

# VANADIS 4 Extra SUPERCLEAN<sup>3</sup>

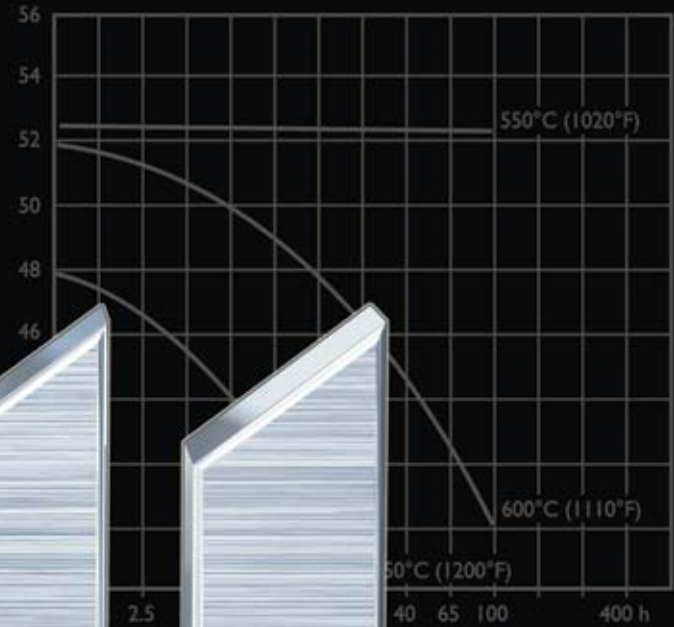
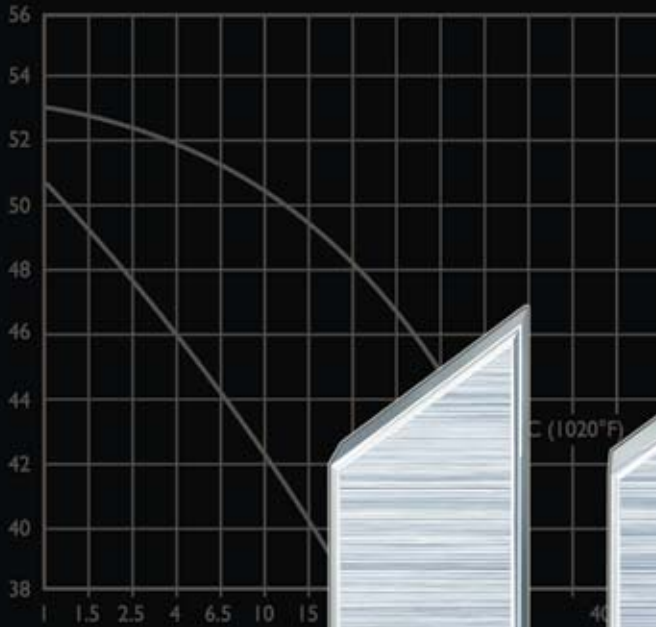
Acier d'outillage pour travail a froid obtenu par la métallurgie des poudres

COLD WORK

PLASTIC MOULDING

HOT WORK

HIGH PERFORMANCE STEEL



Typical analysis %	C 2,05	Cr 5	V 0,15	Typical analysis %	Mn 0,8	Cr 4,5	W 0,2
Standard specification	AISI D6, (DIN 1.2716)			Standard specification	DIN 1.2716 (W.Nr. 1.2796)		
Delivery condition	Soft annealed			Delivery condition	Soft annealed to approx. 200 HB		
Colour code	Red			Colour code	Red		

Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m <sup>3</sup> lbs/m <sup>3</sup>	7 770 0,281	7 770 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm <sup>2</sup> psi	194 000 28,1 × 10 <sup>6</sup>	188 000 27,3 × 10 <sup>6</sup>	173 000 25,1 × 10 <sup>6</sup>
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 11,7 × 10 <sup>-6</sup> to 212°F 6,5 × 10 <sup>-6</sup>	to 200°C 12 × 10 <sup>-6</sup> to 400°F 6,7 × 10 <sup>-6</sup>	to 400°C 13,0 × 10 <sup>-6</sup> to 750°F 7,3 × 10 <sup>-6</sup>
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft <sup>2</sup> h°F)	- -	27 187	32 221
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	455 0,109	525 0,126	608 0,145

## Principales propriétés des aciers d'outillage pour

### OBTENIR DE MEILLEURES PERFORMANCES

- Dureté adaptée à l'application
- Haute résistance à l'usure
- Ténacité élevée

Une résistance élevée à l'usure est souvent associée à une faible ténacité et vice versa. Néanmoins, pour une performance optimale des outils, une résistance élevée à l'usure et une haute ténacité sont nécessaires dans de nombreux cas.

Le Vanadis 4 Extra est un acier pour travail à froid, élaboré par métallurgie des poudres qui offre un excellent compromis de résistance à l'usure et de ténacité pour des outils à haute performance.

### FABRIQUER L'OUTILLAGE

- Usinabilité
- Traitement thermique
- Stabilité dimensionnelle lors du traitement thermique

La fabrication d'un outillage à partir d'aciers à outils fortement alliés a toujours été problématique pour l'usinage et le traitement thermique en comparaison avec des nuances plus faiblement alliées, ce qui, souvent, augmente le coût de fabrication de l'outillage.

Grâce à un équilibre très étudié des éléments d'alliage et au procédé d'élaboration par la métallurgie des poudres, Vanadis 4 Extra présente une bien meilleure usinabilité que l'acier à outils de nuance X 160CrMoV 12.

L'un des principaux avantages du Vanadis 4 Extra est sa stabilité dimensionnelle après la trempe et le revenu, bien meilleure que celle des aciers les plus connus et les plus performants pour le travail à froid. De ce fait, le Vanadis 4 Extra est un acier à outil parfaitement adapté aux dépôts CVD.

## Généralités

Le Vanadis 4 Extra est un acier allié au chrome-molybdène-vanadium qui se caractérise par :

- Une excellente ténacité
- Une résistance élevée à l'usure adhésive/abrasive
- Une forte résistance à la compression
- Une excellente stabilité dimensionnelle au traitement thermique et en service
- Une très bonne trempabilité à cœur
- Une excellente résistance au revenu
- Une usinabilité et une aptitude à la rectification excellentes

Composition chimique %	C 1,4	Si 0,4	Mn 0,4	Cr 4,7	Mo 3,5	V 3,7
Etat de Livraison	Recuit doux à environ 230 HB					
Code Couleur	Vert/Blanc avec une ligne noir transversale					

## Applications

Le Vanadis 4 Extra est particulièrement recommandé aux applications pour lesquelles l'usure par adhérence et/ou l'écaillage sont les mécanismes d'endommagement prédominants, comme c'est le cas :

- avec des matériaux tendres/adhérents comme l'acier inoxydable austénitique, l'acier doux, le cuivre, l'aluminium, etc. comme matériaux de travail
- avec les matériaux à fortes épaisseurs
- avec des matériaux à haute limite d'élasticité.

Le Vanadis 4 Extra est cependant parfaitement adapté à la découpe et le formage de tôles à très forte résistance mécanique (HLE), tôles qui exigent un acier à outil à forte résistance à l'usure et haute résilience/ténacité.

### Exemples.

- Découpage et formage
- Découpage fin
- Outillage de filage à froid
- Compression des poudres
- Emboutissage profond
- Couteaux
- Acier adapté aux revêtements de surface

Ces informations sont basées sur l'état actuel de nos connaissances et sont destinées à donner des indications générales sur nos produits et leurs utilisations. Elles ne peuvent en aucun cas être considérées comme une garantie de propriétés spécifiques du produit décrit, ni une garantie qu'il soit adapté à une application spécifique.

## Propriétés

### PROPRIETES PHYSIQUES

Trempé et revenu pour une dureté de 60 HRC

Température	20°C	200°C	400°C
Densité kg/m <sup>3</sup>	7 700	–	–
Module d'élasticité N/mm <sup>2</sup>	206 000	200 000	185 000
Coefficient de dilatation thermique par °C à partir de 20°C	–	10,9 x 10 <sup>-6</sup>	11,7 x 10 <sup>-6</sup>
Conductivité thermique W/m • °C	–	30	30
Chaleur spécifique J/kg °C	460	–	–

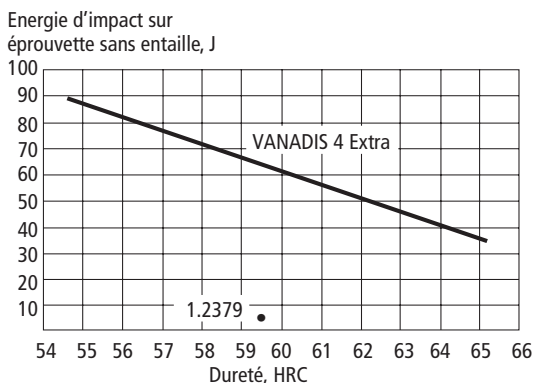
### RESILIENCE

L'évolution de la résilience (à température ambiante) en fonction de la dureté figure sur le graphe ci-dessous.

*Dimension initiale de barre* : Ø 105 mm, les échantillons sont prélevés au centre et contrôlés dans le sens transversal.

*Dimension de l'éprouvette* : 7 x 10 x 55 mm sans entaille. Trempé entre 940°C et 1150°C. Temps de maintien de 30 minutes jusqu'à 1100°C et de 15 minutes au-dessus de 1100°C. Refroidissement à l'air. Revenu 2 x 2h entre 525°C et 570°C.

*Evolution de la ductilité entre le Vanadis 4 Extra en fonction de la dureté et comparaison avec le X 160CrMoV 12 (W.-Nr. 1.2379)*



## Traitement thermique

### RECUIT DOUX

Protéger l'acier et chauffer à cœur à 900°C. Refroidir au four à raison de 10°C à l'heure jusqu'à 750°C, puis à l'air libre.

### RECUIT DE DETENTE

Après ébauchage, l'outil sera chauffé à cœur à 650°C pendant 2 heures. Refroidir lentement jusqu'à 500°C, puis à l'air libre.

### TREMPE

*Température de pré-chauffe* : 600–700°C.

*Température d'austénitisation* : 940–1150°C, généralement 1020°C. Pour les fortes sections >70 mm, prévoir 1060°C.

*Temps de maintien à température* : 30 min. jusqu'à 1100°C, 15 min. au-delà de 1100°C.

N.B. : Temps de maintien à température = maintien à température de trempé lorsque l'outil est en température à cœur. Une durée de maintien inférieure entraîne une perte de dureté.

*Protéger la pièce de la décarburation et de l'oxydation pendant la trempe.*

### AGENTS DE TREMPÉ

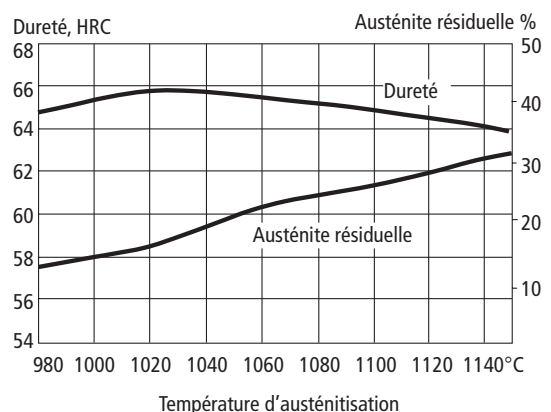
- Vide (flux de gaz à grande vitesse avec surpression suffisante)
- Bain d'arrêt de trempé à 500–550°C
- Bain de sels à 200–350°C

*Remarque 1* : L'outil doit subir un revenu dès que sa température atteint 50–70°C

*Remarque 2* : Pour obtenir les propriétés optimales de l'outil, la vitesse de refroidissement devra être aussi rapide que possible et être adaptée aux déformations admises.

*Remarque 3* : La trempe en bain de sel doit être suivi d'un refroidissement forcé à l'air si l'épaisseur dépasse 70 mm.

### Dureté et austénite résiduelle en fonction de la température d'austénitisation



**REVENU**

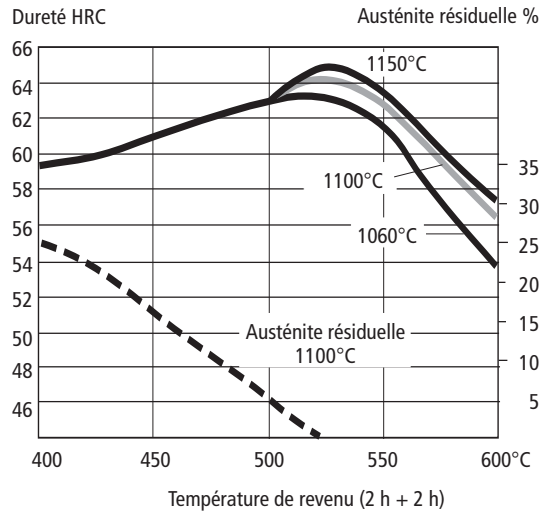
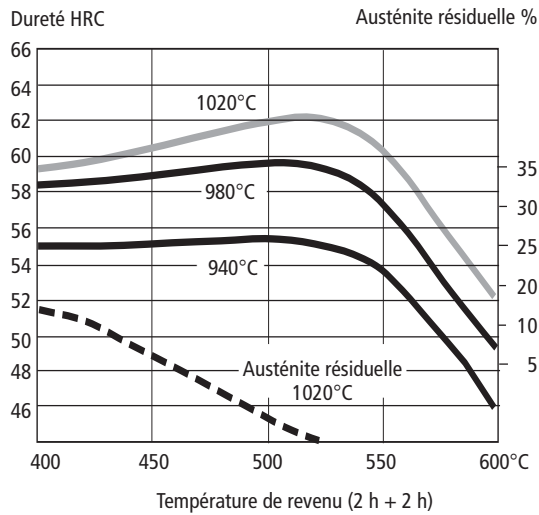
Choisissez la température de revenu en fonction de la dureté visée en vous référant au diagramme de revenu ci-dessous.

Effectuer deux revenus successifs avec un refroidissement intermédiaire à température ambiante.

La température minimale de revenu est de 525°C. Maintenir à température pendant au moins 2 heures. Afin de conserver une bonne tenacité, la température de revenu ne doit pas être inférieure à 525°C.

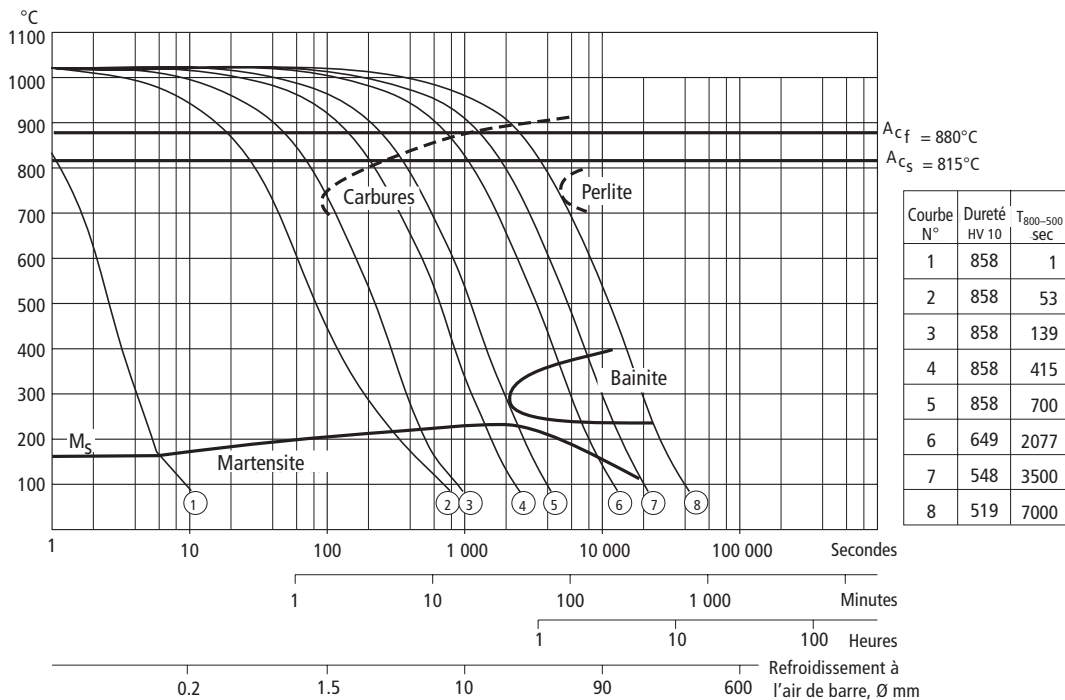
Afin de limiter la teneur en austénite résiduelle, une température de revenu supérieure à 525°C est recommandée.

*Courbes de revenu*



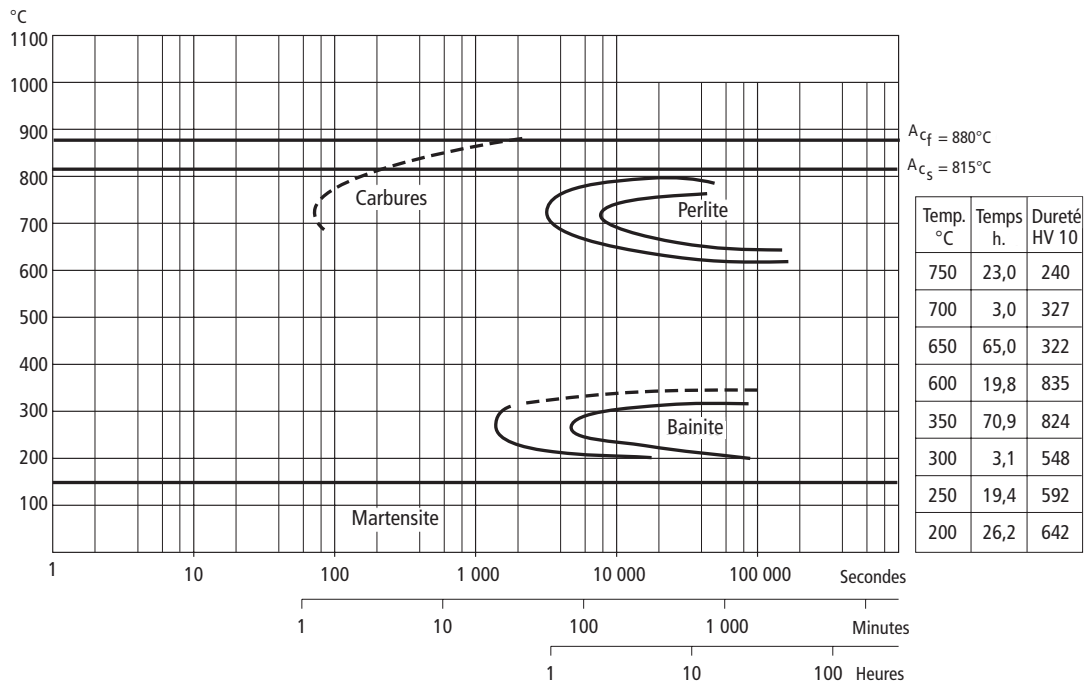
*Courbe TRC*

Température d'austénitisation : 1020°C (1870°F). Temps à température : 30 minutes.



### Courbe TTT

Température d'austénitisation : 1020°C. Temps à température : 30 minutes.



### VARIATIONS DIMENSIONNELLES EN COURS DE TREMPE ET REVENU

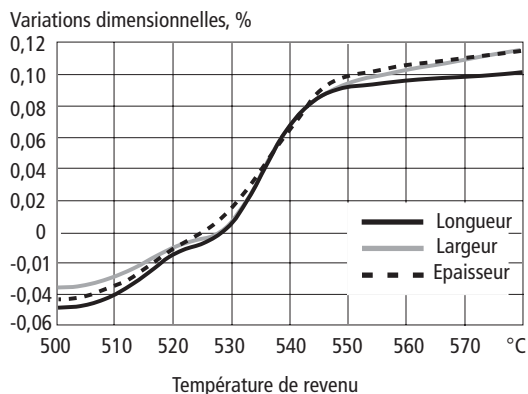
Les variations dimensionnelles ont été mesurées après la trempe et le revenu.

**Austénitisation :** 1020°C/30 min. refroidissement en four sous vide à raison de 1,1°C/sec entre 800°C et 500°C.

**Revenu :** 2 x 2 h à différentes températures

**Dimension éprouvette :** 80 x 80 x 80 mm

*Variations dimensionnelles après la trempe et le revenu dans les sens de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur*



### PASSAGE AU FROID

Les pièces pour lesquelles une stabilité dimensionnelle absolue s'impose, peuvent être traitées de la façon suivante :

Immédiatement après trempe, la pièce devra être traitée entre -70 et -80°C, avec un temps de maintien à température de 3 à 4 heures, suivi d'un revenu. Pour les revenus à haute température, abaissez la température de 25°C de façon à obtenir la dureté désirée. Eviter les formes complexes, car elles sont sources de fissurations.

### Traitement de surface

Un traitement de surface peut être réalisé de façon à réduire le frottement et augmenter la résistance à l'usure. Les traitements les plus courants sont la nitruration et les dépôts de surface PVD et CVD. Une dureté et une résilience élevées associées à une excellente stabilité dimensionnelle font du Vanadis 4 Extra un support idéal pour de nombreux revêtements de surface.

### NITRURATION

La nitruration apporte une couche superficielle dure qui résiste à l'usure et à l'érosion.

Le Vanadis 4 Extra est généralement revenu à température élevée, autour de 525°C. Cela implique

que la température de nitruration ne devra pas dépasser 500–525°C.

La nitruration ionique, effectuée à des températures inférieures à celle du dernier revenu après trempe, est préférable.

Après nitruration, la dureté de surface est d'environ 1150 HV<sub>0,2kg</sub>.

L'épaisseur du revêtement devra être prévue en fonction de l'application

### PVD

Dépôt physique en phase vapeur, le PVD est une technique d'obtention de revêtements résistant à l'usure. La température de dépôt est comprise entre 200 et 500°C.

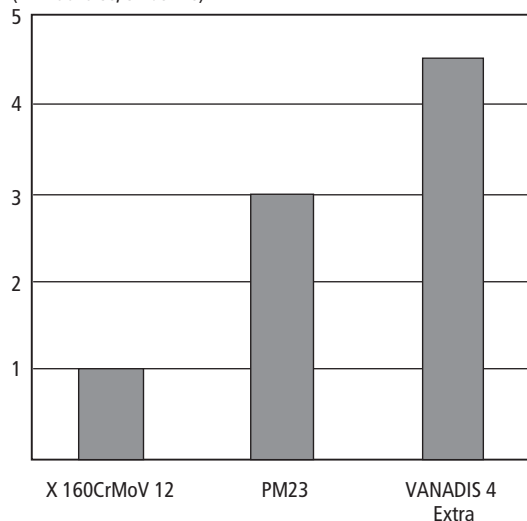
### CVD

Dépôt chimique en phase vapeur, le procédé CVD permet d'appliquer des revêtements de surface résistants à l'usure. La température de dépôt est d'environ 1000°C. Il est recommandé d'effectuer la trempe et le revenu des outils séparément dans un four sous vide après le traitement de surface.

## Usinabilité

Comparaison des aptitudes à l'usinage et à la rectification des X 160CrMoV 12 (W.-Nr. 1.2379), PM 23 et Vanadis 4 Extra. Plus la valeur est élevée, meilleure est l'aptitude à l'usinage et à la rectification.

Comparaison des aptitudes à l'usinage/à la rectification (1=mauvaise, 5=bonne)



## Conseils d'usinage

Les valeurs d'usinage ci-dessous sont données à titre indicatif et doivent être adaptées aux conditions locales d'usinage.

**Etat de livraison : Recuit d'adoucissement à ~230 HB**

### TOURNAGE

Paramètres d'usinage	Tournage aux carbures		Tournage à l'acier rapide Finition
	Ebauche	Finition	
Vitesse de coupe ( $v_c$ ) m/mn	120–170	170–220	15–20
Avance ( $f$ ) mm/tour	0,2–0,4	0,05–0,2	0,05–0,3
Profondeur de passe ( $a_p$ ) mm	2–4	0,5–2	0,5–3
Désignation ISO du carbure	K20*, P20*	K15*, P15*	–

\*Utiliser une nuance de carbure avec revêtement CVD résistant à l'usure.

### FRAISAGE

#### Dressage – Surfaçage

Paramètres d'usinage	Fraisage aux carbures	
	Ebauche	Finition
Vitesse de coupe ( $v_c$ ) m/mn	110–150	150–200
Avance ( $f_z$ ) mm/dent	0,2–0,4	0,1–0,2
Profondeur de passe ( $a_p$ ) mm	2–4	– 2
Désignation ISO du carbure	K20, P20 Carbure revêtu*	K15, P15 Carbure revêtu ou cermet*

\*Utiliser une nuance de carbure avec revêtement CVD résistant à l'usure

#### Fraisage en bout

Paramètres d'usinage	Type de fraisage		
	Carbure monobloc	Plaquette amovible en carbure	Acier rapide <sup>1)</sup>
Vitesse de coupe ( $v_c$ ) m/mn	60–80	110–160	8–12
Avance ( $f_z$ ) mm/dent	0,03–0,20 <sup>2)</sup>	0,08–0,20 <sup>2)</sup>	0,05–0,35 <sup>2)</sup>
Désignation ISO du carbure	–	K15 <sup>3)</sup>	–

<sup>1)</sup> Avec fraise revêtue en acier rapide  $v_c = 18–24$  m/mn

<sup>2)</sup> En fonction de la profondeur radiale d'usinage et du diamètre de fraise

<sup>3)</sup> Utiliser une nuance de carbure avec revêtement CVD résistant à l'usure

**PERÇAGE****Foret hélicoïdal en acier rapide**

Diamètre du foret mm	Vitesse de coupe ( $v_c$ ) m/mn	Avance (f) mm/tour
– 5	12–14*	0,05–0,15
5–10	12–14*	0,15–0,25
10–15	12–14*	0,25–0,30
15–20	12–14*	0,30–0,35

\* Pour les forets en acier rapide revêtus  $v_c = 22–24$  m/mn

**Forets aux carbures**

Paramètres d'usinage	Type de foret		
	Plaquette amovible	Carbure monobloc	Carbure brasé <sup>1)</sup>
Vitesse de coupe ( $v_c$ ) m/mn	140–160	80–100	50–60
Avance (f) mm/tour	0,05–0,15 <sup>2)</sup>	0,10–0,25 <sup>2)</sup>	0,15–0,25 <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Forets à canal de refroidissement interne et embout carbure brasé

<sup>2)</sup> Suivant le diamètre du foret

**RECTIFICATION**

Nous donnons ci-dessous des conseil d'ordre général pour les meules. Pour de plus amples informations, consulter la brochure d'Uddeholm « Rectification de l'acier à outil ».

**Meules préconisées**

Type de rectification	Etat recuit doux	Etat trempé
Meule tangentielle de rectification plane	A 46 HV	B151 R50 B3 <sup>1)</sup> A 46 HV <sup>2)</sup>
Rectification plane à segments	A 24 GV	A46 FV A46 FV <sup>2)</sup>
Rectification cylindrique	A 60 KV	B151 R75 B3 <sup>1)</sup> A 60 KV <sup>2)</sup>
Rectification intérieure	A 60 JV	B151 R75 B3 <sup>1)</sup> A 60 KV <sup>2)</sup>
Rectification de profils	A 100 LV	B126 R100 B6 <sup>1)</sup> A 80 JV <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Utiliser si possible des meules CBN pour cette application

<sup>2)</sup> L'utilisation de meules vitrifiées est recommandée

**Electro-érosion**

Si l'on a recours à l'électro-érosion à l'état trempé et revenu, terminer par une érosion fine, c'est-à-dire à courant faible et à haute fréquence.

Pour un meilleur résultat, la surface usinée par électro-érosion devra ensuite être rectifiée/polie et l'outil soumis à un revenu supplémentaire à environ 25°C en dessous de la température de revenu initiale.

Lors de l'usinage par électro-érosion de dimensions importantes ou de formes complexes, le Vanadis 4 Extra devra subir des revenus à des températures élevées, supérieures à 500°C.

**Comparaison des différents aciers à outils Uddeholm pour travail à froid****PROPRIETES DES MATERIAUX ET RESISTANCE AUX MECANISMES DE DETERIORATION**

Nuance Uddeholm	Dureté/ Résistance à la déformation plastique	Usinabilité	Aptitude à la rectifica- tion	Stabilité dimen- sionnelle	Résistance à		Résistance à la fissuration par fatigue	
					Usure par abrasion	Usure par adhésion	Ductilité/ Résistance à l'écaillage	Ténacité/ Résistance à la rupture
ARNE	■	■	■	■	■	■	■	■
CALMAX	■	■	■	■	■	■	■	■
CALDIE	■	■	■	■	■	■	■	■
RIGOR	■	■	■	■	■	■	■	■
SLEIPNER	■	■	■	■	■	■	■	■
SVERKER 21	■	■	■	■	■	■	■	■
SVERKER 3	■	■	■	■	■	■	■	■
VANADIS 4 Extra	■	■	■	■	■	■	■	■
VANADIS 6	■	■	■	■	■	■	■	■
VANADIS 10	■	■	■	■	■	■	■	■
VANADIS 23	■	■	■	■	■	■	■	■
VANADIS 30	■	■	■	■	■	■	■	■
VANADIS 60	■	■	■	■	■	■	■	■
W.-Nr. 1.3343	■	■	■	■	■	■	■	■