



www.caravetout.com



Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

Introduction:

- La formation du copeau
- Panorama des méthodes

Leonello Zaquini

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

1 - 1



www.caravetout.com



Les objectives de la journée

1 - vous présenter un panorama des méthodes existantes

2 - vous mettre en condition de les utiliser dans votre pratique de travail

Déroulement de la journée

- | | |
|---------------------------------------|------------|
| 1 – introduction: formation du copeau | (lz) |
| 2 – COM coupe outil matière | (pr) |
| 3 – Matière coupée | (pr) |
| 4 - Matière de coupe | (pr) |
| 5 – Plans d'expériences | (lz) |
| 6 – Optimisation économique | (lz et pr) |
| 7 – Cas concrets | (lz et pr) |

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

1 - 2



www.caravelcut.com

haut de gamme **arc** solutions

DIXI
polytool

Problèmes que l'on rencontre lors de l'optimisation des paramètres de coupe et de la recherche de la géométrie optimale des outils de coupe

Dans l'étude des matériaux nous disposons de très peu de moyens standardisés pour ce qui concerne l'usinage et le choix des paramètres optimaux de coupe.

- Les résultats des essais ont une dispersion très élevée (parfois 30% ou plus).
- L'incertitude de l'interprétation des résultats est grande.
- Les temps et les coûts des essais sont élevés.

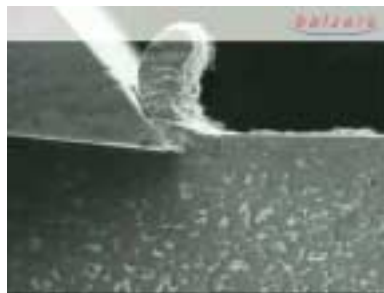


www.caravelcut.com

haut de gamme **arc** solutions

DIXI
polytool

La formation du copeau

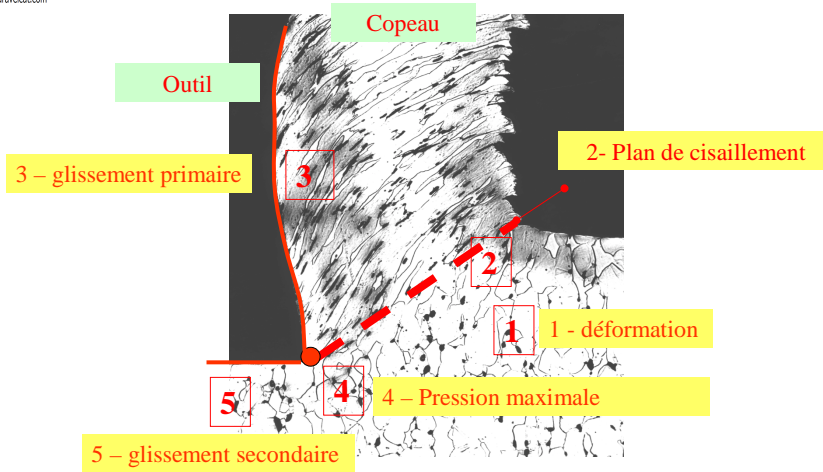




www.caravelcut.com

ARC

DIXI polytool



Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

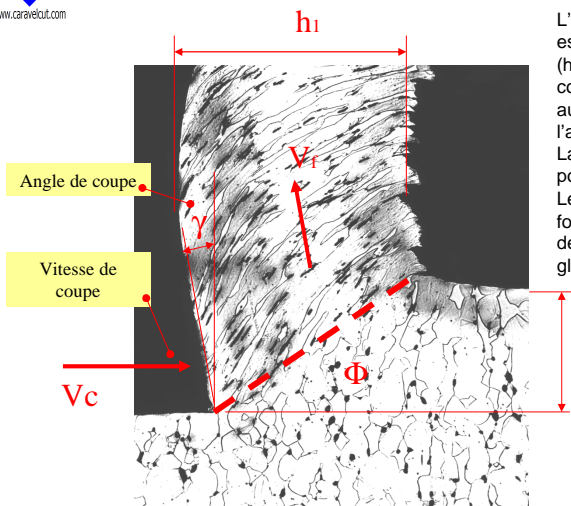
1 - 5



www.caravelcut.com

ARC

DIXI polytool



L'épaisseur du copeau indéformé (h₀) est plus petite que l'épaisseur du copeau (h₁). Le rapport « r » est dit -rapport de coupe- (et le rapport 1/r=h₁/h₀ est dit aussi « recalage » dans l'argot de l'atelier).

La mesure de r, permet de connaître la position du plan de cisailement.

Le plan de cisailement influence les forces de coupe (pour Φ petit les forces de coupe sont grandes) et la vitesse de glissement sur la face de coupe (V_f).

$$v_c h_0 = v_f h_1$$

$$r = \frac{h_0}{h_1}$$

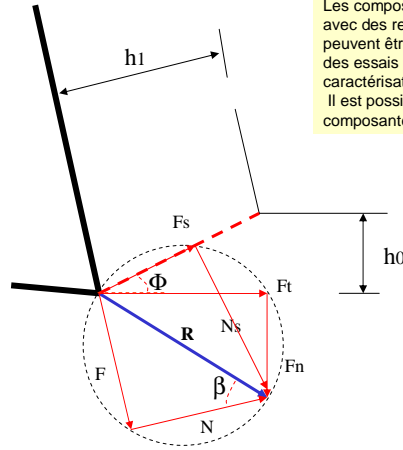
$$\tan \Phi = \frac{\cos \gamma}{\left(\frac{1}{r} - \sin \gamma\right)}$$

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

1 - 6



www.caravecut.com



Les composantes de la force de coupe R peuvent être reliées avec des relations trigonométriques assez simples. Ces relations peuvent être utiles pour élaborer des données acquises pendant des essais et donner des informations utiles pour la caractérisation des outils ou l'analyse du processus de coupe. Il est possible d'établir les relations suivantes entre les composantes de la force de coupe

$$F_t = R \cos(\beta - \gamma);$$

$$F_n = R \sin(\beta - \gamma);$$

$$F = R \sin \beta;$$

$$N = R \cos \beta;$$

$$F_s = R \cos(\Phi + \beta - \gamma);$$

$$N_s = R \sin(\Phi + \beta - \gamma);$$

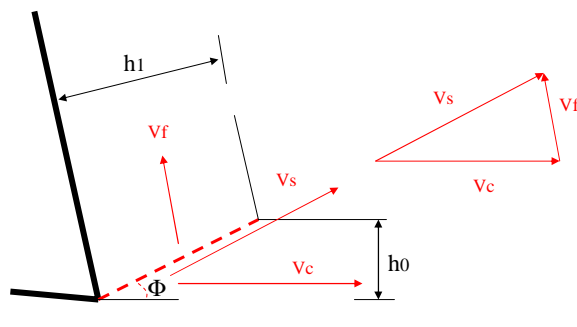
$$\Phi \cong 45^\circ + \frac{\gamma}{2} - \frac{\beta}{2};$$

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

1 - 7



www.caravecut.com



$$\frac{V_s}{V_f} = \frac{\cos \gamma}{\sin \Phi}$$

$$V_c h_0 = V_f h_f$$

$$V_f = V_c \frac{h_0}{h_f} = V_c r$$

$$P = P_s + P_f = F_s V_s + F_f V_f$$

Autres définitions importantes:

- Énergie spécifique: $E_s = (\text{Puissance totale}) / (\text{débit matière})$
- Force spécifique: $K_c = (\text{force}) / (\text{section du copeau indéformé})$

Nous pouvons démontrer que: $E_s = K_c$

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

1 - 8



www.caravelcut.com



$$P_t = P_s + P_f$$

$$P_f = F_f \cdot V_f$$

$$P_s = F_s \cdot V_s$$

$$P_t = F_t \cdot V_c$$

Outil

F_f

V_f

V_s

F_s

V_c

F_t

Résultante des forces de coupe

Matière

Energie spécifique:

$$E_s = \frac{P_t}{\text{Débit}}$$

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

1 - 9



www.caravelcut.com



Définitions

Puissance

$$P_t \quad \frac{Nm}{s}$$

Débit de matière

$$Q \quad \frac{m^3}{s}$$

Energie spécifique

$$E_s = \frac{P_t}{Q} \quad \frac{Nm/s}{m^3/s} \rightarrow \frac{N}{m^2}$$



Force spécifique

$$K_c \quad \frac{N}{mm^2}$$

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

1 - 10



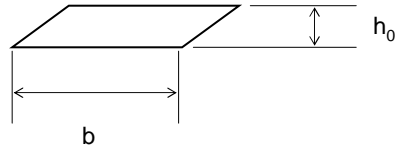
www.caravelcut.com



Définitions

Surface de la section du copeau

$$A_D = h_0 * b \quad \text{mm}^2$$



Débit maximal

$$Q_{\max} \quad \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$



www.caravelcut.com



Définition de l'usinabilité

On peut attribuer un index numérique à l'usinabilité des matériaux.

Le procédé est le suivant :

- Machine d'essais : tour. (S'assurer qu'il soit rigide et suffisamment stable pour les mesures de l'usinage).
- Prendre une barre de rapport longueur - diamètre : 10 :1, du matériel à examiner.
- Eliminer la « croûte d'écrouissage » (éventuelle) due au laminage précédant de la barre (« peler » la barre).
- Choisir un outil qui soit en condition d'usiner les deux matières : celle à mesurer et celle de référence.
- Le matériel de référence de base (degré d'usinabilité 100) est l'acier : ANSI B 1112.
- Etablir le « critère de durée de vie de l'outil » (typiquement une usure VB= 0,3 mm).

Rechercher la vitesse de coupe : Vc20 (ou Vc60) qui donne une usure critique en 20 (ou 60) minutes sur les deux matières : celle de référence et celle de mesure.

$$I = \frac{V_{20\text{matière}}}{V_{20\text{AISI-B-1112}}} \cdot 100$$

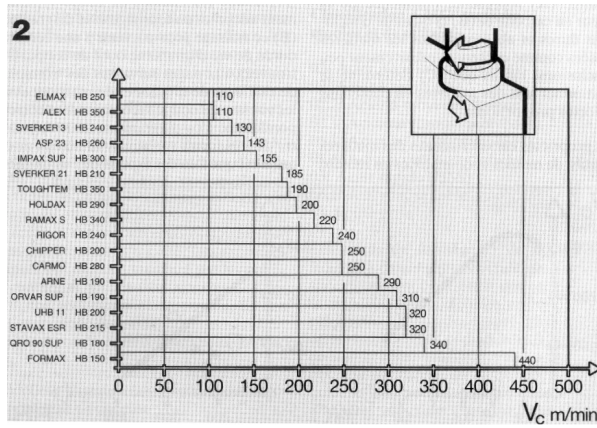
I = indice d'usinabilité



www.caravelcut.c



Usinabilité de différents matériaux



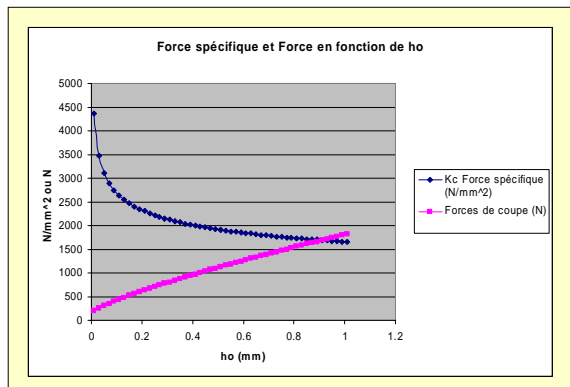
(Source: Sandvik)



www.caravelcut.c



Influence de l'épaisseur du copeau sur la force de coupe



(Acier Ck45)

L'augmentation de l'épaisseur du copeau indéformé entraîne une augmentation de la force de coupe (courbe en violet). Attention elle ne passe pas par zéro: à $h_0 = 0$, il y a du frottement.

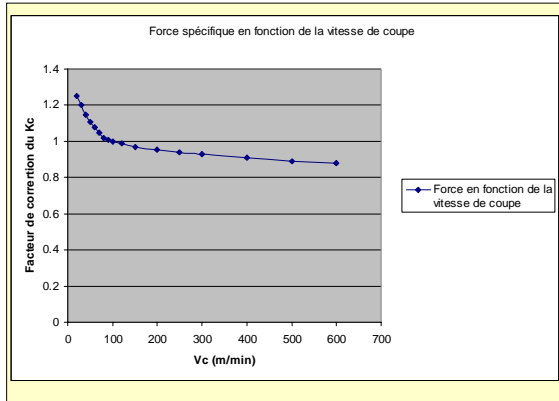
La diminution de la force spécifique (et donc de l'énergie spécifique) est explicable à cause d'une augmentation du débit matière plus forte que l'augmentation de la force.



www.caravelout.c



Influence de la vitesse de coupe sur la force de coupe



(Acier Ck45)

L'augmentation de la vitesse produit une réduction de la force spécifique d'une certaine importance à basses vitesses. Aux vitesses plus élevées les valeurs se stabilisent.

L'explication peut être due au fait qu'à basses vitesses les forces dues aux frottements sont importantes par rapport à la force totale nécessaire pour la formation du copeau.



www.caravelout.c

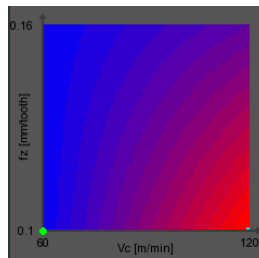
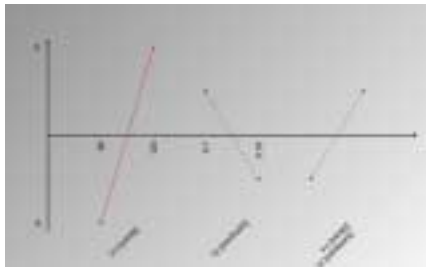


la vitesse de coupe influence la température

Paramètres				Température s
Vc	fz	ae	ap	°C
120	0.1	1	5	158
60	0.1	1	5	143
120	0.16	1	5	148
60	0.16	1	5	143
120	0.1	6	5	280.1

Mesures de température moyenne su la face de coupe de l'outil, en fraisage d'acier 1.2379.

Outils utilisé: DIXI 7242 Ø 10 mm, carbure monobloc



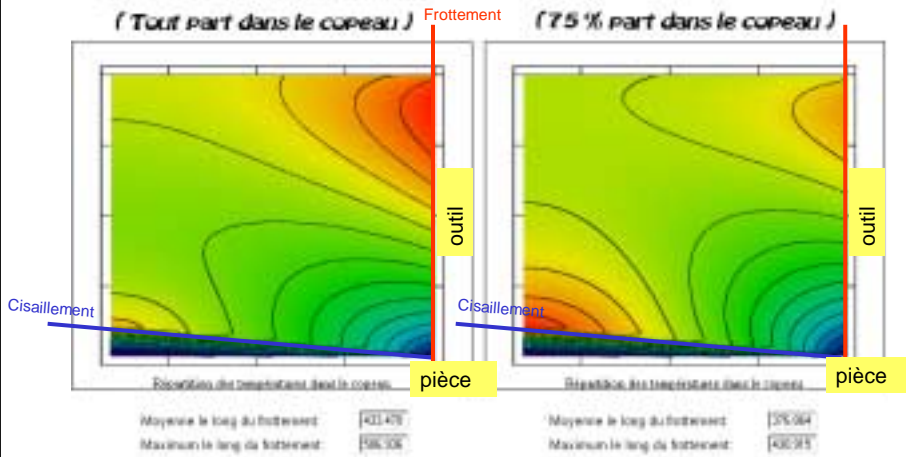


www.caravelcut.com

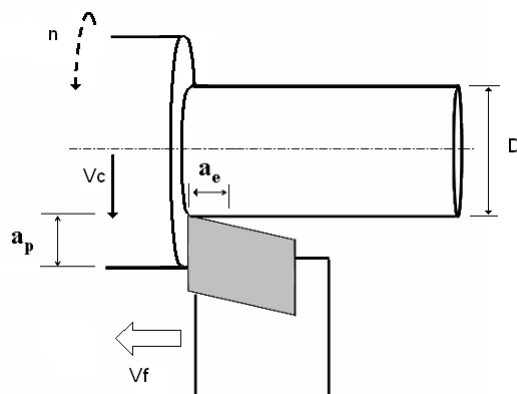
Dispersion de la chaleur à l'intérieur de l'outil

Outil avec barrière thermique
(Tout part dans le copeau)

Outil sans barrière thermique
(75 % part dans le copeau)



www.caravelcut.com



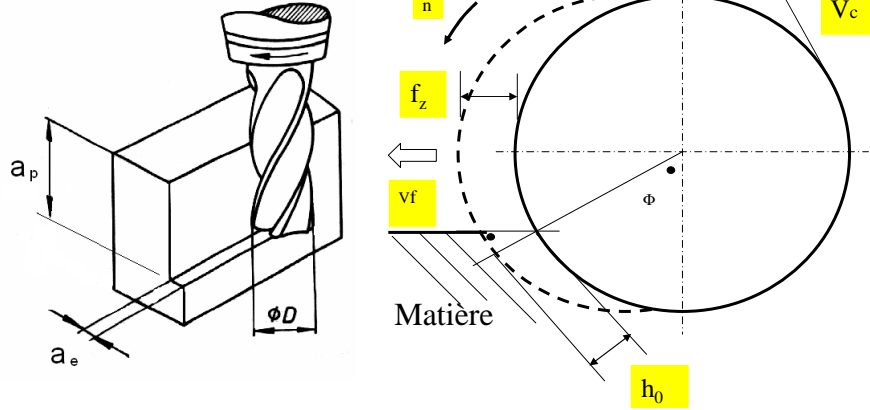
$$V_c = \frac{\pi * D * n}{1000} \left[\frac{mm}{min} \right]$$



www.caravelcut.com

made with arc

DIXI polytool



$$V_c = \frac{\pi * D * n}{1000} \left[\frac{mm}{min} \right]$$

$$f_z = \frac{V_f}{n * z} [mm]$$

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

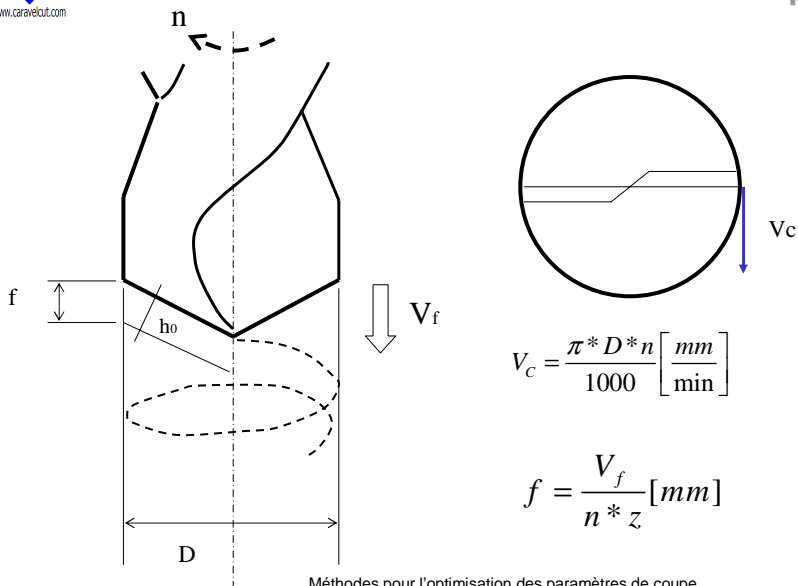
1 - 19



www.caravelcut.com

made with arc

DIXI polytool



$$V_c = \frac{\pi * D * n}{1000} \left[\frac{mm}{min} \right]$$

$$f = \frac{V_f}{n * z} [mm]$$

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

1 - 20



www.caravelcut.com



Les méthodes:

—

- Méthode « Couple Outil-Matière (COM) »
- Méthode des « Plans d'Expérience (DOE) »
- Analyse de la production



www.caravelcut.com



Couple Outil Matière

Standard AFNOR NF E 66-520.

La méthode est basée sur l'hypothèse que l'optimum dépend de l'ensemble des paramètres de coupe (V_c , f_z , ...) qui produit une énergie spécifique minimale (Puissance / Débit) pendant l'usinage. On modifie un seul paramètre à la fois, jusqu'à obtenir un minimum de l'énergie spécifique.

Avantages

Méthode simple et rapide.

Désavantages

Pas complètement fiable. Néglige plusieurs facteurs et, de façon systématique, les interactions. La méthode peut être retenue seulement comme « première recherche ».



www.caravelle.com



Plan d'expériences

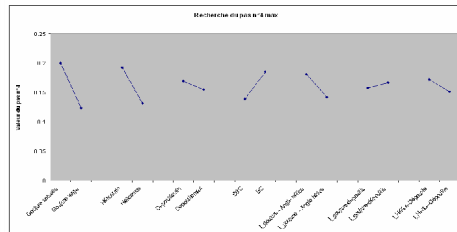
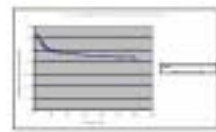
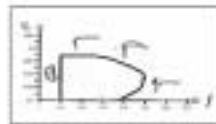
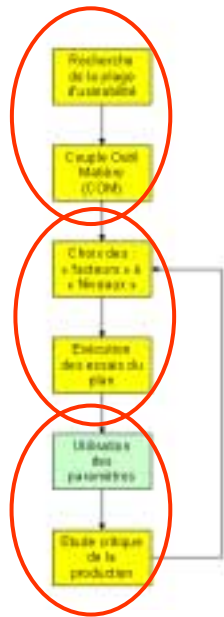
La méthode (bien connue dans plusieurs domaines d'applications) est basée sur le choix des « facteurs » dont on veut connaître l'influence sur la « réponse ».

Avantages	Désavantages
Méthode très flexible et générale. Les « facteurs » comme la « réponse » peuvent être choisis selon les intérêts et les besoins. Si le plan est bien fait, il donne des réponses fiables.	Méthode complexe. Un mauvais choix des expériences peut fausser les résultats. Une erreur dans la conduite d'un essai peut fausser le résultat du plan.



www.caravelle.com

Déroulement du procédé d'optimisation





www.caravela.com



Conclusions

Les méthodes « Couple outil-matière » et « Plans d'Expériences » Permettent:

- 1) Une optimisation efficace
- 2) Une visualisation intuitive des effets
- 3) Une prise en compte des interactions
- 4) La réalisation d'un modèle mathématique - empirique du système
(Il est aussi possible d'estimer la validité des essais par le biais de l'analyse de la variance: ANOVA).
- 5) La méthode de l'étude critique de la production pour une optimisation économique permet d'attendre une efficacité économique de la production.