



www.caravelcut.com



Matière de coupe

Dans le domaine de l'usinage par enlèvement de copeau

Patrick Reusser

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 1



www.caravelcut.com



Propriétés matière de coupe

Les grandeurs essentielles qui définissent un matériau de coupe sont

- Résistance à la fissuration → Résistance aux efforts dynamiques
- Dureté → Résistance à l'abrasion
- Résistance à la flexion → Résistance aux efforts statiques
- Dureté à chaud → Essentiel pour usinage dur
- Affinité chimique

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 2



www.caravelcut.com



Propriétés matière de coupe

- Fraisage, coupe interrompue
 - Résistance à la flexion
 - Résistance à la fissuration (surtout pour l'ébauche)
 - Résistance au chocs thermique
- Tournage
 - Résistance à l'usure
 - Dureté à chaud
 - Pour matériau M, S, résistance à la fissuration (collage, fatigue...)

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 3



www.caravelcut.com



Propriétés : Dureté

- Définition: Résistance d'un matériau contre la pénétration d'un matériau dur
- Se mesure en HV à l'aide du test Vickers (EN 23 878 –ISO 3878).
- INDICATEUR de la résistance à l'usure

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

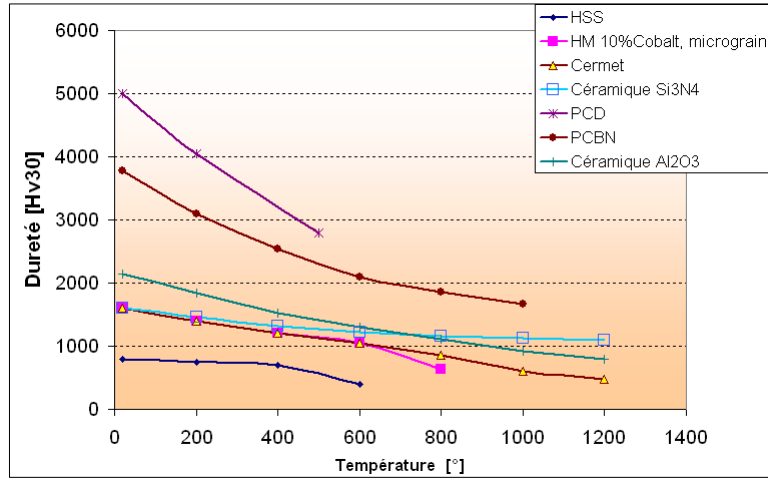
3 - 4



www.caravelcut.com



Influence température - dureté matière



FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

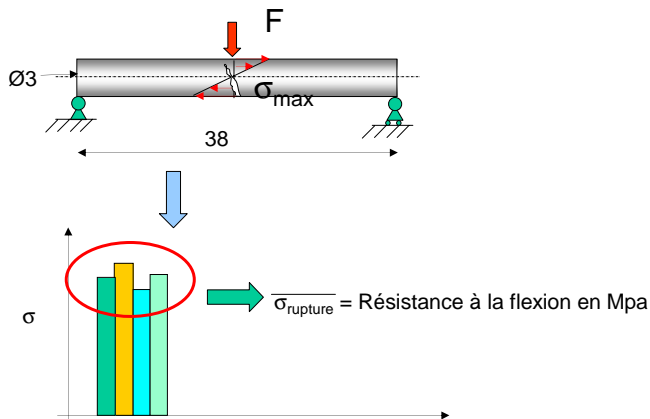
3 - 5



www.caravelcut.com



Propriétés : Résistance à la flexion



FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

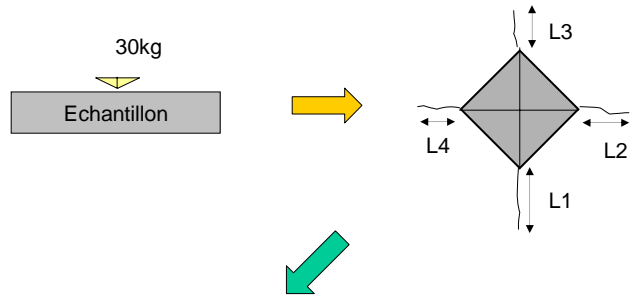
3 - 6



www.caravetout.com



Propriétés : Résistance à la fissuration



K1C en Mpa*m^{1/2}

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 7



www.caravetout.com



Résistances aux chocs thermiques

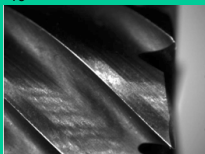
- L'usinage (surtout avec de l'huile en émulsion) provoque des chocs thermiques dans le matériau de coupe → Gradient de température, contraintes internes dynamiques violentes
- ↑↑ Résistance chocs thermique → ↑↑ TRS, K_{1C}, conductivité thermique, ↓↓ Module d'élasticité, coef. dilatation therm.

Exemple dans l'acier trempé 60HRC

A sec (30mètre d'usinage)

Carbure A (dur, faible K_{1C})

Carbure B (dureté normale, bon K_{1C})



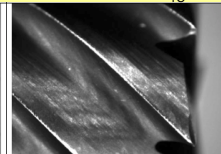
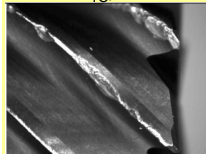
⊕ Cassé (usure trop importante)

FSRM

Huile en émulsion (30mètre d'usinage)

Carbure A (dur, faible K_{1C})

Carbure B (dureté normale, bon K_{1C})



FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 8



www.caravetout.com



Résumé matière de coupe

Propriétés	HSS	HM Micrograin	HM ultrafin	Céramique	PCD ou PCBN
Dureté [HV30]	800-1000	1400-1700	1700-1900	1300-2100	>3500
TRS [Mpa] Resist. flexion	3000-4000	2500-3500	4000-4600	500-1100	500-1100
Résistance à la fissuration [Mpa * m ^{1/2}]	17-35	8-10	7-8	4-6	4-8
Température d'utilisation	500-700	800	800	>1000	600 pour PCD >1000 pour PCBN
Résistance aux chocs thermiques	☺☺	☺	☹	☺☺☺ Pour Si ₃ N ₄ /SiAlON ☹☹☹ Pour les autres	☹☹☹ pour PCBN ☹ Pour PCD

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 9



www.caravetout.com



Les matériaux de coupe: HSS (acier rapide)

- HSS = ≈1%C, ≈6% W, = 5%Mo, = 4%Cr, ≈ 2% V

Influence par rapport à HSS standard	Cout	Résistance à l'usure	Résistance à chaud	Résistance à la flexion	Résistance à la fissuration
Métallurgie des poudres (HSS-PM)	↑↑	↑↑		↑↑	↑↑
Adjonction Cobalt			↑↑	↓↓	↑↑

↑↑ Augmentation

↓↓ Diminution

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 10



www.caravelcut.com



Les matériaux de coupe: HSS (acier rapide)

- ☺ Résistance aux impacts, à la fissuration, aux vibrations
- ☺ Arêtes de coupe plus tranchantes que les outils HM
- ☺ Cout

- ☹ Dureté à chaud
- ☹ Résistance à l'abrasion
- ☹ Conductivité thermique élevée



Faible vitesse de coupe
Grandes profondeur de passe
Matériaux < 30HRC

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 11

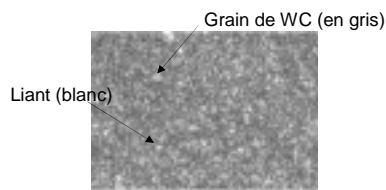


www.caravelcut.com

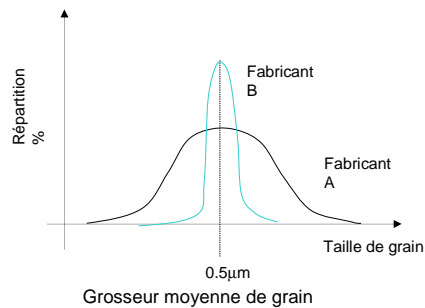


Les matériaux de coupe: HM (métal dur)

Métallographie du HM



Grosueur moyenne du grain [μm]	Classification
<0.2	Nano-grain
0.2 – 0.5	Ultrafin
0.5 – 0.8	Micro-grain
0.8 – 1.3	Fin



FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 12

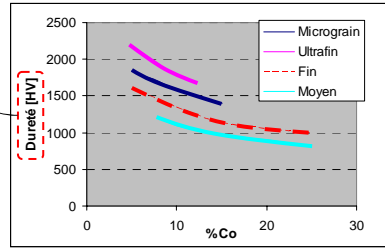


www.caravelcut.com

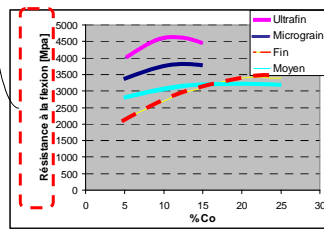


Les matériaux de coupe: HM (métal dur)

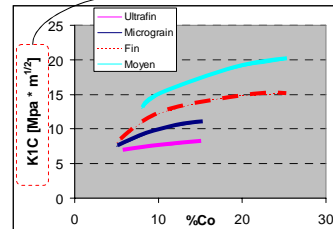
Résistance à l'usure



Résistance aux contraintes statiques (Forces/section)



Résistances aux chocs, aux efforts dynamique



FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 13



www.caravelcut.com



Les matériaux de coupe: HM (Métal dur)

☺ Plage d'utilisation très grande

Forage des tunnel

Buse découpe jet d'eau

Pleins d'autres applications...

☺ Pour outil coupant ⇒ Productivité maximale !!!(vitesse de coupe 3x plus élevé)

⊗ Pour l'usinage, plus fragile que le HSS



Usinage sur machine moderne pour toutes applications (finition, ébauche), tous matériaux

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

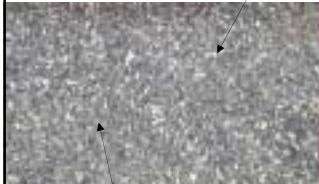
3 - 14



www.caravetout.com



Les matériaux de coupe exotiques: CERMET



En blanc, liant (Ni,Co)

En gris, particules dure (TiC, TaC,...)

- ☺ Tenue à chaud (durée de vie élevée)
- ☺ Faible tendance au collage

- ☹ Fragilité (faible résistance à la flexion)
- ☹ Résistance à la fissuration limitée



Alésage des matériaux P, K
Finition en tournage fraisage des matériaux P, K, N

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 15



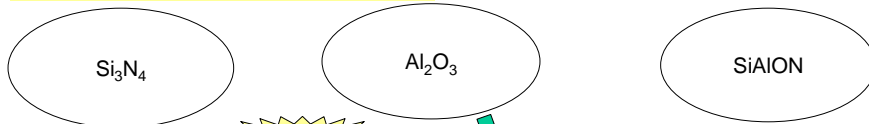
www.caravetout.com



Les matériaux de coupe exotiques: Céramiques

- ☺ Dureté à chaud
- ☺ Stabilité chimique
- ☺ Etat de surface produit

- ☹ Faible résistance à la flexion
- ☹ Faible résistance à la fissuration (sauf Si₃N₄)



« Pur »

Renf. Whisker

« Pur »

Usinage à haute vitesse de coupe des fontes grises (Ebauche, finition)

Finition en tournage des alliages de Ni,Co, acier trempé

Finition des fontes

Finition en tournage, fraisage des alliages de nickel

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 16

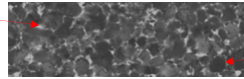


www.caravelcut.com



Les matériaux de coupe exotiques: PCBN

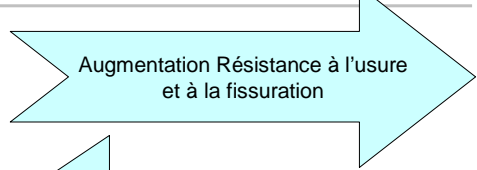
Liant métallique ou céramique



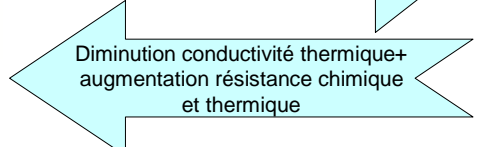
Cristaux de CBN

40% %CBN 100%

(Liant céramique)
⇒ Finition acier trempé, alliage Co, Ni, fonte grise



(Liant métallique)
⇒ Coupe interrompue, tournage ébauche, acier trempé, Alliage Co,NI, Fonte
⇒ Finition fonte perlitique



FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

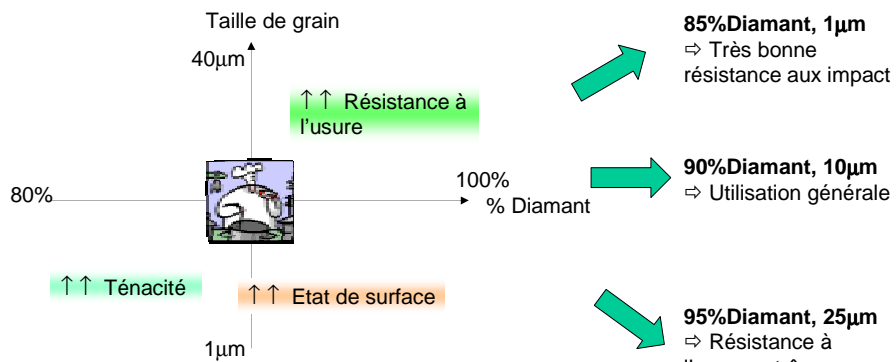
3 - 17



www.caravelcut.com



Les matériaux de coupe exotiques: Le PCD



FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

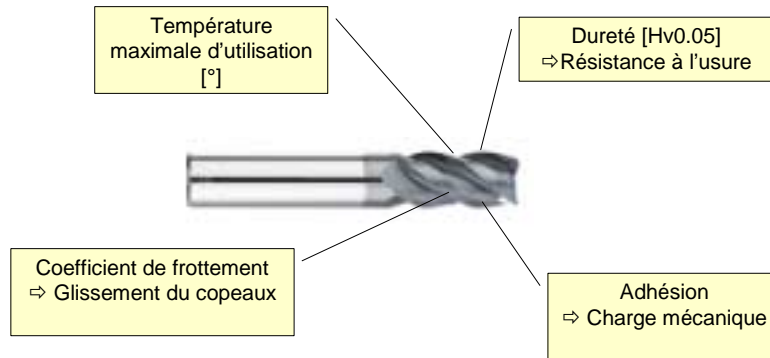
3 - 18



www.caravécut.com



Les revêtements



FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 19



www.caravécut.com



Les revêtements

- Quelques remarques que l'on rencontre souvent dans le monde de l'usinage
 - « Le revêtement ne convient pas pour les micro-outils, car ça arrondi les arêtes de coupe »
 - OUI et NON: En fraisage (gravage aussi), la durée de vie est largement améliorée. Il arrive même que certaines opérations soient impossibles sans revêtement (Résultats expérimentaux). En perçage, ceci dépend des fabricants. Plus le foret est petit, plus l'absence de « droplet » est primordiale. Si le revêtement n'est pas suffisamment lisse, les copeaux peuvent coller dans la goujure (=> Casse). Il peut aussi y avoir des arrondissements des arêtes de coupe arrondie, mais il s'agit souvent d'un défaut de procédé.
 - « J'usine toute sorte de matériaux avec le même outil (fraises, forets). Un revêtement ça ne sert à rien ».
 - NON. Dans l'acier, la durée de vie est largement supérieure (souvent >>3x) au surcoût de l'outil (souvent 1.5x).

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

3 - 20



www.caravelcut.com



Les revêtements

- Quelques remarques que l'on rencontre souvent dans le monde de l'usinage
 - « Dans le titane, le revêtement ne sert à rien »
 - OUI mais: Dans la plupart des cas, l'augmentation de la durée de vie est nulle ou ne justifie pas le surcoût de l'outil. Il arrive que dans des conditions bien précises (Alliage de titane aéronautique, huile en émulsions) l'utilisation d'un revêtement se justifie
 - « Le revêtement n'améliore pas l'état de surface et ne sert qu'à améliorer la durée de vie ».
 - OUI mais: Si le matériau à usiner est mou et que le revêtement a une dureté largement supérieure au substrat (>>2x), il y a de forte chance pour que l'état de surface soit supérieure comparé à un outil non revêtu.