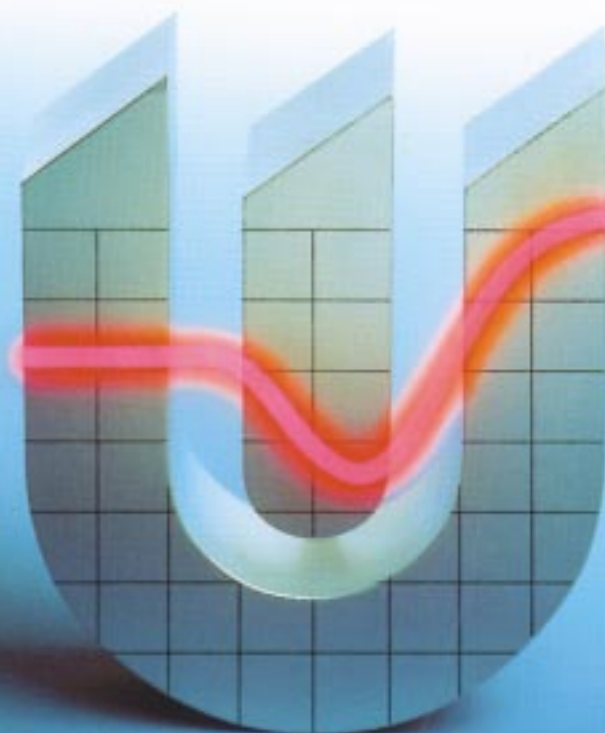




CALMAX

**Acier pour moules à plastiques
et pour travail à froid**



 **UDDEHOLM**

Partout où l'on fabrique des outils
Partout où l'on se sert d'outils

Généralités

CALMAX est un acier allié au chrome-molybdène-vanadium caractérisé par :

- Haute ténacité
- Excellente résistance à l'usure
- Excellente trempabilité à coeur
- Excellente stabilité dimensionnelle à la trempe
- Excellente aptitude au polissage
- Excellente soudabilité
- Excellente trempabilité à la flamme et par induction.

Composition chimique type %	C 0,60	Si 0,35	Mn 0,8	Cr 4,5	Mo 0,5	V 0,2
Etat à la livraison	Recuit doux à 200 HB					
Code de couleur	Blanc/violet					

Domaines d'utilisation

CALMAX est un acier approprié pour les applications du travail à froid et des matières plastiques. Pour de plus amples informations voyez page 7.

Propriétés

PROPRIETES PHYSIQUES

Température	20°C	200°C	400°C
Densité kg/m ³	7 770	7 720	7 650
Module d'élasticité N/mm ²	194000	188 000	178 000
Coefficient de dilatation thermique par °C à partir de 20°C	-100°C 11,7 x 10 ⁻⁶	-200°C 12,0 x 10 ⁻⁶	-400°C 13,0 x 10 ⁻⁶
Conductivité thermique W/m °C	-	27	32
Chaleur spécifique J/kg°C	455	525	608

RESISTANCE A LA COMPRESSION

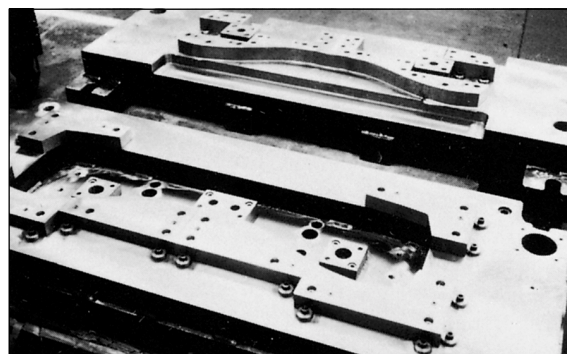
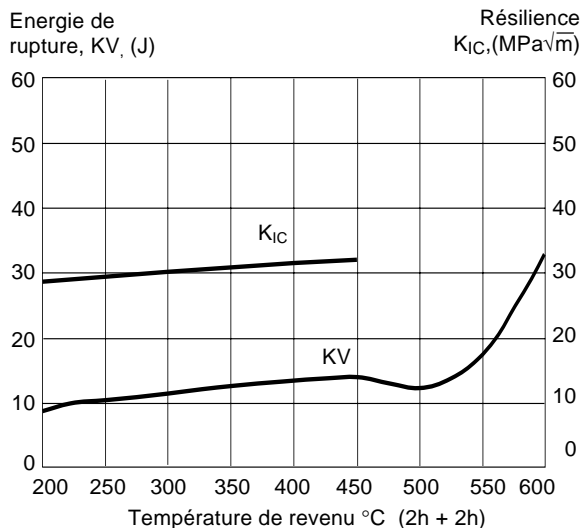
Valeurs approximatives à température ambiante.

Dureté HRC	R _{cm} N/mm ²	R _{c0,2} N/mm ²
56	2300	1900
58	2500	2000
60	2700	2100

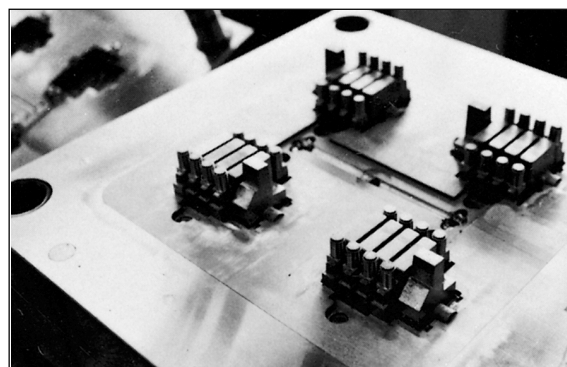
Recto :
Des produits pour le travail à froid et les matières plastiques où CALMAX représente le bon choix comme poinçon/moule.

RESILIENCE

Valeurs approximatives à température ambiante en fonction de différentes températures de revenu. Température d'austénitisation 960° C. Refroidissement à l'air. Revenu deux fois.



Matrice de découpe où CALMAX peut être utilisé dans une application très exigeante en ténacité.



Moule de production de composants élastiques. CALMAX est ici le bon choix pour une application très exigeante en résistance à l'usure.

Traitement thermique

RECUIT DOUX

Protéger l'acier et chauffer à coeur à 860°C, temps de maintien à température : 2 h. Refroidir dans un four à raison de 20°C/h jusqu'à 770°C, puis de 10°C/h jusqu'à 650°C, ensuite à l'air libre.

RECUIT DE DETENTE

Après dégrossissage, chauffer l'outil à coeur à 650°C, temps de maintien à température 2 h. Refroidir lentement à 500°C, puis à l'air libre.

TREMPE

Préchauffage : 600–750°C.

Température d'austénitisation : 950–970°C, normalement 960°C.

Température °C	Temps de maintien* à température minutes	Dureté avant revenu (HRC)
950	30	62
960	30	63
970	30	64

* Temps de maintien = temps de maintien à température d'austénitisation après chauffe à coeur complète de l'outil.

Pendant la trempe, protéger la pièce contre la décarburation et l'oxydation.

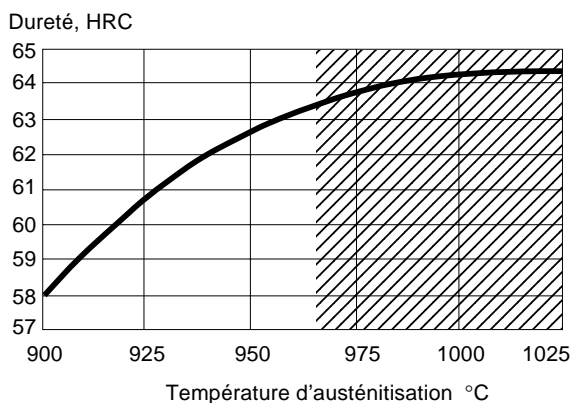
AGENTS DE TREMPE

- Ventilation forcée à air/gaz
- Four à vide à pression positive adéquate
- Bain de sels ou lit fluidisé à 200–550°C, puis refroidissement à l'air forcé
- L'huile.

Note 1 : La trempe à l'huile entraîne des variations dimensionnelles et des risques de rupture.

Note 2 : Faire le revenu de l'outil dès que sa température atteint 50–70°C.

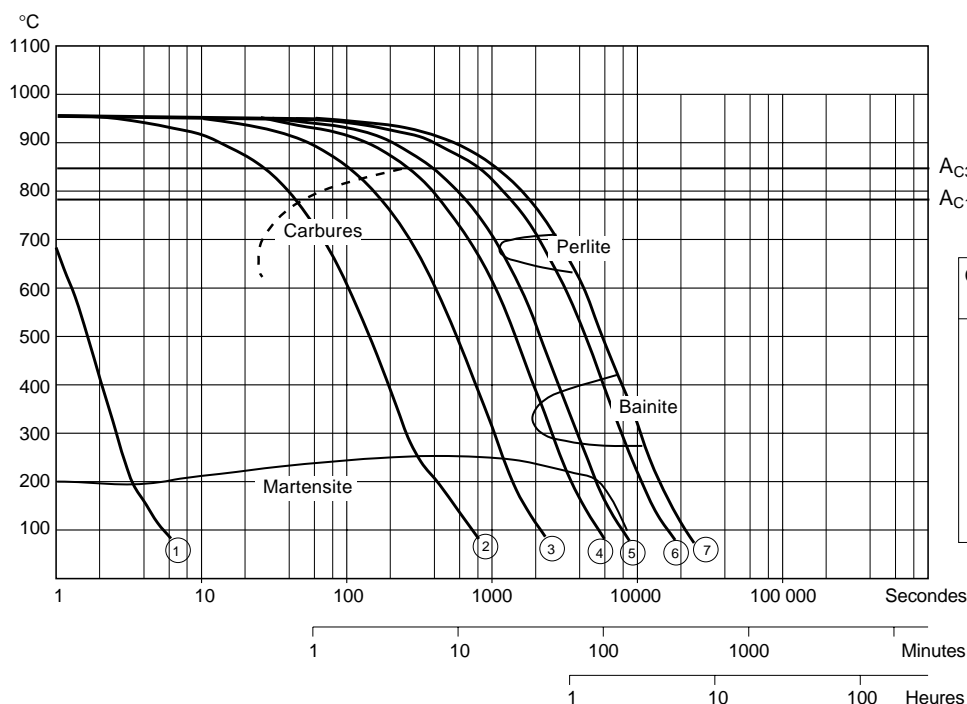
Dureté en fonction de la température d'austénitisation.



Risque de croissance du grain provoquant une ténacité réduite.

Courbe CCT

Température d'austénitisation 960°C. Temps de maintien 30 minutes.

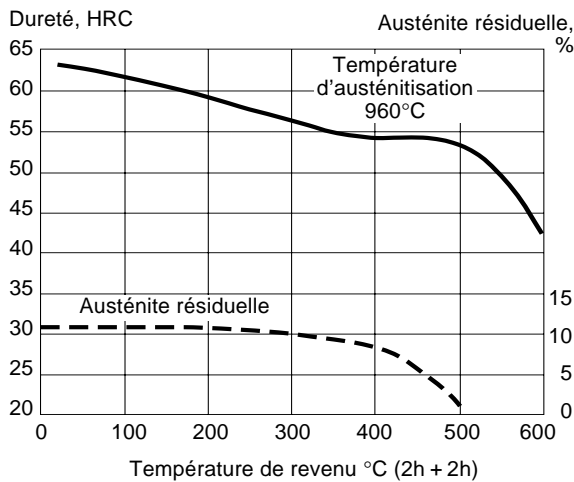


Courbe Nr.	Dureté HV ₁₀	T ₈₀₀₋₅₀₀
1	820	1
2	762	107
3	743	423
4	734	1071
5	657	1596
6	455	3228
7	413	4292

REVENU

Choisissez la température de revenu en fonction de la dureté requise en vous référant au diagramme de revenu. Faites revenir deux fois, avec un refroidissement intermédiaire à température ambiante. Température de revenu minimale : 180°C. Temps de maintien : 2 h minimum.

Courbe de revenu

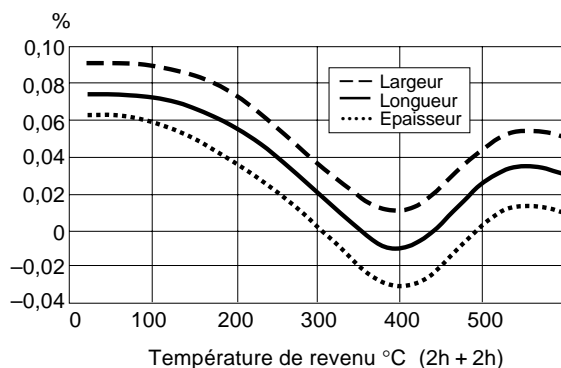


VARIATIONS DIMENSIONNELLES

Les variations dimensionnelles de la trempe et du revenu varient en fonction de la température, du type d'équipement et du milieu de refroidissement utilisé lors du traitement thermique.

La taille et la forme géométrique de l'outil sont également des facteurs essentiels. L'outil doit donc toujours être fabriqué avec une marge de travail suffisante pour compenser les déformations. Utilisez 0,20% comme règle directrice pour CALMAX. Voici un exemple de variations dimensionnelles pour une plaque de 100 x 100 x 10 mm, trempée et revenue dans des conditions idéales.

Trempe : 960°C/30 min./air.



TRAITEMENT DE SURFACE

On effectue un traitement de surface sur certains outils, afin de réduire le frottement et d'accroître la résistance à l'usure de l'outil. Les traitements les plus communément pratiqués sont la nitruration et le revêtement de surface avec des couches résistant à l'usure, carbure de titane et nitrure de titane (CVD, PVD).

Les deux procédés de nitruration les plus couramment utilisés sont la nitruration ionique et la nitruration gazeuse; elle est cependant la méthode préférée pour CALMAX quand on requiert une dureté du substrat égale ou supérieure à 54 HRC.

Procédé de nitruration	Temp. °C	Durée (h)	Profondeur de nitrure µm	Dureté du substrat HRC	Dureté de surface HV
Ionique	465*	18	200	54	1075
Gazeuse	510*	12	200	52	1075

* La température de nitruration utilisée devrait être 15 à 25°C inférieure à la température de revenu utilisée préalablement.

Une profondeur de nitruration épaisse réduit considérablement la ténacité de l'outil. La profondeur de nitruration, qui peut être contrôlée par la durée de nitruration, devra être choisie en fonction de l'application concernée.

CALMAX peut aussi être revêtu CVD mais la température du revêtement ne devra pas excéder 960°C. L'outil devra être retrempé après avoir été revêtu.

Les revêtements PVD peuvent être déposés à des températures entre 200 et 500°C. Si l'on utilise 200°C, la dureté en sous-couche CALMAX sera plus élevée que celle obtenue à une température de dépôt de 500°C. Cependant, l'adhérence du revêtement sur l'acier est meilleure si l'on utilise une température de dépôt de 500°C. La température de dépôt PVD devrait être env. 20°C plus basse que la température de revenu utilisée préalablement.

Conseils d'usinage

Les conseils d'usinage ci-dessous sont donnés à titre indicatif pour aider à déterminer les conditions optimales. Ces données ont été obtenues lors d'essais réalisés à l'état recuit doux.

TOURNAGE

	Tournage d'ébauche outil au carbure	Tournage de finition outil au carbure	Tournage de finition outil en acier rapide
Vitesse de coupe (v_c) m/min	140–170	170–220	20
Avance (f) mm/tr	0,3–0,6	–0,3	–0,3
Profondeur de passe (a_p) mm	2–6	–2	–2
Groupe ISO	P20–P30 Revêtu carbure	P10 Revêtu carbure ou cermet	

FRAISAGE

Surfaçage

	Fraisage d'ébauche outil au carbure	Fraisage de finition outil au carbure	Fraisage de finition outil en acier rapide
Vitesse de coupe (v_c) m/min	140–180	180–220	25
Avance (f_z) mm/dent	0,2–0,4	0,1–0,2	0,1
Profondeur de passe (a_p) mm	2–5	–2	–2
Groupe ISO	P20–P40 Revêtu carbure	P10–P20 Revêtu carbure ou cermet	–

Encoche

	Type de fraise		
	Monobloc en carbure	A plaquettes amovibles	Acier rapide
Vitesse de coupe (v_c) m/min	60	130–180	40 ¹⁾
Avance (f_z) mm/dent	0,03–0,20 ²⁾	0,08–0,20 ²⁾	0,05–0,35 ²⁾
Groupe ISO	K20	P20–P40 Revêtu carbure	–

¹⁾ Pour fraise en bout revêtu en acier rapide $v_c \sim 50$ m/min.

²⁾ Suivant de la profondeur radiale de coupe et du diamètre de la fraise.

PERCAGE

Forets hélicoïdaux en acier rapide

Diamètre du foret, mm	Vitesse de coupe (v_c) m/min	Avance(f) mm/tr
–5	16*	0,08–0,20
5–10	16*	0,20–0,30
10–15	16*	0,30–0,35
15–20	16*	0,35–0,40

^{*)} Avec des forets en acier rapide $v_c \sim 25$ m/min.

Forets en carbure

	Type de foret		
	Monobloc en carbure	A plaquette amovible	Carbure brasé ¹⁾
Vitesse de coupe (v_c) m/min	65	200–220	60
Avance (f) mm/tr	0,10–0,25 ²⁾	0,03–0,10 ²⁾	0,15–0,25 ²⁾

¹⁾ Forets avec canaux de refroidissement et plaquette brasée.

²⁾ Suivant le diamètre du foret.

RECTIFICATION

Une recommandation générale sur les meules de rectification est donnée ci-dessous. On peut trouver plus de renseignements dans la brochure Uddeholm « Rectification de l'acier à outils ».

Recommandation sur les meules

Type de rectification	Etat recuit doux	Etat trempé
Meule tangentielle de rectification	A 46 HV	A 46 GV
Meule à segments	A 24 GV	A 36 GV
Rectification cylindrique	A 46 LV	A 60 JV
Rectification interne	A 46 JV	A 60 IV
Rectification de profils	A 100 LV	A 120 JV

Electro-érosion

Si l'électro-érosion est effectuée à l'état trempé et revenu, soumettre l'outil à un revenu complémentaire à 25° C environ en dessous de la température de revenu précédente.

Soudage

Le soudage de CALMAX donne de bons résultats si des précautions adéquates sont prises :

1. Gardez toujours l'arc le plus court possible.
Positionnez l'électrode à 90° par rapport aux flancs du joint pour éviter la formation de creux. Inclinez également l'électrode de 75–80° par rapport à la direction d'avancement.
2. Pour les réparations importantes, soudez les premières couches avec un métal d'apport tendre. Exécutez les deux premières couches avec le même diamètre d'électrode et le même courant.
3. Des soudures de réparation importantes doivent être effectuées à haute température.
4. Bien préparer les joints.

Préconisations de soudage à l'arc TIG

Consommables	Dureté au soudage	Dureté après retrempe	Revenu de préchauffage
UTPA 73G2	53–56 HRC	51 HRC	} 200–250°C
UTPA 67S	55–58 HRC	52 HRC	
CastoTig 5*	60–64 HRC		
CALMAX/CARMO			
TIG WELD	58–61 HRC	58–61 HRC	

*) CastoTig 5 ne doit pas être utilisé sur plus de 4 couches en raison du risque accru de fissuration.

Préconisations de soudage manuel à l'arc métallique (soudage à l'arc avec électrode enrobée)

Consommables	Dureté au soudage	Dureté après retrempe	Revenu de préchauffage
ESAB OK 84.52	53–54 HRC	49 HRC	} 200–250°C
UTP 67S	55–58 HRC	52 HRC	
CITODUR 600B	57–60 HRC	53–54 HRC	
Fontargen E 711	57–60 HRC	53–54 HRC	
CALMAX/CARMO			
WELD	58–61 HRC	58–61 HRC	

TRAITEMENT THERMIQUE APRES SOUDAGE

Etat trempé

Faire revenir à 10–20°C en dessous de la température de trempé primitive.

Etat recuit doux

Chauffer à coeur à 860°C sous atmosphère protégée. Refroidir dans un four à raison de 10°C/h jusqu'à 650°C, puis à l'air libre.

Pour de plus amples informations concernant le soudage de l'acier à outils, voir la brochure Uddeholm « Soudage de l'acier à outils ».

Applications pour le travail à froid

DOMAINES D'APPLICATION

- Découpage et formage généraux
- Découpage et formage de force
- Emboutissage profond
- Frappe
- Matriçage à froid de géométries complexes
- Galets
- Lames de cisaille
- Outillage prototype.

ACIERS DE TRAVAIL A LA PRESSE CLASSIQUE

La plupart des outils de travail à la presse utilisés actuellement sont fabriqués à partir d'aciers à outils classiques tels que O1, A2, D2, D3 ou D6.

Ces aciers offrent une résistance à l'usure apparemment suffisante et leur plage de dureté les rend convenables pour une majorité d'applications. Mais ces nuances ont l'inconvénient d'être médiocres sur le plan de la ténacité, de la trempabilité à la flamme et à l'induction, et de la soudabilité, d'où baisse fréquente de la productivité et hausse des frais de maintenance en raison de leur taux élevé de ruptures intempestives. C'est la raison pour laquelle le nouvel acier à outils de travail à la presse CALMAX a été développé. Ce qui est visé avec CALMAX c'est la certitude d'un outillage à l'économie optimale, le moindre coût de l'outillage par pièce produite.

LES BESOINS ACTUELS

Le travail à la presse industriel connaît depuis quelques décennies une évolution considérable. L'acier inox et le feuillard revêtu superficiellement sont commercialisés, des presses à grande vitesse ont été mises au point. A ces progrès techniques s'ajoutent la fabrication à flux tendus et l'évolution vers l'accroissement de productivité et de longévité de l'outil. Les aciers pour outils de travail à la presse classique sont toujours régulièrement spécifiés et sélectionnés, mais souvent au détriment de la qualité et de la productivité de l'outil.

Son profil de propriétés équilibré fait de CALMAX une solution adaptée aux matériaux et aux méthodes de fabrication modernes. CALMAX offre le haut degré de sécurité qui est indispensable à l'obtention d'un outillage de qualité optimale et d'une productivité maximale.

**MECANISMES DE RESISTANCE
A LA RUPTURE**

Nuance Uddeholm	Usure par abrasion	Usure par adhésion	Ecaillage/fissuration	Déformation
CALMAX	████	████	████	████
ARNE	██	██	██	██
SVERKER 21	████	██	██	████
SVERKER 3	████	██	██	████
RIGOR	████	████	██	████

COMPARAISON DES PROPRIETES

Nuance acier Uddeholm	Résistance à l'usure	Ténacité	Polissabilité
CALMAX	████	████	████
GRANE	██	██	██
ORVAR SUPREME	██	████	████
RIGOR	████	██	██

Applications pour moulage des plastiques

DOMAINES D'APPLICATION

- Moules de production en série
- Moules pour plastiques renforcés
- Moules de moulage par compression.

Alliant ténacité et résistance à l'usure, *CALMAX* est la solution pour différentes applications de moulage.

Les moules en *CALMAX* auront une bonne résistance à l'abrasion et assureront la longévité de la production, en toute sécurité.

SOUDAGE

Les meilleurs résultats seront obtenus après polissage et décapage en utilisant des consommables de même composition que l'acier du moule, c'est-à-dire des consommables *CALMAX/CARMO*.

PHOTOGRAVURE ET POLISSAGE

CALMAX possède une structure très homogène. Ceci allié à une teneur faible en inclusions non métalliques (grâce au dégazage sous vide pendant la fabrication) assure une reproduction fidèle et constante du modèle après la photogravure ainsi qu'un très bon fini de surface après polissage.

Note : En raison de la composition de *CALMAX*, le procédé de gravure à employer doit être identique à celui employé pour les aciers à forte teneur de chrome.

Pour de plus amples informations voyez les brochures Uddeholm « Photogravure de l'acier pour outils » et « Polissage de l'acier à moule ».

Information complémentaire

Veillez vous adresser à l'agence Uddeholm locale pour toute information complémentaire quant au choix, au traitement thermique et aux applications des aciers à outil Uddeholm y compris la brochure « Aciers pour moules ».

Cette information est basée sur l'état actuel de nos connaissances et est destinée à donner une vue générale de nos produits ainsi que de leurs utilisations. Elle ne peut en aucun cas être considérée comme une garantie de propriétés spécifiques au produit décrit, ni une garantie qu'il soit approprié à une application particulière.