



www.caravetout.com



Matière à couper

Dans le domaine de l'usinage par enlèvement de copeau

Patrick Reusser

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe


2 - 1



www.caravetout.com



Matière à usiner

- « Usinabilité » →  perçage, fraisage, tournage,...
- L'usinabilité de la matière dépend de
 - **Force de coupe spécifique** (souvent dépendante de la dureté de la matière).
↑↑ Forces de coupe spécifique → ↑↑ Chaleur, ↑↑ contrainte sur l'outil
 - **Conductivité thermique.**
↓↓ Conductivité thermique → ↑↑ Température de l'outil, ↓↓ Chaleur évacuée dans le copeau
 - **Ténacité matière**
↑↑ Ténacité → ↓↓ Fragmentation copeau (pas idéal pour perçage)
 - ... (particules dures, fragilité, propriétés à haute température,...)

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

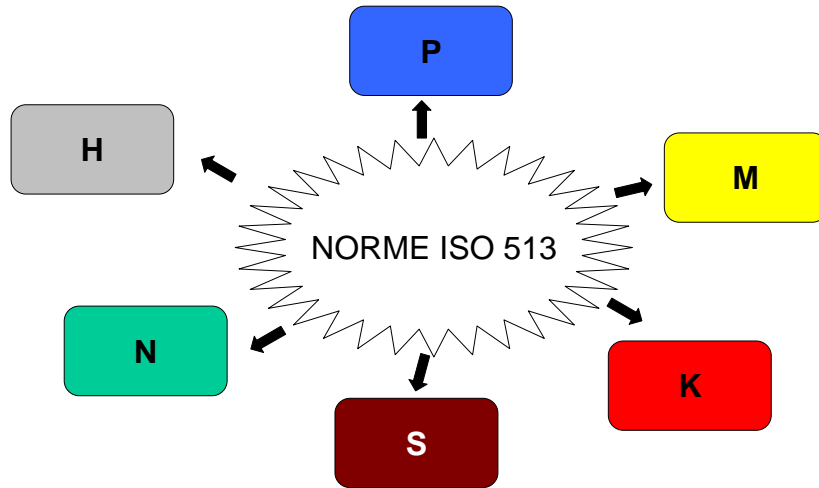
2 - 2



www.caravelcut.com



Matière à usiner



FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

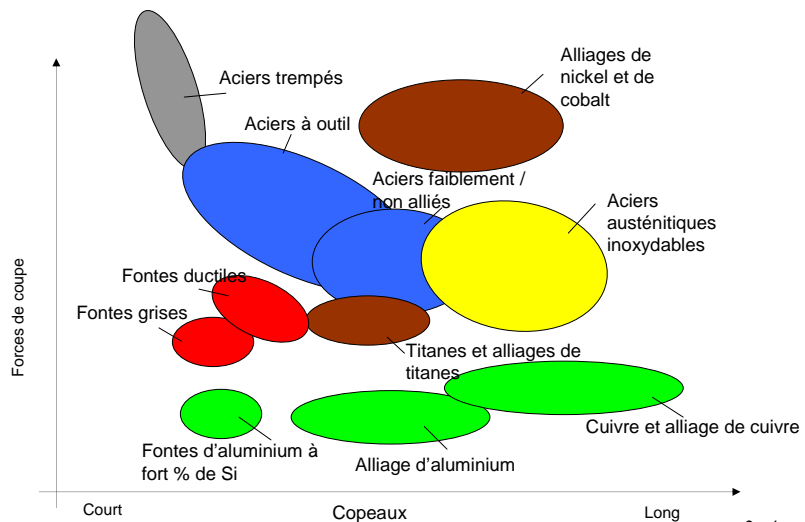
2 - 3



www.caravelcut.com



Matière à usiner



FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 4



www.caravelcut.com



La matière à usiner (Norme ISO 2004:513)

- Tableau des « groupe - matière »

P (bleu)	Aciers: Tous les types d'acier et acier moulé, exceptés les aciers inoxydables à structure austénitique.
M (jaune)	Aciers inoxydables: Aciers inoxydables austénitiques et austénitique/ferritiques
K (fonte)	Fontes: Fontes grises, fontes à graphite sphéroïdale, fontes malléables.
N (vert)	Métaux non ferreux: Aluminiums et autres métaux non ferreux, matériaux non métalliques.
S (brun)	Superaliages et titanes: Alliages réfractaires basés sur fonte au nickel et cobalt, titanes et alliages de titane.
H (gris)	Matériaux durs: Aciers trempés, fontes de dureté élevée, moulage en coquille.

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 5



www.caravelcut.com



La classe « acier » P

	Kc1 [N/mm ²]	Fractionnement des copeaux	Abrasivité	Conductivité thermique	Dureté à haute température
Acier non allié	⊖ (1800-2200)	⊕ (Bon)	⊕	⊕ (bonne)	⊕ (faible)
Adjonction de Ni		⊖			
Adjonction de Cr	⊖		⊖⊖		
Adjonction de Mn, W, Ti	⊖	⊖	⊖		
Adjonction de Pb, S, Ca	⊕	⊕⊕	⊕		

☺☺ : ++ sur l'usinabilité
 ☺ : + sur l'usinabilité
 ☹ : - sur l'usinabilité
 ☹☹ : - - sur l'usinabilité

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 6



www.caravelcut.com



La classe « acier » P

- Suggestion de sous-classe

Type	N°	DIN
Aciers de décolletage	1.0718	9SMnPb28
	...	
	1.1158	Ck25
Aciers non allié	1.1191	Ck45
	1.1221	Ck60
	...	
	1.2842	90MnCrV8
Acier faiblement allié	1.2067	100Cr6
	1.7225	43CrMo4
	...	
Acier fortement allié	1.208	X210Cr12
	1.2379	X155CrVMo21 1
	...	
Acier inoxydable ferritique/martensitique	1.4113	XCrMo17
	1.4313	X5CrNi13 4

+

Usinabilité

-

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 7



www.caravelcut.com



La classe « acier inoxydable » M

	Kc1 [N/mm ²]	Fractionnement des copeaux	Abrasivité	Conductivité thermique	Dureté à haute température
Acier austénitique	⊗ 1800-2000	⊗⊗ (très mauvais)	☺	⊗ (0.5x acier)	☺ (faible)
Acier austénitique-ferritique	⊗⊗ 2500	⊗	⊗	⊗ (0.5x acier)	☺ (faible)

☺☺ : ++ sur l'usinabilité
 ☺ : + sur l'usinabilité
 ⊗ : - sur l'usinabilité
 ⊗⊗ : -- sur l'usinabilité

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 8



www.caravelcut.com



La classe « acier inoxydable »M

- Suggestion de sous-classe

M	Type	N°	AISI	+ Usinabilité -	
	Aciers austénitiques	1.4306	304-L		
		1.4435	316-L		
	Aciers super austénitiques	1.4529	904		
		...			
	Acier austénitique/ferritique	1.4417			
...					

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 9



www.caravelcut.com



La classe « fontes »K

	Kc1 [N/mm ²]	Fractionnement des copeaux	Abrasivité	Conductivité thermique	Dureté à haute température
Fonte grise	☺ (800-1000)	☺☺	☺	☺ (bonne)	☺ (Faible)
Fonte malléable	☺	☺	☹	☺	☺

☺☺ : ++ sur l'usinabilité
 ☺ : + sur l'usinabilité
 ☹ : - sur l'usinabilité
 ☹☹ : - - sur l'usinabilité

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 10



www.caravelcut.com



La classe « non ferreux »N

	Kc1 [N/mm ²]	Fractionnement des copeaux	Abrasivité	Conductivité thermique	Dureté à haute température
Cuivre pur	☺ (1000-1300)	☹☹ (très mauvais)	☺☺	☺☺ (excellente)	☺☺ (faible)
Laiton	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺
Bronze	☺	☺	☺	☺	☺☺
Alliage d'alum. %Si < 3	☺☺ (500)	☹	☺☺	☺☺	☺☺
Alliage d'alum. %Si > 3	☺	☺	☹	☺☺	☺☺

☺☺ : ++ sur l'usinabilité
 ☺ : + sur l'usinabilité
 ☹ : - sur l'usinabilité
 ☹☹ : - - sur l'usinabilité

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 11



www.caravelcut.com



La classe « non ferreux »N

	Kc1 [N/mm ²]	Fractionnement des copeaux	Abrasivité	Conductivité thermique	Dureté à haute température
Or, Argent	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺	☺☺
Graphite	☺☺	☺☺	☹☹		
Plastique	☺☺	☹	☺☺	☹ (faible)	☹ (décomposition à faible temp.)
Plastique renforcé	☺☺	☹	☹	☹	Idem
Platine, ...	☺	☺	☹☹☹ (Adhésion)	☺	☹☹



Problème fréquent: Délamination

☺☺ : ++ sur l'usinabilité
 ☺ : + sur l'usinabilité
 ☹ : - sur l'usinabilité
 ☹☹ : - - sur l'usinabilité

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 12



www.caravetcut.com



La classe « non ferreux » N

- Suggestion de sous-classe

Type	N°	DIN
Alliage d'aluminium > 99%	3.0205	Al 99.5
...
Alliage d'aluminium hypo eutectique (%Si <11)	3.2373	AlSi9Mg
...
Alliage d'aluminium hyper eutectique (%Si>12)	3.2291	AlSi20
...
Cuivre électrolytique	2.004 0	OF- Cu
Alliage de cuivre	2.0332	CuZn37Pb0.5
...
Alliage d'or		
Alliage d'argent		
Platine		
Paladium		
Plastique		
Composite		
Kevlar		
Graphite		
...		

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 13



www.caravetcut.com



La classe « Superalliages et titane » S

	Kc1 [N/mm²]	Fractionnement des copeaux	Abrasivité	Conductivité thermique	Dureté à haute température
Titane, alliage de titane	☺ (1000-1300)	☹ (lamellaire et discontinus)	☺	☹☹	☹ (bonne)
Alliage de Nickel	☹☹ (>3000)	☹	☹	☹☹	☹☹ (excellente)
Alliage de Cobalt	☹☹ (>3000)	☺	☹☹	☹☹	☹☹ (excellente)

☺☺ : ++ sur l'usinabilité
 ☺ : + sur l'usinabilité
 ☹ : - sur l'usinabilité
 ☹☹ : - - sur l'usinabilité

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 14



www.caravelcut.com



La classe « Superalliages et titane » S

- Suggestion de sous classe

S	Type	N°	DIN
	Titane, Alliage de titane		3.7035
		3.7165	Ti6AlV4
Alliage réfractaire base Fe		1.4864	X12NiCrSi 36.16
		2.4856	NiCr22Mo9Nb
Alliage réfractaire base Ni		2.4375	NiCu30Al
		2.4964	CoCr22W15Ni

– Si les superalliages sont vieillis, réduire les vitesses de coupe de 20%.

Tableau d'usinabilité des superalliages.

Usinabilité				
☺				☹
Monell	Hastelloy B, X Incoloy 804,825 Inconel 600,601	Inconel 901, 903, 718 Nimonic 80	Nimonic 90,95 Rene 41 Udimet 500, 700 Astralloy	Inconel 713 Nimocast 736 Mar Nimocast

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 15



www.caravelcut.com



La classe « Matériaux durs » H

	Kc1 [N/mm ²]	Fractionnement des copeaux	Abrasivité	Conductivité thermique	Dureté à haute température
Fonte trempée	☹☹ (>3000)	☺☺	☹☹	☺☺	☺ (faible)
Acier trempé	☹☹☹ (>5000)	☺☺	☹☹	☺☺	☺ (faible)

☺☺ : ++ sur l'usinabilité
 ☺ : + sur l'usinabilité
 ☹ : - sur l'usinabilité
 ☹☹ : -- sur l'usinabilité

FSRM

Méthodes pour l'optimisation des paramètres de coupe

2 - 16



www.caravelcut.com



Matériaux spéciaux en horlogerie

Nom commercial	Type (composition)	Classement	Usinabilité
DURNICO	Acier inox. martensitique maraging (18%Ni, 5%Co,...)	P	Matière fortement énergétique (Contrainte sur l'outil élevée). Tendance au collage moins prononcée que l'acier 1.4435
PHYNOX	Alliage de Cobalt (40%Co, 20%Cr,...)	S	Matière très fortement énergétique, réfractaire. Forte contrainte sur l'outil, copeaux adhérents et difficiles à couper.
P2000, P558,...	Acier. Aust. Sans nickel (18%Cr, 14%Mn,...)	M	Matière fortement énergétique (beaucoup de force de coupe). Tendance au collage moins prononcée que l'acier 1.4435