

## Travaux de mortaisage sur machines FP

Le mortaisage sert notamment à l'usinage de rainures à section rectangulaire ou trapézoïdale, d'engrenages cylindriques intérieurs et extérieurs, d'angles rentrants vifs et d'autres parties de pièces, qu'il est difficile de réaliser par fraisage.

La plupart des instructions pour travaux de mortaisage, dans la littérature technique, se réfèrent aux travaux en série sur des machines à raboter ou à mortaiser. Les valeurs chiffrées et autres indications de ces textes ne sont pas du tout ou seulement dans

une mesure restreinte valables pour les travaux de mortaisage sur machines FP, puisque les conditions sont tout autres aussi bien en ce qui concerne le nombre des pièces que la conception de la machine, la technique d'usinage et la nature générale de la pièce à usiner. Nous donnons donc ci-après les conseils les plus importants pour les travaux de mortaisage sur machines FP.

Le texte de ce Bulletin Technique constitue un extrait du manuel concernant les machines FP, qui sera publié d'ici quelques mois.

### L'outil

Dans la plupart des cas, on peut utiliser des outils de forme normale (Fig. 1).

Ils peuvent aussi recevoir un profil déterminé (Fig. 2). Dans ce cas, il faut veiller que l'angle de taillant  $\delta'$  soit différent de l'angle  $\delta$  à réaliser sur la pièce. Le graphique Fig. 3 donne les angles de taillant  $\delta'$  correspondant à différents angles  $\delta$ , sur la

pièce, compte tenu d'angles de dépouille  $\alpha$  et d'angles d'attaque  $\gamma$  différents.

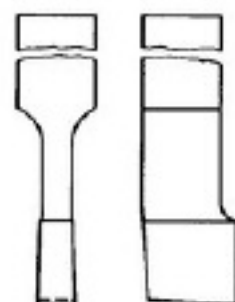


Fig. 1  
Outil normal

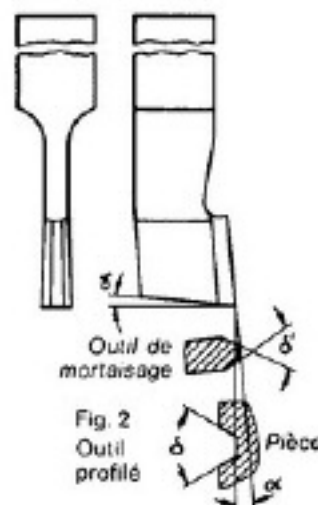


Fig. 2  
Outil profilé

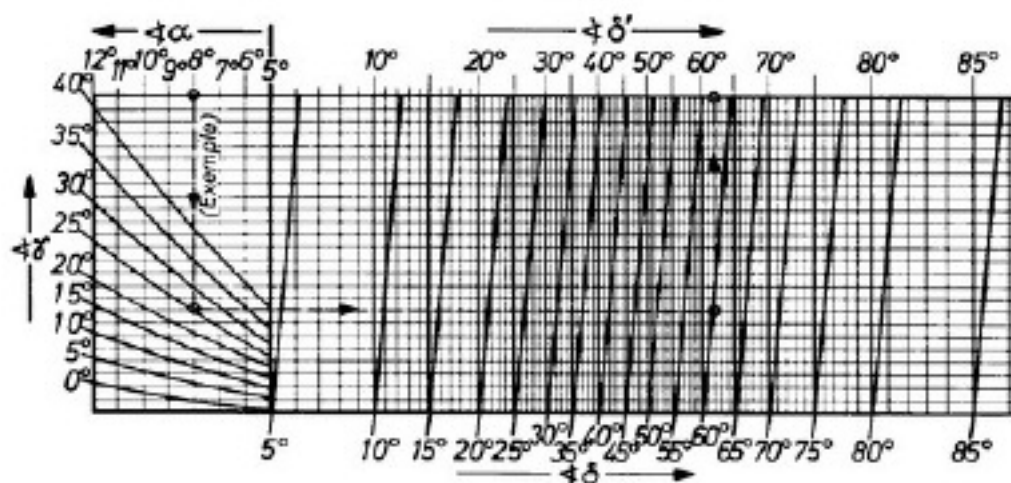


Fig. 3 Angles  $\delta'$  d'outils de mortaisage (ressemblant à la Fig. 2) en fonction d'angles  $\delta$  sur la pièce. Exemple: Angle de dépouille  $\alpha = 8^\circ$ , angle d'attaque  $\gamma = 25^\circ$ ,  $\delta$  (sur la pièce) =  $60^\circ$ . D'où  $\delta' = 62^\circ$ .

$$\text{Formule exacte: } \tan \delta' = \frac{\tan \delta \cdot \cos \gamma}{\cos (\alpha + \gamma)}. \text{ Soit l'exemple ci-dessus: } \tan \delta' = \frac{\tan 60^\circ \cdot \cos 25^\circ}{\cos (8^\circ + 25^\circ)} = \frac{1,73205 \cdot 0,90631}{0,83867} = 1,87174; \delta' = 61^\circ 53'.$$

Pour des travaux fins, on peut utiliser des porte-outils que l'on a confectionnés soi-même, et présentant un alésage pour l'emmanchement de fraises à une coupe normale (Fig. 4a à c). Le bout de la

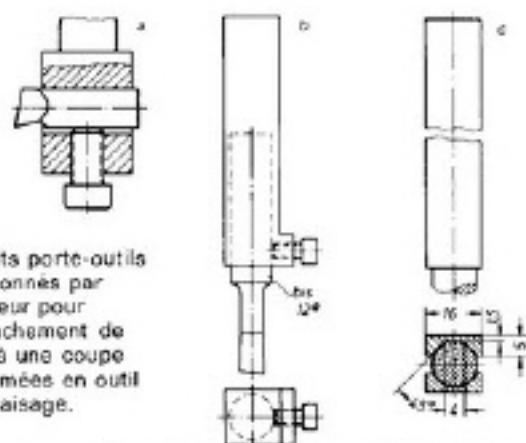


Fig. 4  
Différents porte-outils confectionnés par l'utilisateur pour l'emmanchement de fraises à une coupe transformées en outil de mortaisage.

fraise est transformé en outil de mortaisage aux dimensions voulues, de façon simple, précise et rapide sur des machines S0(E).

Le porte-outil "a" peut recevoir l'outil à l'horizontale. Pour certains travaux, celui-ci peut être affûté aux deux bouts et servir ainsi d'outil double (voir aussi Fig. 9g et Fig. 36).

Un outil serré verticalement dans le porte-outil "b", peut travailler des parties de pièces très étroites et peut souvent être retaillé et remplacé. Les deux porte-outils permettent d'utiliser, pour l'exécution de rainures, des outils moins larges que les outils de mortaisage normaux, car leurs queues peuvent facilement être étagées de façon connue.

A l'aide de deux prismes de serrage "c", il est possible de monter, de façon très simple et directement dans la tête à mortaiser, une queue d'outil  $\phi 12$  mm, soit p.ex. une fraise à une coupe, transformée en outil de mortaisage fin.

Pour l'exécution des angles d'un orifice rectangulaire, sans être obligé de tourner ni l'outil ni la pièce, on peut utiliser un outil à tête carrée (Fig. 5). Il est toutefois difficile de réaliser sur la face frontale, assez grande, les angles d'attaque nécessaires.



Fig. 5  
Outil de mortaisage à tête carrée

Pour des travaux fins, on peut réaliser de façon simple un tel outil de mortaisage (Fig. 6), à partir d'une fraise à une coupe  $\phi 12$  mm (acier SR 5), sur une machine S0 ou S1.

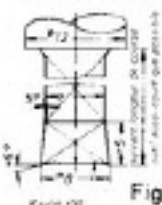


Fig. 6  
Outil de mortaisage à tête carrée, obtenu à partir d'une fraise à une coupe  $\phi 12$  mm, acier SR 5

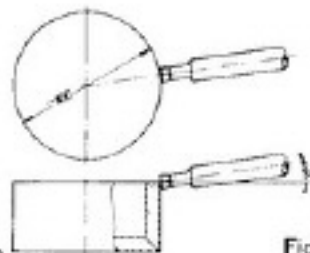


Fig. 7  
Position de l'outil de mortaisage suivant Fig. 6 pour l'exécution de la face frontale sur machine S0

La face frontale concave, ( $8 \text{ mm}^2$ ,  $r \sim 50 \text{ mm}$ ), correspond à un angle d'attaque d'environ  $5^\circ$  (Fig. 7), valeur encore admissible. La déformation latérale des arêtes coupantes s'élève à environ  $0,015 \text{ mm}$ .

Puisqu'on se sert du mortaisage spécialement pour l'usinage de parties de pièces difficilement accessibles, l'outil doit, dans la plupart des cas, avoir un diamètre assez réduit.

Mais les sections faibles devraient être aussi peu nombreuses que possible pour ne pas affecter sa stabilité. Les sollicitations auxquelles il sera soumis, risquent autrement de se traduire par une déformation et une déviation de l'outil. Pour l'exécution d'une rainure profonde à partir d'un creux étroit, il faudrait doter l'outil d'un diamètre compte tenu du passage pour lui conférer une résistance optimale (Fig. 8).

La largeur de coupe dans l'acier ne devrait pas dépasser  $8 \text{ mm}$ , les arêtes coupantes devraient toujours être bien affûtées.

La Fig. 9 montre quelques outils de mortaisage.

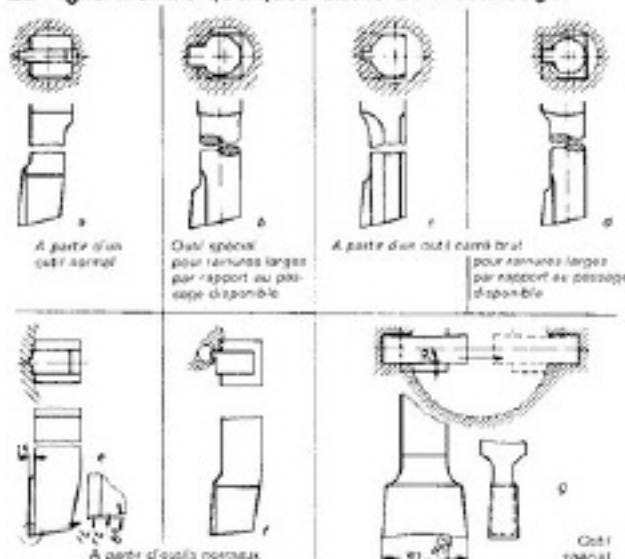


Fig. 9  
Quelques outils de mortaisage:  
a à d: Outil à rainurer; e: Outil pour pattes d'araignée;  
f: Outil de forme pour mortaise; g: Outil double

De la Fig. 10 ressortent les valeurs approximatives des angles de dépouille et d'attaque pour des outils de mortaisage en acier SR.

Fig. 10 Valeurs approximatives des angles d'outils de mortaisage SR

	$\alpha^\circ$	$\beta^\circ$
Acier faiblement allié, revenu spécial, 120 à 180 kp/mm <sup>2</sup>	6...8	6...8
Acier fortement allié (Cr, CrNi, ...), 60 à 90 kp/mm <sup>2</sup>	6...8	8...12
Acier faiblement allié, revenu, 90 à 120 kp/mm <sup>2</sup>	5...7	7...10
Ferme grise, dureté moyenne, fonte malléable, fonte d'acier	6...8	5...10
Acier non allié et faiblement allié (acier coulé), 70 à 90 kp/mm <sup>2</sup>	6...8	8...10
Acier non allié et faiblement allié, 50 à 70 kp/mm <sup>2</sup>	7...9	15...18
Acier non allié, inférieur à 50 kp/mm <sup>2</sup>	9...11	20...24
Laiton, bronze à l'étain, doux	7...9	12...25
Laiton rouge, dur	5...7	4...12
Ferme Al, silumin, Al (pur)	10...12	20...28
Alliages Al, moulés	7...9	30...40
Alliages Mg	6...8	6...12

Les outils de mortaisage en carbure ne sont guère utilisés sur les machines FP.

Lorsque l'angle d'attaque est grand, il n'est pas indiqué de prévoir un congé ni d'exécuter la face d'attaque toute droite. Un large rayon favorise plutôt

## Montage de l'outil et de la pièce

L'outil devrait être aussi court que possible. En général on calcule: longueur de course  $s$  + quelques mm de dépassement  $u$  + distance  $a$  qui est choisie de sorte qu'entre la surface de la pièce et la face inférieure du coulisseau d'une part, ainsi qu'entre la queue élargie de l'outil et les flancs de la rainure à réaliser d'autre part, il reste juste assez de place (Fig. 12).

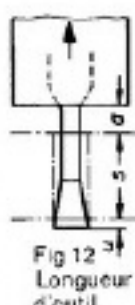


Fig. 12  
Longueur d'outil

Le taillant de l'outil devrait être orienté de préférence vers le bâti de la machine. Cela se traduit, dans la plupart des cas, par un porte-à-faux moins important de la poupée porte-broche d'où une plus grande rigidité, ainsi que par une sollicitation moins importante du chariot de table et de ses guidages. On évitera, dans la mesure du possible, de monter l'outil, le taillant orienté en sens longitudinal.

En serrant l'outil, il faut veiller qu'il s'applique correctement sur les portées

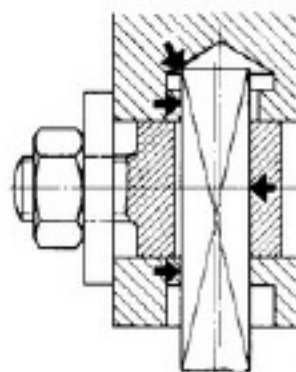


Fig. 13  
Outil correctement serré

## Réglages sur la machine

La longueur de course  $L$  se compose de l'approche  $a$ , de la longueur de coupe  $s$  et du dépassement  $u$  de 1 à 3 mm (Fig. 16). C'est pendant l'approche que doit se faire, à la main, le mouvement de pénétration, puisque dans d'autres positions de l'outil, le taillant risquerait d'être endommagé. On prévoit en conséquence, en règle générale, une longueur "a" de 10 à 20 mm, suivant l'habileté et la routine de l'opérateur.

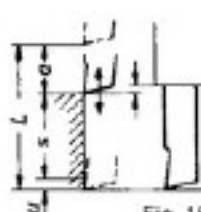
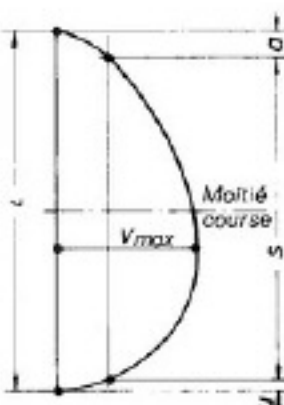


Fig. 16  
La course de l'outil

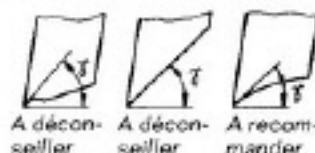


La vitesse à laquelle se déplacent les coulisseaux des têtes à mortaiser FP, s'adapte bien à cette course. Comme il résulte de la Fig. 17, la valeur maximale de  $v$  se situe dans la moitié inférieure de la course totale. Les vitesses avantageuses correspondent

Fig. 17  
Graphique des vitesses caractéristiques des têtes à mortaiser FP

la formation du copeau, contribue à la rigidité de l'outil et permet des retallages sans enlèvement important de matière.

Fig. 11  
Faces d'attaque pour des angles  $\beta$  importants



verticales et s'appuie bien au fond de l'alésage d'emmanchement (Fig. 13). On y parvient, en ébrant l'outil pendant qu'on serre légèrement l'écrou de sorte que l'outil puisse ensuite être poussé dans sa position voulue et serré définitivement.

A l'aide d'une équerre, l'outil est ajusté par contrôle à contre-jour de sorte que ses faces de dépouille latérales soient aussi égales que possible (Fig. 14).

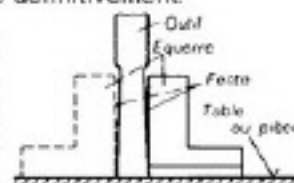


Fig. 14  
Ajuster verticalement l'outil

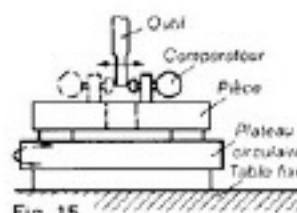


Fig. 15  
Aligner l'outil sur l'alésage de la pièce

En cas de mortaisage débouchant, la pièce est posée sur des cales et bridée de préférence sur la table fixe. Lorsqu'un alésage doit être muni d'une rainure, on monte la pièce — de dimensions réduites —

sur un plateau circulaire; l'alésage à usiner est alors aligné sur l'axe du plateau. On peut alors aligner également l'outil sur l'axe du plateau, par retournement, et ainsi sur l'alésage à usiner (Fig. 15).

donc à la longueur de coupe  $s$ , tandis qu'il reste au début une part assez importante pour l'approche "a", et une part moins importante pour le dépassement "u". L'approche "a" permet de faire pénétrer l'outil de la valeur voulue.

Le nombre de coups est choisi notamment compte tenu du temps nécessaire pour la pénétration, à la main, pendant l'approche "a". Les vitesses de coupe maxi résultant du nombre de coups et de la longueur de coupe, atteignent rarement les valeurs admissibles. Le nombre de coups se trouve donc presque toujours déterminé par d'autres facteurs, notamment par la pénétration, mais, pour de hautes exigences, également par la précision et la qualité de surface voulue. Car aux vitesses de coupe faibles, l'outil risque moins de dévier. Les nombres de coups utilisés en général, figurent donc dans le quart inférieur de l'échelle des valeurs admissibles.

La Fig. 34 permet de déterminer pour telle ou telle machine FP, compte tenu d'une longueur donnée de course en mm, le nombre de coups par minute dans les limites des valeurs admissibles, la vitesse de coupe en m/mn qui en résulte, pouvant, le cas échéant, être vérifiée ou retenue comme une valeur d'expérience.

Suite page 12

## Exemples de travail

Dans la pratique, on tire profit non seulement des bons exemples, mais — et peut-être même dans une plus large mesure — également des fautes. C'est pourquoi les commentateurs qui suivent, font mention aussi bien de solutions bonnes que moins bonnes.

Fig. 18:

Mortaisage de deux angles rentrants non exécutés lors du fraisage, et de trois rainures.

La pièce était bridée sur la table fixe de la machine, avec interposition de cales.

Données: Pièce en acier 45 kp/mm<sup>2</sup>, mortaisage des angles rentrants et des rainures sur FP33, longueur de coupe 55 mm.

Réglages: Outil 8 mm, longueur de course 65 mm, nombre de coups 50/mn, pénétration 0,1 mm par coup, exécutée au volant de la poupée porte-broche. Arrosage par huile de coupe.

Fig. 20:

Les trous de la plaque de découpage étaient fraisés. Les angles devaient être exécutés par mortaisage. Comme les flancs ne formaient pas un angle droit avec le bord extérieur, ces angles ont dû être exécutés par deux opérations (a et b), à des positions différentes du plateau circulaire déporté et avec des outils taillés symétriques l'un par rapport à l'autre. L'outil fut bridé de sorte que son taillant était orienté vers le bâti de la machine. Il en résultait un porte-à-faux peu important et par là une grande stabilité de la poupée porte-broche.

La pièce était posée sur des cales, sur le plateau circulaire monté de son côté sur la table fixe de la machine. Division par plateau à trous.

Données: Pièce en acier 90 kp/mm<sup>2</sup>, mortaisage sur FP1, longueur de coupe 43 mm.

Réglages: Outil 6 mm, longueur de course 55 mm, nombre de coups 63/mn, pénétration 0,025 à 0,05 mm par coup, commandée à la main sur la poupée porte-broche. Arrosage par huile de coupe.

La photo montre une machine FP1 démodée. Les machines modernes — à part leur aspect plus agréable — se signalent p. ex. par des roulements plus efficaces de la broche, des volants de sécurité, des sélecteurs de vitesse et d'avance, des supports de cales-étalons mieux visibles et protégés, des soufflets également pour les guidages en long et verticaux, un réservoir de liquide d'arrosage mieux accessible, une disposition plus avantageuse du moteur et une armoire électrique séparée.

En partie, les figures montrent des machines démodées. Tout de même, ces photos sont également utiles puisqu'elles offrent la possibilité d'opposer de façon visible des méthodes éventuellement démodées, à des procédés modernes, y compris les dispositifs nécessaires pour leur application.

Fig. 19:

Mortaisage d'une rainure dans l'alésage horizontal d'une grande pièce encombrante. A cet effet, la tête à mortaiser fut également orientée horizontalement.

Comme la pièce n'avait pas besoin d'être inclinée, elle fut bridée sur la table fixe, dont la surface a été agrandie à l'aide de la table supplémentaire.

Données: Pièce en fonte grise de dureté moyenne, mortaisage de rainure sur FP33, longueur de coupe 70 mm.

Réglages: Outil 8 mm, longueur de course 80 mm, nombre de coups 62/mn, pénétration 0,1 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche, sans arrosage.

Fig. 21:

Mortaisage d'une longue rainure incurvée sur un poinçon. L'outil fut réalisé à partir d'un outil carré brut (fraisé, cintré à chaud, trempé, affûté) et serré dans un porte-outil.

Le poinçon était monté sur le dispositif à fraiser les poinçons, fixé dans le diviseur qui était appliqué de son côté directement au chariot de table de la machine. On pouvait ainsi, comme pour le fraisage d'un poinçon, exécuter les réglages et pénétrations nécessaires à l'exécution de la rainure. La pièce n'avait pas de dégagement en bas. En conséquence, elle fut descendue (ce qu'il faudrait éviter dans toute la mesure du possible) après chaque coup de l'outil — dont l'angle d'attaque était 36° —, d'environ 0,015 à 0,03 mm (voir Fig. 37, page 13). La longueur de coupe fut ainsi continuellement diminuée, et la rainure moins profonde à son extrémité. La valeur du déplacement en descente fut déterminée par essai.

Données: Pièce en acier 90 kp/mm<sup>2</sup>, rainurage sur FP1, longueur de coupe 60 mm.

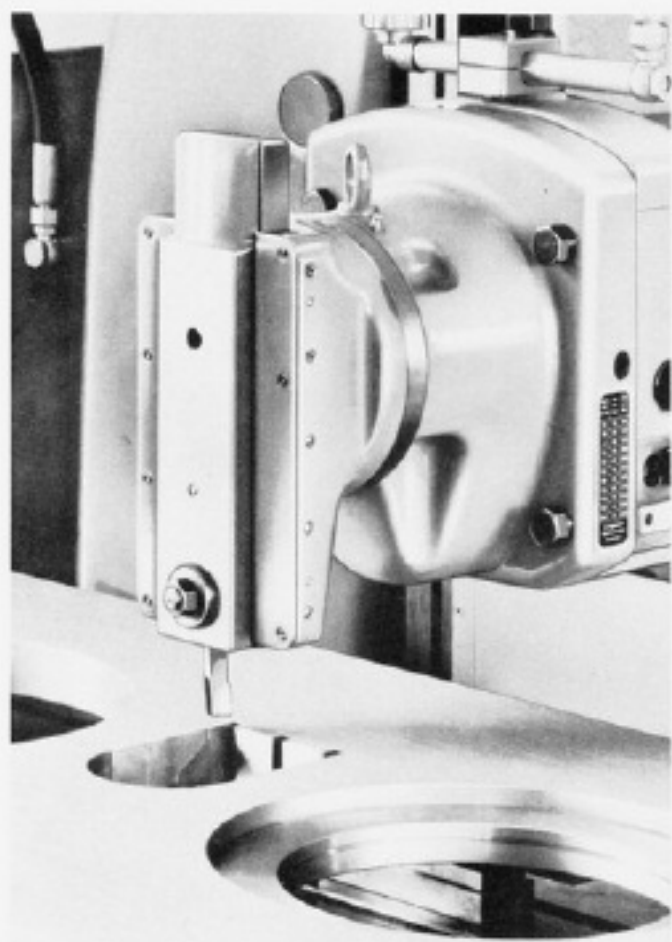
Réglages: Outil profilé, longueur de course 70 mm, nombre de coups 40/mn, pénétration 0,025 à 0,05 mm par coup, réglée avec la manivelle du diviseur.

Arrosage par liquide chimique.

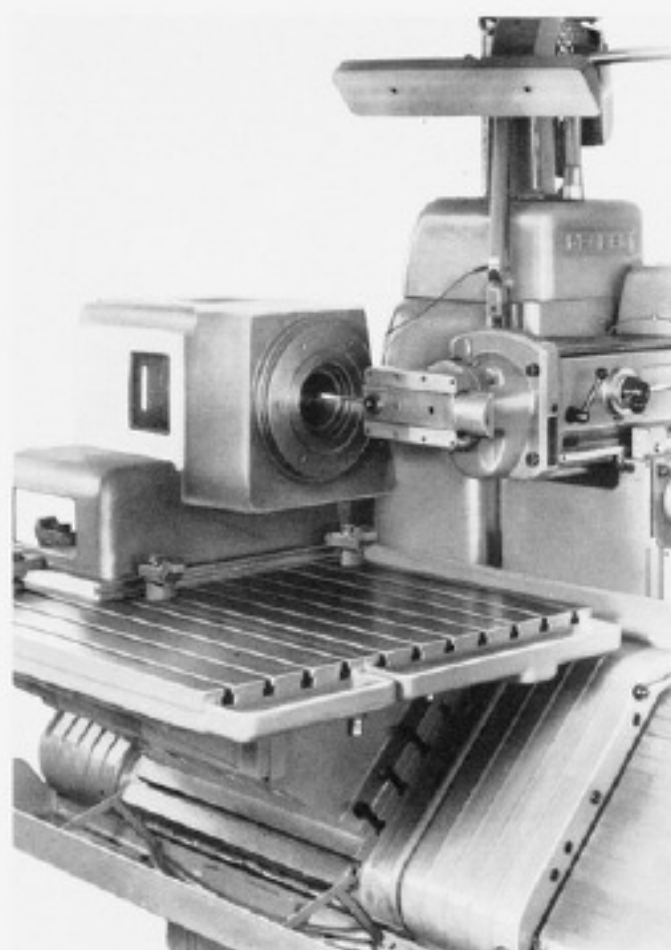
Très important: évacuation des copeaux.

Contrairement à cet exemple de travail de longue date, on donnerait de nos jours à l'outil la forme représentée en bas à côté et on le briderait plus court. Par un alésage transversal au-dessous de la rainure à exécuter, on permettrait à l'outil de déboucher. Le porte-outil devrait assurer une fixation plus sûre de l'outil (p. ex. vis en bas, voir Fig. 4 a, page 2).

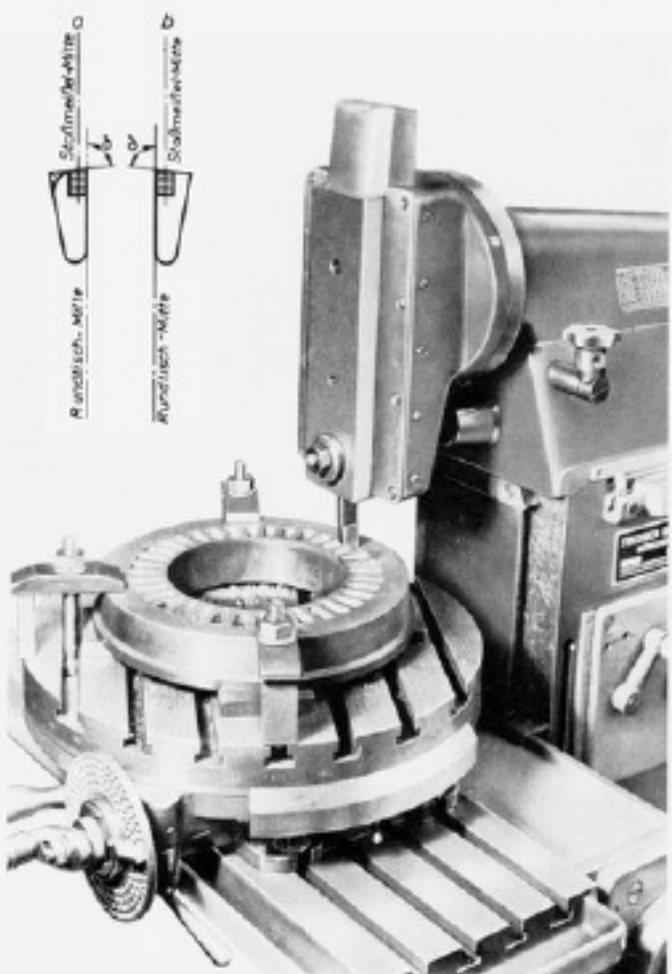




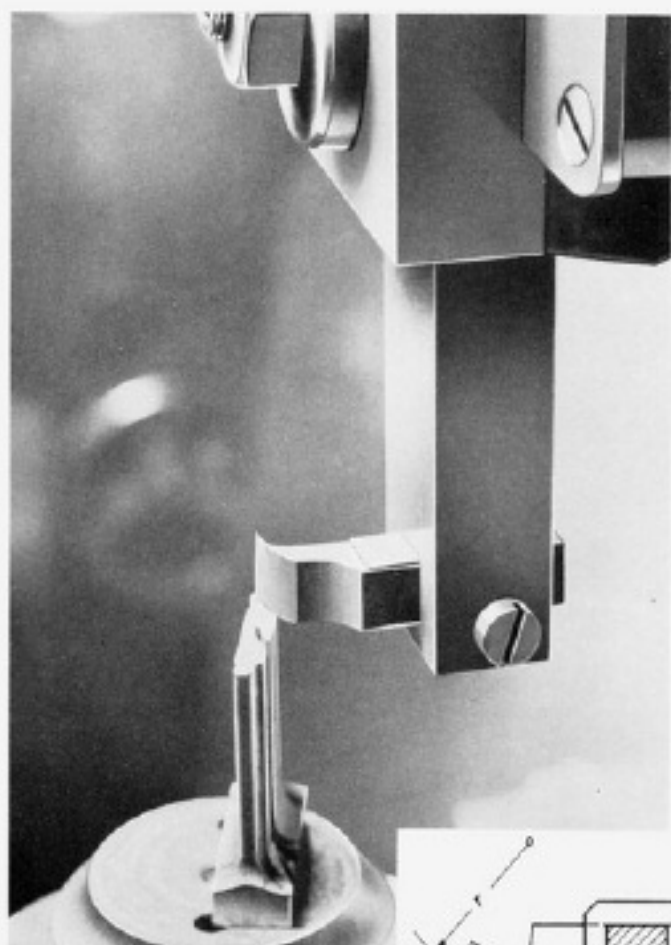
18



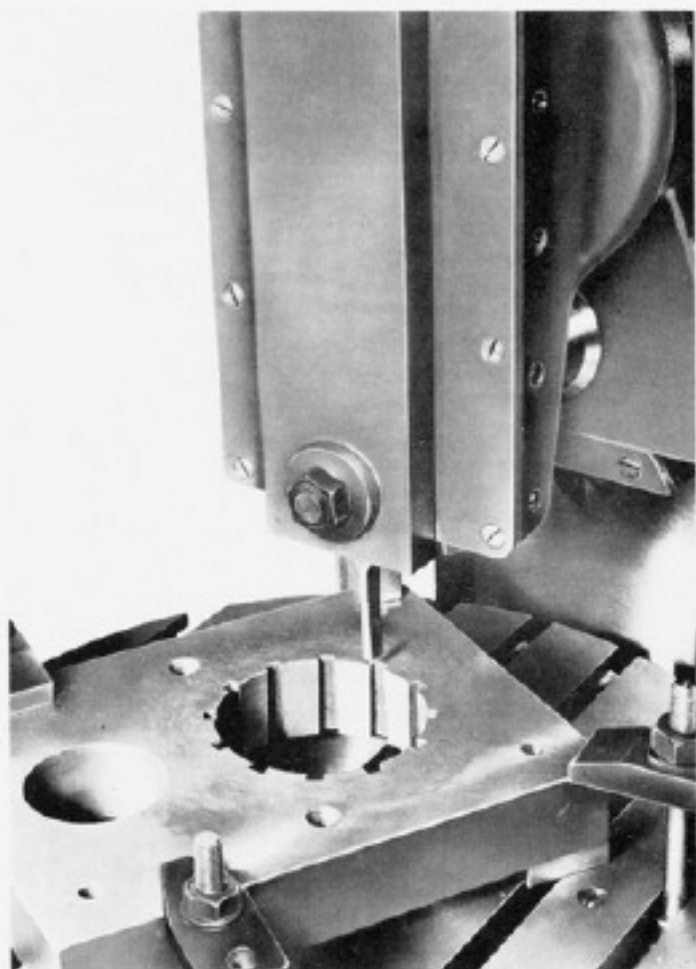
19



20



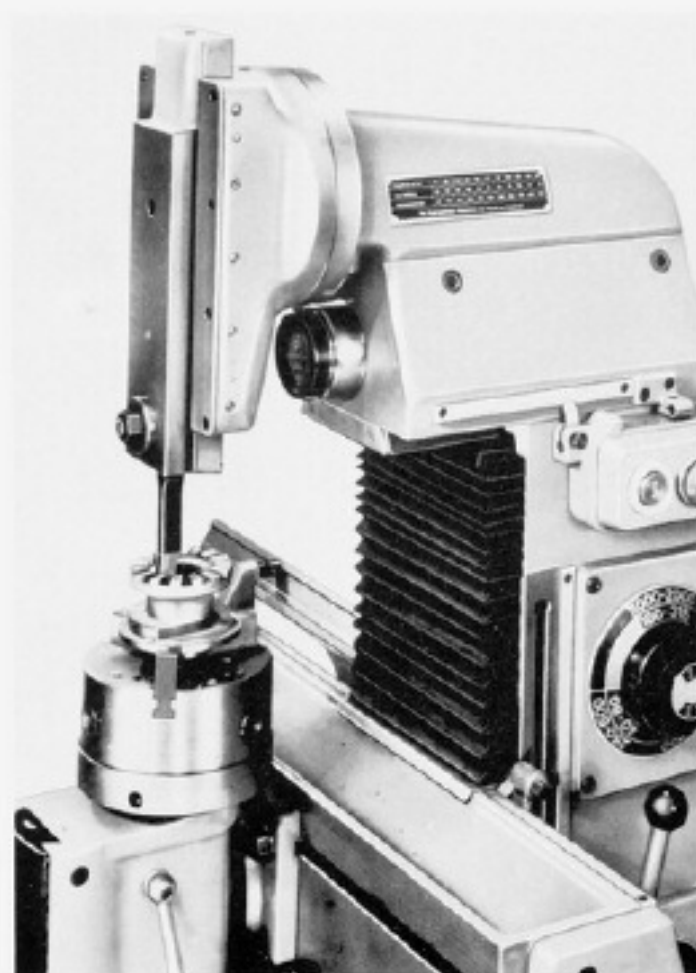
21



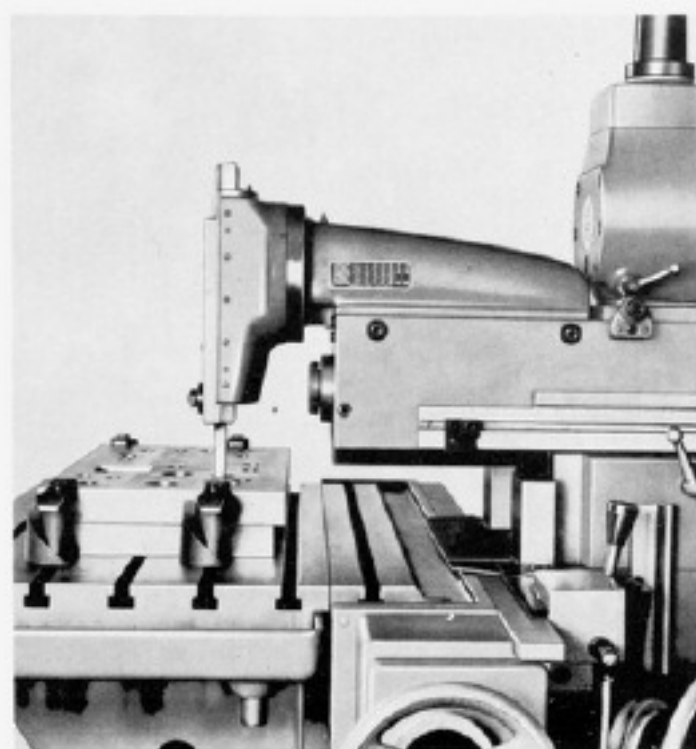
22



23



24



25

Fig. 22:

Les flancs des rainures trapézoïdales furent exécutés l'un après l'autre, c'est-à-dire que, à une position donnée de la tête à mortaiser, toutes les rainures ont été usinées d'un côté, puis, à la position opposée de la tête, de l'autre côté.

L'outil fut serré de sorte à présenter son taillant en direction de la machine. Il en résultait un porte-à-faux plus court de la poupée porte-broche et, en plus, une meilleure visibilité de l'outil.

La pièce était posée sur des cales, sur le plateau circulaire monté sur la table fixe de la machine. Division directe suivant plateau à rochets.

Données: Pièce en acier 45 kp/mm<sup>2</sup>, rainurage sur FP1, longueur de coupe 35 mm.

Réglages: Outil 5 mm, longueur de course 45 mm, nombre de coups 125/mn, pénétration 0,02 à 0,04 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche.  
Arrosage par huile de coupe.

*La figure représente une tête à mortaiser démodée. En outre, les pièces sont dorénavant fixées à l'aide de brides étagées, de façon simple et très sûre.*

Fig. 24:

Mortaisage d'une rainure trapézoïdale dans le moyeu d'un élément d'accouplement. On a utilisé le diviseur, avec mandrin trois mors, monté directement sur le chariot de table, parce que la rainure à réaliser devait être alignée sur la denture extérieure de l'élément, et que la pièce pouvait être serrée de façon simple. Il était très facile d'aligner la pièce sur l'outil: Accostage d'un taillant au pourtour de la pièce, déplacement de la pièce de la moitié du diamètre et de la moitié de la longueur du taillant.

Données: Pièce en acier 60 kp/mm<sup>2</sup>, rainurage sur FP1, longueur de coupe 50 mm.

Réglages: Outil 8 mm, longueur de course 60 mm, nombre de coups 100/mn, pénétration 0,05 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche.  
Arrosage par huile de coupe.

*Si l'outil avait été orienté vers le bâti de la machine, la pièce et la surface usinée auraient été mieux visibles.*

Fig. 23:

Mortaisage d'un carré dans un avant-trou. L'outil fut réalisé à partir d'un outil brut normal 16 sur 16 mm (cote de la queue). Il comporte 4 taillants perpendiculaires l'un par rapport à l'autre, détalonnés, et présente une face frontale concave d'un rayon 50 mm. Il en résulte un angle d'attaque d'environ 10° encore suffisant pour des alliages d'aluminium. La longueur des taillants doit être inférieure à  $0,7 \times \phi$  de l'avant-trou (voir Fig. 5 et 7, page 2).

A l'aide de cet outil, tous les angles droits peuvent être exécutés sans remplacement de la pièce ni resserrage de l'outil. Il n'y a que pénétration en sens longitudinal ou transversal.

On a utilisé le diviseur monté directement sur le chariot de table et muni d'un plateau de montage seulement pour la raison qu'on en avait encore besoin pour d'autres travaux à exécuter sur la même pièce. Pour permettre le dégagement de l'outil et l'évacuation des copeaux, la pièce était posée sur des cales.

Données: Pièce en alliage d'aluminium de forge, mortaisage d'un carré sur FP1, longueur de coupe 40 mm.

Réglages: Outil carré 10 mm (encore admissible pour alliages d'aluminium), longueur de course 50 mm, nombre de coups 200/mn, pénétration 0,1 à 0,15 mm par coup, réglée en longitudinal ou transversal par volant.  
Arrosage par alcool dénaturé.

Fig. 25:

Usinage d'un orifice fraisé, notamment des angles.

La pièce était bridée sur la table fixe de la machine.

Données: Pièce en acier 45 kp/mm<sup>2</sup>, mortaisage d'angles rentrants sur FP4, longueur de coupe 50 mm.

Réglages: Outil 8 mm, longueur de course 60 mm, nombre de coups 105/mn, pénétration 0,1 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche.  
Arrosage par huile de coupe.

*L'outil pourrait être beaucoup plus court et ainsi plus rigide. La pièce pourrait être placée plus près du bâti (2 rainures de table plus près). Il en résulterait un porte-à-faux beaucoup moins important de la poupée porte-broche, et le chariot de table serait moins sollicité par les efforts de coupe.*

Fig. 26:

Rabotage d'une surface inaccessible pour outils normaux.

En dépit de la pénétration continuelle en sens longitudinal, le taillant était orienté en direction du bâti. C'était plus avantageux en vue du premier mouvement de pénétration transversal suivant coté, l'outil travaillant sur toute la longueur du taillant. Pour la pénétration en sens longitudinal, la largeur du copeau a autorisé l'utilisation du taillant secondaire.

C'est avec ses surfaces non usinées que la pièce de fonderie a dû être serrée dans l'étau. Il fallait donc l'ajuster dans deux directions, car la surface à réaliser devait être parallèle aux autres. Pour effectuer les ajustements, on a profité des possibilités de réglage de la table orientable sur laquelle la pièce était bridée à l'aide de l'étau.

**Données:** Pièce en alliage d'aluminium de fonderie, rabotage plan sur FP1, longueur de coupe jusqu'à 50 mm.

**Réglages:** Outil 8 mm, longueur de course 60 mm, nombre de coups 125/mn, pénétration 0,1 à 0,15 mm par coup, réglée au volant de déplacement longitudinal de la table. Arrosage par pétrole.

Fig. 28:

Mortaisage d'angles rentrants arrondis, à partir de rayons résultant d'un fraisage. Les arêtes de l'outil furent en conséquence légèrement arrondies.

La pièce était bridée sur le plateau de montage du diviseur, monté directement au chariot de table de la machine. Ainsi, la pièce, en vue de l'usinage des faces non perpendiculaires l'une par rapport à l'autre, pouvait être orientée dans la direction voulue (a à c). Lors du mouvement de pénétration en sens longitudinal (c), l'outil pouvait rester dans sa position (a; b), la faible largeur de copeau permettant l'utilisation du taillant secondaire.

**Données:** Pièce en acier 45 kp/mm<sup>2</sup>, mortaisage d'angles rentrants sur FP1, longueur de coupe 40 mm.

**Réglages:** Outil 6 mm, longueur de course 50 mm, nombre de coups 105/mn, pénétration 0,05 à 0,1 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche. Arrosage par huile de coupe.

*On aurait pu employer un outil beaucoup plus court et rigide qui risque moins de dévier et produit une surface de meilleure qualité.*

Fig. 27:

Mortaisage de rainures profondes dans un alésage relativement petit. Un outil de mortaisage normal aplati des deux côtés sur toute sa longueur et, en plus, dépouillé le long du dos — compte tenu du faible diamètre de l'alésage —, s'est avéré trop peu rigide. Pour cette raison, on a exécuté, à partir d'un outil brut cylindrique, un outil au dos renforcé (Fig. 8 et 9b, page 2). On lui a donné une longueur plus grande pour pouvoir l'affûter à plusieurs reprises avant usure.

La pièce était posée sur le centre du plateau de montage du diviseur monté directement au chariot de table de la machine. Division indirecte par plateau à trous.

**Données:** Pièce en fonte grise de dureté moyenne, rainurage sur FP1, longueur de coupe 30 mm.

**Réglages:** Outil 2 mm, longueur de course 40 mm, nombre de coups 100/mn, pénétration 0,1 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche, pas d'arrosage.

*Il aurait été mieux de choisir un outil brut corré 16 mm pour la confection de l'outil, puisqu'il comporte une queue mieux adaptée et permettant un serrage plus sûr.*

Fig. 29:

Mortaisage de trois rainures trapézoïdales dans le moyeu d'une roue de vis sans fin.

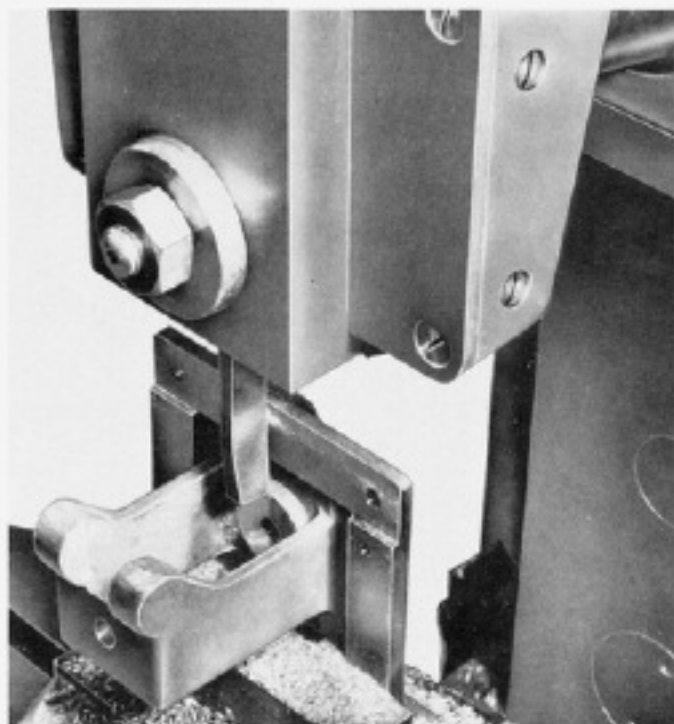
Le plateau circulaire avec la pièce était bridé sur la table fixe. Celle-ci était fixée au chariot de table, près du bâti (retournée, elle peut aussi être montée à une distance de 80 mm). La pièce, alignée sur l'axe du plateau circulaire, était posée sur des cales pour permettre à l'outil de déboucher et pour avoir assez de place pour l'évacuation des copeaux. Division directe indexée 3 x 120°, sur le plateau.

**Données:** Pièces en fonte grise de dureté moyenne, rainurage sur FP2, longueur de coupe 70 mm.

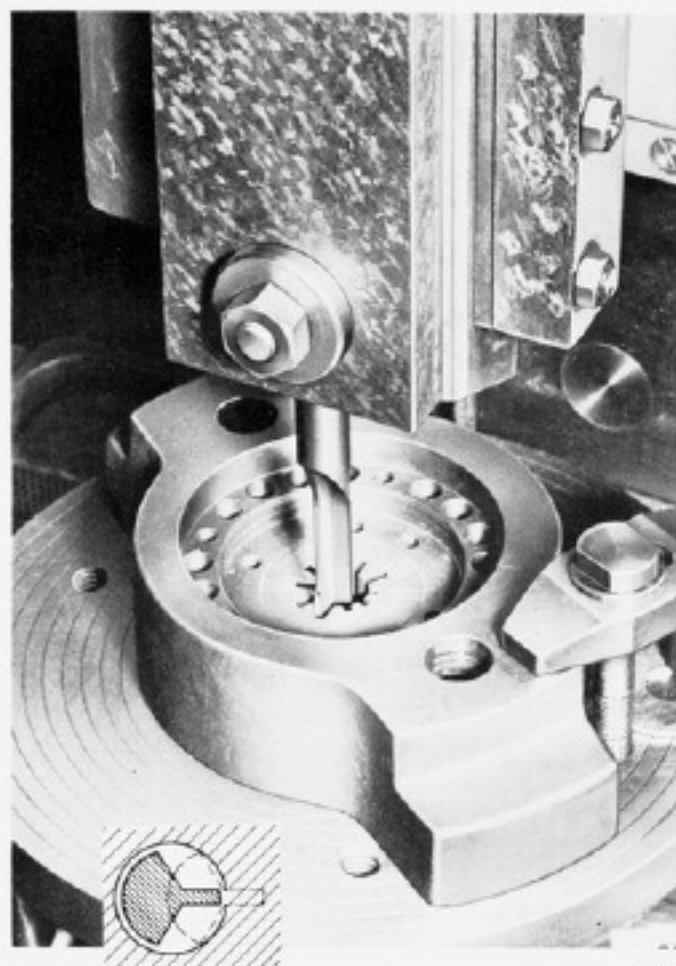
**Réglages:** Outil 8 mm, longueur de course 80 mm, nombre des coups 84/mn, pénétration 0,025 à 0,05 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche, pas d'arrosage.

*Si le taillant de l'outil avait été orienté vers le bâti de la machine, la porte-à-faux de la poupée porte-broche aurait été moins important, la sollicitation du chariot de table par suite des efforts de coupe, moins grande, et la visibilité de l'outil et de la surface usinée, meilleure.*





26



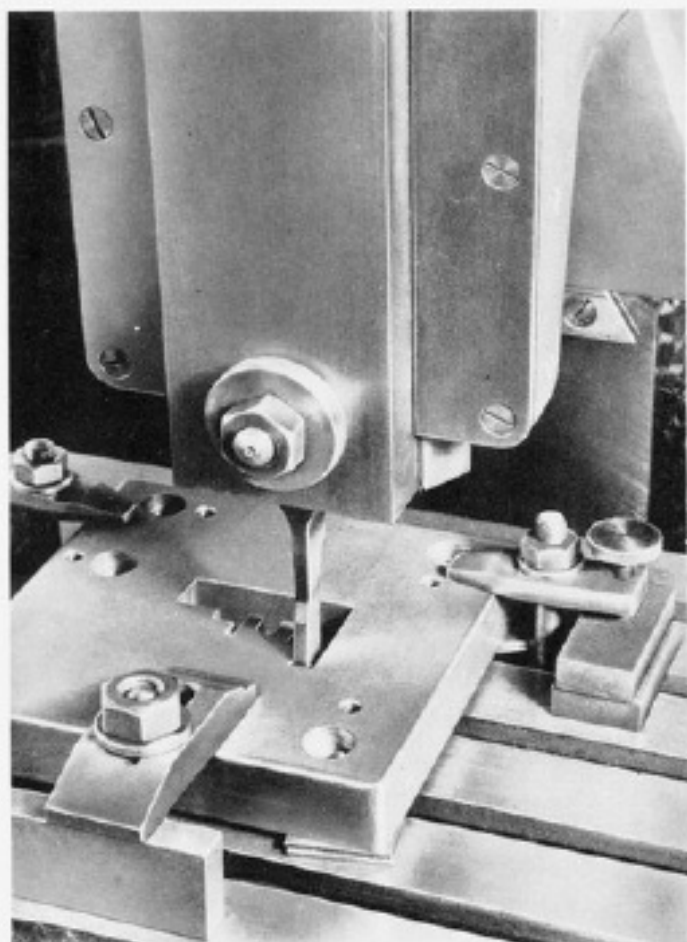
27



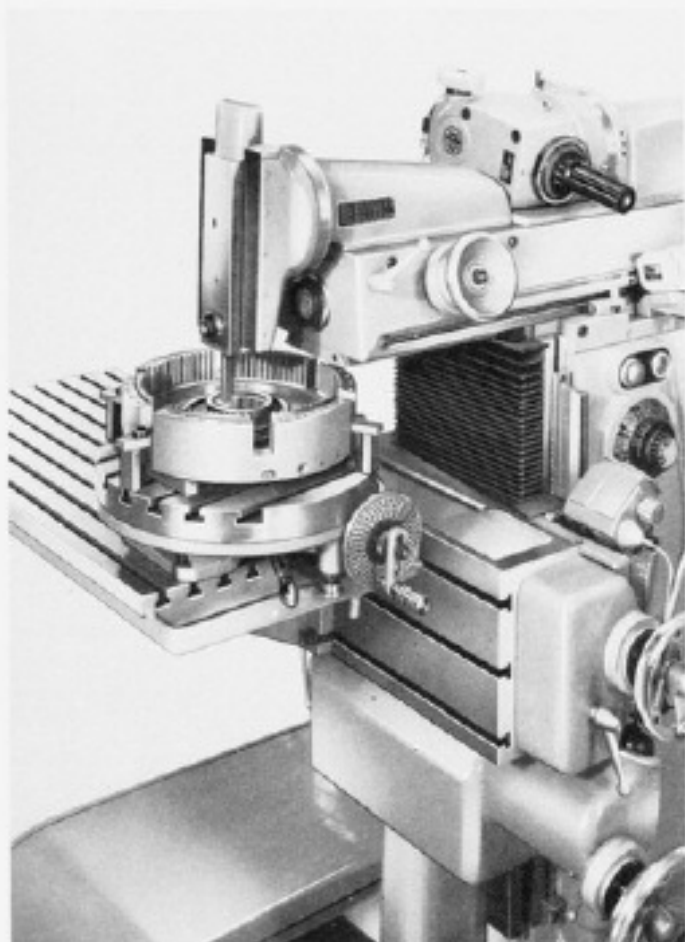
28



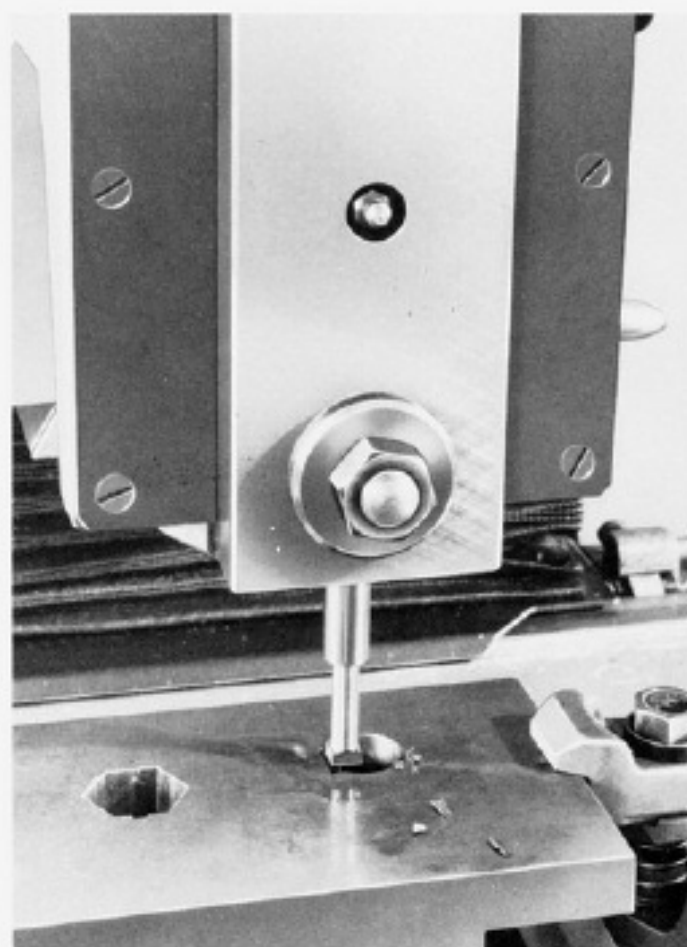
29



30



31



32



33

Fig. 30:

Mortaisage des angles d'un orifice de matrice de découpage, à partir des rayons obtenus par fraisage. La pièce — pour permettre à l'outil de déboucher — était placée sur des cales, sur la table fixe de la machine. Pour exécuter les différents usinages, ce ne fut pas la pièce, mais l'outil qui fut replacé.

Données: Pièce en acier 90 kp/mm<sup>2</sup>, mortaisage d'angles rentrants sur FP1, longueur de coupe 35 mm.

Réglages: Outil 6 mm, longueur de course 45 mm, nombre de coups 125/mn, pénétration 0,05 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche.  
Arrosage par liquide chimique.

*Vu la longueur de coupe indiquée, il faudrait employer un outil beaucoup plus court ne présentant pas de détalonnage inutile. Les conditions de coupe seraient meilleures, si le taillant était orienté vers la machine. Il serait plus avantageux d'utiliser un outil carré qui ne doit pas être rebridé (Fig. 6, page 2). Les cales sur lesquelles est posée la pièce devraient être plus hautes, à cause des copeaux. La photo montre un modèle démodé, de même que des dispositifs de bridage remplacés maintenant par des brides étagées.*

Fig. 32:

Mortaisage d'un carré dans un avant-trou. On a utilisé à cet effet un outil avec 4 taillants perpendiculaires l'un par rapport à l'autre, réalisé à partir d'une fraise à une coupe ( $\varnothing$  12 mm, acier SR 5) et serré dans la tête à mortaiser à l'aide de deux petits prismes (Fig. 4c et 6, page 2).

La pièce était bridée sur la table fixe de la machine. Il n'est pas nécessaire de la tourner, puisque l'outil présente 4 taillants perpendiculaires l'un par rapport à l'autre. Chaque angle est réalisé par pénétration en long et transversale, sans réajustage de la pièce ou de l'outil.

Données: Pièce en acier hautement alliée (CrNi), 60 à 90 kp/mm<sup>2</sup>, mortaisage d'un carré sur FP2, longueur de coupe 23 mm.

Réglages: Outil carré 8 mm, longueur de course 30 mm, nombre de coups 84/mn, pénétration environ 0,025 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche.  
Arrosage par liquide chimique.

*L'outil aurait été plus rigide, si la queue n'avait pas été ronde, mais carrée.*

Fig. 31:

Mortaisage des rainures de la denture trapézoïdale. La pièce était bridée sur le plateau circulaire posé sur la table fixe, déportée, de la machine. Cela a permis d'approcher le plateau circulaire du bâti, ce qui s'est traduit en outre par un porte-à-faux plus faible de la poupée porte-broche supportant la tête à mortaiser. En plus, la manivelle du diviseur du plateau circulaire et le plateau à trous, utilisés ici pour la division indirecte, se sont trouvés dans une position plus avantageuse.

Données: Pièce en fonte grise de dureté moyenne, rainurage sur FP3, longueur de coupe 50 mm.

Réglages: Outil 8 mm, longueur de course 60 mm, nombre de coups 84/mn, pénétration 0,1 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche.  
Pas d'arrosage.

*Il aurait été mieux de prendre le plateau intermédiaire permettant de relever le plateau circulaire de sorte qu'il puisse être posé en tout point de la surface de bridage de la table — donc près du bâti de la machine. Le porte-à-faux de la poupée porte-broche serait réduit et la table fixe pourrait rester dans sa position normale.*

Fig. 33:

Mortaisage d'une denture intérieure. L'outil confectionné à partir d'un outil brut carré 16 sur 16 mm (cote de la queue), avait le taillant à la forme des entredents à exécuter. Il était court et rigide pour obtenir des flancs de dents très précis et de haute qualité.

La pièce était bridée dans le diviseur, par mandrin trois mors, monté directement au chariot de table de la machine. L'axe de l'outil était aligné sur l'axe du diviseur. Division indirecte par plateau à trous. La pièce était détalonnée à l'intérieur pour permettre à l'outil de déboucher.

Données: Pièce en acier 90 kp/mm<sup>2</sup>, mortaisage d'entredents sur FP1, longueur de coupe 15 mm.

Réglages: Outil profilé suivant module et nombre de dents. Longueur de course 25 mm, nombre de coups 160/mn, pénétration 0,05 à 0,1 mm par coup, réglée au volant de la poupée porte-broche.

Arrosage par liquide chimique.

Fig. 34

Nombres de coups (par mn) admissibles pour machines FP, compte tenu de longueurs de course (mm) et vitesses de coupe (m/mn) déterminées

Exemple:

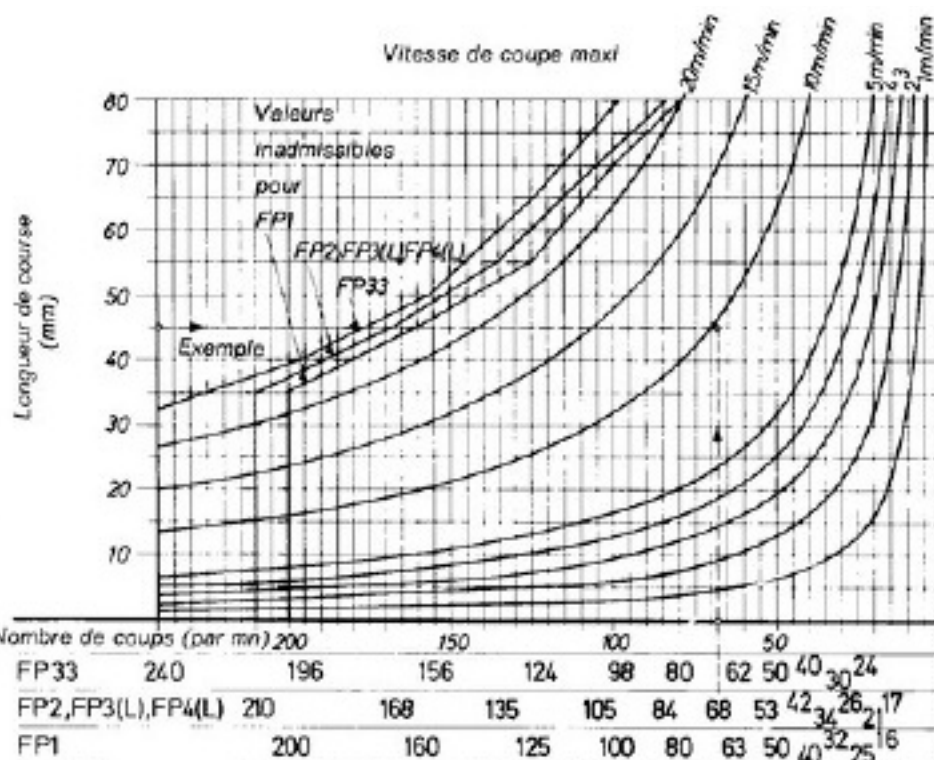
Donnée:

Longueur de course 45 mm, machine FP2.

Réglage:

Nombre de coups 68/mn

(soit vitesse de coupe env. 10 m/mn)



La pénétration (réglage de l'épaisseur du copeau): après chaque coup, lorsque l'outil se retrouve au-dessus de la pièce, la pénétration est commandée brusquement sur la poupée porte-broche.

Seules des matières tendres et faciles à usiner permettent une pénétration continue, lente, le taillant frottant sur la pièce pendant la course à vide. La surface à usiner peut ainsi être écrouie, et le taillant de l'outil, très facilement endommagé. En cas de pénétration continue, la longueur de course  $L$ , par rapport à la longueur de coupe  $s$  et le dépassement  $u$  (Fig. 16), doit être très grande, pour que la partie de la course de retour où l'outil frotte sur la pièce et effectue une partie de la pénétration, soit le plus court possible. Le nombre de coups ne devrait pas être trop faible, parce que dans ce cas, une faible épaisseur de copeau pourrait plus facilement être obtenue par pénétration commandée à la main. En dépit des conseils précités, il n'est possible, en cas de pénétration continue, d'obtenir de bons résultats qu'au prix d'un travail minutieux.

La valeur de la pénétration par coup se situe, suivant les conditions d'usinage, entre quelques centaines et un dixième de mm. Elle dépend de:

la matière à usiner (usinabilité)

▽ ou ▽ (précision et qualité de surface exigées), stabilité de l'outil (longueur de l'outil compte tenu de la longueur de coupe, et diamètre de l'outil compte tenu du passage disponible),

section du copeau (copeau large et mince plus avantageux que copeau épais et étroit. Dans la plupart des cas, la largeur du copeau est donnée par la largeur de la rainure. Dans l'acier, elle ne devrait pas dépasser 8 mm),

stabilité de la pièce et de l'ablocage,

état de la machine (p.ex. jeu faible dans les roulements, glissières, etc.; rattraper le cas échéant).

Quelques valeurs d'orientation résultent des exemples de travail précédents. Faute d'expériences, on peut déterminer la valeur appropriée par essai, durant les premières courses ou sur un échantillon, compte tenu de la section du copeau (si possible copeau continu) et de la qualité de surface obtenue.

### Quelques conseils relatifs au mortaisage

Ebauche, Finition:

Pour l'ébauche, la section de la rainure à exécuter peut être divisée. Il est indiqué de laisser une surépaisseur d'environ 0,5 mm en vue de la finition (Fig. 35).

A la finition, il faut, le cas échéant, utiliser un outil plus large que 8 mm. A cet effet on peut aussi utiliser un porte-outil suivant Fig. 4 a. Une autre possibilité est offerte par l'outil double, suivant Fig. 9 g. A l'aide de cet outil, la rainure est d'abord mortaisée, suivant Fig. 36, plus petite que prévue (a à c); on mesure ensuite la différence par rapport à la consigne B et, en vue de l'achèvement de celle-ci, fait pénétrer l'outil

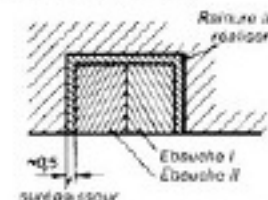


Fig. 35 Suite d'opérations de mortaisage d'une rainure de grande section

de la moitié de cette différence dans les deux sens (d).

De cette façon, on peut exécuter un nombre quelconque de rainures sur un cercle donné.

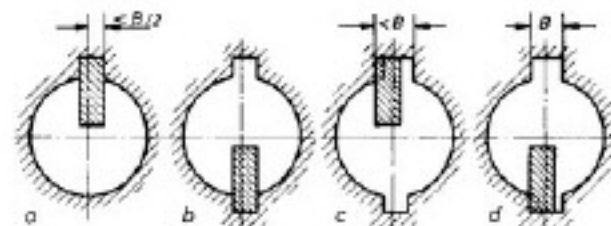


Fig. 36

Rainurage avec outil double suivant Fig. 9 g, par retournement



La finition par outil coupant sur un côté (non symétrique) est toujours quelque peu délicate, puisque l'outil dévie facilement. S'il n'est pas possible de procéder autrement, il faudrait en tout cas veiller à ceci:

- Le taillant doit être perpendiculaire à la direction de course et doit être bien affûté,
- le nombre de coups (v) doit être très faible,
- le dernier copeau ne devrait pas être trop mince ( $\sim 0,1$  mm) pour éviter que le taillant ne frotte, mais coupe,
- une dernière possibilité de corriger consiste dans l'inclinaison en sens opposé de la tête à mortaiser, de la valeur de l'erreur constatée.

Les rainures trapézoïdales sont exécutées, après l'ébauche, avec la tête à mortaiser orientée suivant l'inclinaison de chacun des flancs. Observer à ce propos les conseils précités, relatifs à l'usinage individuel de flancs de rainures.

On peut, dans ce cas-là aussi, travailler par retournement, suivant Fig. 36.

Le rainurage sans dégagement d'outil devrait être évité dans toute la mesure du possible. Les cas où le mortaisage ne doit s'effectuer sur toute l'épaisseur de la pièce et où il n'y a pas de dégagement sous forme de rainure intérieure ou d'alésage transversal, sont très rares. Dans ces cas, il est plus avantageux d'utiliser la tête à fraiser d'équerre ou la

tête à fraiser les angles avec broche inclinée. Lorsqu'on ne dispose pas de ces têtes ou qu'il n'y a pas suffisamment de place, on peut le cas échéant procéder de la façon suivante.

Après chaque coup, la pièce est déplacée par rapport à l'outil de sorte que la profondeur du mortaisage devienne de plus en plus petite. Dans des conditions favorables (matière très bien usinable, copeau continu etc.), il faudrait descendre la pièce par coup et pénétration (épaisseur copeau), au moins:



Fig. 37 Solution provisoire en cas de mortaisage sans dégagement d'outil

Angle d'attaque de l'outil	12°	20°	30°	40°
Descente (mm par coup)	0,8 s	0,7 s	0,6 s	0,5 s

Les valeurs exactes sont déterminées par essai. L'outil devrait avoir, en vue de ce procédé, un angle d'attaque aussi grand que possible pour que le copeau ne soit pas trop déformé (Fig. 37). L'angle au bas de la rainure doit être achevé à la main ou d'une autre façon.

## Arrosage

Vu les conditions défavorables d'usinage, il faudrait toujours — sauf pour quelques alliages de fonderie — utiliser un liquide d'arrosage. On utilise moins les émulsions recommandées normalement (les faibles vitesses de coupe ne demandant pas un refroidissement énergique), mais des liquides gras, onctueux, pas trop visqueux. Un arrosage abondant, notamment à cause du frottement pendant la course à vide — et spécialement en cas de pénétration continue — est très important.

Pour le mortaisage de:	utiliser:
Acier, fonte d'acier	Huile de coupe ou liquide d'arrosage chimique (souvent mieux), tel que produit "S5" des Curtis Ltd., ou produit "J-1" de la maison Hangsterfer
Fonte grise, fonte malléable, fonte ductile	sans arrosage ou avec du talc
Laiton, bronze à l'étain, laiton rouge	Emulsion d'huile de perçage
Alliage d'aluminium de forge	Alcool dénaturé
Alliage d'aluminium de fonderie	Pétrole

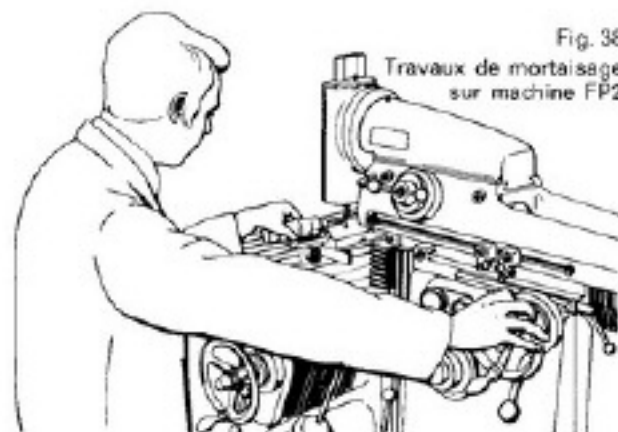


Fig. 38

Travaux de mortaisage sur machine FP2

Dans la plupart des cas, le réservoir du liquide d'arrosage des machines FP étant rempli de l'émulsion utilisée pour le fraisage, un remplacement de ce liquide en vue du mortaisage n'est pas indiqué. C'est pourquoi l'outil de mortaisage est en général arrosé à l'aide d'un pinceau ou similaire. Ceci présente aussi l'avantage qu'en même temps les copeaux attachés à l'outil peuvent être enlevés, ce qui est très important pour obtenir à la finition une qualité de surface élevée.