

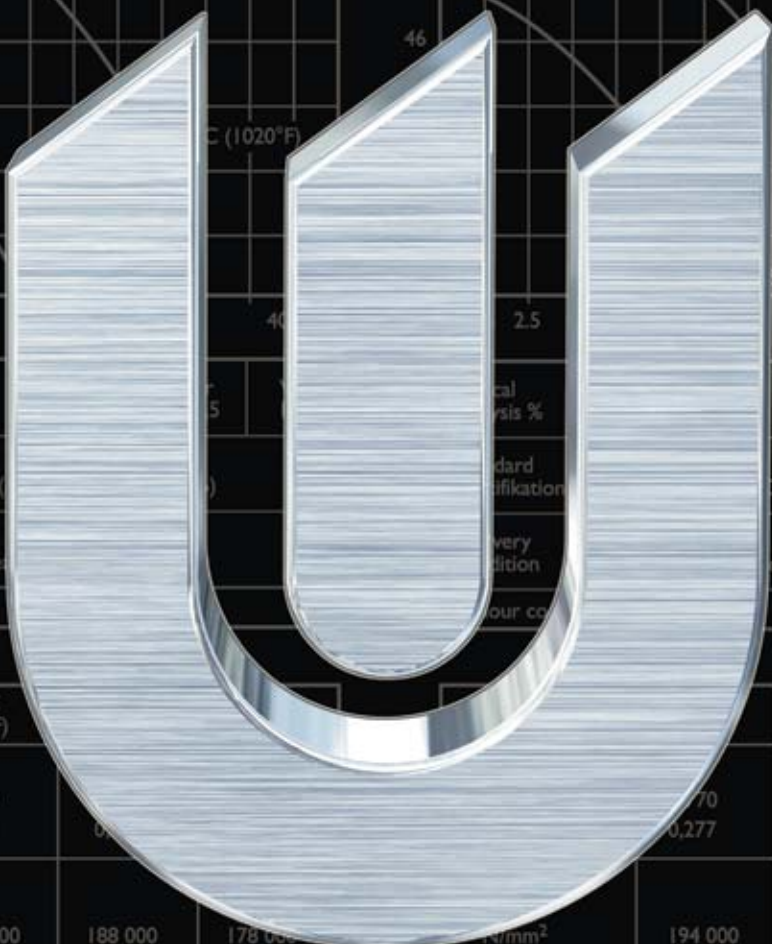
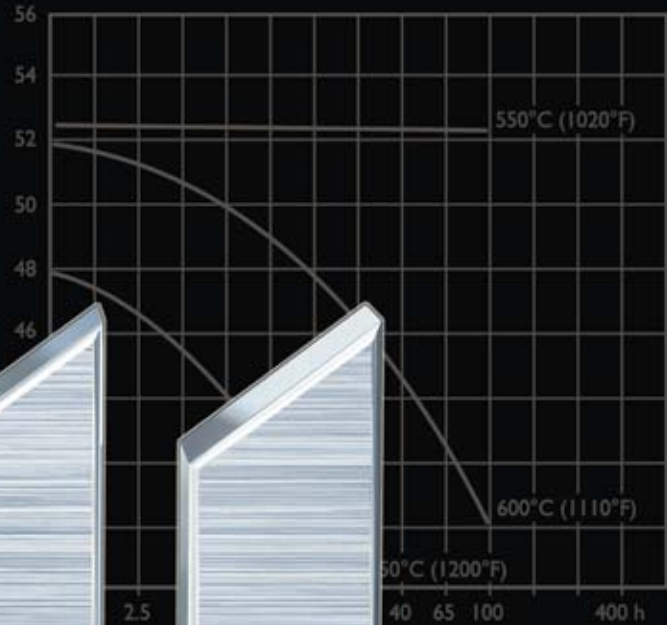
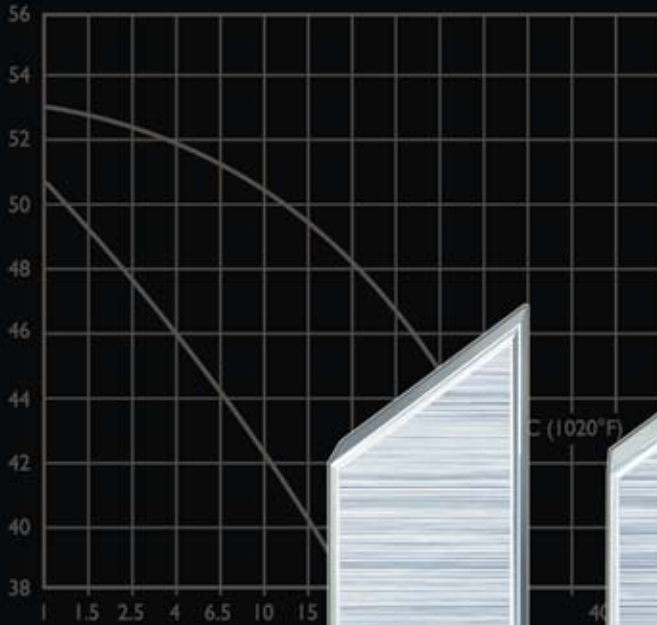
Formenstähle

COLD WORK

PLASTIC MOULDING

HOT WORK

HIGH PERFORMANCE STEEL



Typical analysis %	C 2,05	Cr 5	Typical analysis %	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	7 670 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

Temperature	200°C (390°F)	400°C (750°F)
Density kg/m ³ lbs/m ³	7 670 0,277	7 650 0,275
Modulus of elasticity N/mm ² psi	194 000 28,1 × 10 ⁶	189 000 27,4 × 10 ⁶
Coefficient of thermal expansion per °C from 20°C per °F from 68°F	to 100°C 12,3 × 10 ⁻⁶ to 212°F 6,1 × 10 ⁻⁶	to 200°C 14 × 10 ⁻⁶ to 400°F 6,7 × 10 ⁻⁶
Thermal conductivity W/m °C Btu in (ft ² h°F)	20,5 142	21,5 149
Specific heat K/kg °C Btu/lbs °F	460 0,110	- -

Inhalt

Produktentwicklung	4
Formenkonstruktion	6
Formenbau	10
Formen	14
Service	17
Produktprogramm	18
Auswahl des Formenstahls	19

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.

Die Kosten des Werkzeugstahls in einer Form machen im allgemeinen nur 5–10% der Werkzeugkosten aus. Und der Anteil an den Gesamtkosten ist sogar noch geringer.

Zu berücksichtigen sind Kosten für häufige Formeninstandhaltungen, wie umfangreiche Nachpolitur, Reinigen, Neubeschichten und Austausch abgenutzter oder unbrauchbar gewordener Teile. Hinzu kommen Produktionskosten und Kosten für Stillstände oder Ausfallzeiten. Im schlimmsten Fall müssen deshalb Überstunden gemacht oder Konventionalstrafen für verspätete Lieferungen gezahlt werden. Noch dramatischer ist der dauerhafte Verlust des Kundenvertrauens.

Um die Kosten pro Teil zu senken, muss die Lebensdauer und die Leistung der Form optimiert werden. Deshalb ist die Auswahl des richtigen Stahls so entscheidend.

Unser Angebot an hochwertigen Formenstählen ermöglicht Ihnen, den Stahl auszuwählen, der am besten für Ihre Aufgabenstellung geeignet ist. Auf Wunsch unterstützen wir Sie bei dieser Entscheidung.

In dieser Broschüre stellen wir unsere hochwertigen Stähle vor. Außerdem finden Sie Tipps, um die Lebensdauer Ihrer Formen zu verlängern.

Produktentwicklung

Wir bei Uddeholm können dem Produktentwickler dabei helfen sicherzustellen, dass das fertige Formteil auch mit seinem Originalentwurf identisch ist.

Unsere weltweite Marketingorganisation liefert hochwertige Formenstähle, die allen Anforderungen der Kunststoffformgebung genügen.

Unser technischer Service bietet Ihnen eine umfassende technische Beratung über den für Sie geeigneten Stahl, die passende Wärmebehandlung und Anwendungsverfahren.

DIE ROLLE DES PRODUKTDESIGNERS

Beim Entwurf eines neuen Formteils muss ein Produktdesigner viele Kriterien beachten.

Neben der reinen Funktion muss ein Formteil oft hohen Ansprüchen an die Oberflächengüte und die Toleranz während eines langen Produktionsablaufs genügen.

Ob diese Anforderungen erfüllt werden, hängt weitgehend von einem guten Design der Einzelteile, dem guten Design der Form und ihrer Ausführung sowie der Auswahl des besten Formenstahls für die Anwendung ab.

AUSWAHL DES BESTEN FORMENSTAHLS FÜR DIE ANWENDUNG

Der Produktentwickler ist an vielen wichtigen Entscheidungen beteiligt. Entscheidungen, die früher oder später auf den ausgewählten Formenstahl zurückkommen.

- **Oberflächengüte**

Wie wichtig ist die Oberflächengüte? Muss sie hochglanzpoliert sein oder optische Qualität haben? (Auf Seite 10 sehen Sie, wie wir Ihnen bei der Beantwortung dieser Fragen behilflich sein können.)

- **Fotoätzen**

Wird die Form durch Fotoätzen strukturiert? Müssen mehrere geätzte Teile zusammengebaut werden, z.B. Formteile für die Wageninnenausstattung? (Auf Seite 13 sehen Sie, was Uddeholm dazu zu bieten hat.)





- **Kunststoff**

Wird der ausgewählte Kunststoff korrosiv, abrasiv oder beides sein? (Weitere Informationen dazu, wie wir dieses Problem lösen, finden Sie auf Seite 19.)

- **Produktionsmenge**

Welche Stückzahlen sollen hergestellt werden?

(Die Antwort ist wichtig, da die Produktionsmenge den Grad der Verschleißfestigkeit und andere Eigenschaften, die für das Formenmaterial erforderlich sind, beeinflusst.)

- **Toleranzen**

Wie wichtig ist es, dass die Toleranzen innerhalb enger Bereiche eingehalten werden?

Durch die Vergrößerung der Radien an den Kanten der Formteile verbessert der Produktdesigner die Schlagzähigkeit der Form erheblich.

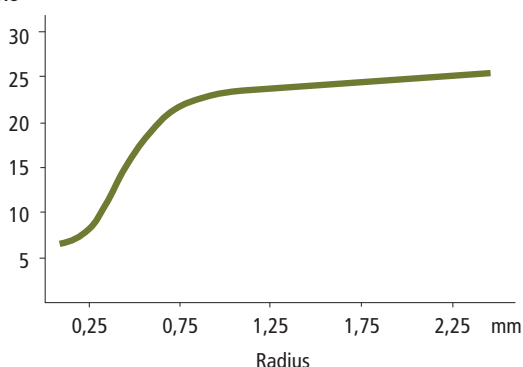
Das Ergebnis ist eine stabilere Form, die eine höhere Dauerfestigkeit gegenüber Zuhalte- und Spritzdrücken aufweist.

VERMEIDEN SIE SCHARFE KANTEN UND DAMIT SCHWIERIGKEITEN

Ein Beispiel dafür, wie ein erfahrener Produktdesigner die Lebensdauer und Produktivität einer Form erhöhen kann, ist die Vermeidung von scharfen Ecken und Kanten.

Scharfe Kanten an Formteilen und damit in der Form selbst sind immer potentielle spannungserhöhende Stellen, die in einigen Fällen das Reißen der Form verursachen können und sie damit unbrauchbar werden lassen.

Kerbschlagzähigkeit
KU



Auswirkung eines vergrößerten Radius auf die Kerbschlagzähigkeit.
Stahltyp: W.-Nr. 1.2344 bei 46–47 HRC. In Längsrichtung aus der Oberfläche entnommene Probe.

Formenkonstruktion

Der Formenkonstrukteur kann einen wesentlichen Beitrag zur optimalen Wirtschaftlichkeit der Werkzeuge leisten, indem er „standardmäßig“ denkt, d.h. Standard-Stahlsorten, Standard-Stahlgrößen und standardmäßig bearbeitete Platten benutzt.

DIE ROLLE DES FORMENKONSTRUKTEURS

Um eine optimale Form zu bauen, muss der Formenkonstrukteur verschiedene Kriterien beachten.

Zusammen mit dem Formenbauer trägt er die schwere Verantwortung, eine Form herstellen zu müssen, welche die zuverlässige und wirtschaftliche Produktion des vom Produktdesigner entworfenen Teils möglich macht.

Er sorgt ebenfalls dafür, dass die Form vom Formenbauer so einfach und wirtschaftlich wie möglich hergestellt werden kann.

Ob diese Anforderungen tatsächlich erfüllt werden können, hängt u.a. von der Auswahl des besten Stahls und der optimalen Härte für die jeweilige Form ab.

Ein guter Formenkonstrukteur kann allen Beteiligten dadurch noch einen guten Dienst erweisen, dass er „standardmäßig“ denkt.

DER SCHNELLE WEG ZUR PRODUKTIVITÄT DURCH „STANDARDMÄSSIGES“ DENKEN

Die meisten Formenkonstrukteure sind gewohnt, eine ganze Reihe von Standardteilen zu verwenden, z.B. Führungsstifte und Buchsen, Auswerferstifte usw. Da diese Teile leicht und zu wirtschaftlichen Preisen erhältlich sind, helfen Sie dem Formenbauer, wertvolle Zeit zu sparen.

Zeit und Kosten können weiter gesenkt werden, indem dieses „standardmäßige“ Denken auch auf Standard-Lagerabmessungen, -Stahlsorten und standardmäßig bearbeitete Platten ausgedehnt wird.

So kann der Formenbauer durch die Verwendung von leicht erhältlichen Stahlsorten in Standardgrößen eine schnelle Lieferung sicherstellen und

gleichzeitig die anfänglichen Bearbeitungskosten und Materialabfälle auf ein Minimum reduzieren.

AUSWAHL DES BESTEN FORMENSTAHLS FÜR OPTIMALE WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die Wahl der Stahlsorte und der Lieferanten wird oft schon in der Entwurfsphase getroffen, um die Lieferung der Form zu vereinfachen und zu beschleunigen. Damit können Material und Teile rechtzeitig bestellt und die Arbeit besser geplant werden.

Das ist nicht immer einfach. Häufig ist die Wahl der Stahlsorte ein Kompromiss zwischen den Wünschen der Formenbauer und der Formbenutzer.

Dem Formenbauer ist vor allem an der Bearbeitbarkeit des Stahls, der Polierbarkeit und den Eigenschaften bei der Wärme- und Oberflächenbehandlung gelegen. Der Formanwender hingegen wünscht eine Form mit guter Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit sowie hoher Druckfestigkeit usw.





OFT VERWENDETE FORMENSTÄHLE

Die am häufigsten eingesetzten Stähle sind:

- **vorvergütete Formen- und Rahmenstähle**
- **durchhärtende Formenstähle**
- **korrosionsbeständige Formenstähle.**

(Weitere Informationen zu diesen Stahltypen und ihren Eigenschaften finden Sie auf Seite 18–20.)

VERWENDUNG VORVERGÜTETER FORMEN- UND RAHMENSTÄHLE

Diese Stähle werden meistens verwendet für:

- **große Formen**
- **Formen mit geringen Ansprüchen an die Verschleißfestigkeit**
- **hochfeste Rahmen- und Aufbauplatten.**

Diese Stähle werden gehärtet und angelassen geliefert, im allgemeinen im Bereich 270–350 HB. Vor der Verwendung der Form ist keine Wärmebehandlung erforderlich.

Die Oberflächenhärte kann in vielen Fällen durch Flammhärtung oder Nitrierung verbessert werden (S. „Gründe für die Wärmebehandlung“ auf S. 11.)

Vorvergütete Formenstähle werden im allgemeinen für große Formen und für Formen mit mittleren Produktionszyklen benutzt.

VORVERGÜTETE FORMEN- UND RAHMENSTÄHLE VON UDDEHOLM

Impax Supreme, Holdax und Ramax 2 sind vakuumentgaste und vorvergütete Stähle.

Impax Supreme (W.-Nr. 1.2738) weist eine gute Bearbeitbarkeit und eine ausgezeichnete Homogenität auf sowie eine hervorragende Polierbarkeit und gleichmäßige Fotoätzeigenschaften (aufgrund des äußerst geringen Schwefelgehaltes). Lieferhärte 290–330 HB.

Holdax (W.-Nr. 1.2312), der oft für hochfeste Rahmenblöcke und große Formen mit niedrigen Ansprüchen an die Polierbarkeit empfohlen wird, weist eine hervorragende Bearbeitbarkeit auf, die hohe Metallabtragsraten bei tiefen Formen oder tiefen Einsatztaschen ermöglicht. Lieferhärte 310 HB.

Ramax 2 (W.-Nr. 1.2085) ist ein vorgehärteter, korrosionsbeständiger Rahmenstahl mit einer Lieferhärte von 340 HB. Ramax 2 weist eine hervorragende Bearbeitbarkeit und Korrosionsbeständigkeit auf und läßt sich auch ideal mit Stavax ESU, Stavax Supreme, Polmax und Elmax kombinieren.

VERWENDUNG DURCHHÄRTENDER STÄHLE

Durchhärtende Stähle werden meistens verwendet für:

- **lange Produktionsserien**
- **Schutz gegen Abrasion durch bestimmte Formmaterialien**
- **Schutz gegen hohe Schließ- oder Spritzdrücke.**

Diese Stähle werden weichgeglüht geliefert. Sie werden im allgemeinen vorbearbeitet, spannungsarmgeglüht, fertigbearbeitet, gehärtet und auf die erforderliche Härte angelassen und dann fertig geschliffen und häufig poliert oder fotogeätzt.

Durchgehärtete Stähle, die oft für Formeinsätze benutzt werden, werden im allgemeinen in Rahmenblöcke aus vorvergüteten Stählen wie Holdax oder Ramax 2 eingesetzt.

Durch die Verwendung durchgehärteter Einsätze, z.B. im Bereich 48–60 HRC, ergeben sich eine bessere Verschleißfestigkeit, eine höhere Festigkeit gegenüber Verformung und Eindrücken sowie eine bessere Polierbarkeit.



Der höheren Verschleißfestigkeit kommt insbesondere bei der Verwendung gefüllter oder verstärkter Kunststoffe Bedeutung zu. Die Festigkeit gegenüber Verformung und Eindrücken in der Gravr, dem Anschnittquerschnitt und den Trennkanten trägt dazu bei, die Teilequalität zu wahren.

Eine bessere Polierbarkeit ist wichtig, wenn das Formteil hochglanzpoliert sein muss.

DURCHHÄRTENDE STÄHLE VON UDDEHOLM

Stavax ESU (1.2083), Stavax Supreme, Polmax (1.2083) Orvar Supreme (1.2344) und Grane (1.2721) sind typische durchhärtende Stähle von Uddeholm.

Rigor (W.-Nr. 1.2363), Calmax und Elmax sind weitere Stähle, die wir für Formen mit hoher Verschleißfestigkeit empfehlen. Sie werden mit Härten von über 56 HRC benutzt.

Vanadis 10 ist ein pulvermetallurgischer Schnellarbeitsstahl mit der höchsten Verschleißfestigkeit.

VERWENDUNG KORROSIONSBESTÄNDIGER FORMENSTÄHLE

Wenn eine Form Korrosion ausgesetzt ist, empfiehlt sich unbedingt ein korrosionsbeständiger Formenstahl. Die höheren Anschaffungskosten dieses Stahls sind oft niedriger als eine einzige Nachpolitur oder Neubeschichtung einer Form aus normalem Stahl.

Kunststoffformen können auf mehrere Arten durch Korrosion angegriffen werden:

- **Kunststoffe können korrodierende Nebenprodukte abgeben, z.B. PVC.**
- **Die Korrosion vermindert die Wirksamkeit der Kühlung, wenn Wasserkanäle korrodieren oder sich vollständig zusetzen.**
- **Und natürlich führt Kondensation, die durch längere Produktionsstillstände und den Betrieb oder die Lagerung unter feuchten Bedingungen verursacht wird, zu Korrosion.**

KORROSIONSBESTÄNDIGE FORMENSTÄHLE VON UDDEHOLM

Stavax ESU und Stavax Supreme sind korrosionsbeständige Formenstähle mit hervorragender Polierbarkeit gepaart mit guter Bearbeitbarkeit. Stavax Supreme wurde entwickelt, um gehobenen Ansprüchen an die Zähigkeit und Durchhärtbarkeit in größeren Querschnitten Rechnung zu tragen.

Polmax ist ebenfalls ein korrosionsbeständiger Formenstahl mit sehr guter Polierbarkeit. Polmax wurde entwick-

kelt, um den Anforderungen von Herstellern hochtechnologischer Produkte wie CDs, Speicherplatten und Linsen zu entsprechen.

Elmax ist ein pulvermetallurgischer Formenstahl mit hoher Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit.

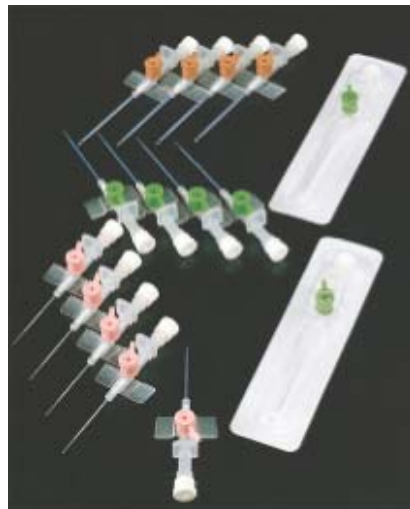
Corrax ist ein ausscheidungshärtbarer Formenstahl mit unübertroffenem Korrosionswiderstand, einfacher Wärmebehandlung und guter Schweißbarkeit.

NICHTEISENMETALLE

Nichteisenmetalle werden häufig dann eingesetzt, wenn ganz spezielle Eigenschaften erforderlich sind. Dazu zählen z. B. eine hohe Wärmeleitfähigkeit, eine geringe Dichte oder eine gute Zerspanbarkeit.

Kupferwerkstoffe

Kupferwerkstoffe zeichnen sich durch eine besonders hohe Wärmeleitfähigkeit



und Korrosionsbeständigkeit aus. Dies hat einen erheblichen Einfluss auf die Zykluszeit und damit auf die Kosten.

Wird neben der hohen Wärmeleitfähigkeit eine hohe Festigkeit und ein hoher Verschleißwiderstand verlangt, empfehlen wir Moldmax HH. Er besitzt eine Härte von 40 HRC. Durch Auslagern läßt sich die Wärmeleitfähigkeit noch erhöhen. Dabei fällt die Härte auf 30 HRC ab.

Für große Formen mit guter Wärmeleitfähigkeit, hoher Zähigkeit und einer guten Zerspanbarkeit empfehlen wir die CuNiSn-Legierung Moldmax XL mit 30 HRC.

Aluminiumwerkstoffe

Alumec hat eine geringe Dichte, eine gute Zerspanbarkeit und eine hohe Wärmeleitfähigkeit. Dies macht ihn zum idealen Werkstoff für Prototypenwerkzeuge und für kleine Serien. Gleiches gilt für Anwendungen, bei denen die Verschleiß- und Druckfestigkeit eine untergeordnete Rolle spielen.

DIE RICHTIGE ARBEITSHÄRTE FÜR DIE FORM

Die für die Form gewählte Arbeitshärte und das Wärmebehandlungsverfahren, mit dem diese Härte erreicht werden soll, beeinflussen viele Eigenschaften, wie z.B. Zähigkeit, Druckfestigkeit, Verschleißwiderstand und Korrosionsbeständigkeit.

Allgemein ist zu sagen, dass eine höhere Härte zu einer besseren Festigkeit gegenüber Verschleiß, Druck und Eindrücken führt und dass eine geringere Härte die Zähigkeit verbessert.

Eine übliche Arbeitshärte für einen durchhärtenden Stahl beträgt 48–60 HRC. Die optimale Arbeitshärte hängt unter anderem von der ausgewählten Stahlsorte, der Formengröße, der Anlage und Form der Gravur, dem Formdruck und dem Kunststoff ab.

Auf Seite 19 und 20 finden Sie für verschiedene Kunststoffe und Verfahren empfohlene Stahlsorten und Arbeitshärten.

Informationen zu der Wärmebehandlung von Kunststoffformen finden Sie in der Uddeholm-Broschüre „Wärmebehandlung von Werkzeugstählen“, die Sie anfordern können.



Formenbau

Der Formenbau macht einen wesentlichen Teil der gesamten Werkzeugkosten aus. Deshalb ist es von größter Bedeutung, dass das Herstellungsverfahren so einfach wie möglich ist.

DIE ROLLE DES FORMENBAUERS

Eine gut ausgestattete Werkstatt mit kompetenten und erfahrenen Mitarbeitern ist für den Formenbau besonders wichtig.

Für den Formenbauer sind die Stahlqualität, aus denen seine Form hergestellt wird, die Stahleigenschaften sowie die Oberflächenbearbeitung sehr wichtig. Aber auch die Verfügbarkeit des Stahls ist ein entscheidender Aspekt. Deshalb stellt er an den Stahllieferanten hohe Ansprüche.

AUSWAHL DES BESTEN STAHL FÜR DIE GEWÜNSCHTE ANWENDUNG

Der Formenbauer braucht einen Stahl, der nicht nur fehlerfrei, sondern auch leicht zu bearbeiten und zu polieren ist. Bei der Wärmebehandlung sollte sich der Stahl stabil verhalten. In vielen Fällen muss er außerdem für funkenerosive Bearbeitung und/oder Fotoätzen geeignet sein.

FEHLERFREIHEIT

Alle von Uddeholm gelieferten Werkstoffe werden verschiedenen externen und internen Tests einschließlich Ultraschallprüfung unterzogen. Dadurch wird sichergestellt, dass hohe und gleichbleibende Qualitätsnormen eingehalten werden.

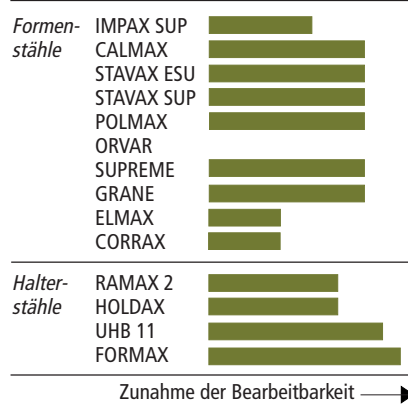
GUTE BEARBEITBARKEIT HOHE WIRTSCHAFTLICHKEIT

Die Bearbeitungskosten machen ca. 1/3 der gesamten Fertigungskosten der Form aus. Somit ist eine gute und einheitliche Bearbeitbarkeit von höchster Bedeutung.

Die meisten Formenstähle von Uddeholm werden im weichgeglühten Zustand geliefert, wodurch optimale Metallabtragsraten für den jeweiligen Stahltyp ermöglicht werden.

Die einzigen Ausnahmen sind Impax Supreme, Holdax und Ramax 2.

Nachstehend finden Sie einen Leitfaden für den Vergleich der Bearbeitbarkeit einiger Uddeholm-Stahlsorten. Dieser Leitfaden beruht auf Werkzeugverschleißprüfungen.



Impax Supreme, Ramax 2 und Holdax wurden im vorvergüteten Zustand geprüft.

Alumec ist exzellent spanend bearbeitbar, was hohe Schnittgeschwindigkeiten möglich macht, die zu geringeren Formenkosten und kürzeren Lieferzeiten führen.

WIE WICHTIG IST GUTES POLIEREN?

Manchmal entfallen bis zu 30% der gesamten Kosten für eine Form auf das Polieren. Das ist nicht überraschend, da es sich um einen zeit- und kostenintensiven Prozess handelt.

Das Ergebnis hängt weitgehend von den Polierverfahren und einigen anderen Faktoren ab. Zu diesen Faktoren zählt z.B. die Sauberkeit des Stahls, d. h. Typ, Verteilung und Menge der nichtmetallischen Einschlüsse.

Nichtmetallische Einschlüsse werden auf ein Minimum reduziert, wenn der Stahl bei der Herstellung vakuumtrog- und/oder dem Elektro-Schlacke-Umschmelz-Verfahren (ESU) unterzogen wird.

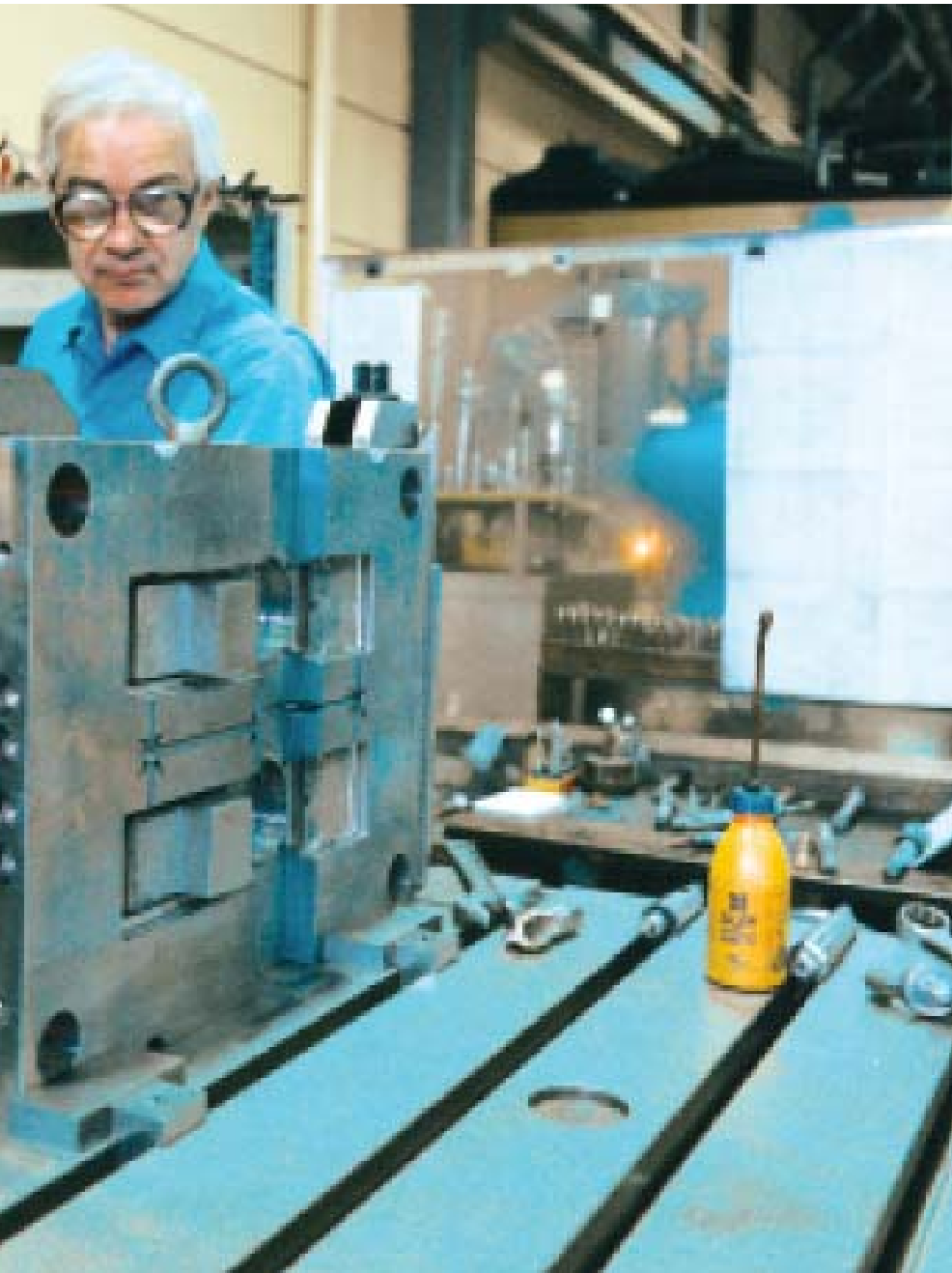
Verglichen mit herkömmlichen Stahlproduktionsverfahren verbessert die ESU-Behandlung die Homogenität entscheidend und verringert den Einschlussgehalt auf ein Minimum.



NICHT MEHR POLIEREN ALS NOTWENDIG!

Je nach anzuwendendem Wärmebehandlungsverfahren ist es nutzlos, über ein bestimmtes Niveau hinaus zu polieren. Die nachstehende Tabelle zeigt die kleinsten empfohlenen Korngrößen für Schleifmittel, die für eine Oberfläche vor dem Härten und Anlassen mittels verschiedener Verfahren zu benutzen sind.

Wenn Sie weitere Informationen wünschen, fordern Sie die Uddeholm-Broschüre „Polieren von Formenstählen“ an.



Bearbeitungsvorgänge entstehen, beseitigt. Bei der endgültigen Bearbeitung wird dann jeglicher Verzug berichtigt.

Bei der Verwendung eines durchhärtenden Stahls mit maximalen Härten muss aber die Anforderung des minimalen Verzugs eventuell aufgegeben werden, weil nämlich höhere Härtetemperaturen und Abschreckgeschwindigkeiten erforderlich sind. Das ist insbesondere dann der Fall, wenn schwere Teile bearbeitet werden.

Die sicherste Möglichkeit, Verzug zu vermeiden, besteht in der Verwendung eines vorvergüteten Stahls wie z.B. Impax Supreme. Ein Stahl, für den keine zusätzliche Wärmebehandlung erforderlich ist.

WENIGER MASSÄNDERUNG

Beim Härten sind zwar einige Maßänderungen unvermeidlich, aber diese Änderungen können bis zu einem gewissen Grad auch begrenzt und kontrolliert werden. Dies geschieht durch eine langsame und gleichmäßige Erwärmung auf die Austenitisierungstemperatur. Die Temperatur sollte nicht zu hoch sein und es sollte ein geeignetes Abschreckmedium gewählt werden.

Wenn die Dimensionsstabilität im Vordergrund steht, können Calmax, Grane, Orvar Supreme und Rigor je nach der größten Wandstärke an der Luft gehärtet werden. Für Stavax ESU, Stavax Supreme, Polmax und Elmax trifft dies ebenfalls bei kleineren Abmessungen zu.

Corrax erhält seine gewünschte Härte durch einen Auslagerungsprozess im Temperaturbereich von 500–600°C. Eine Abschreckung ist nicht erforderlich. Dies bedeutet, dass keine Formänderungen auftreten. Es kommt zu einer linearen und homogenen Schrumpfung von 0,1%. Da sich die Schrumpfung so genau vorhersagen lässt, kann sie bei der Konstruktion leicht berücksichtigt werden.

Oberflächenbearbeitung vor der Wärmebehandlung

Uddeholm Marke	Vakuum	Guss-eisen-späne	Salz-bad	Schutz-gas
STAVAX ESU STAVAX SUP POLMAX ORVAR SUP CALMAX GRANE RIGOR ELMAX	400	180–200 oder gröber	180 oder gröber	220–400
SVERKER 21	400	180 oder gröber	60	220–400

Kleinste empfohlene Schleifkörnungen vor dem Härten und Anlassen.

WÄRMEBEHANDLUNG

Zweck der Wärmebehandlung fertiger Werkzeuge ist es, geeignete mechanische Eigenschaften zu erhalten, wie z. B. Härte, Zähigkeit und Festigkeit. Aber im Zusammenhang mit der Wärmebehandlung treten auch einige Probleme wie Verzug und Maßänderungen auf, die gelöst werden müssen.

KEIN VERZUG MIT IMPAX SUPREME

Die Werkzeuge sollten nach der Vorbearbeitung entspannt werden, um den Verzug weitestgehend zu verringern. So werden die Spannungen, die durch die

DER SCHNELLE WEG ZUR PRODUKTIVITÄT

Stahl in vorbehandelter Form einzukaufen ist eine clevere Art, Kapazitäten in der Werkzeugherstellung für anspruchsvollere Bearbeitungsvorgänge frei zu machen. Viele Stahlsorten sind in unterschiedlichen Abmessungen und Ausführungen erhältlich. So wurden viele bereits vorbearbeitet wie Präzi, Vorgeschliffen und P-Platten. Ramax und Impax wurden bereits vorvergütet.

Die Werkzeugstähle von Uddeholm sind als bearbeiteter Stabstahl oder als feinbearbeitete Formenstähle erhältlich.

Es ist immer möglich, eine geeignete Bestandsgröße für die vorliegenden Aufträge zu finden und damit unnötige und teure Bearbeitungen zu verringern.

Für alle Größen ist eine Bearbeitungszugabe vorgesehen, um die Endbearbeitung nach Standardabmessungen zu ermöglichen.

BEARBEITETE STÄBE

Die Verwendung von bearbeiteten Stäben als Ausgangsmaterial bringt für einen Werkzeugbauer beträchtliche Vorteile mit sich, die sich günstig auf die Gesamtkosten des Stahls auswirken.

- **Gewichtsmäßig kann weniger Material gekauft werden, so dass der Abfall wesentlich verringert wird.**
- **Für die Entfernung der entkohlten Randzonen fallen keine Bearbeitungskosten an.**
- **Die Fertigungszeit wird verkürzt, so dass die Planung einfacher und Berechnungen genauer werden.**

BEARBEITETE PLATTEN

Schon in der Entwurfsphase können die Bearbeitungskosten gesenkt werden. Eine Möglichkeit dazu besteht darin, ein Werkzeug aus bearbeiteten Platten herzustellen, die auf allen Seiten geschliffen sind.

Uddeholms Bearbeitungszentren sind mit einer kompletten Bearbeitungsmaschinenstraße ausgestattet, darunter Schleifmaschinen, Bandsägen und andere.

FUNKENEROSIVE BEARBEITUNG

Bei der Herstellung von Formkonturen mit Hilfe der Funkenerosion sind einige wichtige Punkte zu beachten, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen. Bei diesem Vorgang wird die Oberflächenschicht des Stahls neu gehärtet und damit spröde. Dadurch kann es zur Rissbildung und einer kürzeren Lebensdauer des Werkzeugs kommen.

Um dieses Problem zu vermeiden, sollten die folgenden Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden:

- **Schließen Sie die funkenerosive Bearbeitung mit einem ausreichenden Schlichten ab, d.h. mit geringer Stromstärke und hoher Frequenz.**
- **Die beeinflusste Randschicht sollte durch Polieren oder Glätten abgetragen werden.**
- **Wenn die durch Funkenerosion hergestellte Oberflächenstruktur in der fertigen Form genutzt werden soll, sollte sie bei einer Temperatur von ca. 25°C unter der letzten Anlass Temperatur erneut angelassen werden.**
- **Wenn die durch Funkenerosion entstandene Fläche durch Fotoätzung texturiert werden soll, ist es wichtig, dass die gesamte beeinflusste Oberfläche durch Schleifen usw. sorgfältig abgetragen wird.**



Graphitelektrode in einem dielektrischen Medium.

Weitere Informationen finden Sie in der Uddeholm-Broschüre „Funkenerosive Bearbeitung von Werkzeugstählen“.

DRAHTERODIEREN

Mit diesem Verfahren können komplizierte Formen leicht aus Stahlblöcken herausgeschnitten werden. Gehärtete Stähle enthalten aber auch immer Spannungen, und wenn große Stahlmengen in nur einem Arbeitsgang entfernt werden, kann Verzug oder sogar Rissbildung auftreten.

Diese Schwierigkeiten können dadurch vermindert werden, dass das Werkstück vor der Wärmebehandlung auf herkömmliche Art bearbeitet wird, bis es annähernd die endgültige Form hat.

WIESO WIRD FOTOÄTZEN IMMER BELIEBTER?

Kunststoffformteile mit einer gemusterten Oberfläche werden immer beliebter. Und die Musterung mittels Fotoätzung wird häufig anstelle des Polierens zur Oberflächenbearbeitung des Formwerkzeugs angewandt.

Durch die Fotoätzung erhält das Produkt eine gut aussehende, haltbare Oberfläche, die gegenüber kleineren Kratzern und leichter Beschädigung relativ unempfindlich ist.

WIE WIRD DAS FOTOÄTZEN EIN ERFOLG?

Die durch Fotoätzen erzielten Ergebnisse hängen nicht nur von dem Verfahren und dem verwandten Formmaterial ab. Auch die Art der Behandlung des Werkzeugs bei der Fertigung ist von großer Bedeutung. Deshalb sollten die folgenden Punkte beachtet werden:

- **Wenn sich mehrere Formeneinsätze in einem Werkzeug befinden und diese mit dem gleichen Muster geätzt werden sollen, sollten für diese Teile die Faserichtung und der Formenstahl identisch sein (vorzugsweise aus demselben Stab oder Block).**
- **Schließen Sie den Bearbeitungsvorgang mit Entspannung und nachfolgender Endbearbeitung ab.**
- **Im allgemeinen bringt es keine Vorteile, wenn Schleifmittel mit einer feineren Körnung als 220 für eine Oberfläche benutzt werden, die fotogeätzt werden soll.**
- **Funkenerodierte Oberflächen sollten immer geschliffen oder poliert werden. Anderenfalls ist das Ergebnis der Ätzung nachgehärteter, durch Funkenerosion entstandener Randzonen unzufriedenstellend.**
- **Flammhärtung vor der Fotoätzung sollte vermieden werden.**
- **In manchen Fällen kann ein geschweißtes Werkzeug fotogeätzt werden, vorausgesetzt, dass in der Schweißnaht dasselbe Material wie im Werkzeug selbst benutzt wird. In diesen Fällen sollte dem Fotoätzer der geschweißte Bereich angegeben werden.**
- **Wenn ein Werkzeug nitriert werden soll, ist dies nach der Fotoätzung zu tun.**
- **Die Oberfläche der Formgravur wird durch die Ätzstruktur stark vergrößert, was Entformprobleme mit sich bringen kann. Eine frühzeitige Beratung mit dem Fotoätzfachmann empfiehlt sich,**

um den optimalen Aushebewinkel für das betreffende Muster und die betreffende Form zu bestimmen.

UDDEHOLM STÄHLE UND FOTOÄTZEN

Der vorvergütete Formenstahl Impax Supreme und der durchgehärtete Stahl Orvar Supreme erbringen außer-ordentlich gute und gleichbleibende Ergebnisse aufgrund ihres geringen Schwefelgehaltes.

Stavax ESU, Stavax Supreme Polmax, Corrax und Elmax lassen sich leicht für das gewünschte Muster fotoätzen, bedürfen jedoch eines etwas anderen Ätzverfahrens.



Formen

Durch den Einsatz von Uddeholm-Material kommt der Formenbetreiber einem zuverlässigen und produktiven Werkzeug einen bedeutenden Schritt näher.

DIE ANSPRÜCHE DER HERSTELLER VON KUNSTSTOFFFORMTEILEN

Der Hersteller erwartet die pünktliche Lieferung seiner Form. Und er erwartet, dass er damit eine bestimmte Menge von Teilen mit einer vorgegebenen Qualität zu möglichst niedrigen Kosten produzieren kann.

Die wichtigsten Ansprüche des Herstellers sind:

- Ein verlässliches Datum für die Lieferung der Form, was die leichte Verfügbarkeit geeigneter Formenmaterialien voraussetzt.
- Eine verlässliche Leistung der Form in Bezug auf eine gleichbleibend hohe Produktionsrate, eine einheitliche Qualität der Formteile, eine lange Lebensdauer der Form und niedrige Wartungskosten der Form.
- Verfügbarkeit von Ersatzmaterialien und -teilen.

Alle diese Forderungen können als „Zuverlässigkeit des Werkzeugs“ zusammengefasst werden.

ZUVERLÄSSIGE WERKZEUGE

Die Zuverlässigkeit des Werkzeugs hängt von Faktoren wie der ständigen Verfügbarkeit geeigneter Formenmaterialien und -teile, der Leistung des Formenstahls und der gegenseitigen Austauschbarkeit der Formteile ab.

VERFÜGBARKEIT VON FORMENSTÄHLEN

Die ständige Verfügbarkeit von Formenstählen hängt vom lokalen Bestand, einem verlässlichen Lieferservice und einer umfassenden Palette von Abmessungen und Produkten ab.

LAGERHALTUNG

Dem Lagerort des Bestands kommt große Bedeutung zu, wenn ein guter Lieferservice gewährleistet werden soll.

Innerhalb unserer weltweiten Marketingorganisation legen wir großen Wert darauf, unsere Abmessungen und die Lagermenge an die Bedürfnisse der individuellen Märkte anzupassen.

VERLÄSSLICHER LIEFERSERVICE

Unser ausgedehntes Netz von Uddeholm-Standorten sowie unsere umfangreiche Produktpalette bilden die Grundlage unseres Lieferservice. Jedes unserer Läger hat ein gut funktionierendes Logistiksystem.

UMFASSENDE PRODUKTPALETTE

Kurz gesagt sind wir in der Lage, ein breites Spektrum von Formen- und Rahmenstählen zu liefern. Für uns sind kompetente fachliche Beratung und Broschüren über die Auswahl, die Wärmebehandlung und Anwendung von Formenmaterialien, funkenersive Bearbeitung, Polieren und Fotoätzung von Werkzeugstahl sehr wichtige Aspekte unseres Service.



LEISTUNG DER FORMENSTÄHLE UND ZUVERLÄSSIGE WERKZEUGE

Die Leistung des Formenstahls hat einen entscheidenden Einfluss auf die Zuverlässigkeit des Werkzeugs. Die Werkstoffe für den Formenhohlraum und den Formeneinsatz werden deshalb gemäß den zu formenden Kunststoffarten, der Dauer des Produktionszyklus, dem angewandten Formverfahren und der Art des Produkts ausgewählt.



Die Leistung des Formenstahls hängt von der Verschleißfestigkeit, der Druckfestigkeit, der Korrosionsbeständigkeit, der Wärmeleitfähigkeit und der Zähigkeit ab.

Bei unserem Formenstahlprogramm haben wir uns auf nur einige Stahlsorten konzentriert, von denen sich jede für spezifische Anwendungen eignet. Damit ist nicht nur die ständige Verfügbarkeit sichergestellt, sondern sowohl der Formenbauer als auch der Anwender der Form erhalten so die Gelegenheit, mit den Eigenschaften (z.B. Bearbeitbarkeit, Ansprechen auf Wärmebehandlung usw.) und der Leistungsfähigkeit eines jeden Stahls besser vertraut zu werden.

VERSCHLEISSFESTIGKEIT

Die geforderte Verschleißfestigkeit hängt von der zu benutzenden Kunststoffart, dem Füllstoff, der Menge der Zusätze, der Dauer des Produktionszyklus, den Toleranzen usw. ab.

Die Verschleiß- und Druckfestigkeit von Formenstählen variiert aufgrund der unterschiedlichen Ansprüche stark. Grundsätzlich lassen sie sich in zwei Gruppen einordnen:

Vorvergütete Formenstähle für mittlere Anforderungen, z.B. Impax Supreme, Holdax und Ramax 2.

Durchhärtende Formenstähle für hohe Anforderungen, z.B. Stavax ESU, Stavax Supreme, Polmax, Corrax, Grane, Calmax, Orvar Supreme und Elmax.

Die Oberfläche *vorgehärteter Formenstähle* kann behandelt werden, um die Verschleißfestigkeit zu verbessern, z.B. durch Nitrierung. Durchgehärtete Stähle bieten aber die beste Kombination von Verschleißwiderstand und Druckfestigkeit.

Die Verschleißfestigkeit *vollständig gehärteter Stähle* kann durch Oberflächenbehandlungen oder -beschichtungen wie Nitrierung oder Hartverchromung noch weiter verbessert werden. Solche Oberflächenbehandlungen werden vorzugsweise erst dann durchgeführt, wenn die Form abgenommen wurde, da eine weitere Bearbeitung schwierig sein kann. Es ist zu beachten, dass die Korrosionsfestigkeit von Stavax

ESU, Stavax Supreme, Polmax, Corrax und Elmax durch Nitrierung vermindert wird.

Die pulvermetallurgischen Stähle Elmax, Vanadis 4, Vanadis 4 Extra, Vanadis 6 und Vanadis 10 sind äußerst verschleißfest. Sie empfehlen sich für kleine Formen, Einsätze und Kerne, die Abriebbeanspruchung ausgesetzt sind.

DRUCKFESTIGKEIT

Die erforderliche Druckfestigkeit wird durch das Kunststoff-Formverfahren, die Spritz- und Schließdrücke und die Toleranzen des fertigen Formteils bestimmt. Während des Formens konzentrieren sich die Druckkräfte auf die Trennflächen des Werkzeugs. Lokales Härten, z.B. Flammhärten, kann die Druckfestigkeit auf das erforderliche Maß erhöhen, wenn vorvergütete Stähle benutzt werden.

KORROSIONSBESTÄNDIGKEIT

Die Oberflächenqualität der Formteile sollte sich während der Produktion nicht verschlechtern, wenn Kunststoffteile mit einer hohen und konstanten Produktionsrate und einem gleichbleibenden Niveau hergestellt werden sollen. Korrosion mit der sich daraus ergebenden Gefährdung der Produktionseffizienz kann auf verschiedene Arten auftreten.

- **Bestimmte Kunststoffarten können bei der Produktion korrodierende Nebenprodukte abgeben. Ein Beispiel dafür ist die von PVC erzeugte Salzsäure. Diese Erscheinung kann minimiert werden, indem die für dieses Material empfohlene Formtemperatur, die im allgemeinen ca. 160°C beträgt, nicht überschritten wird.**
- **Das Kühlmittel kann korrodierend sein. Dadurch kann sich die Kühleffizienz verringern oder die Kühlkanäle können sich sogar vollständig zusetzen.**
- **Die Produktion in einer feuchten oder korrodierenden Atmosphäre oder längere Lagerung kann die Oberfläche durch Wasser, Kondensation und schließlich Rost in**

der Gravur beschädigen, wodurch die Oberflächenbeschaffenheit der Produkte verschlechtert wird.

Sämtliche oben genannte Probleme schaffen eine Nachfrage nach Einsatz- und Rahmenmaterialien mit einem gewissen Grad an Korrosionsbeständigkeit.

Corrax hat den besten Korrosionswiderstand und wird deshalb in allen Bereichen eingesetzt, bei denen Korrosion das Hauptproblem darstellt, wie etwa bei der Verarbeitung von korrosiven Kunststoffen. Stavax ESU und Stavax Supreme sind korrosionsbeständige Formenstähle mit hoher Reinheit, während Polmax zusätzlich höchste Anforderungen an die Polierfähigkeit erfüllt. Elmax vereint Korrosionsbeständigkeit mit Verschleißfestigkeit. Ramax 2 ist ein korrosionsbeständiger Formenaufbaustahl mit sehr gut spanender Bearbeitbarkeit. Durch die Verwendung von Ramax 2 für Rahmen werden die rostfreien Eigenschaften auf die gesamte Form ausgedehnt.

WÄRMELEITFÄHIGKEIT

Die Produktionsrate eines Formwerkzeugs hängt überwiegend von der Fähigkeit der Form ab, die Wärme vom geformten Kunststoff an das Kühlmittel abzuführen. Bei einem hochlegierten Stahl verringert sich der Wärmeleitfähigkeitskoeffizient etwas im Vergleich zu niedriglegiertem Stahl. Untersuchungen zeigen aber deutlich, dass der Kunststoff aufgrund seiner im Vergleich zu Stahl geringen Wärmeleitfähigkeit für den Wärmefluss ausschlaggebend ist.

Wenn eine hohe und einheitliche Produktionsrate angestrebt wird, ist jedoch eine gute Korrosionsbeständigkeit sehr viel wichtiger. Die sich daraus ergebenden Wärmeabfuhereigenschaften in den Kühlkanälen werden durch sie positiv beeinflusst. Die Verwendung von rostfreiem Formenstahl wie Stavax ESU oder Stavax Supreme ist dabei oft die Antwort.

Wenn Formenmaterial mit guter Korrosionsbeständigkeit und gleichzeitig sehr hoher Wärmeleitfähigkeit verlangt wird, bieten wir verschiedene Kupferlegierungen an.

Moldmax HH und Moldmax XL sind hochfeste Legierungen mit guter Wärmeleitfähigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Verschleißfestigkeit und Polierfähigkeit.

Neben der höheren Produktionsrate verringert die höhere Wärmeleitfähigkeit der Kupferlegierungen auch den Verzug (z.B. das Einfallen dünner Wände).

ZÄHIGKEIT

Rissbildung ist das schlimmste, was einer Form passieren kann. Komplizierte Formkonturen, kleine Radien, scharfe Kanten, dünne Wände und abrupte Querschnittänderungen sind heute an der Tagesordnung. Deshalb ist die Zähigkeit eine der wichtigsten Eigenschaften, die ein Formenstahl haben sollte.

Die Bruchzähigkeit eines Werkstoffs ist ein Maß für seine Fähigkeit, der Rissausbreitung von einer lokalen Spannungsspitze aus zu widerstehen, wenn dieser Werkstoff Zugspannungen unterliegt. In der Praxis treten diese Spannungserhöher als durch Bearbeitungen entstandene Oberflächenfehler, anfängliche Ermüdungsrisse, Einschlüsse oder als fehlerhafte Struktur aufgrund inkorrektur Wärmebehandlung auf. Wir sind uns der Bedeutung der Zähigkeit voll bewusst.

Wir benutzen die neueste metallurgische Technologie, um dem Formenstahl eine optimale Zähigkeit zu verleihen. Durch die Anwendung von Verfahren wie Vakuumgasung und Elektro-Schlacke-Umschmelzung haben

alle unsere Stähle die derzeit besten Zähigkeitseigenschaften. Diese erhöhte Zähigkeit ist nicht nur an der Oberfläche, sondern auch zur Mitte des Stahls hin klar ersichtlich.

AUSTAUSCHBARKEIT VON TEILEN

Durch „standardmäßiges“ Denken kann ein Formenbauer einen bedeutenden Beitrag dazu leisten, die Instandhaltungskosten für die Form auf einem Minimum zu halten.

Die Auswahl leicht erhältlicher Stahlsorten sowie das Verwenden von Standardgrößen und vorrätigen Teilen von Anfang an kann dabei helfen, Zeit und Kosten für die Wiederinbetriebnahme einer Form zu minimieren. Weiterhin wird durch die Verwendung identischer Materialien und Teile, die nach engen Toleranzen gefertigt sind, gewährleistet, dass die Leistung des Werkzeugs unverändert bleibt.

Durch die Benutzung standardmäßiger Teile und Bestandteile, wann immer dies bei der Formenkonstruktion möglich ist, werden Reparatur und Wartung beträchtlich erleichtert und beschleunigt.



Gleichbleibend hochwertige Werkzeugstähle und gleichbleibend zuverlässigen Service finden Sie bei Uddeholm weltweit.

Eine Leistung, die Ihnen nur Uddeholm bietet!

LAGERHALTUNG IN ÖRTLICHER NÄHE

Aus unserer langjährigen Erfahrung im Dienst der Hersteller von Kunststoffformen sind wir mit den gebräuchlichsten Größen, Qualitäten und Toleranzen gut vertraut. Wir verfügen über ein umfassendes Netz von Reservelagern an strategisch bedeutenden Orten.



HERVORRAGENDER TECHNISCHER KUNDENDIENST

Unsere Metallfachleute und Außendiensttechniker sind Ihnen bei der Materialauswahl im Planungsstadium behilflich und stehen Ihnen auch später in Fragen der Wärmebehandlung, des Polierens und der Bearbeitung mit Rat und Tat zur Seite.

ALLES AUS EINER HAND

Werkzeugstahl für Kaltarbeit, einschließlich vorgeschliffenem und präzisionsgeschliffenem Flachstahl in Standardlängen, Hohlstahl, Stahl für Kunststoffformen sowie Warmarbeitsstahl zum Druckgießen, Gesenkschmieden und Strangpressen — bei uns finden Sie alles.

Druckschriften über die Auswahl, die Wärmebehandlung und die Anwendung von Formenmaterialien, funkenerosive Bearbeitung, Polieren und Oberflächenbehandlung von Werkzeugstahl sind sehr wichtige Bestandteile unseres Service.



SCHWEISSZUSATZWERKSTOFFE

Für eine erfolgreiche Reparaturschweißung ist es von außerordentlicher Bedeutung, dass die Schweißzusatzwerkstoffe genau auf den Formenstahl abgestimmt sind. Dies gilt vor allem dann, wenn die geschweißte Oberfläche durch Fotoätzen oder Polieren nachbearbeitet werden soll.

Wir bieten Schweißzusatzwerkstoffe zum Schweißen von Impax Supreme, Corrax, Stavax ESU und Calmax. Sie sind als WIG-Draht oder als beschichtete Elektroden für das Handmetalllichtbogenschweißen erhältlich. Corrax Schweißzusatzwerkstoff ist nur als WIG-Draht erhältlich.



Produktprogramm

Formenstähle IMPAX SUPREME (1.2738)	Vorvergüteter Ni-Cr-Mo-Stahl mit einer Lieferhärte von 290–330 HB und hervorragenden Polier- und Fotoätzigenschaften. Geeignet für eine breite Palette von Spritzformen, Blasformen und Extrusionsformen.
CALMAX GRANE	Durchhärtender Cr-Mo-V-Stahl mit guter Kombination von Zähigkeit und Verschleißfestigkeit. Empfohlen für Großserienwerkzeuge und zum Formen von verstärkten Kunststoffen.
STAVAX ESU (1.2083)	Durchhärtender rostfreier Formenstahl mit hoher Korrosionsbeständigkeit und sehr guter Polierbarkeit. Empfohlen für mittlere und kleine Formen.
STAVAX SUPREME	Durchhärtender rostfreier Formenstahl mit hoher Korrosionsbeständigkeit und sehr guter Polierbarkeit. Empfohlen für mittlere und große Formen.
POLMAX (1.2083)	Durchhärtender rostfreier Formenstahl mit hoher Korrosionsbeständigkeit und äußerst guter Polierbarkeit.
CORRAX	Ein neu entwickelter ausscheidungshärtbarer Formenstahl mit unübertroffenem Korrosionswiderstand, einfacher Wärmebehandlung und guter Schweißbarkeit.
ORVAR SUPREME (1.2344)	Vielseitiger, durchhärtender 5%-iger Cr-Formen- und Matrizenstahl mit guter Verschleißfestigkeit und Polierbarkeit.
RIGOR (1.2363)	Durchhärtender Stahl, empfohlen für sehr lange Produktionsabläufe für kleinere komplizierte Formteile.
ELMAX VANADIS 4 Vanadis 4 Extra VANADIS 6 VANADIS 10	Pulvermetallurgische Formenstähle mit sehr hoher Maßbeständigkeit, guter Polierfähigkeit und hoher Verschleißfestigkeit. Elmax ist korrosionsbeständig. Vanadis 4 Extra weist die höchste Zähigkeit auf, während Vanadis 10 der verschleißfesteste Stahl ist. Geeignet für sehr lange Produktionsabläufe bei kleinen, komplizierten Formen und/oder abrasiven Kunststoffen.
Rahmenstähle HOLDAX (1.2312)	Vorvergüteter Mn-Cr-Mo-Stahl mit sehr guter Bearbeitbarkeit und hoher Zugfestigkeit (~1000 N/mm ²)
RAMAX 2 (1.2085)	Vorvergüteter, rostfreier Halterstahl, Lieferhärte ~340 HB, mit hervorragender Bearbeitbarkeit und guter Korrosionsbeständigkeit.
Aluminium-Sonderlegierung ALUMEC	Hochfeste Al-Legierung mit einer Lieferhärte von ~160 HB. Empfohlen für Prototyp-Formen und für kurze Produktionsserien mit geringen Anforderungen an Härte und Verschleißfestigkeit.
Kupfer-Legierungen MOLDMAX HH MOLDMAX XL	Hochfeste Kupferlegierung mit hoher Wärmeleitfähigkeit. Geeignet für Anwendungen wie Abquetschbacken und Flachenhalsringe beim Blasformen, Kerne und Einsätze beim Spritzgießen sowie Einspritzdüsen und Verteiler für Heißkanalsysteme.

Analysen

Uddeholm Marke	Analysen %								Lieferhärte HB
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	S	
Formenstähle									
IMPAX SUPREME	0,37	0,3	1,4	2,0	1,0	0,2	–	<0,01	~310
CALMAX	0,6	0,35	0,8	4,5	–	0,5	0,2	–	200
GRANE	0,55	0,3	0,5	1,0	3,0	0,3	–	–	~230
ORVAR SUPREME	0,39	1,0	0,4	5,2	–	1,4	0,9	–	180
STAVAX ESU	0,38	0,9	0,5	13,6	–	–	0,3	–	215
STAVAX SUPREME				Cr-Ni-Mo-V Legierung					250
POLMAX	0,38	0,9	0,5	13,6	–	–	0,3	–	215
CORRAX	0,03	0,3	0,3	12,0	9,2	1,4	–	Al 1,6	~320
RIGOR	1,0	0,2	0,8	5,3	–	1,1	0,2	–	215
ELMAX	1,7	0,8	0,3	18,0	–	1,0	3,0	–	~240
VANADIS 4	1,5	1,0	0,4	8,0	–	1,5	4,0	–	230
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
Rahmenstähle									
HOLDAX	0,4	0,4	1,5	1,9	–	0,2	–	0,07	~310
RAMAX 2				Cr-Ni-Mo-V-S Legierung					~340

Eigenschaften

Eigenschaft	IMPAX SUPREME	CALMAX	GRANE	ORVAR SUPREME	STAVAX ESU	STAVAX SUPREME	POLMAX	CORRAX	ELMAX	RIGOR	VANADIS 4	VANADIS 4 Extra	VANADIS 6	HOLDAX	RAMAX 2
Normale Härte															
HRC (HB)	(~310)	58	56	52	52	52	52	46	58	60	58	60	62	(~310)	(~340)
Verschleißfestigkeit	3	8	7	7	7	7	7	5	9	9	9	9	10	3	4
Zähigkeit	9	5	5	6	5	6	5	7	4	3	5	5	4	7	7
Druckfestigkeit	4	8	7	7	7	7	7	6	9	9	9	9	10	4	5
Korrosionsbeständigkeit	2	3	3	3	9	9	9	10	7	2	2	2	2	2	8
Bearbeitbarkeit	5**	8	8	9	8	8	8	3	3	4	4	5	3	7**	6**
Polierbarkeit	8	8	8	8	9	9	10	8	8	7	8	8	8	4	4
Schweißbarkeit	6	4	4	4	4	4	4	6	2	2	2	2	2	6	5
Nitrierbarkeit	6	8	6	10	–	–	–	–	–	8	8	8	8	5	–
Fotoätzbarkeit	9	8*	8	8*	8*	8*	8*	8*	8*	5	8	8	5	3	4

* Spezialprozess erforderlich ** Geprüft im vorvergüteten Zustand

Die Eigenschaften der Stahlsorten für die Hauptform und die Halter wurden von 1 bis 10 bewertet, wobei 10 die höchste Wertung ist. Das sind natürlich nur annähernde Vergleiche, die aber bei der Auswahl des Stahls hilfreich sein können.

Anmerkung: Die Stahlsorten können nicht „absolut“ verglichen werden, indem die jeweiligen „Punkte“ addiert werden. Nur einzelne Eigenschaften sollten verglichen werden.

Auswahl des Formenstahls

Allgemeine Empfehlungen

Prozess	Material	Stahl/Material-Empfehlungen	Härte HRC (HB)
Spritzformen	Thermoplaste – Prototypen/kurze Produktionsabläufe – vorvergüteter Formenstahl	ALUMEC IMPAX SUPREME	(~160) 33 (~310)
	– durchgehärteter Formenstahl	CALMAX GRANE ORVAR SUPREME STAVAX ESU/SUPREME, POLMAX CORRAX ELMAX, VANADIS 4 VANADIS 4 Extra VANADIS 6	45–58 45–56 45–52 45–52 36–50 58–60 58–62 60–64
	Duroplaste	CALMAX GRANE RIGOR, ELMAX, VANADIS 4 VANADIS 4 Extra VANADIS 6	52–58 52–56 58–60 58–62 60–64
Formpressen	Duroplaste	CALMAX GRANE STAVAX ESU/SUPREME ELMAX, VANADIS 4 VANADIS 4 Extra VANADIS 6	52–58 52–56 45–52 58–60 58–62 60–64
Blasformen	Allzweck	ALUMEC IMPAX SUPREME	(~160) 33 (~310)
	PVC	STAVAX ESU/SUPREME RAMAX 2 CORRAX	45–52 37 (~340) 36–50
Extrusion	Allzweck	IMPAX SUPREME	33 (~310)
	PVC	STAVAX ESU/SUPREME RAMAX 2 CORRAX	45–52 37 (~340) 36–50
Haltermaterial	1. Hochfest, vorgehärtet	HOLDAX	33 (~310)
	2. Wie 1, plus Korrosionsbeständigkeit für Produktionsabläufe mit geringer Wartung; auch für „hygienische“ Betriebsbedingungen; keine Beschichtung erforderlich.	RAMAX 2	37 (~340)

Spezielle Empfehlungen

Spezielle Forderungen	Beispiel	Stahl/Material-Empfehlungen	Härte HRC (HB)
Große Formengröße	Für Wagenteile, einschl. Armaturenbrett, Stoßfänger, Blenden usw.	ALUMEC IMPAX SUPREME STAVAX SUPREME ORVAR SUPREME CORRAX	(~160) 33 (~310) 35–50 35–50 34–46
	Wie oben, mit geringen Ansprüchen an Oberflächengüte	HOLDAX RAMAX 2	33 (~310) 37 (~340)
Hochglanz	Zum Formen optischer/medizinischer Teile, klare Abdeckungen/Blenden	STAVAX ESU/SUPREME POLMAX ELMAX, VANADIS 4 VANADIS 4 Extra ORVAR SUPREME	45–52 45–52 58–60 58–62 45–52
	Komplexe Formen	1. Für große Autoteile/Haushaltsartikel	IMPAX SUPREME STAVAX SUPREME CORRAX
2. Für kleine Teile mit geringen Anforderungen an Verschleiß		IMPAX SUPREME CORRAX	33 (~310) 34–46
3. Für kleine Teile mit hohen Ansprüchen an Verschleiß, z.B. elektrische/elektronische Formteile		RIGOR CALMAX ORVAR SUPREME STAVAX ESU/SUPREME ELMAX, VANADIS 4 VANADIS 4 Extra VANADIS 6	60–62 52–58 50–52 50–52 58–60 58–62 60–64
Abrasive Formmaterialien	Verstärkte/gefüllte Formmaterialien; technische Kunstharze	RIGOR CALMAX ORVAR SUPREME STAVAX ESU/SUPREME VANADIS 4, ELMAX VANADIS 4 Extra VANADIS 6	58–62 52–58 50–52 50–52 58–60 58–62 60–64
Lange Produktionsabläufe	Für thermoplastische Teile, z.B. Einmalbestecke, Behälter und Verpackungen	STAVAX ESU/SUPREME VANADIS 4, ELMAX VANADIS 4 Extra VANADIS 6 CALMAX GRANE ORVAR SUPREME	45–52 58–60 58–62 60–64 45–58 52–56 52–52
Korrosionsbeständigkeit	1. Für korrodierende Formmaterialien, z.B. PVC 2. Für feuchte Form-/Formlagerbedingungen 3. Allgemeine Beständigkeit der Oberfläche gegenüber Flecken-/Rostbildung 4. Korrosionsbeständigkeit der Kühlkanäle	STAVAX ESU/SUPREME ELMAX RAMAX 2 CORRAX	50–52 58–60 37 (~340) 34–50
Fotoätzen	1. vorgehärteter Stahl	IMPAX SUPREME	33 (~310)
	2. durchgehärteter Stahl	GRANE ORVAR SUPREME STAVAX ESU/SUPREME VANADIS 4, ELMAX VANADIS 4 Extra VANADIS 6	45–56 45–52 45–52 58–60 58–62 60–64
Hohe Wärmeleitfähigkeit	Für Spritzgieß- und Blasformen, Kerne und Einsätze Teile für Heißkanalsysteme.	MOLDMAX HH MOLDMAX XL	~40 ~30

MOLDMAX ist von Brush Wellman Inc., Cleveland, Ohio registriert.