

SYMBOLES ET FORMULES DE TOURNAGE

Symboles et unités

D_m = Diamètre après usinage	mm
v_c = Vitesse de coupe	m/min
n = Vitesse de broche	tr/min
T_c = Temps réel de coupe	min
Q = Débit copeaux	cm ³ /min
l_m = Longueur usinée	mm
P_c = Puissance nette absorbée	kW
$k_{c0,4}$ = Force de coupe spécifique pour une épaisseur de copeau de 0,4 mm	N/mm ²
f_n = Avance par tour	mm/tr
κ_r = Angle d'attaque	degré
R_{max} = Profondeur de profil d'état de surface	μm
r_ϵ = Rayon de bec de la plaquette	mm
a_p = Profondeur de coupe	mm

Formules

Vitesse de coupe
(m/min)

$$v_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{10^3}$$

Vitesse de broche
(tr/min)

$$n = \frac{v_c \times 10^3}{\pi \times D_m}$$

Débit copeaux
(cm³/min)

$$Q = v_c \times a_p \times f_n$$

Puissance absorbée
(kW)

$$P_c = \frac{v_c \times a_p \times f_n \times k_{c0,4}}{60 \times 10^3} \left[\frac{0,4}{f_n \times \sin \kappa_r} \right]^{0,29}$$

Temps réel de coupe
(min)

$$T_c = \frac{l_m}{f_n \times n}$$

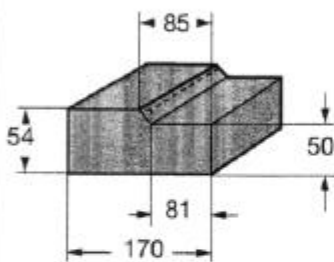
Profondeur de profil d'état de surface
(μm)

$$R_{max} = \frac{f_n^2}{r_\epsilon} \times 125$$



1

Choix des conditions de coupe pour le surfacage et le surfacage-dressage Calcul complet



Dans cette version, on tient compte de facteurs tels que:

- l'épaisseur de copeau
- le rapport entre la pièce et l'outil
- le diamètre de la fraise
- la dureté de la pièce usinée

Fraise: R245-125Q40-12M
 Plaquette: R245-12 T3 M-PM
 Matière usinée: 1672-08 HB =180
 a_{ex} : 85 mm
 a_{pc} : 4 mm

$z_n = 8$
 Nuance GC4030
 CMC 01.2

Calcul de la vitesse de broche (n)

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_{ap}}$$

Donc: $n = \frac{285 \times 1000}{\pi \times 133} = 682 \text{ tr/min.}$

v_c = vitesse de coupe, m/min

$$v_c = v_{c0} \times e^{\left(\frac{C_{vc} \times h_{ex} \times a_p}{\sqrt{D_{ap}}} \right)}$$

$$v_c = 407 \times e^{\left(\frac{-0,2158 \times 0,17 \times 85}{\sqrt{133}} \right)} = 310 \text{ m/min}$$

- v_{c0} = Constante de vitesse de coupe, voir pages 416 et 417.
- C_{vc} = Facteur de correction de vitesse de coupe, voir pages 416 et 417.
- h_{ex} = Epaisseur max. de copeau pour l'opération à réaliser, voir page 408.
- e = Exposant ($e = 2,72$)
- D_{ap} = Diamètre de coupe effectif pour l'opération souhaitée
 $D_{ap} = D_c$ si $\kappa_r = 90^\circ$, sinon;

$$D_{ap} = D_c + 2 \times \frac{a_p}{\tan \kappa_r}$$

$$D_{ap} = 125 + 2 \times \frac{4}{1} = 133 \text{ mm}$$

- D_c = Diamètre de fraise, voir page 26.
- κ_r = Angle d'attaque, voir page 26.
- a_p = Profondeur de coupe

Cette vitesse de coupe correspond à une dureté HB150. Dans notre exemple, la dureté de la pièce est de HB180 et le tableau de la page 414 indique qu'il faut appliquer un facteur de correction de 0,92. La vitesse de coupe corrigée est de $0,92 \times 310 \text{ m/min} \approx 285 \text{ m/min}$.

Calcul de l'avance de table (v_f)

$$v_f = z_n \times n \times f_z$$

Donc: $v_f = 8 \times 682 \times 0,24 \approx 1300 \text{ mm/min}$

- z_n = Nombre de dents, voir page 26.
 Pour R245-125Q40-12M $z_n = 8$
- f_z = Avance par dent

$$f_z = \frac{h_{ex}}{\sin \kappa_r}$$

$$f_z = \frac{0,17}{0,71} = 0,24 \text{ mm/dent}$$

Pages 416 à 417

HB nom.
 v_{c0}
 C_{vc}

TECHNICAL INFORMATION	
Constant v_{c0} and correction factor b' for c	
HB	Material
100	Aluminum
110	Steel
120	Cast iron
130	Stainless steel
140	Titanium
150	Other metals

Page 408

h_{ex}

MILLING CUTTERS				Feed
$\kappa_r = 45^\circ$	MILLING CUTTERS	Insert geometry		Chip width
		PC	LC	
	CoroMill 245	PC	LC	0,14
	CoroMill 245	PC	LC	0,11
	CoroMill 245	PC	LC	0,08

Page 26

κ_r
 D_c

FACEMILLING		CoroMill 245
$\kappa_r = 40^\circ$	R245	Facemill
	$\varnothing 50-125 \text{ mm}$	

Page 414

facteur de corr. de HB

Feed per tooth, f_z	
Compensation factors	DIFFERENCE IN HARDNESS
The cutting speeds in the table are valid for a nominal material hardness. If the workpiece being machined differs in hardness from those values, the compensation factor must be used.	Factor of increase or decrease
	CMC No.
	Hardness
	Factor
	11

Page 26

z_n

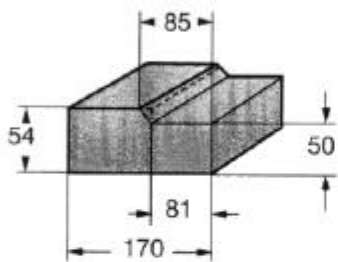
FACEMILLING		CoroMill 245
$\kappa_r = 40^\circ$	R245	Facemill
	$\varnothing 50-125 \text{ mm}$	

Cutting data			
Material	Feed	Speed	Chip width
Aluminum	0,14	1000	0,14
Steel	0,11	800	0,11
Cast iron	0,08	600	0,08



1 Choix des conditions de coupe pour le surfacage (aussi avec plaquettes rondes) et le surfacage-dressage

Calcul simplifié



Dans cette version, on tient compte de facteurs tels que:
 - l'épaisseur de copeau
 - la dureté de la pièce usinée

Fraise: R245-125Q40-12M
 Plaquette: R245-12 T3 M-PM
 Matière usinée: 1672-08 HB = 180
 a_e : 85 mm
 a_p : 4 mm
 $z_n = 8$
 Nuance GC4030
 CMC 01.2

Calcul de la vitesse de broche (n)

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c}$$

Donc: $n = \frac{266 \times 1000}{\pi \times 125} = 679 \text{ tr/min. } h_{ex}$

v_c Pour obtenir v_c , il faut connaître l'épaisseur max. de copeau pour l'opération (h_{ex}) et le code CMC (Classification des Matières Coromant) de la matière à usiner.

La valeur h_{ex} est donnée dans le tableau de la page 408 (valeur de départ $h_{ex} = 0,17 \text{ mm/dent}$ pour la plaquette choisie).

Le code CMC est donné dans les tables de correspondance des matières, pages 494 à 496 (CMC = 01.2 pour 1672-08, HB nom. = 180).

La vitesse de coupe v_c correspondant à ce code est d'environ 290 m/min (de 335 à 275 m/min selon que $h_{ex} = 0,10 \text{ ou } 0,20 \text{ mm}$), voir page 413.

Cette vitesse de coupe correspond à une dureté HB150. Dans notre exemple, la dureté de la pièce est de HB180 et le tableau de la page 414 indique qu'il faut appliquer un facteur de correction de 0,92.

La vitesse de coupe corrigée est de $0,92 \times 290 \text{ m/min} = 266 \text{ m/min}$.

$D_c = 125 \text{ mm}$, valeur indiquée à la page 26 du catalogue.

Page 408

MILLING CUTTERS		Feed per tooth, f_z , mm	
$K_c = 45^\circ$	Insert geometry	Start value	100% FEED
MILLING CUTTERS	R1	0,11	0,07 - 0,10 - 0,08
Coromant 245	R2	0,08	0,05 - 0,10 - 0,08
Code CMC 7	R3	0,04	0,1 - 0,08
Cratering information, see page 417	R4	0,03	0,10 - 0,05
Model Mill 145			

Pages 494 à 496

GENERAL INFORMATION		Material code
ISO	Designation	Material
P	Structural and constructional steel	

Pages 412 à 415

Nominal cutting speeds for facemilling, square shoulder and endmilling			Depth of cut, mm	Feed rate, mm/min	v_c nom
P	Material	v_c (m/min)	100	100	150
P	Structural and constructional steel	290	100	100	150

Page 414

Feed per tooth, f_z		TECHNICAL INFO
Compensation factors		
DIFFERENCE IN HARDNESS		
CMC No.	Technical hardness	
	150	180
	180	210
	210	240
	240	270

Calcul de l'avance de table (v_f)

$$v_f = z_n \times n \times f_z$$

Donc: $v_f = 8 \times 679 \times 0,24 = 1300 \text{ mm/min}$

z_n = Nombre de dents, voir page 26.

Pour R245-125Q40-12M $z_n = 8$

f_z = Avance par dent

$$f_z = \frac{h_{ex}}{\sin K_r}$$

$$f_z = \frac{0,17}{0,71} \approx 0,24 \text{ mm/dent}$$

Page 26

FACEMILLING		Coromill 245
R245	Facemill	
D 50-125 mm		
Material	Structural and constructional steel	
Material	Aluminum	
Material	Cast iron	
Material	Aluminum cast alloy	
Material	Steel	
Material	Cast steel	
Material	Cast iron	
Material	Cast steel	



Vitesse de broche
(tr/min)

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_{ap}}$$

Vitesse de coupe
(m/min)

$$v_c = v_{c0} \times e^{\left(\frac{c_{v0} \times h_{ex} \times a_p}{\sqrt{D_{ap}}} \right)}$$

Avance de table
(mm/min)

$$v_f = f_z \times n \times Z_n$$

Formules pour fraises spécifiques

Fraises à surfacer, fraises – disque et fraises à rainurer

Outils caractérisés par des arêtes de coupe droites.

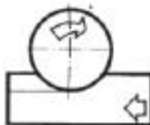
Diamètre de coupe max. pour une
profondeur spécifique
(mm)

$$D_{ap} = D_c + \frac{2 \times a_p}{\tan \kappa_r}$$



Avance par dent
(mm/dent)

$$f_z = \frac{h_{ex}}{\sin \kappa_r}$$



$$f_z = \frac{D_{ap} \times h_{ex}}{\sin \kappa_r \times \sqrt{D_{ap}^2 - (D_{ap} - 2 \times a_p)^2}}$$

Fraises à plaquettes rondes

Diamètre de coupe max. pour une
profondeur spécifique
(mm)

$$D_{ap} = D_c + \sqrt{IC^2 - (IC - 2a_p)^2}$$



Avance par dent
(mm/dent)

$$f_z = \frac{IC \times h_{ex}}{D_{ap} - D_c}$$



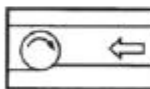
$$f_z = \frac{D_{ap} \times IC \times h_{ex}}{(D_{ap} - D_c) \times \sqrt{D_{ap}^2 - (D_{ap} - 2 \times a_p)^2}}$$

Fraises à bout sphérique



Diamètre de coupe effectif à la profondeur
de passe
(mm)

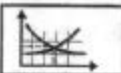
$$D_{ap} = \sqrt{D_3^2 - (D_3 - 2 \times a_p)^2}$$



Avance par dent
(mm/dent)

$$f_z = \frac{D_3 \times h_{ex}}{D_{ap}}$$

$$f_z = \frac{D_3 \times h_{ex}}{\sqrt{D_{ap}^2 - (D_{ap} - 2 \times a_p)^2}}$$



CHOIX D'UNE FRAISE, DE PLAQUETTES ET DE CONDITIONS DE COUPE Surfaçage (aussi avec plaquettes rondes) et surfaçage-dressage

Exemple:

Choix d'un outil, de plaquettes et de paramètres d'usinage (vitesse de broche et avance de table), pour fraisage ébauche selon le schéma ci-dessous. Matière à usiner: 1672-08, avec HB 180 (CMC 01.2).

Conditions de travail

L'axe de la fraise est au-dessus de la pièce.

Choix d'une fraise

- Selon le tableau comparatif des pages 8 et 9, l'outil le plus indiqué pour l'opération est une fraise CoroMill 245.
- Pour le fraisage de l'acier, les informations techniques de la page 381 recommandent le choix d'une fraise à pas réduit (-12M).
- Le diamètre de fraise recommandé doit être supérieur de 20 à 50% à la largeur de coupe, voir page 381.
- **Référence de commande: R245-125Q40-12M**
Peut être trouvée à la page 26.

Pages 8 - 9

SELECTING TOOLS Milling

Face- and square shoulder milling

Insert geometries **TECHNICAL**

Selection of cutter body

Pitch
The pitch of a milling cutter is the distance between a point on one edge to the next point on the next edge. Milling cutters are classified into coarse, close or extra-close pitch cutters.

FACEMILLING CoroMill 245

R245
Face Mill
Ø 90-125 mm

Ordering code

Ordering code	Ordering code	Ordering code	Ordering code	Ordering code	Ordering code
12 R245-125Q40-12M	R245-125Q40-12M	R245-125Q40-12M	R245-125Q40-12M	R245-125Q40-12M	R245-125Q40-12M

Page 381

Page 26

Choix des plaquettes

- Il s'agit d'une opération de fraisage moyen (**M**) dans l'acier (ISO P). Le choix de base recommandé pour l'opération est une géométrie **M** (page 382) pour usinage dans la plage ISO P, donc une géométrie de plaquette **PM**.
- D'autres choix sont cependant possibles, voir page 382.
- A la page 27, on trouve une recommandation de nuance dans la plage ISO P, soit GC4030 (description des nuances: voir page 504), ainsi que la **référence de commande: R245-12 T3 M-PM 4030**

Page 382

Page 27

TECHNICAL INFORMATION

THREE BASIC INSERT GEOMETRIES

Through development the geometry of the cutting edge for milling has considerably sprung a more efficient, quieter, cooler and more reliable...

Light cut
Sharp cut
Drop cut
Low feed
Low speed
Lower cut

Inserts for CoroMill R245

PL
-SL
-KM
-PM
-PM

INSERT CODE

Insert Code	ISO P	ISO M	ISO K
R245-12 T3 E-PL R245-12 T3 E-SL	+		
R245-12 T3 M-PM R245-12 T3 M-KM		+	
R245-12 T3 M-PM			+

OTHER

Page 27



Terminologie et unités — fraisage

D_c = Diamètre de coupe	mm	k_{c1} = Force de coupe spécifique (pour $h_{ex} = 1$ mm)	N/mm ²
l = Longueur usinée	mm	n = Vitesse de broche	tr/min
D_e = Diamètre de coupe effectif	mm	P_c = Puissance de coupe nette	kW
D_{ap} = Diamètre de coupe effectif à la profondeur de passe	mm	η_{mt} = Rendement	
a_p = Profondeur de coupe	mm	κ_r = Angle d'attaque	degrés
a_e = Engagement de coupe	mm	v_{c0} = Constante de vitesse de coupe	
v_c = Vitesse de coupe	m/min	c_{vc} = Facteur de correction de vitesse de coupe	
Q = Débit copeaux	cm ³ /min	m_c = Augmentation de la force de coupe spécifique (k_c) en fonction de l'épaisseur de copeau	
T_c = Temps réel de coupe	min		
z_n = Nombre de dents total de l'outil			
f_z = Avance par dent	mm		
f_n = Avance par tour	mm		
v_f = Avance de table (vitesse d'avance)	mm/min		
h_{ex} = Épaisseur max. de copeau	mm		
h_m = Épaisseur moyenne de copeau	mm		
z_c = Nombre de dents effectif			

Formules générales

Vitesse de coupe (m/min) $v_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000}$

Vitesse de broche (tr/min.) $n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c}$

Vitesse de table (vitesse d'avance) (mm/min) $v_f = f_z \times n \times z_n$

Avance par dent (mm) $f_z = \frac{v_f}{n \times z_n}$

Avance par tour (mm/tr) $f_n = \frac{v_f}{n}$

Débit d'enlèvement (cm³) $Q = \frac{a_p \times a_e \times v_f}{1000}$

Force de coupe spécifique (N/mm²) $k_c = k_{c1} \times h_m^{-m_c}$

Épaisseur moyenne de copeau (mm) (fraise disque) si $a_p/D_c \leq 0,1$ $h_m = f_z \sqrt{\frac{a_e}{D_c}}$

Épaisseur moyenne de copeau (mm) si $a_p/D_c \geq 0,1$ $h_m = \frac{\sin \kappa_r \times 180 \times a_e \times f_z}{\pi \times D_c \times \arcsin\left(\frac{a_e}{D_c}\right)}$

Temps de coupe (min) $T_c = \frac{l}{v_f}$

Puissance nette (kW) $P_c = \frac{a_p \times a_e \times v_f \times k_c}{60 \times 10^6}$



Choix de l'outil et des conditions de coupe en fraisage

Pour faciliter le choix de l'outil coupant, et notamment des plaquettes et des nuances, ainsi que des conditions de coupe, les pages qui suivent présentent des exemples de manière claire, étape par étape.

Nous distinguons trois niveaux de procédure, dont deux sont expliqués plus en détail.

Niveau 1

Utilisation des conditions de coupe (vitesse et avance) indiquées dans le tableau du catalogue ou sur l'étiquette de la boîte de plaquettes.

Niveau 2

C'est ce que qui est appelé "calcul simplifié" dans le catalogue. La vitesse de coupe v_c , et l'avance par dent f_z sont calculées en tenant compte de:

- l'épaisseur max. de copeau, pour les plaquettes et l'outil utilisés
- la dureté de la pièce usinée

Niveau 3

Cette manière plus précise de calculer les conditions de coupe, est appelée la "calcul complet". Elle tient compte de critères qui peuvent influencer la vitesse de coupe v_c et

l'avance par dent f_z , telles que:

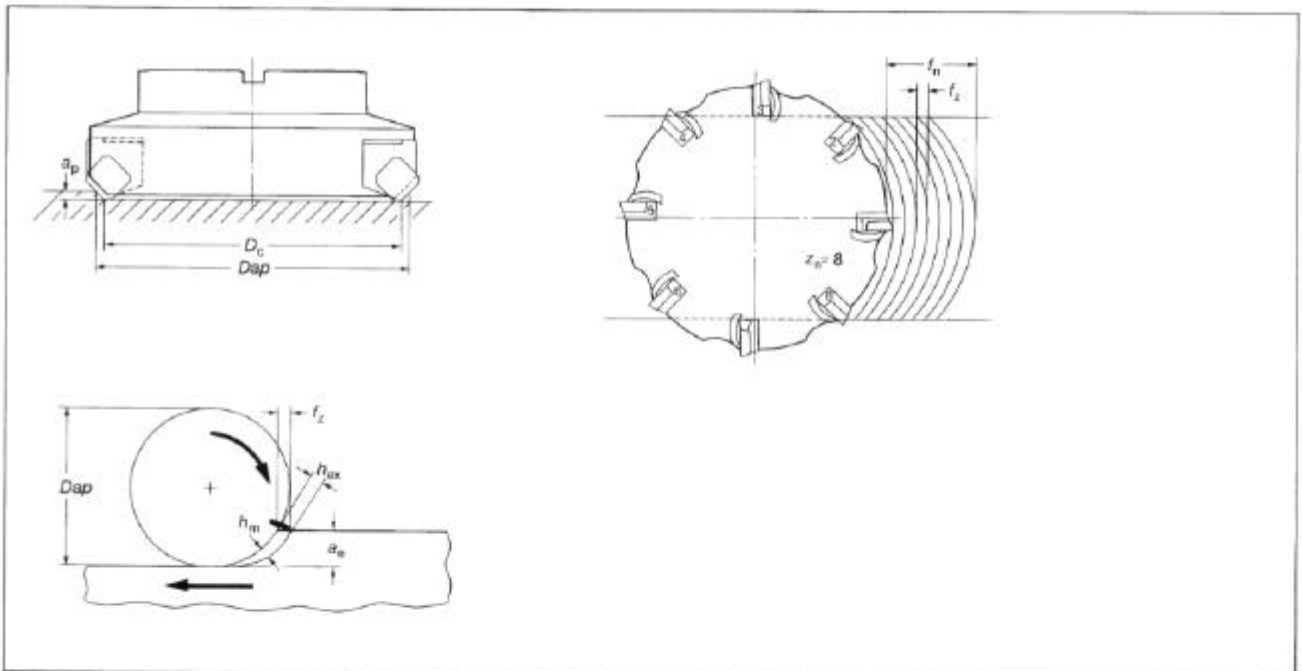
- l'épaisseur max. de copeau, h_{ex} , pour les plaquettes et l'outil utilisés
- le rapport entre la pièce et l'outil, et plus particulièrement la position et le diamètre de l'outil par rapport à la profondeur de coupe radiale
- le diamètre de coupe de la fraise, D_{ap}
- la dureté de la pièce

Le "calcul complet" donne des valeurs plus élevées que le "calcul simplifié", mais elle permet d'obtenir des conditions de coupe plus précises, ce qui se traduit à long terme par une productivité plus élevée.

Cas particuliers

Chaque opération est un cas particulier, et les conditions de coupe sont souvent influencées par d'autres circonstances telles que la puissance disponible, le bridage, la présence d'inclusions dures dans la matière, etc. C'est pourquoi il est parfois nécessaire de corriger les conditions de coupe pour optimiser l'opération.

Voyez nos conseils pratiques, page 429.



Nouveaux symboles utilisés dans les formules de fraisage

v_{c0} = constante de vitesse de coupe. Cette constante est liée à la matière à usiner. Les matières à usiner sont réparties en classes, auxquelles correspondent des duretés nominales. Si la dureté de la pièce diffère de la dureté nominale de sa classe, il faut utiliser un facteur de correction pour en tenir compte.

c_{vc} = facteur de correction de vitesse de coupe. Ce facteur de correction permet de corriger la vitesse de coupe par rapport à l'avance.

h_{ex} = épaisseur maximum de copeau pour l'opération à réaliser. Chaque arête de coupe est spécialement conçue pour une plage d'utilisation donnée.