

CALMAX

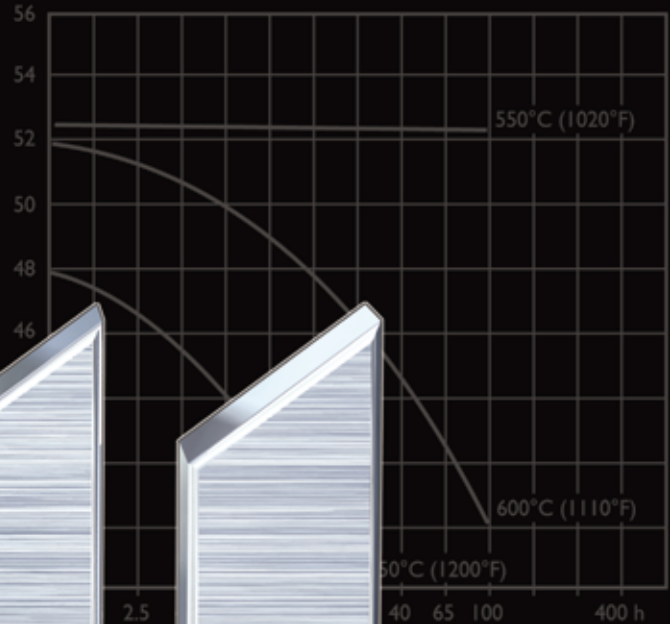
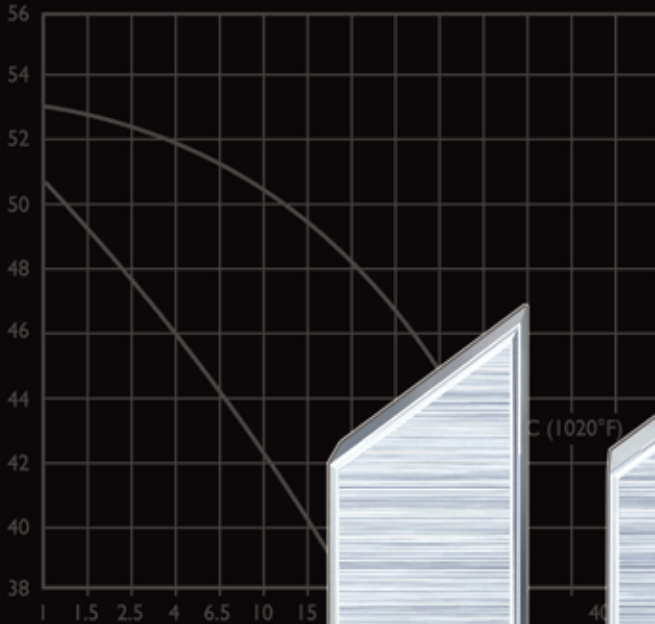
Kunststoffformen- und Kaltarbeitsstahl

COLD WORK

PLASTIC MOULDING

HOT WORK

HIGH PERFORMANCE STEEL



Typical analysis %	C 2,05	Cr 1,5	Mn 0,8	Cr 4,5	W 0,2
Standard specification	AISI D6, ()		Standard specification (D3) (W.Nr. 1.2796)		
Delivery condition	Soft annealed		Delivery condition to approx. 200 HB		
Colour code	Red		Colour code		

Temperature	20°C (68°F)	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m ³ lbs/m ³	7 770 0,281	7 700 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm ² psi	194 000 28,1 × 10 ⁶	188 000 27,3 × 10 ⁶	178 000 25,8 × 10 ⁶
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 11,7 × 10 ⁻⁶ to 212°F 6,5 × 10 ⁻⁶	to 200°C 12 × 10 ⁻⁶ to 400°F 6,7 × 10 ⁻⁶	to 400°C 13,0 × 10 ⁻⁶ to 750°F 7,3 × 10 ⁻⁶
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft ² h°F)	-	27 187	32 221
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	455 0,109	525 0,126	608 0,145

Allgemeines

Calmax ist ein Cr-Mo-V-legierter Stahl, charakterisiert durch:

- Hohe Zähigkeit
- Guten Verschleißwiderstand
- Gute Durchhärtungseigenschaften
- Gute Maßbeständigkeit nach dem Härten und Anlassen
- Gute Polierbarkeit
- Gute Schweißbarkeit
- Gute Flamm- und Induktionshärtbarkeit.

Richtanalyse %	C 0,6	Si 0,35	Mn 0,8	Cr 4,5	Mo 0,5	V 0,2
Lieferzustand	Weichgeglüht auf ca. 200 HB					
Farbkennzeichnung	Weiß/violett					

Verwendungszwecke

Calmax ist ein Werkzeugstahl, der sowohl für Kaltarbeitswerkzeuge als auch für Kunststoffformen geeignet ist. Weitere Einzelheiten sind auf den Seiten 6 und 7 zu finden.

Eigenschaften

PHYSIKALISCHE EIGENSCHAFTEN

Temperatur	20°C	200°C	400°C
Dichte kg/m ³	7 770	7 720	7 650
Elastizitätsmodul N/mm ²	194 000	188 000	178 000
Wärmeausdehnungskoeffizient pro °C ab 20°C	zu 100°C 11,7 x 10 ⁻⁶	zu 200°C 12,0 x 10 ⁻⁶	zu 400°C 13,0 x 10 ⁻⁶
Wärmeleitfähigkeit W/m °C	–	27	32
Spezifische Wärme J/kg°C	455	525	608

DRUCKFESTIGKEIT

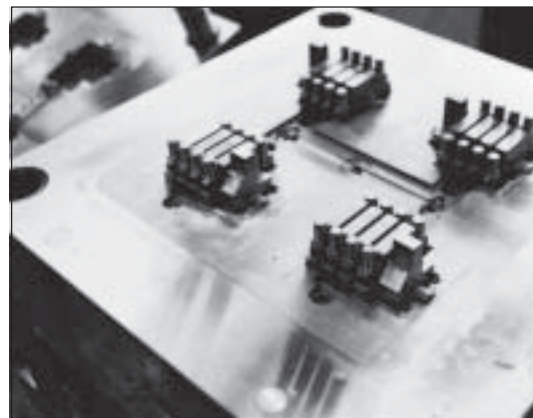
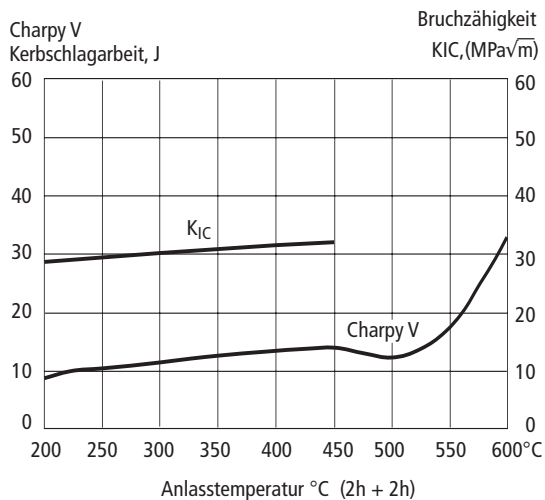
Ungefähre Werte bei Raumtemperatur.

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

SCHLAGZÄHIGKEIT

Ungefähre Schlagzähigkeitswerte (bei Raumtemperatur) für verschiedene Anlasstemperaturen.

Härtetemperatur 960°C. Luftabkühlung, zweimal angelassen.



Form für die Herstellung von Teilen für die Elektroindustrie. Hierfür ist Calmax besonders geeignet wegen der hohen Anforderungen an die Verschleißfestigkeit.

Die Angaben in dieser Broschüre basieren auf unserem gegenwärtigen Wissensstand und vermitteln nur allgemeine Informationen über unsere Produkte und deren Anwendungsmöglichkeiten. Sie können nicht als Garantie ausgelegt werden weder für die spezifischen Eigenschaften der beschriebenen Produkte noch für die Eignung für die als Beispiel genannten Anwendungsmöglichkeiten.

Wärmebehandlung

WEICHLÜHEN

Den Stahl vor Oxidation schützen, auf 860°C durchwärmen und 2 Stunden auf Temperatur halten. Im Ofen um ca. 20°C/h bis auf 770°C, dann um 10°C/h bis auf 650°C und anschließend frei an der Luft abkühlen.

SPANNUNGSARMGLÜHEN

Nach der Grobzerspannung sollte das Werkzeug auf 650°C durchgewärmt und 2h auf dieser Temperatur gehalten werden; dann langsam auf 500°C im Ofen und anschließend an der Luft abkühlen.

HÄRTEN

Vorwärmtemperatur: 600–750°C.

Austenitisierungstemperatur: 950–970°C, normalerweise 960°C.

Temperatur °C	Haltdauer* Minuten	Härte (HRC)
950	30	62
960	30	63
970	30	64

* Haltdauer = Zeitspanne des Haltens auf Austenitisierungstemperatur, beginnend mit dem Erreichen der Solltemperatur im Kern bis zur Einleitung des Abschreckvorganges.

Während des Austenitisierens muss das Werkzeug vor Entkohlung und Oxidation geschützt werden.

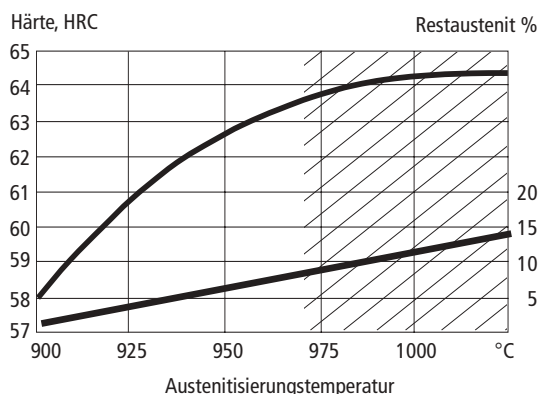
ABSCHRECKEN

- Gebläseluft/Gas
- Vakuumanlage mit Gasüberdruck
- Warmbad oder Fließbett bei 200–550°C. Nach dem Temperaturengleich soll mit Gebläseluft weiter abgekühlt werden
- Öl.

Anm. 1: Abschrecken in Öl erhöht das Risiko von Härterissen und Maßänderungen.

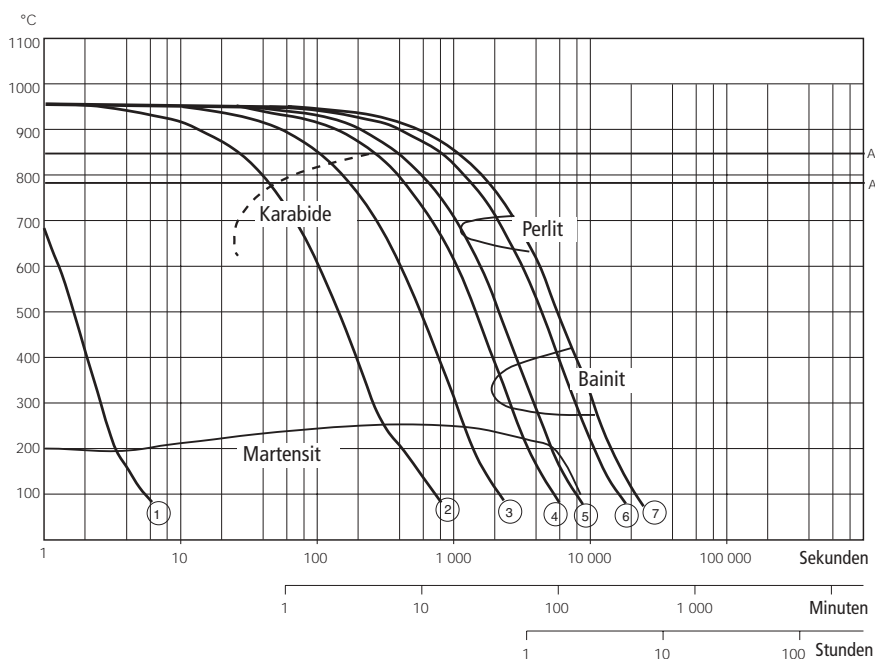
Anm. 2: Der Abschreckvorgang sollte bei 50–70°C unterbrochen und das Werkzeug sofort angelassen werden.

Veränderung der Härte und des Restaustenits in Abhängigkeit von der Austenitisierungstemperatur



Risiko einer Kornvergrößerung verbunden mit einem Zähigkeitsverlust.

ZTU-Schaubild für kontinuierliche Abkühlung
Austenitisierungstemperatur 960°C. Haltdauer 30 Minuten.

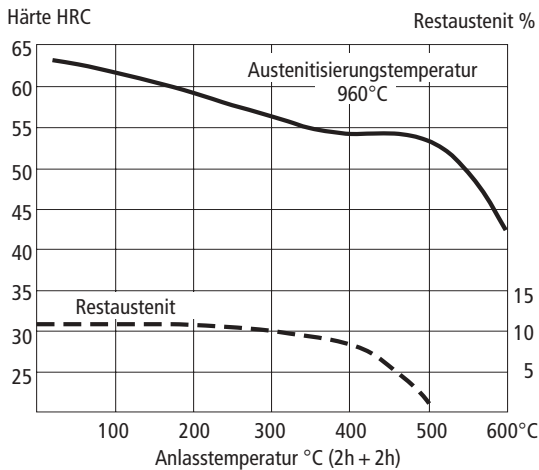


Kurve Nr.	Härte HV10	T ₈₀₀₋₅₀₀ Sek.
1	820	1
2	762	107
3	743	423
4	734	1071
5	657	1596
6	455	3228
7	413	4292

ANLASSEN

Die Anlasstemperatur kann je nach gewünschter Härte dem Anlassdiagramm entnommen werden. Es soll zweimal angelassen werden mit einer Zwischenkühlung auf Raumtemperatur. Die niedrigste Anlasstemperatur beträgt 180°C. Die Mindesthaltedauer beträgt 2 Stunden.

Anlassdiagramm



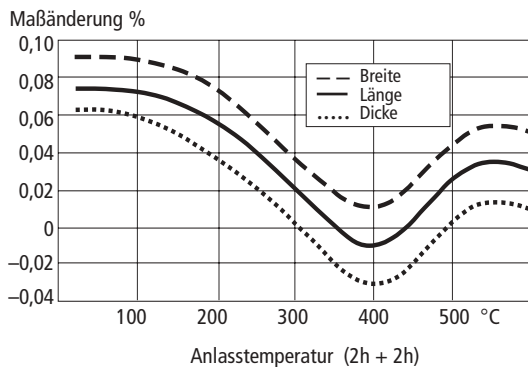
MASSÄNDERUNGEN

Maßänderungen während des Härtens und Anlassens hängen von der Art der Wärmebehandlung, den verwendeten Temperaturen und dem verwendeten Abschreckmittel ab.

Auch die Größe und geometrische Auslegung des Werkzeugs sind ausschlaggebend. Daher soll vor dem Härten immer eine ausreichende Bearbeitungszugabe eingeplant werden, als Richtwert bei Calmax 0,2 %.

Maßänderungen bei einer Platte 100 x 100 x 10 mm, die unter idealen Bedingungen gehärtet wurde, sind im folgenden Diagramm zu ersehen.

Gehärtet: 960°C/30 Min./Luftabkühlung.



OBERFLÄCHENBESCHICHTUNGEN

Manche Werkzeuge müssen oberflächenbehandelt werden, um die Reibung zu mindern und die Verschleißfestigkeit zu steigern. Die gewöhnlichsten Oberflächenbehandlungen sind das Nitrieren und das Beschichten mit Titanitrid (TiN) oder Titankarbid (TiC). Die Beschichtungen können nach dem PVD- und nach CVD-Verfahren angebracht werden.

Nitriert wird gewöhnlicherweise im Gasstrom (Gasnitrieren) oder im Plasma (Ionnitrieren). Das Plasmanitrieren geschieht normalerweise bei tieferen Temperaturen als das Gasnitrieren. Deswegen ist es für Calmax die empfehlenswertere Methode, wenn Arbeitshärten von ca. 54 bis 55 HRC vorliegen müssen.

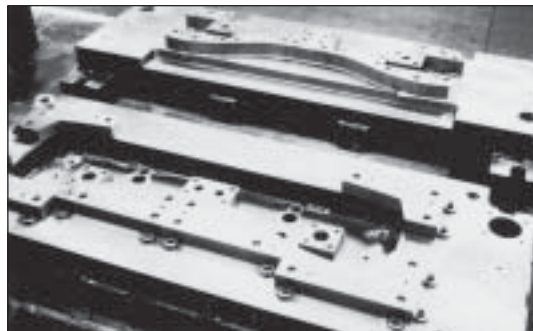
Nitrierprozess	Temp. °C	Dauer Std.	Nitriertiefe µm	Härte des Trägermaterials, HRC	Schicht-härte HV
Jon	465*	18	200	54	1075
Gas	510*	12	200	52	1075

* Die verwendete Nitriertemperatur sollte 15°C bis 25°C unter der vorhergehenden Anlasstemperatur liegen.

Durch zu starkes Aufnitrieren wird die Zähigkeit beträchtlich gesenkt. Deshalb sollte je nach Anwendung die Nitriertiefe und die daraus resultierende Nitrierdauer gewählt werden.

Calmax kann auch CVD-beschichtet werden. Allerdings sollte dabei die Beschichtungstemperatur 960°C nicht überschritten werden. Nach der CVD-Beschichtung muss das Werkzeug im Vakuumofen neu gehärtet werden.

PVD-Beschichtungen können bei Temperaturen von 200° bis 500°C vorgenommen werden. Bei 200°C Beschichtungstemperatur hat Calmax eine höhere Härte als beispielsweise bei 500°C. Allerdings ist die Anhaftung der Schicht nach 500°C Beschichtungstemperatur besser als nach 200°C. Die PVD-Beschichtungstemperatur sollte ca. 20°C unter der Anlasstemperatur liegen.



Typisches Beispiel für ein Schnittwerkzeug, für das Calmax wegen der hohen Zähigkeitsansprüche besonders geeignet ist.

Empfohlene Zerspanbarkeitsdaten

Die untenstehenden Zerspanbarkeitsdaten sind Richtwerte und müssen den jeweiligen örtlichen Voraussetzungen angepasst werden.

Zustand: Weichgeglüht auf ca. 200 HB

DREHEN

Schnittparameter	Drehen mit Hartmetall		Drehen mit Schnellarbeitsstahl Schichten
	Schruppen	Schichten	
Schnittgeschwindigkeit (v_c) m/Min.	150–200	200–250	20–25
Vorschub (f) mm/U	0,2–0,4	0,05–0,2	0,05–0,3
Schnitttiefe (a_p) mm	2–4	0,5–2	0,5–3
ISO-Bearbeitungsgruppe	P20–P30 Beschichtetes Hartmetall	P10 Beschichtetes Hartmetall oder Cermet	–

BOHREN

Spiralbohrer aus Schnellarbeitsstahl

Bohrerdurchmesser \varnothing mm	Schnittgeschwindigkeit (v_c) m/Min.	Vorschub (f) mm/U
–5	13–15*	0,05–0,10
5–10	13–15*	0,10–0,20
10–15	13–15*	0,20–0,25
15–20	13–15*	0,25–0,30

* Für beschichtete Schnellarbeitsstähle $v_c = 23–25$ m/Min.

Hartmetallbohrer

Schnittparameter	Bohrertyp		
	Vollhartmetall	Wendepplattenbohrer	Kühlkanalbohrer mit Hartmetallschneide ¹⁾
Schnittgeschwindigkeit (v_c) m/Min.	120–150	210–230	70–100
Vorschub (f) mm/U	0,10–0,35 ²⁾	0,03–0,12 ²⁾	0,15–0,40 ²⁾

¹⁾ Bohrer mit Kühlkanälen und einer angelöteten Schneide

²⁾ Abhängig vom Bohrerdurchmesser

FRÄSEN

Plan- und Eckfräsen

Schnittparameter	Fräsen mit Hartmetall	
	Schruppen	Schichten
Schnittgeschwindigkeit (v_c) m/Min.	160–240	240–280
Vorschub (f_z) mm/Zahn	0,2–0,4	0,1–0,2
Schnitttiefe (a_p) mm	2–5	–2
ISO-Bearbeitungsgruppe	P20–P40 Beschichtetes Hartmetall	P10–P20 Beschichtetes Hartmetall oder Cermet

Schaftfräsen

Schnittparameter	Fräser typ		
	Vollhartmetall	Fräser mit Wendeschneidplatten	Schnellarbeitsstahl
Schnittgeschwindigkeit (v_c) m/Min.	120–150	150–200	40–45 ¹⁾
Vorschub (f_z) mm/Zahn	0,006–0,20 ²⁾	0,06–0,20 ²⁾	0,01–0,35 ²⁾
ISO-Bearbeitungsgruppe	–	P15–P40	–

¹⁾ Für beschichtete Schaftfräser aus Schnellarbeitsstahl $v_c = 55–60$ m/Min.

²⁾ Abhängig von der radialen Schnitttiefe und vom Fräserdurchmesser

SCHLEIFEN

Allgemeine Schleifscheibenempfehlungen sind in der Tabelle zu finden. Weitere Informationen können der Uddeholm-Broschüre „Schleifen von Werkzeugstahl“ entnommen werden.

Schleifverfahren	Empfohlene Schleifscheibe	
	Weichgeglüht	Gehärtet
Flächenschleifen (Flachscheiben)	A 46 HV	A 46 HV
Flächenschleifen (Segmentscheiben)	A 24 GV	A 36 GV
Rundschleifen	A 46 LV	A 60 KV
Innenschleifen	A 46 JV	A 60 JV
Profilschleifen	A 100 LV	A 120 JV

Schweißen

Beim Schweißen von Calmax können gute Ergebnisse erzielt werden, wenn Folgendes beachtet wird:

1. Der Lichtbogen sollte immer so kurz wie möglich gehalten werden. Die Elektrode sollte senkrecht zur Fugenseite gehalten werden, um Auswaschungen zu vermeiden. Außerdem sollte die Elektrode mit einem Winkel von 75–80° zur Schweißrichtung stehen.
2. Bei größeren Reparaturschweißungen sollten die ersten Lagen mit einer weichen Elektrode gelegt werden. Die beiden ersten Lagen sollten immer mit demselben Elektrodendurchmesser und derselben Stromstärke aufgetragen werden.
3. Größere Reparaturschweißungen müssen bei erhöhter Temperatur durchgeführt werden.
4. Eine sorgfältige Vorbereitung der Schweißnaht ist unerlässlich.

WIG-Elektroden

Schweißzusatzwerkstoff	Schweißguthärte nach dem Schweißen	Schweißguthärte nach dem Härten	Vorwärmtemperatur
UTPA 73G2 UTPA 67S CastoTig 5* CALMAX/CARMO TIG WELD	53–56 HRC 55–58 HRC 60–64 HRC 58–61 HRC	51 HRC 52 HRC 58–61 HR	} 200–250°C

*CastoTig 5 soll nicht für mehr als 4 Lagen verwendet werden wegen Ribbildungsgefahr im Schweißgut.

Elektroden für das Lichtbogenhandschweißen

Schweißzusatzwerkstoff	Schweißguthärte nach dem Schweißen	Schweißguthärte nach dem Härten	Vorwärmtemperatur
ESAB OK 84.52 UTP 67S CITODUR 600B Fontargen E 711 CALMAX/CARMO WELD	53–54 HRC 55–58 HRC 57–60 HRC 57–60 HRC 58–61 HRC	49 HRC 52 HRC 53–54 HRC 53–54 HRC 58–61 HRC	} 200–250°C (390–480°F)

WÄRMEBEHANDLUNG NACH DEM SCHWEISSEN

Schweißen im gehärteten Zustand

Anlassen bei einer Temperatur 10–20°C unter der ursprünglichen Anlasstemperatur.

Schweißen im weichgeglühten Zustand

Auf 860°C durchwärmen (Achtung: vor Oxidation schützen!). Dann im Ofen um 10°C/h bis auf 650°C und anschließend an der Luft abkühlen.

Weitere Informationen über das Schweißen von Werkzeugstählen können der Uddeholm-Broschüre „Schweißen von Werkzeugstahl“ entnommen werden.

Kaltarbeitsanwendungen

TYPISCHE VERWENDUNGSBEREICHE

- Schneiden und Umformen
- Schneiden und Umformen von stärkerem Schnittgut
- Tiefziehen
- Prägen
- Kaltfließpresswerkzeuge mit einer komplizierten Geometrie
- Walzen
- Scherenmesser
- Prototypwerkzeuge

HERKÖMMLICHE WERKZEUGSTÄHLE

Sehr viele Kaltarbeitswerkzeuge, die zur Zeit eingesetzt werden, werden aus den herkömmlichen Werkzeugstählen wie z.B. W.-Nr. 1.2842, W.-Nr. 1.2363, W.-Nr. 1.2379 und W.-Nr. 1.2436 hergestellt. Diese Stähle bieten eine offensichtlich ausreichende Verschleißfestigkeit, und ihre Härtebereiche genügen für die meisten Anwendungen. Die geringe Zähigkeit und Schwierigkeiten beim Flamm- und Induktionshärten sowie beim Schweißen führen jedoch oft zu niedriger Produktivität und hohen Instandhaltungskosten. Deswegen wurde die Stahlqualität Calmax entwickelt. Mit Calmax ist eine optimale Gesamtwirtschaftlichkeit zu erreichen, d.h. die niedrigsten anteiligen Werkzeugkosten pro hergestelltem Stück.

HEUTIGE ANFORDERUNGEN

Die metallverarbeitende Industrie hat sich in den letzten Jahrzehnten stark verändert. Die modernen Pressen arbeiten mit einer viel höheren Hubzahl und stellen Teile aus wesentlich schwieriger zu verarbeitenden Werkstückstoffen her, und zwar sehr oft nach dem „Just-in-Time“-Prinzip. Hinzu kommen als Forderung eine Erhöhung der Produktivität und oft eine garantierte Werkzeuglebensdauer. Die herkömmlichen Werkzeugstähle werden immer noch routinemäßig vorgeschrieben, führen aber oft zu einer zu kurzen Werkzeuglebensdauer und einer niedrigen Produktivität.

Das ausgewogene Eigenschaftsprofil von Calmax passt viel besser zu den modernen Werkstückstoffen und Produktionsmethoden. Calmax bietet den hohen Grad an Sicherheit, der für eine optimale Werkzeugleistung und Produktivität notwendig ist.

WIDERSTAND GEGEN AUSFALLMECHANISMEN

Uddeholm Stahl	Abrasive Verschleiß	Adhäsive Verschleiß	Ausbrüche	Totalbruch	Plastische Verformung
CALMAX	■	■	■	■	■
ARNE	■	■	■	■	■
SVERKER 21	■	■	■	■	■
SVERKER 3	■	■	■	■	■
RIGOR	■	■	■	■	■
SLEIPNER	■	■	■	■	■

Anwendungen für Kunststoffformen

TYPISCHE VERWENDUNGSBEREICHE

- Formen für lange Serien
- Formen für verstärkte Kunststoffe
- Werkzeuge für Formpressen

Die ausgezeichnete Kombination von Zähigkeit und Verschleißfestigkeit von Calmax ermöglicht den Einsatz dieses Stahls für die verschiedenen Press- und Spritzverfahren bei der Kunststoffverarbeitung. Formen aus Calmax sind widerstandsfähig gegen abrasiven Verschleiß und bieten eine sichere und lange Lebensdauer.

SCHWEISSEN

Um die besten Ergebnisse nach dem Polieren und Fotoätzen zu erzielen, sollten die verwendeten Schweißzusatzwerkstoffe dieselbe Zusammensetzung wie das Grundmaterial haben, d.h., es sollten nur Calmax/Carmo Schweißzusatzwerkstoffe verwendet werden.



Metall- und Kunststoffteile, für deren Herstellung Werkzeuge aus Calmax eingesetzt werden können.



FOTOÄTZEN UND POLIEREN

Calmax hat eine sehr homogene Struktur. Diese Struktur, zusammen mit einem geringen Gehalt an nichtmetallischen Einschlüssen (wegen der Vakuum-entgasung während der Herstellung), führt zu einem exakten und gleichbleibenden Muster nach dem Fotoätzen und zu einer sehr guten Oberflächenbeschaffenheit nach dem Polieren. Um die besten Ergebnisse beim Fotoätzen zu erzielen, sollte ein für hochchromhaltige Stähle geeignetes Ätzmedium benutzt werden.

Weitere Informationen können den Uddeholm-Broschüren „Fotoätzung von Werkzeugstählen“ und „Polieren von Formenstählen“ entnommen werden.

VERGLEICH DER EIGENSCHAFTEN

Uddeholm Stahl	Verschleißwiderstand	Zähigkeit	Polierbarkeit
CALMAX	■	■	■
GRANE	■	■	■
ORVAR SUPREME	■	■	■
RIGOR	■	■	■

Ausführlichere Information

Für weitere Informationen über Auswahl, Wärmebehandlung sowie Anwendungsbereiche der Uddeholm Werkzeugstähle wenden Sie sich bitte an die Uddeholm Verkaufsniederlassung in Ihrer Nähe und/oder fordern Sie die Broschüren „Formenstähle“ und „Stähle für Kaltarbeitswerkzeuge“ an. Noch leichter geht es im Internet unter www.uddeholm.de