découper selon le côté du couteau en contact avec la matière.

La matière se détruit, si la contrainte agit avec la force de coupe, et provoque la grandeur limite de la résistance de la matière à découper.

Pour cela, il est nécessaire de déterminer le degré d'affûtage de la partie tranchante du couteau. Pour établir la phase de découpage, les conditions de celui-ci montrent que la force se stabilise, et comme la force d'action des côtés latéraux agisse sur la matière se développe en même temps avec les facteurs de forces, qui caractérisent le phénomène de destruction de la matière avec le bec du couteau.

Dans le travail /11/, a été soulevé le problème de la force d'action de la partie tranchante du couteau plat, accomplissant un mouvement continu, dans le cas d'un découpage glissant (voir figure (1-2)).

La force de résistance "R" du mouvement de la matière sur le couteau est obtenue sous la forme :

$$R = P_h + \mu_3(P_v + G_m),$$

Où $P_h = P_{r,r} \cdot \cos \beta_0$ et $P_v = P_{r,r} \cdot \sin \beta_0$.

P_h, P_v : Projection de la force de découpage " $P_{r,r}$ " sur l'axe OX et OZ.

μ_3 : Coefficient de frottement de la matière avec l'appui du plan.

G_m : Force de pesanteur de la matière.

Donc en étudiant la relation [1-2] nous aurons :

$$R = \frac{P_{r,r}}{\sqrt{1+K^2}} + \mu_3 \left(\frac{C \cdot P_{r,r}}{\sqrt{1+K^2}} + G_m \right).$$

Remplaçons dans la force de découpage horizontale " P_h ", qui se trouve dans l'équation de projection de toutes les forces agissantes sur le couteau, et sur l'axe OX.

Après transformation des données nous aurons :

$$P_h = P_{r,h} + 2 \cdot N_1 \cdot \left(\sin \frac{\alpha_2}{2} + \mu_1 \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} \right) \cdot \cos \beta_0 \quad [1-13]$$

Cette forme nous permet l'analyse des différents schémas de l'action des couteaux et de la matière et ainsi que mettre en évidence les méthodes de base des facteurs de forces qui agissent sur l'instrument de coupe et la matière.

Utilisons les méthodes suivantes de l'analyse des forces d'action pour le découpage du cuir en "tripe" avec un couteau incliné, en prenant les spécifications des du cas indiqué ci-dessus.

Sur la figure (1-8-a,b), est indiqué le schéma de coupe du cuir avec un couteau incliné à deux côtés affûtés.

La matière "2" située sur l'appui du plan "3", et pour éliminer le mouvement pendant la coupe, le tout est fixé à l'aide d'une plaquette "4".

Sur la figure (1-8), est indiquée la section du couteau et de la matière dans le plan horizontal $\overline{a-a}$ (voir figure (1-8-a)), et sur la quelle apparaissent trois zones principales, qui diffèrent par leurs caractères de déformations des couches de la matière, et déterminent l'enlèvement, et les forces d'action de la matière dans les zones déterminées du couteau.

Dans la première zone, nous prenons en considération le décroincement de la matière pendant la pénétration de la partie tranchante du couteau, la déformation de compression absolue de la matière est orientée perpendiculairement à la direction du déplacement du couteau, qui

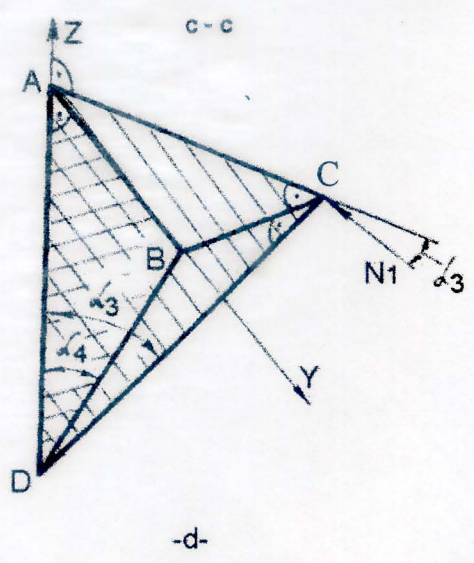
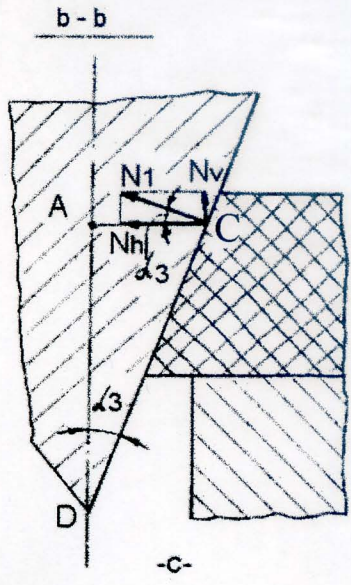
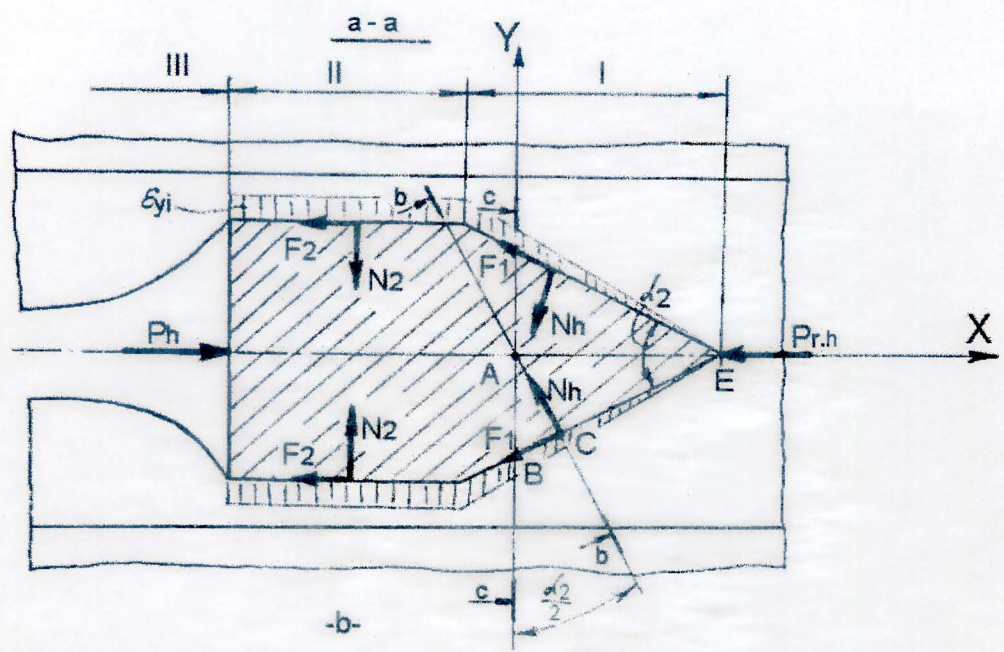
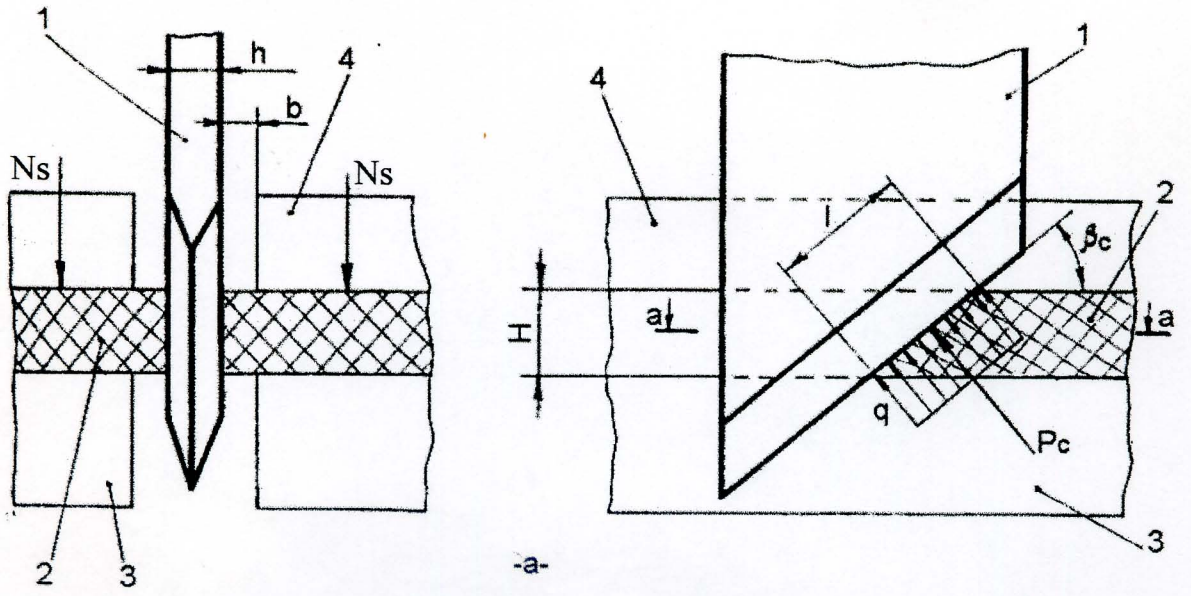


Fig. 1.8. Schéma d'analyse dynamique d'un découpage à l'aide de couteau plat incliné avec deux côtés affûtés.

varie de zéro "0" jusqu'à l'indication " $h/2$ ", qui est égale à la moitié de l'épaisseur de la partie plate (corps) du couteau.

Pendant la deuxième étape, c'est la suite en direction du mouvement du couteau, la déformation de compression absolue continue jusqu'à " $h/2$ ".

La troisième étape, c'est la zone de relaxation, dans la quelle s'effectue l'enlèvement de la contrainte de déformation pendant le découpage de la matière.

Les forces qui apparaissent entre le couteau et la matière citée plus loin dans notre raisonnement peuvent être réglées dans la direction de son mouvement. Les autres petites forces, et leurs facteurs donnés, en les comparant avec le reste on déduit alors qu'ils peuvent être négligés.

Pour déterminer la force horizontale " P_h ", appliquée sur le couteau, nous prenons en considération le couteau et les conditions de découpage de la matière, et analysons les forces qui agissent sur le couteau dans la section horizontale $\overline{a-a}$.

De l'analyse on peut déduire le schéma d'action des forces sur le couteau, formé par le déplacement du couteau dans la direction de l'axe OX selon les conditions de transmission.

L'application absolue :

- Force de coupe " P_h "; - Composante horizontale de la force de résistance de la matière sur les parties tranchantes du couteau " $P_{r,h}$ "; - Composante de la force normale de pression " N_1 " de la matière sur les parties tranchantes latérales du couteau qui se situent dans le plan horizontal " N_h "; - la Force normale de pression de la matière sur le corps du couteau " N_2 "; Forces de frottement " F_1 " et " F_2 ".

Projetons sur l'axe OX :

$$\sum F_{ix} = P_h - P_{r,h} - 2N_h \cdot \sin \frac{\alpha_2}{2} - 2F_1 \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} - 2F_2 = 0;$$

Où α_2 : est l'angle de coupe déterminé à l'aide de la relation [1-6], en prenons en considération que :

$$F_1 = \mu_1 \cdot N_1; F_2 = \mu_2 \cdot N_2 \text{ et } P_{r,h} = P_r \cdot \sin \beta_c; \quad [1-14]$$

Où μ_1 et μ_2 sont les coefficients de frottement de la matière par rapport au bec de la partie tranchante du couteau et le corps du couteau.

β_c : angle d'inclinaison de la partie tranchante du couteau par rapport à la liaison au plan de la matière, nous aurons :

$$P_h = P_r \cdot \sin \beta_c + 2 \cdot \left(N_h \cdot \sin \frac{\alpha_2}{2} + N_1 \cdot \mu_1 \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} + N_2 \cdot \mu_2 \right) \quad [1-15]$$

Étudions les paramètres qui composent successivement les équations des forces obtenues.

Soit un élément élémentaire de longueur "l" de la partie tranchante du couteau, en contact avec la matière où s'exerce une charge "q" (voir figure (1-8-a)), où la contrainte "σ", apparaît sous réserve de l'action du bec du couteau sur la matière qui est égale à :

$$\sigma = \frac{q}{f};$$

Où f : la section du bout tranchant du couteau en millimètre carré.

Il est clair, que la contrainte avec laquelle s'effectue la destruction de la matière et qui est égale à la résistance de pénétration de la partie tranchante du couteau dans la matière d'où :

$$\sigma = [\sigma_{ad}].$$

Pour le calcul de la résistance nous aurons :

$$P_r = l \cdot q = \frac{H}{\sin \beta_c} \cdot q = \frac{f \cdot H}{\sin \beta_c} \cdot [\sigma_{ad}];$$

$$P_r = \frac{f \cdot H}{\sin \beta_c} \cdot [\sigma_{ad}]; \quad [1-16]$$

Avec :

l : longueur de la partie du bout tranchant qui se trouve en contact avec la matière,

H : épaisseur de la matière à découper.

Pour déterminer la force "N_h", étudions la section du bout du couteau perpendiculaire au plan $\overline{b-b}$ (voir figure (1-8-c)), qui passe à travers le point d'application de la force normale "N₁" et qui touche le bout tranchant dans le point "D". Il est clair à partir de la figure (1-8-c) que la force s'incline par rapport au plan horizontal d'un angle "α₃".

Pour découvrir les données de l'angle, étudions un fragment de la partie affûtée du couteau qui est limitée par les sections : ABC de la figure (1-8-b), ACD de la figure (1-8-c), et ABD de la figure (1-8-d).

Du triangle ACD nous aurons :

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = \frac{\overline{AC}}{\overline{AD}};$$

Du triangle ABD :

$$\operatorname{tg} \alpha_4 = \frac{\overline{AB}}{\overline{AD}};$$

Et du triangle ABC :

$$\overline{AC} = \overline{AB} \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2};$$

Donc :

$$tg\alpha_3 = \frac{\overline{AB}}{AD} \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} = tg\alpha_4 \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2};$$

$$tg\alpha_3 = tg\alpha_4 \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} \quad [1-17]$$

Remplaçons dans la formule [1-5] et [1-6] les désignations des angles " α_2 " et " α_4 " déterminés ci-dessus par l'analyse cinématique du phénomène de coupe, donc nous aurons la forme suivante :

$$tg\alpha_4 = tg \frac{\alpha_1}{2} \cdot \cos \beta_c; \quad [1-18]$$

$$\text{Avec : } tg \frac{\alpha_2}{2} = tg \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c, \text{ et } \cos \frac{\alpha_2}{2} = \frac{\sin \frac{\alpha_2}{2}}{tg \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c};$$

Où α_1 : angle d'affûtage du couteau.

Remplaçons les résultats trouvés dans [1-17], nous trouvons :

$$tg\alpha_3 = tg \frac{\alpha_1}{2} \cdot \cos \beta_c \cdot \frac{\sin \frac{\alpha_2}{2}}{tg \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c} = \sin \frac{\alpha_2}{2} \cdot \cot g\beta_c;$$

$$tg\alpha_3 = \sin \frac{\alpha_2}{2} \cdot \cot g\beta_c,$$

$$\text{Ou bien } \cos \alpha_3 = \frac{\sin \alpha_3}{\sin \frac{\alpha_2}{2} \cdot \cot g\beta_c}; \quad [1-18^1]$$

Utilisons la relation [1-18¹], et la figure (1-8-c), pour calculer " N_h " :

$$N_h = N_1 \cdot \cos \alpha_3 = \frac{N_1 \cdot \sin \alpha_3}{\sin \frac{\alpha_2}{2} \cdot \cot g\beta_c}; \quad [1-19]$$

Remplaçons [1-16] et [1-19], dans [1-15], pour déterminer la force horizontale " P_h " :

$$P_h = f \cdot H \cdot [\sigma_{ad}] + 2 \left\{ N_1 \left(\frac{\sin \alpha_3 \cdot \sin \beta_c}{\cos \beta_c} + \mu_1 \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} \right) + \mu_2 \cdot N_2 \right\}; \quad [1-20]$$

Pour déterminer les forces " N_1 " et " N_2 ", revenons à la détermination de la déformation de la matière. Vu l'importance des côtés superficiels de la partie tranchante du couteau qui occupe une position, qui dépend du système de coordonnées de découpage (voir figure (1-5)), (c.à.d. composé selon leurs axes quelques angles), et la matière qui se situe dans le plan

horizontal ; d'où dans notre cas nous aurons une place de compression de la matière selon les trois coordonnés des axes.

Utilisons la force normale trouvée à partir de l'analyse des forces dans la direction de l'axe OY figure (1-9).

A partir d'ici, divisons la zone de déformation en unités élémentaires, de largeur "dx" et d'épaisseur "dz", (voir figure (1-9-a,b)), et déterminons la force " P_{cp} "; d'où la déformation absolue apparaît selon l'axe OY. Comme il est connu à partir du schéma de la disposition des forces appliquées sur les éléments élémentaires, la force " dP_{cp} " est la projection sur l'axe OY et elle est équivalente à " dP ", qui est composé de la force de frottement élémentaire " dF_1 ", et la force horizontale élémentaire " dN_h "; donc la force de compression normale élémentaire sur les côtés latéraux superficiels du couteau " dN_1 " est donné par :

$$dP = \frac{dN_h}{\cos \varphi},$$

$$dP_{cp} = dP \cdot \cos\left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi\right) = \frac{dN_h \cdot \cos\left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi\right)}{\cos \varphi},$$

$$dN_h = \frac{dP_{cp} \cdot \cos \varphi}{\cos\left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi\right)}, \quad [1-21]$$

Où φ : angle de frottement ; $tg \varphi = \mu_1$.

Il est évident que la liaison entre la contrainte et la déformation des matériaux (élastomères), peut être déduite comme suit :

$$\sigma = [\varepsilon \cdot E]^n ;$$

Où n : Coefficient qui prend en considération les caractéristiques des matériaux.

D'autre part, comme il a été expliqué dans le travail /25/, l'auteur qui a exposé l'étude physico-mécanique du coefficient du semi-produit du cuir en "tripe", selon des déformations $\varepsilon < 20\%$, possède une place dans nos conditions. Cette relation, pendant la comparaison du semi-produit de cuir en "tripe", aura une pratique linéaire (l'erreur est comprise entre 1 et 3%).

Pour cela, et pour avoir une étude de raisonnement rationnelle, il est préférable de prendre $n = 1$; d'où la contrainte qui apparaît pendant la compression de la matière dans le sens de l'axe OY sera égale à :

$$\sigma_y = \varepsilon_y \cdot E_{cp}; \quad [1-22]$$

ε_y : Coefficient qui dépend de la déformation de la matière dans le sens de l'axe OY.

E_{cp} : Module d'élasticité de la matière.

D'un autre côté, la contrainte de compression qui apparaisse dans un élément élémentaire, peut être définie comme une relation ou agisse sur elle une force " dP_{cp} " sur sa surface selon la

section transversale " dF " : $\sigma_y = \frac{dP_{cp}}{dF} = \frac{dP_{cp}}{dx \cdot dz}$, d'où :

$$dP_{cp} = \varepsilon_y \cdot E_{cp} \cdot dx \cdot dz ; \quad [1-23]$$

Supposons que la force de serrage " N_s " de la matière sur les plaquettes, au niveau de l'appui de la table est suffisamment grande (voir figure (1-9-b)), et par conséquent, la déformation dans la direction transversale sera calculée selon l'épaisseur de la matière dans les couches de largeur " b ", laquelle est égale à la distance entre le bord de serrage de la plaquette, et l'axe OX, dans le sens de déplacement du couteau, alors pour n'importe quel élément élémentaire dans les limites latérales du dessus du couteau, la dépendance de la compression est :

$$\varepsilon_y = \frac{y}{b} ; \text{ où} \quad [1-24]$$

y : Déformation absolue de l'élément élémentaire qui répond aux fonctions des coordonnées " x " et " z ", et dont l'axe longitudinale $y = \psi(x, z)$.

La relation donnée peut être déterminée à partir de l'équation du plan dans laquelle sont situés les côtés latéraux superficiels des parties tranchantes du couteau.

Comme c'est connu à partir de la figure (1-9-a), et (1-9-c), ce plan change les axes de coordonnées des points "E", "T", et "D", avec les coordonnées selon l'axe :

$$OX : E \left(\frac{h}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}} ; 0 ; 0 \right), OY : T \left(0 ; \frac{h}{2} ; 0 \right), \text{ et } OZ : D \left(0 ; 0 ; \frac{-h}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_4} \right).$$

Pour cela, il est remarquable que la coupe de sections de ce plan selon les axes de coordonnée soit de la forme suivante :

$$\overline{OE} = L = \frac{h}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}} ; \overline{OT} = y = \frac{h}{2} ; \text{ et } \overline{OD} = M = \frac{h}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_4} ; \quad [1-25]$$

A la base des relations trouvées, écrivons l'équation inconnue selon la forme de l'équation plane dans les lignes de séparation des plans :

$$\left(\frac{x}{L} \right) + \left(\frac{y}{h/2} \right) + \left(-\frac{z}{M} \right) = 1 ; \quad [1-26]$$

(le signe "-" devant "Z" détermine la coordonnée du point "Z_D").

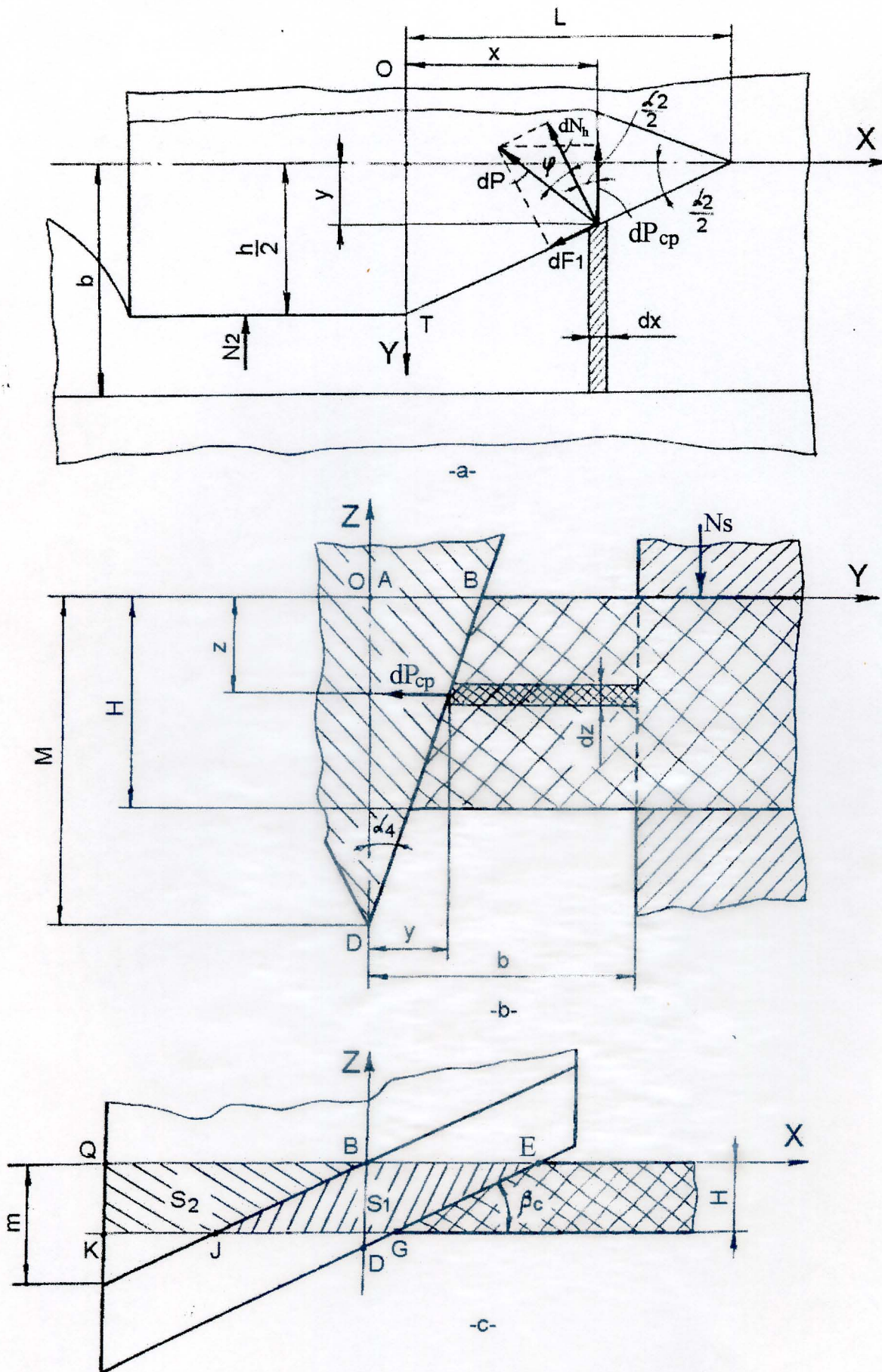


Fig. 1.9. Schéma de détermination de la force normale de pression sur le matière à l'aide d'un couteau plat incliné.

Après avoir remplacé dans [1-26] les désignations "L" et "M" de l'équation [1-25], qui nous donne la relation suivante :

$$x \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} + y - z \operatorname{tg} \alpha_4 = \frac{h}{2};$$

d'où pour une compression absolue "y" d'un élément élémentaire de la matière, nous aurons :

$$y = \frac{h}{2} - x \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} + z \operatorname{tg} \alpha_4; \quad [1-27]$$

et la déformation " ε_y " qui dépend de l'équation [1-24] sera de la forme suivante :

$$\varepsilon_y = \frac{\frac{h}{2} - x \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} + z \operatorname{tg} \alpha_4}{b}; \quad [1-28]$$

remplaçons cette dernière dans la relation [1-23], alors nous aurons :

$$dP_{cp} = \frac{1}{b} \left(\frac{h}{2} - x \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} + z \operatorname{tg} \alpha_4 \right) E_{cp} \cdot dx \cdot dz;$$

d'où :

$$P_{cp} = \frac{E_{cp}}{b} \iint_{S_1} \left(\frac{h}{2} - x \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} + z \operatorname{tg} \alpha_4 \right) \cdot dx \cdot dz; \quad [1-29]$$

Sous la forme de la partie " S_1 " (BEGJ voir figure (1-9-c)) ; selon l'intégrale double, et pour simplifier le calcul, il est convenable d'intégrer suivant "dx". Les limites intérieures des intégrales sont déterminer à partir des équations de droites "JB" et "GE":

$$\overline{JB} : z = x \cdot \operatorname{tg} \beta_c;$$

$$\overline{GE} : z = x \cdot \operatorname{tg} \beta_c - M;$$

il est claire que pour la borne inférieure nous prenons :

$$z_1(x) = \frac{z}{\operatorname{tg} \beta_c}; \quad [1-30]$$

et pour la borne supérieure :

$$z_2(x) = \frac{z+M}{\operatorname{tg} \beta_c}; \quad [1-31]$$

La limite supérieure de l'intégrale est constante, et nous indiquons la fonction de changement "z" : inférieure $-(-H)$, et supérieure $-(-0)$.

De ce principe, nous pouvons écrire :

$$P_{cp} = \frac{E_{cp}}{b} \int_{-H}^0 dz \cdot \int_{z_1(x)}^{z_2(x)} \left(\frac{h}{2} - x \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} + z \operatorname{tg} \alpha_4 \right) dx;$$

$$P_{cp} = \frac{E_{cp}}{b} \cdot \int_{-H}^0 \left(\frac{1}{2} \cdot h \cdot x - \frac{1}{2} \cdot x^2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2} + z \cdot x \cdot \operatorname{tg} \alpha_4 \right) dz \Big|_{z_1(x)}^{z_2(x)};$$

Après avoir remplacé les limites des intégrales [1-30], et [1-31] nous aurons :

$$P_{cp} = \frac{E_{cp} M}{b \cdot \operatorname{tg} \beta_c} \cdot \int_{-H}^0 \left[\frac{h}{2} - \frac{M \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_c} + z \left(\operatorname{tg} \alpha_4 - \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}}{\operatorname{tg} \beta_c} \right) \right] dz ;$$

Intégrons selon "dz", et remplaçons la désignation de "M", à partir de [1-25], nous aurons :

$$P_{cp} = \frac{h \cdot H \cdot E_{cp}}{4 \cdot b \cdot \operatorname{tg} \alpha_4 \cdot \operatorname{tg} \beta_c} \cdot \left[h \cdot \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_4 \cdot \operatorname{tg} \beta_c} \right) + H \cdot \left(\frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}}{\operatorname{tg} \beta_c} - \operatorname{tg} \alpha_4 \right) \right]; \quad [1-32]$$

Changeons dans l'équation trouvée, les désignations de " $\frac{\alpha_2}{2}$ ", et " α_4 " de l'équation [1-18], et simplifions l'équation trouvée nous aurons la forme empirique finale :

$$P_{cp} = \frac{h^2 \cdot H \cdot E_{cp}}{8 \cdot b \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c}; \quad [1-33]$$

D'où la composante horizontale " N_h " de la force normale de compression, et selon le calcul [1-21], nous aurons :

$$N_h = \frac{h^2 \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \cos \varphi}{8 \cdot b \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c \cdot \cos \left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi \right)}. \quad [1-34]$$

Calculons la force normale de compression " N_1 ", de la matière sur les parties tranchantes du couteau, à partir de [1-19] :

$$N_1 = \frac{h^2 \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \cos \varphi \cdot \sin \frac{\alpha_2}{2} \cdot \cos \beta_c}{8 \cdot b \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin^2 \beta_c \cdot \cos \left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi \right) \cdot \sin \alpha_3},$$

Remplaçons " $\sin \alpha_3$ " par sa désignation, à partir de [1-18¹], la forme finale sera :

$$N_1 = \frac{h^2 \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \cos \varphi}{8 \cdot b \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c \cdot \cos \left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi \right) \cdot \cos \alpha_3}; \quad [1-35]$$

La force normale de compression de la matière sur les parties latérales du couteau " N_2 " (voir figure (1-9-a)), sera calculée selon le produit de la contrainte de compression sur la surface des sections transversales comprimées de volume :

$$N_2 = \sigma_{cp} \cdot S_2;$$

La surface " S_2 ", se détermine à partir de :

$$S_2 = \frac{m^2}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_c} - \frac{(m-H)^2}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_c} = \frac{H \cdot (2 \cdot m - H)}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_c}; \quad [1-36]$$

Ou m : Paramètre qui détermine la profondeur de passage du couteau dans la matière (voir figure (1-9-c)).

Pour déterminer la contrainte de compression " σ_{cp} ", utilisons la relation [1-22], d'ici la force " N_2 ", se détermine à partir de la condition :

$$N_2 = \varepsilon'_y \cdot E_{cp} \cdot \frac{H \cdot (2 \cdot m - H)}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_c},$$

Où ε'_y : Coefficient de déformation qui étudie le volume de la matière.

$$\varepsilon'_y = \frac{h}{2 \cdot b};$$

D'ici pour calculer " N_2 ", nous aurons la relation suivante :

$$N_2 = \frac{1}{4} \cdot h \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \frac{(2 \cdot m - H)}{b \cdot \operatorname{tg} \beta_c}; \quad [1-37]$$

Ces formules nous déterminent les forces " N_1 ", et " N_2 ", et remplaçons les dans [1-20], nous obtiendrons la force de coupe " P_h " :

$$P_h = f \cdot H \cdot [\sigma_{ad}] + 2 \cdot \left[\frac{h^2 \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \cos \varphi}{8 \cdot b \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c \cdot \cos \left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi \right) \cdot \cos \alpha_3} \cdot \left(\frac{\sin \alpha_3}{\cot \operatorname{tg} \beta_c} + \mu_1 \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} \right) + \frac{1}{4} \cdot h \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \mu_2 \cdot \frac{(2 \cdot m - H)}{b \cdot \operatorname{tg} \beta_c} \right],$$

Après simplification nous aurons la forme finale :

$$P_h = H \cdot \left\{ f \cdot [\sigma_{ad}] + \frac{1}{4} \cdot \frac{h}{b} \cdot E_{cp} \cdot \left[\frac{h \cdot \cos \varphi \cdot \left(\mu_1 \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} + \sin \alpha_3 \cdot \operatorname{tg} \beta_c \right)}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c \cdot \cos \left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi \right) \cdot \cos \alpha_3} + 2 \cdot \mu_2 \cdot \frac{(2 \cdot m - H)}{\operatorname{tg} \beta_c} \right] \right\}; \quad 1-38]$$

La formule trouvée nous aide à obtenir les relations entre les paramètres essentiels de construction de l'instrument de coupe (α_1, h, f), physico-mécanique de la matière traitée, ($E_{cp}, \mu, [\sigma_{ad}], H$), les paramètres caractérisant le couteau, et nous avons (β_c, m), et la fixation de la matière (b), qui détermine le phénomène de coupe.

Sur la base des relations trouvées, on peut déterminer la force de pression " N_1 " de la matière (voir figure (1-8-a)), par rapport aux appuis de la table, qui répondent à la coupe de la matière fixe.

Pour cela, déterminons les forces qui agissent sur la matière, par rapport aux côtés du couteau, la plaquette de serrage est l'appui de la table (voir figure (1-10)), et projetons ces forces sur l'axe OX :

$$\sum F_{ix} = P_{r,h} + 2 \cdot P_x + 2 \cdot F_2 - \mu_4 \cdot P_{r,v} - 2 \cdot \mu_4 \cdot N_v - \mu_3 \cdot N_s - \mu_4 \cdot N_s = 0;$$

De cette équation nous aurons :

$$N_s = \frac{-\mu_4(P_{r,v} + 2 \cdot N_v) + P_{r,h} + 2 \cdot (P_x + F_2)}{\mu_3 + \mu_4}; \quad [1-39]$$

Où $P_{r,v}$: Composante verticale de la force de résistance appliquée sur la partie tranchante du couteau dans la matière.

P_x : Projection sur l'axe OX, de la résultante de la force de frottement de la matière sur

Les parties latérales tranchantes des côtés du couteau. (Composante horizontale " N_h " de la force normale " N_1 ").

N_v : Composante verticale (sur l'axe OZ) de la force normale de compression " N_1 ".

μ_3 : Coefficient de frottement de la matière par rapport aux plaquettes de compression.

μ_4 : Coefficient de frottement de la matière, selon les appuis de dessus.

Les forces " $P_{r,h}$ " et " F_2 ", ont été déterminées auparavant mais le reste des forces impliquées dans [1-39], peuvent être proposées sous la forme suivante :

De la figure (1-10-a) : $P_{r,v} = P_r \cdot \cos \beta_c$,

$$\text{Et à partir de [1-16] : } P_{r,v} = \frac{f \cdot H \cdot [\sigma_{ad}]}{\text{tg} \beta_c}; \quad [1-40]$$

Et de la figure (1-10-c) : $N_v = N_1 \cdot \sin \alpha_3$,

prenons " N_1 " à partir de [1-35] :

$$N_v = \frac{h^2 \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \cos \varphi \cdot \text{tg} \alpha_3}{8 \cdot b \cdot \text{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c \cdot \cos \left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi \right)}; \quad [1-41]$$

Et de la figure (1-10-b) :

$$P_x = P \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} - \varphi - \frac{\alpha_2}{2} \right) = P \cdot \sin \left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi \right),$$

Puisque $P = N_h / \cos \varphi$,

$$\text{Nous aurons : } P_x = \frac{N_h \cdot \sin \left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi \right)}{\cos \varphi},$$

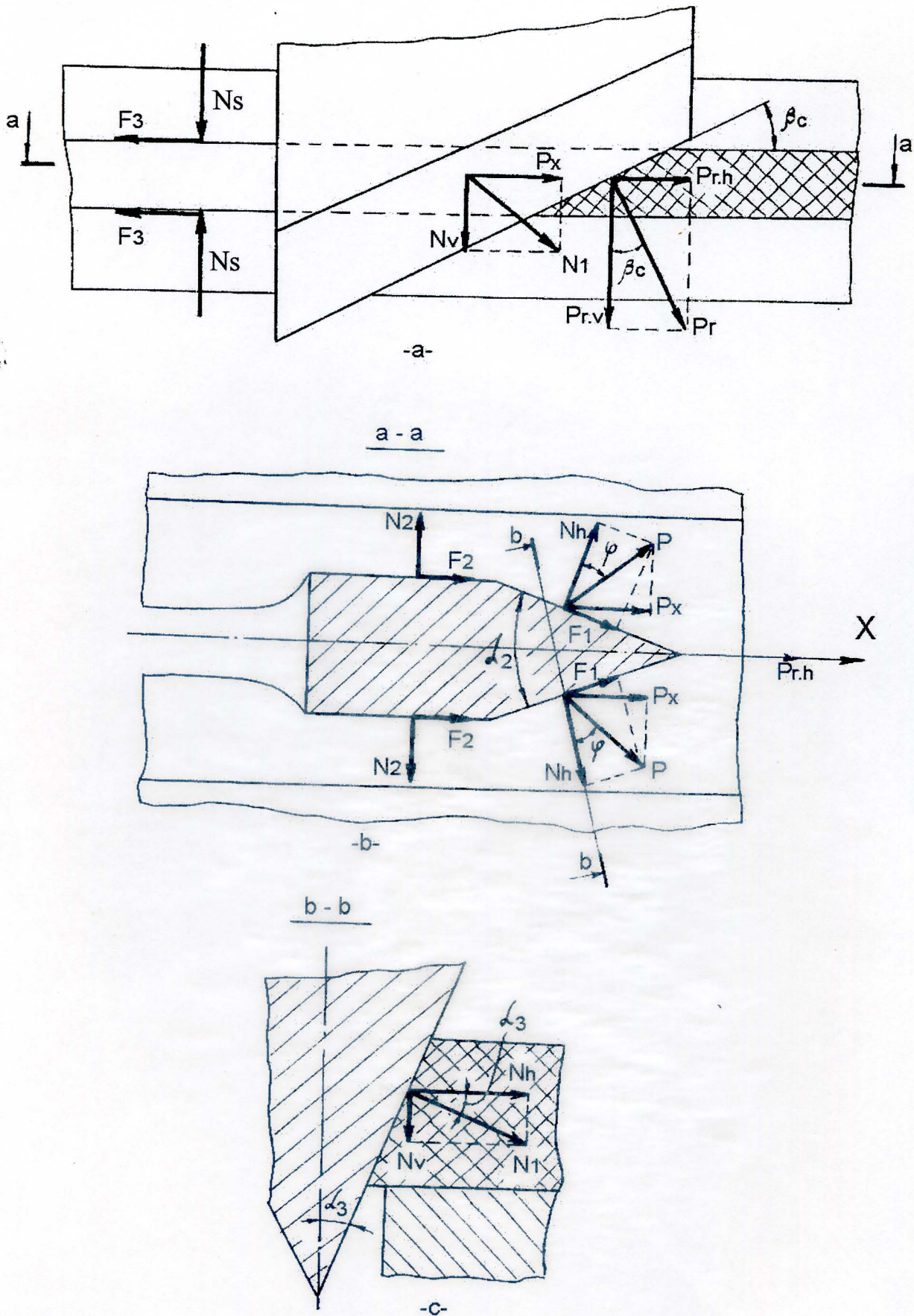


Fig. 1.10. Schéma d'application des forces sur la matière avec un couteau plat incliné.

Et après avoir remplacé " N_h ", à partir de [1-34], nous écrivons :

$$P_x = \frac{h^2 \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi\right)}{8 \cdot b \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin\beta_c}; \quad [1-42]$$

Avec le calcul des forces trouvées, et les relations [1-14], [1-16], la formule [1-39] sera sous la forme suivante :

$$N_s = \frac{1}{\mu_3 + \mu_4} \left[-\mu_4 \left\{ \frac{f \cdot H}{\operatorname{tg}\beta_c} \cdot [\sigma_{ad}] + 2 \cdot \frac{h \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \cos\varphi \cdot \operatorname{tg}\alpha_3}{8 \cdot b \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin\beta_c \cdot \cos\left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi\right)} \right\} + f \cdot H \cdot [\sigma_{ad}] + 2 \cdot \left(\frac{h \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi\right)}{8 \cdot b \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin\beta_c} + \frac{1}{4} \cdot \mu_2 \cdot h \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \frac{2 \cdot m - H}{b \cdot \operatorname{tg}\beta_c} \right) \right];$$

Après simplification de cette formule nous aurons la relation suivante :

$$N_s = \frac{H}{(\mu_3 + \mu_4) \cdot \sin\beta_c} \left\{ f \cdot [\sigma_{ad}] \cdot \cos\beta_c \cdot (\operatorname{tg}\beta_c - \mu_4) + \frac{h \cdot E_{cp}}{4 \cdot b} \left[2 \cdot \mu_2 \cdot (2 \cdot m - H) \cdot \cos\beta_c + \frac{h}{\operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi\right)} \cdot \left(\frac{\mu_4 \cdot \cos\varphi \cdot \operatorname{tg}\alpha_3}{\sin\left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi\right)} - 1 \right) \right] \right\}; \quad [1-43]$$

De l'équation de projection des forces qui agissent sur le couteau selon l'axe OZ, nous tirons :

$$P_v = P_{r,v} + 2 \cdot N_v - 2 \cdot \mu_1 \cdot N_1 \cdot \cos\alpha_3 - 2 \cdot \mu_2 \cdot N_2;$$

Après avoir remplacé les désignations des forces, et avoir simplifié nous aurons :

$$P_v = \frac{H}{\operatorname{tg}\beta_c} \left\{ f \cdot [\sigma_{ad}] + \frac{h \cdot E_{cp}}{2 \cdot b} \left[\frac{h \cdot \cos\varphi \cdot (\sin\alpha_3 - \mu_1 \cdot \cos\alpha_3)}{2 \cdot \operatorname{tg}\frac{\alpha_1}{2} \cdot \cos\beta_c \cdot \cos\left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi\right) \cdot \cos\alpha_3} - \mu_2 \cdot \left(m + \frac{1}{2} \cdot H \right) \right] \right\}; \quad [1-44]$$

Le calcul est le même que dans le cas de coupe avec un seul côté affûté, mais il est nécessaire de prendre en considération quelques facteurs utiles pour le calcul de la force.

Dans la figure [1-11], nous avons indiqué deux schémas de base d'application du couteau "1" sur la matière "2" :

Dans la première figure (1-11-a), l'appui donne une contre réaction qui répond à la résistance de la matière à la traction (comme il a été démontré dans le cas de couteau à deux côtés affûtés).

Dans la deuxième figure (1-11-b), plaquette "3" : l'équation de projection de la force sur l'axe OX, pour le premier schéma sera [voir figure (1-11-d)] :

$$\sum F_{ix} = P_h - P_{r,h} - N_h \cdot \sin\alpha_2 - F_1 \cdot \cos\alpha_2 - F_2 - F_5 = 0;$$

De cette équation trouvons la force de coupe :

$$P_h = P_r \cdot \sin\beta_c + N_1 \cdot \sin\alpha_2 + \mu_1 \cdot N_1 \cdot \cos\alpha_2 + \mu_2 \cdot N_2 + \mu_5 \cdot N_5; \quad [1-45]$$

Dans l'équation trouvée, " N_5 " est inconnue, et pour le déterminer trouvons la somme de projection de toutes les forces appliquées sur le couteau suivant l'axe OY :

$$\sum F_{iy} = N_2 + P_y - N_5 - N_s = 0 ;$$

D'où

$$N_5 = N_2 + P_y - N_{fT} ; \quad [1-46]$$

Où N_{fT} : Résistance du couteau à la flexion transversale.

Déterminons sa rigidité :

$$P_y = \frac{N_h \cdot \cos(\alpha_2 + \varphi)}{\cos \varphi}.$$

Il est clair que la force " N_5 " apparaîtra pendant la déformation de la matière qui fléchit le couteau.

La flèche du couteau peut être déterminée à l'aide de :

$$\delta_c = \frac{(N_2 + P_y - N_5) \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J_y} ; \quad [1-47]$$

Où l : Longueur du couteau.

E : Module d'élasticité du couteau.

$J_y = \frac{S \cdot h^3}{12}$: Module d'inertie de la section transversale du couteau par rapport à OY.

S : Largeur du couteau.

D'ici la force " N_5 ", peut être déterminée de la condition suivante :

$$N_5 = \varepsilon_y \cdot E_{cp} \cdot S_3 = \frac{\delta_c}{b} \cdot E_{cp} \cdot S_3 ; \quad [1-48]$$

Où S_3 : Surface de contact du côté latéral du couteau avec la matière.

$$S_3 = \frac{H \cdot (2 \cdot d - H)}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_c} ; \quad [1-49]$$

Où d : Paramètre qui caractérise la profondeur de pénétration du couteau dans la matière (voir figure (1-11-c)).

De la formule [1-47] et [1-49], et de la condition [1-48], nous aurons :

$$N_5 = \frac{(N_2 + P_y + N_5) \cdot l^3 \cdot E_{cp} \cdot H \cdot (2 \cdot d - H)}{3 \cdot b \cdot E \cdot J_y \cdot 2 \cdot \operatorname{tg} \beta_c} ;$$

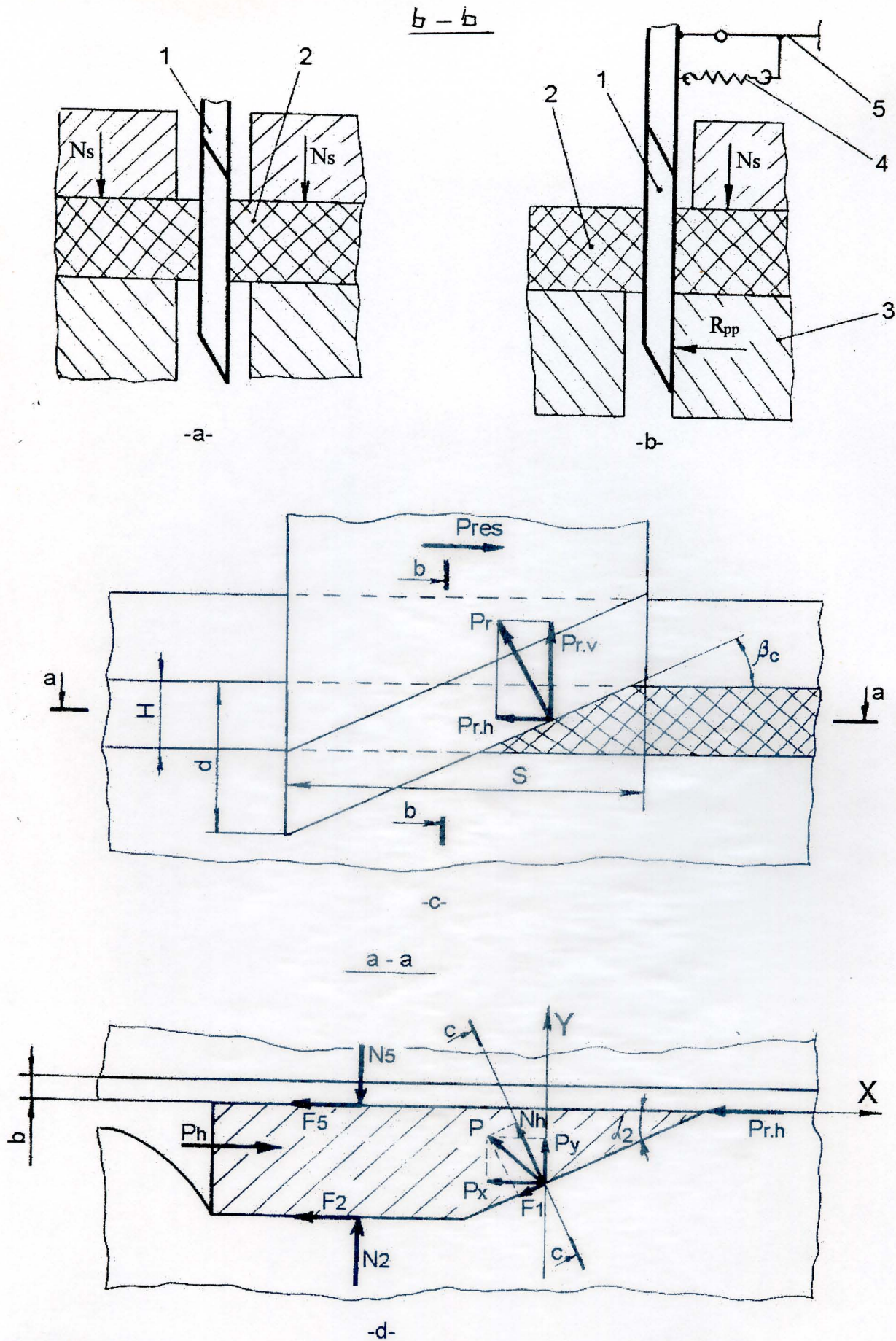


Fig. 1.11. Schéma d'analyse des forces appliquées sur la matière à l'aide d'un couteau plat à un seul côté affûté.



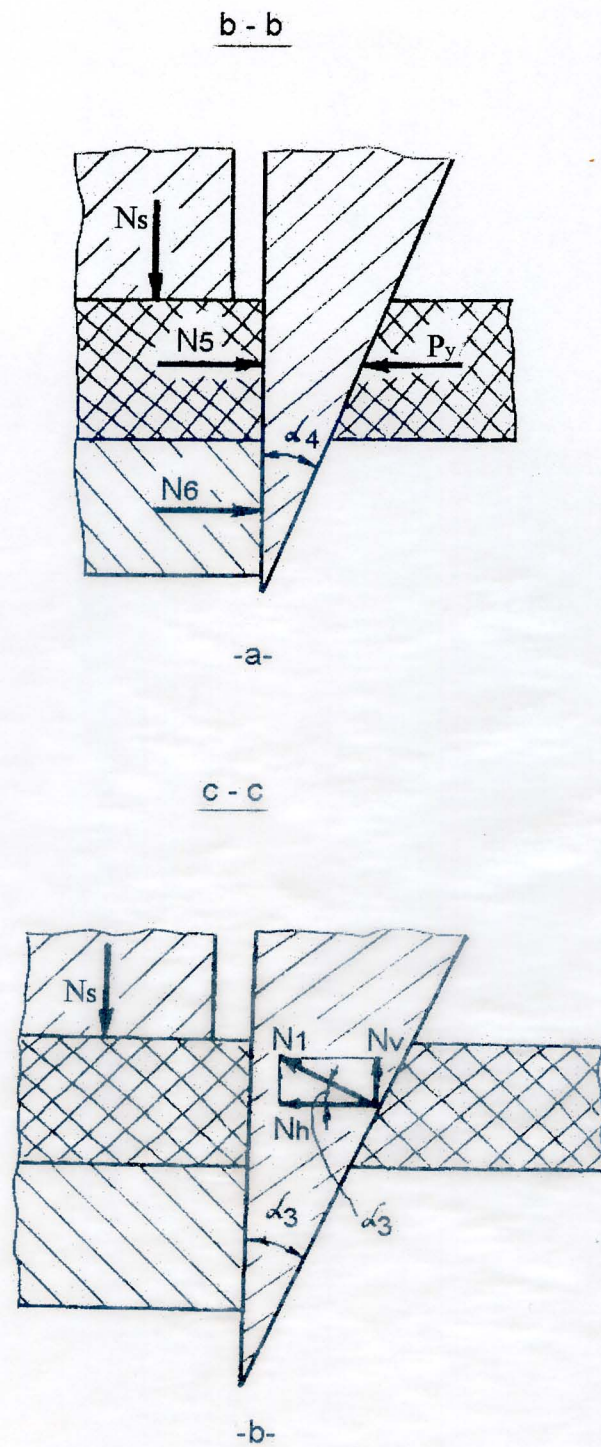


Fig. 1.12. Schéma en coupe de l'application des forces sur la matière à l'aide d'un couteau à un seul côté affûté.

D'où après simplification nous aurons :

$$N_5 = \frac{N_2 + P_y}{6 \cdot \frac{E}{E_{cp}} \cdot \frac{b \cdot J_y \cdot \operatorname{tg} \beta_c}{l^3 \cdot H \cdot (2 \cdot d - H)} - 1} \quad [1-50]$$

Après avoir remplacé les relations trouvées, les forces " P_r ", " N_h ", " N_1 ", " N_2 ". Remplaçons dans ces relations " $\frac{\alpha_2}{2}$ " par " α_2 ", et " $\frac{\alpha_1}{2}$ " par " α_1 ", et " N_5 " dans l'équation [1-45], déterminons après simplification la force de coupe à l'aide des données du schéma des relations du couteau avec la matière :

$$P_h = f \cdot H \cdot [\sigma_{ad}] + \frac{1}{4} \cdot h \cdot H \cdot E_{cp} \cdot \left[\frac{h \cdot \cos \varphi}{2 \cdot b \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin \beta_c \cdot \cos(\alpha_2 + \varphi)} \cdot \left(\sin \alpha_2 - \mu_1 \frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_3} - \frac{1}{A} \right) + \mu_2 \cdot \frac{2 \cdot m - H}{b \cdot \operatorname{tg} \beta_c} + \frac{1}{A} \right]; \quad [1-51]$$

$$\text{Ou } A = 6 \cdot \frac{E}{E_{cp}} \cdot b \cdot \frac{J_y \cdot \operatorname{tg} \beta_c}{l^3 \cdot H \cdot (2 \cdot d - H)} + 1;$$

$$\alpha_3 = \operatorname{Arctg}(\sin \alpha_2 \cdot \cot g \beta_c).$$

La force de serrage de la matière avec la table sera déterminée à partir de la projection de toutes les forces qui s'appliquent sur la matière selon l'axe OX :

$$\sum F_{ix} = P_{r,h} + P_x + F_2 + F_5 - \mu_4 \cdot P_{r,v} - \mu_4 \cdot N_v - \mu_3 \cdot N_s - \mu_4 \cdot N_s = 0;$$

$$\text{D'où : } N_s = \frac{1}{\mu_3 + \mu_4} \cdot [P_{r,h} + P_x + \mu_2 \cdot N_2 + \mu_2 \cdot N_5 - \mu_4 \cdot P_{r,v} - \mu_4 \cdot N_v]; \quad [1-52]$$

Après avoir remplacé les désignations dans [1-52], correspondant au changement des angles, on obtiendra :

$$N_s = \frac{1}{\mu_3 + \mu_4} \cdot \left[f \cdot H \cdot [\sigma_{ad}] \left(1 + \frac{\mu_4}{\operatorname{tg} \beta_c} \right) + \frac{1}{4} \cdot \frac{h \cdot H \cdot E_{cp}}{b \cdot \operatorname{tg} \beta_c} \cdot \left\{ \frac{h \cdot \cos \varphi}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \cos \beta_c \cdot \cos(\alpha_2 + \varphi) \cdot \cos \alpha_3} \left[\cos \alpha_3 \left(\frac{\sin(\alpha_2 + \varphi)}{\cos \varphi} + \frac{\mu_2}{A} \right) - \sin \alpha_3 \right] + (2 \cdot m - H) \cdot \mu_2 \cdot \left(1 + \frac{1}{A} \right) \right\} \right]; \quad [1-53]$$

Pour déterminer la force " P_v " qui agit sur le couteau dans le sens vertical, et correspond à l'équation de projection de toutes les forces sur l'axe OZ, considérons :

$$\sum F_{iz} = P_{r,v} + N_v - \mu_1 \cdot N_1 \cdot \cos \alpha_3 - \mu_2 \cdot N_2 - \mu_2 \cdot N_5 - P_v = 0,$$

D'où :

$$P_v = P_{r,v} + N_1 \cdot \sin \alpha_3 - \mu_1 \cdot N_1 \cdot \cos \alpha_3 - \mu_2 \cdot N_2 - \mu_2 \cdot N_5 \cdot \frac{1}{A} - \mu_2 \cdot N_1 \cdot \frac{1}{A} \cdot \cos \alpha_3;$$

Remplaçons les désignations des forces, nous aurons :

$$P_v = \frac{f \cdot H \cdot [\sigma_{ad}]}{\operatorname{tg} \beta_c} + \frac{1}{4} \cdot \frac{h \cdot H \cdot E_{cp}}{b \cdot \operatorname{tg} \beta_c} \cdot \left[\frac{h \cdot \cos \varphi \cdot \left[\sin \alpha_3 - \cos \alpha_3 \left(\mu_1 - \frac{\mu_2}{A} \right) \right]}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin \beta_c \cdot \cos(\alpha_2 + \varphi) \cdot \cos \alpha_3} - \mu_2 \cdot (2 \cdot m - H) \cdot \left(1 + \frac{1}{A} \right) \right]; \quad [1-54]$$

Il est clair, à partir de la figure (1-11) sur le quel est indiqué le schéma de la disposition du couteau "1" et la matière "2", en utilisant la contre réaction de l'appui "3", que le couteau répond réellement à la direction de la matière au début de la coupe, à la partie supérieure du couteau est fixée une charnière sur la plaquette mobile "5", là où se trouve un élément élastique "4".

Par le phénomène d'élasticité de ce dernier, nous créons la force de réaction de pression du couteau sur la plaquette, et qui est désignée par " $R_{\text{contre.réaction}}$ ".

Il est clair, selon les données de ce cas, pour déterminer la force de coupe " N_s " (déterminée auparavant), dans le cas où la flèche du couteau est faible, mais la force de frottement du couteau avec la plaquette "3" existe.

D'ici on détermine " P_h " :

$$P_h = P_r \cdot \sin \beta_c + N_h \cdot \sin \alpha_2 + \mu_1 \cdot N_1 \cdot \cos \alpha_2 + \mu_2 \cdot N_2 + \mu_6 \cdot N_6 + \mu_6 \cdot R_{c,r}; \quad [1-55]$$

Où N_6 est déterminée à partir de la projection de toutes les forces sur l'axe OY :

$$N_6 = N_2 + N_h \cdot \cos \alpha_2; \quad [1-56]$$

D'où l'équation [1-55], peut être présentée sous la forme suivante :

$$P_h = P_{r,h} + N_1 \cdot \cos \alpha_3 \cdot \cos \alpha_2 \cdot \left(\operatorname{tg} \alpha_2 + \frac{\mu_1}{\cos \alpha_3} + \mu_6 \right) + N_2 \cdot (\mu_2 + \mu_6),$$

D'où nous aurons :

$$P_h = f \cdot H \cdot [\sigma_{ad}] + \frac{1}{4} \cdot \frac{h \cdot H \cdot E_{cp}}{b \cdot \operatorname{tg} \beta_c} \left[\frac{h \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha_2 \cdot \left(\operatorname{tg} \alpha_2 + \frac{\mu_1}{\cos \alpha_3} + \mu_6 \right)}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin \beta_c \cdot \cos(\alpha_2 + \varphi)} + (\mu_2 + \mu_6) \cdot (2 \cdot m - H) \right] + \mu_6 \cdot R_{c,r}; \quad [1-57]$$

D'après les formules déterminées ci-dessus, et après analyse, nous aurons les relations suivantes pour calculer " N_s ", et " P_v " :

$$N_s = \frac{1}{\mu_3 + \mu_4} (P_{r,h} + P_x + \mu_2 \cdot N_2 - \mu_4 \cdot P_{r,v} - \mu_4 \cdot N_v),$$

$$N_s = \frac{1}{\mu_3 + \mu_4} \left\{ \frac{f \cdot H \cdot [\sigma_{ad}]}{\operatorname{tg} \beta_c} (\operatorname{tg} \beta_c - \mu_4) + \frac{1}{4} \cdot \frac{h \cdot H \cdot E_{cp}}{b \cdot \operatorname{tg} \beta_c} \cdot \left[\frac{h \cdot \cos \varphi \cdot \frac{\sin(\alpha_2 + \varphi)}{\cos \alpha_3 \cdot \cos \varphi} - \sin \alpha_3}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin \beta_c \cdot \cos(\alpha_2 + \varphi)} + \mu_2 (2 \cdot m - H) \right] \right\}; \quad [1-58]$$

$$P_v = P_{r,v} + N_v - \mu_2 \cdot N_2 - \mu_1 \cdot N_1 \cdot \cos \alpha_3 - \mu_6 \cdot N_6;$$

$$P_v = \frac{f \cdot H \cdot [\sigma_{Bad}]}{\operatorname{tg} \beta_c} + \frac{1}{4} \cdot \frac{h \cdot H \cdot E_{cp}}{b \cdot \operatorname{tg} \beta_c} \cdot \left[\frac{h \cdot \cos \varphi \cdot \left(\sin \alpha_3 - \mu_1 \cdot \cos \alpha_3 + \mu_6 \cdot \frac{\cos \alpha_2}{\cos \alpha_3} \right)}{2 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sin \beta_c \cdot \cos(\alpha_2 + \varphi)} + (\mu_6 + \mu_2) \cdot (2 \cdot m - H) \right]; \quad [1-59]$$

Faisons l'analyse des équations [1-39], [1-44], [1-51], [1-54], [1-57], et [1-59], où il a été précisé que le processus de coupe est préférable avec un seul côté affûté, selon le schéma du ciseau (avec la contre réaction de la plaquette d'appui "3").

La force de coupe " P_h " sera inférieure pour le cas de coupe avec un seul côté affûté et un appui de contre réaction, et une force de résistance de la matière à la traction. Elle est déterminée par la relation [1-51], contrairement à celle de la force de coupe avec deux côtés affûtés qui est déterminée à partir de la relation [1-38].

Ce processus permet de déterminer les bases des directives des forces appliquées sur le couteau avec un ou deux côtés affûtés sur la matière. D'autre part, la spécification de l'élasticité de la matière caractérisée dans le cas de découpage, et qui nous aide à déterminer la vitesse de coupe appliquée sur l'arrête tranchante du couteau.

Pour cela, et pour évaluer la possibilité pratique d'utilisation des relations trouvées ci-dessus, il est nécessaire de les vérifier expérimentalement.

En effectuant les corrections nécessaires, elles peuvent être recommandées dans le calcul des formules des paramètres, et le régime de travail des installations types.

1.3. Etude expérimentale sur les couteaux plats de coupe de cuir :

L'étude expérimentale est effectuée dans le but de vérifier la conformité des équations, et par la même vérifier les théories établies auparavant pour les appliquer par la suite.

An outre, les études expérimentales sont nécessaires pour déterminer les paramètres optimaux de l'instrument de coupe, et son régime de travail.

La force de résistance expérimentale de coupe sera déterminée à l'aide des facteurs suivants :

- La vitesse de déplacement du couteau,
- Les paramètres géométriques du couteau : épaisseur, angle d'affûtage, et angle d'inclinaison de l'arrête tranchante avec la matière.
- La distance de la ligne de déplacement du couteau jusqu'à la ligne de fixation de la matière.

Pour mener les études expérimentales on a élaboré une installation, et son schéma cinématique qui est représenté sur la figure (1-13), et (1-14).

Les éléments de base pour faire fonctionner cette installation sont les systèmes de commande (conçus pour des transmissions par courroie) ; un chariot où est fixé le couteau, et une petite installation pour fixer les échantillons à découper.

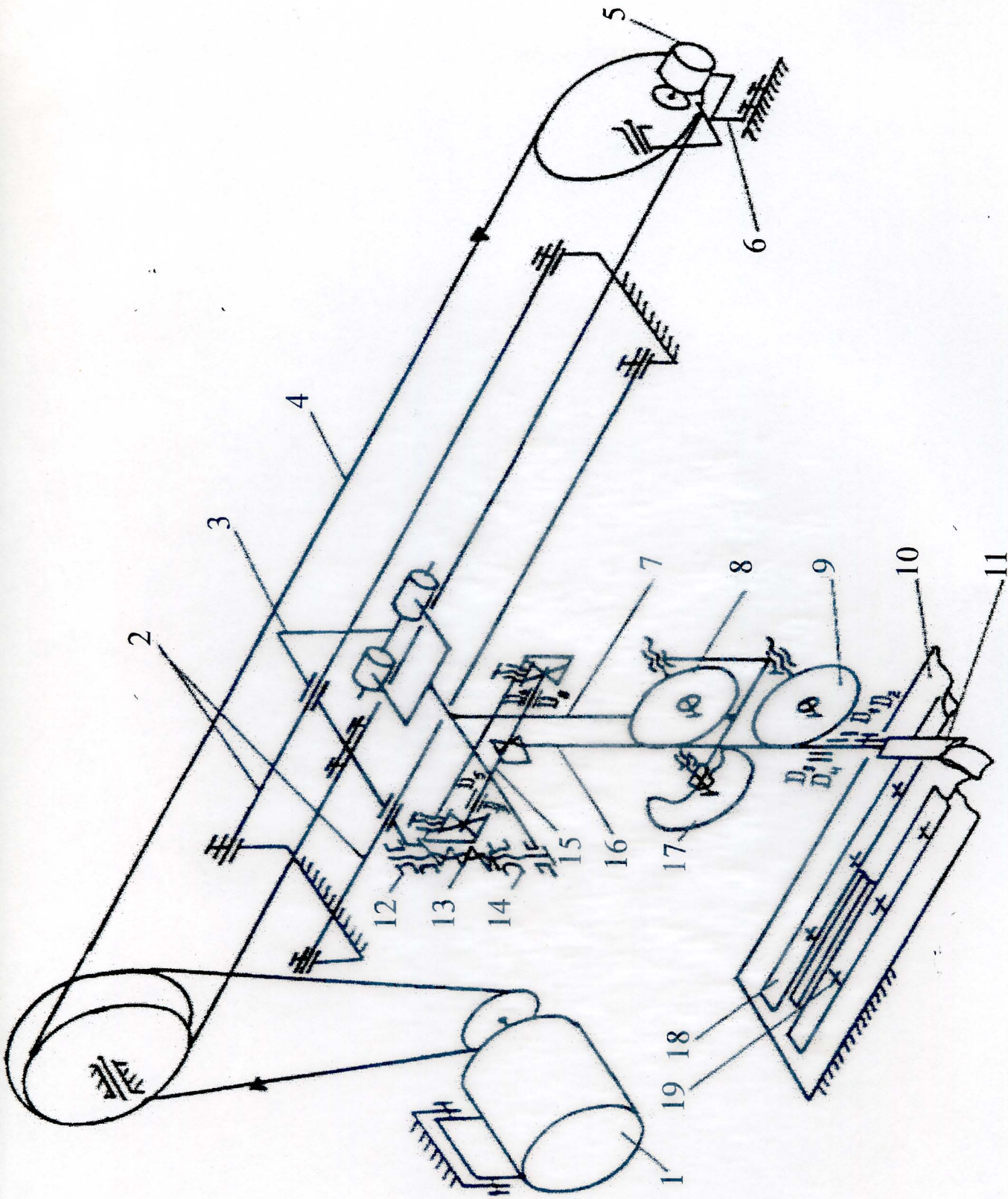


Fig. 1.13. Schéma cinématique de l'installation expérimentale.

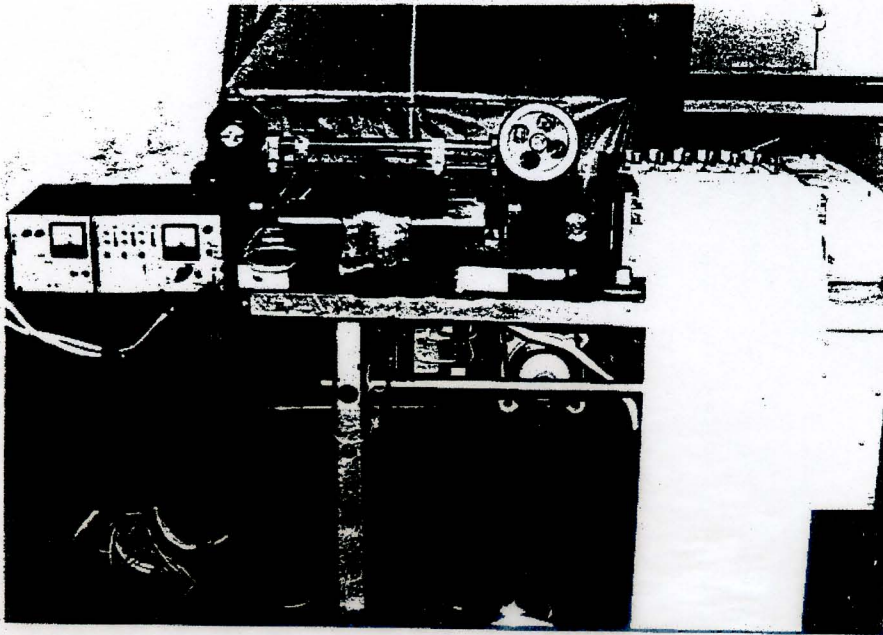


Fig. 1.14. Installation expérimentale.



Fig. 1.15. Couteau plat incliné.

La commande de l'installation est composée d'un électromoteur "1" à courant continu, une transmission partielle par courroie à l'arbre menant où on a installé une des deux poulies "4", servant pour une transmission flexible (transmission par courroie (voir figure (1-13))).

Ces deux poulies possèdent les mêmes diamètres, et sont installées de sorte que la courroie trapézoïdale "4" se déplace horizontalement.

La tension nécessaire de la courroie "2", nous aide à conserver la tension du dispositif "6", où est disposé la roue du tachymètre "5", en contact avec la poulie. Le corps du chariot "3" est rigidement lié à la transmission par courroie "5", et se déplace avec elle dans les deux sens horizontales va et vient "2". Avec le corps de la charnière nous avons connecté une tige suspendue "7" caractérisé par sa section. Sur la partie inférieure verticale nous avons placé des galets "17", "8", et "9", et au milieu la poutre "16". Sur la partie inférieure de celle-ci nous avons fixé le couteau plat "11".

A l'extrémité supérieure de la poutre "16", on déduit les déplacements horizontaux verticaux maximaux du couteau, surgit de la déformation excitée par le pont de WINSTON de la plaque mince "15". Le couteau "11" se déplace dans le sens de la coupe, sur la plate forme de la plaque "10".

L'élément de base de cette installation est la fixation de la matière à découper. La présence de la charnière de connexion de la tige suspendue "7", et le corps du chariot "3", est rendue nécessaire pour répondre au contact du couteau et de la paroi (sur le schéma à droite), de la plate forme "10" de coupe pendant le découpage de la matière avec un couteau à un seul côté affûté.

Dans ce cas, la coupe se réalise selon le schéma d'un "ciseau", la plaquette de fixation accomplit le rôle de la deuxième lame (immobile) du couteau.

Le contact nécessaire sera fourni à l'aide du ressort "13".

La force spécifique de serrage sera réglée par l'écrou "14".

Pour le découpage à l'aide d'un couteau à un seul côté affûté, l'échantillon de la matière est fixé sur la partie droite de la plate forme "10", à l'aide des plaquettes "18".

Pour la préparation de l'installation à découper à l'aide d'un couteau à deux côtés affûtés symétriques, le ressort "13" est utilisé pour calibrer la douille. La longueur est choisie de telle façon qu'elle devient centrée par rapport à la génératrice de coupe sur la plate forme "10". La position de la tige "6", correspond au corps du chariot (pendant le passage sera fixé à l'aide des plaquettes-écrous "19"). Dans ce cas, l'échantillon de la matière à découper se fixe au-dessus de la plate forme "10", à l'aide des plaquettes "19", et "18".

La construction du stand chariot nous aide à déterminer séparément les forces de résistance verticale et horizontale appliquées sur le couteau. La composante horizontale se mesure à l'aide de la poutre flexible "16", là où se trouvent les résistances D_1 - D_2 - D_3 , et D_4 , la verticale – par analogie à l'aide des résistances D_5 - D_6 - D_7 , et D_8 sur la poutre "15". Les résistances sont connectées schématiquement sous forme d'un pont WINSTON, les mesures diagonales sont connectées à travers un oscillographe, avec un oscillogramme (voir figure (1-14), et (1-16)).

Dans cette installation, on va étudier la possibilité de changement des vitesses de déplacement du couteau. Celle-ci se réalise par la méthode de réglage des vitesses de rotation du rotor du moteur électrique à l'aide d'un rhéostat de réglage.

Pour le contrôle des vitesses du couteau, on utilise un tachymètre "5" (voir figure (1-13)), lié au galet de l'axe qui se trouve en contact avec la poulie menante de la transmission par courroie, où se déplace le chariot ; le tachymètre à son tour est aussi connecté avec l'oscillogramme.

Pour débrancher le moteur après avoir déplacé le chariot dans les positions limites (fin de course), en utilisant un interrupteur "K" (voir figure (1-16)).

Les caractéristiques de bases de l'installation figure (1-13) sont :

Les vitesses de déplacement du couteau (réglable), en "m/s" jusqu'à 1.5.

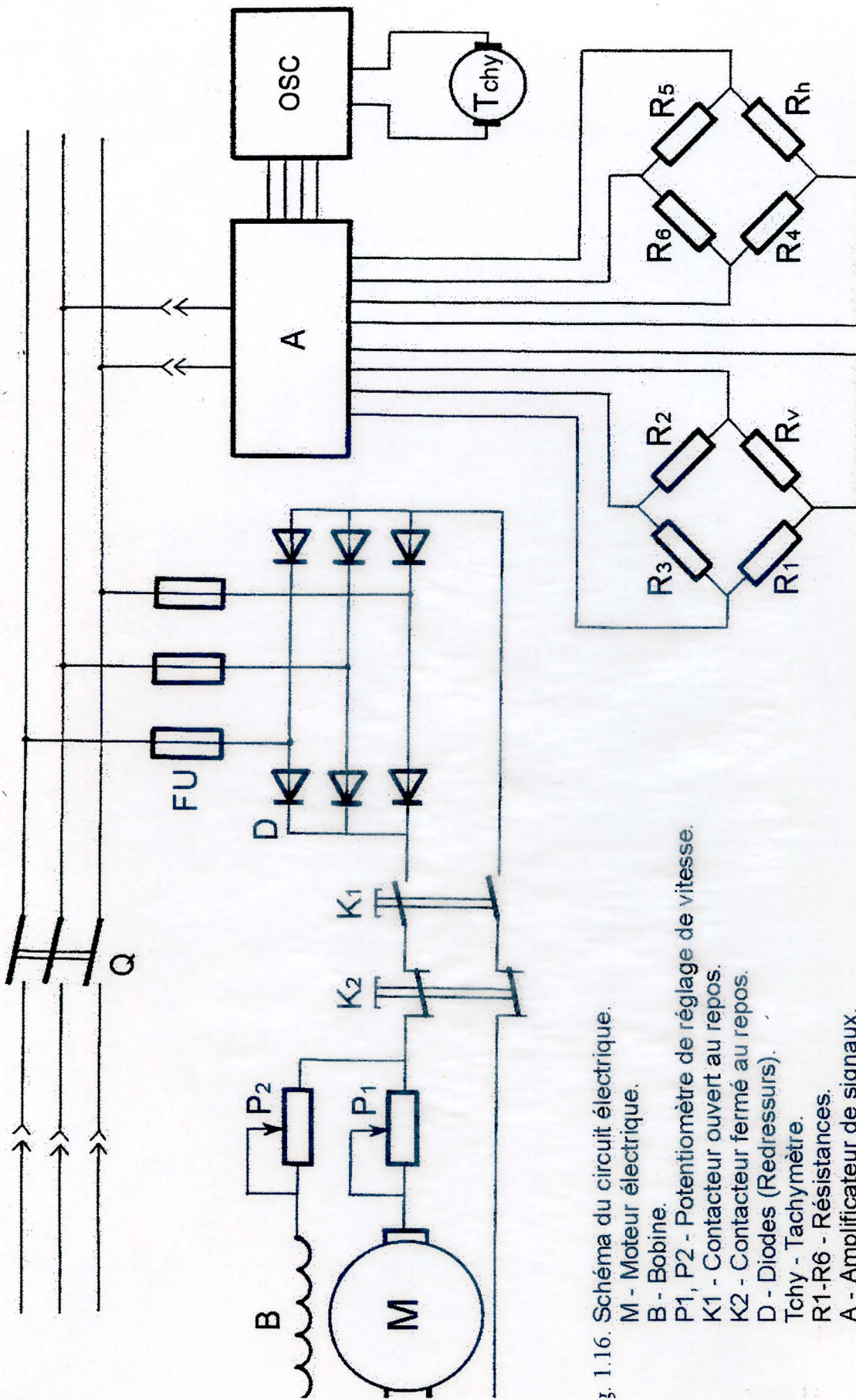
- Le cycle de déplacement du couteau, en "mm" 200.
- Les différentes forces, en "N" jusqu'à 1000.
- La puissance du moteur électrique, en "KW" 1.5.

L'étude nécessite un étalonnage des tachymètres ; celui-ci a été réalisé par les schémas indiqué dans la figure (1-17-a,b). Le graphe d'étalonnage est tracé dans la figure (1-17-c).

Le tarage du tachymètre a été élaboré à l'aide d'un appareil "STABOSCOPE de type ST5", pour cela, on a fixé l'indication de déviation des aiguilles de l'oscillogramme, selon les composantes des vitesses de déplacement qui est égale à : 0.4-0.8-1.2-1.5, m/s. Ces grandeurs conviennent pour le contrôle des désignations des vitesses du couteau.

Dans la première étape, nous avons étudié une série de couteaux avec deux côtés affûtés symétriques, et avec différents angles tranchant d'affûtage " α_1 ", et l'angle d'inclinaison de l'arrête tranchante du couteau avec le dessus de la matière " β_c ".

Les caractéristiques des couteaux sont indiquées dans le tableau (1-1). En effectuant les expériences, nous avons remarqué durant l'étude que, pour les couteaux avec les angles d'inclinaisons de 24° , la force de résistance des déplacements est très grande, causant la destruction de la poutre verticale (pendant le découpage avec une épaisseur supérieure à 4mm).



3. 1.16. Schéma du circuit électrique.
 M - Moteur électrique.
 B - Bobine.
 P1, P2 - Potentiomètre de réglage de vitesse.
 K1 - Contacteur ouvert au repos.
 K2 - Contacteur fermé au repos.
 D - Diodes (Redressurs).
 Tchy - Tachymètre.
 R1-R6 - Résistances.
 A - Amplificateur de signaux.
 OSC - Oscillogramme.
 F - Fusible.
 Q - Sectionneur.
 Rv-Rh - Capteurs d'efforts.

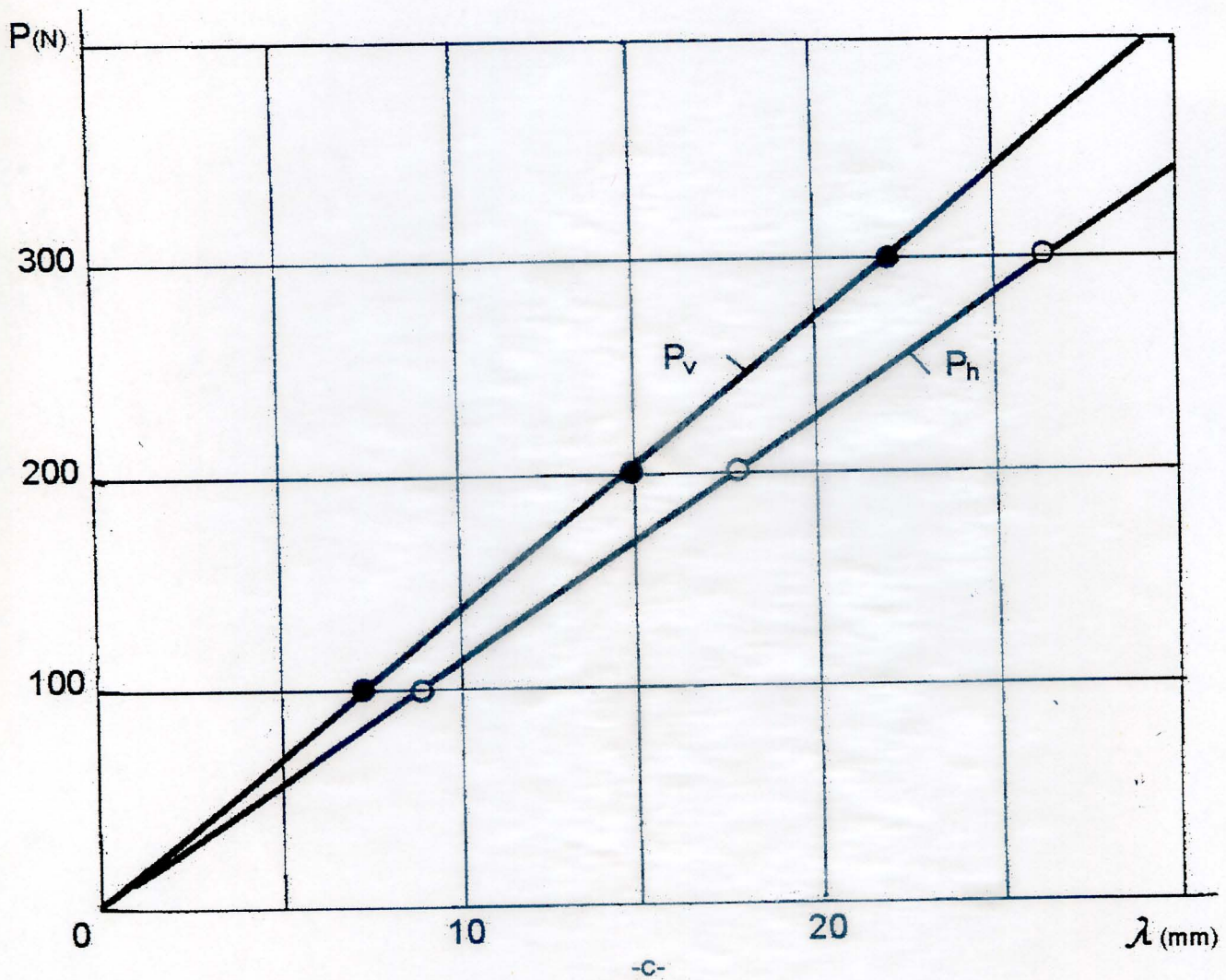
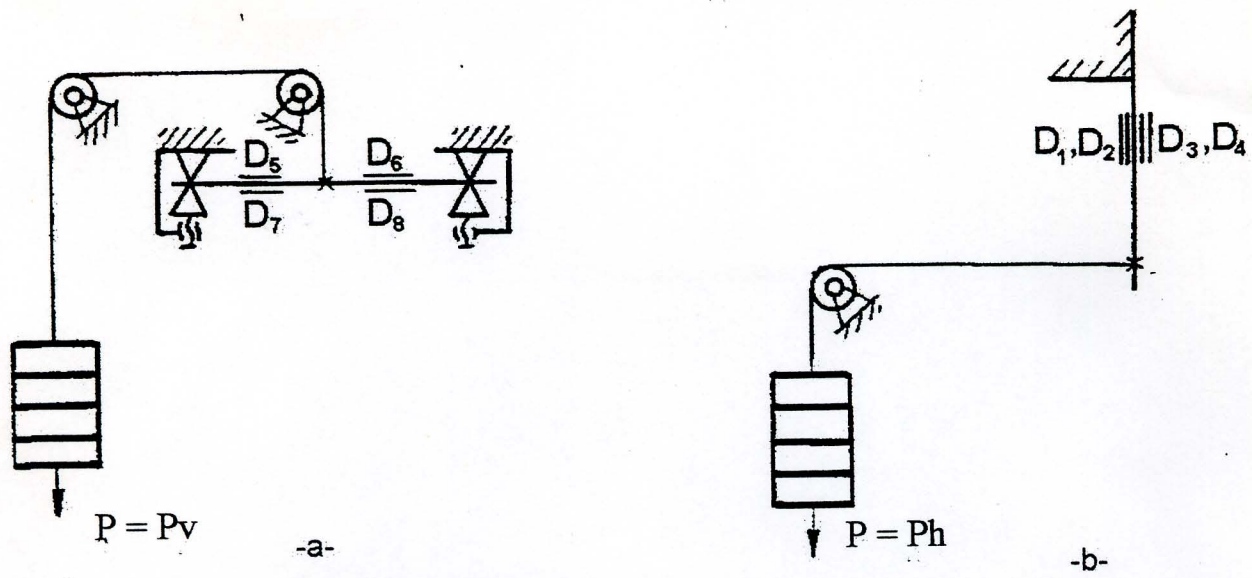


Fig. 1.17. Etalonnage à l'aide d'un pont de Winston.
 a, b - Schéma de chargement des poutres.
 c - Graphe d'étalonnage.

Le découpage de la matière (jusqu'à 6mm), à l'aide d'un couteau à angle d'inclinaison de l'ordre de 36° , a été réalisé avec une surcharge du moteur électrique. Cela nous amène à penser que nous devrions avoir des différentes vitesses de déplacement.

Le découpage de la matière à l'aide d'un couteau à angle d'inclinaison de l'arrête tranchante de 48° , a été stable. Cela nous permet de soulever les grandeurs des angles d'affûtage, et les vitesses de déplacement du couteau, selon les grandeurs des forces de résistance.

Les différents résultats trouvés pour un angle d'affûtage de 20° , en découpant les différentes épaisseurs du produit supérieur à 6mm, avec des couteaux où l'angle d'inclinaison est égal à 60° .

L'enregistrement de l'enfoncement de la matière sur les plaquettes d'appuis indique l'absence totale de sa destruction en fonction de l'épaisseur.

Il est préférable d'utiliser des couteaux avec une arrête à un seul côté affûté, et cela pour des raisons dans le but d'utiliser des couteaux disques.

Ainsi, on peut conclure que la grandeur de la force de résistance de coupe dépend de l'angle d'affûtage du couteau, de l'angle d'inclinaison de l'arrête tranchante, et de la vitesse de déplacement du couteau pendant le découpage.

Nous avons également expérimenté des couteaux avec des angles d'inclinaison de l'arrête tranchante inférieure à 40° , et pour cela pour calculer les grandeurs des forces de résistance.

La continuité des expériences sur l'installation a été effectuée en faisant varier les vitesses de déplacement des couteaux et les angles d'inclinaison de l'arrête tranchante, ce qui nous a permis d'avoir les différentes composantes horizontales et verticales des forces de résistances de coupe.

Les expériences ont été réalisées à l'aide d'une série de couteaux avec un angle d'affûtage égal à 20° , et les angles d'inclinaisons de l'arrête tranchante de : $40^\circ - 45^\circ - 50^\circ$, et 60° .

L'étude a été réalisée sur différents des échantillons de cuir. Le nombre d'expériences sur chaque semi-produit (a et b), dépassait la dizaine de fois.

Sur la figure (1-18), nous avons indiqué des oscillogrammes type de processus. Après avoir analysé ses cartes, nous avons conclu que le phénomène de coupe peut être divisé en trois étapes différentes :

- Déformation du couteau.
- Déchirure préliminaire superficielle de la matière.
- Coupe stable de la matière.

Première étape : Le phénomène de coupe se caractérise par la compression, et le serrage de la matière sous l'effet de l'arrête tranchante du couteau jusqu'à une grandeur limite ; au début de la pénétration du couteau dans la matière, la partie tranchante va le tendre et le serrer suivant les rapports de l'enfoncement, et selon l'action du couteau sur la matière, la déformation sera plus grande, pour cela, cette déformation se divise selon trois composantes de pression du couteau,

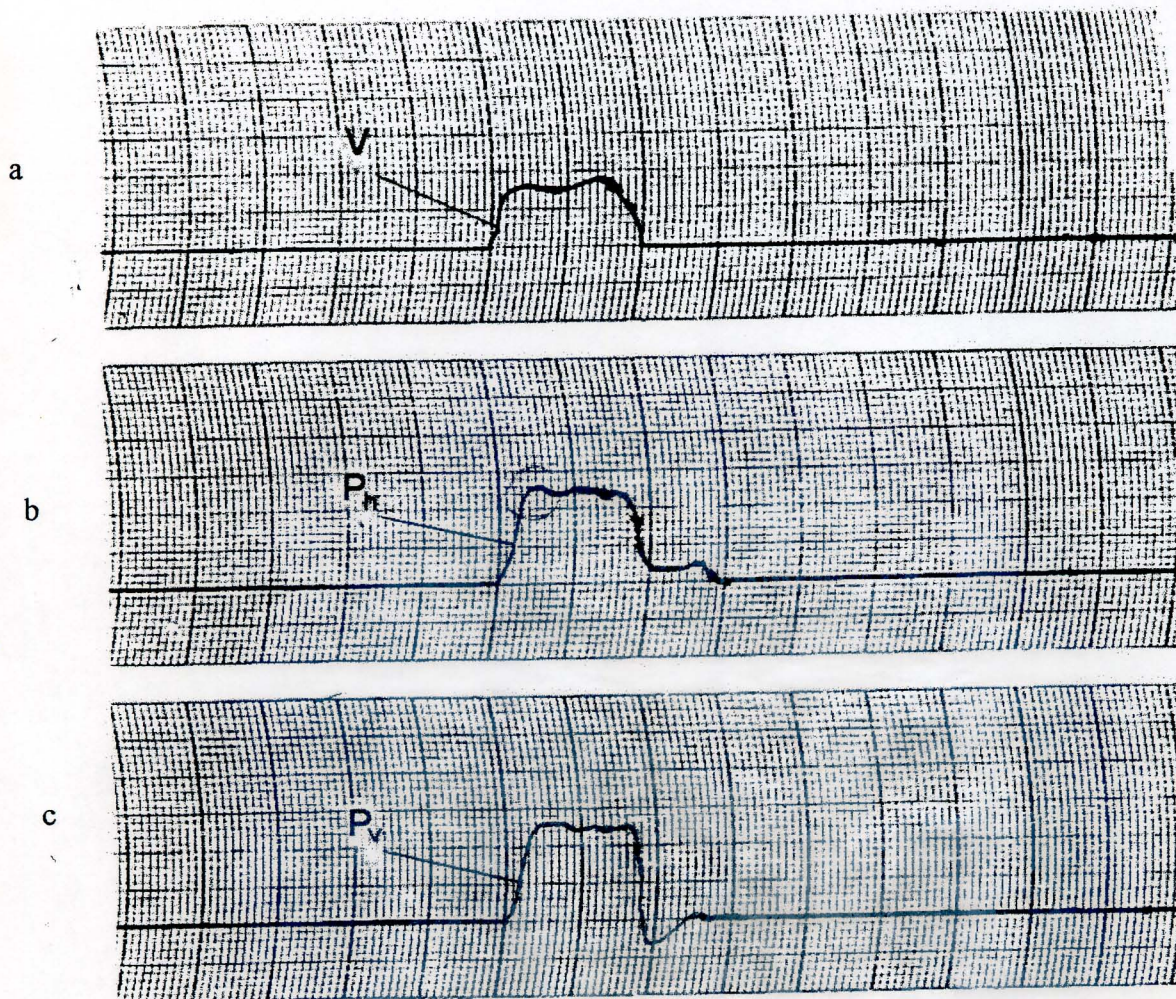


Fig. 1.18. Oscillogrammes types de processus de coupe d'étude avec un semi-produit tendre ($\alpha_1=20^\circ$, $h = 1.0$ mm, $H = 4.0$ mm, $V_m = 1.2$ m/s).
a - Vitesses de déplacement de la matière.
b - Composante horizontale de la force de coupe.
c - Composante verticale de la force de coupe.

et selon le sens vertical (le sens perpendiculaire à celle du mouvement de couteau)

Une partie de la matière, résiste à l'action du bec incliné du couteau, va le serrer jusqu'à, la limite d'élasticité de la matière, et la longueur libre, à partir de la partie serrée de la matière /8/.

Ici du côté de la matière actionne uniquement la force de résistance de pénétration " P_r ", où s'introduit le couteau.

La force " P_r " dépend des grandeurs " b ", des propriétés physico-mécanique de la matière, et du degré de l'angle d'affûtage de l'arrête tranchante du couteau.

Deuxième étape : Le processus caractérise la destruction de la matière, et le passage des différents becs des couteaux, c'est à cause de l'immobilisation de la matière, sa déformation dans la direction du déplacement du couteau sera atteinte dans sa grandeur limite, et presse la destruction des structures fibreuses.

Troisième étape : Le couteau s'introduit complètement dans la matière. Cette étape se caractérise par la stabilité de la grandeur de la force de coupe.

Les résultats d'étude sont utilisés pour déterminer les relations des composantes des forces de coupes " P_v " et " P_h ".

Dans la troisième étape, et à partir des vitesses de déplacements des couteaux dépendant de la matière, de l'angle d'inclinaison de l'arrête tranchante du couteau " β_c ", et de l'épaisseur du couteau " h ", pour un angle d'affûtage (" $\alpha_1 = 20^\circ$ "), qui sont indiqués dans les figures (1-19), (1-21), et (1-23) pour des couteaux à deux angles affûtés.

L'analyse graphique montre que, en diminuant l'angle d'inclinaison de l'arrête tranchante du couteau, on remarque que la composante verticale " P_v " augmente.

La force " P ", change non monotone, et elle aura une valeur minimale pour la désignation de l'angle " $\beta_c = 60^\circ$ ". L'accroissement de l'épaisseur du couteau provoque la force de résistance de coupe.

En augmentant les vitesses des déplacements des couteaux, nous aurons une diminution des deux composantes " P_v " et " P_h ".

On remarque, que ces grandeurs de changement dépendent des valeurs des vitesses " V_c ", pratiquement quatre fois par rapport à la diminution de l'effort de coupe qui ne sera pas moins de 11%.

Les expériences analogues d'études ont été effectuées pour des couteaux plats à un seul côté affûté.

Les résultats montrent que les couteaux à un seul côté affûté, diminuent les forces de coupe ou moyenne de 15% (voir protocole d'étude dans l'annexe II, tableau 1-II).

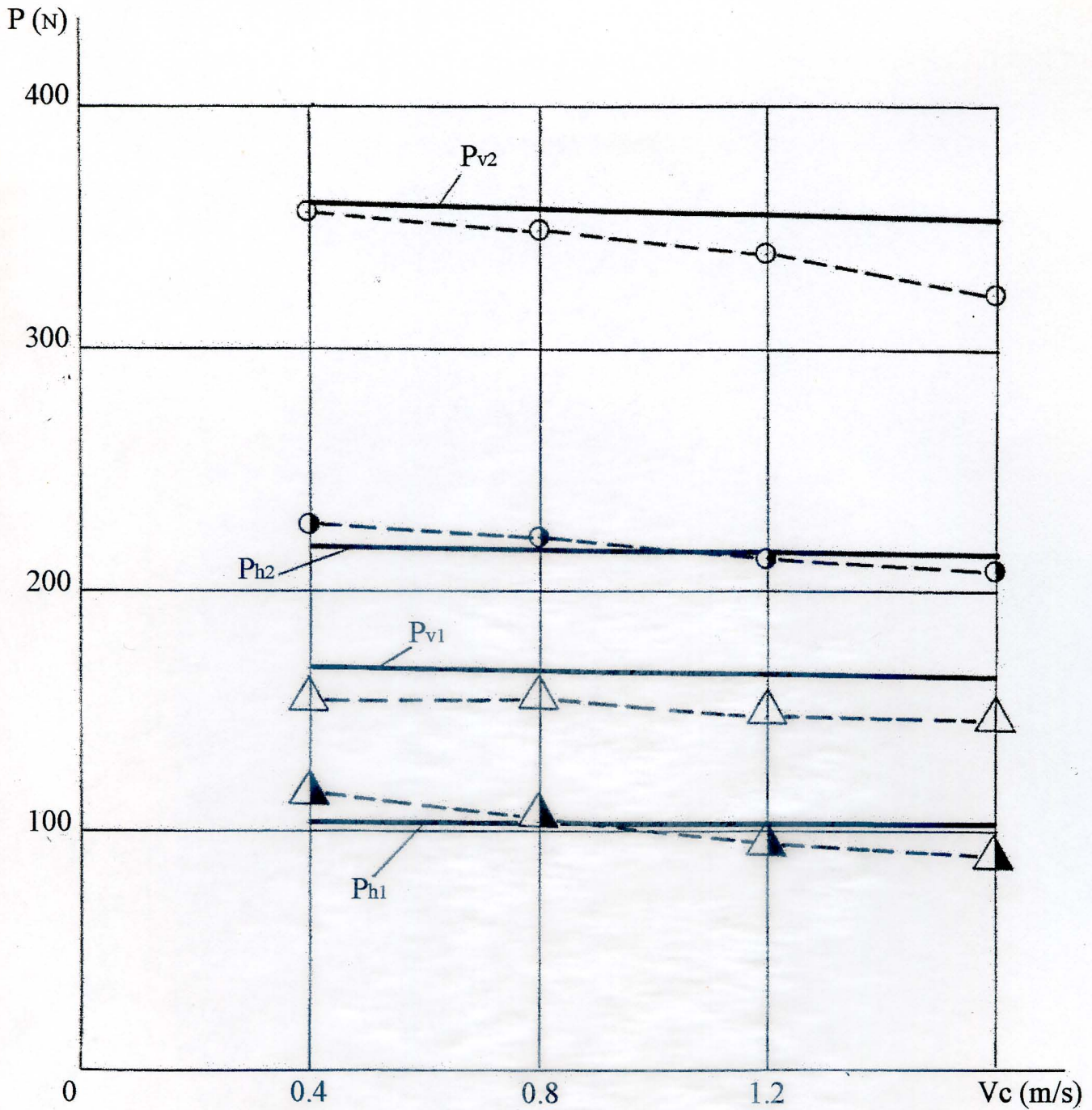


Fig. 1.19. Relation entre la force de résistance et la vitesse du couteau.
 - A deux côtés affûtés symétriques. ($\alpha_1 = 20^\circ, \beta_c = 60^\circ$).

- Valeurs expérimentales, pour un semi-produit tendre, et une épaisseur de 5 mm.
 Ph1, Pv1 - Valeurs calculées -"-
- Valeurs expérimentales, pour un semi-produit dur, et une épaisseur de 4 mm.
 Ph2, Pv2 - Valeurs calculées -"-

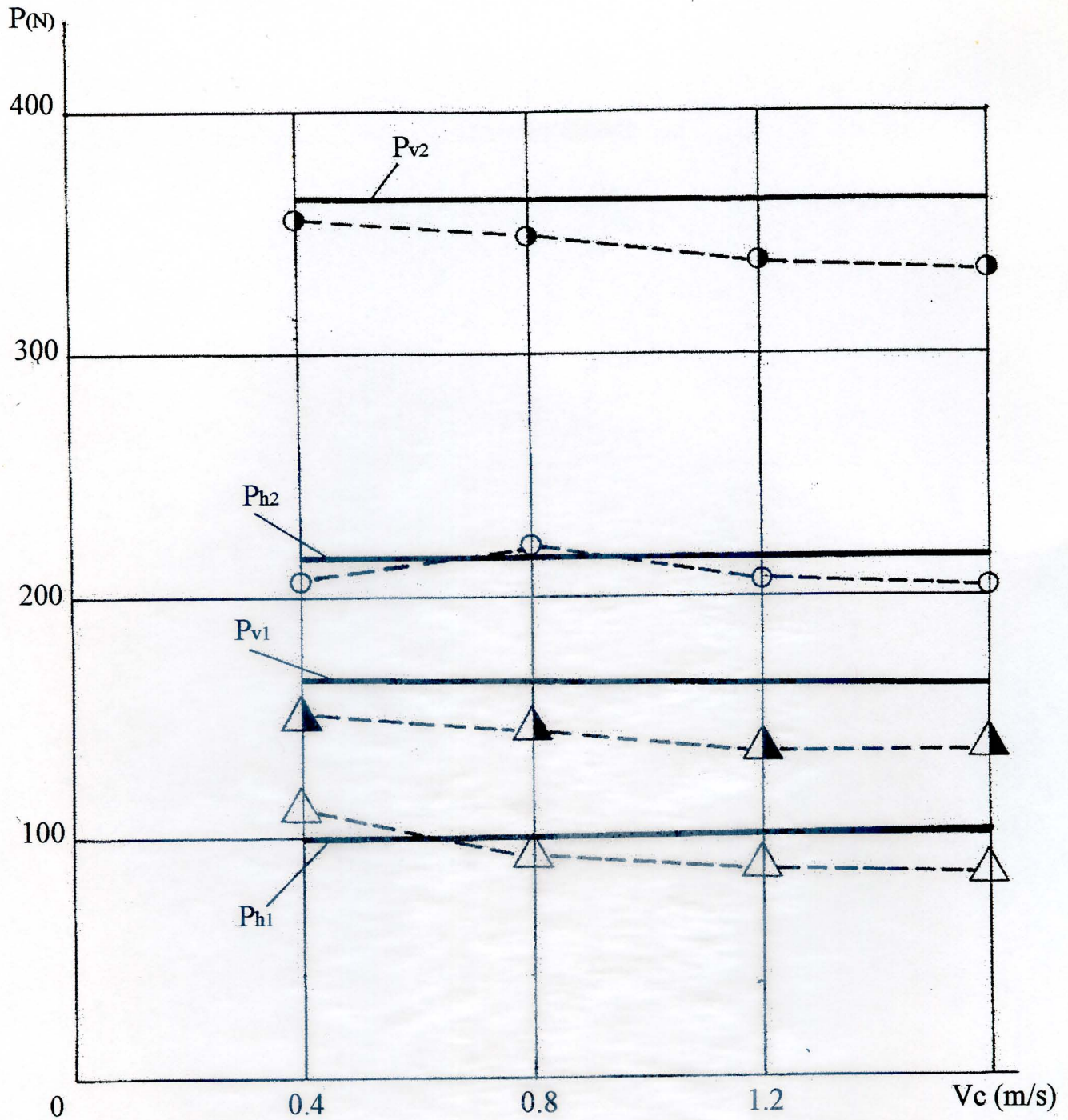


Fig. 1.20. Relation entre la force de résistance de coupe et la vitesse du couteau.
 - A un seul côté affûté. ($V_M = 0.8 \text{ m/s}$, $\alpha_1 = 20^\circ$, $\beta_c = 60^\circ$).

- $\triangle \blacktriangle$ - Valeurs expérimentales, pour un semi-produit tendre, et une épaisseur de 5 mm.
- Ph1, Pv1 - Valeurs calculées -"
- $\circ \bullet$ - Valeurs expérimentales, pour un semi-produit dur, et une épaisseur de 4 mm.
- Ph2, Pv2 - Valeurs calculées -"

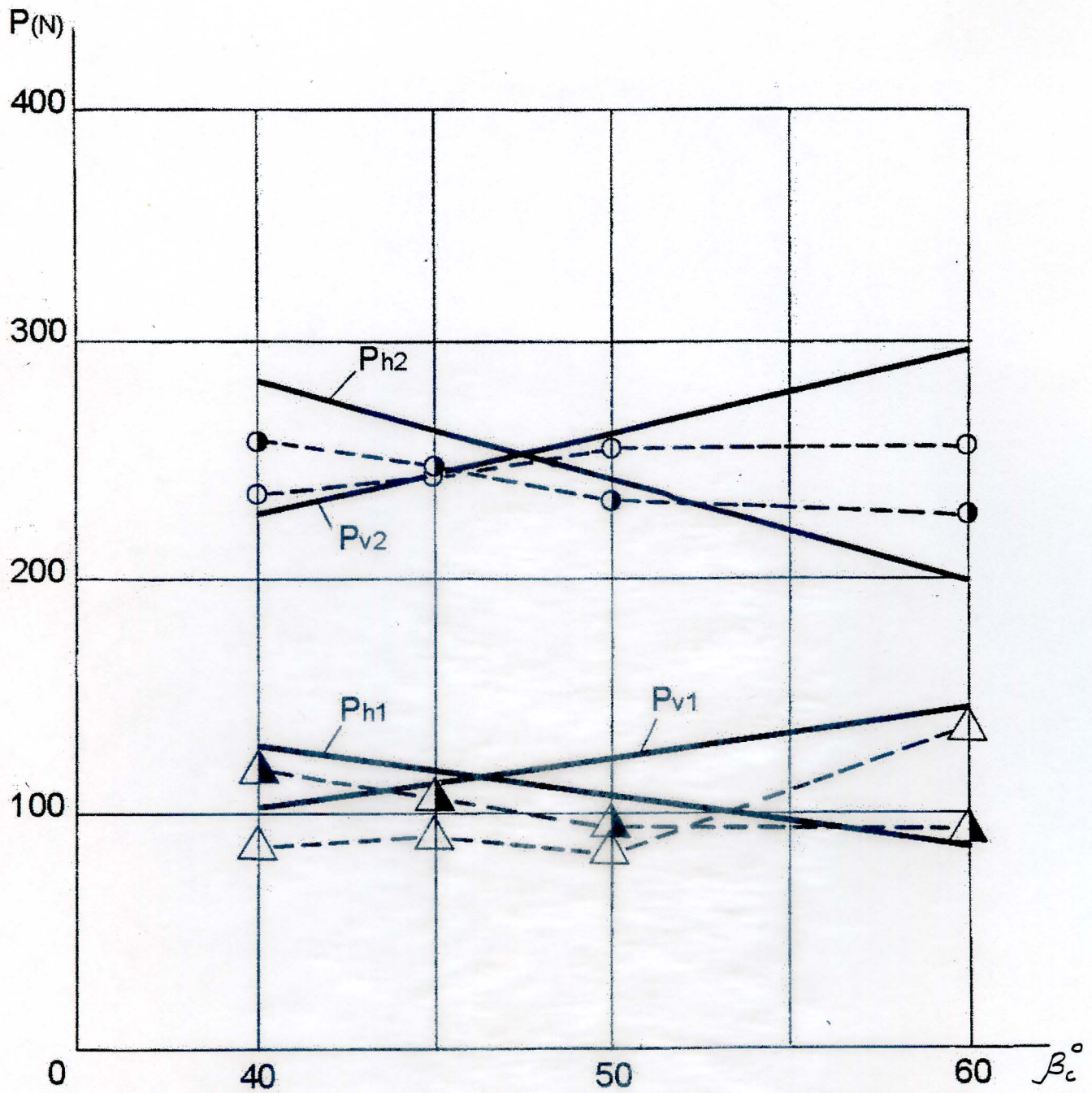


Fig. 1.21. Relations entre la force de résistance de coupe et l'angle d'inclinaison de l'arrête du couteau. - A deux côtés affûtés symétriques. ($V_M = 0.8$ m/s, $\alpha_1 = 20^\circ$).

- ▲ ▲ - Valeurs expérimentales, pour un semi-produit tendre, et une épaisseur de 5 mm.
Ph1, Pv1 - Valeurs calculées "-
- ○ - Valeurs expérimentales, pour un semi-produit dur, et une épaisseur de 5 mm.
Ph2, Pv2 - Valeurs calculées "-

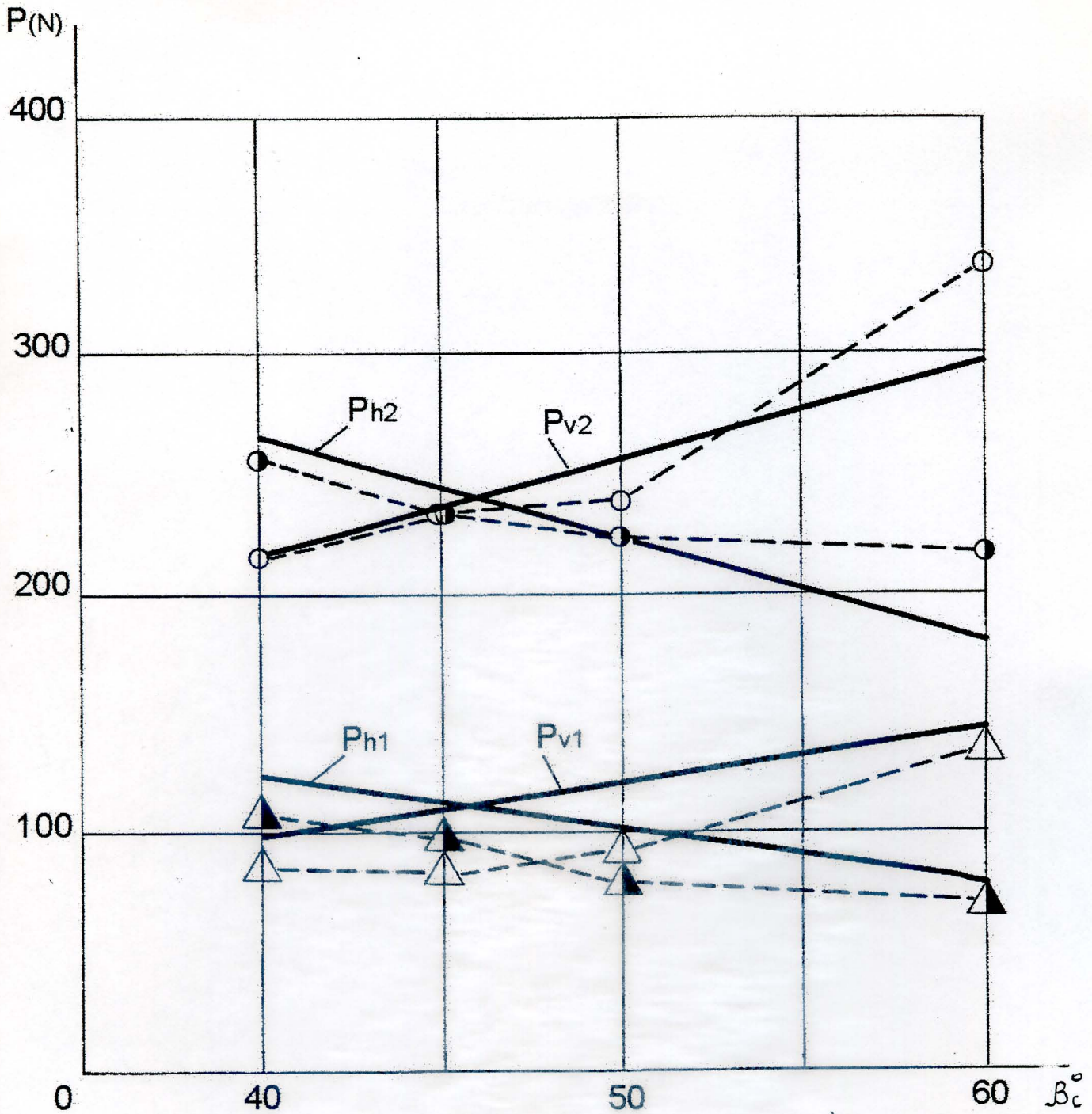


Fig. 1.22. Relation entre la force de résistance de coupe et l'angle d'inclinaison de l'arrête du couteau.
 - A un seul côté affûté. ($V_M = 0.8 \text{ m/s}$, $\alpha_1 = 20^\circ$).

- ▲ ▲ - Valeurs expérimentales, pour un semi-produit tendre, et une épaisseur de 5 mm.
- Ph1, Pv1 - Valeurs calculées -"-
- ○ - Valeurs expérimentales, pour un semi-produit dur, et une épaisseur de 4 mm.
- Ph2, Pv2 - Valeurs calculées -"-

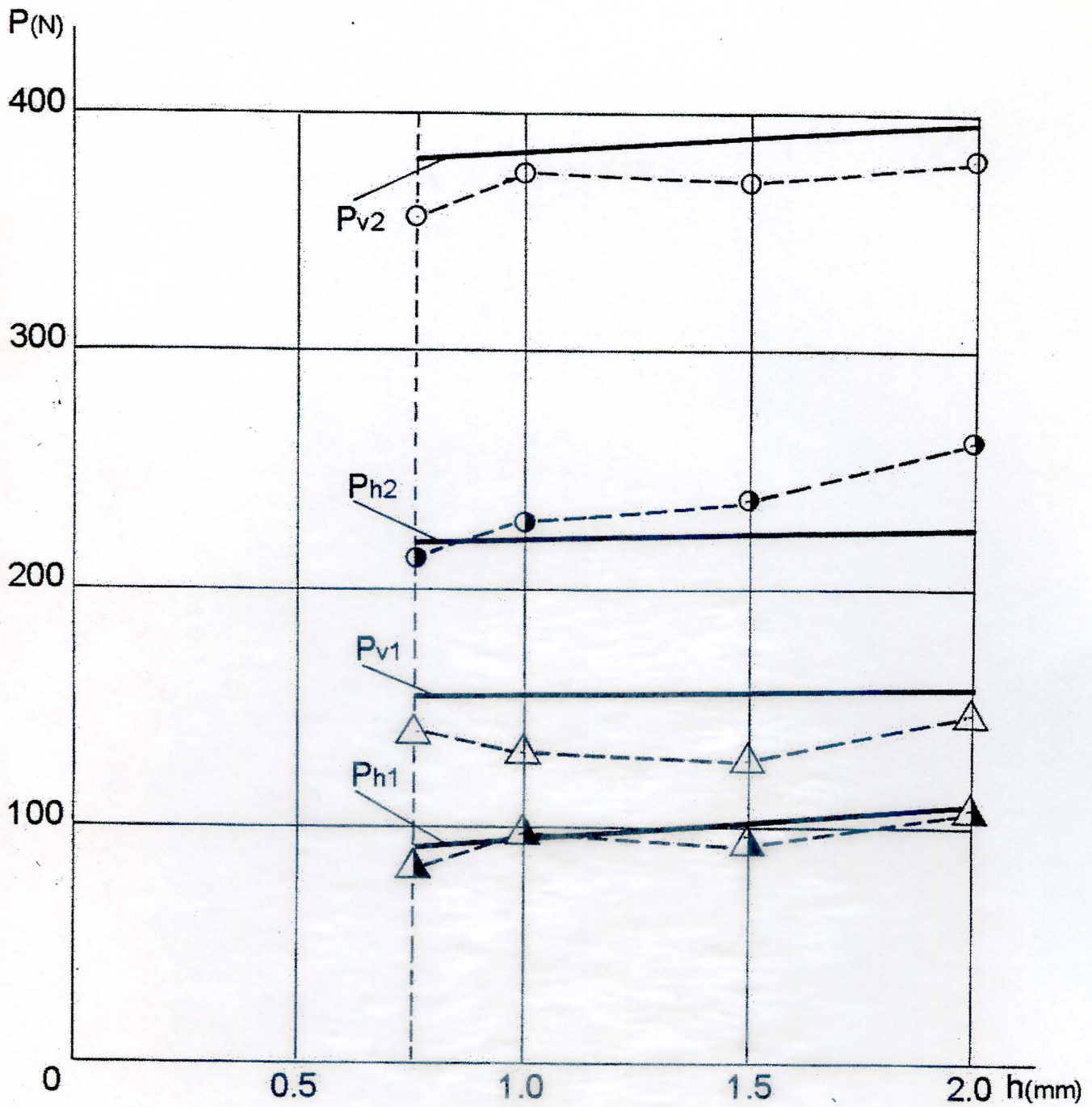


Fig. 1.23. Relation entre la force de résistance de coupe et l'épaisseur du couteau.
 -- A deux côtés affûtés symétriques. ($V_M = 0.8 \text{ m/s}$, $\alpha_1 = 20^\circ$, $\beta_c = 60^\circ$).

- Valeurs expérimentales, pour un semi-produit tendre, et une épaisseur de 5 mm.
 Ph1, Pv1 - Valeurs calculées "-"
- Valeurs expérimentales, pour un semi-produit tendre, et une épaisseur de 4 mm.
 Ph2, Pv2 - Valeurs calculées "-"

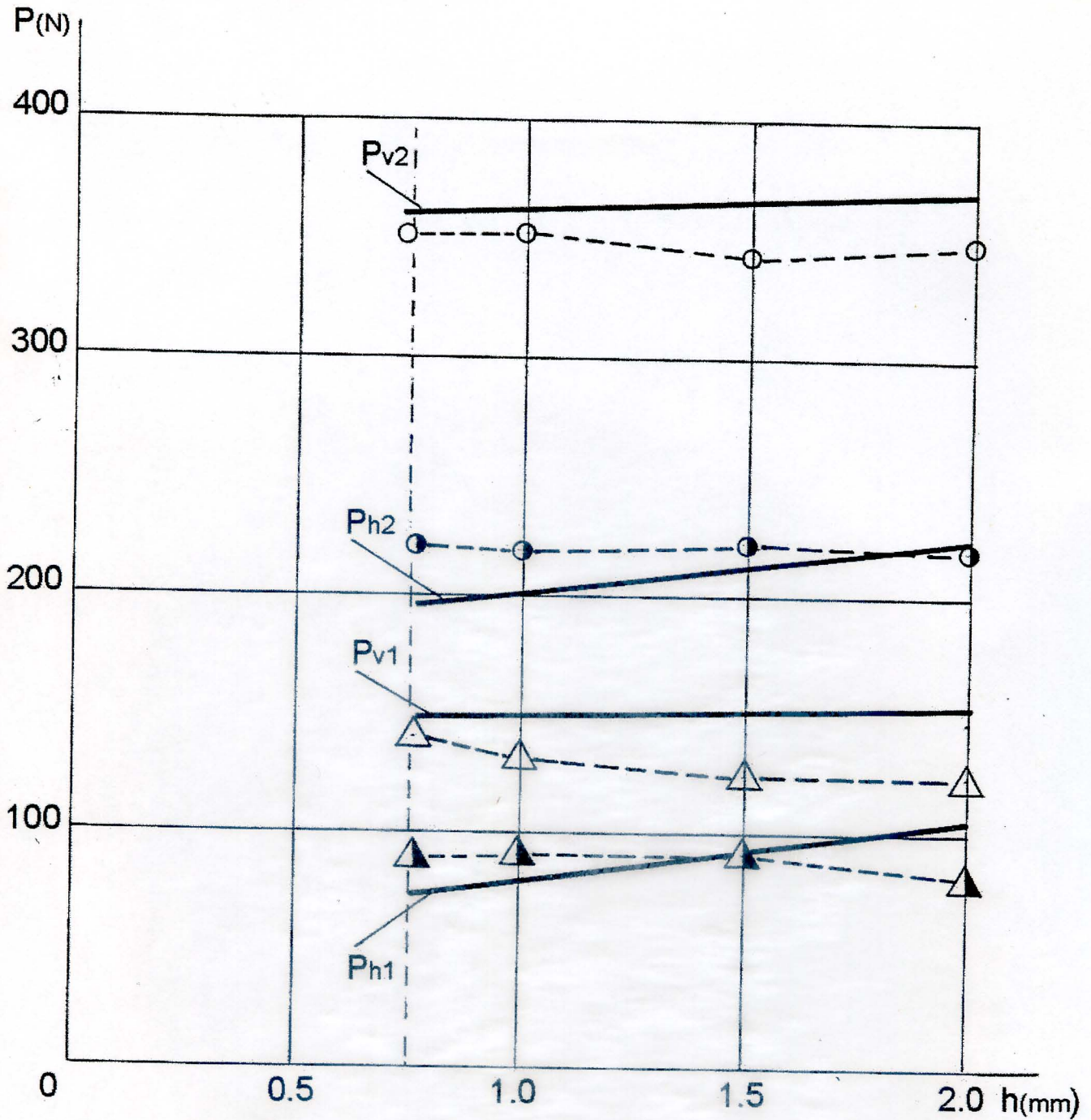


Fig. 1.24. Relations entre la force de résistance de coupe, et l'épaisseur du couteau.
 - A un seul côté affûté. ($V_M = 0.8\text{m/s}$, $\alpha_1 = 20^\circ$, $\beta_c = 60^\circ$).

- ▲ △ - Valeurs expérimentales, pour un semi-produit tendre, et une épaisseur de 5 mm.
 Ph1, Pv1 - Valeurs calculées -"-
- ○ - Valeurs expérimentales, pour un semi-produit dur, et une épaisseur de 4 mm.
 Ph2, Pv2 - Valeurs calculées -"-

1.4. Analyse comparative des données des résultats expérimentaux et calcul théorique :

Pour approuver les composantes des forces de résistances de coupe " P_h ", et " P_v " mises en évidence par les expériences avec les désignations calculées, et qui sont déterminées par les relations [1-38] , [1-44], [1-57], et [1-59], il est nécessaire de faire introduire les paramètres suivants dans les relations indiquées ci-dessus :

- le Coefficient de frottement par rapport à la matière " μ_i ".
- le Module d'élasticité du cuir flexible tendre, et flexible dur " E_{cp} ".
- la Contrainte des deux cuirs par rapport à l'arrête tranchante [σ_{ad}].

Le lien entre les relations calculées et expérimentales est donné par la méthode suivante :

a/ Dans la première étape, nous déterminons le coefficient de frottement " μ_i "; l'étude pour déterminer le coefficient de frottement de la matière par rapport aux côtés latéraux du couteau est accomplie à l'aide d'une installation, indiquée sur la figure (1-25), et qui fonctionne de la façon suivante :

avant d'entamer l'étude, nous devons fixer l'un des produits (6) sur la table (7), et effectuer l'étalonnage à l'aide du ressort (2) qui provoque le serrage du couteau sur l'échantillon.

Dans le but de serrer le couteau (9) sur l'échantillon, nous appliquons, au début la force maximale. Après quoi le couteau dans la zone d'application avec la matière à l'aide des différentes charges (10), qui sont portés par le contre poids (G), et entre le couteau et la matière se déplace une plaque mince (8).

Après quoi nous serrons l'écrou (3), qui donne les différentes forces spécifiques de serrage qui sont en liaison avec le ressort (2), et qui diminuent jusqu'à ce que la plaquette (8) puisse extraire légèrement sous le couteau ou bien en liaison avec les propriétés du poids correspondant.

D'habitude, pour que les forces spécifiques du couteau soient égales au contrepoids (G).

En faisant les expériences sur le couteau (9) au moyen de la vis (1), et le ressort (2) qui se serrent contre l'appui (7) de la table là où se trouve la matière (6), avec des forces de (50 N), et (80 N).

Nous allons donner, par la suite, au couteau un déplacement dans le sens de la matière, et on va enregistrer le signal à l'aide des résistances ($D_1 - D_4$), qui fixe les déformations de la poutre (voir figure (1-26)), dans le sens des déplacements des couteaux.

On utilise l'étalonnage pour déterminer la force de frottement, après quoi on calcule le coefficient de frottement comme une relation donnée, entre la force de serrage du couteau et la matière.



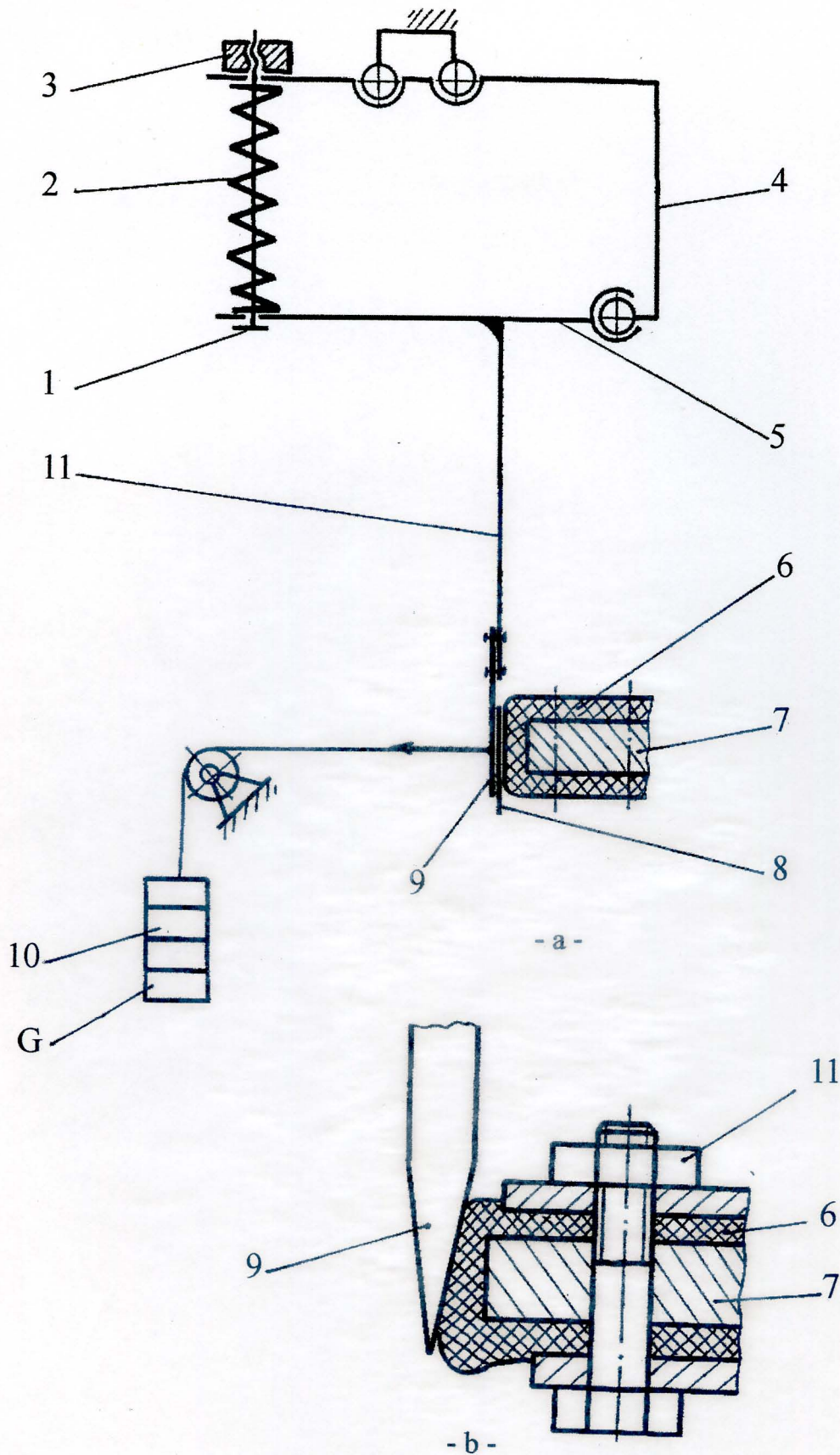
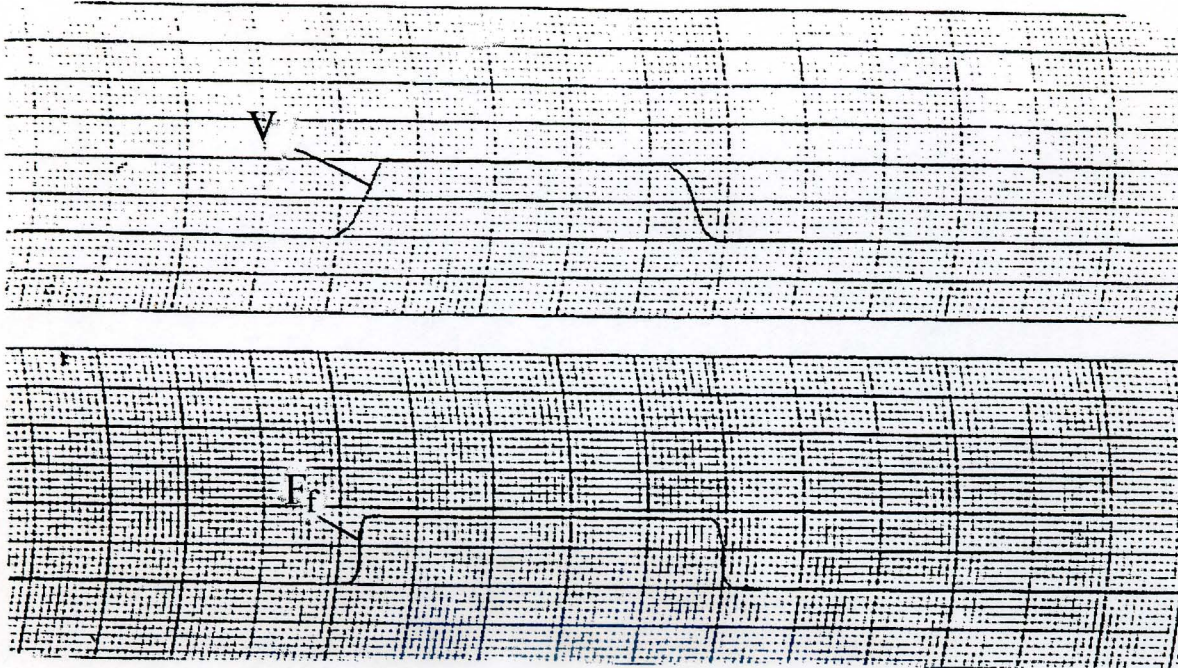
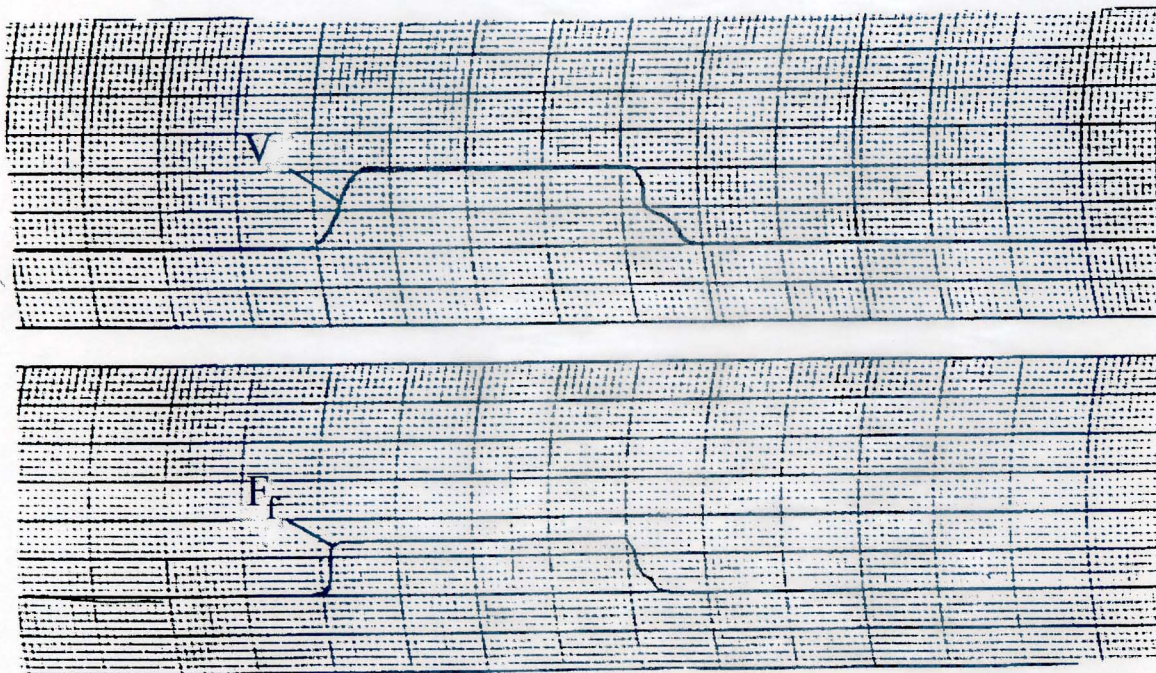


Fig. 1.25. Schéma de détermination des forces de frottement de serrage.
 a - Installation pour déterminer les forces.
 b - Systeme de fixation du semi-produit.



- a -



- b -

Fig. 1.26. Oscillogrammes types de détermination des forces de frottement.

a - Semi-produit flexible dur (force normale $N = 50$ Newton).

b - Semi-produit flexible tendre (force normale $N = 80$ Newton).

Les études ont été effectuées pour différentes vitesses du couteau (0.4 ; 0.8 ; 1.2 ; 1.5m/s). Les résultats des mesures et des calculs sont représentés dans l'oscillogramme type de la figure (1-26), et les graphes expérimentaux des relations dans la figure (1-27). Le protocole des études est représenté dans le tableau "1", annexe "III". Les résultats des expériences trouvées, nous indiquent que les coefficients de frottement appliqués sur les côtés latéraux du couteau par rapport aux différents semi-produits, sont pratiquement les mêmes pour toute la trajectoire du couteau par rapport à ses vitesses de déplacement situés dans le diapason (0.15-0.40), comparé aux autres données (0.28-0.40) des auteurs /21/.

b/ Dans la deuxième étape de calcul nous allons déterminer le module d'élasticité pendant la compression des produits, en utilisant les équations [1-38], et [1-44], pour calculer " P_h ", et " P_v " pendant la coupe avec un couteau à un seul côté affûté, et nous aurons la formule suivante de

" E_{cp} " :

$$E_{cp} = (P_v \cdot \operatorname{tg} \beta_c - P_h) / H \cdot \left\{ \frac{h}{2 \cdot b} \left[\frac{h \cdot \cos \varphi \cdot (\sin \alpha_3 - \mu_1 \cos \alpha_3)}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cos \beta_c \cdot \cos \left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi \right) \cdot \cos \alpha_3} - \mu_2 \cdot \left(m - \frac{1}{2} \cdot H \right) \right] + \frac{h}{4 \cdot b} \left[\frac{h \cdot \cos \varphi \cdot \left(\mu_1 \cdot \cos \frac{\alpha_2}{2} + \sin \alpha_3 \cdot \operatorname{tg} \beta_c \right)}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2} \cdot \sin \beta_c \cdot \cos \left(\frac{\alpha_2}{2} + \varphi \right) \cdot \cos \alpha_3} + 2 \cdot \mu_2 \cdot \frac{2 \cdot m - H}{\operatorname{tg} \beta_c} \right] \right\}$$

Sur la base des données de cette formule, et en correspondance avec les résultats des expériences des forces " P_h ", et " P_v ", liés au découpage du produit à l'aide d'un couteau à deux côtés affûtés et d'une épaisseur " h ", nous déterminons les désignations de " E_{cp} ".

Sur la base du calcul accompli (voir annexe III), nous déterminons les désignations moyennes de " E_{cp} " :

* Pour le produit cuir flexible tendre $E_{cp} = 2.25$ M.Pascal.

* Pour le produit cuir flexible dur $E_{cp} = 1.26$ M.Pascal.

Les résultats trouvés sont très proches à ceux d'autres études effectuées auparavant par les auteurs /25-19-26/.

c/ Outre le coefficient de frottement et le module d'élasticité indiqués dans les formules, pour calculer " P_h " et " P_v ", composante de la force de résistance " P_r ", nous déterminons les charges spécifiques ($q = f[\sigma_{ad}]$), en liaison avec d'autres littératures données de ces grandeurs de $[\sigma_{ad}]$, par rapport au semi-produit, et nous déterminons les voies de calcul après chaque expérience où en varient les paramètres, " h ", et " β_c ", et selon les résultats mesurés " P_h " ou bien " P_v ".

En coïncidence avec les formules indiquées ci-dessus [1-38], [1-44], [1-54], et [1-59], les résultats de calcul sont représentés dans les tableaux (annexe II).

d/ Après quoi on détermine les désignations des charges spécifiques "q", dans les quelles sont introduites les désignations expérimentales " μ_i ", et " P_{ri} ", les désignations calculer de " E_{cp} ", et qui sont utilisées pour avoir les critères théoriques des relations des composantes des forces de coupe par rapport à l'angle d'inclinaison " β_c ", la vitesse de déplacement du couteau " V_c ", et l'épaisseur du couteau " h ".

Ces courbes indiquées dans les figures (1-18), et (1-24), seront totalement linéaires.

En comparant les résultats des courbes expérimentales et ceux des courbes théoriques, la différence ne dépasse pas 20%. Ce qui prouve la possibilité d'utilisation des relations analytiques reçues pour l'analyse des forces appliquées sur les couteaux plats par rapport aux matériaux élasto-plastiques.

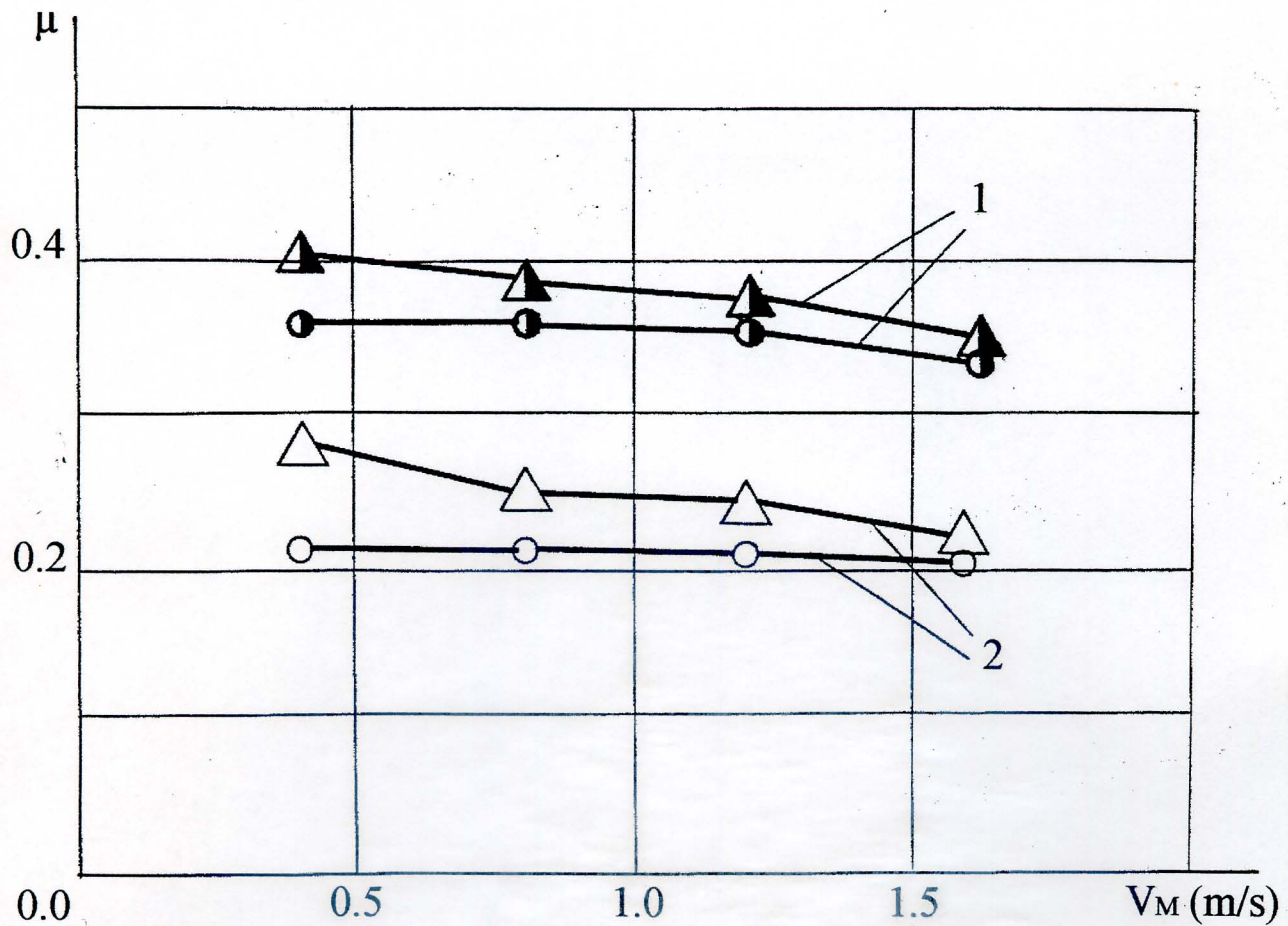


Fig. 1.27. Valeurs de coefficient de frottement, pour des différentes vitesses et forces de pressions du couteau.

1 - Semi-produit dur.

2 - Semi-produit tendre.

● - Pour $N = 50$ N,

○ - Pour $N = 80$ N,

▲ - Pour $N = 50$ N,

△ - Pour $N = 80$ N.

Conclusion du premier chapitre :

I - Les résultats théoriques de l'étude du phénomène de coupe du cuir flexible tendre, et dur, avec un couteau plat incliné ont été obtenus analytiquement à l'aide des relations exprimant les paramètres cinématique et dynamique en relation avec la matière du couteau, aussi bien à un qu'à deux côtés affûtés.

Le traitement sur ordinateur, nous a donné des résultats permettant d'évaluer les facteurs de base du processus selon les grandeurs des forces de résistances et ses composantes.

II - Les expériences effectuées ont été réalisées sur des installations spéciales préparées, où nous avons mené des recherches sur l'influence du phénomène de coupe, selon la matière et la forme du couteau plat incliné en tenant compte des caractéristiques suivantes : l'angle d'affûtage, l'angle d'inclinaison de l'arrête tranchante, l'épaisseur du couteau, la vitesse de déplacement par rapport au matériau, et les types d'affûtage.

III - Les expériences effectuées nous ont montré, qu'avec l'augmentation de la vitesse de déplacement du couteau par rapport à la matière, les forces de résistance pendant le découpage des cuirs flexibles tendre, et dur, diminue un petit peu (augmentation de la vitesse de 0.3 à 1.5m/s, qui nous donne une diminution de la force de résistance jusqu'à 11%). La valeur maximale de la force de résistance de coupe a été atteinte dans le cas d'un couteau d'une épaisseur de 1.0mm, un angle d'affûtage de 20°, et un angle d'inclinaison de l'arrête tranchante du couteau de 60°. Ces nouvelles désignations sont recommandées pour les projections des installations de coupe avec des couteaux plats plus au moins rationnels.

IV - Dans les expériences réalisées, nous avons remarqué que les forces de résistance de coupe à l'aide de couteaux, à un seul côté affûté, selon le principe du schéma de ciseau (avec un contre appui de coupe comme plaquette fixe), est inférieure à 15% par rapport à la force de résistance, qui apparaisse pendant le découpage à l'aide d'un couteau à deux côtés affûtés. Et par la suite, pendant la production de découpage des cuirs flexibles tendre, et dur, nous devons prendre la première variante, avec un seul côté affûté.

V - En comparant les forces de résistances du cuir flexible tendre, par rapport à celles du cuir flexible dur, nous avons remarqué que celles-ci sont pratiquement supérieures deux fois en moyenne aux premières, ce qui nous éclaire à penser là où nous devons installer l'opération de découpage pendant le processus technologique.

VI - Dans le but d'étudier les expressions des forces de résistances de coupe calculées et expérimentales, élaborées pendant l'étude, pour déterminer le coefficient de frottement du couteau par rapport à la matière, et qui dépend des vitesses de déplacement des couteaux, ces expériences ont montré qu'en augmentant les vitesses, le coefficient de frottement diminue.

Cette diminution dans un diapason de $(0.15 \div 0.40)$, qui n'influe pas sur les données d'autres chercheurs.

VII - En comparant les analyses données et reçues par les marges d'études expérimentales de la coupe des cuirs flexibles tendre, et dur, avec des couteaux plats inclinés, c'est qui nous a donné la possibilité pratique d'élaborer des modèles mathématiques, pour une analyse dynamique appliquée sur le couteau plat, avec un matériau élasto-plastique.

Chapitre 2

2. Etude du phénomène de coupe du cuir avec des couteaux disques

Sur la base des analyses élaborées précédemment pour le procédé de coupe des matériaux, et afin d'utiliser des équipements et des instruments de coupe plus performants, nous avons pensé à rationaliser les paramètres adoptés pendant la coupe à l'aide de couteaux disques. En le comparant aux couteaux plats inclinés, examinés dans le chapitre précédent, et dans la pratique de fabrication, le procédé de coupe à l'aide de couteau disque nécessite le même effort ou un peu plus, et grâce à son meilleur traitement, à sa solidité et à son utilisation universelle, il répond mieux aux exigences de la productivité.

La coupe à l'aide d'un couteau disque trouve une utilisation très large dans les différentes industries (exemple : domaine de la métallurgie).

Le problème à débattre dans ce chapitre est composé de deux parties : l'aspect théorique, puis l'aspect expérimental de coupe, appliqué à des cuirs flexible, tendres, et durs, à l'aide d'un couteau disque, dans le but de choisir les paramètres rationnels de l'instrument de coupe, ainsi que le régime de travail. Ensuite, nous devons vérifier nos résultats sur une machine universelle utilisée dans des opérations industrielles courantes.

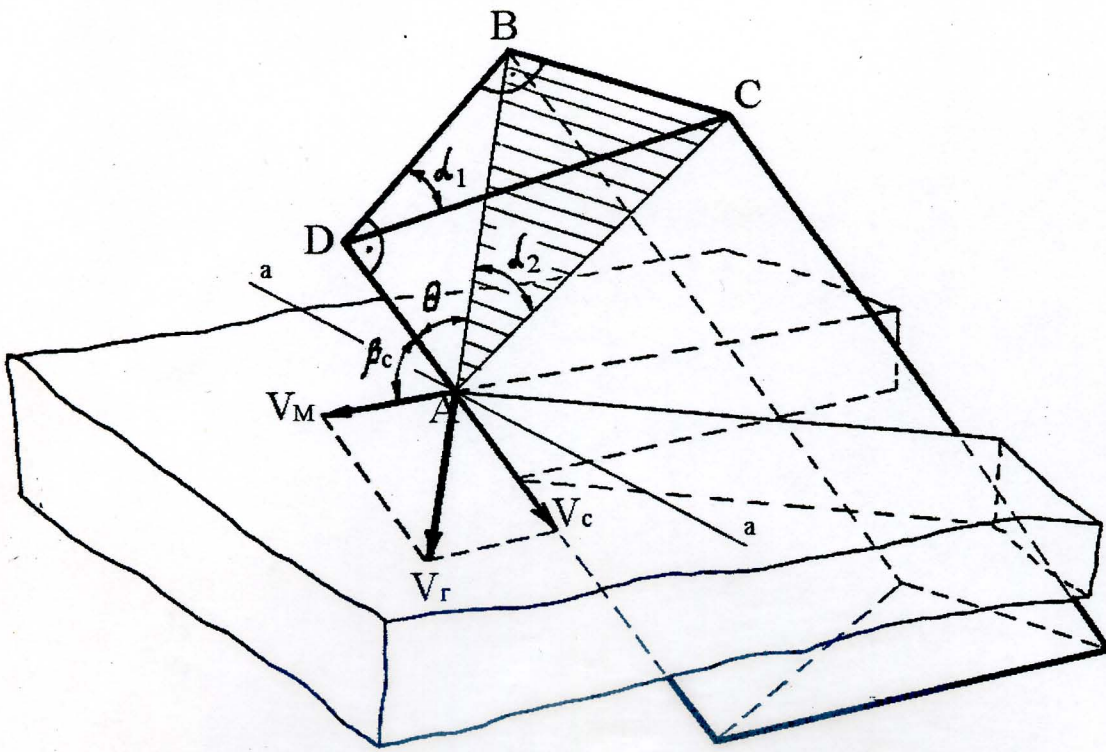
Notre recherche consiste à trouver une solution simple pour ce problème en considérant une hypothèse dans l'espace : soit un élément du couteau disque appliqué sur la matière.

Le bec qui découpe dans les limites de cette partie est considéré comme une ligne droite, mais la partie superficielle conique du bec du couteau est plane.

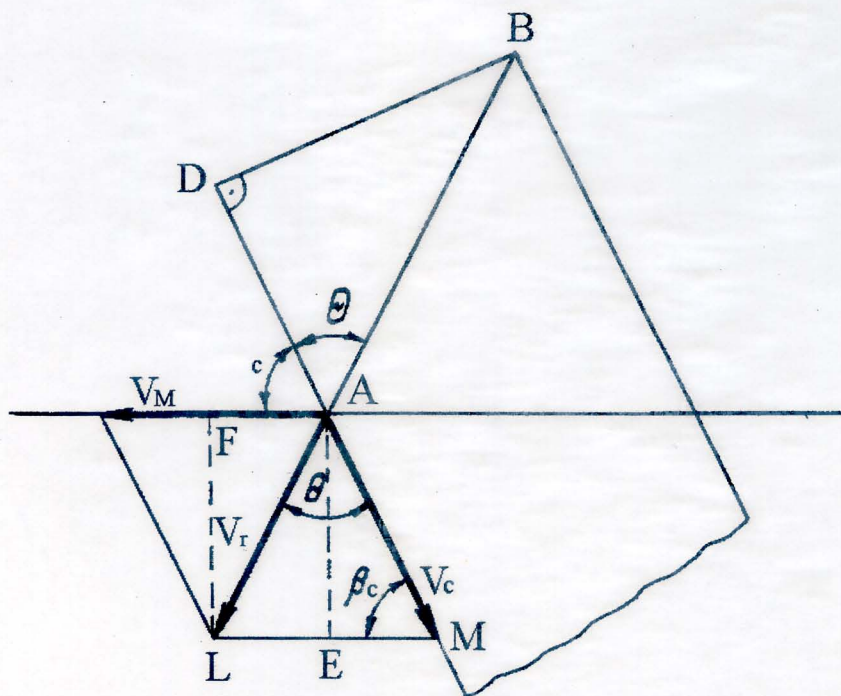
2.1. Cinématique de coupe avec des couteaux disques :

Cela nous a permis de considérer le procédé de coupe dans le cas général avec la matière, et qui est positionné sous l'angle " β_c ", par rapport au plan de coupe de la matière, et le déplacement avec une vitesse transversale " V_c ", et dans la direction transversale de la matière avec une vitesse " V_M " (voir figure (2-1)). Nous avons déterminé ici l'angle de coupe " α_2 ", disposé dans le plan (ABC), avec le vecteur résultant " V_r ", et la droite $\overline{a-a}$ perpendiculaire au plan dans lequel se déplace le couteau disque.

Pour déterminer l'angle " α_2 ", nous avons pris la normale par rapport à la section de la partie tranchante (DBC), et la section (ABC).



a - Position du couteau par rapport à la matière.



b - Projection des vitesses dans le plan de mouvement du couteau.

Fig . 2.1. Schéma de détermination de l'angle de coupe.

$$\begin{aligned}
 \operatorname{tg} \alpha_2 &= \frac{\overline{BC}}{\overline{AB}} ; \\
 \operatorname{tg} \alpha_1 &= \frac{\overline{BC}}{\overline{BD}} ; \\
 \overline{BC} &= \overline{BD} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 ; \\
 \operatorname{tg} \alpha_2 &= \frac{\overline{BD}}{\overline{AB}} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = \sin \theta \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 .
 \end{aligned}
 \tag{2-1}$$

Du triangle (ALM), et pour calculer l'aire de la surface " S_{ALM} ", nous faisons le produit vectoriel des vitesses " V_r " et " V_c " :

$$S_{ALM} = \frac{1}{2} \cdot (\vec{V}_r * \vec{V}_c) = \frac{1}{2} \cdot (V_r \cdot V_c) \cdot \sin \theta ;
 \tag{2-2}$$

D'un autre côté la surface du triangle (ALM), peut être calculée par la formule :

$$S_{ALM} = \frac{1}{2} \cdot \overline{LM} \cdot \overline{AE} . \text{ Puisque : } \overline{LM} = V_M , \text{ et } \overline{AE} = V_c \cdot \sin \beta_c ; \text{ donc nous aurons :}$$

$$S_{ALM} = \frac{1}{2} \cdot V_M \cdot V_c \cdot \sin \beta_c ;
 \tag{2-3}$$

Egalisons les parties à droite des équations [2-2] et [2-3], nous aurons la relation suivante :

$$\sin \theta = \frac{V_M \cdot \sin \beta_c}{V_r} ;
 \tag{2-4}$$

Donc la relation [2-1], s'écrit sous la forme suivante :

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \frac{V_M \cdot \sin \beta_c}{V_r} ;
 \tag{2-5}$$

La désignation " V_r ", sera déterminée à partir de l'analyse du schéma de la vitesse longitudinale " V_M ", et transversale " V_c " (voir figure (2-1-b)).

Il est clair que :

$$V_c = \sqrt{\overline{AF}^2 + \overline{AE}^2} ,$$

Mais $\overline{AF} = V_M - V_c \cdot \cos \beta_c$, et $\overline{AE} = V_c \cdot \sin \beta_c$, par conséquent :

$$V_r = \sqrt{(V_M - V_c \cdot \cos \beta_c)^2 + (V_c \cdot \sin \beta_c)^2} ,$$

$$V_r = \sqrt{V_M^2 + V_c^2 - 2 \cdot V_M \cdot V_c \cdot \cos \beta_c} ;
 \tag{2-6}$$

$$\text{D'où : } \sin \theta = \frac{V_M \cdot \sin \beta_c}{\sqrt{V_M^2 + V_c^2 - 2 \cdot V_M \cdot V_c \cdot \cos \beta_c}} ;
 \tag{2-7}$$

Après avoir remplacé les désignations " V_r " dans [2-5], nous aurons :

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \frac{V_M \cdot \sin \beta_c}{\sqrt{V_M^2 + V_c^2 - 2 \cdot V_M \cdot V_c \cdot \cos \beta_c}} ; \quad [2-8]$$

Divisons le numérateur, et le dénominateur de [2-8] par " V_M ", et désignons par $k = \frac{V_c}{V_M}$, enfin nous aurons :

$$\operatorname{tg} \alpha_2 = \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \frac{\sin \beta_c}{\sqrt{1 + k^2 - 2 \cdot k \cdot \cos \beta_c}} ; \quad [2-9]$$

Nous remarquons que l'équation obtenue est universelle pour les différents genres de coupe à l'aide de couteaux plats à un seul côté affûté. Et pour " $\beta_c = \pi/2$ ", nous aurons le phénomène de coupe glissant, et le résultat est identique à celui de l'équation [1-3]. Pour des coupes à l'aide de couteaux plats inclinés, posons " $V_c = 0$ ", et à partir de [2-9], nous aurons l'équation [1-7]. Pour le procédé de coupe "haché" ($\beta_c = \pi/2$, et $V_c = 0$), nous aurons la relation [1-4]. A partir de l'analyse du schéma de coupe du couteau disque sur la matière (voir figure (2-2)), il est facile de remarquer que pour les différents points de l'arc A_1-A_2 de l'arrête tranchante disposée dans les limites de l'épaisseur " H " de la matière à découper, les valeurs de la vitesse résultante de " V_r ", et l'angle d'inclinaison tangent au plan de la matière " β_c ", ne sont pas les mêmes, mais nous aurons une fonction de l'angle.

D'où $\beta_{ci} = \frac{\pi}{2} - \varphi_i$, et $\varphi_i = \operatorname{Arc} \sin \frac{y_i}{r_2}$, donc nous aurons :

$$\sin \beta_{ci} = \cos \varphi_i = \cos \left(\operatorname{Arc} \sin \frac{y_i}{r_2} \right) ; \quad [2-10]$$

Où y_i : Ordonnée de l'ième point de l'arc A_1-A_2 .

Donc : $r_2 - (b + H) \leq y_i \leq r_2 - b$, ou :

r_2 - Rayon du couteau disque,

H - Epaisseur de la matière à découper,

b - Dégagement du couteau, voir figure (2-2).

Donc à partir de [2-10], l'équation [2-9] peut être écrite sous la forme suivante :

$$\operatorname{tg} \alpha_{2i} = \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \frac{\cos \left(\operatorname{Arc} \sin \frac{y_i}{r_2} \right)}{\sqrt{1 + k^2 - 2 \cdot k \cdot \cos \beta_c}} ; \quad [2-11]$$

et comme $\cos \beta_c = \sin \varphi_i = \frac{y_i}{r_2}$, et $\cos \left(\operatorname{Arc} \sin \frac{y_i}{r_2} \right) = \sqrt{1 - \frac{y_i^2}{r_2^2}}$, enfin nous aurons :

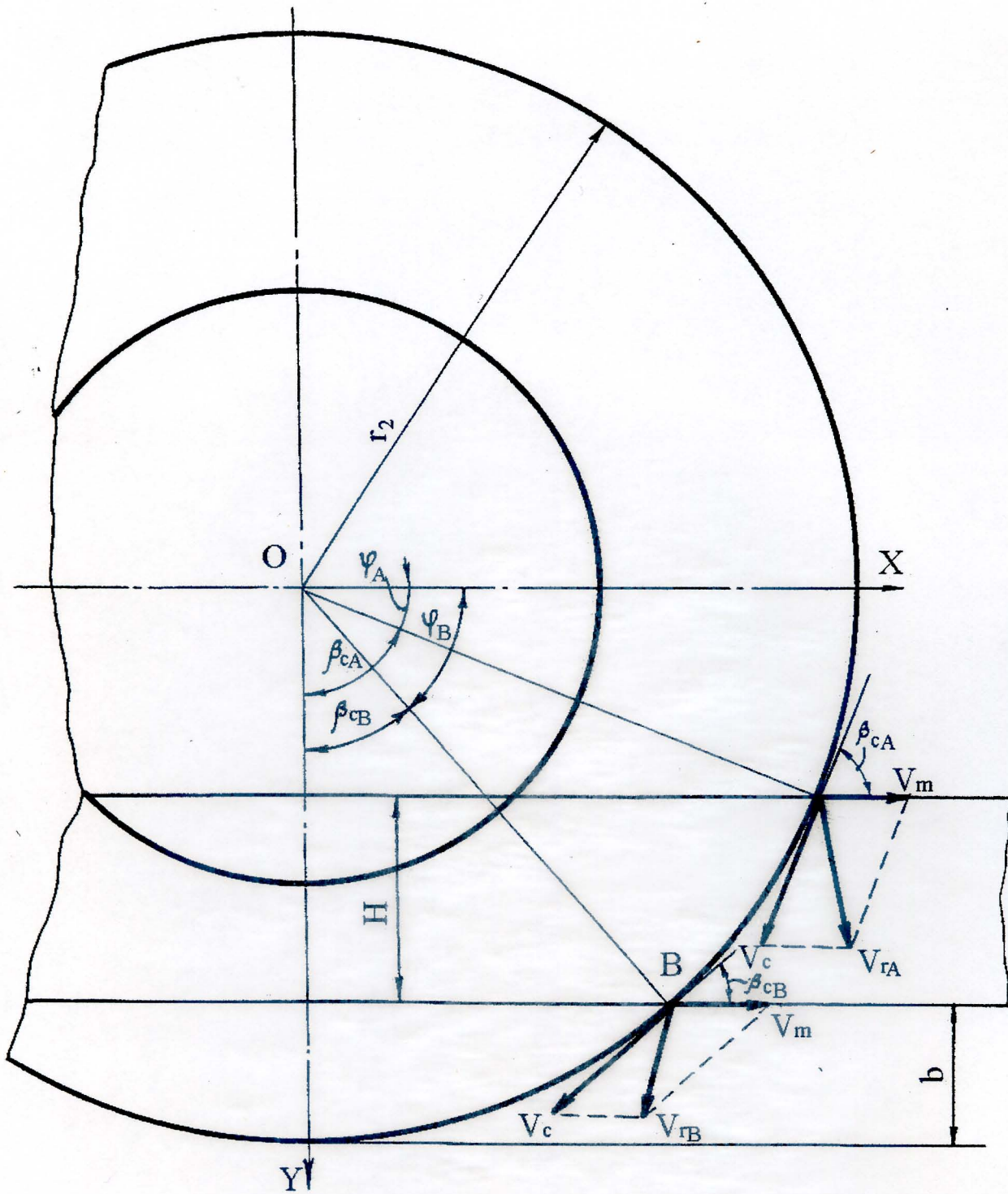


Fig. 2.2. Schéma d'application du couteau sur le matériel.

$$\operatorname{tg} \alpha_{2i} = \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sqrt{\frac{1 - \frac{y_i^2}{r_2^2}}{1 + k^2 - 2 \cdot k \cdot \left(\frac{y_i}{r_2}\right)}}, \quad [2-12]$$

La figure (2-3) indique l'organigramme de programme de calcul pour déterminer les valeurs de l'angle (α_{2i}), selon l'épaisseur de la matière à découper.

Les résultats sont présentés sous forme de graphe (voir figure (2-4) et (2-5)), et qui illustrent la relation entre (α_{2i}) et l'épaisseur de la matière "H" ou bien les coordonnées $y_i \dots i^{\text{ème}}$ point.

Pour les différentes valeurs des relations des vitesses ($k = \frac{V_c}{V_M}$), et pour ($\alpha_1 = 20^\circ$), ($V_c = 3m/s$), les graphes indiquent, que si en diminuant le nombre de couches de matière, nous avons une des conditions de coupe plus convenable, et les angles de coupe seront plus petits (α_{2i}).

En outre, il est clair qu'à partir de ce graphe, les valeurs des angles (α_{2i}), pour les couches supérieures et inférieures de la matière vont s'accroître quand le rapport ($k = \frac{V_c}{V_M}$) diminue.

Du côté de l'analyse cinématique, la coupe rationnelle est celle qui est plus proche de la périphérie du couteau disque ($b \rightarrow 0$), et la coupe s'accomplit avec de grandes vitesses angulaires du couteau, et des petite vitesses dans le sens de déplacement de la matière V_M .

2.2. Analyse des forces appliquées sur le couteau disque avec la matière :

La théorie concernant les questions de dynamique de coupe des matériaux élastiques à l'aide des couteaux disque, indique qu'actuellement aucune recherche n'a été effectuée à propos des facteurs de force déterminés d'une analyse optimale du couteau appliqué sur la matière.

Une partie des auteurs /7-19-13/, considère que pour déterminer la force appliquée entre le couteau et la matière à découper, il y a lieu de rechercher uniquement les valeurs de base des forces appliquées sur les parties latérales du bec du couteau, et les autres peuvent être négligées.

D'autres auteurs /16-18-20/, ont déterminé les forces appliquées qui sont exprimées par des forces normales sur les parties latérales superficielles du couteau, et pour les forces de résistance de la matière qui sont appliquées sur la partie tranchante du couteau, et ils considèrent que la pression spécifique sur la partie tranchante du couteau est constante.

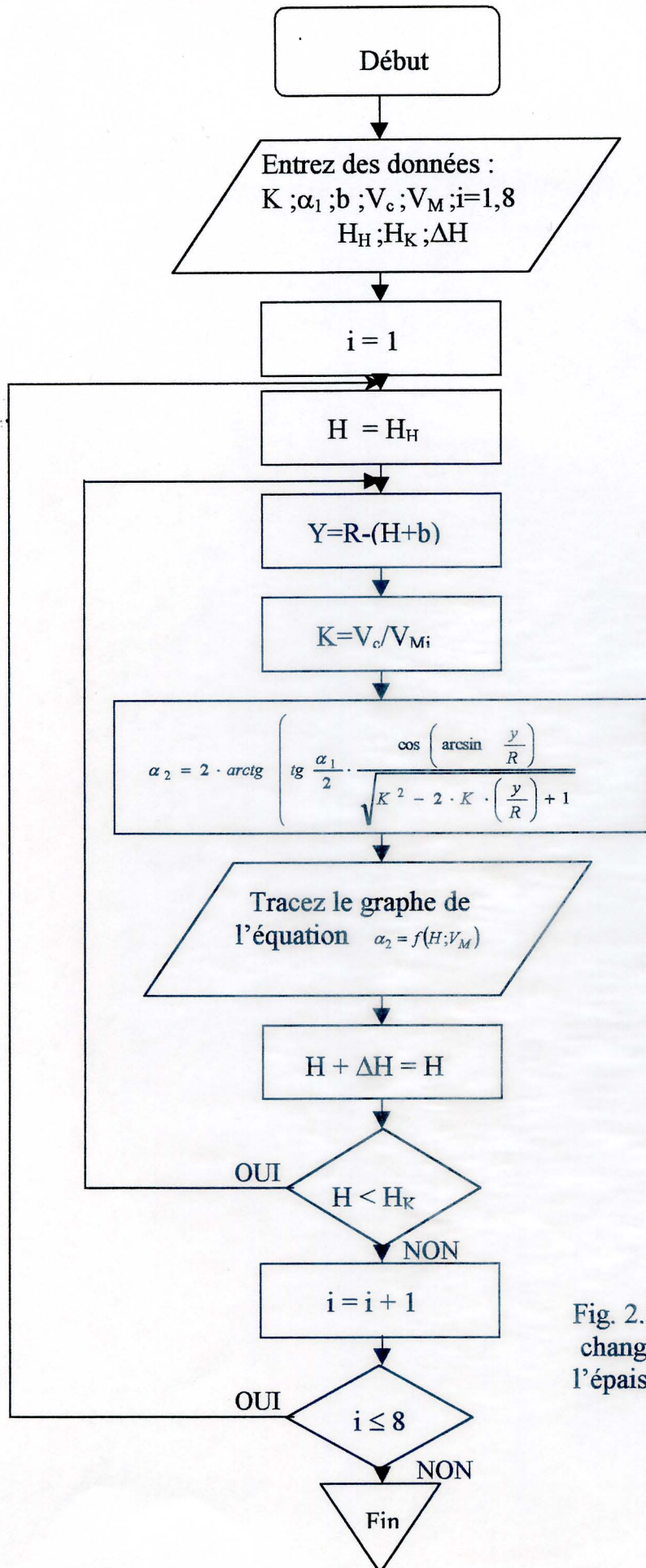


Fig. 2.3. Organigramme de l'étude de changement de l'angle de coupe selon l'épaisseur de la matière.

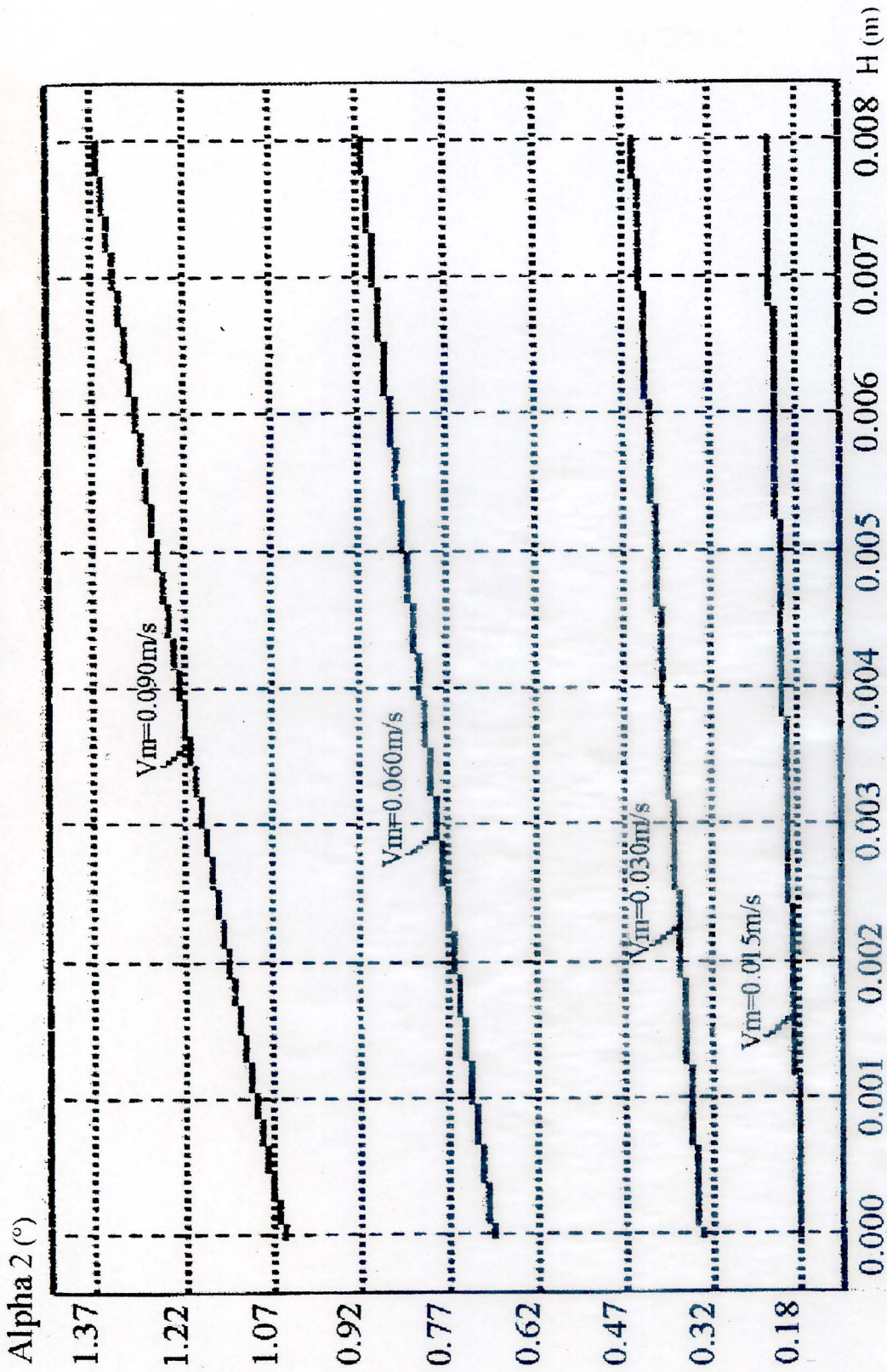


Fig. 2.4. Graphe de calcul de relations entre l'angles de coupe et l'épaisseur de la matière.
(Petites vitesses).

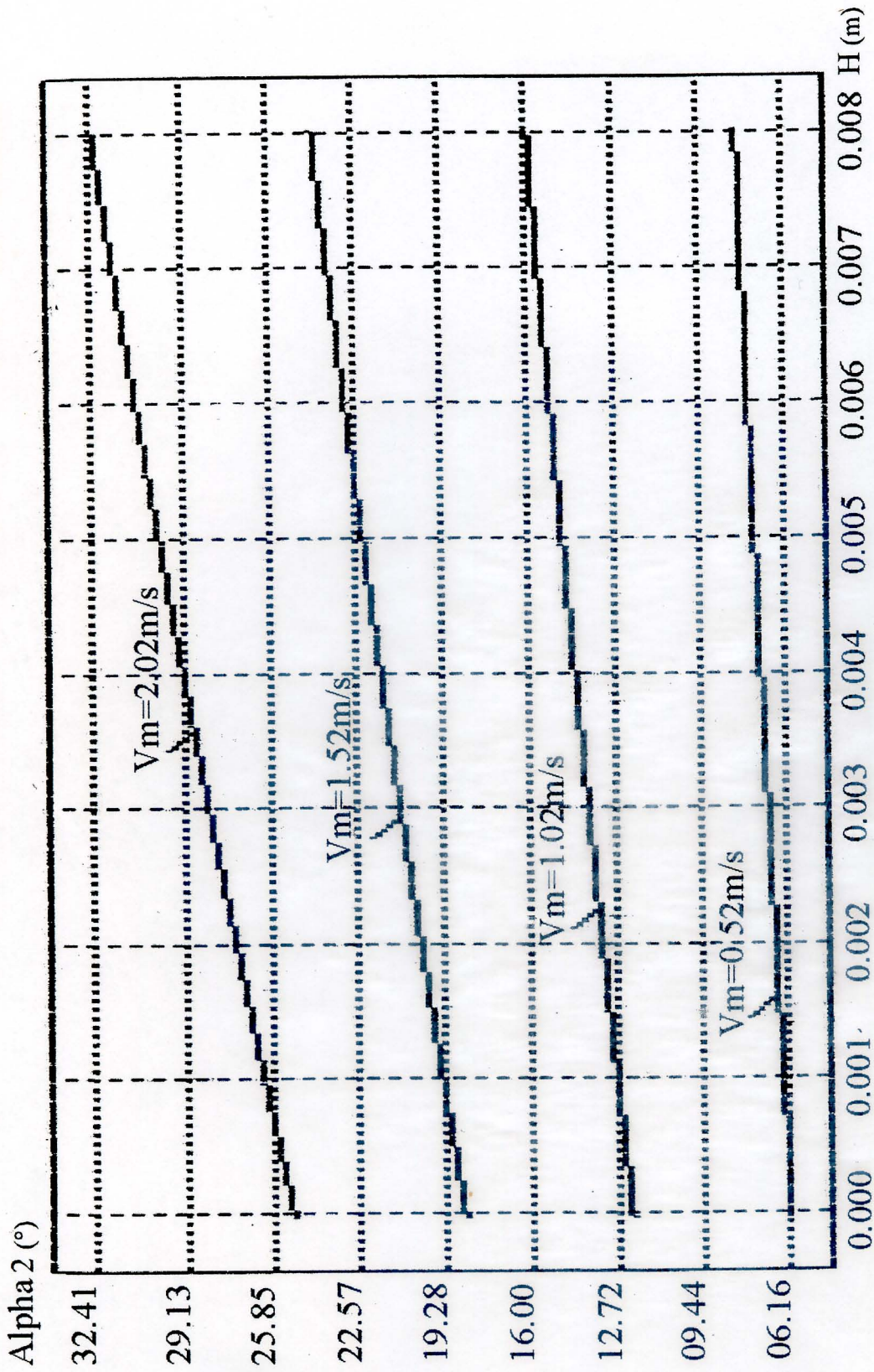


Fig. 2.5. Graphe de calcul de relations entre l'angles de coupe et l'épaisseur de la matière.
(Grandes vitesses).

Les méthodes de résolution du problème de dynamique de coupe à l'aide d'un couteau disque, qui ont été soulevées par M.V.KALATCHEVIN /20/, lequel a proposé la théorie de coupe à l'aide du couteau disque dans la filière des matières d'alimentation, à la base des problèmes théorique du couteau plat selon le point du poinçon, rigidité élasticité du matériau proposé, ces résultats ont abouti à des coups appliqués sur la partie tranchante et la matière selon un arc de coupe. Et V.V.NOSALE /16/ qui a déterminé les forces appliquées sur le couteau disque selon un schéma plus simple.

Les arcs correspondent à des courbes dans le but d'étudier ces procédés selon les caractéristiques d'un couteau plat.

Une analyse dynamique de coupe des couches de la matière à l'aide des couteaux disques a été plus au moins proposée dans le travail de C.G. GORVITCH. /19/ : la matière à découper selon toute sa profondeur possède des propriétés mécaniques constantes.

Les études macro et micro-géométriques de toute la partie tranchante et le bec du couteau sont les mêmes, elles ont les mêmes forces spécifiques de coupe, et possèdent plusieurs paramètres qui caractérisent la grandeur de la force de résistance de la matière. Pendant la coupe, la matière ne change pas de caractère (ne forme pas de pli). Le coefficient de frottement dans toutes les zones de contact du couteau et de la matière sont les mêmes. La petite déformation de la matière est déterminée à l'aide de la loi de Hooke (contrainte).

Les hypothèses indiquent, que plusieurs éléments qui nous permettent le passage à la solution des problèmes dynamique appliqués sur un couteau disque et la matière, elles sont proposées dans le calcul des grands travaux, et qui peuvent être utilisés dans l'analyse des forces de résistance sur le couteau disque pendant la coupe des différentes matières flexibles.

Etudions l'application du couteau disque (1) qui possède un seul côté d'affûtage avec la matière (2), pendant la coupe selon le schéma d'un ciseau avec un contre appui de la plaquette (3) (voir figure (2-6,a)).

Sur le couteau disque, selon la partie du côté de la matière sont appliquées les forces suivantes :

- Force de résistance de coupe " P_r ", appliquée à la partie tranchante du couteau.

- Force de frottement de la matière sur les parties latérales du couteau " F_1 ", et " F_2 ", et la force de frottement du couteau sur la plaquette d'appui (3) - " F_3 ".

- Force de coupe " P_c ", peut être déterminée comme une somme des composantes suivantes :

$$P_c = P_r + F_1 + F_2 + F_3 ; \quad [2-13]$$

Pour déterminer la force de résistance de coupe P_c , prenons une partie élémentaire du bord tranchant du couteau de longueur " ds " (voir figure (2-7)).

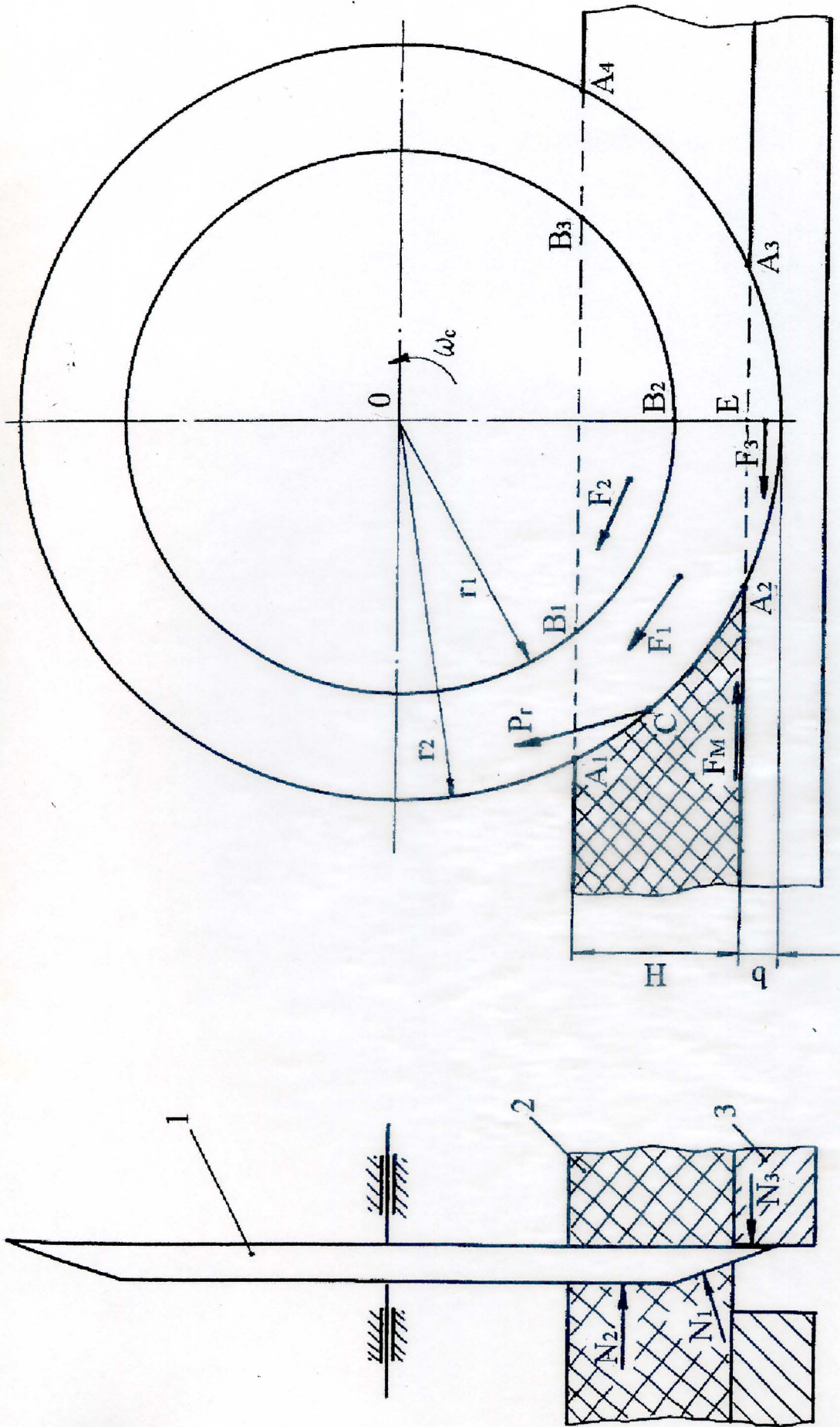


Fig. 2.6. Schéma d'application des forces sur le couteau disque pendant le découpage.

Sur cette partie s'applique une force normale de résistance élémentaire " dP_N ", qui peut être déterminée comme une contrainte produite $[\sigma_{ad}]$, et qui détruit la matière sur une surface " $f \cdot ds$ " de la partie étudiée du bord tranchant.

$$dP_N = [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot ds ; \quad [2-14]$$

Ou f : largeur du bord tranchant.

Avec le calcul : $ds = r_2 \cdot d\beta_c$.

L'équation [2-14], s'écrit sous la forme suivante :

$$dP_N = [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot d\beta_c ; \quad [2-15]$$

Dans la mécanique théorique, il est connu que les forces actives, qui se trouvent dans le sens de déplacement du corps réalisent un travail, avec les forces intérieures passives.

Pour cela la force élémentaire empêche la pénétration de l'instrument dans la matière, ce qui nécessite une étude approfondie de la partie tranchante du corps. Pour déterminer la projection de cette force normale élémentaire " dP_N ", selon la direction de vecteur vitesse résultant de cette partie donnée - " V_c " (ce qui explique en général l'effet de la diminution de la force résultante pour une coupe glissante, en la comparant avec la coupe hachée).

Sur la base de cette analyse, nous écrivons :

$$dP_r = dP_N \cdot \sin\theta = [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot \sin\theta \cdot d\beta_c ; \quad [2-16]$$

Nous remarquons, que la relation trouvée est analogue à celle de [1-13], et [1-15]. Pour déterminer la composante horizontale de la force de résistance de coupe, appliquée sur la partie tranchante " $P_{r,h}$ ", nous utilisons une analyse dynamique pendant la coupe à l'aide des couteaux inclinés, si " H " (épaisseur de la matière) change selon " $r_2 \cdot \sin\theta \cdot d\beta_c$ " - projection de la partie tranchante du couteau selon une direction perpendiculaire à " V_r ". Remplaçons dans [2-16] la valeur de " $\sin\theta$ ", à partir de [2-7], nous aurons :

$$dP_r = \frac{[\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot \sin\beta_c \cdot d\beta_c}{\sqrt{1 + K^2 - 2 \cdot k \cdot \cos\beta_c}} ; \quad [2-17]$$

Et comme il est claire à partir de la figure (2-7), l'angle " β_c " change dans les limites " β_{cH} " jusqu'à " β_{cK} ", et qui correspond aux points " A_1 " et " A_2 ", dans les quelles la partie tranchante du couteau sera en contact avec le dessus et le dessous de la matière, et par conséquent :

$$P_r = \int_{\beta_{cK}}^{\beta_{cH}} \frac{[\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot \sin\beta_c}{\sqrt{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos\beta_c}} \cdot d\beta_c = [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot \int_{\beta_{cK}}^{\beta_{cH}} \frac{\sin\beta_c}{\sqrt{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos\beta_c}} \cdot d\beta_c ; \quad [2-18]$$

Posons, $dU = -\sin \beta_c d\beta_c$, et après intégration nous aurons :

$$P_r = \frac{[\sigma_{ad}] \cdot r_2 \cdot f}{K} \cdot \sqrt{1+k^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c} \Big|_{\beta_{cK}}^{\beta_{cH}} ; \quad [2-19]$$

L'équation finale sera sous la forme suivante :

$$P_r = \frac{[\sigma_{ad}] \cdot r_2 \cdot f}{K} \cdot \left(\sqrt{1+k^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_{cH}} - \sqrt{1+K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_{cK}} \right) ; \quad [2-20]$$

L'analyse de l'équation trouvée indique que si on augmente $\left(K = \frac{V_c}{V_M}\right)$, la force de résistance de coupe " P_r " sera négligeable (pour $K > 1$). Pour déterminer la relation " P_r ", liée à l'épaisseur de la matière " H ", le rayon du couteau disque " r_2 ", et le dégagement inférieur du couteau " b " de la figure (2-7) d'une façon claire, remplaçons dans [2-20], " $\cos \beta_{cH}$ " et " $\cos \beta_{cK}$ " par leurs désignations correspondantes dans les relations suivantes :

$$\begin{aligned} \cos \beta_{cH} &= \frac{r_2 - H - b}{r_2} = 1 - \frac{H+b}{r_2} ; \\ \cos \beta_{cK} &= \frac{r_2 - b}{r_2} = 1 - \frac{b}{r_2} \end{aligned} \quad [2-21]$$

Donc nous aurons :

$$P_r = \frac{[\sigma_{ad}] \cdot r_2 \cdot f}{K} \cdot \left[\sqrt{1+k^2 - 2 \cdot K \cdot \left(1 - \frac{H+b}{r_2}\right)} - \sqrt{1+K^2 - 2 \cdot K \cdot \left(1 - \frac{b}{r_2}\right)} \right] ; \quad [2-22]$$

L'analyse de l'équation d'approximation (pour $K > 5$) a été plus convenable, et peut être trouvée en prenant " $b \approx 0$ ". Pour cela nous introduisons le facteur " $\frac{1}{K}$ ", et négligeons " $\frac{1}{K^2}$ " (grandeurs très petites), et après quelques transformations nous aurons :

$$P_r = [\sigma_{ad}] \cdot r_2 \cdot f \cdot \left[\left(\sqrt{1 - \frac{2}{K} \left(1 - \frac{H}{r_2}\right)} \right) - \left(\sqrt{1 - \frac{2}{K}} \right) \right] \quad [2-23]$$

D'ici l'équation est simple à étudier (quand $K \rightarrow \infty, P_r \rightarrow 0$).

L'étude expérimentale est vérifiée par l'équation [2-20] et [2-22], liées aux difficultés techniques mesurées " P_r ".

Il est facile de mesurer la composante horizontale de la force de résistance résultante " P_r ", qui agit sur le côté couteau et la matière ou bien la puissance absorbée pendant la coupe, dans les quelles on aura comme composante de projection sur l'axe horizontal " $P_{r,h}$ " ou la puissance perdue dans le sens de la force de résistance " P_r ".

La composante élémentaire " $dP_{r,h}$ ", de la force élémentaire de résistance " dP_r ", peut être déterminée à partir de la figure (2-7) :

$$dP_{r,h} = dP_r \cdot \cos(\beta_c + \theta) ; \quad [2-24]$$

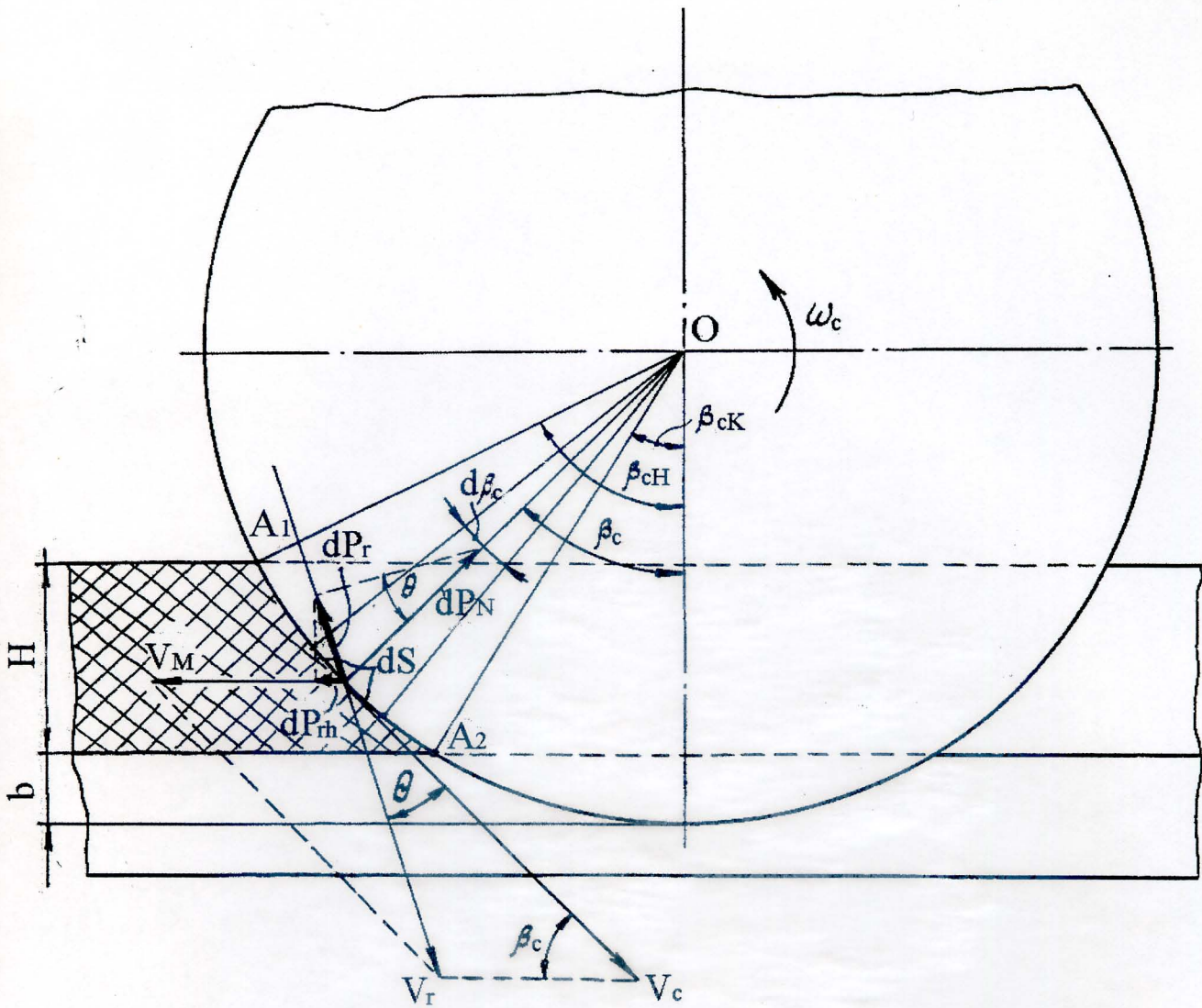


Fig. 2.7. Schéma de détermination de la force de résistance de coupe selon la partie tranchante.

Utilisons les formules connues de trigonométrie :

$$\cos(\beta_c + \theta) = \cos \beta_c \cdot \cos \theta - \sin \beta_c \cdot \sin \theta ; \quad [2-25]$$

D'où :

$$\cos \theta = \sqrt{1 - \sin^2 \theta} .$$

D'ici et de [2-7] nous aurons :

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \beta_c}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}} = \sqrt{\frac{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c - \sin^2 \beta_c}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}} , \\ \cos \theta &= \frac{K - \cos \beta_c}{\sqrt{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}} ; \end{aligned} \quad [2-26]$$

Remplaçons [2-26] et [2-7] dans [2-25], nous aurons :

$$\begin{aligned} \cos(\beta_c + \theta) &= \frac{\cos \beta_c \cdot (K - \cos \beta_c)}{\sqrt{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}} - \frac{\sin^2 \beta_c}{\sqrt{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}} ; \\ \cos(\beta_c + \theta) &= \frac{K \cdot \cos \beta_c - 1}{\sqrt{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}} ; \end{aligned} \quad [2-27]$$

Remplaçons [2-17], et [2-27] dans [2-24], nous aurons :

$$dP_{r,h} = \frac{[\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot \sin \beta_c \cdot (K \cdot \cos \beta_c - 1)}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c} d\beta_c ; \quad [2-28]$$

La composante " $P_{r,h}$ " s'obtient par intégration de [2-28] de toute la partie tranchante en contact avec la matière :

$$P_{r,h} = [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot \int_{\beta_{cK}}^{\beta_{cH}} \frac{(K \cdot \cos \beta_c - 1) \cdot \sin \beta_c}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c} d\beta_c ; \quad [2-29]$$

$$P_{r,h} = \frac{1}{2 \cdot K} \cdot [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot \left[\cos \beta_c - \frac{(1+K)^2}{2 \cdot K} \cdot \ln \left(\frac{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}{K} \right) \right] \Big|_{\beta_{cK}}^{\beta_{cH}}$$

Utilisons les limites des intégrales nous aurons :

$$P_{r,h} = \frac{1}{2 \cdot K} \cdot [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot \left[\frac{(1+K)^2}{2 \cdot K} \cdot \left(\ln \frac{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_{cK}}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_{cH}} \right) + \cos \beta_{cH} - \cos \beta_{cK} \right] ; \quad [2-30]$$

Après quelques transformations, et prenons en considération [2-7] et [2-21] nous aurons :

$$P_{r,h} = \frac{1}{2 \cdot K} \cdot [\sigma_B] \cdot f \cdot r_2 \cdot \left[\frac{(1+K)^2}{2 \cdot K} \cdot \ln \frac{\sin \beta_{cK} \cdot \sin \theta_H}{\sin \beta_{cH} \cdot \sin \theta_K} - \frac{H}{r_2} \right] ; \quad [2-31]$$

L'analyse indique que la composante " $P_{r,h}$ " a un caractère continu, en utilisant [2-20] toujours inférieure à l'unité nous aurons :

$$\text{Pour } \left(\frac{\sin \beta_{cK} \cdot \sin \theta_H}{\sin \beta_{cH} \cdot \sin \theta_K} \right)^{\frac{(1+K)^2}{K}} = e^{\frac{H}{r_2}} : \quad P_{r,h} = 0.$$

$$\text{Et pour } \left(\frac{\sin \beta_{cK} \cdot \sin \theta_H}{\sin \beta_{cH} \cdot \sin \theta_K} \right)^{\frac{(1+k)^2}{2K}} \left\langle e^{-\frac{H}{r_2}} \right\rangle ;$$

" $P_{r,h}$ ", a un signe négatif, et cela indique qu'elle est orientée dans le sens du côté de la matière, qui nous crée un phénomène de dilatation sur le couteau, et qui diminue la force spécifique nécessaire pour le déplacement du couteau dans le sens du déplacement de la matière.

La puissance élémentaire absorbée par le régime de travail selon la force élémentaire de résistance " dP_r ", est déterminée par la formule :

$$dN_p = dP_r \cdot V_r ; \quad [2-32]$$

Après avoir remplacé " dP_r ", et " V_r " à partir de [2-17], et [2-6] nous aurons :

$$dN_p = \frac{[\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot \sin \beta_c}{\sqrt{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}} \cdot \sqrt{V_M^2 + V_c^2 - 2 \cdot V_M \cdot V_c \cdot \cos \beta_c} \cdot d\beta_c ,$$

Après quelques transformations nous aurons :

$$dP_r = [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot V_M \cdot \sin \beta_c \cdot d\beta_c ,$$

D'où :

$$N_p = [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot V_M \cdot \int_{\beta_{cK}}^{\beta_{cH}} \sin \beta_c \cdot d\beta_c ; \quad [2-33]$$

Intégrons et utilisons les limites nous aurons :

$$N_p = [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot r_2 \cdot V_M \cdot (\cos \beta_{cK} - \cos \beta_{cH}) .$$

Utilisons [2-21], la formule finale sera de la forme suivante :

$$N_p = V_M \cdot [\sigma_{ad}] \cdot f \cdot H ; \quad [2-34]$$

Nous remarquons que dans l'équation trouvée, nous n'avons pas la vitesse du couteau " V_c ", et à part cela, c'est une formule analogue pour calculer la puissance absorbée par le travail selon la force de résistance qui agit entre la partie tranchante et la matière pendant la coupe hachée.

En premier lieu, et d'après les résultats obtenus, nous remarquons que " V_M " sera la même pour les deux phénomènes de coupe, et la partie tranchante accomplit le même travail (lorsque nous ne prenons pas en considération la répartition des forces), mais dans le premier cas, elle sera déterminée comme une force assez grande dans un cycle très petit, et dans le deuxième c'est le contraire : comme une force plus petite pour un cycle plus grand. Pour cela, la valeur de la vitesse " V_c " est proportionnelle à la grandeur de la force de résistance " P_r ", et son cycle.

C'est pourquoi nous n'aurons pas un changement pour accomplir le travail, la puissance, et les exigences de la coupe (sans le calcul du rendement du mécanisme).

Pour déterminer la deuxième composante de la force de résistance de coupe qui se trouve dans l'équation [2-13] – la force de résistance de la matière sur les deux parties superficielles latérales tranchante du couteau " F_1 ".

Il est clair que la force élémentaire " dF_1 " trouvée selon le calcul de la force normale élémentaire de pression sur la partie tranchante du couteau du côté matière " dN_1 ", qui est orientée dans le sens contraire de la direction de vecteur vitesse " V_r ", et qui est égale à :

$$dF_1 = dN_1 \cdot \mu ; \quad [2-35]$$

Où μ : coefficient de frottement de la matière par rapport au couteau.

Et comme l'indique la figure (2-8), la surface " $B_2B_3A_4A_3E$ " contre la coupe, l'absence des forces appliquées sur le couteau et la matière, ici on peut négliger uniquement les forces qui sont appliquées sur le couteau dans la partie " $A_1A_2EB_2B_1$ ".

Pour déterminer " dN_1 ", utilisons les méthodes du paragraphe (§1.3), pour résoudre les problèmes analogues de l'analyse de coupe à l'aide des couteaux plats inclinés.

Puisque la matière pendant la coupe passe sous un angle " α_2 " (voir section $\overline{a-a}$ de la figure (2-8.b)), donc " dN_1 " se détermine par la relation :

$$dN_1 = \frac{dN_{1z}}{\cos \alpha_2} ; \quad [2-36]$$

Pour trouver " dN_{1z} ", étudions la déformation de la matière sur les côtés superficiels du couteau (la contrainte de compression).

Divisons dans le volume de la matière comprimé à la partie tranchante du couteau dans le sens parallèle à l'axe OZ (axe OZ coïncide avec l'axe de rotation du couteau disque), la couronne élémentaire avec les dimensions de la section transversale " d_r ", et " $dl = r \cdot d\beta_c$ " (voir figure (2-8. a)). Sur cette ligne agit la force élémentaire " dN_{1z} ", qui peut être déterminée selon la condition :

$$dN_{1z} = \sigma_z \cdot dF = \sigma_z \cdot r \cdot dr \cdot d\beta_c .$$

Et sur cette base, il est convenable d'écrire :

$$dN_{1z} = \varepsilon_z \cdot E_{cp} \cdot r \cdot dr \cdot d\beta_c . \quad [2-37]$$

Soit le début de coordonnée se trouve sur le plan, qui coïncide avec la partie superficielle latérale du couteau ; d'ici la déformation absolue de compression élémentaire sur la ligne sera égale à " z ", et sa valeur de déformation est déterminée par la relation :

$$\varepsilon_z = \frac{z}{\lambda} , \quad [2-38]$$

Où λ : longueur de quelques parties, dans la quelle nous aurons la compression de la matière.

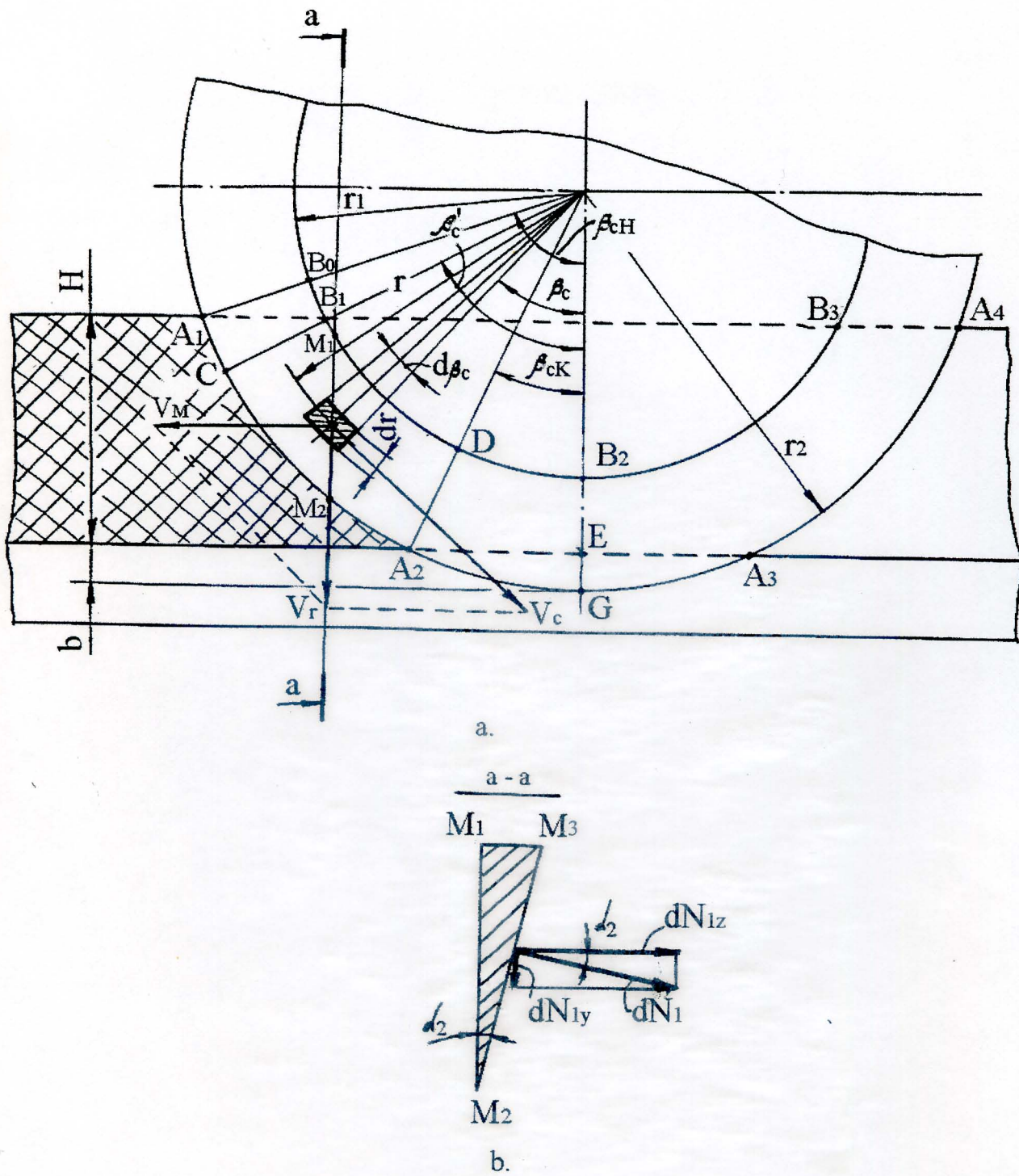


Fig. 2.8. Schéma de calcul de la force de frottement de la matière par rapport à la partie tranchante superficielle latérale.

Le cas donné est différent de celui du premier chapitre, car la partie déformée de la matière n'est pas fixe, et pour cela l'exactitude de la valeur de " λ " est très difficile à déterminer complètement.

D'un autre côté il peut être déterminé par les méthodes expérimentales.

La grandeur absolue de la déformation est déterminée en fonction de " r ". l'équation canonique qui est développée selon les parties superficielles latérales tranchantes du couteau en fonction des coordonnées polaires :

$$r = r_2 - Z \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 ;$$

$$\text{D'où } Z = \frac{r_2 - r}{\operatorname{tg} \alpha_1}, \quad [2-39]$$

Remplaçons dans [2-38], les équations [2-38] et [2-39] nous aurons :

$$dN_{1z} = \frac{E_{cp}}{\lambda \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} \cdot (r_2 - r) \cdot r \cdot dr \cdot d\beta_c,$$

En accordant ces relations trouvées avec l'équation [2-36], elle aura la forme suivante :

$$dN_1 = \frac{E_{cp}}{\lambda \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} \cdot \frac{(r_2 - r) \cdot r}{\cos \alpha_2} \cdot dr \cdot d\beta_c, \quad [2-40]$$

Considérons que :

$$\cos \alpha_2 = \sqrt{\frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha_2 + 1}} = \sqrt{\frac{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c + \sin^2 \beta_c \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_1}}, \quad [2-41]$$

Où la valeur de " $\operatorname{tg} \alpha_2$ " sera prise de [2-9], après quelques transformations de [2-35], nous aurons :

$$dF_1 = \frac{\mu \cdot E_{cp}}{\lambda \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} \sqrt{1 + \frac{\sin^2 \beta_c \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_1}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}} \cdot (r_2 \cdot r - r^2) \cdot dr \cdot d\beta_c, \quad [2-42]$$

D'où :

$$F_1 = \frac{\mu \cdot E_{cp}}{\lambda \cdot \operatorname{tg} \alpha_1} \iint \sqrt{1 + \frac{\sin^2 \beta_c \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_1}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}} \cdot (r_2 \cdot r - r^2) \cdot dr \cdot d\beta_c, \quad [2-43]$$

Posons :

$$\varphi(\beta_c) = \sqrt{1 + \frac{\sin^2 \beta_c \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_1}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \beta_c}} ;$$

$$\psi(r) = (r_2 \cdot r - r^2) ; \quad B = \mu \cdot \frac{E_{cp}}{\lambda \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}, \quad [2-44]$$

Nous aurons :

$$F_1 = B \cdot \int_0^{\beta_{cH}} \varphi(\beta_c) \cdot d\beta_c \cdot \int_{\beta_{c1}(r)}^{\beta_{c2}(r)} \psi(r) \cdot dr. \quad [2-45]$$

Comme c'est clair de la figure (2-8), la limite inférieure de l'intégrale " $\beta_{c1(r)}$ " et la limite supérieure " $\beta_{c2(r)}$ ", dans les différentes zones des parties d'application des côtés latéraux superficiels affûtés des couteaux avec les différents matériaux seront :

$$\begin{aligned}
 \text{Pour la zone "A}_1\text{B}_1\text{C"} \quad \beta_{c1(r)} &= \frac{r_2 - H - b}{\cos \beta_c} ; \\
 &\beta_{c2(r)} = r_2 ; \\
 \text{Pour la zone "CB}_1\text{A}_2" \quad \beta_{c1(r)} &= r_1 ; \\
 &\beta_{c2(r)} = r_2 ; \\
 \text{Pour la zone "A}_2\text{B}_2\text{E"} \quad \beta_{c1(r)} &= r_1 ; \\
 &\beta_{c2(r)} = \frac{r_2 - b}{\cos \beta_c} .
 \end{aligned} \tag{2-46}$$

En liaison avec ces volumes, l'intégrale [2-45], peut être divisée en trois parties d'intégrales qui correspondent à la forme de la limite intérieure de l'intégrale :

$$F_1 = B \left[\int_{\beta_c'}^{\beta_{cH}} \varphi(\beta_c) \cdot d\beta_c \cdot \int_{\frac{r_2 - (H+b)}{\cos \beta_c}}^{r_2} \psi(r) \cdot dr + \int_{\beta_{cK}}^{\beta_c'} \varphi(\beta_c) \cdot d\beta_c \cdot \int_{r_1}^{r_2} \psi(r) \cdot dr + \int_0^{\beta_{cK}} \varphi(\beta_c) \cdot d\beta_c \cdot \int_{r_1}^{\frac{r_2 - b}{\cos \beta_c}} \psi(r) \cdot dr \right], \tag{2-47}$$

L'équation [2-48], nous donne exactement la solution du problème soulevé. D'un côté, les résultats trouvés à partir des relations $F_1 = F_1(K, b, H, \alpha_1, r_2, r_1)$ excessivement encombrantes, elles nous ne donnent aucun intérêt dans le domaine d'application.

La force " F_1 ", peut être déterminée approximativement. Proposons que la force normale de pression s'applique sur toute la partie " $A_1B_0B_2G$ " répartie d'une façon linéaire sur l'arc de contact " TS ", et leur centre d'application se trouve au milieu de cet arc dans le point " Q " (voir figure (2-9)).

Trouvons en premier lieu l'application de la force spécifique " N_1' ", de la répartition des charges à partir de la force normale de pression de la matière sur les parties latérales superficielles affûtées du couteau, appliquées dans la section $\overline{a-a}$ (voir figure (2-9.b)).

Proposons, que la contrainte de compression change d'une façon linéaire (de zéro jusqu'à la valeur du bout du bec affûté $(\frac{h}{\lambda})_{Ecp}$, de la limite de passage à partir du bec du couteau jusqu'au corps), et utilisons la théorie des résistances des matériaux, pour la composante " N_{1z}' " et la force " N_1' ", qui agit parallèlement à l'axe OZ, nous aurons :

$$N_{1z}' = \frac{1}{3} \cdot M_1 \cdot M_2 \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot E_{cp} = \frac{1}{3} \cdot \frac{r_2 - r_1}{\cos \theta} \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot E_{cp}, \tag{2-48}$$

Après avoir calculé nous aurons :

$$N'_1 = \frac{N'_{1z}}{\cos \alpha_2} = \frac{1}{3} \cdot \frac{r_2 - r_1}{\cos \theta \cdot \cos \alpha_2} \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot E_{cp}, \quad [2-49]$$

La force spécifique " N'_1 ", qui actionne sur une longueur élémentaire de l'arc "TS", en contact avec les parties affûtées latérales superficielles du couteau avec la matière, sa position est déterminée par celle du centre de gravité de l'épure des contraintes à partir de la force normale de pression (voir figure (2-9.b)).

A partir d'ici, cette longueur d'arc "TS", peut être trouvée par la relation :

$$L_{TS} = \left[r_2 - \frac{2}{3} \cdot (r_2 - r_1) \right] \cdot \frac{2 \cdot \pi}{\beta_{cH}}, \quad [2-50]$$

D'ici, et pour une force normale de pression de la matière sur le couteau nous aurons :

$$N'_{1n} = N'_1 \cdot L_{TS} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi \cdot E_{cp} \cdot h (r_2^2 + r_1 \cdot r_2 - 2 \cdot r_1^2)}{\lambda \cdot \beta_{cH} \cdot \cos \theta \cdot \cos \alpha_2}, \quad [2-51]$$

Au-dessus nous avons pris comme condition que la force " N'_1 " est disposée au milieu de l'arc "TS", au point "Q", qui détermine l'angle $\left(\frac{\beta_{cH}}{2}\right)$. Pour cela et après avoir remplacé les valeurs de " $\cos \theta$ ", et " $\cos \alpha_2$ " du [2-26] et [2-41] dans ces relations, l'angle " β_{cH} " remplace $\left(\frac{\beta_{cH}}{2}\right)$.

D'ici en calculant [2-51], et après quelques transformations nous aurons :

$$F_1 = \frac{1}{3} \cdot \mu \cdot \pi \cdot E_{cp} \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot \frac{(r_2^2 + r_1 \cdot r_2 - 2 \cdot r_1^2) \sqrt{1 + K^2 - 2K \cdot \cos \frac{\beta_{cH}}{2} + \sin^2 \frac{\beta_{cH}}{2} \cdot \text{tg}^2 \alpha_1}}{\beta_{cH} \left(K - \cos \frac{\beta_{cH}}{2} \right)}, \quad [2-52]$$

$$\text{Avec } K = \frac{V_c}{V_M} = \omega_c \cdot \frac{(r_2 + 2r_1)}{3 \cdot V_M}.$$

ω_c : Vitesse angulaire du couteau.

La composante horizontale de la force " F_1 ", qui agit dans la direction de la vitesse linéaire " V_M " est déterminée par :

$$F_{1h} = F_1 \cdot \sin \alpha_2 \cdot \cos \frac{\beta_{cH}}{2}; \quad [2-53]$$

$$\text{Et comme } \sin \alpha_2 = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha_2} = \sqrt{\frac{\sin^2 \frac{\beta_{cH}}{2} \cdot \text{tg}^2 \alpha_1}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \frac{\beta_{cH}}{2} + \sin^2 \frac{\beta_{cH}}{2} \cdot \text{tg}^2 \alpha_1}},$$

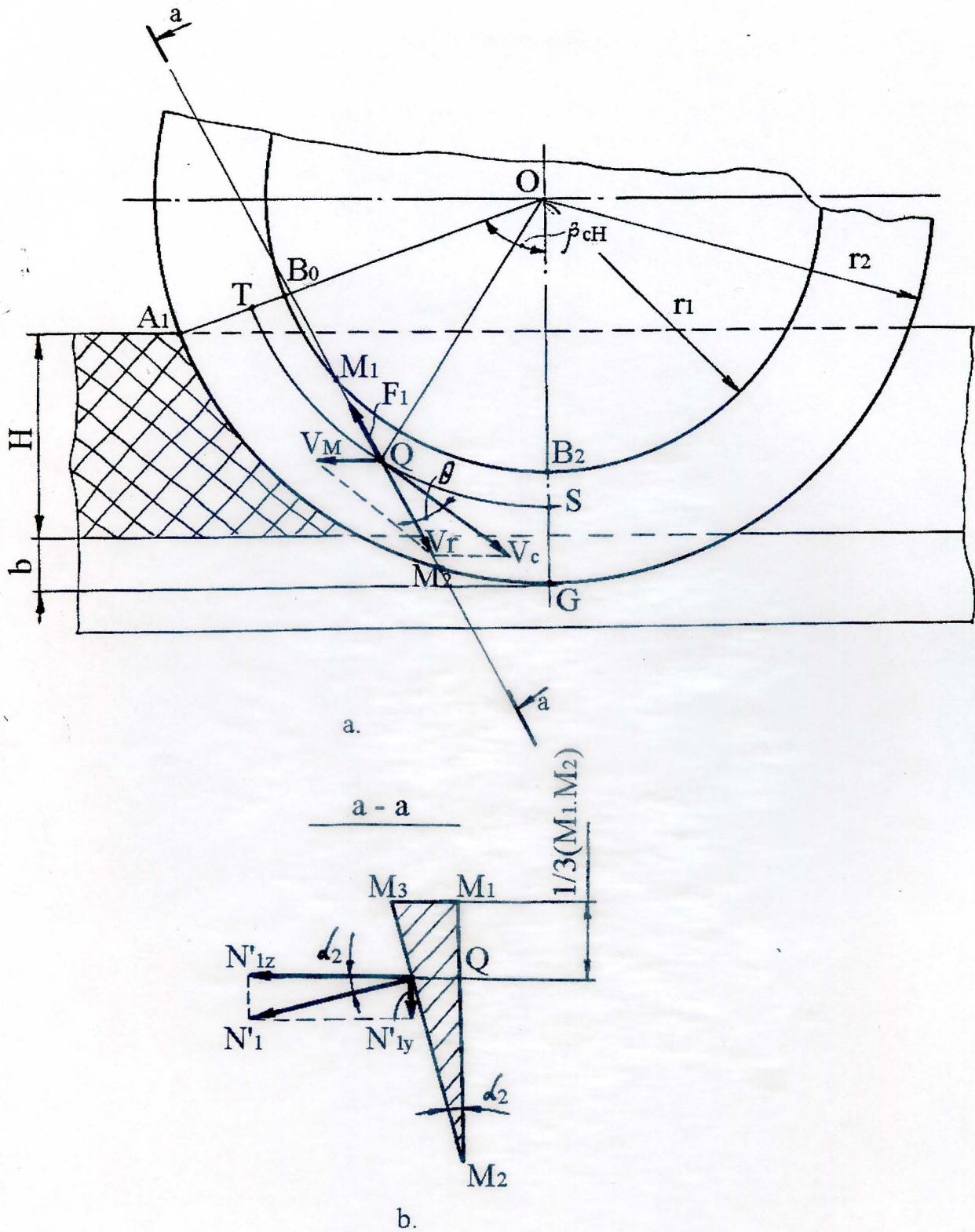


Fig. 2.9. Schéma à rapprocher la solution du problème pour déterminer la force (F_1).

De [2-53] nous aurons :

$$F_{1h} = \frac{1}{6} \cdot \mu \cdot \pi \cdot E_{cp} \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot \frac{(r_2^2 + r_1 \cdot r_2 - 2 \cdot r_1^2) \cdot \sin \beta_{cH} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}{\beta_{cH} \left(K - \cos \frac{\beta_{cH}}{2} \right)}, \quad [2-54]$$

Nous remarquons que la force de frottement est orientée dans le sens du côté de la matière, et comme " $P_{r,h}$ " tire le couteau avec la matière.

La puissance absorbée pour accomplir le travail à l'aide de la force " F_1 ", est déterminée à partir de :

$$N_{F_1} = F_1 \cdot V_r.$$

Remplaçons " V_r " de [2-6], nous aurons :

$$N_{F_1} = \frac{1}{3} \cdot \mu \cdot \pi \cdot E_{cp} \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot \frac{(r_2^2 + r_1 \cdot r_2 - 2 \cdot r_1^2) \cdot \left(V_c^2 + V_M^2 - 2 \cdot V_M \cdot V_c \cdot \cos \frac{\beta_{cH}}{2} \right) \cdot \sqrt{1 + \frac{\sin^2 \frac{\beta_{cH}}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_1}{1 + K^2 - 2 \cdot K \cdot \cos \frac{\beta_{cH}}{2}}}}{V_M \cdot \beta_c \left(K - \cos \frac{\beta_{cH}}{2} \right)}, \quad [2-55]$$

L'analyse trouvée de l'équation indique que pour les différentes puissances de " N_{r_k} ", elle sera supérieure que la puissance " N_{F_1} ", et qui change proportionnellement à la valeur " K ".

Pour déterminer la troisième composante de la force de résistance de coupe dans l'équation [2-13] – la force de frottement de la matière appliquée sur les parties latérales superficielles du corps du couteau " F_2 " (voir figure (2-6)), qui a été déterminée auparavant dans [2-35], et [2-38].

Il est clair que dans les zones absolues de déformation de la matière dans le sens de l'axe OZ, égale à l'épaisseur du couteau :

$Z = h$, d'ici, et à la base des relations indiquées nous aurons :

$$dF_2 = \mu \cdot dN_2 = \mu \cdot dN_{2z} = \mu \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot E_{cp} \cdot r \cdot dr \cdot d\beta_c; \quad [2-56]$$

D'où :

$$F_2 = \mu \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot E_{cp} \cdot \iint r \cdot dr \cdot d\beta_c. \quad [2-57]$$

Les limites de l'intégrale intérieure se déterminent de [2-46], d'ici l'intégrale [2-57] s'écrit sous la forme suivante :

$$F_2 = \mu \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot E_{cp} \cdot \int_0^{\beta_c} d\beta_c \cdot \int_{\frac{r_2 - (H+b)}{\cos \beta_c}}^{r_1} r \cdot dr.$$

Donc :

$$F_2 = \mu \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot E_{cp} \cdot \int_0^{\beta'_c} \frac{1}{2} \cdot \left(r_1^2 - \frac{[r_2 - (H + b)]^2}{\cos^2 \beta_c} \right) \cdot d\beta_c \quad [2-58]$$

Intégrons par rapport à " β_c ", dans les bornes des limites nous aurons :

$$F_2 = \mu \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot E_{cp} \cdot [r_1^2 \cdot \beta'_c - (r_2 - H - b)^2 \cdot \text{tg} \beta'_c], \quad [2-59]$$

$$\text{Ou } \beta'_c = \arccos \left(\frac{r_2 - b - H}{r_1} \right).$$

La force " F_2 ", disposée dans la moitié de l'arc, passe à travers le centre de gravité soulevé dans la zone " $B_1B_4B_2$ " (voir figure (2-6)), et d'ici nous déterminons le rayon " r' " :

$$r' = r_1 - \frac{1}{3} \cdot [r_1 - (r_2 - H - b)] = \frac{1}{3} \cdot (2 \cdot r_1 - r_2 + H + b). \quad [2-60]$$

D'ici l'angle (β_c''), nous donne la position du point là où est située la force, et il sera trouvé à partir de la relation :

$$\cos(2 \cdot \beta_c'') = \frac{r_2 - H - b}{r'},$$

$$\beta_c'' = \frac{1}{2} \cdot \arccos \left(3 \cdot \frac{r_2 - H - b}{2 \cdot r_1 - r_2 + H + b} \right); \quad [2-61]$$

Pour déterminer la composante horizontale de " F_2 ", à la base de [2-61], nous aurons :

$$F_{2h} = F_2 \cdot \cos \beta_c'' = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot E_{cp} \cdot [r_1^2 \cdot \beta'_c - (r_2 - H - b)^2 \cdot \text{tg} \beta'_c] \cdot \cos \beta_c'', \quad [2-62]$$

La puissance absorbée pour déterminer la force " F_2 ", est trouvée à partir de :

$$N_{F_2} = F_{2h} \cdot V_r = \frac{1}{2} \cdot \mu \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot E_{cp} \cdot [r_1^2 \cdot \beta'_c - (r_2 - H - b)^2 \cdot \text{tg} \beta'_c] \cdot \sqrt{V_M^2 + V_c^2 - 2 \cdot V_M \cdot V_c \cdot \cos \beta_c''}, \quad [2-63]$$

$$\text{Ou } V_c = \omega_c \cdot r'$$

La quatrième composante " F_3 " de la force de résistance de coupe de l'équation [2-13], se détermine de l'équation suivante :

$$F_3 = \mu_3 \cdot N_3, \quad [2-64]$$

Ou N_3 : Force spécifique de compression de la plaquette d'appui arrière superficielle du couteau disque (voir figure (2-6)).

μ_3 : Coefficient de frottement du couteau disque par rapport à la plaquette d'appui.

Le segment symétrique où agit la force " F_3 ", par rapport à un axe vertical (voir figure (2-6)), la force donnée est orientée horizontalement :

$$F_{3h} = F_3, \quad [2-65]$$

Pour déterminer la puissance " N_{F_3} ", absorbée par la force de frottement " F_3 ", nous aurons la relation suivante :

$$N_{F_3} = F_3 \cdot (V_c - V_M) = F_3 \cdot \left[\omega_c \cdot \left(r_2 - \frac{b}{2} \right) - V_M \right], \quad [2-66]$$

De cette façon, nous avons trouvé toutes les relations, pour calculer toutes les composantes qui déterminent la force de résistance de coupe par la relation [2-13]. La puissance absorbée pour accomplir le travail, selon cette résistance de coupe est déterminée à l'aide de la somme de toutes les composantes des puissances suivantes :

$$N_r = N_{P_r} + N_{F_1} + N_{F_2} + N_{F_3}; \quad [2-67]$$

et qui seront déterminées à l'aide des formules [2-34], [2-55], [2-63], et [2-66].

La matière immobile dans le processus de coupe répond à la force de serrage " N_s ", de la matière, et qui est fixée à l'aide des plaquettes d'appui plane, sur lequel se fixe le cuir. Il est clair selon l'apparition de la force de serrage " N_s ", résulte une force de frottement " F_M ", qui devrait être égale (ou bien supérieure) à la somme des projections de toutes les forces appliquées sur la matière dans le plan horizontale ; a partir de là nous aurons :

$$F_M = 2 \cdot \mu \cdot N_s = 2 \cdot \mu \cdot (P_{r,v} + F_{1v} + F_{2v} + G_m) + P_{r,h} - F_{1h} - F_{2h} - F_{3h}, \quad [2-68]$$

Où G_m : Force de pesanteur de la matière.

Remplaçons dans l'équation [2-68], les composantes verticales ($P_{r,v}, F_{1v}, F_{2v}$), et les forces (P_r, F_1 , et F_2), qui sont déterminées à l'aide des relations :

$$\begin{aligned} P_{r,v} &= \sqrt{P_r^2 - P_{r,h}^2}; \\ F_{1v} &= \sqrt{F_1^2 - F_{1h}^2}; \\ F_{2v} &= \sqrt{F_2^2 - F_{2h}^2}. \end{aligned} \quad [2-69]$$

A partir des figures (2-10), et (2-11), nous avons construit à l'aide des formules [2-67], et [2-68], les graphes de calcul de la relation entre la puissance " N_r ", nécessaire pour la coupe, et la force " F_M ", qui est appliquée du côté du couteau sur la matière, selon le plan horizontal pour un cuir (épaisseur $H = 5$ mm), et selon le rapport des vitesses ($K = \frac{V_c}{V_M}$).

Le calcul a été élaboré à l'aide des paramètres du couteau :

$$r_2 = 40\text{mm}, \alpha_1 = 18^\circ, h = 2\text{mm}, \mu = 0.35, \mu_0 = 0.3, b = 10\text{mm}.$$

Les graphes indiquent que la puissance " N_r ", et la force " F_M ", augmentent, donc le rapport " K " diminue, ces cas ont été vérifiées dans l'intervalle de " K " (0 jusqu'à 10). En liaison avec cette étude élaborée, il n'était pas nécessaire d'accomplir la coupe de " K " (10 à 50).

Cette étude, nous éclaire les résultats trouvés des relations analytiques pour le calcul de la force de résistance de coupe, la puissance nécessaire de coupe, et la force spécifique de serrage des plaquettes d'appui planes immobiles pendant le phénomène de coupe entre le couteau disque, et la matière.

Les relations trouvées reflètent le lien entre les propriétés de la matière, les paramètres du couteau disque, et le régime de travail.

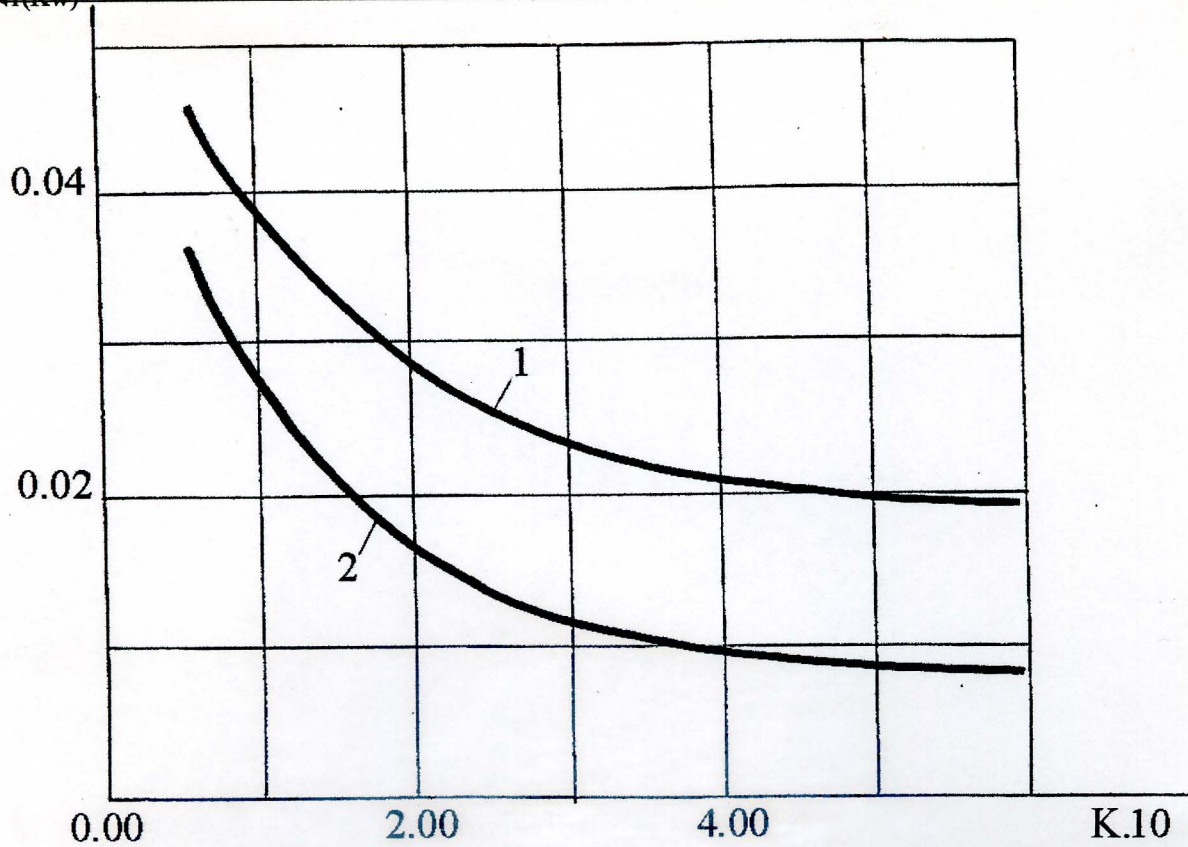


Fig. 1.10. Relation entre la puissance nécessaire de coupe et le rapport de vitesses "K" à l'aide d'un couteau disque. Avec les semi-produits flexibles tendre (1) et dur (2).

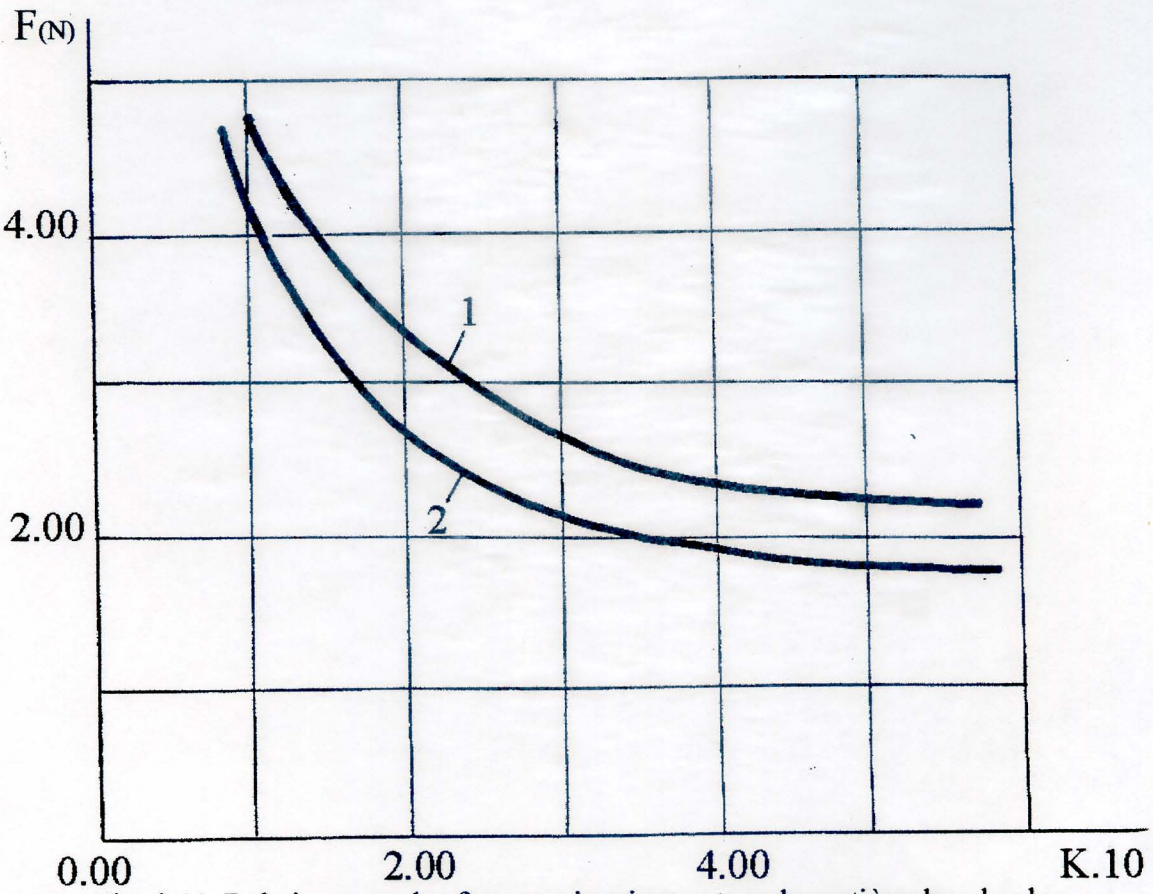


Fig. 1.11. Relation entre les forces qui actionnent sur la matière dans le plan horizontal et le rapport de vitesses "K" à l'aide d'un couteau disque. Avec les semi-produits flexibles tendre (1) et dur (2).

Conclusion du deuxième chapitre :

1- L'étude cinématique théorique du phénomène de coupe de la matière à l'aide de couteaux disques, nous a permis de dégager les relations aidant à déterminer l'angle de coupe en fonction des paramètres du couteau, l'épaisseur de la matière, les relations des vitesses angulaires, et le mouvement linéaire du couteau.

La vérification de ces relations sur des logiciels, nous indique que pour la coupe de la matière à l'aide de couteau disque ont été très proches de la périphérie.

2-L'étude dynamique théorique de l'action du couteau disque sur des matériaux flexibles élastiques, nous a permis d'avoir les relations analytiques pour le calcul de la force de résistance de coupe, lesquelles peuvent être appliquées pour les différentes constructions des éléments du couteau en contact avec la matière, ainsi que pour le calcul de la composante horizontale de la force de coupe qui agit sur la matière, et de la puissance absorbée par la coupe. Les équations obtenues démontrent le lien qui existe entre les paramètres du couteau d'une part, et le régime de travail et les propriétés de la matière d'autre part.

Conclusion Générale :

- 1- Sur la base de l'analyse technique et scientifique de la théorie, nous avons pu avoir une direction des lois des structures qui répondent à la complexité technique de l'utilisation des instruments de coupe plats et disques.
- 2- L'élaboration des recherches théoriques de procédé de coupe des cuirs à l'aide des couteaux plats inclinés, nous a permis de dégager les relations analytiques pour le calcul des paramètres cinématiques et dynamiques, en liaison avec la matière du couteau à deux ou à un côté affûtés, et en prenant en considération les propriétés mécaniques de la matière à découper, les paramètres des parties affûtées du couteau, et les vitesses de leur déplacement.
- 3- L'élaboration des études théoriques cinématique et dynamique de l'action du couteau disque sur les différents cuirs, nous a permis d'obtenir des relations analytiques liées aux forces de résistances, à la puissance absorbée, compte tenu des paramètres constituant le couteau, les vitesses qui caractérisent son travail, et les propriétés mécaniques de la matière à découper.
- 4- La réalisation d'une installation expérimentale pour étudier le processus de coupe des différents cuirs à l'aide des couteaux plats, nous a donné la possibilité de déterminer les liens d'application entre les paramètres de coupe, le régime de travail du couteau et les propriétés mécaniques de la matière.
- 5- L'élaboration des programmes de calcul des résultats théoriques et expérimentaux des recherches, et selon un modèle mathématique du procédé de coupe, nous a permis de vérifier l'analyse de l'approche des systèmes à l'aide des couteaux plats inclinés et disques en fonction de la matière.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] KOMISSAROV. A.I. "Projection et calcul des machines", Edition Construction, M. : 1976, - 431p.
- [2] KAPOSTIN. I.I. "Technologie a la base d'automatisation industrielle", Edition Construction, M. : 1965, - 258p.
- [3] KAPOSTIN. I.I. "Coupes et instruments de coupes de production", Edition Construction, M. : 1950, - 187p.
- [4] CHERNOV. N.V. "Cours de technologie de cuir", Tome I, Edition Construction, M. : 1946, - 327p.
- [5] PITROK. U.B. "Etude des procédés des structures mécaniques", Thèse de doctorat, A.T.I.M., M. : 1983.
- [6] TERTERIENNE. E.A. "Etude des procédés d'exploitation des différentes parties topographiques des semi-produits", Thèse de doctorat, A.T.I.M., M. : 1961
- [7] "Brevet d'invention", Japan, classe 48C63 N° 32358-75.
- [8] LEBEDEV. B.C. "Machine a refendre", Thèse de doctorat, A.T.I.M., M. : 1961.
- [9] AOREV. B.I., KAPATCHEV. P.C., MAYZEL. I.M., PLIVAKA. N.A. "Base de construction et calcul des machines type, et appareil industriel", Edition Machines et Appareils, M. : 1963, - 589p.
- [10] COMISSAROV. A.I., IVANOV. V.A., DRAGILEV. I.G. "Amélioration de la rentabilité des couteaux pour le découpage des piles de matières". Thèses et Conférences, Séminaire, D.V.T.I.VLADIVASTOC, 1981, 176p.
- [11] ANASTRASIV. A.A., JAREV. A.I., STORAGEEV. V.V. "Machines automatiques et lignes industrielles automatisées", Edition Machines et Appareils, M. : 1983, - 354p.
- [12] "Brevet d'invention français", classe N° 2078305 D.06 H7/00.
- [13] CISOV. A.O. "Etude de processus d'application du couteau sur les différents matériaux", Thèse de doctorat, A.T.I.M., M. : 1971.
- [14] REZNIG. N.E. "Etude théorique et expérimentale sur les machines-outils", Travaux, VISKOM, Vol. 55, O.N.T.I. Séminaire, M. : 1967.
- [15] GEMIKOVSKI. V.A. "Théorie expérimentale de coupe de la partie tranchante". Travaux M.I.M.E.S.K. Vol. N° 9. Séminaire, M. : 1940.

- [16] KISILIEV. S.S. "Fiabilité des couteaux à découper des piles de papiers", Edition Construction, M. : 1971, - 271p.
- [17] BOBROV. V.F. "Coupe des métaux à l'aide des instruments de coupes disques", Edition Construction, M. : 1972, - 176p.
- [18] "Brevet d'invention R.F.A". classe 623D19/00 N° 2301774 Publié 1973.
- [19] GORIVITCH. C.G. "Détermination des forces spécifiques de coupes", M. : 1965 , N° 12, 1966, N° 01.
- [20] KALATCHEV. N.V. "Etude du processus de coupe et des structures mécaniques", résumé de thèse de doctorat, A.T.I.M., M. : 1975, - 354p.
- [21] BELIAIM. N.M. "Résistance des matériaux", M. : Ecole Supérieure, M. : 1958.
- [22] JOKOV. N.M., ZAITCEV. B.V., ALLALI. A. "Brevet N° 4734311 6 12 M. : 2601/90".
- [23] VALCHIKOV. N.M., ZAITCEV B.A., VALCHIKOV E.N. "Calcul et projection des machines industrielles", Edition Construction, M. : 1973, - 186p.
- [24] GRIGORIEV. A.A. "Paramètres des couteaux disques et le régime de coupe", résumé de thèse de doctorat, M. : 1984, - 17p.
- [25] ALIKSSONDROV. V.A. "Etude et élaboration des mécanismes de traitement technique et automatique des opérations complémentaire dans l'industrie", thèse de doctorat, A.T.I.M., M. : 1987, - 148p.
- [26] CAPLIN. N.A. "Diminution de la vibration et l'étude de construction des machines industrielles", Thèse de doctorat, A.T.I.M., M. : 1984, - 177p.

Annexe

Annexe I

Tableau 1.I.

Para mètres des couteaux, utilisés dans les expériences.

Paramètres	Eléments de constructions						
	1	2	3	4	5	6	7
Angle d'inclinaison de la partie tranchante $\beta_c, ^\circ$	24	24	36	36	48	48	60
Angle d'affûtage $\alpha_1, ^\circ$	20	24	20	24	18	24	24
Epaisseur du couteau h, mm	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Annexe II
Tableau 1.II

Influence des vitesses de déplacement du couteau.

Matière à découper	Caractéristiques du couteau	N° des expériences en lot	Vitesse de déplacement du couteau	P _h (N)		P _v (N)		P _{result} (N)	
				Exp.	Calc.	Exp.	Calc.	Exp.	Calc.
Cuir	Un seul côté affûté h=1mm $\beta_c = 60^\circ$ $\alpha_1 = 20^\circ$	1	0.4	111	100	152	163	189	186
Tendre		2	0.8	100	102	150	166	180	183
H = 4.0 mm		3	1.2	97	99	143	162	173	174
		4	1.5	91	101	143	164	160	174
Cuir	Même caract.	1	0.4	204	212	355	359	423	421
Dur		2	0.8	220	213	350	362	411	415
H = 4.0 mm		3	1.2	209	216	363	361	404	403
		4	1.5	205	213	355	362	394	398
Cuir	A deux côtés affûté h=1mm $\beta_c = 60^\circ$ $\alpha_1 = 20^\circ$	1	0.4	112	102	155	166	190	189
Tendre		2	0.8	100	101	150	166	180	183
H = 4.0 mm		3	1.2	97	101	147	166	177	179
		4	1.5	95	101	145	166	172	176
Cuir	Même caract.	1	0.4	227	217	357	362	425	426
Dur		2	0.8	220	217	350	362	412	417
H = 4.0 mm		3	1.2	212	216	340	362	400	405
		4							

Résultats des recherches de changement de force de coupe.

(P_h, et P_v - composantes horizontale et verticale ; P_r - force résultante de résistance de coupe).

Tableau 2.II

Influence de l'angle d'inclinaison de l'arrête tranchante.

($\alpha_1 = 20^\circ$, V_M = 0.8m/s, et h = 1.0mm).

Matière à découper	Caractéristiques du couteau	N° des expériences en lot	β_c	P _h (N)		P _v (N)		P _{result} (N)	
				Exp.	Calc.	Exp.	Calc.	Exp.	Calc.
Cuir	Un seul côté affûté h=1mm V _m = 0.8 $\alpha_1 = 20^\circ$	1	40	110	128	91	106	102	166
Tendre		2	45	102	119	90	108	136	153
H = 4.0 mm		3	50	93	100	90	117	130	154
		4	60	79	86	139	140	161	164
Cuir	Même caract.	1	40	265	259	216	218	335	354
Dur		2	45	236	253	236	265	334	352
H = 4.0 mm		3	50	225	225	240	192	330	336
		4	60	218	182	344	297	407	427
Cuir	A deux côtés affûté h=1mm V _m = 0.8 $\alpha_1 = 20^\circ$	1	40	125	126	90	105	155	164
Tendre		2	45	110	117	97	115	145	164
H = 4.0 mm		3	50	100	107	97	125	142	164
		4	60	97	86	140	141	175	165
Cuir	Même caract.	1	40	257	285	235	237	347	386
Dur		2	45	247	264	245	174	347	366
H = 4.0 mm		3	50	235	241	255	207	345	358
		4	60	225	195	355	308	420	448

Tableau 3.II

Influence de l'épaisseur du bec du couteau ($\alpha_1 = 20^\circ, \beta_c = 60^\circ, V_M = 0.8\text{m/s}$).

Matière à découper	Caractéristiques du couteau	H (mm)	N° des expériences en lot	P _h (N)		P _v (N)		P _{result} (N)	
				Exp.	Calc.	Exp.	Calc.	Exp.	Calc.
Cuir Tendre	Un seul côté affûté h=1mm	0.75	1	92	101	134	164	162	174
H = 4.0 mm	$\beta_c = 60^\circ$	1.00	2	94	99	136	162	165	174
	$\alpha_1 = 20^\circ$	1.50	3	96	102	138	166	168	182
		2.00	4	97	100	142	163	172	185
Cuir Dur	Même caract.	0.75	1	220	217	350	367	413	413
H = 4.0 mm		1.00	2	223	216	340	365	406	414
		1.50	3	221	220	357	368	420	424
		2.00	4	223	196	356	365	420	493
Cuir Tendre	A deux côtés affûté h=1mm	0.75	1	99	101	142	166	173	176
H = 4.0 mm	$\beta_c = 60^\circ$	1.00	2	97	101	140	166	173	179
	$\alpha_1 = 20^\circ$	1.50	3	98	101	142	166	172	183
		2.00	4	102	102	147	166	178	189
Cuir Dur	Même caract.	0.75	1	223	220	354	371	418	418
H = 4.0 mm		1.00	2	225	222	362	371	420	422
		1.50	3	229	228	361	372	429	432
		2.00	4	231	236	365	374	433	456

Annexe III

Détermination du coefficient de frottement de l'arrête tranchante du couteau par rapport à la matière à découper, force spécifique sur l'arrête tranchante, et le module d'élasticité de la matière.

Tableau 1.III

Changement du coefficient de frottement μ de l'arrête tranchante du couteau par rapport à la matière à découper, vitesse de déplacement de la matière V_M , et la force normale de pression N^* .

Matière à découper	N	N° des expériences en lot	Vitesse V_M (m/s)	M(x)	D(x)	S(x)	V(x)	P	O_M	O_s	Coefficient de frottement μ	
											09	10
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Tendre H = 4 mm		1	0.3	20.0	1.74	1.32	0.07	0.12	0.63	0.42	0.40	
		2	0.5	19.5	1.77	1.33	0.07	0.14	0.67	0.47	0.38	
		3	0.8	18.4	1.68	1.30	0.06	0.11	0.61	0.40	0.37	
		4	1.2	17.0	1.59	1.28	0.06	0.10	0.59	0.39	0.34	
Tendre H = 4 mm		1	0.3	20.1	1.72	1.32	0.08	0.09	0.44	0.31	0.25	
		2	0.5	19.0	1.75	1.32	0.06	0.10	0.56	0.31	0.23	
		3	0.8	18.7	1.69	1.30	0.07	0.09	0.60	0.39	0.24	
		4	1.2	17.2	1.67	1.29	0.06	0.12	0.47	0.41	0.21	
Dur H = 4 mm		1	0.3	17.7	0.19	0.44	0.03	0.05	0.22	0.16	0.35	
		2	0.5	17.6	0.224	0.49	0.06	0.08	0.33	0.14	0.35	
		3	0.8	17.5	0.210	0.47	0.05	0.10	0.32	0.15	0.35	
		4	1.2	17.2	0.208	0.47	0.07	0.07	0.06	0.16	0.34	
Dur H = 4 mm		1	0.3	17.5	0.37	0.60	0.04	0.07	0.30	0.31	0.22	
		2	0.5	17.7	0.28	0.52	0.04	0.09	0.36	0.30	0.22	
		3	0.8	17.6	0.21	0.46	0.05	0.13	0.28	0.26	0.22	
		4	1.2	16.8	0.33	0.58	0.08	0.08	0.31	0.29	0.21	

*Dans le tableau ci dessus est indiqué les données des résultats statistiques de traitement de mesure des forces de frottement [M(x) : moyenne arithmétique de choix ; D(x) : dispersion ; S(x) : écart moyenne au carré ; V(x) : coefficient de variation ; P ; indice d'exactitude ; O_M : valeur moyenne de l'erreur ; O_s : écart moyenne de l'erreur au carré].

Tableau 2.III

Calcul** des charges (q) sur la partie tranchante du bec, et le module d'élasticité (E_c) de la matière à découper.

Matière à découper	N° des expériences en lot	h, (mm)	q, (N/mm)		Comparaison des expériences	E_c , (Pascal)
			un seul côté affûté	deux côtés affûtés		
Tendre H = 4 mm	1	0.75	34	35	1 - 2	$1.182 \cdot 10^6$
	2	1.00	35	36	1 - 3	$1.147 \cdot 10^6$
	3	1.50	36	37	1 - 4	$1.441 \cdot 10^6$
	4	2.00	36	38	2 - 4	$1.908 \cdot 10^6$
Valeur moyenne			35	36		
Dur H = 4 mm	1	0.75	103	108	1 - 2	$2.568 \cdot 10^6$
	2	1.00	106	108	1 - 3	$2.621 \cdot 10^6$
	3	1.50	107	107	1 - 4	$2.297 \cdot 10^6$
	4	2.00	108	108	2 - 4	$2.191 \cdot 10^6$
Valeur moyenne			106	108		$2.282 \cdot 10^6$

** Le calcul indique les caractéristiques du couteau pour les différentes épaisseurs, avec un seul côté affûté et deux côtés affûtés symétrique : ($\beta_c = 60^\circ$, $\alpha_1 = 20^\circ$, $V_M = 0.8$ m/s, distance entre les plaquettes de fixation $B = 10$ mm, distance entre l'outil et l'appui $a = 5$ mm).