

UDDEHOLM STÄHLE FÜR KALTARBEITSWERKZEUGE

KALTARBEIT



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.

Klassifiziert gemäß EU-Richtlinie 1999/45/EC

Weitere Informationen entnehmen Sie bitte unseren Datenblättern zur Materialicherheit („Material Safety Data Sheets“).

Ausgabe 7, 10.2010

Bei Änderungen wird zuerst die englische Version dieser Broschüre aktualisiert.

Sie finden sie auf unserer Website unter www.uddeholm.com



SS-EN ISO 9001
SS-EN ISO 14001

Die Wahl des richtigen Werkzeugstahls ist eine „Schlüsselentscheidung“, um leistungsstarke Werkzeuge zu erhalten. Alle Prozessbeteiligten sind davon direkt oder indirekt betroffen: der Werkzeughersteller, der Werkzeuganwender und der Endkunde. Vertrauen Sie deswegen auf den Werkzeugstahl von Uddeholm. Sie erhalten von uns Material mit ausgezeichneten Eigenschaften, das für zuverlässige Werkzeuge und Komponenten sorgt. Unsere Produkte sind immer auf dem neuesten Stand der Technik. Daher eilt uns der Ruf als weltweit innovativster Werkzeugstahlproduzent voraus.

Uddeholm produziert und liefert hochwertigen schwedischen Werkzeugstahl an mehr als 100.000 Kunden in über 100 Ländern. ASSAB ist unsere hundertprozentige Tochter und vertritt uns in Asien, Afrika und Südamerika. Gemeinsam sichern wir unsere Position als weltweit führender Anbieter von Werkzeugstählen.

Wo auch immer Sie sich in der Fertigungskette befinden, vertrauen Sie auf Uddeholm. Wir sind Ihr Partner und Werkzeugstahllieferant Nummer 1 für die Werkzeugherstellung und die Gesamtwirtschaftlichkeit Ihrer Produktion.

Einfach gesagt: Leistung zahlt sich aus.

INHALT

Einleitung	4
Grundlegendes über Werkzeugstähle	5
Auswahl von Werkzeugstählen	13
Werkzeugherstellung	16
Oberflächenbehandlung	20
Produktprogramm	22
Uddeholm Werkzeugstähle für Kaltarbeit	24
– Ausführung und Produkte	27
– Chemische Zusammensetzung	28

Einleitung

Reihenweise Pressen, die am laufenden Band die gleichen Komponenten fertigten, waren früher ein gewöhnlicher Anblick. Wenn eine Produktion aufgrund von Werkzeugmängeln ungeplant gestoppt werden musste, war das kein Problem, weil eine größere Menge an vorgefertigten Teilen bereit gehalten wurde. Reparaturen konnten schnell vom internen Werkzeugbau durchgeführt werden. Dafür gab es ein Lager mit ein oder zwei Stahlorten zur Auswahl.

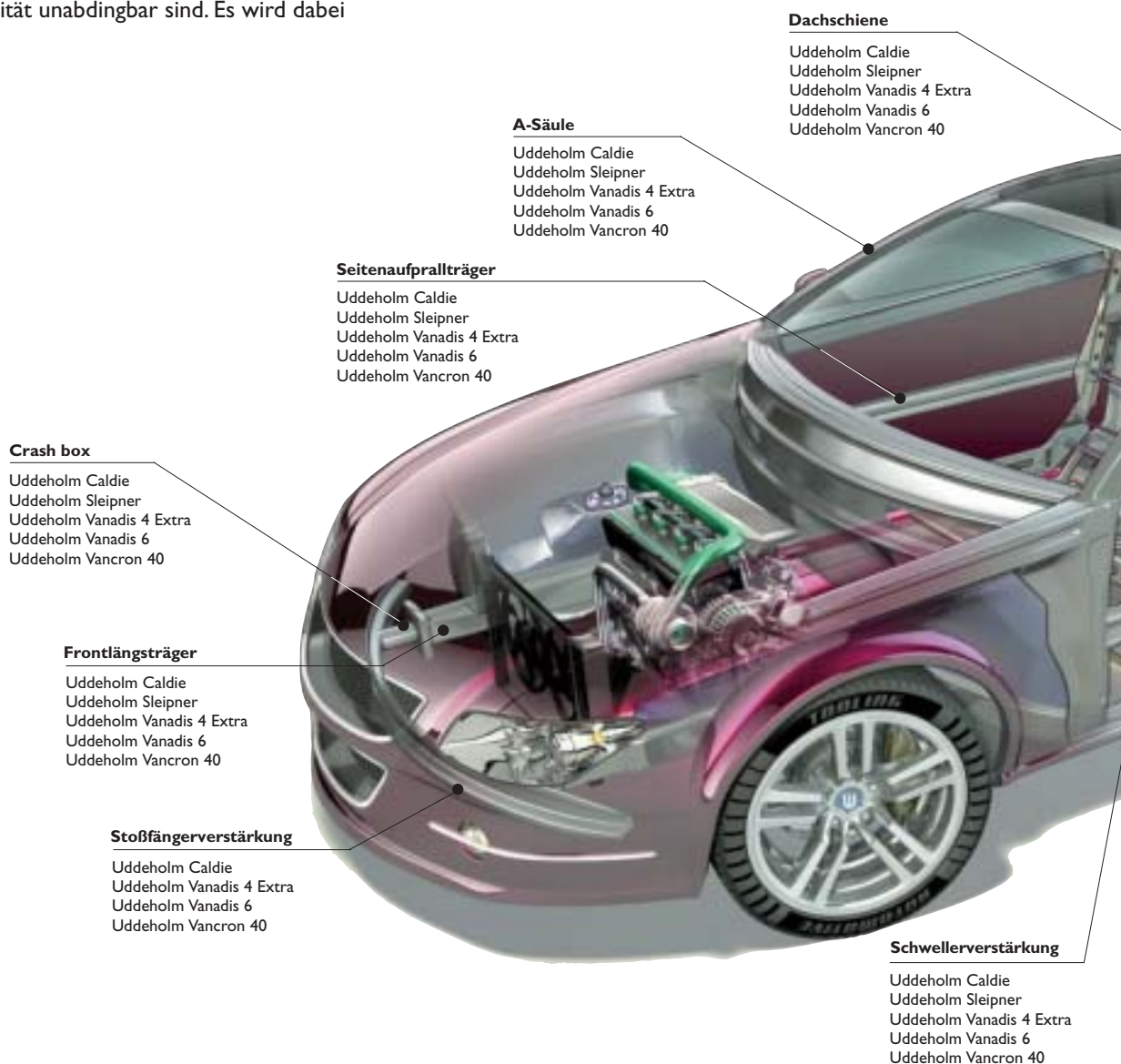
Insgesamt waren die Arbeitsmaterialien einfacher zu bearbeiten und die Geschwindigkeiten der Pressen langsamer. Deshalb traten schwerwiegende Werkzeugausfälle selten auf.

Die Produktionstechnologie ist jedoch beträchtlich vorangeschritten. Die Produktionsanlagen und -ausrüstungen werden genauestens kontrolliert, weil größte Präzision und höchste Produktivität unabdingbar sind. Es wird dabei

heutzutage auf Kostenkontrolle gesetzt. Hochleistungs-Pressen stellen Komponenten just-in-time aus immer schwieriger zu bearbeitenden Materialien her. Die Werkzeuge werden dabei immer mehr außer Haus gefertigt.

Um die Produktivität zu optimieren und die Kosten zu reduzieren, muss ein Gesamtpaket geschnürt werden, welches das Werkzeugdesign, die Herstellung des Werkzeugs, das Werkzeugmaterial und das Arbeitsmaterial berücksichtigt.

Werkzeuge sind das letzte Glied in der Hardware-Kette. Zum Erreichen einer optimalen Produktivität sind zwei Dinge unerlässlich: ein Werkzeugstahl auf dem heutigen Stand der Technik und die richtige Auswahl des Werkzeugstahls.



Grundlegendes über Werkzeugstähle

Wir bei Uddeholm können den Werkzeuganwender auf vielfältige Weise unterstützen.

Unsere weltweite Verkaufsorganisation bietet ein sehr ausgewogenes Programm von Werkzeugstählen höchster Qualität. Es umfasst nicht nur eine Anzahl von Standardstählen, sondern auch Stähle, die speziell für die hohen Anforderungen an moderne Kaltarbeitswerkzeuge entwickelt wurden.

Wir können dem Werkzeugbenutzer bei der Auswahl des für die Anwendung geeignetsten Werkzeugstahls helfen. Dafür stellen wir zuerst die hauptsächlich vorkommenden Werkzeugausfallmechanismen fest, um dann die richtige Auswahl des Werkzeugstahls zu treffen. Dadurch wird eine möglichst sichere und wirtschaftliche

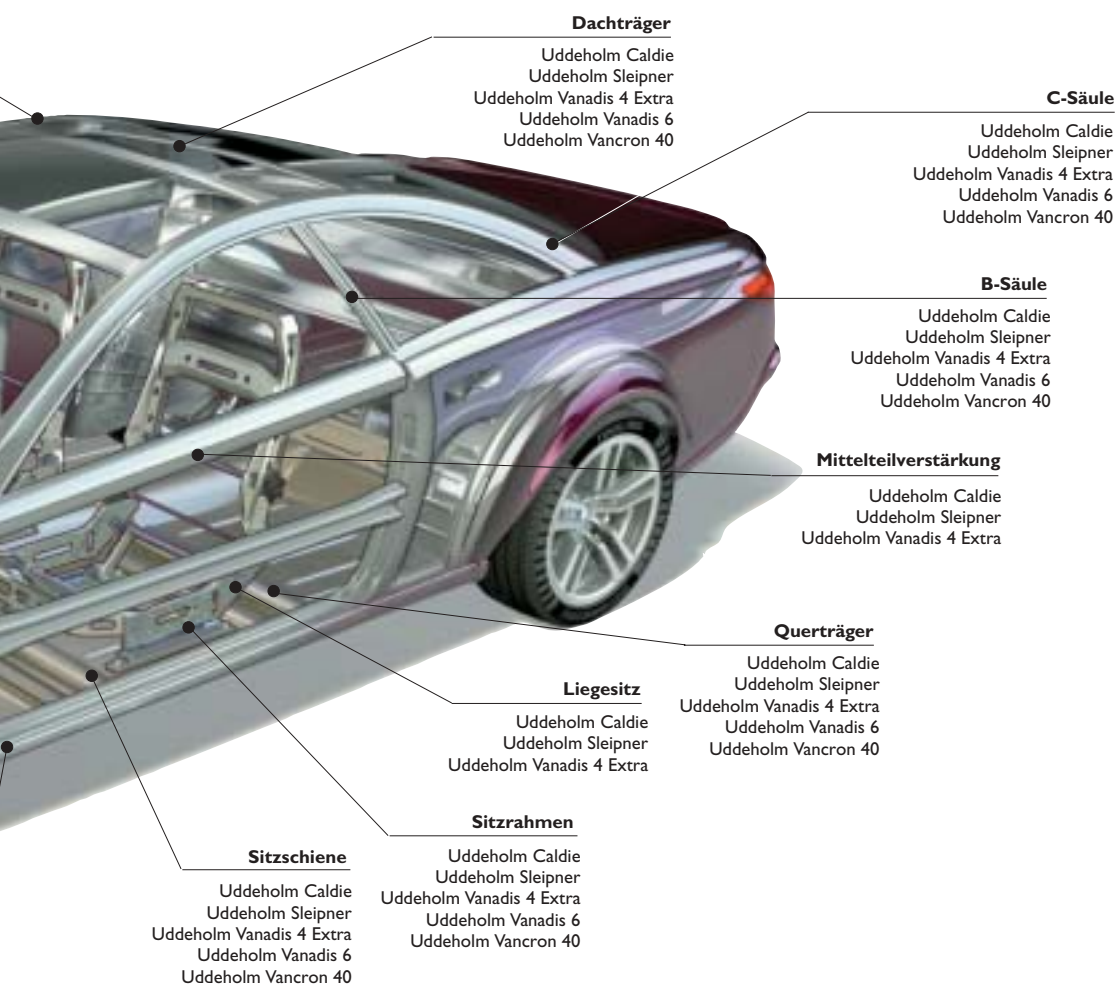
Produktion gewährleistet. Werkzeugkosten, Instandhaltungskosten und Stillstände können so auf ein Mindestmaß verringert werden.

ANFORDERUNGEN AN KALTARBEITSWERKZEUGE

Mit der Steigerung der Anforderungen an das Werkzeug wird die Wahl des richtigen Werkzeugstahls für die jeweilige Anwendung immer wichtiger. Welches sind diese Anforderungen?

- Das Werkzeug muss einen ausreichenden Verschleißwiderstand haben.
- Das Werkzeug muss sicher und zuverlässig sein. Es darf nicht wegen Rissbildung oder Bruch ausfallen.

Optimale Wirtschaftlichkeit – die niedrigsten, anteiligen Werkzeugkosten pro hergestelltem Stück – kann nur durch den Einsatz des jeweils richtigen Werkzeugstahls erzielt werden.



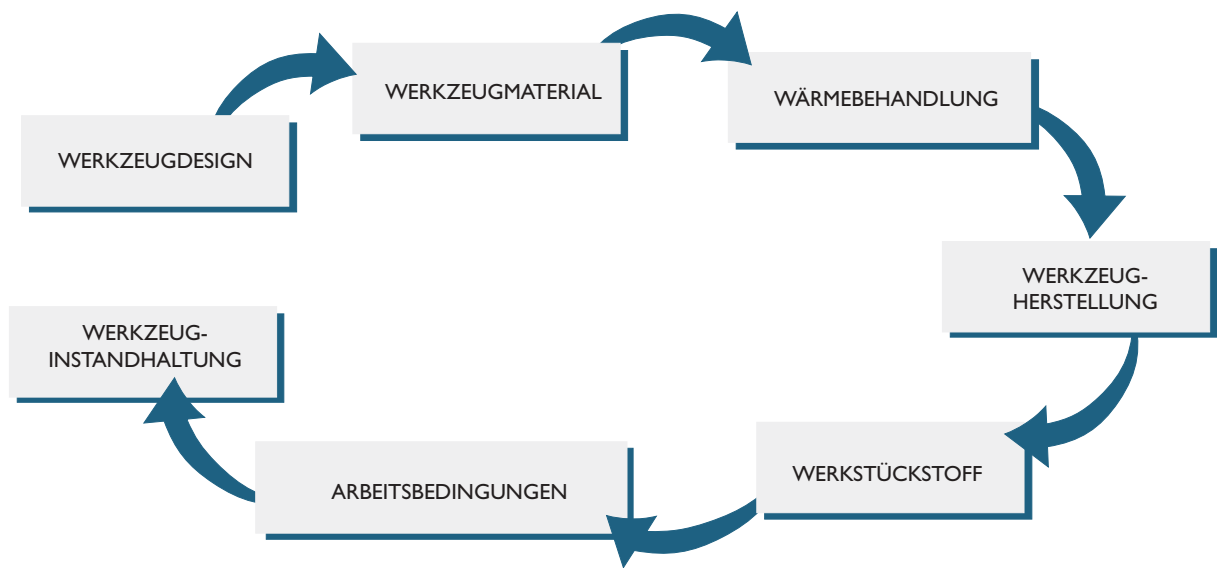


Abbildung 1. Faktoren, die die Leistung eines Kaltarbeitswerkzeuges beeinflussen.

LEISTUNG DES WERKZEUGES

Die Leistung eines Werkzeuges hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie in Abb. 1 aufgezeigt.

Die Leistung eines Werkzeuges wird oft nach der Qualität der hergestellten Teile beurteilt. In den meisten Fällen kommt es sehr auf die Oberflächenbeschaffenheit der hergestellten Teile, auf die Maßtoleranzen usw. an. Ein verschlissenes bzw. beschädigtes Werkzeug führt gewöhnlich zu Ausschussproduktion. Das Werkzeug muss wieder instand gesetzt oder ersetzt werden.

Das Arbeitsmaterial hat einen erheblichen Einfluss auf die Ausfallursachen. Die häufigsten Ausfallmechanismen in der Kaltarbeit werden in Abb. 3 gezeigt.

VERHÄLTNIS ZWISCHEN DEN AUSFALLMECHANISMEN UND DEN EIGENSCHAFTEN DER VERSCHIEDENEN WERKZEUGSTÄHLE

In den letzten Jahren ist auf diesem Gebiet intensiv gearbeitet worden, besonders im Hinblick auf die Kaltarbeitsstähle. Das Ergebnis ist ein besseres Verständnis des überaus wichtigen Zusammenhangs zwischen den Ausfallmechanismen und den kritischen Werkzeugstahlparametern. Unser Wissensstand ist im Folgenden zusammengefasst.

ABRASIVER VERSCHLEISS

Diese Verschleißart überwiegt, wenn der Werkstückstoff hart ist und/oder harte Partikel enthält wie z.B. Oxide oder Karbide.

Diese harten Partikel dringen in die Oberfläche des Werkzeuges ein und verursachen durch Mikropflügen oder Mikrozerspanen eine Abtragung, wie in Abb. 2 schematisch dargestellt. Foto 1, Seite 8, zeigt eine Stempelmantelfläche, die abrasiv verschlissen wurde.

Abrasiver Verschleiß wird durch Werkstückstoffe wie gehärtete Stähle, Keramiken und Holz verursacht. Folgende Werkzeugstahleigenschaften sind für einen guten abrasiven Verschleißwiderstand wichtig:

- hohe Härte
- hohes Karbidvolumen
- hohe Karbidhärte
- große Karbide

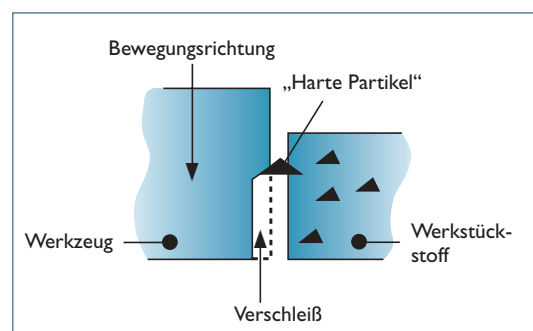


Abbildung 2. Schematische Darstellung des abrasiven Verschleißes.



Abbildung 3. Die häufigsten Ausfallmechanismen bei Kaltarbeitswerkzeugen.

ADHÄSIVER VERSCHLEISS UND KALTAUFSCHEISSUNGEN

Adhäsiiver Verschleiß oder Kaltaufschweißungen bedeuten einen Materialtransfer von der einen metallischen Oberfläche zur anderen. Er entsteht durch Mikroverschweißungen beim Reiben der beiden Materialien gegeneinander.

Die metallischen Oberflächen sind nie ganz glatt – sie bestehen aus mikroskopisch kleinen Unebenheiten. Die Spitzen der Oberflächen können sich aufgrund der Flächenpressung verbinden. Diese Mikrokaltschweißung ist in der Regel fester als die Festigkeit des schwächeren Materials. Aufgrund der Relativbewegung zueinander reißt das schwächere Material, wodurch es auf der Oberfläche des Reibpartners „anklebt“.

Wie sich dieser Vorgang für das Werkzeug und das Arbeitsmaterial darstellt, wird in Abb. 4 gezeigt. Wenn die Mikroverschweißungen beim Werkzeug reißen, werden kleine Fragmente des Werkzeugstahls aus der Werkzeugoberfläche ausgerissen. Das führt zu adhäsivem Verschleiß. Sollten die Mikroverschweißungen beim Arbeitsmaterial reißen, werden dessen Fragmente auf der Werkzeugoberfläche ankleben.

Ein Beispiel eines Stempels, der adhäsiv verschliffen ist, wird auf Foto 2, Seite 8, gezeigt. Ganz klar können hier die Ermüdungsrisse gesehen werden.

Adhäsiiver Verschleiß und Kaltaufschweißungen werden normalerweise mit weichen, adhäsiven metallischen Arbeitsmaterialien in Verbindung gebracht, wie Aluminium, Kupfer, Edelstahl und Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt. Jedoch sind Kaltaufschweißungen auch ein Problem bei der Herstellung von Teilen aus hochfesten Materialien, wie z. B. hochfesten Blechen.

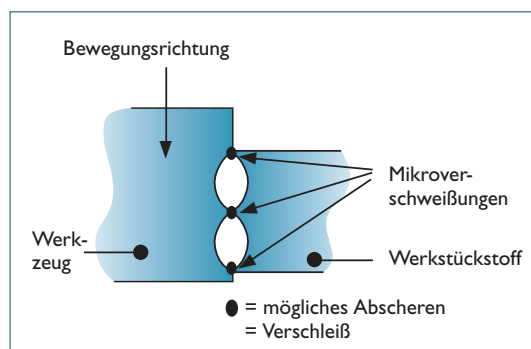


Abbildung 4. Schematische Darstellung des adhäsiven Verschleißes.

Adhäsiver Verschleiß und Kaltaufschweißungen können reduziert werden, indem die Mechanismen, die zu Mikroverschweißungen und Abreißen führen, eingegrenzt werden. Die kritischen Werkzeugstahleigenschaften für einen guten Widerstand gegen adhäsiven Verschleiß/Kaltaufschweißungen sind:

- hohe Härte des Werkzeugs
- niedriger Reibungskoeffizient (geeignete Oberflächentopographie und Verwendung eines geeigneten Schmiermittels)
- hohe Duktilität des Werkzeugstahls
- Oberflächenbehandlung oder Beschichtung

Der neu entwickelte stickstofflegierte PM-Hochleistungsstahl Uddeholm Vancron 40 verfügt über einen exzellenten Widerstand gegen Kaltaufschweißungen und adhäsiven Verschleiß. Er kann oft im unbeschichteten Zustand verwendet werden und zeigt häufig eine bessere Leistung als ein beschichteter Stahl.

GEMISCHTER VERSCHLEISS

Bei manchen Anwendungen liegt gemischter Verschleiß vor, z. B. wenn durch adhäsiven Verschleiß herausgerissene Teile des Werkzeugstahls an dem Arbeitsmaterial kleben und dadurch abrasiver



Foto 1. REM-Aufnahme eines Stempels aus W.-Nr. 1.2379, der durch abrasiven Verschleiß abgenutzt wurde (Werkstückstoff 1%iger C-Stahl bei 46 HRC).



Foto 2. REM-Aufnahme eines Stempels aus W.-Nr. 1.2379, der durch adhäsiven Verschleiß abgenutzt wurde (Werkstückstoff austenitischer, rostfreier Stahl).

Verschleiß an der Werkzeugoberfläche hervorgerufen wird. Das Ergebnis ist eine Kombination aus adhäsivem und abrasivem Verschleiß, also gemischter Verschleiß. Gemischter Verschleiß kann nur dann auftreten, wenn vorher adhäsiver Verschleiß vorlag.

AUSBRÖCKELUNGEN

Ausbröckelungen treten häufig bereits nach relativ kurzem Einsatz eines Werkzeuges auf.

Dieser Ausfallmechanismus ist eine Ermüdung nach wenigen Lastwechseln. In den Aktivflächen des Werkzeugs werden Mikrorisse gebildet, und die Fortpflanzung dieser Risse führt zu Ausbröckelungen.

Um einen guten Widerstand gegen Ausbröckelungen zu gewährleisten, müssen Rissbildung und -Fortpflanzung erschwert werden. Eine Werkzeugstahleigenschaft, die für einen guten Widerstand gegen Ausbröckelungen wichtig ist, ist hohe Duktilität.

PLASTISCHE VERFORMUNG

Plastische Verformung findet statt, wenn die Fließgrenze des Werkzeugstahls überschritten wird. Eine plastische Verformung führt zu einer Beschädigung oder zu Formveränderungen der Aktivflächen des Werkzeugs.

Die Werkzeugstahleigenschaft, die für einen guten Widerstand gegen plastische Verformung wichtig ist, ist hohe Härte.

Anmerkung: Bei der Festlegung der Härte darf die Anforderung an die Zähigkeit nicht außer Acht gelassen werden.

RISSE/BRÜCHE

Risse treten meistens ohne Vorwarnung auf. Das Werkzeug muss dann in der Regel sofort ausgetauscht werden. Dies kann zu hohen Produktionsausfällen führen.

Die instabile Rissausbreitung ist der Mechanismus, der diese Fehler hervorruft. In vielen Fällen werden Gewaltbrüche durch Werkstoffermüdungen eingeleitet.

Die Entstehung von Rissen wird durch Kerbwirkung (z.B. Schleif- und Zerspanungsriefen, scharfe Radien oder Kanten usw.) stark begünstigt. Auch Erodierschichten sind eine häufige Ursache für Ausfälle durch Werkzeugbruch.

Die Werkzeugstahleigenschaften für einen guten Widerstand gegen Rissbildung sind:

- niedrige Härte
- hohe mikrostrukturelle Zähigkeit

Anmerkung: Eine niedrige Härte wirkt sich nachteilig auf den Widerstand gegen andere Ausfallursachen aus. Daher ist es nicht ratsam, mit einer niedrigen Härte zu arbeiten. Ein Stahl mit einer guten mikrostrukturellen Zähigkeit ist vorzuziehen.

KALTAUFSCHEISSUNGEN

Kaltaufschweißungen treten bei der Verarbeitung weicher adhäsiver Werkstückstoffe auf. Sie sind ein allmählicher Aufbau von abgelösten Werkstückstoffteilchen, die sich auf den rauen Aktivflächen des Werkzeugs festsetzen.

Ein niedriger Reibungskoeffizient zwischen den Aktivflächen des Werkzeugs und dem Werkstückstoff hilft gegen Kaltaufschweißungen.

AUSSCHLAGGEBENDE WERKZEUGSTAHLEIGENSCHAFTEN

Der Widerstand, den ein Werkzeugstahl den verschiedenen Ausfallmechanismen entgegensetzt, hängt von der chemischen Zusammensetzung, der Prozessroute sowie der Qualität des Stahlherstellungsprozesses ab. Diese Eigenschaften hängen von der chemischen Zusammensetzung ab und auch von der Herstellungsmethode.

Die Tabelle, Seite 28, zeigt die chemischen Zusammensetzungen aller Uddeholm-Stähle, die für die aktiven Werkzeugelemente bei Kaltarbeitsanwendungen angeboten werden. Aufgeführt sind international genormte konventionelle Stähle, die bei Uddeholm mit einer gleichmäßig hohen Qualität (z. B. engen Analysengrenzen) produziert werden, speziell entwickelte zäh-harte Stähle und PM-Hochleistungsstähle.

Dieses sorgfältig ausgewogene Programm ist ausreichend für die meisten Kaltarbeitsanwendungen und die unterschiedlichsten Serienlängen.

Tabelle 2, Seite 10, zeigt einen relativen Vergleich des Widerstandes dieser Stähle gegen die verschiedenen Ausfallmechanismen.



Folgewerkzeug, Einsätze aus Uddeholm Vancron 40.

SCHMELZMETALLURGISCH HERGESTELLTE WERKZEUGSTÄHLE

In Tabelle 2 ist zu sehen, dass der Widerstand gegen den abrasiven Verschleiß bei den Stählen mit den W.-Nr. 1.2510 bis hin zu 1.2436 zunimmt, gleichzeitig aber der Widerstand gegen den adhäsiven Verschleiß und die Zähigkeit abnimmt. Die Ausnahme bildet der Stahl mit der W.-Nr. 1.2363. Wegen seiner besseren Zähigkeit ist auch der adhäsive Verschleißwiderstand etwas größer.

Lange Zeit glaubte man, dass der Verschleiß von Werkzeugen abrasiver Natur sei. Daher haben die meisten der älteren, etablierten hochlegierten Kaltarbeitsstähle, wie die mit den W.-Nr. 1.2379 und 1.2436 usw., ein ausgeprägt abrasives Widerstandsprofil. Solche Stähle bringen eine gute Leistung in Fällen, in denen abrasiver Verschleiß vorherrscht. Es ist jedoch auch bekannt, dass ihre Leistung nicht zufriedenstellend ist, wenn adhäsiver Verschleiß, Ausbröckelungen oder Brüche vorkommen.

Die meisten Werkstückstoffe, die heutzutage bei der Kaltarbeit eingesetzt werden, verursachen am Werkzeug adhäsiven Verschleiß, gemischten Verschleiß und/oder Ausbröckelungen und Risse.

DER STANDARDSTAHL VON UDDEHOLM FÜR DIE UNBEWEGLICHEN WERKZEUGTEILE

Uddeholm Marke	W.-Nr.	Chemische Zusammensetzungen %		
		C	Si	Mn
SLEIPNER	–	0,9	0,9	0,5
SVERKER 21	1.2379	1,55	0,3	0,4
FORMAX	–	0,18	0,3	1,3
UHB 11	1.1730	0,50	0,2	0,7

Tabelle 3.

Uddeholm hat einige schlagfeste konventionell hergestellte Stahlsorten mit einem Eigenschaftsprofil, das für das Stanzen von stärkerem Schnittgut und Umformanwendungen geeignet ist. Diese Stahlsorten sind Uddeholm Calmax und die beiden mit dem Elektro-Schlack-Umschmelzverfahren hergestellten Stähle Uddeholm Unimax und Uddeholm Caldie.

RELATIVER VERGLEICH DES WIDERSTANDES GEGEN AUSFALLMECHANISMEN

Uddeholm Stahl	W.-Nr.	Härte/ Widerstand gegen plastische Verformung	Widerstand gegen		Widerstand gegen Ermüdungsrisse	
			abrasiven Verschleiß	adhäsiven Verschleiß	Duktilität/ Ausbrüche	Zähigkeit/ Totalbruch
ARNE	1.2510	■■■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
CALMAX	1.2358	■■■■■	■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
CALDIE	–	■■■■■	■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
RIGOR	1.2363	■■■■■	■■■	■■■	■■■	■■■
SLEIPNER	–	■■■■■	■■■	■■■■■	■■■	■■■
SVERKER 21	1.2379	■■■■■	■■■■■	■■■	■■■	■■■
SVERKER 3	(1.2436)	■■■■■	■■■■■	■■■	■■■	■■■
UNIMAX	–	■■■■■	■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
VANADIS 4 EXTRA	–	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
VANADIS 6	–	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
VANADIS 10	–	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
VANADIS 23	1.3395	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■
VANCRON 40	–	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■	■■■■■

Tabelle 2. Je länger der Balken, desto höher der Widerstand.

INNOVATION BEI WERKZEUGSTÄHLEN — DIE PM-STÄHLE

Die Nachfrage nach Hochleistungsstählen ist wegen des schärfer gewordenen Wettbewerbs innerhalb der Märkte ständig gewachsen. Es ist nötiger denn je, die niedrigsten anteiligen Werkzeugkosten pro hergestelltem Stück zu erzielen. Der Erfolg dieser Hochleistungsstähle basiert auf ihrer pulvermetallurgischen (PM) Herstellung.

Die schmelzmetallurgische Herstellung von Werkzeugstählen entspricht im Prinzip der von Baustählen. Allerdings sind die Gussblöcke normalerweise kleiner. Flüssigmetall wird in Kokillen abgegossen, und die erstarrten Gussblöcke werden zu Stäben warmumgeformt (geschmiedet



Werkzeug für das Pulverpressen.

oder gewalzt). Beim Erstarren der Gussblöcke entstehen jedoch große örtliche Differenzen in der chemischen Zusammensetzung und im Gefüge. Karbidnetze entstehen, und diese sind bei den hochlegierten Kaltarbeitsstählen und Schnellarbeitsstählen besonders ausgeprägt.

Bei der Warmumformung werden diese Karbidnetze allmählich abgebaut, wie schematisch dargestellt in Abb. 5.

Im fertigen Stabstahl sind diese Netze zu Karbidzeilen abgebaut. Diese Karbidzeilen üben einen negativen Einfluss auf die technologischen Eigenschaften des Stahls aus – ganz besonders quer zur Walzrichtung. Ledeburitische Stähle, z.B. W.-Nr. 1.2379 oder 1.2436, zahlen auch nach einem hohen Verformungsgrad einen hohen Preis für ihren durch das Vorhandensein von Karbiden erreichten hohen Widerstand gegen abrasiven Verschleiß.

Um die Seigerungen und die daraus resultierenden großen Karbide mit ihrem negativen Einfluss auf die Zähigkeit zu vermeiden, muss ein völlig anderes Verfahren ohne den Weg über Gussblöcke angewandt werden.

Das pulvermetallurgische (PM) Verfahren wird angewandt für die Herstellung von Rohblöcken aus hochlegierten Werkzeugstählen, die frei von Karbidseigerungen (Karbidnetzen) im Makromaßstab sind. Das PM-Verfahren ist in Abb. 6, Seite 12, schematisch dargestellt. Nach der Verdüsung der Schmelze entstehen kleine erstarrte Tropfen (Pulver). Das Pulver wird in eine Kapsel eingefüllt, die dann isostatisch gepresst wird. Dieser „Rohblock“ (gehipte Kapsel) wird dann zu Stabmaterial warmumgeformt (geschmiedet/ gewalzt).

Da das PM-Verfahren das Problem der Bildung von Makroseigerungen beseitigt, ist es auf diese Weise möglich, höher legierte Werkzeugstähle herzustellen als auf schmelzmetallurgischem Wege.

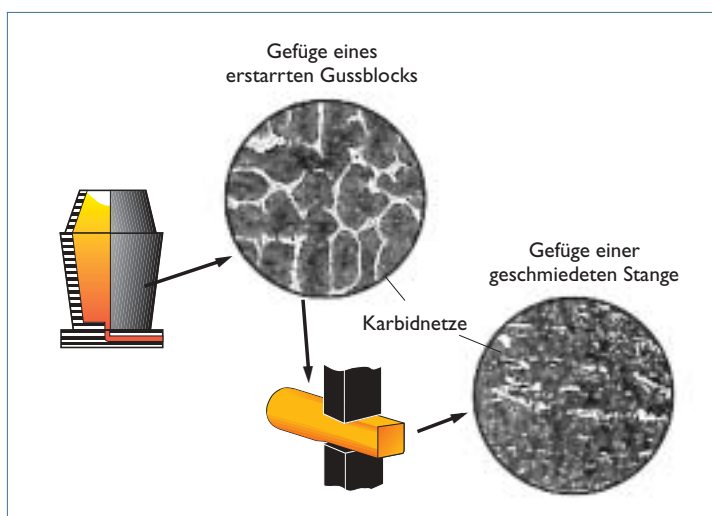


Abbildung 5. Abbau der Karbidnetze bei der Warmumformung eines Werkzeugstahl-Gussblocks.

Foto 3 zeigt das Gefüge eines schmelzmetallurgisch hergestellten 12%igen Cr-Stahls (Uddeholm Sverker 21) und das eines pulvermetallurgisch hergestellten Stahls (Uddeholm Vanadis 4 Extra). Die kleinen, sehr harten Karbide in dem PM-Stahl führen zu einer erheblichen Steigerung des Verschleißwiderstandes und gleichzeitig zu einer Optimierung der Zähigkeit, besonders in der Querrichtung. Und genau das ist der große Vorteil gegenüber den schmelzmetallurgisch hergestellten Stählen, bei denen eine Erhöhung der



Uddeholm Sverker 21



Uddeholm Vanadis 4 Extra

Foto 3. Gefüge eines schmelzmetallurgisch hergestellten 12%igen Cr-Stahls (Uddeholm Sverker 21) und das eines pulvermetallurgisch hergestellten Kaltarbeitsstahls (Uddeholm Vanadis 4 Extra).

Zähigkeit nur auf Kosten eines Verlustes an Verschleißwiderstand (Härte) möglich ist.

Deswegen zeigen die in Tabelle 2, Seite 10, aufgeführten PM-Stähle nicht nur einen höheren Verschleißwiderstand (abrasiv und adhäsiv), sondern gleichzeitig auch einen verbesserten Widerstand gegen Ausbrüche.

In der Vergangenheit wurden PM-Stähle hergestellt, um Verschleiß und Ausbröckelung bei Hochleistungswerkzeugen zu verhindern. Die jüngste Innovation der PM-Technologie ist das Legieren mit Stickstoff zum Erhalt eines exzellenten Widerstands gegen Kaltaufschweißungen, ohne auf Oberflächenbehandlung oder Beschichtung zurückgreifen zu müssen. Der Hochleistungs-PM-Stahl Uddeholm Vancron 40 verfügt über diese Eigenschaften. Alle Hochleistungs-PM-Stähle von Uddeholm werden nach der neuesten Technologie hergestellt.



Sintern von pulvergepressten Teilen.

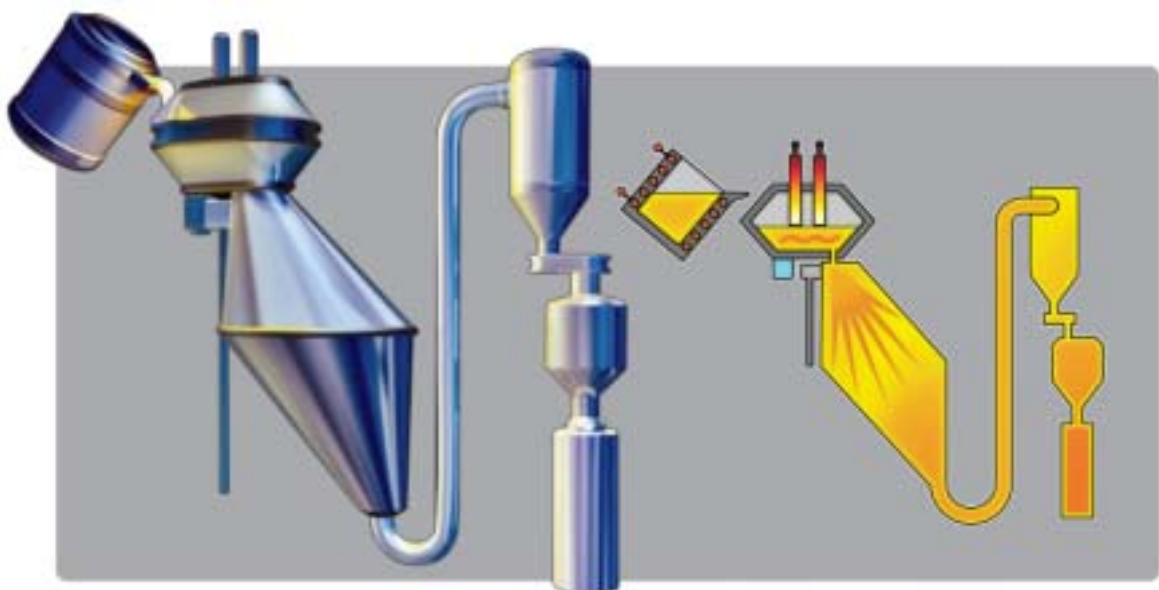


Abbildung 6. Schematische Darstellung des PM-Verfahrens für die Herstellung von Werkzeugstählen.

Auswahl von Werkzeugstählen

Die Auswahl eines Werkzeugstahls für eine bestimmte Anwendung richtet sich nach den hauptsächlich auftretenden Ausfallmechanismen.

Die Auswahl eines Stahls für eine bestimmte Anwendung setzt nicht nur Kenntnisse über die Stahleigenschaften voraus. Auch die Anzahl der herzustellenden Teile und die Stärke und Härte des Werkstückstoffs müssen berücksichtigt werden.

Vorrangig steht die Auswahl des Stahls unter dem Gesichtspunkt, alle anderen Ausfallmechanismen außer dem Verschleiß zu eliminieren. Der Verschleißwiderstand kann dann den jeweils benötigten Serienlängen angepasst werden.

Schritt für Schritt wird im Folgenden erklärt, wie die Stahlauswahl getroffen werden soll.

FESTSTELLUNG DER VERSCHLEISSART

Folgende Werkstückstoffeigenschaften müssen berücksichtigt werden, um die hauptsächlich auftretende Verschleißart (abrasiv, adhäsiv oder gemischt) festzustellen:

- Werkstückstofftyp
- Härte des Werkstückstoffs
- Vorhandensein von harten Partikeln im Werkstückstoff

Dieser erste Schritt ist der grundlegendste, da die Verschleißart festlegt, welches Verschleißwiderstandsprofil der Werkzeugstahl haben soll.

AUFTRETEN VON AUSBRÖCKELUNGEN ODER PLASTISCHER VERFORMUNG

Folgendes gibt Hinweise auf das Ausmaß des Risikos von Ausbröckelungen und/oder einer plastischen Verformung, d.h., ob hohe Duktilität und/oder hohe Härte notwendig sind:

- angewandtes Kaltarbeitsverfahren
- Stärke und Härte des Werkstückstoffs
- Geometrie der herzustellenden Teile

Der Werkzeuganwender hat hier normalerweise Erfahrungen.

RISIKO VON RISSBILDUNG/BRUCH

Folgendes gibt Hinweise auf das Risiko eines Bruchs, d.h., ob ein zäher Werkzeugstahl und/oder ein relativ niedriges Härteniveau notwendig sind:

- angewandtes Kaltarbeitsverfahren
- Geometrie der herzustellenden Teile
- Werkzeugdesign und -größe
- Stärke und Härte des Werkstückstoffs

ANZAHL DER HERZUSTELLENDEN TEILE

Sehr lange Produktionsserien verlangen oft den Einsatz von mehr als einem Werkzeug und außerdem den Einsatz eines Hochleistungswerkzeugstahls, damit eine optimale Wirtschaftlichkeit erreicht wird. Andererseits kann für kurze Serien ein niedriger legierter Stahl ausreichend sein.



Folgeverbundwerkzeug.

AUSWAHL DES WERKZEUGSTAHLS

Der Werkzeugstahl mit dem geeignetsten Widerstandsprofil gegen die hauptsächlich vorkommenden Ausfallmechanismen kann unter Benutzung der Informationen in Tabelle 2, auf Seite 10, ausgewählt werden.

Das Vorgehen bei der Stahlauswahl ist anhand von zwei Beispielen verdeutlicht:

1. Schneiden eines 0,5 mm dünnen Federbandstahls, gehärtet auf 5 HRC.

- Die Verschleißart ist abrasiver Natur.
- Das Risiko von Ausbröckelungen oder Rissen ist minimal bei Teilen mit einfacher Geometrie, steigt aber mit komplizierter werdender Geometrie.
- Das Risiko einer plastischen Verformung ist sehr gering, da ein entsprechend hohes Härteniveau benutzt werden kann.

Für kurze Serien von Teilen mit einer einfachen Geometrie bei Einsatz von Werkzeugen mittlerer Größe reicht durchaus der Werkzeugstahl Uddeholm Arne. Bei größeren Werkzeugen ist es ratsam, mit einem höher legierten Stahl zu arbeiten, da eine bessere Härtebarkeit gewährleistet ist. In diesem Fall wäre die bessere Stahlauswahl Uddeholm Calmax.

Für eine längere Serie ist ein höherer Verschleißwiderstand erforderlich. Hier wäre Uddeholm Sverker 21 die richtige Wahl für Teile mit einer verhältnismäßig einfachen Geometrie. Bei Teilen mit einer komplizierteren Geometrie ist allerdings das Rissbildungsrisiko höher und daher Uddeholm Vanadis 6 die bessere Wahl.

Für sehr lange Serien ist ein sehr hoher Verschleißwiderstand erforderlich. Hier wäre Uddeholm Vanadis 10 die beste Wahl (für Teile mit einfacher oder komplizierterer Geometrie).

2. Schneiden eines 5 mm dicken austenitischen rostfreien Stahls mit einer Härte von 150 HV.

- Die Verschleißart ist adhäsiver Natur.
- Das Risiko von Ausbröckelungen oder Rissen ist hoch.
- Das Risiko einer plastischen Verformung ist zwar vorhanden, kann aber durch den Einsatz eines ausreichend zähen Stahls mit einem höheren Härteniveau ausgeschaltet werden.

Für kurze Serien von Teilen mit einer einfachen oder komplizierten Geometrie wären Uddeholm Calmax oder Uddeholm Caldie geeignet.

Für längere oder sehr lange Serien von Teilen mit einfacher oder komplizierter Geometrie wäre Uddeholm Vanadis 4 Extra eindeutig die richtige Wahl, wenn Ermüdung dominiert.

STAHLAUSWAHL NACH SERIENLÄNGEN

Die Festlegung einer Serie als kurz, mittel oder lang ist stets sehr empirisch gewesen. Serien von bis zu 100 000 Teilen werden oft als kurz bezeichnet, Serien von 100 000 bis hin zu 1 000 000 als mittlere und Serien von über 1 000 000 Teilen als lang. Diese Art der Definition berücksichtigt jedoch weder die Dicke des Werkstückstoffs noch seine Härte. Beide beeinflussen aber sowohl den Verschleiß als auch das Risiko von Ausbröckelungen oder Rissen. Diese Punkte werden in den folgenden Definitionen mit berücksichtigt.

Kurze Serien: Ein Werkzeug aus einem niedrig legierten Stahl reicht aus, um die gewünschte Stückzahl zu erreichen.

Mittlere Serien: Ein Werkzeug aus einem hochlegierten Stahl wird benötigt, um die gewünschte Stückzahl zu erreichen.

Lange Serien: Normalerweise wird *mehr als ein Werkzeug* benötigt, um die gewünschte Stückzahl zu erreichen. In solchen Fällen sollen immer Hochleistungsstähle eingesetzt werden.

Die Uddeholm-Kaltarbeitsstähle können gut in drei Gruppen für kurze, mittlere und lange Serien eingeteilt werden, Tabelle 4 Seite 15.



Feinschneidwerkzeug. Mit freundlicher Genehmigung von Feintool, Schweiz.

Jede Gruppe enthält Stahlqualitäten mit unterschiedlichen Eigenschaftsprofilen. Die Auswahl eines geeigneten Stahls unter Berücksichtigung der aktuellen Anwendung und Serienlänge erfolgt nach den hauptsächlich auftretenden Ausfallmechanismen. Das bedeutet, dass die Stahlauswahl in erster Linie auf den Erfahrungswerten aus einer laufenden Produktion beruht. Die Eigenschaftsprofile der verschiedenen Stahlqualitäten sind in Tabelle 2 auf Seite 10 dargestellt.

Generell wird bei der Stahlauswahl versucht, Ausbröckelungen und Rissbildungen auszu-

schließen, selbst wenn dadurch der Werkzeugverschleiß steigt. Der Grund, weshalb ein höherer Verschleiß der Gefahr von Ausbröckelungen und Rissbildungen vorzuziehen ist, liegt darin, dass sich Verschleiß besser vorhersehen läßt. Die Wartung kann somit wesentlich besser geplant, und kostspielige Produktionsstopps können vermieden werden.

Wenn keine Erfahrungswerte aus der Produktion vorliegen, kann die unten stehende Tabelle als Hilfe bei der Stahlauswahl verwendet werden.

STAHLAUSWAHL VON UDDEHOLM FÜR VERSCHIEDENE SERIENLÄNGEN UND AUSFALLMECHANISMEN

Serienlängen	Adhäsiiver Verschleiß		Gemischter Verschleiß		Abrasierer Verschleiß	
	Stahlqualität	HRC	Stahlqualität	HRC	Stahlqualität	HRC
Kurz	ARNE	54–56 HRC	ARNE	54–58 HRC	ARNE	54–60 HRC
			CALMAX	54–59 HRC	CALDIE	56–62 HRC
			UNIMAX	54–58 HRC		
Mittel	CALMAX	54–58 HRC	CALDIE	58–62 HRC	SLEIPNER	60–64 HRC
	UNIMAX	54–58 HRC	RIGOR	54–62 HRC	SVERKER 21	58–62 HRC
	CALDIE	58–60 HRC	SLEIPNER	58–63 HRC		
	SLEIPNER	56–62 HRC				
Lang	VANADIS 4		VANADIS 4		SVERKER 3	58–62 HRC
	EXTRA	58–62 HRC	EXTRA	58–63 HRC	VANADIS 6	60–64 HRC
	VANCRON 40	60–64 HRC	VANADIS 6	60–64 HRC	VANADIS 10	60–64 HRC

Tabelle 4.



Werkzeug aus Uddeholm Vancron 40 zur Herstellung von Geschirrspülern.

Werkzeugherstellung

Wenn von einem Werkzeug eine optimale Leistung mit einem Minimum an Instandhaltung und Stillständen erwartet wird, ist es nicht nur wichtig, den richtigen Stahl für die jeweilige Anwendung auszuwählen. Ebenso wichtig ist es, dass die Werkzeugherstellung richtig ausgeführt wird. Falls dies nicht der Fall ist, können Probleme bei der Herstellung des Werkzeugs auftreten. Aber das ist noch nicht alles — die Lebensdauer des Werkzeugs kann dadurch sehr verkürzt sein, und zwar deshalb, weil die Ausfallmechanismen durch unsachgemäße Werkzeugherstellung noch verstärkt werden können.

WERKZEUGDESIGN

Es ist ganz selbstverständlich, dass das Werkzeug sorgfältig ausgelegt wird, um der gewünschten Aufgabe entsprechen zu können. Werkzeuge, die für eine bestimmte Anwendung und Werkstückstoffstärke entwickelt wurden, werden bei einem viel stärkeren und/oder härteren Werkstückstoff nicht unbedingt zufriedenstellend arbeiten können, da die Gefahr einer erheblichen Überbelastung besteht.

Die folgenden Empfehlungen zu Design-einzelheiten, auch wenn sie selbstverständlich erscheinen, sollen dazu dienen, vorzeitigen Ausfall sowohl bereits bei der Wärmebehandlung als auch später während des Einsatzes zu verhindern.

- Ausreichende Dimensionierung.
- Ecken, Kanten, Hohlkehlen usw. mit möglichst großen Radien versehen.
- Vermeidung schroffer Querschnittsübergänge.
- Kerben möglichst vermeiden – auch Bearbeitungsriefen, Schleifriefen, eingeschlagene Stempelungen wirken wie Kerben.
- Ausreichenden Abstand zwischen Bohrungen und Kanten einhalten.
- Es ist oft besser, komplizierte Werkzeuge aus Segmenten zusammenzusetzen. Die Segmente sind sicherer in der Wärmebehandlung und sind leichter zu reparieren und auszutauschen.

ENTKOHLTE SCHICHT

Während der Herstellung von Stabstahl ist es unmöglich, zu verhindern, dass Kohlenstoff in der Randschicht durch Oxidation entfernt wird. Der Grad dieser Entkohlung hängt von der Zusam-

ensetzung des Stahls ab und auch von den jeweiligen Erwärmungsschritten während der Herstellung des Stabes. Es kommt manchmal vor, dass eine Randschicht nicht völlig entkohlt ist, dass aber in der Randschicht weniger Kohlenstoff enthalten ist als im Stabinnern.

Es ist sehr wichtig, dass diese entkohlte Schicht entfernt wird, bevor ein Werkzeug aus dem Stab hergestellt wird. Wenn dies nicht geschieht, kann folgendes geschehen:

- das Werkzeug kann während der Wärmebehandlung (Abschreckung) oder im Einsatz reißen
- die aktiven Flächen des Werkzeuges können sich plastisch verformen
- der Verschleißwiderstand wird herabgesetzt

Es ist auch zweckmäßig, die entkohlte Schicht von Erodierblöcken aus rohgewalzten oder geschmiedeten Stäben zu entfernen. Es ist nämlich vorgekommen, dass diese Blöcke während der Wärmebehandlung (beim Abschreckvorgang) gerissen sind, weil diese Schicht nicht entfernt worden war.

Die Stababmessungen und die Form des Stabes bestimmen, wieviel Material von der Oberfläche abgetragen werden muss. Verschiedene Organisationen haben diesbezüglich Richtlinien herausgegeben.

SCHLEIFEN

Richtiges Schleifen wird immer einen positiven Einfluss auf die Werkzeugherstellung und -leistung haben. Die Kombination von hohen Temperaturen, Reibung und Druck während des Schleifens bringt immer Spannungen in die Randschicht. Sie können möglichst gering gehalten werden durch

- den Einsatz von gut abgezogenen, weichen, freischneidenden Schleifscheiben
- Vermeidung einer zu hohen Umfangsgeschwindigkeit, eines zu hohen Drucks/Vorschubs
- Verwendung von viel Kühlmittel



Prägwerkzeug zur Produktion von Münzen.

Hochlegierte Werkzeugstähle, die bei niedrigen Temperaturen angelassen wurden, sind während des Schleifens besonders empfindlich. Hier ist besondere Sorgfalt erforderlich. Als Faustregel gilt: Je härter der Stahl, desto weicher die Schleifscheibe und umgekehrt.

Ungünstige Schleifbedingungen können den Werkzeugstahl wie folgt beeinflussen:

- Weichhautbildung
- Umhärtung der geschliffenen Oberfläche und Bildung von Schleifriefen
- hohe Spannungen werden in die Oberfläche des Werkzeugs gebracht, diese erhöhen das Risiko eines Ausfalls

Nach dem Grobschleifen soll die spannungsbeeinflusste Randschicht durch Feinschleifen entfernt werden. Schleifspannungen können auch durch ein nochmaliges Anlassen etwa 25°C unter der letztbenutzten Anlasstemperatur entfernt werden.

Das Risiko der Bildung von Schleifriefen ist besonders hoch beim Schleifen von Werkzeugen, die während der Wärmebehandlung überhitzt, überzeitet oder ungenügend angelassen wurden. Ursache dafür ist das Vorhandensein von Restaustenit im Gefüge. Die Wärmeentwicklung und der Druck während des Schleifvorganges wandeln diesen in unangelassenen Martensit um. Dieser harte, spröde Gefügebestandteil in der Oberfläche kann zu Rissbildung führen.

Schleifriefen an den Aktivflächen des Werkzeugs können Probleme während des Einsatzes verursachen.

- Sie wirken wie Kerben und können zu Ausbröckelungen oder Rissbildung führen.
- Sie können zu Kaltaufschweißungen führen, besonders dann, wenn sie quer zur Arbeitsrichtung verlaufen.



Nabendeckel für LKW.

Werkzeug für Tiefziehprozess.

Wenn die Oberfläche eines Schneidstempels fertiggeschliffen bzw. nachgeschliffen wird, sollte der entstandene feine Kantengrat vorsichtig mit einem Ziehstein entfernt werden. Dadurch ist die Gefahr des Ausbrechens oder Abplatzens der Schneidkanten gleich zu Beginn des Einsatzes geringer. Dies gilt besonders für Schneidplatten mit hoher Härte, die für das Schneiden von dünnen Werkstückstoffen verwendet werden.

Die PM-Stähle Uddeholm Vanadis 4 Extra und Uddeholm Vanadis 23 mit ihren sehr kleinen Karbiden weisen eine wesentlich bessere Schleifbarkeit auf, als man von einem herkömmlich hergestellten Werkzeugstahl mit ähnlicher Zusammensetzung erwarten würde.

Ausführlichere Informationen und Empfehlungen für Schleifscheiben können der Uddeholm-Druckschrift „Schleifen von Werkzeugstahl“ entnommen werden.

WÄRMEBEHANDLUNG

Zweck einer Wärmebehandlung ist die Erzeugung der gewünschten technologischen Eigenschaften im Werkzeug wie z.B. Härte, Zähigkeit und Festigkeit. Die Hauptprobleme, die bei einer Wärmebehandlung auftreten, sind:

- Formänderungen
- Maßänderungen
- Entkohlung
- Aufkohlung
- Karbidausscheidungen an den Korngrenzen

FORMÄNDERUNGEN

Formänderungen infolge einer Wärmebehandlung können auftreten durch:

- Bearbeitungsspannungen
- Wärmespannungen
- Umwandlungsspannungen

Um Bearbeitungsspannungen zu verringern, sollte das Werkzeug nach der Grobzerspannung immer spannungsarmgeglüht werden. So werden die während der Zerspanung eingebrachten Spannungen verringert. Die dabei entstehenden Formänderungen können während einer Feinzer-spannung vor dem Abschreckvorgang korrigiert werden.

Wärmespannungen treten auf, wenn das Werkzeug erwärmt wird. Sie werden größer, wenn das Erwärmen zu schnell oder ungleichmäßig erfolgt. Bei großen oder komplizierten Teilen ist es ratsam, das Vorwärmen in Stufen durchzuführen, um die Temperatur im Werkzeug auszugleichen.

Es ist immer ratsam, das Erwärmen langsam durchzuführen, damit das Werkstück möglichst gleichmäßig durchgewärmt wird.

Was über das Erwärmen gesagt wurde, gilt gleichermaßen für das Abschrecken. Beim Abschrecken treten sehr hohe Spannungen auf. Allgemein gilt: Je langsamer das Abschrecken erfolgt, desto geringer sind die Formänderungen auf Grund der auftretenden Wärmespannungen.

MASSÄNDERUNGEN

Umwandlungsspannungen treten auf, wenn das Gefüge des Stahls umgewandelt wird. Maßänderungen, die durch Gefügeumwandlungen im Stahl entstehen, sind schwierig zu beeinflussen, es sei denn durch Wechsel der Stahlsorte.

Maßänderungen treten sowohl beim Härten als auch beim Anlassen auf. Für das Abschätzen solcher Maßänderungen sollten die Maßänderungen beim Härten und beim Anlassen addiert werden. Die Produktbroschüren von Uddeholm enthalten Daten hinsichtlich der Maßänderungen.

ENTKOHLUNG

Es ist wichtig, die Werkzeuge vor Oxidation und Entkohlung zu schützen. Den besten Schutz bietet ein Vakuum-Härteofen, in dem die Oberfläche des Werkzeugs unverändert bleibt. Entkohlung führt zu Verlust an Verschleißwiderstand.

AUFKOHLUNG

Eine Aufkohlung während des Härtens resultiert aus einer Aufnahme von Kohlenstoff in die Stahloberfläche, wenn das Mittel zum Schutz des Stahles freien Kohlenstoff enthält. Das Ergebnis ist eine harte, spröde Randschicht, die das Risiko von Ausbröckelungen oder Rissbildung erhöht.

KORNGRENZENAUSSCHIEDUNGEN

Wenn der Abschreckvorgang zu langsam erfolgt, können Karbide ausgeschieden werden. Diese Karbide werden vorwiegend an den Korngrenzen des Stahls ausgeschieden und führen zu einem Verlust an Zähigkeit und Endhärte.

Weitere Informationen über die Wärmebehandlung können der Uddeholm-Druckschrift „Wärmebehandlung von Werkzeugstahl“ entnommen werden.

FUNKENEROSIVE BEARBEITUNG

Bei der funkenerosiven Bearbeitung sind einige wichtige Punkte zu beachten, um eine zufriedenstellende Werkzeugleistung zu gewährleisten. Während dieser Bearbeitung wird die Oberfläche des wärmebehandelten Stahls umgehärtet und deshalb spröde. Dies führt sehr oft zu Ausbröckelungen, Ermüdungsrissen und einer verkürzten Lebensdauer des Werkzeuges.

Um dieses Problem zu vermeiden, sollten folgende Vorsichtsmaßnahmen ergriffen werden.

- Nach dem Groberodieren sollte ein Feinerodieren (mit niedrigem Strom und hoher Frequenz) erfolgen. Beim Senkerodieren ist eine korrekte Dimensionierung der Elektrode für das Feinerodieren notwendig, um sicherzugehen, dass die durch das Groberodieren auftretende, umgeschmolzene Zone und die wärmebeeinflusste Zone (siehe Foto 4) entfernt werden.
- Die nach dem Feinerodieren auftretende Schicht sollte durch Polieren oder Schleifen entfernt werden.
- Wenn Zweifel bestehen, ob die beeinflusste Randschicht vollkommen entfernt worden ist, sollte das Werkzeug nochmals angelassen werden und zwar bei einer Temperatur 15–25°C unter der letztbenutzten Temperatur.



Foto 4. Oberfläche von Uddeholm Sverker 21 nach dem Senkerodieren mit einer hohen Stromstärke. Die „weiße Schicht“ ist spröde und enthält Risse.

FUNKENEROSIVES DRAHTSCHNEIDEN

Komplizierte Teile können mittels funkenerosiven Drahtschneidens leicht aus einem gehärteten Werkzeugstahlblock geschnitten werden. Gehärtete Stähle enthalten jedoch immer Spannungen, und wenn größere Stahlvolumen in einem Vorgang entfernt werden, kann es manchmal zum Verzug oder zum Reißen des herausgeschnittenen Teils kommen. Das Problem des Reißens tritt normalerweise nur auf, wenn verhältnismäßig dicke Querschnitte (z.B. über 50 mm dick) bearbeitet werden.

In bestimmten Fällen können die Risiken durch verschiedene Vorsichtsmaßnahmen reduziert werden.

- Das Spannungsniveau kann herabgesetzt werden, indem bei einer hohen Temperatur angelassen wird. Dies setzt den Einsatz eines Stahls mit einer hohen Anlassbeständigkeit voraus.
- Ein korrekt durchgeführtes Härten und doppeltes Anlassen sind unerlässlich. Bei ganz dicken Querschnitten ist ein drittes Anlassen empfehlenswert.
- Vor der Wärmebehandlung kann das Teil durch eine spanabhebende Bearbeitung fast bis zur Endform bearbeitet werden.
- Vor dem Härten und Anlassen können ein Anbohren des auszuschneidenden Teiles und ein Verbinden der Bohrlöcher mit einem Sägeschnitt vorgenommen werden.

Die nach dem funkenerosiven Drahtschneiden entstandene Erodierschicht ist normalerweise verhältnismäßig dünn und kann mit einer nach dem Senkerodieren entstandenen Feinerodierschicht verglichen werden. Trotzdem ist diese oft so dick, dass Ausbröckelungen und Rissbildung besonders bei Werkzeugteilen mit einer komplizierten Geometrie und einem hohen Härteniveau entstehen. Deswegen ist es ratsam, dass nach dem Grobschneiden ein Feinschnitt vorgenommen wird. Ein oder mehrere Feinschnitte sind in vielen Fällen sowieso notwendig, damit die gewünschten Toleranzen im fertigen Teil erreicht werden.

Weitere Informationen können der Uddeholm-Druckschrift „Funkenerosive Bearbeitung von Werkzeugstählen“ entnommen werden.

Oberflächenbehandlung

GASNITRIEREN

Gasnitrieren erzeugt eine harte Randschicht mit gutem Verschleißwiderstand. Diese harte nitrierte Randschicht ist jedoch spröde und neigt zum Ausbröckeln oder Abplatzen, wenn das Werkzeug Schlägen oder starken Temperaturschwankungen ausgesetzt wird. Die Gefahr nimmt mit der Nitriertiefe zu. Vor dem Nitrieren muss das Werkzeug gehärtet und angelassen werden. Die Anlasstemperatur sollte etwa 25°C über der Nitriertemperatur liegen.

NITROKARBURIEREN

Die Nitrierschicht beim Nitrokarburieren ist normalerweise dünner als beim Ion-nitrieren oder Gasnitrieren. Sie soll zäher sein und Gleiteigenschaften besitzen.

Es hat sich herausgestellt, dass mit einem nitrokarburierten Stempel beim Schneiden von dünnen, adhäsiven Materialien, wie z.B. austenitischen rostfreien Stählen, gute Ergebnisse zu erzielen sind. Die Nitrierschicht setzt die Adhäsion zwischen Stempel und Werkstückstoff herab.

Folgende Uddeholm-Werkzeugstähle für Kaltarbeit können nitriert werden: Rigor, Caldie, Slepner, Unimax, Calmax, Sverker 21, Sverker 3, Vanadis 4 Extra, Vanadis 6, Vanadis 10 und Vanadis 23.

Die Oberflächenhärte beim Nitrieren beträgt 900–1250 HV₁₀ in Abhängigkeit von der Stahlsorte und dem Nitrierprozess.

OBERFLÄCHENBESCHICHTUNGEN

Oberflächenbeschichtungen können bei Werkzeugstählen für Kaltarbeit vorgenommen werden, z.B. für Hochleistungsschneid- und -umformwerkzeuge.

Die aufgebraute harte Schicht ist normalerweise Titanitrid, Titankarbid oder Titankarbonitrid. Es wurden in letzter Zeit viele neue Beschichtungen entwickelt, die nun zur Auswahl stehen. Die hohe Härte und die guten Gleiteigenschaften ergeben eine verschleißbeständige Oberfläche, die gegen Kaltaufschweißungen wirkt. Beschichtungsmethode, Werkzeuggeometrie und

einzuhaltende Toleranzen stellen gewisse Anforderungen an den zu beschichtenden Werkzeugstahl.

- **PVD** (Physical Vapour Deposition) ist ein physikalisches Beschichtungsverfahren und ermöglicht die Herstellung verschleißfester Schichten bei Temperaturen von ca. 500°C. Heutzutage können noch niedrigere Temperaturen verwendet werden. Der zu beschichtende Werkzeugstahl muss eine sehr hohe Anlassbeständigkeit aufweisen, und die Schicht muss nach dem Härten und Anlassen aufgebracht werden.
- **CVD** (Chemical Vapour Deposition) ist ein chemisches Beschichtungsverfahren, das bei Temperaturen von ca. 1000°C durchgeführt wird. Bei der CVD-Beschichtung muss das Werkzeug nach der Beschichtung gehärtet und angelassen werden (in einem Vakuumofen). Bei einer CVD-Beschichtung besteht die Gefahr von Maßänderungen. Aus diesem Grund wird diese Methode nicht für Werkzeuge mit engen Maßtoleranzen empfohlen.

Uddeholm Vanadis 4 Extra, Uddeholm Vanadis 10 und Uddeholm Vanadis 23 sind als Substrate für Titankarbid- und Titanitridbeschichtungen sehr geeignet. Die gleichmäßige Karbidverteilung in diesen Stählen sorgt für eine gute Haftung der Schicht, und die vorkommenden Maßänderungen nach dem Härten bewegen sich in einem kleinen Streubereich. Zusammen mit der hohen Festigkeit bedeutet dies, dass diese Stähle sehr gute Substrate für eine Beschichtung sind.

Auch Uddeholm Caldie stellt ein ideales Substrat für Beschichtungen dar. Er ist ausreichend druckfest, um die Schicht zu stützen. Die



Stempel und Matrize, PVD beschichtet.

ausgeprägte Homogenität, die durch das Umschmelzen (ESU) erreicht wird, gibt ihm eine hohe Maßbeständigkeit.

Uddeholm Vancron 40 wird normalerweise im unbeschichteten Zustand zur Verhinderung von Kaltaufschweißungen genutzt. Manchmal ist eine Beschichtung jedoch trotzdem notwendig, wenn der Kontaktdruck bei der entsprechenden Anwendung stellenweise hoch ist. Dann können exzellente Ergebnisse erzielt werden.

Die Oberflächenbeschichtung von Werkzeugen sollte bei der jeweils beabsichtigten Anwendung sorgfältig überprüft werden im Hinblick auf Beschichtungsart, einzuhaltende Toleranzen usw.

SCHNITTSPALT

Der optimale Schnittspalt wird bereits während der Konstruktion des Werkzeugs festgelegt und berücksichtigt die Dicke und Härte des Werkstückstoffs. Wer mit Werkzeugen umgeht weiß, dass ein zu großer oder zu kleiner Spalt zu starkem Werkzeugverschleiß führen kann. Wenn der optimale Schnittspalt festgelegt ist, ist darauf zu achten, dass der Stempel richtig zentriert wird, um eine ungleichmäßige Verteilung des Schneiddrucks und damit ungleichmäßige Abnutzung und einen eventuellen Werkzeugbruch zu verhindern.

ALLGEMEINE EMPFEHLUNGEN FÜR SCHNEIDWERKZEUGE

TEIL	UDDEHOLM STAHL	HRC
1 Matrize Druckplatte	ARNE, CALDIE, SLEIPNER, RIGOR, SVERKER 21, SVERKER 3, VANADIS 4 EXTRA, VANADIS 6, VANADIS 10, VANADIS 23, VANCRON 40	54–65
2 Schneidbüchse	SVERKER 21, SVERKER 3, CALDIE, SLEIPNER, UNIMAX, VANADIS 4 EXTRA, VANADIS 6, VANADIS 10, VANADIS 23, VANCRON 40	58–65
3 Abstreifplatte	UHB 11 – feinbearbeiteter geschliffener Flachstahl	
4 Schneidstempel	ARNE, CALDIE, SLEIPNER, RIGOR, SVERKER 21, SVERKER 3, UNIMAX, VANADIS 4 EXTRA, VANADIS 6, VANADIS 10, VANADIS 23, VANCRON 40	54–65
5 Führungsplatte	UHB 11	—
6 Matrizenaufnahmeplatte	UHB 11	—
7 Stempelhalteplatte	ARNE – geschliffener Flachstahl	—
8 Druckplatte	ARNE	58–60
9 Säulengestell-Oberteil	UHB 11, FORMAX	—
10 Säulengestell-Unterteil	UHB 11, FORMAX	—
11 Führungsleiste	UHB 11 – feinbearbeiteter geschliffener Flachstahl	—



Produktprogramm

LIEFER- UND LEISTUNGSPROGRAMM DER KALTARBEITSTÄHLE VON UDDEHOLM

Durch unsere langjährige Erfahrung mit Herstellern und Anwendern von Kaltarbeitswerkzeugen kennen wir die gebräuchlichsten Qualitäten und Abmessungen mit ihren Toleranzen.

Durch optimale Lagerhaltung, zuverlässigen Lieferservice und eine umfassende Produkt- und Abmessungspalette ist eine schnelle Auslieferung gewährleistet.

LAGERHALTUNG

Der Standort eines Auslieferungslagers ist ausschlaggebend für einen guten Lieferservice.

Innerhalb unserer weltweiten Organisation legen wir sehr großen Wert darauf, unser Abmessungsprogramm und unsere Lagerbestände den jeweiligen Bedürfnissen der einzelnen Märkte anzupassen.

ZUVERLÄSSIGER LIEFERSERVICE

Unser weitverbreitetes Netz von Uddeholm-Lagern und unsere umfangreiche Produktpalette bilden die Grundlage für unseren guten Lieferservice. Jedes unserer Lagerhäuser hat ein gut funktionierendes Auslieferungssystem.

DER EINFACHE WEG ZUR HÖHEREN PRODUKTIVITÄT

Werkzeugstahl in vorbearbeiteter Ausführung einzukaufen ist ein einfacher Weg, mehr Maschinenkapazität für die eigentliche Werkzeugherstellung freizuhalten. Unsere Stahlqualitäten sind in verschiedenen Formen und Ausführungen erhältlich – viele von ihnen sogar in vorbearbeiteter Form.

Uddeholm-Werkzeugstähle sind als bearbeiteter oder feinbearbeiteter Stabstahl erhältlich.

Es ist immer möglich, eine passende Abmessung für den jeweiligen Bedarf zu finden und damit unnötige und teure Bearbeitung zu vermeiden.

Alle Abmessungen bei bearbeitetem Stahl beinhalten eine Bearbeitungszugabe, um eine weitere Bearbeitung auf genormte Abmessungen zu ermöglichen.

Feinbearbeitete Stäbe mit kreuzgeschliffenen Oberflächen.

- Es entstehen keine Kosten für die Entfernung der entkohlten Schicht.
- Die Fertigungszeit wird verkürzt, was die Planung vereinfacht und eine genauere Kalkulation ermöglicht.

AUF KUNDENMASS GEFERTIGTE PLATTEN

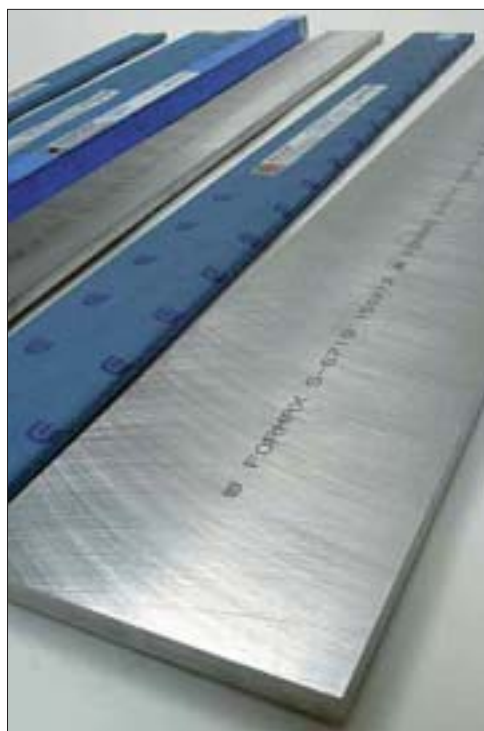
Schon in der Designphase können die Bearbeitungskosten gesenkt werden. Eine Möglichkeit ist, ein Werkzeug aus bearbeiteten Werkzeugstahlplatten zu konstruieren.

Die Uddeholm-Service-Zentren sind mit allen notwendigen Bearbeitungsmaschinen ausgestattet wie z.B. Schleifmaschinen und Trennsägen.

FEINBEARBEITETER STAHL

Aus langer Erfahrung mit Werkzeugstählen weiß Uddeholm, was die wichtigsten Anforderungen an feinbearbeitete Stäbe und Platten seitens der Anwender sind – (genaue Einhaltung der Analysen und richtige Gefüge sind selbstverständlich):

- Einhaltung der Toleranzen von Geradheit und Stärke
- minimales Risiko von Formänderungen, die durch die Freisetzung von Restspannungen während des Weiterbearbeitens entstehen können
- eine technisch gesehen akzeptable Oberfläche



Als Ergebnis eines umfangreichen Entwicklungs- und Forschungsprogramms kann Uddeholm jetzt alle feinbearbeiteten Stäbe und Platten in einer Oberflächenausführung liefern, bei der Stirnschleifen durch Kreuzschleifen ergänzt wird. Achten Sie auf die kreuzgeschliffene Oberfläche – das Kennzeichen für Qualität, niedrige Restspannung und problemlose Werkzeugherstellung!

Zusätzlich zu den aufgezeigten Vorteilen bearbeiteter Platten bietet der Einsatz von feinbearbeitetem Material weitere Vorteile.

- Die Bearbeitung auf Endmaß ist auf ein Minimum reduziert.
- Eine Bearbeitung auf Endmaß kann bei einem entsprechenden Werkzeugdesign sogar völlig entfallen.

Feinbearbeitete Stäbe werden mit einem Rollstempel markiert und in Schutzpapier eingepackt in einer handlichen Länge von 1030 mm ausgeliefert. Die Stäbe haben folgende Toleranzen:

Stärke: Nennmaß + 0,40/+ 0,65 mm

Breite: Nennmaß + 0,40/+ 0,80 mm

Feinbearbeitetes Material ist in den meistgefragten Qualitäten lieferbar.

UDDEHOLM GRANSHOT™

Uddeholm Granshot sind Granalien für die Produktion von gegossenen Werkzeugteilen.

Durch den Einsatz von Granshot ist keine weitere Metallurgie beim Gießprozess erforderlich. Nachdem das Granulat in einem Hochfrequenz-Induktionsofen geschmolzen worden ist, steht die Schmelze sofort zum Guss zur Verfügung.

Die folgenden Marken sind erhältlich:

Uddeholm Carmo Granshot

Uddeholm Caldie Granshot

Uddeholm Sverker 21 Granshot

Uddeholm Fermo Granshot.

Die Granalien für Präzisionsgießereien werden in Stahlfässern verpackt. Eine Fassgröße entspricht 200 l (~ 800 kg Material). Die Stahlsorte, die Chargennummer und das Gewicht werden auf jedem Fass ausgewiesen.



SCHWEISSZUSÄTZE

Schweißzusätze sind für die Werkzeugstahlsorten Uddeholm Calmax, Uddeholm Carmo, Uddeholm Caldie und Uddeholm Unimax erhältlich.

Uddeholm Caldie Weld und Uddeholm Calmax/Carmo Weld sind erhältlich in den Abmessungen mit Durchmesser 2,5 mm und 3,2 mm.

Den Schweißzusatz Uddeholm Calmax/Carmo TIG-Weld gibt es in der Abmessung mit 1,6 mm Durchmesser.

Uddeholm Caldie TIG-Weld gibt es mit 1 mm und 1,6 mm Durchmesser.

Uddeholm Unimax TIG-Weld gibt es mit 1,6 mm Durchmesser.



Die Uddeholm Werkzeugstähle für Kaltarbeit

<p>UDDEHOLM STAHL</p> <p>UDDEHOLM ARNE (AISI O1, W.-Nr. 1.2510)</p>	<p>Uddeholm Arne ist ein Mehrzweckwerkzeugstahl mit vielseitiger Verwendungsmöglichkeit im Bereich Kaltarbeit. Zu den Hauptmerkmalen zählen gute Zerspanbarkeit und eine gute Kombination von hoher Oberflächenhärte und Zähigkeit nach dem Härten und Anlassen. Diese Eigenschaften ergeben einen Stahl, der für die Herstellung von Werkzeugen von kurzen Produktionsserien, Führungsplatten, Stempelhalterplatten sowie Reparaturwerkzeugteilen geeignet ist.</p>
<p>UDDEHOLM RIGOR (AISI A2, W.-Nr. 1.2363)</p>	<p>Uddeholm Rigor ist ein Werkzeugstahl, der charakterisiert ist durch gute Zerspanbarkeit, hohe Druckfestigkeit, gute Härtparkeit, ausreichende Zähigkeit und mittlere Verschleißbeständigkeit (Widerstandsprofil für den gemischten Verschleiß). Diese Eigenschaften ergeben einen Stahl, der für die Herstellung von Werkzeugen für mittlere Produktionsserien geeignet ist.</p>
<p>UDDEHOLM SLEIPNER</p>	<p>Uddeholm Sleipner ist ein Werkzeugstahl, der charakterisiert ist durch sehr hohe Druckfestigkeit, gute Härtparkeit, gute Zerspan- und Schleifbarkeit, gute funkenersive Bearbeitbarkeit mittels Draht, hohen Verschleißwiderstand sowohl gegen adhäsiven als auch gegen abrasiven Verschleiß und hohen Widerstand gegen Ausbrüche.</p> <p>Uddeholm Sleipner kann aufgrund seines sehr breit gefächerten Eigenschaftsprofils für zahlreiche Anwendungen im Bereich Kaltarbeit für mittlere Produktionsserien eingesetzt werden. Er ist besonders für das Stanzen und Umformen von hochfesten/ ultra hochfesten Blechen geeignet.</p>
<p>UDDEHOLM SVERKER 3 (AISI D6, W.-Nr. 1.2436)</p>	<p>Uddeholm Sverker 3 ist ein Werkzeugstahl, der charakterisiert ist durch hohe Druckfestigkeit, hohe Härte, gute Durchhärtungseigenschaften und sehr hohen Verschleißwiderstand (Widerstandsprofil für den abrasiven Verschleiß).</p> <p>Diese Eigenschaften ergeben einen Stahl, der geeignet ist für die Herstellung von Werkzeugen für lange Produktionsserien, bei Anwendungen, bei denen der Werkstoff besonders abrasiv ist und die Anforderungen an Zähigkeit nur gering sind, z.B. Schneiden von Trafoblechen und Pressen von Keramikmaterialien.</p>
<p>UDDEHOLM SVERKER 21 (AISI D2, W.-Nr. 1.2379)</p>	<p>Uddeholm Sverker 21 ist ein Werkzeugstahl, der charakterisiert ist durch hohe Druckfestigkeit, hohe Härte, gute Durchhärtungseigenschaften und hohen Verschleißwiderstand (Widerstandsprofil für den abrasiven Verschleiß).</p> <p>Diese Eigenschaften ergeben einen Stahl, der geeignet ist für die Herstellung von Werkzeugen für Produktionsserien mittlerer Länge, bei Anwendungen, bei denen abrasiver Verschleiß vorherrscht und das Risiko von Ausbröckelungen und Rissbildung nicht so hoch ist, z.B. Schneiden und Umformen von dünneren, härteren Werkstoffen.</p>
<p>UDDEHOLM CALMAX (W.-Nr. 1.2358)</p>	<p>Uddeholm Calmax ist ein Werkzeugstahl, der charakterisiert ist durch eine besonders gute Zähigkeit, gute Durchhärtungseigenschaften, guten Verschleißwiderstand, hohe Druckfestigkeit, hohe Härte, gute Flamm- und Induktionshärtbarkeit und gute Schweißbarkeit.</p> <p>Diese Eigenschaften ergeben einen Stahl, der geeignet ist für die Herstellung von Werkzeugen für kurze und mittlere Produktionsserien verschiedenster Anwendungen, bei denen adhäsiver Verschleiß vorherrscht und das Risiko von Ausbröckelungen oder Rissbildung sehr hoch ist, z.B. Schneiden und Umformen von stärkeren Werkstoffen.</p>

<p>UDDEHOLM UNIMAX</p>	<p>Uddeholm Unimax ist ein Werkzeugstahl, der sich durch einen sehr guten Widerstand gegen Bruch und Ausbrüche auszeichnet (die Zähigkeit und die Duktilität sind in Längs- und Querrichtung beinahe identisch). Er verfügt über eine gute Härbarkeit, Bearbeitbarkeit und Schleifbarkeit, gute Erodierereigenschaften sowie über einen guten Widerstand bei adhäsivem Verschleiß. Außerdem verfügt er über eine gute Schweißbarkeit und gute Beschichtungseigenschaften.</p> <p>Uddeholm Unimax bietet eine Lösung bei mittleren Serienlängen und bei schwierigen Anwendungen, bei denen ein sehr hoher Widerstand gegen Ausbrüche und Risse gefordert wird, z. B. beim Schneiden von stärkerem Schnittgut und beim Kaltmassivumformen.</p>
<p>UDDEHOLM CALDIE</p>	<p>Uddeholm Caldie ist ein Werkzeugstahl mit einer sehr guten Kombination aus hoher Druckfestigkeit und hohem Widerstand gegen Ausbrüche und Bruch. Er besitzt außerdem exzellente Durchhärtungseigenschaften, eine gute Bearbeitbarkeit und Schleifbarkeit, gute Erodierereigenschaften und einen guten Verschleißwiderstand.</p> <p>Uddeholm Caldie ist ein bedeutender Problemlöser für verschiedene hochbelastete Kaltarbeitsanwendungen bei mittleren Serienlängen, bei denen eine hohe Druckfestigkeit und Bruchsicherheit verlangt wird. Das Kaltumformen von schwierigen Arbeitsmaterialien und Geometrien und das Schneiden und Umformen von hochfesten Blechen sind gute Beispiele. Uddeholm Caldie ist als Substrat für Oberflächenbeschichtungen gut geeignet.</p>
<p>UDDEHOLM VANADIS 4 EXTRA</p>	<p>Uddeholm Vanadis 4 Extra ist ein Cr-Mo-V-legierter Stahl, der charakterisiert ist durch sehr gute Duktilität, hohen Widerstand gegen adhäsiven Verschleiß und Ausbrüche, hohe Druckfestigkeit, gute Maßbeständigkeit bei der Wärmebehandlung und im Einsatz und sehr gute Durchhärtungseigenschaften.</p> <p>Diese Eigenschaften ergeben einen Stahl, der geeignet ist für die Herstellung von Werkzeugen für lange Produktionsserien bei den verschiedensten Anwendungen, bei denen adhäsiver Verschleiß vorherrscht und/oder das Risiko von Ausbröckelungen oder Rissbildung sehr hoch ist, z.B. Schneiden und Umformen von Werkstückstoffen wie austenitischen rostfreien Stählen, kohlenstoffarmen Stählen, Kupfer, Aluminium usw.</p> <p>Uddeholm Vanadis 4 Extra ist auch für die CVD-Beschichtung ein ausgezeichneter Werkzeugstahl.</p>
<p>UDDEHOLM VANADIS 6</p>	<p>Uddeholm Vanadis 6 ist ein PM- (pulvermetallurgischer) Stahl, der charakterisiert ist durch sehr hohen abrasiven–adhäsiven Verschleißwiderstand, hohe Druckfestigkeit, hohen Widerstand gegen Ausbrüche, sehr gute Einhärtbarkeit, sehr gute Maßbeständigkeit beim Härten und im Einsatz, sehr hohe Anlassbeständigkeit und sehr hohen Reinheitsgrad.</p> <p>Diese Eigenschaften ergeben einen Stahl, der geeignet ist für die Herstellung von Werkzeugen für lange Produktionsserien bei den verschiedensten Anwendungen, bei denen gemischter oder abrasiver Verschleiß vorherrschen und das Risiko von Ausbrüchen/Rissbildung und/oder einer plastischen Verformung des Werkzeugs hoch ist. Uddeholm Vanadis 6 ist ein besonders geeignetes Substrat für Beschichtungen.</p>
<p>UDDEHOLM VANADIS 10</p>	<p>Uddeholm Vanadis 10 ist ein PM- (pulvermetallurgischer) Stahl, der charakterisiert ist durch hohe Druckfestigkeit, hohe Härte, sehr gute Durchhärtungseigenschaften, extrem hohen Verschleißwiderstand, hohen Widerstand gegen Ausbrüche und sehr gute Maßbeständigkeit nach dem Härten und im Einsatz.</p> <p>Diese Eigenschaften ergeben einen Stahl, der geeignet ist für die Herstellung von Werkzeugen für sehr lange Produktionsserien bei Anwendungen, bei denen abrasiver Verschleiß vorherrscht, z.B. Schneiden und Umformen von abrasiven Werkstückstoffen, Schneiden von Elektroblechen, Schneiden von Dichtungen, Messer für Papier und Folien, Granuliermesser, Extruderschnecken usw.</p>

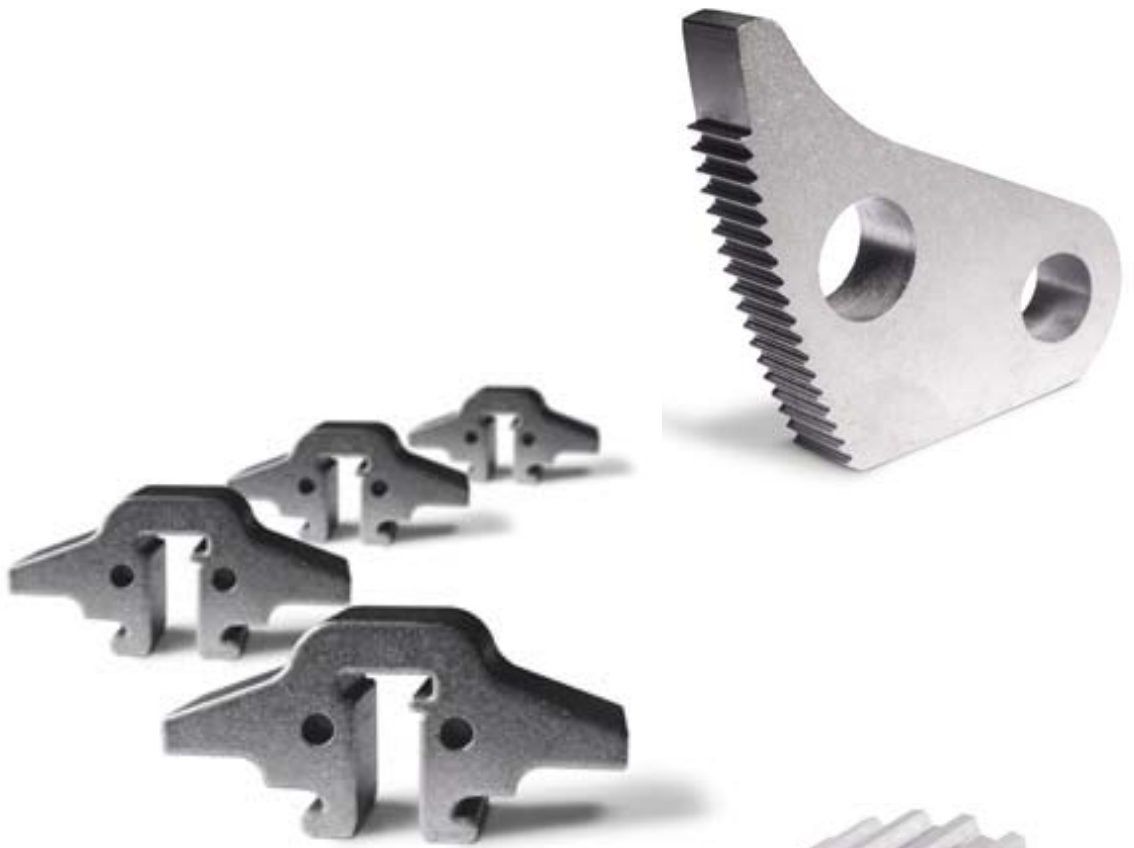
<p>UDDEHOLM VANADIS 23 (AISI M3:2, W.-Nr. 1.3395)</p>	<p>Uddeholm Vanadis 23 ist ein PM- (pulvermetallurgischer) HSS-Stahl, der charakterisiert ist durch hohe Druckfestigkeit, hohe Härte, sehr gute Durchhärtungseigenschaften, gute Zähigkeit, sehr guten Verschleißwiderstand (Widerstandsprofil für den gemischten/ abrasiven Verschleiß) und sehr gute Maßbeständigkeit nach dem Härten und Anlassen.</p> <p>Diese Eigenschaften ergeben einen Stahl, der geeignet ist für die Herstellung von Werkzeugen für lange Produktionsserien bei den verschiedensten Anwendungen, bei denen gemischter oder abrasiver Verschleiß vorherrschen und das Risiko einer plastischen Verformung des Werkzeugs hoch ist, z.B. Schneiden und Umformen von kaltgewalzten Stählen oder harten Werkstückstoffen.</p> <p>Uddeholm Vanadis 23 ist ein besonders geeignetes Substrat für PVD-Beschichtungen.</p>
<p>UDDEHOLM VANCRON 40</p>	<p>Uddeholm Vancron 40 ist ein PM-Werkzeugstahl, der einen sehr guten Widerstand gegen adhäsiven Verschleiß und Kaltaufschweißungen bietet. Weiterhin verfügt er über einen guten Widerstand gegen Bruch und Ausbrüche, über eine gute Druckfestigkeit, gute Durchhärtungseigenschaften und eine gute Maßstabilität beim Härten.</p> <p>Uddeholm Vancron 40 ist ein idealer Stahl für lange Serien, bei denen normalerweise zum Schutz vor Kaltaufschweißungen beschichtet werden müsste. Aufgrund seiner „integrierten Beschichtung“ ist eine Beschichtung oft nicht notwendig.</p>
<p>UDDEHOLM RAHMENSTÄHLE</p> <p>UDDEHOLM FORMAX</p>	<p>Uddeholm Formax ist ein kohlenstoffarmer Aufbaustahl, geeignet für große Säulengestellober- und -unterteile sowie Konstruktionsteile mit mittlerer Festigkeit.</p> <p>Uddeholm Formax kann leicht flammgeschnitten, geschweißt und einsatzgehärtet werden.</p>
<p>UDDEHOLM UHB 11 (AISI 1148, W.-Nr. 1.1730)</p>	<p>Uddeholm UHB 11 ist ein Aufbaustahl mit mittlerem Kohlenstoffgehalt, geeignet für Säulengestellober- und -unterteile, Konstruktionsteile mit hoher Festigkeit, Stempelhalterplatten und Abstreifplatten.</p>

AUSFÜHRUNGEN UND PRODUKTE

UDDEHOLM STAHL	AUSFÜHRUNGEN					ANDERE PRODUKTE		
	UNBEAR- BEITET	BEARBEITET	HOHL- STÄBE	VORGE- SCHLIFFEN	PRÄZISIONS- GESCHLIFFEN	BLECHE	SCHWEIß- ZUSÄTZE	GRAN- SHOT
ARNE	X	X		X	X	X		
RIGOR	X	X		X		X		
SLEIPNER	X	X		X		X		
SVERKER 3	X	X		X				
SVERKER 21	X	X	X	X		X		X
CALMAX	X	X		X			X	X
UNIMAX	X	X					X	
CALDIE	X	X		X			X	X
VANADIS 4 EXTRA	X	X		X	X	X		
VANADIS 6	X	X		X		X		
VANADIS 10	X	X		X		X		
VANCRON 40		X						
VANADIS 23	X	X		X		X		
UDDEHOLM AUFBAU- STAHL								
FORMAX	X	X		X	X	X		
UHB 11	X	X		X	X	X		

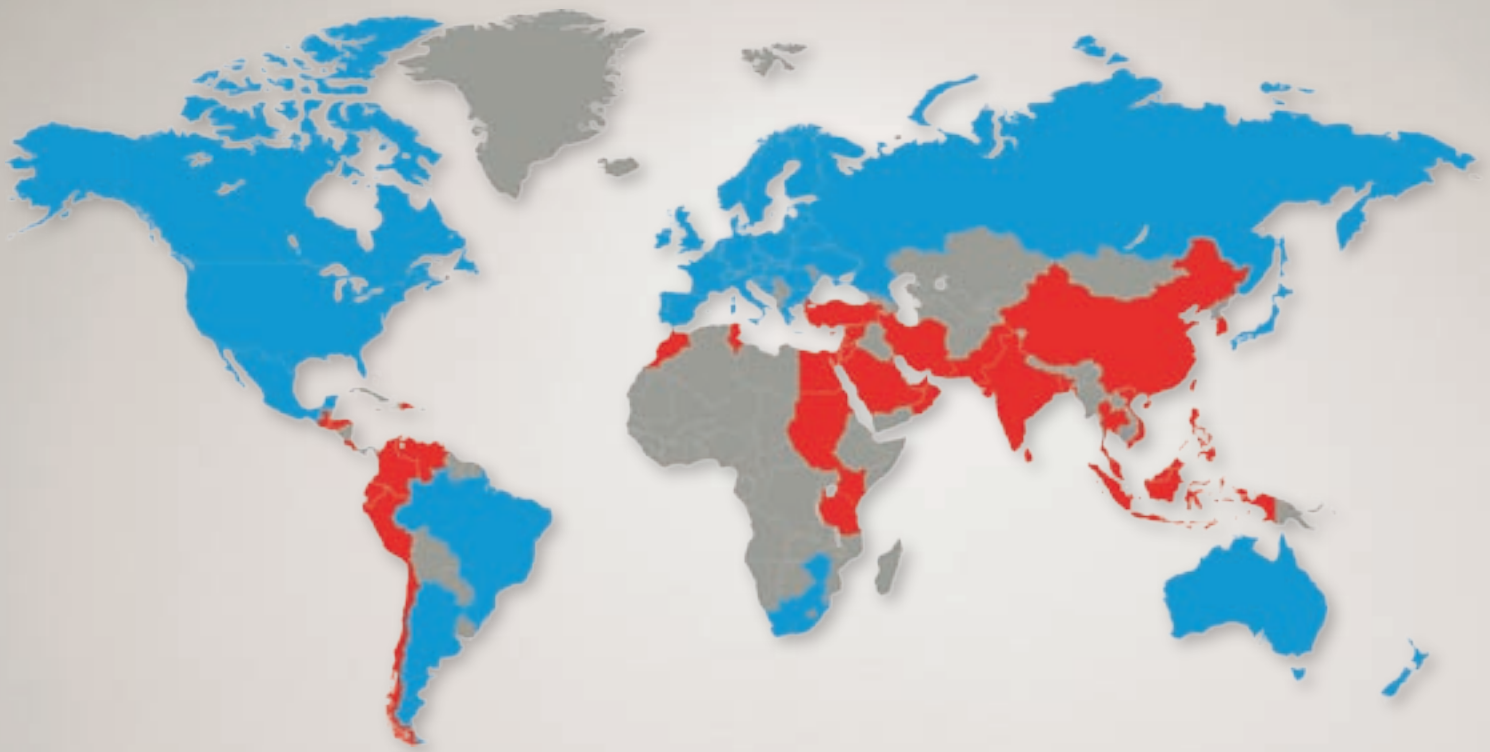
CHEMISCHE ZUSAMMENSETZUNG

UDDEHOLM STAHL	RICHTANALYSE %								LIEFER- HÄRTE
	C	Si	Mn	Cr	Mo	W	V	S	Brinell
ARNE	0,95	0,3	1,1	0,6	–	0,6	0,1	–	~190
RIGOR	1,0	0,3	0,6	5,3	1,1	–	0,2	–	~215
SLEIPNER	0,9	0,9	0,5	7,8	2,5	–	0,45	–	~235
SVERKER 3	2,05	0,3	0,8	12,7	–	1,1	–	–	~240
SVERKER 21	1,55	0,3	0,4	11,8	0,8	–	0,8	–	~210
CALMAX	0,6	0,35	0,8	4,5	0,5	–	0,2	–	~200
UNIMAX	0,5	0,2	0,5	5,0	2,3	–	0,5	–	~185
CALDIE	0,7	0,2	0,5	5,0	2,3	–	0,5	–	~215
VANADIS 4 EXTRA	1,4	0,4	0,4	4,7	3,5	–	3,7	–	~230
VANADIS 6	2,1	1,0	0,4	6,8	1,5	–	5,4	–	~255
VANADIS 10	2,9	0,5	0,5	8,0	1,5	–	9,8	–	~275
VANCRON 40	1,1	0,5	0,4	4,5	3,2	3,7	8,5	N	~300
VANADIS 23	1,28	0,5	0,3	4,2	5,0	6,4	3,1	–	~260
UDDEHOLM AUFBAUSTAHL									
FORMAX	0,18	0,3	1,3	–	–	–	–	–	~170
UHB 11	0,50	0,2	0,7	–	–	–	–	–	~200



Teile für das Pulverpressen.





Netzwerk der Extraklasse

UDDEHOLM ist auf allen Kontinenten tätig. Deshalb können wir Sie mit qualitativ hochwertigem, schwedischem Werkzeugstahl versorgen und vor Ort betreuen – ganz gleich, wo Sie sich befinden. ASSAB ist unsere hundertprozentige Tochter und vertritt uns als exklusiver Vertriebspartner in vielen Teilen der Erde. Gemeinsam sichern wir unsere Position als weltweit führender Anbieter von Werkzeugstählen.

UDDEHOLM ist der weltweit führende Anbieter von Werkzeugstahl. Diese Position haben wir erreicht, weil wir immer unser Bestes geben, um die tägliche Arbeit unserer Kunden zu erleichtern. Aufgrund langjähriger Erfahrung und intensiver Forschungsarbeit sind wir in der Lage, für jede Herausforderung bei der Werkzeugherstellung eine überzeugende Lösung zu finden. Dieser Anspruch ist hoch, aber unser Ziel ist so klar wie nie zuvor: Wir wollen Ihr Partner und Werkzeugstahllieferant Nr. 1 sein.

Die globale Ausrichtung unseres Unternehmens garantiert Ihnen, dass Sie immer und überall Werkzeugstahl in der gleichen, hohen Qualität erhalten. ASSAB ist unsere hundertprozentige Tochter und vertritt uns als exklusiver Vertriebspartner in vielen Teilen der Erde. Gemeinsam sichern wir unsere Position als der international führende Anbieter von Werkzeugstählen. Hierfür haben wir ein weltweites Netzwerk aufgebaut. Daher ist immer ein Uddeholm- oder ASSAB-Mitarbeiter in Ihrer Nähe, um Sie vor Ort zu beraten oder zu unterstützen. Unser wichtigstes Ziel ist dabei, Ihr Vertrauen in eine langfristige Partnerschaft zu erhalten. Wir wissen, dass man sich Vertrauen verdienen muss – jeden Tag aufs Neue.

Weitere Informationen finden Sie unter www.uddeholm.com, www.assab.com oder unter unserer lokalen Website.