



Pensez **HSS**

METALLURGIE DES ACIERS RAPIDES

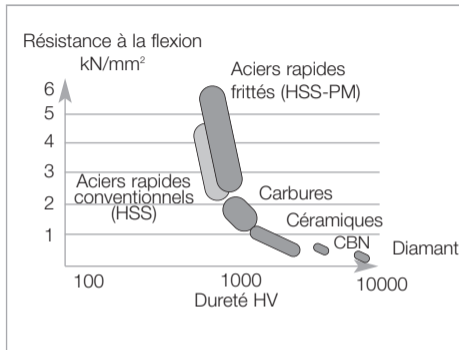
- 2 Une excellente résistance
- 3 Une grande acuité d'arête
- 4 Des outils sûrs et fiables
- 5 Les éléments d'alliage
- 6 Influence des éléments d'alliage
- 7 Compositions standards d'aciers rapides
- 8 La révolution des aciers rapides frittés
- 9 Pourquoi choisir des aciers rapides frittés
- 10 Une microstructure uniforme
- 11 La métallurgie des poudres
- 12 Compositions standards d'aciers rapides frittés
- 13 Aciers rapides frittés et revêtements

LES REVÊTEMENTS

- 14 Revêtements PVD modernes pour les meilleures performances
- 15 Avantages des outils en acier rapide revêtus
- 16 Revêtements PVD standards
- 17 Types de revêtements modernes
- 18 Inhibition de la propagation des fissures dans les revêtements
- 19 Conductivité thermique des revêtements
- 20 Le procédé PVD

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

Une excellente résistance mécanique



Les aciers rapides offrent la résistance à la flexion la plus élevée de tous les matériaux de coupe.

Une grande résistance à la flexion permet :

- une meilleure résistance à l'écaillage des arêtes de coupe,
- des profondeurs de coupe plus importantes, c'est à dire un nombre de passes réduit,
- l'augmentation de l'avance à la dent.



Grâce à la résistance exceptionnelle des aciers rapides, les fabricants d'outils peuvent produire des arêtes de coupe très vives. Une grande acuité d'arête comporte de nombreux avantages :

- **Alliages difficiles à usiner**

Usinage amélioré dans les alliages de titane.
Moins d'écrouissage dans les aciers inoxydables austénitiques et les alliages de nickel.

- **Qualité améliorée**

Etats de surface et tolérances des pièces usinées meilleurs, car le métal est coupé et non arraché.
Efforts de coupe moindres – très important pour l'usinage d'ailes minces.

- **Durée de vie d'outil plus longue**

Températures d'arête plus basses en raison d'efforts de coupe moins élevés.

- **Et l'usinage est plus économique !**

Réduction de la puissance consommée par la machine.

LE CONSEIL DE L'OUTILLEUR

*Des outils sûrs
et fiables*



Grâce à la résistance mécanique exceptionnelle des aciers rapides, les outils coupants en HSS risquent moins souvent de casser et durent plus longtemps. Les outils coupants en acier rapide :

- **Résistent aux vibrations**, quel que soit le type de machine-outil, même si la rigidité a diminué avec le temps, et quelles que soient les conditions de bridage.
- **Résistent aux chocs mécaniques** au niveau des dents dans les opérations de fraisage ou de taillage d'engrenages.
- **Sont adaptés aux usinages spéciaux et difficiles** : matériaux non homogènes, trous, cordons de soudures, empilements de tôles, plans inclinés, etc...
- **Résistent aux chocs thermiques**, et sont adaptés à tous les types de lubrification.

Cr	W	Mo	V	Co
<p>Chrome</p> <p>Teneur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Environ 4 % <p>Rôle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Augmente la trempabilité • Prévient la formation d'oxyde <p>Origine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pays variés 	<p>Tungstène</p> <p>Teneur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 20 % <p>Rôle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efficacité de la coupe • Résistance à l'adoucissement <p>Origine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principalement la Chine 	<p>Molybdène</p> <p>Teneur</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jusqu'à 10 % <p>Rôle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efficacité de la coupe • Résistance à l'adoucissement • Améliore la trempabilité <p>Origine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sous-produit de la production du cuivre et du tungstène 	<p>Vanadium</p> <p>Teneur</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 à 5 %, max. 10 % <p>Rôle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forme des carbures très durs, pour une bonne résistance à l'abrasion <p>Origine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Présent dans beaucoup de minéraux 	<p>Cobalt</p> <p>Teneur</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0 à 16 % <p>Rôle</p> <ul style="list-style-type: none"> • Améliore la résistance à la chaleur • Améliore la dureté à chaud • Améliore légèrement la conductivité thermique <p>Origine</p> <ul style="list-style-type: none"> • Principalement le Canada, le Maroc et le Zaïre

Note : 1 % Mo = 2 % W (% en masse)



	Cr	W	Mo	V	Co
Dureté	↗	↗	↗	↗	↗
Résistance aux chocs	→	→	↗	→	↘
Résistance à la chaleur	→	↗	↗	↗	↗
Résistance à l'usure	↗	↗	↗	↗	↗

HSS

Normes ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V
HS 6-5-2 (M2)	0,9	4	6	5	2
HS 1-8-1 (M1)	0,8	4	1,5	8,75	1
HS 2-8-2 (M7)	1	4	1,75	8,75	2
HS 18-0-1 (T1)	0,75	4	18	0	1

HSS-E

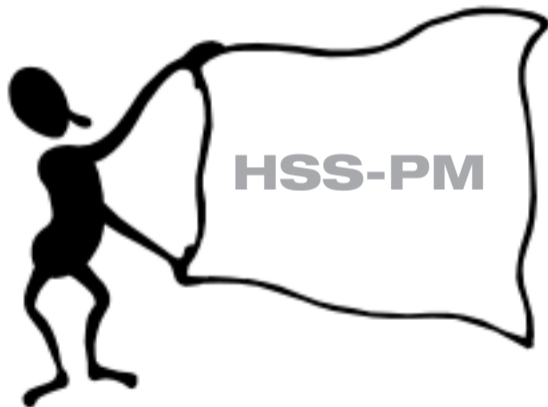
5 % cobalt

Normes ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 6-5-2-5 (M35)	0,9	4,2	6,4	5	1,9	4,8
(T15)	1.5	4	12	0	5	5

HSS-E

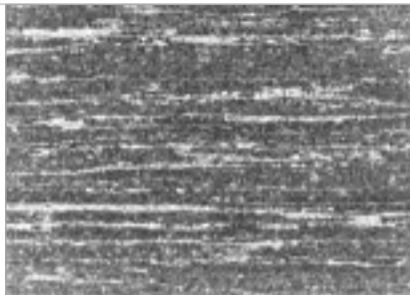
8 % cobalt

Normes ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 2-9-1-8 (M42)	1,1	4	1,5	9,5	1,2	8

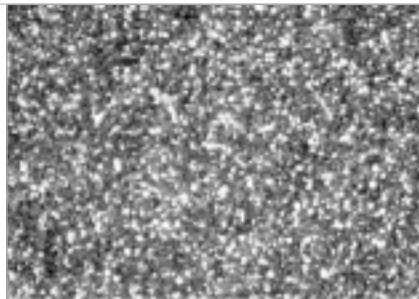


- Les aciers rapides produits par la métallurgie des poudres offrent une plus haute teneur en éléments d'alliage et une **combinaison exceptionnelle de propriétés** :
 - plus grande résistance,
 - plus grande résistance à l'usure,
 - plus grande dureté,
 - plus grande dureté à chaud.
- L'utilisation d'aciers rapides frittés **prolonge la durée de vie des outils**, rend celle-ci plus facilement prévisible, améliore les performances (avance et vitesse de coupe) et offre une solution aux problèmes d'écaillage. L'acier rapide fritté est un excellent substrat pour tirer le meilleur parti des revêtements.
- Les aciers rapides frittés ont beaucoup d'avantages **dans les applications hautes performances** comme les outils de taillage d'engrenages, l'ébauche en fraisage, le brochage, et aussi dans les cas de taraudage difficiles, et pour les opérations de perçage et d'alésage. Les aciers rapides frittés sont utilisés aussi en sciage, pour les couteaux industriels, les outils de travail à froid, les cylindres de laminoir, etc.





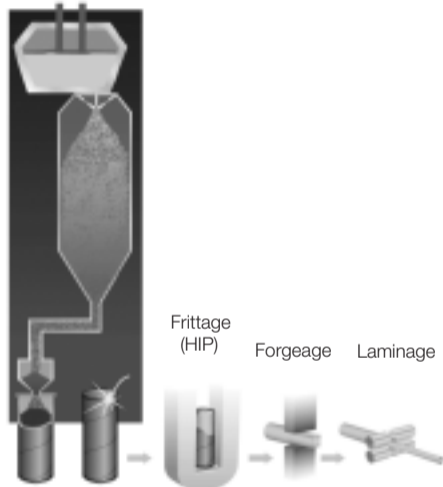
HSS



HSS-PM

La microstructure uniforme et la propreté inclusionnaire des aciers rapides frittés sont très importantes pour la fiabilité des outils.

Atomisation de la poudre



**LE CONSEIL DE
L'OUTILLEUR**

*Les producteurs
d'aciers développent
constamment de
nouvelles nuances
d'aciers rapides
frittés pour atteindre
des performances
de coupe encore
meilleures*

HSS-PM

Normes ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V
HS 6-5-3 (M3:2)	1,3	4,1	6,4	5	3
HS 6-5-4 (M4)	1,45	4,1	6,4	5	4

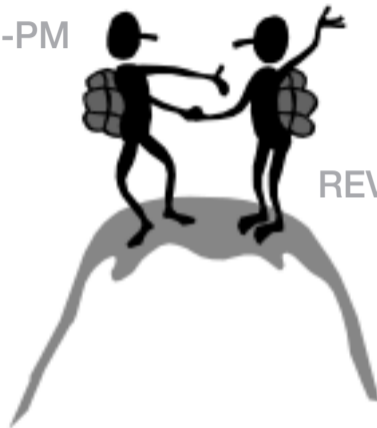
HSS-E-PM

Normes ISO (AISI)	C	Cr	W	Mo	V	Co
HS 12-0-5-5 (T15)	1,5	4	12	0	5	5
HS 6-5-3-8	1,3	4,2	6,4	5	3,1	8,5
HS 6-7-6-10	2,3	4,2	6,5	7	6,5	10,5

**LE CONSEIL DE
L'OUTILLEUR**

*Pour atteindre
des performances
encore meilleures,
combinez l'efficacité
des revêtements
PVD avec
les avantages des
aciers rapides frittés*

HSS-PM



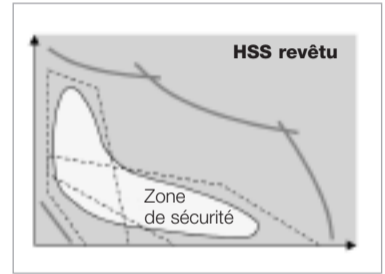
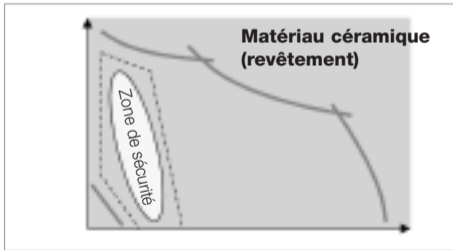
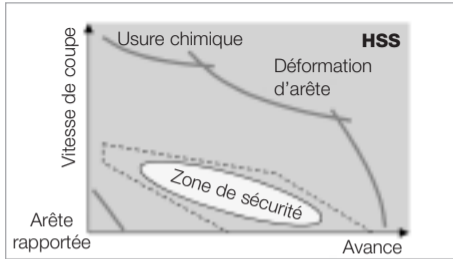
REVÊTEMENTS



- Les aciers rapides conventionnels et les aciers rapides frittés sont d'excellents substrats pour tous les revêtements PVD comme les TiN, TiAlN, TiCN, les lubrifiants solides et les revêtements multicouches.
- Les revêtements **augmentent considérablement la performance** des outils en terme de productivité, **durée de vie**, vitesse de coupe, avance, possibilité d'usinage à sec et dans l'usinage des matériaux difficiles à usiner.
- Les revêtements apportent :
 - Une **augmentation de la dureté en surface**, pour une **meilleure résistance à l'usure** (usure par abrasion et par adhésion, usure en dépouille et en cratère),
 - Une **réduction du coefficient de frottement** pour une meilleure évacuation des copeaux, une réduction des efforts de coupe, la prévention de la formation d'arêtes rapportées, une génération de chaleur moindre, etc...
 - Un **échauffement moindre de l'outil**,
 - Une grande résistance à la corrosion et à l'oxydation, grâce à la **barrière chimique** créée,
 - Une grande résistance à l'usure en cratère,
 - Une **amélioration de l'état de surface** des pièces finies.

REVETEMENTS PVD MODERNES POUR LES MEILLEURES PERFORMANCES





TiN Or	TiCN Gris-violet	TiAlN ou TiAlCN Noir-violet	WC-C ou MoS₂ Gris-noir	CrN Métal
<p>Dureté HV (0,05) 2300</p> <p>Coeff. de frottement : 0,3</p> <p>Stabilité thermique 600° C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revêtement d'usage général • Pour un meilleur glissement de l'arête de coupe • Améliore la résistance à l'abrasion 	<p>Dureté HV (0,05) 3000</p> <p>Coeff. de frottement : 0,4</p> <p>Stabilité thermique 750° C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revêtement polyvalent • Haute performance dans les aciers de construction • Plus grande résistance à l'usure que les revêtements TiN • Disponible en mono et multicouche 	<p>Dureté HV (0,05) 3000-3500</p> <p>Coeff. de frottement : 0,45</p> <p>Stabilité thermique 800° à 900° C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revêtement haute performance pour augmenter les conditions de coupe et la durée de vie. Également adapté à l'usinage à sec • Réduit l'échauffement de l'outil • Les versions multicouches, alliées et nano-structurées sont encore plus efficaces 	<p>Dureté HV (0,05) 1000-3000</p> <p>Coeff. de frottement : 0,1</p> <p>Stabilité thermique 300° C</p> <ul style="list-style-type: none"> • Améliore le glissement • Mais résistance à la chaleur limitée • Pour les matériaux collants comme les alliages d'aluminium, de cuivre et les matériaux non-métalliques 	<ul style="list-style-type: none"> • Pour cuivre, étain, bronze





Monocouche



Couche en gradient



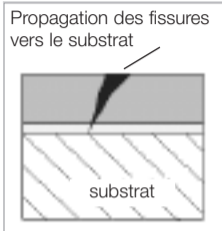
Multicouche



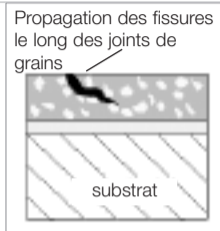
Nanocouche



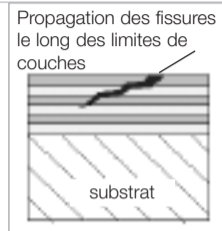
Révêtements "mou / dur"



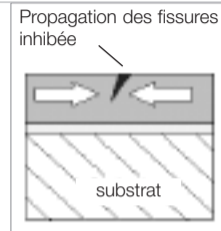
Monocouche avec un faible niveau de contraintes résiduelles de compression



Structure nanocrystalline



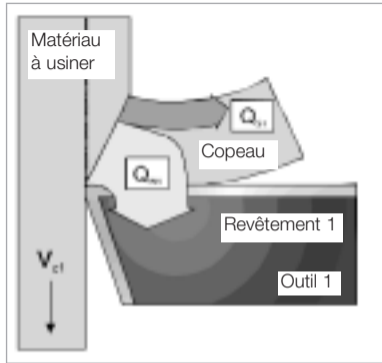
Multicouche



Monocouche avec un haut niveau de contraintes résiduelles de compression

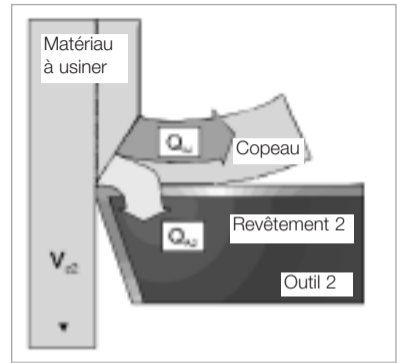
- La ténacité des couches est aussi importante que la dureté du revêtement pour retarder la propagation des fissures.
- Un équilibre entre un fort niveau de contraintes résiduelles de compression (adhérence faible) et un faible niveau de contraintes résiduelles de compression (faible résistance à la fissuration) est nécessaire.

INHIBITION DE LA PROPAGATION DES FISSURES DANS LES REVETEMENTS



Revêtement avec une haute conductivité thermique

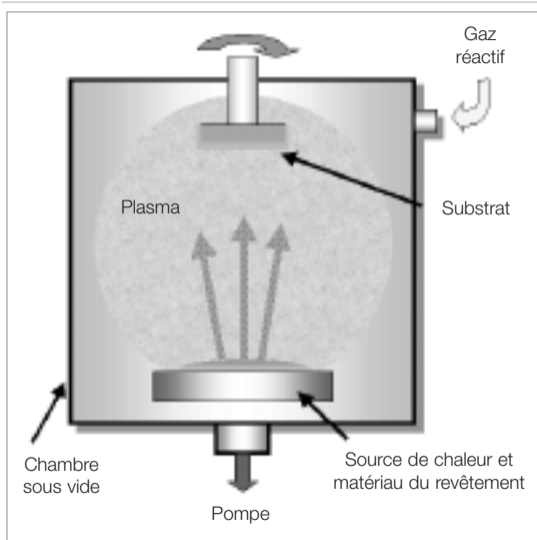
- Vitesse de coupe $V_{c1} = V_{c2}$
- Flux de chaleur, copeau $Q_{s2} > Q_{s1}$
- Flux de chaleur, outil $Q_{w2} > Q_{w1}$
- Effort de coupe $F_{c1} > F_{c2}$
- Longueur de la zone de contact $l_{k1} > l_{k2}$



Revêtement avec une faible conductivité thermique

CONDUCTIVITE THERMIQUE DES REVETEMENTS





- Le matériau de revêtement est d'abord évaporé ; il se condense ensuite sur le substrat (= l'outil)
- Vide : 10^{-6} - 10^{-4} torr
- Température: 200 - 500° C
- Assisté plasma