

SOMMAIRE

1. AVANT PROPOS.....	3
2. SOMMAIRE.....	4
3. EXEMPLES DE REALISATIONS INDUSTRIELLES.....	7
4. NOTIONS GENERALES POUR LA PRATIQUE DU METIER.....	8
Surfaces et volumes.....	8
Longueur de la circonférence et surface d'un cercle.....	16
Constructions géométriques.....	17
Tracés pratiques d'un angle et tracés divers.....	18
Nombres premiers de 1 à 1 049.....	22
PGCD.....	22
PPCM.....	22
Résolution des triangles rectangles et quelconques.....	23
Tables des fonctions trigonométriques.....	24
Fonctions des nombres-tables des puissances et des racines.....	28
Méthode de calcul des arcs, cordes, flèches, segments.....	31
Centre de Gravité – Théorème de Guldin – Méthodes de Recherche.....	36
Unités et définitions légales du Système International (S.I.) utilisées en mesure.....	40
Conversion de mesures anglaises en mesures françaises.....	43
Nombres normaux – Série Renard.....	44
Métaux usuels.....	45
Points de fusion et d'ébullition des corps simples.....	46
Désignation des aciers.....	48
Désignations commerciales des tôles acier pour l'emboutissage.....	50
Dimensions et poids des tôles normalisées en acier.....	51
Tests d'identification des métaux.....	53
Désignation et symbolisation de l'aluminium et de ses alliages.....	54
Caractéristiques de l'aluminium, propriétés, emplois, soudabilité.....	58
Cuivre et alliages de cuivre et zinc.....	61
Les métaux courants.....	62
Les essais mécaniques de matériaux (Traction, dureté, chocs).....	63
Tableau de conversion de dureté / résistance à la traction.....	68
Evaluation visuelle des températures.....	71
Décapage et Nettoyage industriels – traitements mécaniques –.....	72
Décapage et Nettoyage industriels – traitements chimiques –.....	73
Traitements thermiques des matériaux – Trempe, Revenu et Recuit.....	75
Traitements thermochimiques des aciers.....	78
Revêtements de surface.....	79
5. DIFFERENTES TECHNIQUES DE MISE EN ŒUVRE DES MATERIAUX.....	80
Matières plastiques	81
Elastomères et caoutchoucs.....	81
Thermoplastiques.....	82
Thermodurcissables.....	83
Composites.....	84
Thermoplastiques utilisés pour l'usinage de précision.....	84
Matériaux métalliques	85
Découpage -Grignotage -Poinçonnage.....	85
Mise en œuvre des tôles par pliage.....	86
Mise en forme des tôles par pliage, applications.....	90
Le pliage en U pour l'acier doux, l'acier inoxydable et l'aluminium.....	91
Formules pratiques pour déterminer les surfaces équivalentes de flan.....	93
Emboutissage des tôles – Les efforts exercés –.....	96
6. MATÉRIAUX FRITTÉS	97
Frittage.....	97
Nuances de matériaux frittés (d'après Métafram).....	98
7. CONNAISSANCES TECHNOLOGIQUES	99
Cotation fonctionnelle.....	99
Tolérances dimensionnelles des pièces lisses.....	102
Tolérances géométriques.....	116
Dessin de définition.....	125
Etats de surface.....	126
Les filetages	132
Filetage métrique à filet triangulaire – Profil I.S.O. (pas fins et gros).....	132
Profil ISO – relation entre diamètres et pas usuels.....	135
Ecrous d'assemblage à serrer avec clés.....	136
Clés de serrage boulons pour profil ISO.....	137
Clés de serrage et dégagements (Profil ISO).....	138
Assemblages	139
Clavetage par clavettes parallèles.....	139

Clavetage par clavettes disques	142
Clavetage par clavettes inclinées	143
Assemblages des pièces mécaniques (démontables et non démontables)	145
Classification des assemblages	147
Assemblages mécaniques démontables	148
Assemblage non démontable :	
Le collage industriel	149
Les ressorts	154
Les engrenages	156
Types de transmission par engrenages	156
Transmissions par engrenages	157
Définitions de l'engrenage à denture droite	158
Définitions de l'engrenage à denture hélicoïdale	160
Définition de l'engrenage conique droit	161
Définition de l'engrenage à axes concourants	162
Définition de la roue et vis sans fin	163
8. ROULEMENTS ET BUTEES	164
Roulements à billes à contact radial à une rangée de billes	164
Roulements à billes à contact radial à deux rangées de billes	165
Roulements à rotule sur billes	165
Roulements à rotule sur billes avec manchon de serrage	166
Roulements à billes à contact oblique à une rangée de billes	166
Roulements à billes à contact oblique à deux rangées de billes	166
Roulements à rouleaux cylindriques	167
Roulements à rouleaux coniques	167
Roulements à rouleaux sphériques	168
Roulements à rouleaux sphériques avec manchon de serrage	168
Butées	169
Butées à aiguilles	170
Roulements à aiguilles	171
Roulements combinés	172
Elements de calcul d'un roulement (applications)	173
Ajustements des portées de roulements	174
Ajustements recommandés normalisés	177
Montage de roulements – Fixation – Reglage	180
9. MACHINES OUTILS	181
Nez de broche à conicité 7/24	181
Cônes d'emmanchement à conicité 7/24	182
Cônes métriques et cônes morse	183
Porte-outil ou attachements	184
Rainures en T	186
Centre d'usinage	187
Classification des liaisons des pièces	188
Repérage isostatique	189
Principe du point – trait – plan	189
Mise en position des pièces suivant norme (NFE 04-01) et concept GPS (exemples)	191
10. USINAGE À GRANDE VITESSE	195
Définition	195
Sollicitations des outils en U.G.V	196
Avantages et inconvénients	197
11. USINAGE PAR ELECTROEROSION	198
12. PROTOTYPAGE RAPIDE	200
Principe et technologies	200
Différentes phases d'impression	201
13. CONDITIONS DE COUPE	203
Géométrie de l'outil de coupe	203
Angles caractéristiques et normalisés des outils de coupe	204
Représentation des outils	205
Matériaux utilisés pour la fabrication des outils	206
Efforts de coupe	209
Calculs des conditions de coupe – Puissances de coupe	210
Analyse du comportement des plaquettes en usinage	212
Lubrifiant industriel	214
Tableau de préconisation en fonction des matériaux et opérations	215
14. MACHINES-OUTILS ET CENTRES D'USINAGES À COMMANDE NUMÉRIQUE	216
Principes de la C.N., des asservissements	217
La gestion des outils	219
Différents types de trajectoires	220
Langages de programmation	221
Repérage des axes	222

Position des origines en tournage et en fraisage	224
Principe de la mesure des longueurs d'outils	226
La programmation des Machines et des centres d'usinage à CN	227
Exemples de blocs sur centre de tournage et centre d'usinage	228
15. USINAGE SUR CENTRE DE FRAISAGE	234
Les outils de fraisage de précision	234
Conception de l'outil de coupe corps/plaquette + lubrification	235
Positionnement isostatique et réglage de la plaquette – exemple	236
Caractéristiques d'une plaquette de fraisage	236
Fraisage des rainures intérieures par interpolation circulaire	237
Formules pour l'interpolation	238
Différents types de fraises standards	239
Fraisage de rainures droites	240
Outils de Tréflage, rainurage, pointage, chanfreinage et copiage	241
Conditions de coupe pour le rainurage et le contourage	242
Conditions de coupe pour le copiage – nuance TH35-	243
Conditions de coupe pour le rainurage – nuance TH35 –	245
Formules pour le copiage et le rainurage	247
Fraisage des gorges	248
16. POLYGONAGE	250
Principe du tournage polygonal ou polygonage	250
Choix de la fraise à polygoner	250
Méthode d'usinage	252
17. USINAGE SUR CENTRE DE TOURNAGE	252
Les outils de tournage de précision	252
Action des outils montés sur centre d'usinage. (mise en évidence des porte-outils, de plaquettes et des mouvements)	253
Porte-outils pour outils super-mini, exemple de montage et de fixation des outils	254
Usinages avec des outils mini	257
Filetages extérieurs et intérieurs	258
Géométrie des plaquettes et différents brise copeaux	261
Chariotage (ébauche et finition)	263
Outils pour usinage de gorges extérieures et intérieures (ø et longueur de l'alésage)	265
Plages de nuances	269
Conditions de coupe pour l'usinage des gorges	271
Tronçonnage	272
Brochage	273
18. USINAGES CLASSIQUES	
Perçage	275
Caractéristiques des outils de perçage, d'alésage et de taraudage	276
Abaque des vitesses de coupe en perçage	279
Tournage :	
Tournage conique	280
Fraisage :	
Différents types de division (Division directe, Division simple, Division composée)	281
Division différentielle	283
Fraisage hélicoïdal	284
Taillage de cames	286
Meulage :	288
Spécifications et désignation des meules	288
Vitesses d'utilisation des meules – abaque	289
Rectification cylindrique, conique, sans centre et plane	291
Formes commerciales des meules (meules vitrifiées, diamant...)	294
Les meules diamant	297
19. CONTRÔLES ET MESURES – APPLICATIONS NUMÉRIQUES	299
Mesures des surfaces obliques en fonction des angles	299
Mesures des profils symétriques	299
Mesures des profils dissymétriques	301
Recherche de la valeur d'un angle avec tampons cylindriques et cale	302
Recherche de la valeur de l'angle (cônes intérieur et extérieur)	303
Mesure de la valeur de cotes difficiles d'accès	304
Contrôle de la valeur d'un angle avec les blocs micyls	305
Contrôle et réglage d'un angle avec la barre sinus	306
Contrôle d'un V _e de centrage	307
Méthode de recherche des grands rayons (extérieur et intérieur)	307
Contrôle des filetages ISO (formules pour ISO, Whitworth, trapézoïdal)	309
Contrôle et mesure des engrenages cylindriques à développante de cercle	310
Denture droite sans déport	310
Denture droite avec déport	315
Denture hélicoïdale avec ou sans déport	317

EXEMPLES DE RÉALISATIONS INDUSTRIELLES

PIÈCES DE HAUTE PRÉCISION CONÇUES ET RÉALISÉES PAR LES TECHNICIENS EN MICROTECHNIQUE



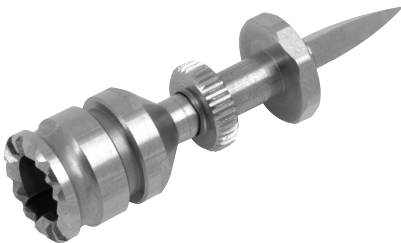
Pièce pour l'aéronautique

Matière : Inconel



Pièce pour l'industrie alimentaire

Matière :
Acier inoxydable 316L



Pièce pour la connectique

Matière : Acier inoxydable



Pièce pour la chirurgie médicale

Matière : Titane

Photos Horn

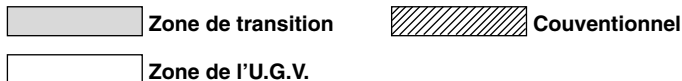
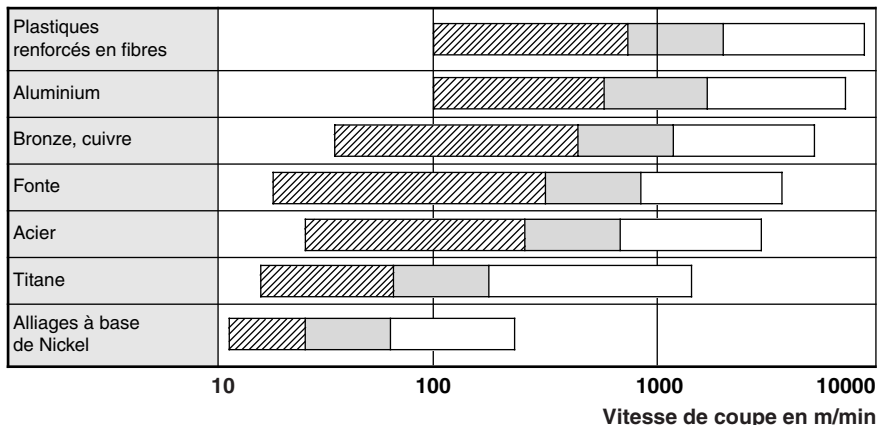
USINAGE À GRANDE VITESSE – UGV –

Afin d'obtenir une productivité performante de pièces et une optimisation de la coupe des matériaux divers par génération de surface, l'entreprise peut faire appel à l'**usinage à grande vitesse de coupe et forte avance**. Les caractéristiques des machines-outils et les éléments associés à cette technologie de pointe doivent être pris en compte dès la conception du produit.

DÉFINITION DE L'USINAGE À GRANDE VITESSE DE COUPE – UGV –

L'usinage à grande vitesse de coupe est un procédé d'enlèvement de matière dont les conditions de coupe sont 5 à 10 fois supérieures à celles utilisées en usinage conventionnel pour un matériau donné. Ces grandes vitesses provoquent un phénomène de la coupe spécifique.

LES VITESSES DE COUPE : Les vitesses de coupe et d'avance dépendent du type d'outil, de sa composition, de son diamètre, du métal à usiner, des conditions de coupe et des efforts engendrés sur la pièce et l'outil que l'on cherche à minimiser.



DOMAINES D'APPLICATION

L'UGV permet pour :

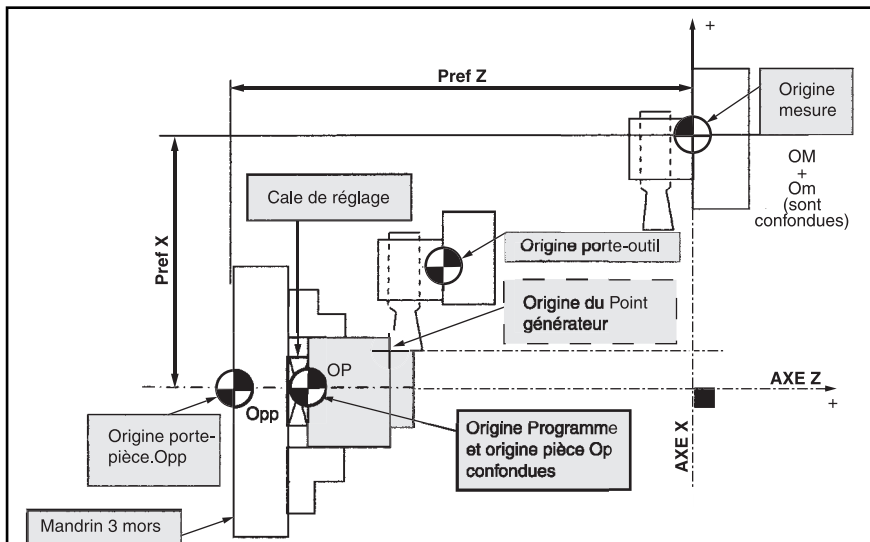
L'aéronautique : l'usinage des voiles minces en aluminium du fait de la réduction des efforts de coupe.

Les outilleurs : d'usiner des matrices de forges en acier traité.

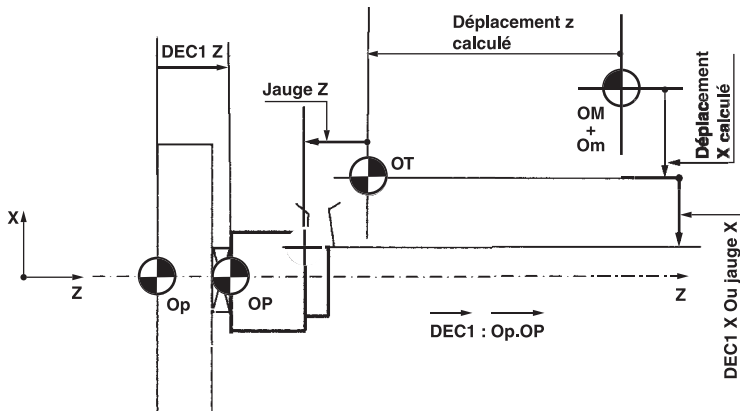
Les moulistes : de remplacer l'électroérosion dans l'usinage des moules.

LES MACHINES-OUTILS À COMMANDE NUMÉRIQUE

POSITION DES ORIGINES EN TOURNAGE



ÉTAT DU DÉCALAGE SUR LES AXES Z ET X



Le décalage origine programme DEC1 représente la distance entre l'origine pièce et l'origine programme.

On introduit pour chaque axe les valeurs en X et Z que l'on désire affecter à chaque coordonnée.

FRAISAGE

CONCEPTION DE L'OUTIL DE COUPE – CORPS + PLAQUETTE



- Outils et plaquettes couvrant 7 plages de \varnothing différents – 9,6 mm 11,7 mm, 15,7 mm, 21,7 mm, 24,8 mm, 27,7 mm et 34,7 mm
- Corps carbure éliminant les risques de vibrations
- De type cylindrique et pince ER pour tous types de machines CNC
- Arrosage central en standard
- Plaquettes disponibles pour gorges cir-clips, rayons complets, filetage, rainurages

DESCRIPTION FONCTIONNELLE

Plaquette en carbure micro grain dans différentes nuances

Logement spécifique de positionnement

Embout brasé permettant une réparation en cas de collision

Géométries de coupe positives

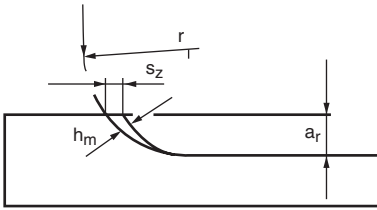
3 trous d'arrosage passant par le centre

Porte-outils avec un rapport long.utile/ \varnothing à usiner de 1 à 7 permettant l'usinage d'alésages profonds



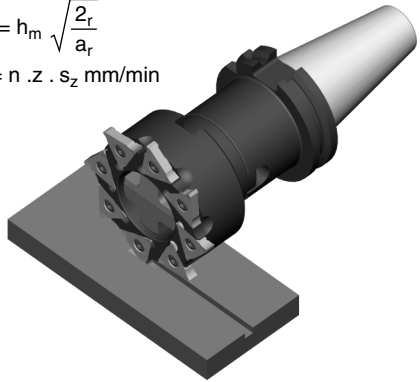
FRAISAGE

FRAISAGE DE RAINURES DROITES

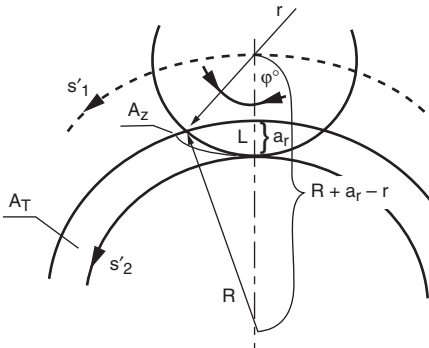


$$s_z = h_m \sqrt{\frac{2r}{a_r}}$$

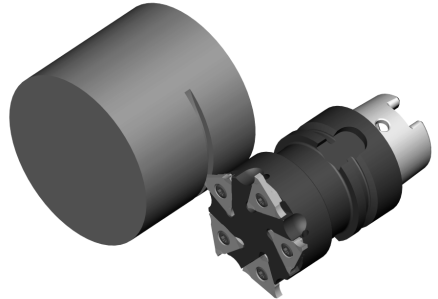
$$s = n \cdot z \cdot s_z \text{ mm/min}$$



Fraisage de gorges extérieures



$$\cos \varphi^\circ = \frac{r^2 + [R + r - a_r]^2 - R^2}{2r [R + r - a_r]} \rightarrow \varphi^\circ.$$

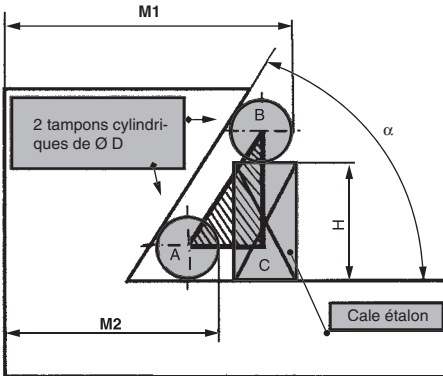


Fraisage de gorges extérieures

$L = \frac{\pi \cdot 2r \cdot \varphi^\circ}{360^\circ} \text{ mm}$	Longueur de coupe	$t = \frac{A_T}{n \cdot z \cdot A_z} \text{ min}$	Temps d'usinage (pour A_T)
$A_z = L \cdot h_m \text{ mm}^2$	Aire du copeau	$S'_1 = \frac{\pi \cdot 2(R + r - a_r)}{t} \text{ mm/min}$	Avance au centre outil
$A_T = \pi [R^2 - (R - a_r)^2] \text{ mm}^2$	Surface usinée	$S'_2 = S'_1 \cdot \frac{R - a_r}{R + r - a_r} \text{ mm/min}$	Avance périphérique

CONTRÔLES ET MESURES

RECHERCHE DE LA VALEUR D'UN ANGLE AVEC TAMPONS CYLINDRIQUES ET CALE. Glissière fixe de machine-outil.



Données :

Tampers cylindriques de $\varnothing 10$ + cale
Cotes mesurées :
 $M1 = 51,54 \text{ mm}$ $M2 = 40 \text{ mm}$
 $H = 20$

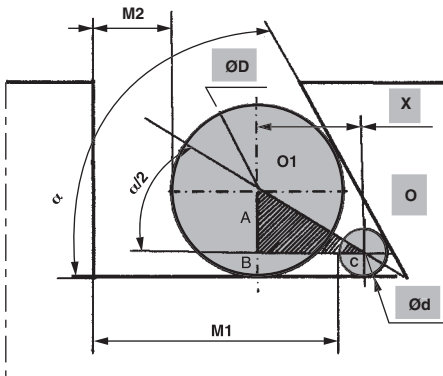
Détermination de la valeur de l'angle α :

Triangle ABC :
 $AC = (M1 - R) - (M2 - R) = M1 - M2$
 $\cot \alpha = (M1 - M2)/H = (51,54 - 40)/20$
 $\cot \alpha = 0,5773$ d'où $\alpha = 60^\circ$

Valeur de l'angle $\alpha = 60^\circ$

RECHERCHE DE LA VALEUR D'UN ANGLE AVEC DEUX TAMPONS CYLINDRIQUES DE DIAMÈTRES DIFFÉRENTS. Glissière de chariot de machine-outil

Glissière de chariot de machine-outil



Données :

Diamètre $\varnothing D$ ($2R$) = 40 mm
Diamètre $\varnothing d$ ($2r$) = 12 mm
Cotes mesurées :
 $M1 = 56,25 \text{ mm}$ $M2 = 18 \text{ mm}$

Détermination de la valeur de l'angle $\alpha/2$:

Triangle ABC :
 $BC = (M1 + r) - (M2 + R) = x$
 $AB = R - r$
 $\tan \alpha/2 = (R - r)/(M1 + r) - (M2 + R)$
ou
 $\cot \alpha/2 = [(M1 + r) - (M2 + R)]/(R - r)$

Soit $\cot \alpha/2 = [(56,25 + 6) - (18 + 20)] / (20 - 6) = 1,732$ d'où $\alpha = 60^\circ$