



USINABILITE DES MATERIAUX

- 2 Aciers
- 3 Aciers inoxydables
- 4 Fontes
- 5 Aluminium et magnésium
- 6 Cuivre et alliages
- 7 Alliages de titane et alliages de nickel
- 8 Matériaux durs > 45 HRC
- 9 Matériaux non-métalliques
- 10 Usinabilité des matériaux durs par rapport aux matériaux ductiles
- 11 Matériaux et usinabilité

USURE, GLOSSAIRE, DURETE

- 12 Modes de dégradation des outils
- 13 Types d'usure
- 14 Modes de dégradation et types d'usure
- 15 Modes de dégradation et vitesse de coupe
- 16 Usure et durée de vie d'outil
- 17 Glossaire multilingue – Usinage et outils
- 18 Glossaire multilingue – Matériaux
- 19 Glossaire multilingue – Symboles
- 20 Comparaisons de duretés

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Les outils en acier rapide sont le choix le plus polyvalent pour l'usinage des aciers !

Aciers doux < 550 Mpa

Incluant les aciers au carbone resulfurés et au phosphore contenant moins de 0,65% de manganèse, 0,60% de silicium et 0,60% de cuivre. Les aciers magnétiques et les aciers au plomb sont également inclus.

- Utilisation : appareils magnétiques et électriques ainsi que de nombreuses autres applications.
- Excellente usinabilité.

Aciers de construction et aciers au carbone < 850 Mpa

- Utilisation : bâtiment, ponts, arbres machines, axes, vis, écrous, bielles, engrenages, éléments de structure, maillons de chaîne, pièces cémentées et pièces obtenues par déformation à froid.
- Bonne usinabilité.

Aciers alliés

Contiennent du manganèse, du silicium, du nickel, du chrome, du molybdène.

- Utilisation : roulements, pièces de machines, axes, engrenages, récipients sous pression, chaînes, outils à main, machines agricoles et camions.
- Bonne usinabilité générale pour les aciers alliés < 850 MPa. Usinabilité plus difficile quand la dureté augmente.



*L'excellente acuité
des arêtes de
coupe des outils en
acier rapide permet
d'éviter
l'écroûissage dans
les aciers
inoxydables*

Les aciers inoxydables ferritiques de décolletage

Ont une structure ferritique, avec parfois des carbures de chrome dans la matrice.

Ne contiennent pas de nickel, peu de carbone, et ne sont pas durcissables

- Utilisation : électronique, échappement automobile, matériel de manutention, réservoirs d'eau chaude.
- Mauvaise usinabilité

Aciers austénitiques

Procurent une grande résistance à la corrosion.

Aciers inoxydables les plus utilisés.

- Utilisation : électronique, industrie pharmaceutique, chimique, industrie alimentaire, bâtiment.
- Usinabilité difficile comparée aux aciers inoxydables ferritiques et martensitiques. Possèdent une grande résistance aux hautes températures, écrouissables, demandent des machines-outils robustes. De faibles vitesses de coupe et de grandes avances sont recommandées.

Aciers inoxydables austéno-ferritiques, ferritiques, martensitiques, et aciers inoxydables à durcissement structural

- Applications : marine, usines de dessalinisation, échangeurs de chaleur et usines pétrochimiques, pièces de structure.
- Bonne usinabilité pour les aciers à basse teneur en carbone et en chrome. Mauvaise pour les aciers martensitiques à haute teneur en carbone, à cause de leur haut pouvoir abrasif.

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Utilisez des outils en acier rapide revêtu TiAlN pour usiner les fontes et ainsi éviter les écaillages sur pièces lorsque l'outil sort de la matière

Fonte grise (fonte à graphite lamellaire)

Fonte de base à faible coût.

- Utilisation : tambours de freins, blocs-cylindres, corps de vanne, bâtis de machines.
- Excellente usinabilité.

Fonte ductile

Présente la résistance la plus élevée, en concurrence avec les aciers de construction dans les applications automobiles.

- Utilisation : arbres à cames, vilebrequin, etc.
- Excellente usinabilité.

Fonte traitée

- Utilisation : engrenages.
- Mauvaise usinabilité

Utiliser des outils en acier rapide permet de prévenir la formation d'arêtes rapportées lors de l'usinage d'alliages d'aluminium et de produire des copeaux épais dans le magnésium en toute sécurité.

Aluminium non allié

L'aluminium pur ($\geq 99\%$ Al) montre d'excellentes qualités de formabilité et de résistance à la corrosion.

- Utilisation: réservoirs, industrie chimique, équipements pour la marine, ustensiles de cuisine, charpente, emboutissage
- Excellente usinabilité mais avec formation de copeaux longs et collants.

Alliages d'aluminium

Grande résistance mécanique et bonne résistance à la corrosion atmosphérique.

- Utilisation : applications structurales en aéronautique, tubes et fixations, é q u i p e m e n t s hydrauliques, cycles et motocycles.
- Usinabilité : bonne à excellente, dépendant du traitement thermique. Plus facile avec les duretés élevées.

Alliages d'aluminium 5 % < Si < 10%

Alliages les plus largement utilisés pour la fonderie sous pression.

- Utilisation : culasse, cylindre, carter pour l'automobile et l'aéronautique, corps de bâtis, décoration.
- Bonne usinabilité

Alliages d'aluminium Si > 10%

Alliages de forge et coulés sous pression.

- Utilisation : tambours de frein, poulies, chemises de cylindre, pistons forgés, pièces de fonderie complexes
- Usinabilité correcte, mais moins bonne lorsque la teneur en silicium augmente

Magnésium

Plus léger que l'aluminium

- Utilisation : châssis d'ordinateur, outils portatifs, carters automobiles.
- Bonne usinabilité, mais nécessité de produire des copeaux épais pour éviter tout risque d'incendie.

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Ayez confiance dans la fiabilité des outils en acier rapide pour l'usinage des alliages de cuivre

Cuivre pur

- Utilisation : électrodes d'électro-érosion, composants électriques.
- Bonne usinabilité mais collant.

Alliages de cuivre

Laiton (5-45 % Zn)
et bronze (3-20 % Sn)

- Utilisation : composants électriques et électroniques, bâtiment, serrurerie, robinetterie, micromécanique, soupapes automobiles.
- Bonne usinabilité.

Bronze d'aluminium

- Utilisation : industrie chimique, sièges de pompes et de soupapes, applications pour la marine (hélices), usines de dessalinisation.
- Usinabilité moyenne.

*Les outils en acier
rapide fritté revêtus
TiAlN sont un
excellent choix pour
l'usinage du titane et
des alliages de nickel*

Titane non allié

(ou titane pur)

Présente une très bonne résistance à la corrosion

- Utilisation : industrie de transformation chimique.
- Usinabilité : moyennement écrouissable mais nécessite des outils avec une bonne acuité d'arête, des montages rigides, des vitesses de coupe basses, des avances importantes et un débit important de fluide de coupe. Les revêtements sont utiles contre la tendance au grippage.

Alliages de titane

(ou alliages alpha-bêta de titane)

Peuvent atteindre de très hauts niveaux de résistance mécanique par traitement thermique.

- Utilisation : Pales de compresseur, pièces de moteur d'avions, composants de capsules spatiales, sous-marins, fixations, pièces de rotor d'hélicoptère.
- Usinabilité : montages rigides, basses vitesses de coupe et débit important de fluide de coupe sont recommandés.

Nickel non allié

(ou nickel pur)

Caractéristiques mécaniques similaires à celles des aciers au carbone. Résistance à la corrosion bonne à excellente.

- Utilisation : chimie, catalyseurs, piles, monnaie.
- Usinabilité : basses vitesses obligatoires à cause des hautes températures atteintes durant l'usinage.
- Les revêtements sont utiles contre l'écaillage et la création d'arêtes rapportées.

Alliages de nickel

Contiennent souvent du chrome

Ils montrent de bonnes caractéristiques mécaniques aux hautes températures, avec une grande résistance à l'oxydation et à la corrosion.

- Utilisation : turbines, composants de centrales électriques, marine.
- Usinabilité : mauvaise.
- Nécessite des bridages rigides et des outils spécifiques, avec des revêtements TiAlN.



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Les outils en acier rapide fritté revêtus sont " la solution tout-terrain " pour l'usinage des matériaux durs

Aciers à outils > 45 HRC

Aciers alliés à haute teneur en carbone.

- Utilisation : outils de découpe et de formage, poinçons, cylindres de laminoir, calibres, cames et brides.
- Usinabilité : mauvaise.

Acier résistant à l'usure 600 HB

HISTOIRE D'UN SUCCES

Opération

- Perçage de trous débouchants Ø 18 mm, de profondeur 25 mm avec arrosage à l'huile soluble à 5 % sur boîtier multibroche.

Solution:

- Avantages par rapport aux forets en acier rapide traditionnels (les forets carbure ne sont pas capables de l'opération) :
 - Durée de vie d'outil plus importante (30 trous)
 - Conditions de coupe plus élevées (v_c 15 m/min, f 0,14 mm/tr)

Plastiques et thermoplastiques

- Utilisation : téléphones portables et ordinateurs, pièces automobiles, bâtiment, emballages.
- Usinabilité : excellente. Les aciers rapides sont le meilleur choix !

Plastiques renforcés

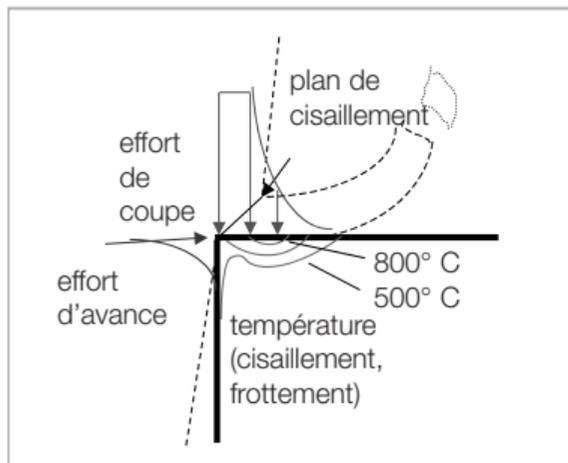
- Utilisations : pièces de véhicules, coques de bateaux, réservoirs de stockage, composants électriques et tuyaux, articles de sport, aviation, machines industrielles, ordinateurs.
- Usinabilité : bonne. La bonne acuité d'arête des outils en acier rapide est efficace contre le phénomène de délaminage avec des revêtements résistants à l'abrasion. Les outils en acier rapide fritté sont recommandés pour l'usinage de pièces sandwich multimatériau, ou pour les nids d'abeilles.

Graphite

- Utilisations : creusets, foyers de fours, fusées, pièces de centrale nucléaire, charbons moteur, électrodes.
- Usinabilité : mauvaise.

Bois

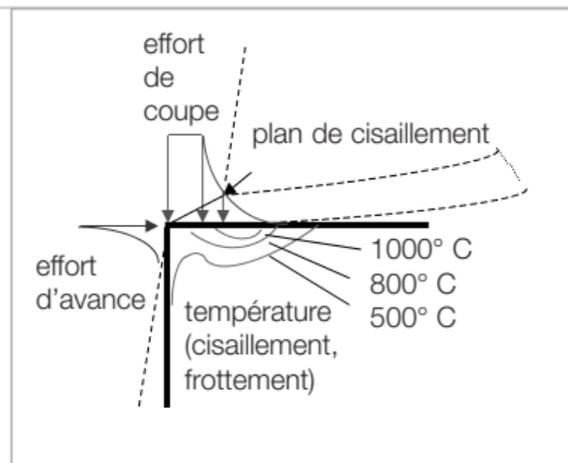
- Utilisations : meubles, construction, jouets, instruments de musique, ustensiles de cuisine.
- Usinabilité : excellente.



Matériaux durs, fragiles

- Copeaux courts, température moyenne.
- Efforts normaux de coupe et d'avance élevés.

Besoins : grande résistance à l'usure par abrasion et contraintes résiduelles de compression dans les revêtements.

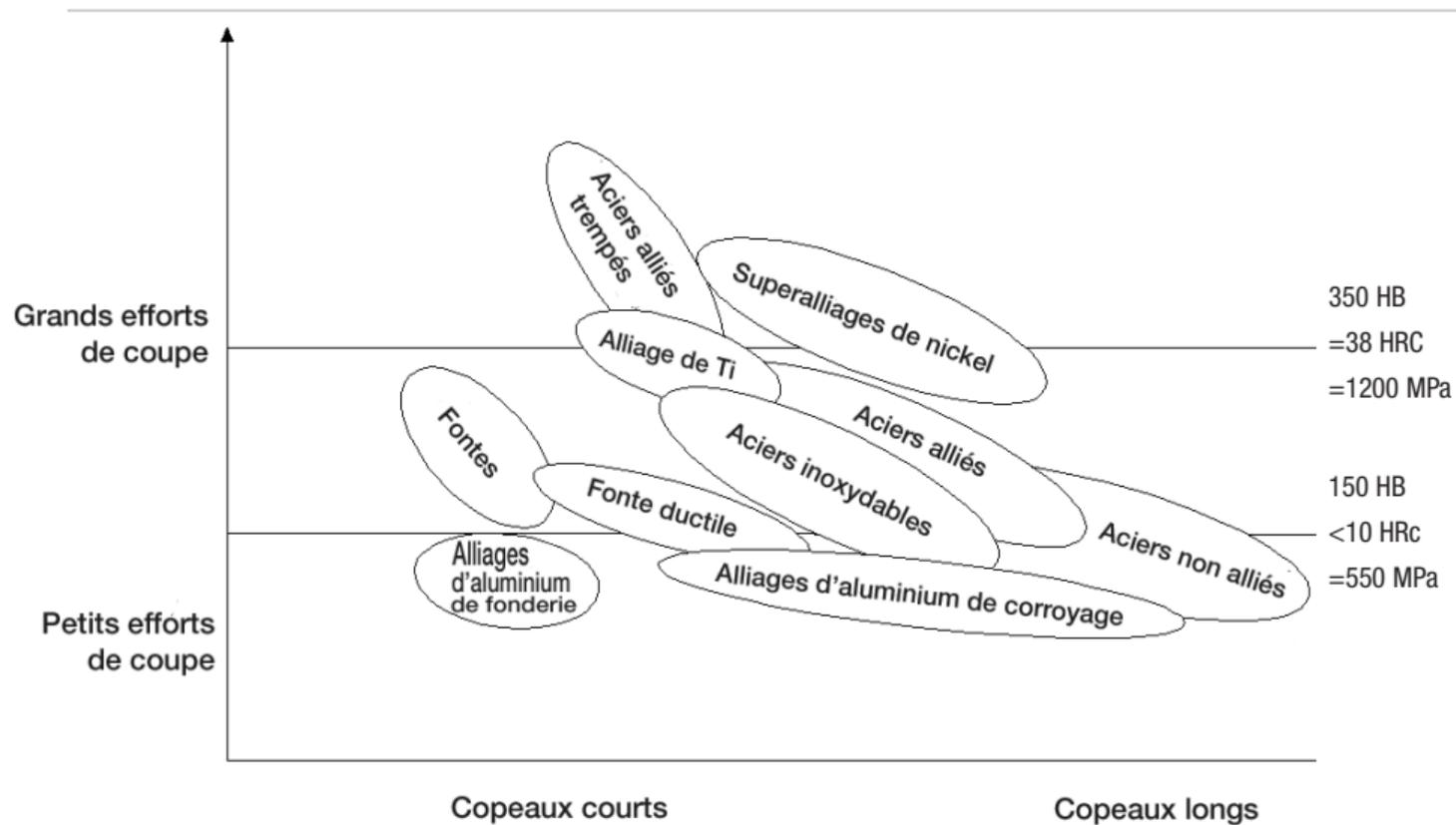


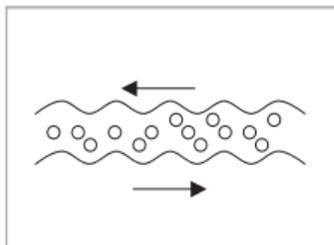
Matériaux ductiles, doux

- Forces de cisaillement élevées.
- Tendance à créer des arêtes rapportées.

Besoins :
 + grande résistance à l'usure chimique
 + meilleure adhésion du revêtement
 + pas de tendance à coller

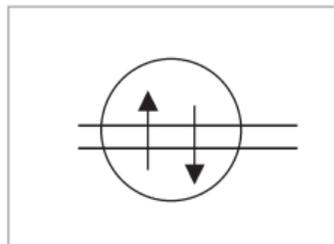
USINABILITE DES MATERIAUX DURS PAR RAPPORT AUX MATERIAUX DUCTILES





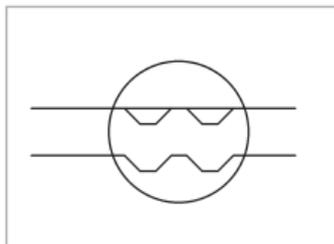
Usure par abrasion

Usure mécanique due au frottement entre la pièce et l'outil



Usure chimique

Migration d'atomes entre l'outil et le copeau due à la haute température et à la pression



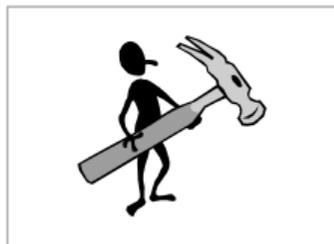
Usure par adhésion

Combine l'usure thermique et chimique lorsque le copeau arrache le matériau d'outil par collage



Contraintes thermiques

Contraintes dues aux hautes températures (400 - 750° C)



Contraintes mécaniques

Contraintes dues aux vibrations, aux chocs et à la pression



Usure en dépouille

Abrasion mécanique due au frottement entre la pièce usinée et la face de dépouille de l'outil



Usure en cratère

Formation d'un cratère sur la face de coupe de l'outil, due principalement à l'usure chimique et partiellement à l'usure par abrasion



Arête rapportée

Se crée quand la matière de la pièce colle à l'arête de l'outil (dû à l'usure par adhésion)



Déformation plastique

Se produit quand l'outil se déforme; due principalement aux hautes températures combinées à des contraintes mécaniques élevées



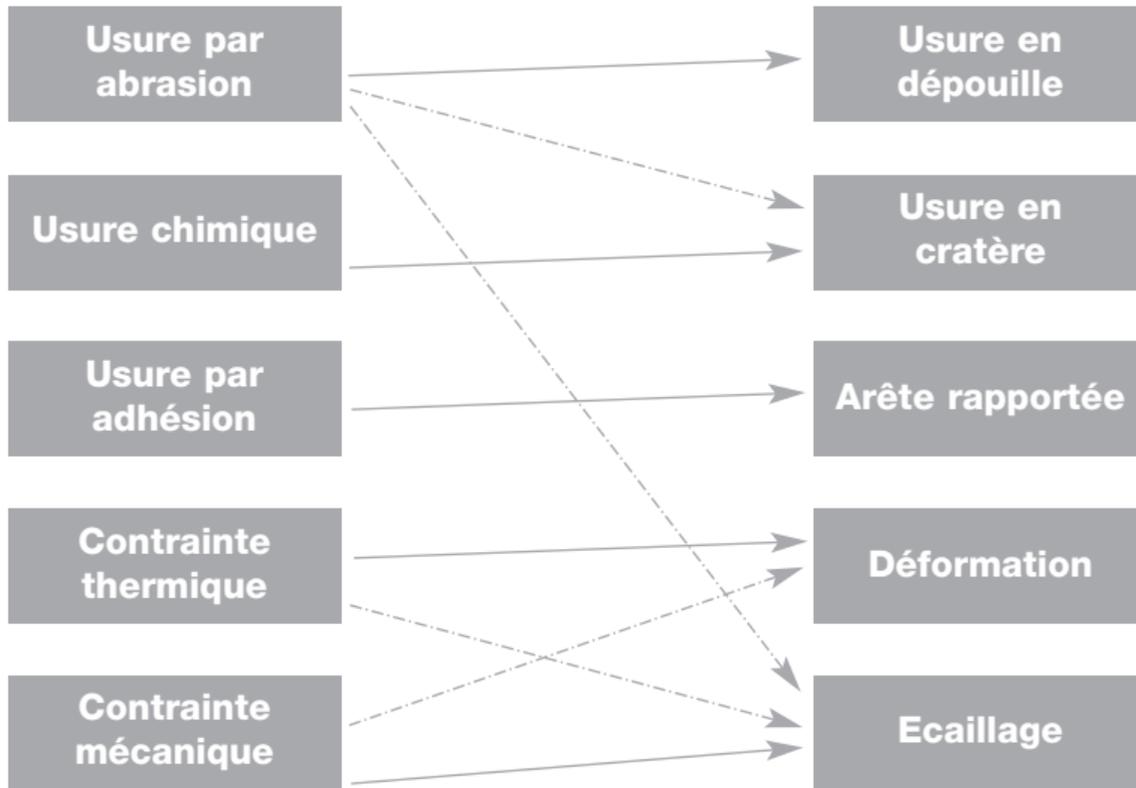
Ecaillage

Casse de petits fragments de l'arête de l'outil, due principalement aux contraintes mécaniques et partiellement aux contraintes thermiques

LÉGENDE

→ Influence majeure

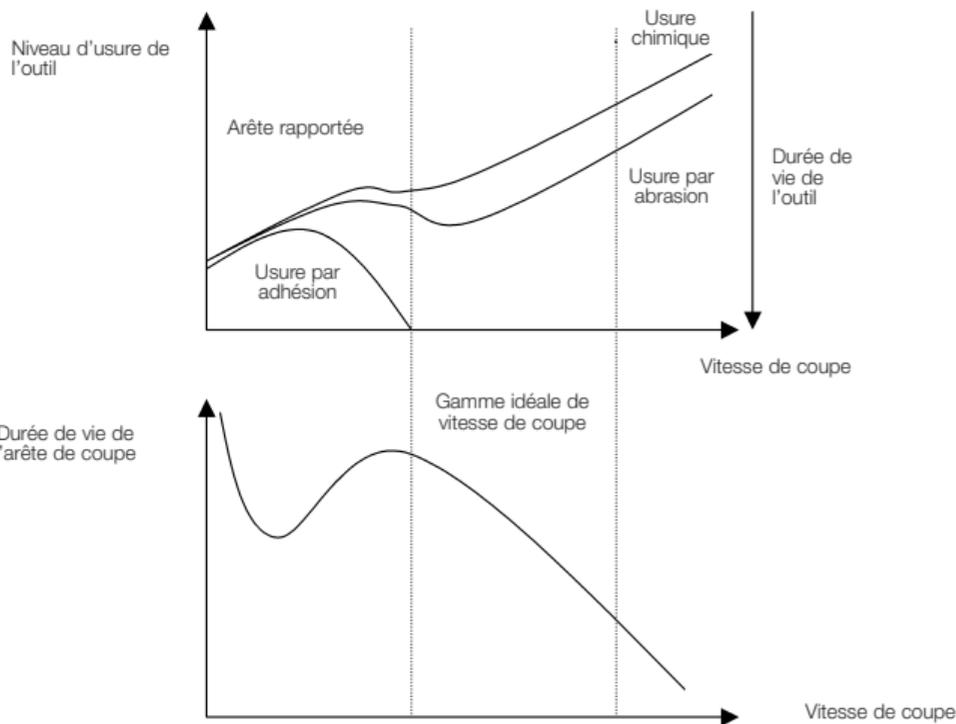
- - - → Influence mineure



LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

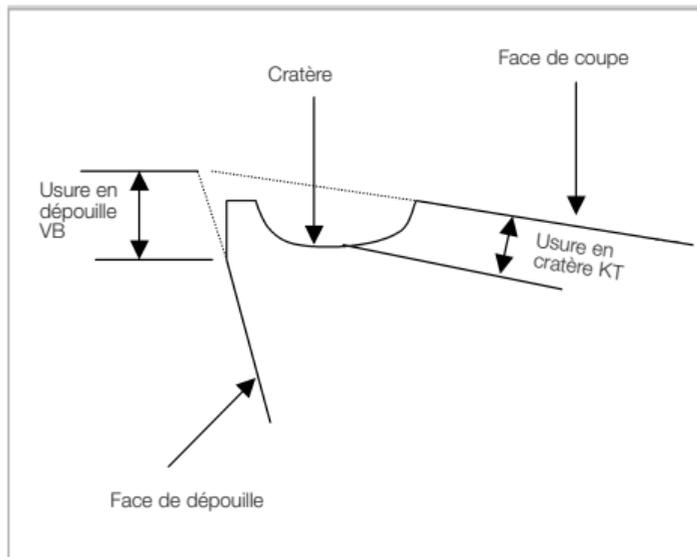
Dans la gamme idéale des vitesses de coupe, l'usure par abrasion doit être prédominante

Les usures chimique et par adhésion doivent être minimisées

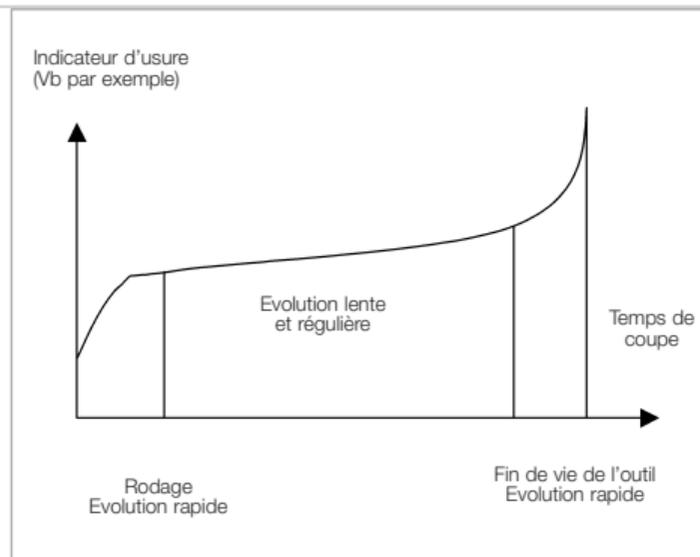


LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Préférez l'usure par abrasion pour une durée de vie de l'outil plus longue et prévisible



Indicateur d'usure (VB, KT)



Evolution de l'usure

Anglais	Français	Allemand	Italien	Espagnol
Machining	Usinage	Metallbearbeitung	Lavorazione	Mecanizado
Machine tool	Machine-outil	Werkzeugmaschine	Macchina utensile	Máquina-herramienta
Workpiece	Pièce	Werkstück	Pezzo	Pieza
Coolant	Fluide de coupe	Kühlemittel	Lubrificante	Fluido de corte
Wear	Usure	Abnutzung	Usura	Desgaste
Toollife	Durée de vie	Werkzeug-lebensdauer	Durata di vita	Vida útil
Chip	Copeau	Span	Truciolo	Viruta
Roughing	Ebauche	Schruppen	Sgrossatura	Desbaste
Finishing	Finition	Schlichten	Finitura	Acabado

Cutting tool	Outil de coupe	Werkzeug	Utensile	Herramienta de corte
High speed steel	Acier rapide	Schnellstahl	Acciai rapidi	Acero rápido
Coating	Revêtement	Beschichtung	Rivestimento	Revestimiento
Shank	Queue	Schaft	Coda	Mango
Cutting edge	Arête de coupe	Schneidkante	Spigolo di taglio	Arista de corte
Cutting tooth	Dent	Werkzeugzahn	Dente	Diente
Rake face	Face de coupe	Spanfläche	Faccia di taglio	Superficie de corte
Flank face	Face de dépouille	Freifläche	Fianco	Superficie de incidencia
Helix	Hélice	Spirale	Elica	Helice
Flute	Goujure	Spannut	Scanalatura	Ranura
Pitch	Pas	Teilung	Passo	Paso
Point	Pointe	Spitze	Punta	Punta

Anglais	Français	Allemand	Italien	Espagnol
Steel	Acier	Stahl	Acciai	Acero
Stainless steel	Acier inoxydable	Rostfreier Stahl	Acciai inossidabili	Acero inoxidable
Tool steel	Acier à outil	Werkzeugstahl	Acciai per utensili	Acero de herramientas
Cast iron	Fonte	Eisenguss	Ghise	Fundición
Aluminium	Aluminium	Aluminium	Alluminio	Aluminio
Magnesium	Magnésium	Magnesium	Magnesio	Magnesio
Copper	Cuivre	Kupfer	Rame	Cobre
Brass	Laiton	Messing	Ottone	Latón
Bronze	Bronze	Bronze	Bronzo	Bronce
Titanium	Titane	Titan	Titanio	Titanio
Nickel	Nickel	Nickel	Nichel	Niquel
Zinc	Zinc	Zink	Zinco	Zinc
Plastics	Plastiques	Kunststoffe	Plastiche	Plásticos
Fiber reinforced plastics	Plastiques renforcés	Faserverstärkte Kunststoffe	Plastiche rinforzati con fibre	Plásticos reforzados con fibras
Graphite	Graphite	Graphit	Grafite	Grafito
Wood	Bois	Holz	Legno	Madera



Symbole	Anglais	Français	Allemand	Italien	Espagnol
v_c	Cutting speed	Vitesse de coupe	Schnittgeschwindigkeit	Velocità di taglio	Velocidad de corte
n	Revolution per minute	Vitesse de rotation	Drehzahl	Velocità di rotazione giri	Número de revoluciones por minuto
v_f	Feed speed	Vitesse d'avance	Vorschubgeschwindigkeit	Velocità di avanzamento	Velocidad de avance
f	Feed per revolution	Avance par tour	Vorschub pro Umdrehung	Avanzamento per giro	Avance per revolución
f_z	Feed per tooth	Avance par dent	Vorschub pro Zahn	Avanzamento per dente	Avance per diente
d	Diameter	Diamètre	Durchmesser	Diametro	Diametro
z	Number of teeth	Nombre de dents	Zahnezahl	Numero di denti	Número de dientes
Q	Chip removal rate	Débit de copeaux	Zeitspannungsvolumen	Volume truciolo per unità di tempo	Caudal de viruta
h	Chip thickness	Epaisseur du copeau	Spandicke	Spessore truciolo	Espesor de viruta
a_e	Radial depth of cut	Largeur de passe radiale	Radiale Zustellung	Larghezza radiale di passata	Anchura de corte radial
a_p	Axial depth of cut	Profondeur de passe axiale	Axiale Zustellung	Profondità assiale di passata	Profundidad de corte axial

**LE CONSEIL DE
L'OUTILLEUR**

*Ce tableau
de conversion
ne doit pas être
utilisé pour les
aciers rapides
traités*

Brinell	Vickers	Rockwell C
	1200	71,5
	1100	70,4
	1050	69,8
	1000	69,1
	970	68,6
	940	68
	920	67,5
	900	67
767	880	66,4
757	860	65,9
745	840	65,3
733	820	64,7
722	800	64
712	782	63,5
710	780	63,3
698	760	62,5
684	740	61,8
682	737	61,7
670	720	61
656	700	60,1
653	697	60
647	690	59,7
638	680	59,2
630	670	58,8
627	667	58,7
601	640	57,3

Brinell	Vickers	Rockwell C
578	615	56
565	591	54,7
534	569	53,5
514	547	52,1
495	528	51
477	508	49,6
461	491	48,5
444	472	47,1
429	455	45,7
415	440	44,5
401	425	43,1
388	410	41,8
375	396	40,4
363	383	39,1
352	372	37,9
341	360	36,6
331	350	35,5
321	339	34,3
311	328	33,1
302	319	32,1
293	309	30,9
285	301	29,9
277	292	28,8
269	284	27,6
262	276	26,6
255	269	25,4

Brinell	Vickers	Rockwell C	Rockwell B
248	261	24,2	
241	253	22,8	100
235	247	21,7	99
229	241	20,5	98,2
223	234		97,3
217	228		96,4
212	222		95,5
207	218		94,6
201	212		93,8
197	207		92,8
192	202		91,9
187	196		90,7
183	192		90
179	188		89
174	182		87,8
170	178		86,8
167	175		86
163	171		85
156	163		82,9
149	156		80,8
143	150		78,7
137	143		76,4
131	137		74
126	132		72
121	127		69,8
116	122		67,6
111	117		65,7