

Werkzeugtechnische Lösungen für extra- und ultrahochfeste Stähle

Technische Broschüre





Inhalt

Einleitung 5	
Über SSAB	6
Allgemeines	6
Extra- und ultrahochfester Stahl von SSAB und seine Vorteile für die Automobilindustrie	6
Stahlbleche und Werkzeugstähle 8	
Extra- und ultrahochfeste Stähle	8
Mikrolegierte Stähle	8
Bainitische Stähle	8
Dualphasenstähle	8
Komplexphasenstähle	8
Rollumformstähle	8
Martensitische Stähle	8
Lieferbare Abmessungen	8
Werkzeugstähle	10
Schneid- und Umformeigenschaften	10
Konventionelle Schmelzmetallurgie	11
Elektro-Schlacke-Umschmelzen	11
Pulvermetallurgie	11
Auswahlkriterien für Werkzeugstahl 12	
Übersicht	12
Umformen	14
Allgemeines	14
Biegen	14
Rollumformen	14
Pressen	14
Bördeln	14
FEM-Analyse von Werkzeugbelastungen und Kaltaufschweißungen	15
Werkzeugstahlauswahl und Oberflächenbehandlung bei Umformwerkzeugen	16
Schneiden	18
Allgemeines	18
Stanzen und Lochschneiden	18
Schneiden und Abscheren	24
Werkzeugstahlauswahl und Oberflächenbehandlung bei Schneidwerkzeugen	26
Anwendungsbeispiele	32
B-Säulenverstärkung	32
Stoßfänger für Pkw	33
Halterung für Anhängerkupplung	33
Schmierung 34	
Umformen	34
Schneiden	34
Docol HR LA Güten, unbeschichtet	34
Docol DP/DL/LA und Roll Güten, unbeschichtet	34
Docol DP/CP/LA und Roll Güten, feuerverzinkt	34
Docol M Güten, unbeschichtet und elektrolytisch verzinkt	34
Gesamtwirtschaftlichkeit der Werkzeuge 35	
Technischer Support 37	
Rat und Tat von Experten	37
Hochentwickelte Mess- und Analyseverfahren	38
Schulungen und Seminare	38
Handbücher	38
Probebleche	38
Produktinformationen	38



Einführung

Die Verwendung moderner, hochfester Stähle (AHSS/Advanced High Strength Steels) kann Stahlverarbeitern viele Vorteile verschaffen. Mit der zunehmenden Verwendung moderner, hochfester Stähle in neuen Produktkonzeptionen werden jedoch auch höhere Anforderungen an die bei der Umformung und den Stanz-/Lochvorgängen verwendeten Werkzeugstähle gestellt. Der Zweck dieser Veröffentlichung ist die Erstellung von Auswahlrichtlinien, die Konstrukteuren und Materialfachleuten ermöglichen, die beste Werkzeugausstattungslösung für die Umformung und für das Stanzen/Lochen moderner, hochfester Stähle unter den folgenden Stahlfamilien zu finden:

- Mikrolegierte Stähle
- Bainitische Stähle
- Dualphasenstähle
- Komplexphasenstähle
- Rollprofilierstähle
- Martensitische Stähle

Aus Gesichtspunkten des Klimaschutzes können moderne, hochfeste Stähle das Gewicht eines produzierten Einzelteils erheblich verringern, wodurch eine geringere Menge Rohstoff und weniger Energieeinsatz erforderlich sind. Gleichzeitig wird weniger Energie zum Transport des Stahls erforderlich und der Stahl selbst ist ebenfalls vollständig wiederverwertbar.

Es sind ebenfalls Anwendungen möglich, in denen Anlassöfen für modernen, hochfesten Stählen im Produktionsverfahren entfallen können und infolgedessen die entsprechenden klimatischen Belastungen sinken.

In der Automobilindustrie können niedrigere Emissionspegel durch Verringerung des Fahrzeuggewichts erzielt werden. Andererseits bedingen die zunehmenden Anforderungen nach gesteigerter Sicherheit in Fahrzeugen die Verwendung höherfester Materialien in kritischen Sicherheitsbauteilen der Fahrzeugkarosserie. Es gibt jedoch auch viele Industrieprodukte außerhalb der Automobilindustrie, bei denen, durch die Verwendung von modernen, hochfesten Stählen in der Konstruktion, ein verringertes Gewicht und eine erhöhte Produkthaltbarkeit erzielt werden kann.

Der Einsatz moderner, hochfester Stähle kann höhere Kräfte beim Schneiden und Umformen des Stahlblechs erfordern. Daher wird die Anforderung an höhere Härte und Formbarkeit im Werkzeugstahl offensichtlich. Die derzeitige Situation und zukünftige Entwicklung bei modernem, hochfestem Stahl erzwingt auch eine Entwicklung der Eigenschaften der dafür benötigten Werkzeugstähle, um den zunehmenden Anforderungen zu entsprechen.

Die hier dargestellten Richtlinien reflektieren die neuesten Ergebnisse und besten Arbeitspraktiken zum Zeitpunkt der Publikation dieser Veröffentlichung entwickelt wurden. Die Informationen basieren auf umfassenden Forschungs- und Prüfungstätigkeiten über einen langen Zeitraum und in enger Zusammenarbeit mit einigen ihrer anspruchsvollsten und fortschrittlichsten Kunden durchgeführt haben.

Das Hauptziel für SSAB liegt in der Bereitstellung praktischer und solider Informationen, um Kunden bei der Wahl der besten Kombination von modernem, hochfestem Stahl und entsprechendem Werkzeugstahl für jede mögliche gegebene Produktkonzeption zu unterstützen.



SSAB

Allgemeines

SSAB zählt zu den weltweit führenden Anbietern von hochfestem Stahl. Die von SSAB geführten Markenprodukte wurden in enger Zusammenarbeit mit Kunden für eine robustere, leichtere und nachhaltigere Welt entwickelt. Die Produktionsstätten befinden sich in Nordeuropa und den USA und die Produkte sind in 50 Ländern auf der ganzen Welt erhältlich.

Die Produktmarken Strenx, Hardox, Docol, GreenCoat, Armox und Toolox von SSAB sind weithin bekannt und für ihre Qualität und ihren Mehrwert international anerkannt. Vom Beginn einer Konstruktionsanwendung an bieten wir mit unserer starken Kundenorientierung eine Unterstützung bei der Entwicklung innovativster Produkte auf dem Markt. Wir sind unvoreingenommen, ehrlich, direkt, und indem wir unsere beträchtliche Erfahrung und Wissen einbringen, versehen wir Sie mit Werten, die im heutigen betrieblichen Umfeld selten zu finden sind. Die Kunden von SSAB umfassen weithin bekannte OEMs und können in einem breiten Querschnitt

der Industrien mit hohem Anspruch gefunden werden, einschließlich des Automobilbereichs, des Anhänger-, Kipper-, Kran-, Hebeausrüstungs- und Containerbaus sowie landwirtschaftlicher Maschinen.

Der extra- und ultrahochfeste Stahl von SSAB und seine Vorteile für die Automobilindustrie

Autos werden immer sicherer, komfortabler und sparsamer im Kraftstoffverbrauch. Dieser Trend wird durch wachsende Anforderungen an Sicherheit und Umweltschutz verstärkt. Der Einsatz der extra- und ultrahochfesten Stähle von SSAB ermöglicht leichtere Konstruktionen, einen verbesserten Aufprallschutz und niedrigere Kosten.

SSAB unterstützt ihre Kunden aus der Automobilindustrie bereits zu Beginn der Produktentwicklung für spezifische Anwendungen, zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit und Rentabilitätssteigerung des Kunden.



Beispielsweise lassen sich Gewichtseinsparungen bei Sicherheitskomponenten von bis zu 50% durch die Verwendung hochfester Stähle von SSAB erzielen.

Die Entwicklung und Verbesserung moderner, hochfester Stähle für neue Anwendungen plus die Kreation neuer Verfahren für die Konstruktion, die Umformung und das Fügen von Materialien bilden den Kern des Forschungs- und Entwicklungsprogramms von SSAB. Zur Sicherstellung einer hohen Qualität hat SSAB umfangreich in moderne Produktionsverfahren investiert. Alle Stahlproduktionsanlagen verfügen über Eigenschaften, die sicherzustellen, dass Maße, Toleranzen und innere Eigenschaften des Stahls durchgängig sind. Dieses Qualitätsniveau verringert nicht nur Ausschussrate, sondern stellt auch die Kontinuität der Produktion bei den Kunden sicher. Die SSAB Produktpalette umfasst Bandstahl mit einem Stärkebereich von 0,4 Millimeter bis zu 16 Millimetern und einer maximalen Bandbreite von 1.600 Millimetern.



Stahlbleche und Werkzeugstähle

Extra- und ultrahochfeste Stähle

Extra- und ultrahochfeste Stähle von SSAB können als warmgewalzte, kaltgewalzte, elektrolytisch verzinkte oder feuerverzinkte Produkte bezogen werden. Anwendungsbeispiele für extra- und ultrahochfeste Stähle sind:

- Sicherheitskomponenten in Autos
- Komponenten von Autositzen
- Anhänger
- Kipplastwagen
- Container
- Kräne
- Züge
- Verschiedene Profilrohr-Anwendungen wie Möbel, Fahrräder oder Kinderwagen

Diverse Faktoren bestimmen, welche der extra- und ultrahochfesten Stahltypen zu verwenden sind. Die wichtigsten Parameter ergeben sich aus der geometrischen Form des Werkstücks und dem eingesetzten Umform- oder Schneidverfahren. In **Tabelle 1** werden einige extra- und ultrahochfeste Stahltypen von SSAB aufgeführt.

Weitere Informationen zur Anwendung und Verarbeitung dieser Stahltypen finden Sie in den jeweiligen Produktbroschüren von SSAB oder auf der Webseite www.ssab.com.

Mikrolegierte Stähle

Die mikrolegierten Kaltumformstähle erhalten ihre hohe Festigkeit durch die Zugabe geringer Mengen an Legierungselementen wie Niob oder Titan. Der Zahlenwert in der Bezeichnung der Stahlsorte steht für die garantierte Mindeststreckgrenze. Die Differenz zwischen ihrer Streckgrenze und Zugfestigkeit ist relativ gering. Diese Stahlgüten besitzen im Verhältnis zu ihrer Streckgrenze hervorragende Biege-, Press- und Bördeigenschaften. Darüber hinaus verfügen sie über eine sehr gute Schweißbarkeit.

Ferritisch-bainitische Stähle

Die ferritisch-bainitischen Stähle werden warmgewalzt geliefert. Diese Stahltypen sind thermomechanisch gewalzt. Der Zahlenwert in der Bezeichnung der Stahlgüte gibt die Mindestzugfestigkeit an.

Dualphasenstähle

Dualphasenstähle sind kaltgewalzte Stähle mit einer zweiphasigen Mikrostruktur, Ferrit und Martensit. Ferrit ist weich und trägt zur guten Umformbarkeit bei. Martensit hingegen erhöht als harte Phase die Festigkeit des Stahls. Die Festigkeit steigt proportional

mit dem zunehmenden Anteil von Martensit an. Abhängig von der Anwendung können Dualphasenstähle mit unterschiedlicher Streckgrenze /Zugfestigkeitsverhältnissen (YS/TS) erzeugt werden. Der Zahlenwert in der Bezeichnung der Stahlsorte gibt die Mindestzugfestigkeit an. Dualphasenstähle lassen sich problemlos schneiden und umformen und können mit herkömmlichen Schweißverfahren geschweißt werden.

Komplexphasenstähle

Die Mikrostruktur eines Komplexphasenstahls kann neben der Ferrit-Bainit-Matrix kleine Mengen an Martensit, Austenit und/oder Perlit enthalten. CP-Stähle zeichnen sich durch eine hohe Streckgrenze, eine moderate Kaltverfestigung und gute Biege- und Bördeigenschaften aus. Der Zahlenwert in der Bezeichnung der Stahlsorte gibt die Mindestzugfestigkeit an. Die Komplexphasenstähle sind als feuerverzinkte Stahlsorten erhältlich.

Rollumformstähle

Die Rollprofilierstähle werden als kaltgewalzte und feuerverzinkte Produkte geliefert. Diese Stahlgruppe ist vor allem für Anwendungen gedacht, bei denen das Profilwalzen als Umformmethode verwendet werden soll. Die Profilwalzenstähle sind durch hohe Streckgrenzen (YS/TS), eine hohe innere Reinheit und eine Mikrostruktur mit homogener Härteverteilung gekennzeichnet. Diese Eigenschaften minimieren das Risiko eines Verwindens und unabsichtlichen Biegens des Profils. Dadurch lässt sich Profilwalzenstahl auch in engen Radien umformen.

Martensitische Stähle

Martensitische Stähle sind rein martensitisch. Sie zeichnen sich durch sehr hohe Streckgrenzen und Zugfestigkeiten aus. Für warmgewalztes und kaltgewalztes Material gibt der Zahlenwert in der Bezeichnung der Stahlgüte die Mindestzugfestigkeit an.

Lieferbare Abmessungen

Stärke:	Docol	0,50–2,10 mm
	Docol-GI	0,50–3,00 mm
	Docol HR	2,00–12,00 mm
Max. Breite:	Docol	1.500 mm
	Docol-GI	1.500 mm
	Docol HR	1.600 mm

Die Begrenzung der Maximalbreite hängt von der Stahlsorte und der Materialstärke ab. Zusätzliche Dicken sind auf Anfrage lieferbar.



Stahltyp	Stahlgüte	CR/HR	UC	EG	GI	GA	ZA
Hochfeste, niedriglegierte Stähle	Docol 460LA	CR	x	x	x	x	x
	Docol 500LA	CR	x	x			
	Docol 800LA	CR	x	x			
	Docol HR460LA	HR	x	x			
	Docol HR500LA	HR	x	x			
	Docol HR550LA	HR	x	x	x		
	Docol HR600LA	HR	x	x			
	Docol HR650LA	HR	x	x			
	Docol HR700LA	HR	x	x	x		
Dualphasen-Stähle	Docol 500DP	CR	x	x			
	Docol 500DL	CR	x	x			
	Docol 590DP	CR	x	x	x	x	x
	Docol 600DP	CR	x	x			
	Docol 600DL	CR	x	x			
	Docol 780DP	CR	x	x	x	x	x
	Docol 800DP	CR	x	x			
	Docol 800DL	CR	x	x			
	Docol 800DPX	CR			x	x	x
	Docol 980DP	CR	x	x	x	x	x
	Docol 1000 DP	CR	x	x			
	Docol 1000DPX	CR			x	x	x
	Docol 1000LCE	CR	x	x	x		
Komplexphasen und Ferritic-Bainitic Stähle	Docol 600CP	CR			x	x	x
	Docol 980CP	CR	x	x	x	x	x
	Docol 1180CP	CR	x	x	x		
	Docol Roll 800	CR	x	x			
	Docol Roll 1000	CR	x	x			
	Docol HR600FB	HR	x	x	x		
	Docol HR800CP	HR	x	x	x		
	Docol HR800HER-75	HR	x	x			
	Docol HR800HER-100	HR	x	x			
	Docol HR1000CP	HR	x	x			
Martensitische Stähle	Docol 900M	CR	x	x			
	Docol 1100M	CR	x	x			
	Docol 1200M	CR	x	x			
	Docol 1300M	CR	x	x			
	Docol 1400M	CR	x	x			
	Docol 1500M	CR	x	x			
	Docol 1700M	CR	x	x			
	Docol HR1200M	HR	x				
	Docol HR 1500 M	HR	x				

Tabelle 1. Diese Tabelle bietet nur eine vereinfachte Übersicht.

Zusätzlich sind Güten, die nach Herstellerstandards für die Automobilindustrie hergestellt werden, weit verbreitet. SSAB bietet auch unlegierte Stähle und niedrigere HSS-Güten an.

Werkzeugstähle

Schneid- und Umformeigenschaften

Werkzeuge für Kaltarbeitsanwendungen benötigen normalerweise eine hohe Härte. Grund dafür sind die umzuformenden Bauteile, die oftmals selbst sehr hart sind. Eine hohe Härte ist deshalb bei den Werkzeugen erforderlich, um eine plastische Verformung und/oder einen starken Verschleiß zu verhindern.

Nachteilig wirkt sich die hohe Härte auf das Zähigkeitsverhalten des Werkzeugstahls aus.

Ein Kaltarbeitsstahl muss in erster Linie verschleißbeständig sein und eine hohe Druckfestigkeit, aber auch ein gewisses Maß an Zähigkeit/Duktilität ausweisen:

- Eine hohe Verschleißbeständigkeit verlängert die Standzeit des Werkzeugs und reduziert Produktionsausfälle aufgrund von Wartungsarbeiten am Werkzeug.
- Eine ausreichende Druckfestigkeit verhindert plastische Verformungen an den Aktivflächen des Werkzeugs.
- Eine ausreichende Zähigkeit/Duktilität verhindert vorzeitigen Werkzeugbruch und Kantenausbrüche.

Hohe Verschleißbeständigkeit ist nicht allein eine Frage des Härtegrades. Kaltarbeitsstähle enthalten typischerweise auch harte Karbide, um die Verschleißbeständigkeit zusätzlich zu erhöhen. Karbide sind Verbindungen aus Kohlenstoff und Karbidbildnern wie Chrom, Vanadium, Molybdän oder Wolfram. Allgemein gilt, je häufiger, größer und härter die Karbide sind, desto besser wird die erreichte Verschleißbeständigkeit des Werkzeugs. Ein unerwünschter Nebeneffekt des hohen Härtegrades ist jedoch die wachsende Kerbempfindlichkeit des Werkstoffs. Große Karbide

können im Laufe eines Ermüdungsvorgangs zum Bruch des Werkzeugs führen. Ermüdungsbrüche machen die Mehrzahl aller Werkzeugbrüche aus.

Zum Ermüdungsbruch kommt es, wenn der Werkstoff wechselnder Belastung ausgesetzt ist. Er lässt sich einteilen in eine Phase der Rissbildung und eine Phase der Rissausbreitung. Die Rissbildung findet in der Regel an Kerben statt, die durch Spannungskonzentration die einwirkende Belastung lokal noch vergrößert. Diese Spannungskonzentration wird mit zunehmendem Härtegrad umso gefährlicher. Für hohe Härten ist es also kennzeichnend, dass es schon kurze Zeit nach der Rissbildung zum vollständigen Bruch des Werkzeugs kommt.

Eine Herausforderung bei Kaltarbeitswerkzeugen ist, besonders beim Schneiden harter Werkstoffe, die Verringerung von risseleitenden Defekten. Gleichzeitig soll jedoch die Verschleißbeständigkeit erhalten bleiben, die wiederum eine hohe Härte und harte Teilchen in der Stahlmatrix verlangt.

Rissauslösende Defekte wie Kerben sind nicht nur auf Karbide zurückzuführen. Auch größere Schlackeneinschlüsse, Defekte wie Schleifriefen an der Werkzeugoberfläche oder Ecken mit engen Radien können in Verbindung mit einer hohen Härte Ermüdungsrisse auslösen. Aus diesen Gründen sind die Reinheit des metallurgischen Verfahrens, die Oberflächenbeschaffenheit des Werkzeugs und die Werkzeugkonstruktion für das Leistungsvermögen des Werkzeugs ausschlaggebend. In **Tabelle 2** werden Werkzeugstähle von Uddeholm aufgeführt, die für Kaltarbeitsanwendungen geeignet sind.

Uddeholm Stahlorte	Metallurgisches Verfahren	AISI/W.-Nr.	Chemische Zusammensetzung (Gewichtsanteil %)						
			% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% W	% V
Sleipner	Konventionell	-	0,90	0,90	0,50	7,80	2,50	-	0,50
Sverker 21	Konventionell	D2/1.2379	1,55	0,30	0,40	11,30	0,80	-	0,80
Calmax	Konventionell	-/1.2358	0,60	0,35	0,80	4,50	0,50	-	0,20
Unimax	Elektro-Schlacke-Umschmelzen	-	0,50	0,20	0,50	5,00	2,30	-	0,50
Caldie		-	0,70	0,20	0,50	5,00	2,30	-	0,50
Vanadis 4 Extra SuperClean	Pulvermetallurgie	-	1,40	0,40	0,40	4,70	3,50	-	3,70
Vanadis 8 SuperClean	Pulvermetallurgie	-	2,30	0,40	0,40	4,80	3,60	-	8,00
Vancron SuperClean	Pulvermetallurgie	-	3,00 ¹⁾	0,50	0,40	4,50	3,20	3,70	8,50

1) %(C+N)

Tabelle 2, Für Kaltarbeitsanwendungen geeignete Werkzeugstähle von Uddeholm.

Konventionelle Schmelzmetallurgie

Bei der Herstellung konventioneller hochlegierter Werkzeugstähle führt die Verwendung größerer Blöcke zu einer langsameren Erstarrung der Stahlschmelze. Dabei entstehen grobe Karbidnetze, die beim Walzen oder Schmieden in massive Karbidzeilen im Werkzeugstahl ausgeformt werden. Diese Karbidzeilen sind zwar vorteilhaft für die Verschleißbeständigkeit, wirken sich jedoch besonders bei Ermüdungsbeanspruchung negativ auf die mechanische Belastbarkeit des Werkzeugwerkstoffs aus.

Um die negativen Auswirkungen der Karbidstrukturen zu verringern, muss die chemische Zusammensetzung so angepasst werden, dass grobe Karbidstrukturen reduziert oder sogar vermieden werden und gleichzeitig die eingebüßte Verschleißbeständigkeit durch eine erhöhte Matrixhärte ausgeglichen wird.

Die Alternative dazu ist die Entwicklung eines metallurgischen Verfahrens, das zu kleinen und gleichmäßig verteilten Karbiden im Werkzeugstahl führt. Diese beeinträchtigen die Ermüdungsfestigkeit in geringem Maße und schützen das Werkzeug dennoch vor Verschleiß.

Uddeholm setzt zwei metallurgische Verfahren ein, die im Vergleich zur konventionellen Schmelzmetallurgie Vorteile bieten. Diese sind:

- Elektro-Schlacke-Umschmelzen (ESU)
- Pulvermetallurgie (PM)

Im Folgenden werden die metallurgischen Verfahren beschrieben.

Elektro-Schlacke-Umschmelzen

Das Elektro-Schlacke-Umschmelzen ist ein gebräuchliches metallurgisches Verfahren, bei dem konventionell hergestellte Rohblöcke nochmals in ein kleineres Schmelzbad umgeschmolzen werden. Dieses wiederum erstarrt wesentlich schneller als ein großes Schmelzbad, wodurch die Karbidnetzbildung nach dem Erstarren verringert wird. Durch das Umschmelzen erhält der Stahl eine größere Homogenität und die durchschnittliche allgemeine Karbidgröße wird reduziert. In dem Verfahren wird der Stahl zusätzlich von Schlacke gereinigt, was zu einem höheren Reinheitsgrad führt.

Pulvermetallurgie

Beim Pulvermetallurgischen-Verfahren wird die Stahlschmelze mittels Stickstoff zu kleinen Tröpfchen oder Kügelchen verdüst. Die kleinen Tröpfchen erstarren sehr rasch, so dass die dabei entstehenden Karbide sehr klein sind. Das gesammelte Pulver wird durch heißisostatisches Pressen unter hohen Temperaturen und hohem Druck zu einem dichten Block zusammengefügt. Durch konventionelle Verfahren wie Walzen oder Schmieden wird dieser Block nun zu Stahlbarren verarbeitet. Der so gewonnene äußerst homogene Stahl besitzt lediglich zufällig verteilte, kleine Karbide. Diese sind als Ausgangspunkt für Rissbildungen zu vernachlässigen, schützen aber dennoch das Werkzeug vor Verschleiß.

Große Schlackeeinschlüsse hingegen können zur Rissbildung führen. Das pulvermetallurgische Verfahren wurde daher schrittweise weiter entwickelt, um den Reinheitsgrad des Stahls zu erhöhen. Der Pulverstahl von Uddeholm befindet sich bereits in der dritten Generation. Er gilt im Markt als der pulvermetallurgische Werkzeugstahl mit dem höchsten Reinheitsgrad.

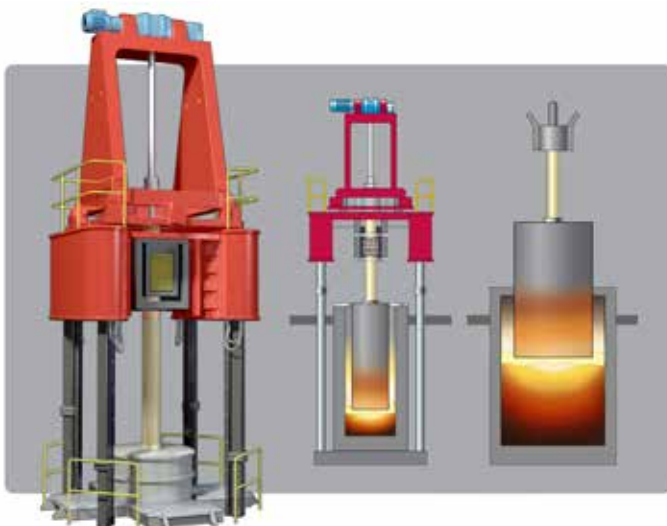


Abbildung 1. Elektro-Schlacke-Umschmelzen.

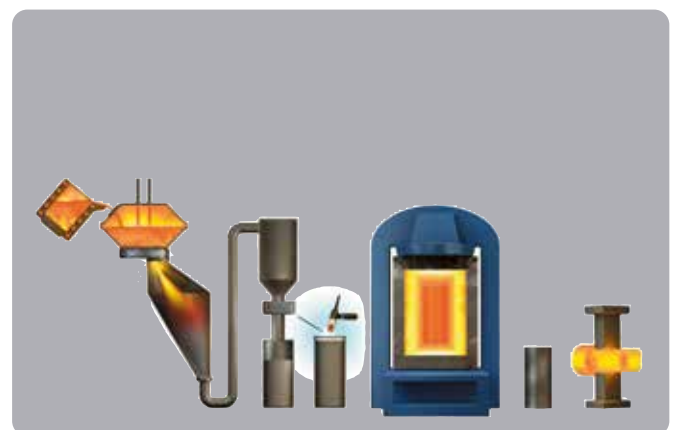


Abbildung 2. Pulvermetallurgie.

Auswahlkriterien für Werkzeugstahl

Übersicht

Beim Schneiden und Umformen von Teilen aus Stahlblech kommt es wie überall in der industriellen Fertigung auf störungsfreie Produktionsabläufe an. Die Prozesskette vom Werkzeugaufbau bis hin zur Werkzeugwartung besteht aus mehreren unterschiedlichen Schritten, die in **Abbildung 3** dargestellt sind.

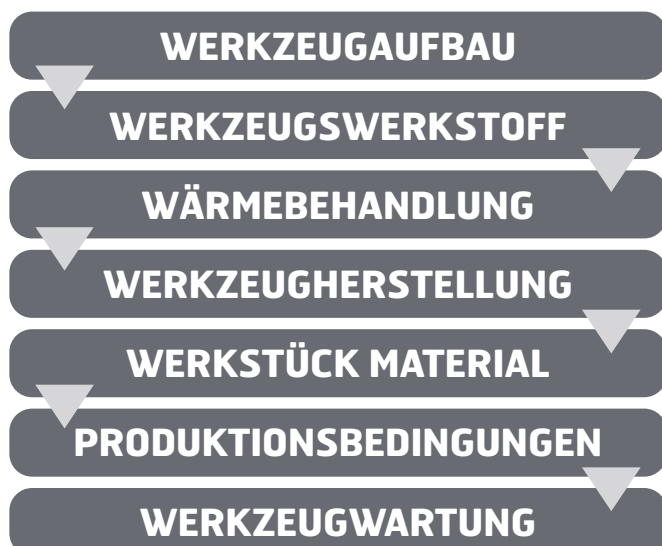


Abbildung 3. Schritte der Prozesskette vom Werkzeugaufbau bis zur Werkzeugwartung.

Die Wahl des richtigen Werkzeugstahls und die korrekte Durchführung sämtlicher Einzelschritte innerhalb der Prozesskette sind für eine hohe Produktivität und Wirtschaftlichkeit des Werkzeugs unerlässlich.

Um für die jeweilige Anwendung den geeigneten Werkzeugstahl zu wählen, muss man die Ausfallsursachen für ein vorzeitiges Werkzeugversagen kennen. Beim Schneiden und allen weiteren Kaltarbeitsverfahren unterscheidet man zwischen fünf grundlegende Ausfallmechanismen für Werkzeugversagen:

- Plastische Verformung tritt auf, wenn die Belastung am Werkzeug größer ist als die Druckfließgrenze des Werkzeugstahls.
- Abrasiver Verschleiß entsteht durch Reibungskräfte, die an der Oberfläche zwischen Werkstückstoff und Werkzeug entstehen.
- Kantenausbrüche sind die Folge hoher Betriebsspannungen und unzureichender Ermüdungsfestigkeit des Werkzeugstahls.
- Kaltaufschweißungen resultieren aus starker Reibung zwischen dem Werkzeugstahl und Werkstückmaterial und der adhäsiven Natur des Werkstückmaterials. Der Ausfallmechanismus entspricht etwa dem Mechanismus des adhäsiven Verschleißes.
- Totalbruch ist die Folge hoher Betriebsspannungen und unzureichender Bruchzähigkeit des Werkzeugstahls.



Plastische Verformung



Abrasiver Verschleiß



Kantenausbrüche



Adhäsiver Verschleiß/
Kaltaufschweißungen



Rissbildung in-
gesamt

Plastische Verformung, Kantenausbrüche und Rissbildung sind Ausfallmechanismen, die spontan auftreten können und häufig zu ernsthaften und kostspieligen Produktionsausfällen führen. Sie sollten nach Möglichkeit vermieden werden. Verschleiß und Kaltaufschweißungen sind leichter vorauszusehen und können bis zu einem gewissen Grad durch systematische Wartung der Werkzeuge reduziert werden. Somit ist es eventuell ratsam, eher mehr Verschleiß in Kauf zu nehmen als Kantenausbrüche oder Rissbildung.

Beim Umformen muss die Streckgrenze des Stahlblechs überschritten werden, beim Schneiden hingegen die Scherfestigkeit. Das bedeutet, dass beim Schneiden und Umformen extra- und ultrahochfester Stahlbleche zur Durchführung der Operation größere Kräfte aufgewendet werden müssen als bei weicheren Blechen mit gleicher Dicke.

In gleicher Weise nehmen die Anforderungen an Verschleißbeständigkeit und mechanische Belastbarkeit des Werkzeugwerkstoffs zu. Der Schneidvorgang fordert eine Mischung aus hoher Verschleißfestigkeit, hoher Beständigkeit gegen Kaltaufschweißungen, hoher Druckfestigkeit, hohem Widerstand gegen Kantenausbrüche sowie absoluter Beständigkeit gegen Rissbildung. Für das Umformen wiederum sind eher hohe Verschleißfestigkeit,

hohe Beständigkeit gegen Kaltaufschweißungen und Druckfestigkeit von Bedeutung.

Zusätzlich muss mit einem anderen Schneidspalt gearbeitet werden. Beim Schneiden von Blechen mit R_m 1.200–1.400 MPa können Schockwellen auftreten, außerdem ist die Gratbildung anders. Siehe hierzu auch **Abbildung 3**. Beim Umformen extra- und ultrahochfester Stähle ist auch mit einer verminderten Umformbarkeit, erhöhter Rückfederung und Faltenbildung zu rechnen. Dadurch wird mit diesen neuen hochfesten Stahlblechen das Umfeld komplizierter und anspruchsvoller.

Wenn kein geeigneter Werkzeugstahl verwendet wird, kann das Schneiden und Umformen von Stahlblechen aus härtesten Stählen schnell zur Beschädigung der Werkzeugoberfläche oder zum Werkzeugbruch führen. Daher sollte die Wahl des verwendeten Werkzeugstahls und der Beschichtungsverfahren beim Schneiden und Umformen extra- und ultrahochfester Stähle nicht auf den bisherigen Verfahrensfundus mit weicheren Stahlblechen zurückgreifen. Vielmehr sollten die neuesten technischen Innovationen genutzt werden, um die Produktion noch wirtschaftlicher zu gestalten.

Tabelle 3 zeigt einen relativen Vergleich der Ausfallmechanismen der Kaltarbeitsstähle aus dem Programm von Uddeholm.

Uddeholm Stahlsorte	AISI	Beständigkeit gegen plastische Verformung	Verschleißwiderstand		Beständigkeit gegen Rissbildung	
			Abrasiver Verschleiß	Adhäsiiver Verschleiß	Kantenausbrüche	Totalbruch
Calmax	-					
Caldie	-					
Sleipner	-					
Sverker 21	D2					
Unimax	-					
Vanadis 4 Extra*	-					
Vanadis 8*	-					
Vancron*	-					

Tabelle 3. Relativer Vergleich verschiedener Ausfallmechanismen empfohlener Kaltarbeitsstähle für extra- und ultrahochfeste Stähle.

*Uddeholm PM SuperClean Werkzeugstahl.

Umformen

Allgemeines

Die extra- und ultrahochfesten Stähle von SSAB besitzen eine gute Umformbarkeit und können trotz ihrer hohen Festigkeit mit herkömmlichen Verfahren umgeformt werden. Die im Vergleich zu unlegierten Stählen geringere Umformbarkeit kann in vielen Fällen durch Änderungen an der Konstruktion eines Teils oder des Umformvorgangs ausgeglichen werden. Größere Werkzeuggrößen, die den Materialfluss begünstigen, in Kombination mit einer optimalen Platinenform, sind Faktoren, die die Umformung extra- und ultrahochfester Stähle erleichtern können. Ein gutes Beispiel für solche Konstruktionsfragen zeigt **Abbildung 4**. Sie stellt dar, dass es auch möglich ist, recht komplexe Teile in vollmartensitischen Docol 1200 M zu pressen, selbst wenn im Allgemeinen die Formbarkeit von extra- und ultrahochfesten Stählen geringer ist als von unlegiertem Stahl, siehe **Abbildung 5**.



Abbildung 4. Eine Batteriehalterung für ein SUV, gepresst aus Docol 1200 M.



Abbildung 5. Maximalhöhe der Näpfe beim Tiefziehen und der Kuppelhöhe beim Streckziehen. Stahlgüten (v. l. n. r.): CR5, Docol 600DP, Docol 800DP, Docol 1000DP, Docol 1200M und Docol 1400M.

Bei hochfesten Stählen ist der Effekt der Rückfederung stärker als bei weicheren Werkstoffen. Es gibt eine Reihe von Möglichkeiten zur Verringerung der Rückfederung wie beispielsweise:

- Überbiegen
- Erhöhung des Niederhalterdrucks
- Einbindung eines Kalibrierungsschrittes
- Verwendung von Ziehwürsten
- Anbringen von Versteifungen an ebenen Flächen und Krümmungen des Bauteils
- Verwendung passender Platten

Im folgenden Teil von **Abschnitt Anwendung von Umformwerkzeugen** werden Kaltumformverfahren, wie Biegen, Profilwalzen, Pressen und Bördeln, sowie einige Aspekte der Werkzeugbelastungen und Kaltaufschweißungen unter Anwendung der Methode der Finiten Elemente (FEM) dargestellt. Außerdem werden Empfehlungen für die Oberflächenbehandlung und Auswahl von Werkzeugstahl gegeben.

Biegen

Beim Biegen eines herkömmlichen Werkstoffs ergibt sich der Innenradius vorwiegend aus der Matrizenweite und nicht aus dem Biegeschwertradius. Im Gegensatz dazu folgt bei hochfesten Werkstoffen der Innenradius dem Biegeradius und ist unabhängig von der Matrizenbreite. Als Folge daraus kann bei hochfesten Stählen eine größere Matrizenweite verwendet werden, ohne dabei den nötigen Innenradius zu beeinträchtigen. Das hat große Auswirkungen auf die Biegekräfte und den Werkzeugverschleiß, die beide durch eine größere Matrizenbreite verringert werden.

Beim Wechsel von weicheren zu hochfesten Stahlsorten wird die Blechdicke normalerweise reduziert. Die Biegekraft kann daher beibehalten werden, da die höhere Festigkeit durch die geringere Dicke ausgeglichen wird.

Rollumformen

Extra- und ultrahochfeste Stähle sind optimal für das Rollumformen geeignet. Im Versuch hat sich gezeigt, dass durch das Rollumformen bedeutend engere Radien ermöglicht werden können als beim konventionellen Biegen.

Pressen

Mit der Festigkeit des Werkstoffs nehmen auch die Presskräfte zu. Grundsätzlich erfordert ein hochfester Werkstoff zudem einen höheren Niederhalterdruck, um Falten zu vermeiden. Ein hoher lokaler Anpressdruck stellt große Anforderungen an den Werkzeugwerkstoff und an die Oberflächeneigenschaften des Werkzeugs (siehe **Abschnitt Übersicht**).

Bördeln

Hochfester Stahl ist im Regelfall nicht so gut für das Bördeln geeignet wie weichere Werkstoffe. Aus diesem Grund ist es entscheidend, den Vorgang weitestgehend zu optimieren, beispielsweise, indem die Schneidgrate auf der Stempelseite liegt. Der Grat befindet sich in der Innenseite des gebördelten Loches, wo die Dehnung durch die Umformung am geringsten ist. Das Vorziehen eines Napfes vor dem Auslöchen ist eine andere Methode, um eine höhere Kragenhöhe zu erreichen.



Abbildung 6. Komplexes Presswerkzeug.

FEM-Analyse von Werkzeugbelastungen und Kaltaufschweißungen

Die numerische Simulation mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente (FEM) kann bei der Auswahl des Werkzeugstahls hilfreich sein. Eine wichtige Frage bei der Werkzeugstahlauswahl ist, ob sich ein Stahlblech ohne Kaltaufschweißung, dem häufigsten Ausfallmechanismus beim Blechformen, umformen lässt. Der Hauptgrund für Kaltaufschweißungen ist ein zu hoher Anpressdruck zwischen der Matrize und dem Blech. Mit der FE-Methode kann der Anpressdruck für eine bestimmte Konstellation der Werkstoffe von Werkzeug und Stahlblech berechnet werden. Ein Beispiel für eine FEM-Simulation ist in **Abbildung 7a** dargestellt und veranschaulicht die Methodik zur Berechnung des Anpressdrucks. Anhand dieser Berechnung erhalten wir eine Vorstellung von der Höhe des Werkzeugdrucks, dem unser Werkzeugstahl standhalten muss, und können unsere Auswahl an Werkzeugstählen auf dieses Ergebnis stützen.

Durch die Wahl des richtigen Werkzeugstahls und der passenden Oberflächenbehandlung lässt sich der Druckgrenzwert für Kaltaufschweißungen erhöhen, so dass extra- und ultrahochfeste Stahlbleche und/oder aufwändigere Geometrien umgeformt werden können. Der hoch stickstofflegierte PM Werkzeugstahl Uddeholm Vancron SuperClean besitzt eine höhere Beständigkeit gegen Kaltaufschweißungen als herkömmlicher Werkzeugstahl. Der Anpressdruckgrenzwert liegt beim Umformen von Docol HR700LA und Docol 1000 DP bei etwa 1.600 MPa, wenn als Werkzeugstahl Vancron SuperClean verwendet wird. Als Faustregel gilt, dass bei einem Einsatz von Vancron SuperClean als Werkzeugstahlwerkstoff der Druckgrenzwert für Kaltaufschweißungen das rund 2,6-fache der Streckgrenze beträgt, aber nur das 1,2-fache der Streckgrenze bei herkömmlichem Werkzeugstahl wie AISI D2. Diese Werte gelten für das Umformen von Stahl mit einer Streckgrenze bis Docol 1000 DP, da oberhalb dieser Grenze die Temperatur zunimmt und der Schmierfilm dem Druck nicht mehr gewachsen ist. Nach dem gegenwärtigen Wissensstand sind, als Grenzen für den empfohlenen Einsatz von Uddeholm Vancron SuperClean, die in **Abbildung 7b** aufgeführten Werte anzusetzen.

Andere wichtige Faktoren, die den Grenzwert für Kaltaufschweißungen beeinflussen, sind Wahl der Schmierung, Oberflächenrauigkeit des Werkzeugs und Gleitgeschwindigkeit. Ein Grund für die Wirkung der genannten Faktoren ist, dass sie alle die Temperatur beeinflussen, die zur Vermeidung von Kaltaufschweißungen so niedrig wie möglich gehalten werden sollte.

Der Druckgrenzwert kann mit einer FEM-Simulation kombiniert werden, um vorherzusagen, ob eine Anwendung (mit einer bestimmten Geometrie) für eine erfolgreiche Umformung mit einem herkömmlichen Werkzeugstahl so wenig Anpressdruck wie möglich erzeugt oder ob ein höherwertiger Werkzeugstahl wie Vancron SuperClean verwendet werden sollte. Eine Simulation, die

einen ausreichend geringen Druck vorhersagt, ist keine Erfolgsgarantie, wenn die Vorbereitung der Matrizenoberfläche unzureichend ist. Liegt andererseits der erwartete Anpressdruck knapp über der Grenze, können zur Vermeidung von Kaltaufschweißungen eine verbesserte Schmierung und/oder eine stärkere Reduzierung der Oberflächenrauigkeit oder der Umformgeschwindigkeit wichtig sein.

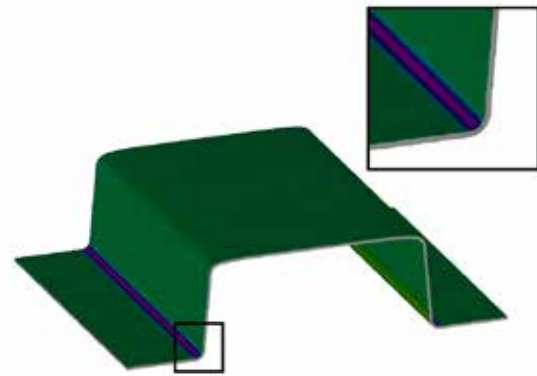


Abbildung 7a. Übersicht über den berechneten Anpressdruck eines Tiefziehvorgangs eines Hutprofils mit Docol 1000DP 1,5 mm.

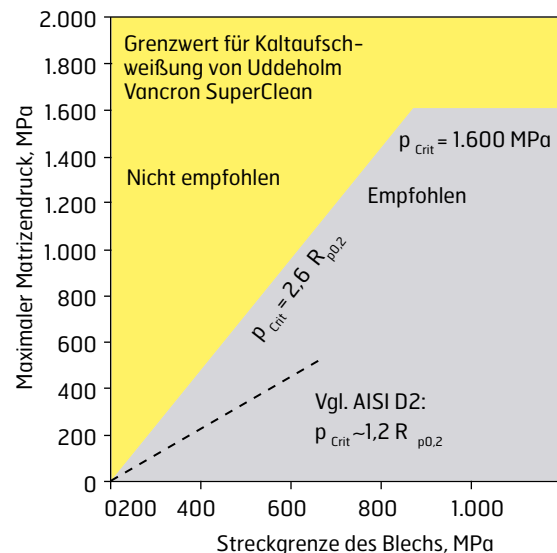


Abb. 7b. Grenzwerte für die Verwendung von unbeschichtetem Uddeholm Vancron SuperClean zum Umformen von Kohlenstoffstahl. Die Empfehlungen basieren auf Anwendungstests und FEM-Simulation. Zum Vergleich wird der ungefähre Grad der Kaltaufschweißungsgrenze von unbeschichtetem AISI D2-Werkzeugstahl einbezogen.

Werkzeugstahlauswahl und Oberflächenbehandlung bei Umformwerkzeugen

Bei Anwendungen im Bereich der Umformung stellen Galling, Adhäsionsverschleiß und plastische Verformung die am häufigsten auftretenden Ausfallmechanismen dar. Das Umformen extra- und ultrahochfester Stahlbleche oder dicker hochfester Stahlbleche erfordert aufgrund der größeren Streckgrenze höhere Presskräfte.

Der Trend geht zunehmend in Richtung höherfester Werkstoffe, größerer Pressgeschwindigkeiten, des Einsatzes von Folgeverbundwerkzeugen mit weniger Arbeitsschritten sowie der Verwendung von umweltverträglicheren Schmierstoffen (die in der Regel weniger effektiv sind). Oberflächenbeschichtungen des Umformwerkzeugs, wie PVD-, CVD- und TD-Beschichtungen, sind eine effektive Möglichkeit, um Kaltaufschweißungen zu verhindern.

Die Wahl des geeigneten Werkzeugstahls und passender Beschichtungsverfahren für die Umformung extra- und ultrahochfester Stähle hängt überwiegend von folgenden Faktoren ab:

- Der Festigkeit des Stahlblechs
- Der Dicke des Stahlblechs
- Ob das Stahlblech beschichtet ist oder nicht
- Der Komplexität des Kaltumformverfahrens
- Die Anzahl der herzustellenden Teile

Es wurden schon einige Erfahrungen mit dem Umformen von extra- und ultrahochfesten Stählen gesammelt. Vorbereitende Tests mit 2 mm dickem Docol 600 DP – 1000 DP haben Folgendes gezeigt:

• Härtegrad des Werkzeugs

Der Härtegrad des Werkzeugs sollte über 58–59 HRC liegen, um Verschleiß, Kaltaufschweißungen und plastischer Verformung entgegenzuwirken.

• Oberflächengüte des Werkzeugs

Die aktiven Werkzeugoberflächen sollten auf eine niedrige Oberflächenrauigkeit poliert werden ($R_a \leq 0,2 \mu\text{m}$).

• Konventionelle, unbeschichtete Werkzeugstähle

Diese Stähle genügen nicht den Anforderungen an Presswerkzeuge zur Bearbeitung unbeschichteter Stahlbleche. Sie können sich jedoch für einfachere Umformungen mit dünneren extra- und ultrahochfesten Stahlblechen am unteren Ende der Festigkeitsskala eignen.

• Plasmanitrierte konventionelle Werkzeugstähle

Solche Stähle besitzen nicht die für lange Produktionsabläufe notwendige Langzeitbeständigkeit gegenüber Kaltaufschweißungen, da die Nitridschicht sich lösen kann. Sie können sich jedoch für einfachere Umformungen mit dünneren extra- und ultrahochfesten Stahlblechen am unteren Ende der Festigkeitsskala eignen.

• Plasmanitrierte konventionelle Werkzeugstähle

PVD-Beschichtungen (z. B. CrN und TiAlN) bieten in Verbindung mit einem ausreichend harten Trägerstahl (>58 HRC) eine geeignete Möglichkeit, Kaltaufschweißungen zu vermeiden.

• CVD- oder TD-beschichtete Werkzeuge

Auch korrekt vorbehandelte CVD- oder TD- beschichtete Werkzeuge können Kaltaufschweißungen verhindern.

• Umformwerkzeuge aus Vancron SuperClean

Uddeholm Vancron SuperClean ist ein stickstofflegierter Hochleistungs-PM-Stahl, der sehr gute Testergebnisse bei Indus-



trieanwendungen gezeigt hat. Umformwerkzeuge (mit einer Oberflächengüte von $R_a \leq 0,2 \mu\text{m}$) aus Uddeholm Vancron SuperClean arbeiten viel besser als beschichtete Werkzeuge.

Eine Übersicht geeigneter Werkzeugstähle für die Umformung von extra- und ultrahochfesten Stählen ist der **Tabelle 4a** zu entnehmen. Die angegebenen Werte basieren auf bisherigen Testergebnissen und werden durch künftige Versuchsreihen regelmäßig aktualisiert. Abhängig von der Größe des Werkzeugs und der Schwierigkeit des Umformens können die aufgeführten Werkzeugstahlsorten als Monoblockmatrizen oder in Kombination mit Basisformwerkstoffen mit Einsätzen verwendet werden.

Wie bereits beschrieben, muss die Oberfläche behandelt oder beschichtet werden, um ein korrektes Arbeiten der Werkzeuge zu erreichen. Die Beschichtungen schützen daher vor Verschleiß (ausgenommen Uddeholm Vancron SuperClean). Der Werkzeugstahl dient als Träger für die Beschichtungen. Der Trägerwerkstoff muss die sehr spröde Beschichtung tragen können, d. h. er muss für Umformungen eine ausreichende Druckfestigkeit und Härte aufweisen. Weiterhin müssen die Dimensionsänderungen nach dem Beschichtungsverfahren vernachlässigbar sein oder die erwarteten und erwünschten Toleranzwerte des Werkzeugs einhalten. Und der Trägerwerkstoff muss häufigen Lastwechseln und hohen Beanspruchungen standhalten, d. h. es ist eine hohe Ermüdungsfestigkeit erforderlich.

Als Orientierungshilfe bei der Auswahl von Werkzeugstahl für unterschiedliche lange Produktionsläufe enthält **Tabelle 4b** eine relative Bewertung aktueller Werkzeugstahlgüten mit und ohne Beschichtung. Eine Ionennitrierung führt u. a. zu einer stark verschlechterten Duktilität. Die aktuellen Stahlgüten werden hinsichtlich der Duktilität nach Nitrierung bis zu einer Härtetiefe von 50 μm miteinander verglichen. Da Uddeholm Vancron SuperClean ohne Oberflächenbehandlungen eingesetzt wird, erhält es eine sehr viel bessere Bewertung als alle anderen Stahlgüten.

Blechfestigkeit R _m (MPa)	Stahlgüte Uddeholm/AISI/W.-Nr.	Oberflächenbehandlung/-beschichtung		Gesamthärte (HRC)
		Typ	Serienlänge	
350-570	Calmax/-/1.2358 Unimax Sverker 21/D2/1.2379 Caldie Sleipner Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean Vancron SuperClean	Nitrieren/PVD	Mittellang	> 58
		PVD/CVD	Mittellang	
		PVD/CVD	Mittellang	
		PVD/CVD	Mittellang-lang	
		PVD/CVD	Mittellang-lang	
		PVD/CVD	Lang	
		PVD/CVD	Lang	
		Keine Beschichtung erforderlich, kann aber aufgetragen werden	Alle	
>570-800	Calmax/-/1.2358 Unimax Sverker 21/D2/1.2379 Caldie Sleipner Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean Vancron SuperClean	Duplex (Plasmanitrieren+PVD)	Alle	> 60
		PVD/CVD	Alle	
		PVD/CVD	Alle	
		PVD/CVD	Alle	
		PVD/CVD	Alle	
		PVD/CVD	Alle	
		PVD/CVD	Alle	
		Keine Beschichtung erforderlich, kann aber aufgetragen werden	Alle	
>800-1.400	Caldie Sleipner Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean Vancron SuperClean	PVD/CVD/Duplex	Alle	> 60
		PVD/CVD/Duplex	Alle	
		PVD/CVD/Duplex	Alle	
		PVD/CVD/Duplex	Alle	
		Keine Beschichtung erforderlich, kann aber aufgetragen werden	Alle	

Tabelle 4a Für das Umformen von extra- und ultrahochfesten Stählen geeignete Werkzeugstähle.

Uddeholm	Ohne Beschichtung					Mit Beschichtung		Mit Plasmanitrieren
	Verschleißwiderstand			Beständig gegen:		Eigenschaften des Trägerwerkstoffs		
	Abrasiv	Adhäsiv	Kaltauf-schweiß-ungen	Ausbrüche/Brüche	Plastische Verformung	Ermü-dungs-grenze	Dimensionsstabilität nach Aufhärtung	Duktilität nach Nitrierung bis 50µm Tiefe
Calmax	1	3	1	8	1	4	4	6
Unimax	1	4	1	10	1	5	7	7
Caldie	2	5	2	8	5	9	7	5
Sleipner	5	4	2	3	8	2	4	3
Sverker 21	6	2	1	1	5	1	1	1
Vanadis 4 Extra SuperClean*	8	8	3	8	10	10	9	5
Vanadis 8 SuperClean*	10	8	5	6	10	9	9	4
Vancron SuperClean*	6	10	10	6	9	9**	10**	10**

*) Uddeholm Vancron SuperClean ohne Oberflächenbehandlung

**) Ohne Oberflächenbehandlung

Tabelle 4b. Die Tabelle enthält eine leistungsbezogene Bewertung aktueller Werkzeugstahlgüten mit und ohne Oberflächenbeschichtung. Die Skala reicht von 1-10, wobei 10 die beste Note ist.

Schneiden

Allgemeines

Es ist sehr schwierig, konkrete Empfehlungen für die Wahl des passenden Werkzeugstahls für die jeweilige Produktionssituation zu geben, da sich die Produktionsbedingungen oftmals auch dann voneinander unterscheiden, wenn es sich um das gleiche Bauteil handelt. Am besten bestimmt man den geeigneten Werkzeugstahl durch die Erfahrung aus vorausgegangenen Produktionsläufen, bei denen die gleichen oder ähnliche Produktionsanlagen eingesetzt wurden.

Bei den extra- und ultrahochfesten Stählen gibt es oftmals kaum vorausgehende Erfahrungen, die verwertbar wären. Wie bereits oben erwähnt, sollte sich die Entscheidung nicht so sehr daran orientieren, wie mit weicheen Werkstoffen der älteren Sorten AISI A2 oder D2 verfahren wurde. Vielmehr steht jetzt eine neue Generation von Werkzeugstählen zur Verfügung, die sich für das Stanzen und Lochschneiden von extraund ultrahochfesten Stählen sehr viel besser eignen.

Beim Stanzen und Lochschneiden sind die Hauptausfallmechanismen Verschleiß, Schartenbildung und Festfressen. Diese Ausfallmechanismen werden beeinflusst durch:

- Die Festigkeit des Werkstoffs
- Die Dicke des Werkstoffs
- Konstruktionseigenschaften wie enge Radien
- Die Geometrie des herzustellenden Teils
- Die Anzahl der herzustellenden Teile

Das Werkzeug muss eine ausreichende Härte haben, um plastische Verformungen der Schnittfläche zu vermeiden. Zudem muss die Oberflächenqualität des Werkzeugs stimmen, damit es nicht zu vorzeitigem Versagen durch Kantenausbrüche und Brüche sowie Kaltaufschweißungen kommt.

Im folgenden **Abschnitt Anwendung von Schneidwerkzeugen** werden Schneidverfahren wie Stanzen, Lochen, Schneiden und Abscheren diskutiert. Außerdem werden Empfehlungen für die Oberflächenbehandlung und Auswahl von Werkzeugstahl gegeben.

Stanzen und Lochschneiden

Aussehen der Schnittfläche

Herkömmliche Stanz- und Lochschneidtechniken erzeugen eine Schnittkante, die aus dem Einzug, einer Glattschnittzone, einer Bruchzone und dem Grat besteht. Bei hochfestem Stahl ist die Glattschnittzone kleiner im Vergleich zu weicheen Stählen. Mit zunehmender Zugfestigkeit verringert sich die Höhe des Grats.

Ein entscheidender Faktor für eine gute Schnittfläche ist der Schneidspalt. Wie der Schneidspalt am besten ausgewählt wird, ist in **Abschnitt Schneidspalt** erklärt.

Schneidspalt

Unter Schneidspalt versteht man den Abstand zwischen dem Stempel und der Matrize, siehe **Abbildung 9**.

Die Schnittfläche wird häufig in die vier Bereiche eingeteilt, die in **Abbildung 8** dargestellt sind. Im Vergleich zum Stanzen und Lochschneiden weicheer Stähle hat die Wahl des Schneidspalts größere Auswirkungen auf die Lebensdauer des Werkzeugs. Die Gratbildung ist jedoch geringer und wird durch einen veränderten Schneidspalt nur unwesentlich beeinflusst. Der Einzug sowie die Bruchzone nehmen zwar mit größerem Schneidspalt zu, allerdings in geringerem Maße als bei weicheen Stählen. **Abbildung 10** zeigt den empfohlenen Schneidspalt für das Stanzen und Lochschneiden.

Abbildung 11 zeigt eine Schnittfläche nach dem Lochen von Docol 1400 M mit einem Schneidspalt von 6 % und 14 %.

Im Allgemeinen ist beim Stanzen und Lochschneiden hochfester Stahlbleche ein größerer Schneidspalt zu empfehlen. Bei Stahlblechen mit höchsten Festigkeiten jedoch kann sich ein sehr großer Schneidspalt negativ auswirken, was weiter unten stehend näher erläutert wird.

Beim Stanzen und Lochschneiden von Stahl mit einer Zugfestigkeit bis zu 1000 MPa führt ein geringer Schneidspalt zu beträchtlichen Kaltaufschweißungen am Werkzeug. Ein zu großer Schneidspalt reduziert zwar den Werkzeugverschleiß, erhöht aber den Einzug beim Werkstück und führt damit zu einer schlechteren Schnittflächenqualität. Die gewünschte Schnittflächenqualität des Werkstücks bestimmt daher den zu wählenden Schneidspalt. Das Verhältnis zwischen Werkzeugverschleiß und Schneidspalt wird in **Abbildung 12** dargestellt.

Beim Stanzen und Lochschneiden von Werkstoffen mit höchsten Festigkeiten führt ein geringer Schneidspalt ebenfalls zu Kaltaufschweißungen am Werkzeug. Der Hauptverschleißmechanismus tritt jedoch in Form von abrasivem Verschleiß auf. Aufgrund der Festigkeit des Werkstoffs ist der Spielraum bei der Größe des Schneidspalts eingeschränkt. Ein zu hoher Schneidspalt verursacht hohe Biegebeanspruchungen an der Kante des Stempels und erhöht so die Gefahr von Kantenausbrüchen, siehe **Abbildung 13**. Dies ist besonders wichtig bei Blechwerkstoffen mit einem geringen Unterschied zwischen Streckgrenze und Zugfestigkeit, wie bei den martensitischen Sorten Docol M und MZE.

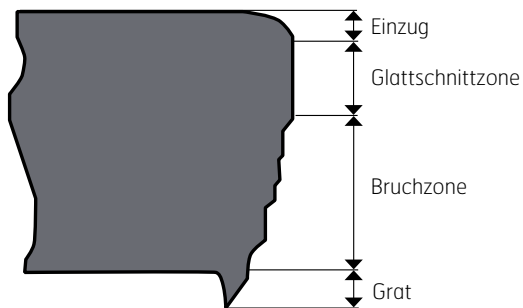


Abb. 8. Aussehen einer Schnittfläche.

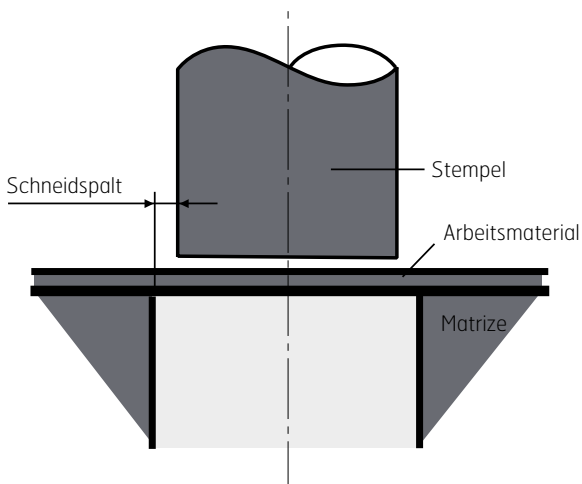


Abb. 9. Definition des Schneidspalts.

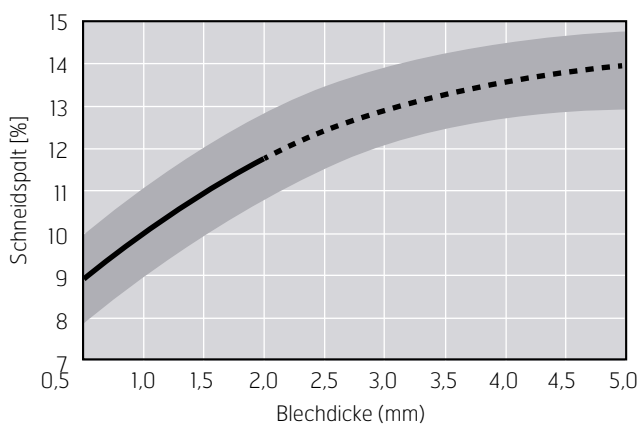


Abb. 10. Empfohlener Schneidspalt für das Stanzen und Lochschneiden von extra- und ultrahochfestem Stahl.

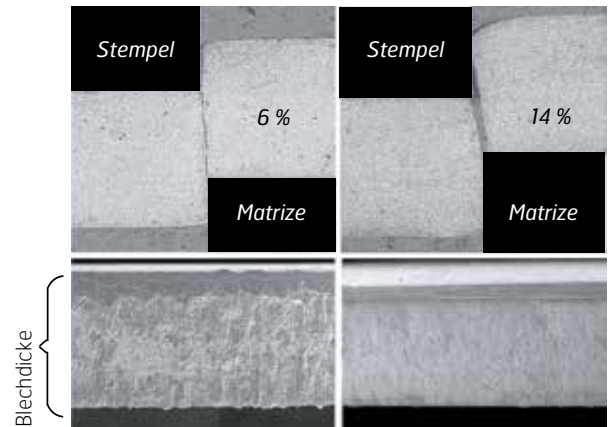


Abb. 11. Schnittflächen für verschiedene Schneidspalte.

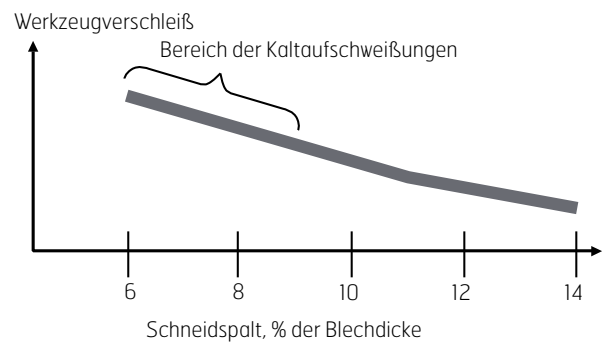


Abb. 12. Verhältnis zwischen Werkzeugverschleiß und Schneidspalt beim Stanzen von Docol 800 DP (Blechdicke = 1 mm).

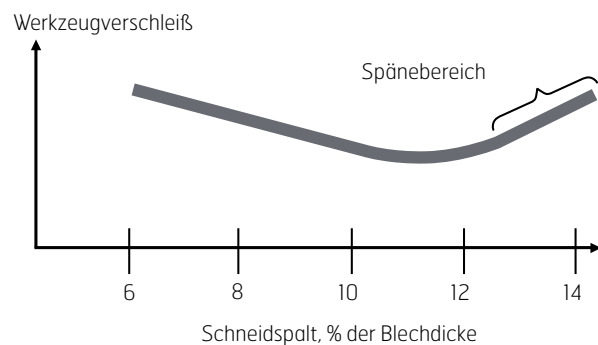
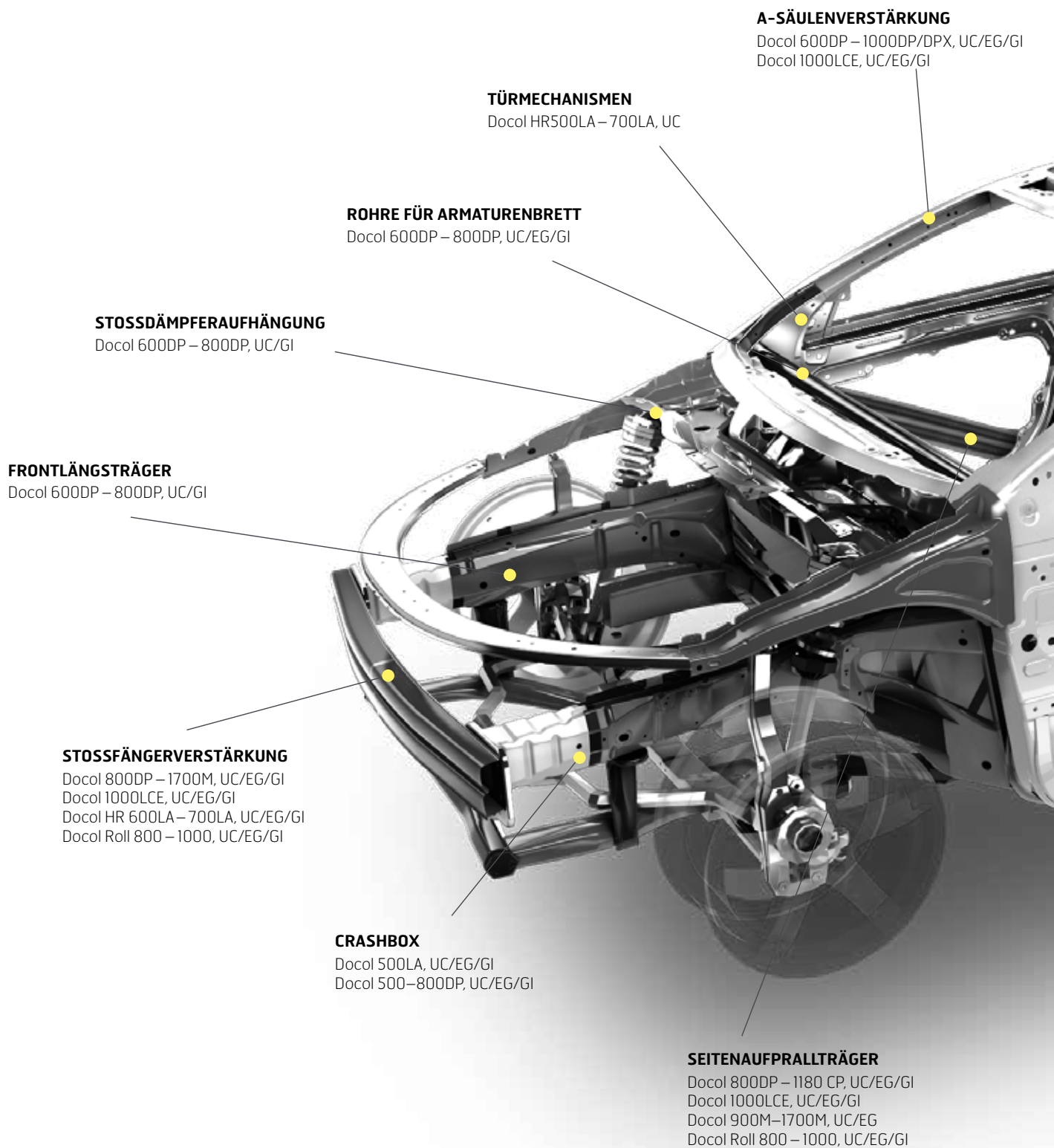


Abb. 13. Verhältnis zwischen Werkzeugverschleiß und Schneidspalt beim Stanzen von Docol 1400 M (Blechdicke = 1 mm).

Typische Stahlgüten von Uddeholm, die für die Herstellung dieser Auto-
bauteile verwendet werden sind Caldie, Sleipner, Vanadis 8 SuperClean,
Vanadis 4 Extra SuperClean und Vancron SuperClean. Andere Güteklassen
können, abhängig von Faktoren wie Konstruktion, Stahlblechart und Stärke,
verwendet werden.



DACHSCHIENE

Docol 600DP–1000DP/DPX, UC/EG/GI
Docol 1000LCE, UC/EG/GI

DACHTRÄGER

Docol 600DP–1180CP, UC/EG/GI
Docol 1000LCE, UC/EG/GI
Docol 900M–1700M, UC/EG

C-SÄULENVERSTÄRKUNG

Docol 600DP–1000DP/DPX, UC/EG/GI
Docol 1000LCE, UC/EG/GI

B-SÄULENVERSTÄRKUNG

Docol 600DP–1180CP, UC/EG/GI
Docol 1000LCE, UC/EG/GI

QUERTRÄGER

Docol 600DP–1180CP, UC/EG/GI
Docol 1000LCE, UC/EG/GI
Docol 900M–1700M, UC/EG

SITZ-QUERTRÄGER

Docol 1500M–Docol 1700M, UC/EG

SCHWELLERVERSTÄRKUNG

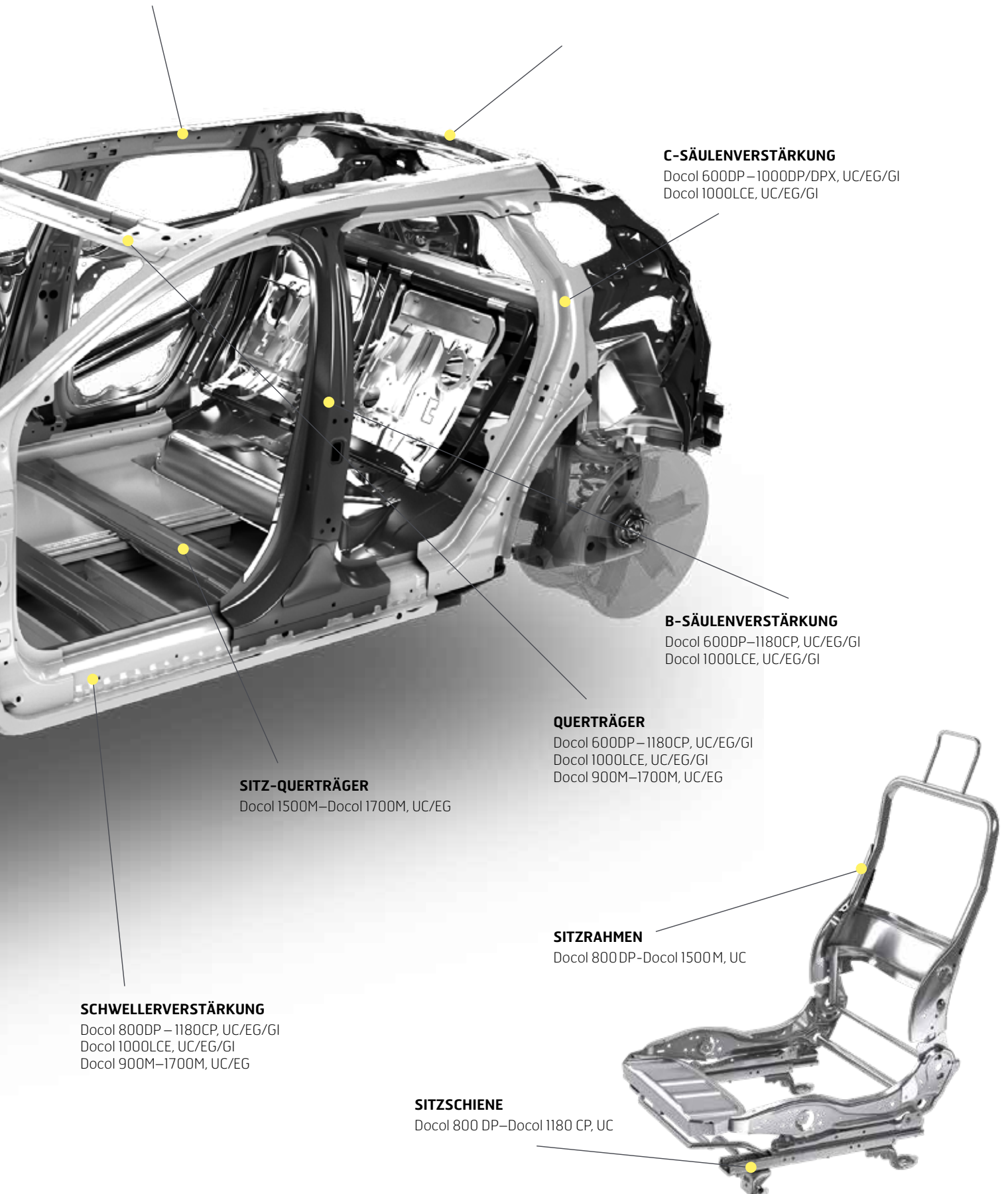
Docol 800DP–1180CP, UC/EG/GI
Docol 1000LCE, UC/EG/GI
Docol 900M–1700M, UC/EG

SITZRAHMEN

Docol 800DP–Docol 1500M, UC

SITZSCHIENE

Docol 800DP–Docol 1180CP, UC



Schneidkraft

Die benötigte Schneidkraft ist proportional zur Festigkeit des Stahlblechs, der Blechdicke und der Länge der geschnittenen Seite. In **Abbildung 14** werden die verschiedenen Schneidkräfte dargestellt, die beim Schneiden eines Lochs mit $\varnothing 5$ mm bei einem Schneidspalt von 10 % in ein 1 mm dickes Blech aus extra- und ultrahochfestem Stahl aufgewendet werden müssen. Beim Stanzen und Lochschneiden der härtesten extra- und ultrahochfesten Stähle kann die Schneidkraft äußerst hoch sein. Eine Reduzierung der Blechdicke gleicht in der Regel jedoch die höheren Schneidkräfte aus.

Beim Schneiden von Docol M ist die Schneidkraft höher, während die Duktilität des Werkstoffs gering ist. Dies kann Schockwellen erzeugen. In **Abbildung 14** wird dieser Effekt als schnelle, negative Kraftamplitude dargestellt. Die Schockwellen führen zu Beanspruchungen am Werkzeug, die nach einiger Zeit zu Ermüdungsrissen führen können, Siehe **Abbildung 15**. Um Probleme in der Produktion zu vermeiden, sollten die Auswirkungen der hohen Schneidkräfte auf die Werkzeugkomponenten und die engen Kantenradien des Werkzeugs ebenso berücksichtigt werden wie die Auswirkungen auf die Oberflächenbeschaffenheit der Schneidwerkzeuge.

Beim Schneiden von extra- und ultrahochfesten Stählen mit geringerer Festigkeit ist die Duktilität des Werkstoffs größer, was die Gefahr einer Ermüdung und Rissbildung beim Werkzeug reduziert. Das Augenmerk sollte daher vor allem auf den Kräften liegen, die beim Schneiden von extra- und ultrahochfesten Stählen mit höchsten Festigkeiten entstehen – und darauf, wie sich diese Kräfte verringern lassen. Versuche haben gezeigt, dass der Schneidspalt nur einen zu vernachlässigenden Einfluss auf die Schneidkraft hat. Die Schneidkraft lässt sich allerdings durch einen größeren Schneidspalt geringfügig reduzieren. Typischerweise ist durch einen größeren Schneidspalt eine Verringerung der Schneidkraft um 3 bis 5 % möglich.

Verringern der Schneidkraft

Die Verwendung der korrekten Schneidparameter ist von maßgeblicher Bedeutung. Die Wahl des richtigen Schneidspalts beim Schneiden wird in Abschnitt Schneidspalt erläutert. Um beim Schneiden mehrerer Löcher in einem Vorgang ein zeitgleiches Schneiden zu verhindern, können die Stempel unterschiedliche Längen besitzen. Dadurch wird die benötigte Schneidkraft verringert, die ansonsten beträchtlich sein kann. Das Beschichten des Schneidwerkzeugs ist keine wirkungsvolle Methode zur Senkung der Schneidkraft. Im Gegenteil die Schneidkraft kann sich dadurch sogar erhöhen, siehe **Abbildung 18**. Ein beschichteter Stempel erzeugt höhere Schneidkräfte durch die geringere Reibung zwischen der Stempeloberfläche und der Blechoberfläche. Die verminderte Reibung erschwert die Risseinleitung und macht damit eine höhere Schneidkraft erforderlich. Die höhere Schneidkraft wiederum begünstigt Ermüdungsrisse am Werkzeug. Mit dem Auftreten von Rissen verliert auch die Beschichtung an Haftung. Der effektivste Weg zur Minimierung der Schneidkraft besteht in einem Dachanschliff am Werkzeug.

Dies geschieht vorzugsweise symmetrisch, um Schrägbelastungen des Werkzeugs zu vermeiden. Anschleifen kann auch eine

Möglichkeit sein, um Geräusche zu reduzieren. In **Abb. 16** und **Abb. 17** sind verschiedene Möglichkeiten zum Anschleifen des Werkzeugs dargestellt. Wie mit symmetrisch angeschliffen Stempeln die Stanzkraft reduziert werden kann, zeigt **Abbildung 18**.

Schneidkraft [N]

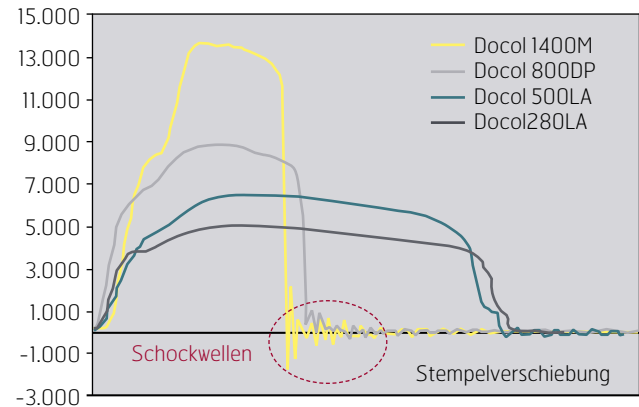


Abb. 14. Schneidkraft beim Lochschneiden extra und ultrahochfester Stahlgüten.

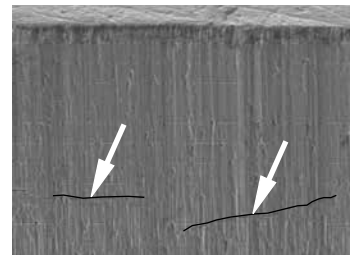


Abb. 15. Als Folge der Ermüdung bilden sich Risse.

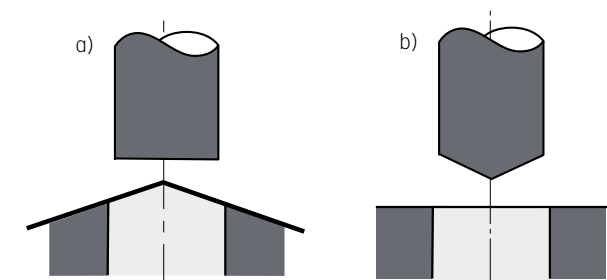


Abb. 16. Werkzeuge mit Dachanschliff für a) Schneiden und b) Stanzen.

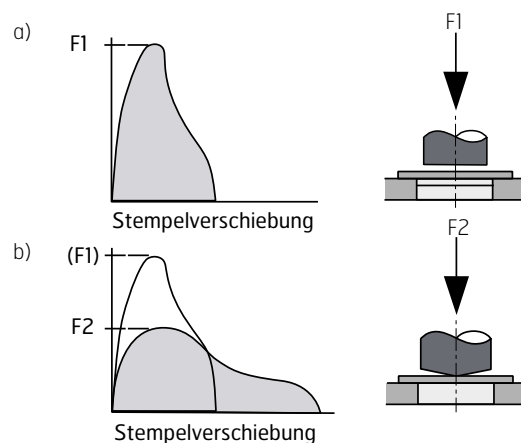


Abb. 17. Schneidkraft als Funktion der Stempelverschiebung bei a) flachem Stempel oder b) angeschliffenem Stempel.

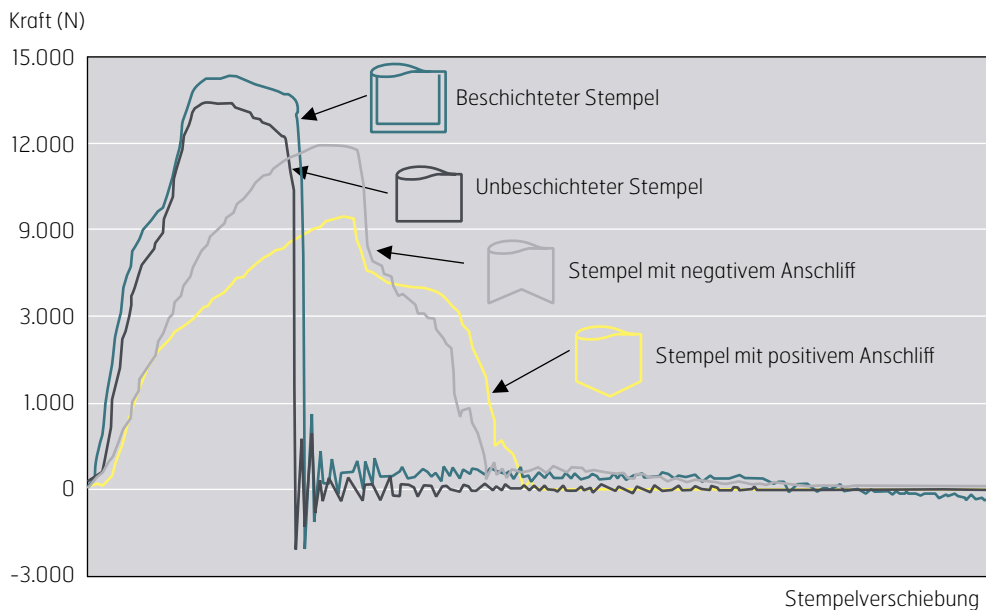


Abb. 18. Stanzkraft beim Stanzen eines Lochs mit Ø5mm in 1mm dickem Docol 1400M mit 10% Schneidspace.

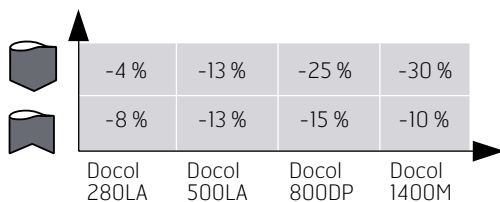


Abb. 19. Reduzierung der Schneidkraft in % bei verschiedenen Anschliffformen des Stempels (Höhe des Anschliffs beträgt das 0,7-fache der Blechdicke).



Abb. 20. Ein angeschliffener Stempel mit einer flachen Mitte.

Die Schneidkraft kann bei Docol 1400 M um 30 % reduziert werden, wobei der Anschliff das 0,7-fache der Blechdicke beträgt. Der Wirkungsgrad eines angeschliffenen Stempels hängt vom bearbeiteten Werkstoff ab siehe **Abbildung 19**. Um beim Schneiden von weicherem Stahl eine weitere Minimierung zu erzielen, muss der Anschliff auf etwa das 1,0–1,5-fache der Blechdicke erhöht werden. Für das Schneiden von extra- und ultrahochfesten Stahlsorten sollte der Anschliff nicht unnötig groß sein, sondern nur so groß, dass der Schnitt beginnt, bevor die gesamte Kopf- fläche des Stempels das Stahlblech berührt. Ein unnötig großer Dachanschliff erhöht das Risiko plastischer Verformungen an der Stempelspitze.

Ein anderer Weg, um das Risiko plastischer Verformungen zu senken, ist ein Dachanschliff mit einer flachen Mitte, wie **Abbildung 20** zeigt.

HINWEIS! Die Verwendung eines angeschliffenen Stempels bedeutet nicht zwingend eine Verringerung des Werkzeugverschleißes. Der wichtigste Vorteil ist eine Reduzierung der Stärke und des Lärms.

Schneiden und Abscheren

Schneidspalt und Scherwinkel

Beim Abscheren ist der Schneidspalt der horizontale Abstand zwischen der oberen und unteren Schere und der Scherwinkel ist der Winkel zwischen der oberen und der unteren Schere, siehe **Abbildung 21**. Der Scherwinkel wird normalerweise von der oberen Schere aus gemessen.

Im Allgemeinen kann ein ähnlicher Schneidspalt wie bei weichem Stahlblech verwendet werden. Der Schneidspalt kann etwas größer sein, wenn Messer mit einem Scherwinkel wie bei Parallelmessern verwendet werden. Schneidspalte sind in der Regel etwas kleiner im Vergleich zu Stanzen. Empfohlene Schneidspalte für extra- und ultrahochfeste Stähle sind in **Abbildung 22** aufgeführt.

Abbildung 23 gibt eine Übersicht über, zu verschiedenen Festigkeiten und Blechdicken, passenden Scherwinkeln.

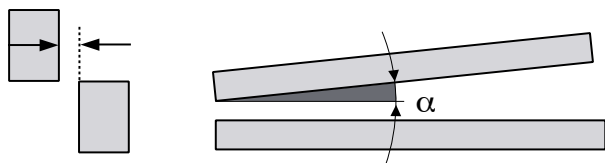


Abb. 21. Schneidspalt und Scherwinkel.

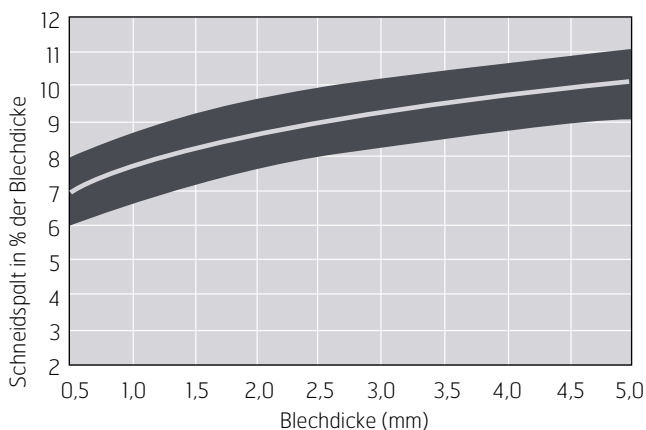


Abb. 22. Empfohlene Schneidspalte.

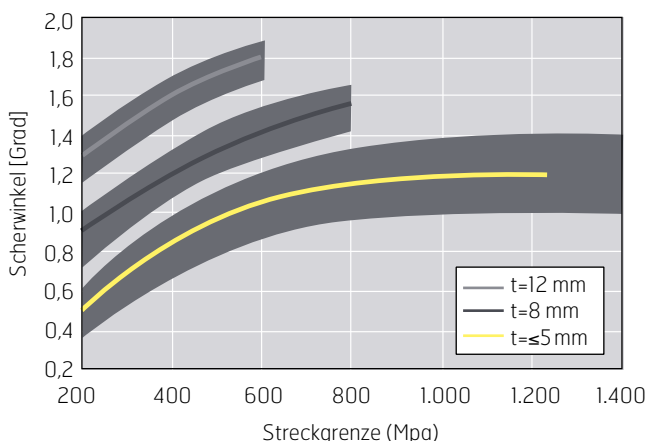


Abb. 23. Empfohlene Scherwinkel.

Aussehen der Blechschnittfläche

Das Aussehen der Schnittfläche im Stahlblech ähnelt der beim Stanzen, siehe Abschnitt **Allgemeines**. Typische Bilder von Schnittflächen in drei Stahlblechgüten zeigt **Abbildung 24**.

Durch Änderung der Schneidparameter beim Abscheren ändert sich auch das Aussehen der Schnittfläche. Ein größerer Schneidspalt bei parallelen Werkzeugen ergibt eine größere Glattschnittzone. Andererseits führt ein größerer Schneidspalt mit einem Scherwinkel zu einer kleineren Glattschnittfläche. Bei einem großen Scherwinkel in Kombination mit einem großen Schneidspalt treten zuweilen Riefen oder Risse in der Bruchzone auf, siehe linkes Foto in **Abbildung 25**. Ein großer Scherwinkel hinterlässt bei der Verarbeitung von Docol M Güten (martensitisch) in der Bruchzone gelegentlich ein Wellenmuster, siehe **Abbildung 26**.

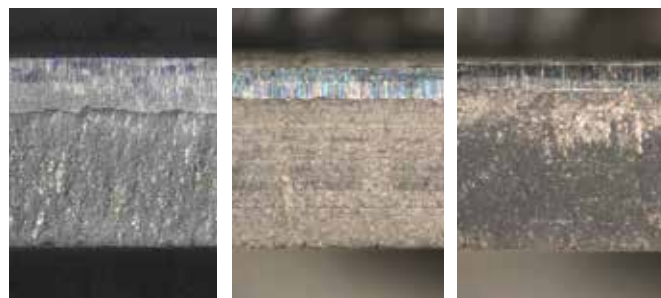


Abb. 24. Aussehen der Blechkanten für Docol HR700LA, Docol 800DP-GI bzw. Docol 1400M in einer Dicke von 2 mm mit 7 % Schneidspalt und 1° Scherwinkel.

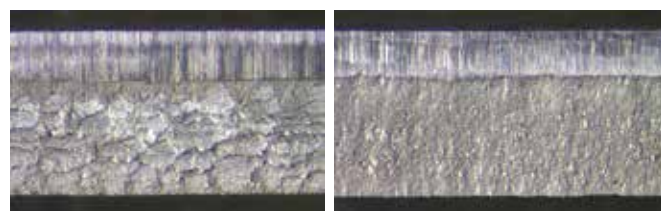


Abb. 25. Aussehen der Schnittkante bei Docol HR700LA (t=2 mm) mit verschiedenen Schneidebedingungen. Im linken Bild sind der Schneidspalt und/oder der Scherwinkel zu groß. Das rechte Bild zeigt, dass die Schneidebedingungen in Ordnung sind.

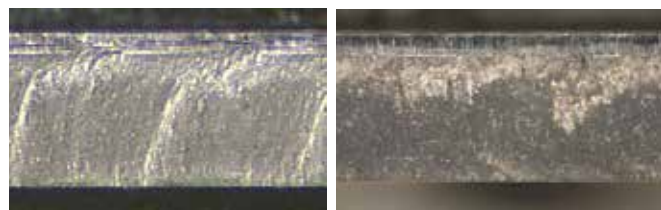


Abb. 26. Aussehen der Schnittkante bei Docol 1400 M (t=2 mm) mit verschiedenen Schneidebedingungen. Im linken Bild sind der Schneidspalt und/oder der Scherwinkel zu groß. Das rechte Bild zeigt, dass die Schneidebedingungen in Ordnung sind.

Scherkraft

Die benötigte Scherkraft ist proportional zur Festigkeit des Stahlblechs, der Blechdicke und der Länge des Schnitts. Beim Abscheren der härtesten extra- und ultrahochfesten Stähle kann die Scherkraft äußerst hoch sein. Um hohe Scherkräfte zu vermeiden, sollte ein Scherwinkel verwendet werden. Sobald dieses geschieht, ist der Unterschied zwischen extra- und ultrahochfesten Stahl und unlegiertem Stahl viel kleiner, siehe **Abbildung 27**. Der Schneidspalt hat einen nur sehr geringen Einfluss auf die Gesamtscherkraft. Die größte Reduzierung der Kraft erfolgt durch den Übergang vom parallelen Abscheren zu einem Scherwinkel von 1°. Scherwinkeln, die größer als >1,5° sind bieten keine Vorteile, im Gegenteil. Die Gesamtscherkraft wird nur wenig verringert, während die Belastung der Werkzeugkante und das Risiko von Kantenausbrüchen zunehmen.

Angesichts des anspruchsvollen Abscherens von extra- und ultrahochfesten Stählen wird als Erstes häufig diese Frage gestellt:

„Kann ich beim Wechsel von nicht hochfestem Stahl zu extra- und ultrahochfestem Stahl meine vorhandene Ausrüstung verwenden?“

Um diese Frage zu beantworten, muss man die Scherkraft berechnen. Dazu verwendet SSAB die folgende Gleichung:

$$F = \frac{K_{sk} \cdot t^2}{2 \tan \alpha}$$

dabei ist:

F = Scherkraft

K_{sk} = Scherfestigkeit = $R_m \cdot e$ -Faktor

α = Scherwinkel

t = Blechdicke

Die Scherfestigkeit wird als Zugfestigkeit mal e-Faktor berechnet. Der e-Faktor hängt von der Zugfestigkeit des Werkstoffs ab. Bei unlegierten Stahlgüten, wie CR1, beträgt der e-Faktor 0,8, bei höherfesten Stählen sinkt der e-Faktor mit einer parallelen Schere auf 0,55. Mit einem Scherwinkel kann er bei Stahlblechgüten höchster Festigkeit bis auf 0,3 sinken. Das Diagramm in **Abbildung 28** zeigt den e-Faktor als Funktion der Zugfestigkeit des Werkstoffs mit paralleler Schere und mit einem Scherwinkel. Der e-Faktor wird für extra- und ultrahochfesten Stahl erheblich reduziert, wenn ein Scherwinkel eingesetzt wird.

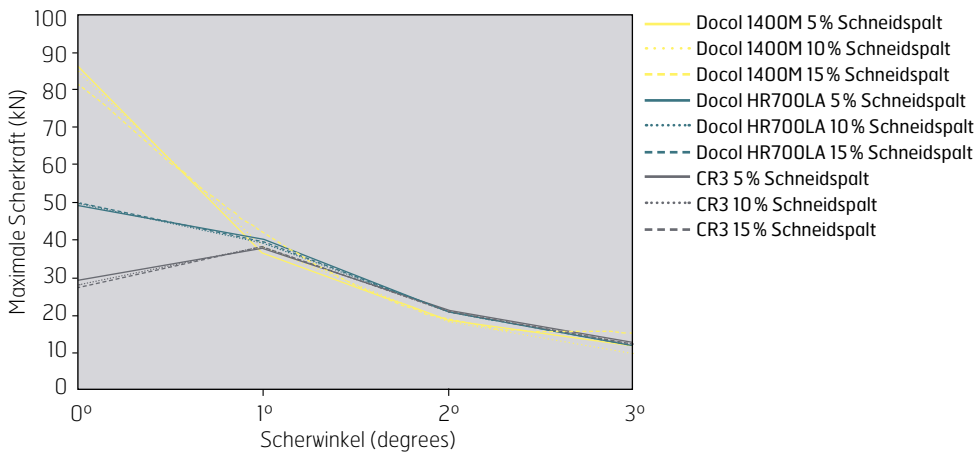


Abb. 27. Scherkraft als Funktion des Scherwinkels für verschiedene Schneidspalte. $t = 2 \text{ mm}$.

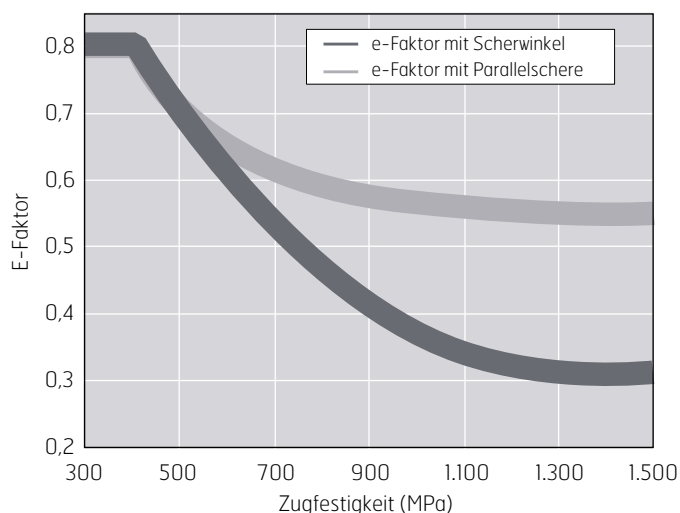


Abb. 28. e-Faktor als Funktion der Zugfestigkeit des Werkstoffs.

Beispiel 1:

Weiches Stahlblech mit einer Blechdicke von 8 mm.

Werkstoff: SSAB Domex 220YP ($R_m = 350$ MPa)

Scherkraft: $0,8 \times 350 \times 64 / 2 \tan 0,9 = 570$ kN

Beispiel 2:

Extrahochfestes Stahlblech mit der gleichen Dicke = 8 mm

Werkstoff: Docol HR700LA ($R_m = 800$ MPa)

Scherkraft: $0,47 \times 800 \times 64 / 2 \tan 1,5 = 459$ kN

Beispiel 3:

Extra hochfestes Stahlblech mit einer um 10 % geringeren Blechdicke = 7,2 mm

Werkstoff: Docol HR700LA ($R_m = 800$ MPa)

Scherkraft: $0,47 \times 800 \times 51,84 / 2 \tan 1,5 = 372$ kN

Die Beispiele zeigen, dass die Scherkraft bei einem Wechsel von weichem zu extra hochfestem Stahlblech tatsächlich abnimmt (mit Scherwinkel und identischer Blechdicke). Wenn man die Blechdicke von extra hochfestem Stahlblech moderat um nur 10 % wie in Beispiel 3 reduziert, sinkt die Scherkraft um ~35 % unter das ursprüngliche Niveau.

Werkzeugstahlauswahl und Oberflächenbehandlung bei Schneidwerkzeugen

Oberflächenbehandlung

Oft stellt sich bei der Werkzeugherstellung die Frage nach der Beschichtung eines Werkzeugs. Doch bevor eine Beschichtung aufgetragen wird, muss unbedingt die Verschleißart bestimmt werden. Bei extra- und ultrahochfestem Stahl hängt die Verschleißart von der Mikrostruktur und der Festigkeit ab. Adhäsiver Verschleiß ist charakteristisch für Dualphasenstähle wie Docol 800 DP, bei denen Kaltaufschweißungen durch eine Beschichtung sicherlich reduziert werden können, wie **Abbildung 29 zeigt**. Feuerverzinkte Stähle neigen aufgrund der schmierenden Eigenschaft der Zinkschicht nur wenig zu Kaltaufschweißungen.

Warmgewalzte, mikrolegierte Stähle, wie aus der Domex-Produktreihe, weisen einen Mix aus adhäsiven und abrasiven Verschleißmechanismen auf. Wird eine ungebeizte Domex-Sorte geschnitten, nimmt der Werkzeugverschleiß stark zu und wird abrasiver. In jedem Fall senkt eine Beschichtung erheblich den Werkzeugverschleiß beim Schneiden von warmwalzeten Stahlsorten.

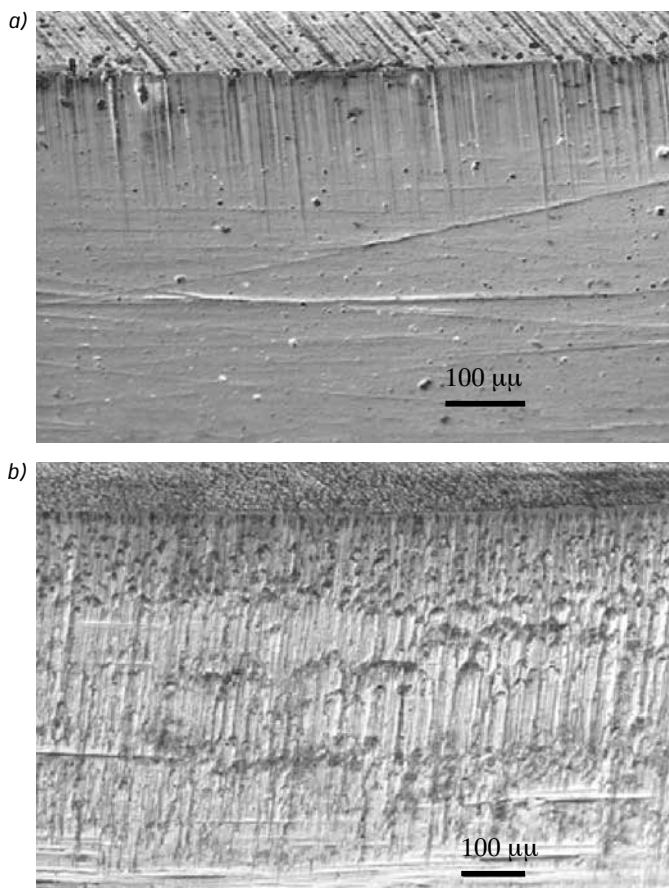


Abb. 29. Eine Stanzkante a) mit PVD-Beschichtung (TiAlN) und b) unbeschichtet nach 200.000 aus Docol 800 DP gefertigten Teilen.

Bei den rein martensitischen Stählen der Serie Docol M spielen Kaltaufschweißungen keine große Rolle. Der vorherrschende Verschleißmechanismus ist abrasiv. Zuweilen werden im Verschleißbereich Ermüdungsbrüche sichtbar, siehe **Abbildung 30**.

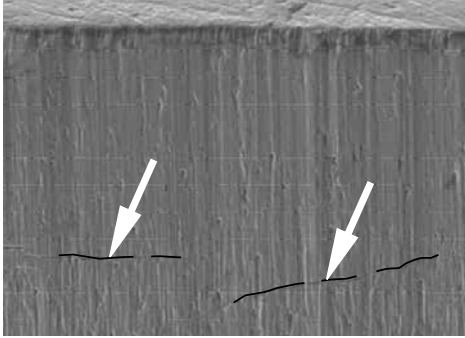


Abb. 30. Typischer Verschleiß an einem unbeschichtetem Stanzwerkzeug nach 100.000 aus Docol 1400 M gefertigten Teilen.

Wenn Ermüdungsbrüche auftreten, bleibt die Beschichtung nicht besonders lange auf dem Werkzeug haften. Wird eine Beschichtung optimal vorbereitet und die am besten geeignete Beschichtung aufgetragen, lässt sich das Ergebnis so weit verbessern, dass die Beschichtung auch nach 100 000 gefertigten Teilen noch weitgehend erhalten ist, wie **Abbildung 31** zeigt. Auf jeden Fall sollte ein Nitrieren der Stanzkanten vermieden werden, da diese sonst brechen können.

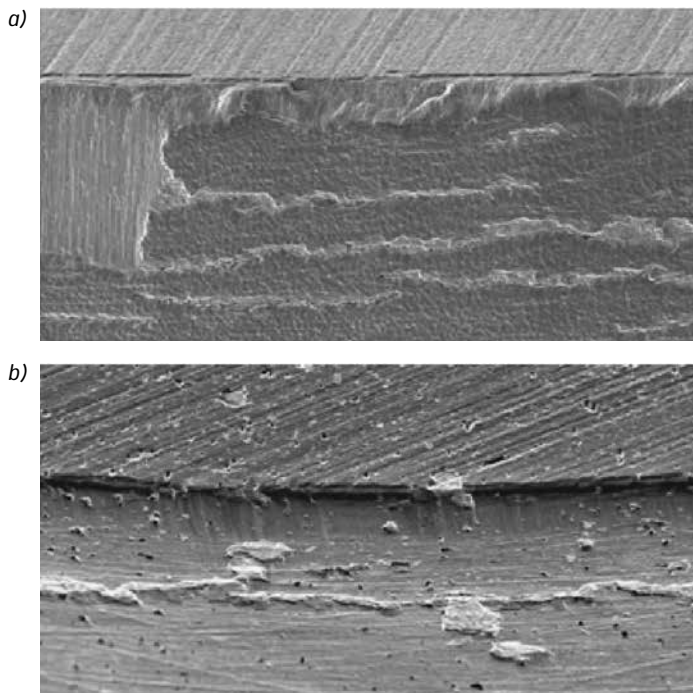


Abb. 31. Aussehen einer Werkzeugkante nach 100.000 Teilen, die in Docol 1400M hergestellt wurden. a) zeigt eine CVD-TiCN-Beschichtung, die fast vollständig abgeplatzt ist, b) zeigt eine mehrlagige TiAlN-Beschichtung mit etwas besserer Leistung.

Auswahl des Werkzeugstahls

Um die Auswahl des Werkzeugstahls zu erleichtern, werden die extra- und ultrahochfesten Stahlblechwerkstoffe in folgende Sortengruppen eingeteilt (Erläuterungen zu den Sortengruppen erfolgen später):

- Docol HR LA
- Docol DP/DL/LA und Roll
- Docol DP-GI/CP-GI/LA-GI und Roll-GI
- Docol M und Docol M-EG

Der Grund hierfür sind die Ergebnisse vorausgegangener Schneidtests, denen zufolge sich jede Stahlgruppe beim Stanzen und Lochschneiden anders verhält, d. h. jede Gruppe stellt unterschiedliche Anforderungen an den Werkzeugwerkstoff. Um den Zugang zu notwendigen Informationen zu vereinfachen und die Gefahr von Missverständnissen zu mindern, werden die für eine bestimmte Gruppe geltenden Informationen unabhängig von den Informationen für die anderen Gruppen jeweils separat aufgeführt, auch wenn die gleichen Informationen dadurch im gewissen Umfang mehrmals wiederholt werden.

Docol HR LA Güten, unbeschichtet

Diese Stahlgüten bestehen aus warmgewalztem, mikrolegiertem Stahl mit einem relativ hohen Kohlenstoffgehalt. Sie sind in geheizten und ungeheizten Varianten mit Dicken von 2 bis 12 mm (max. 10 mm bei Docol HR 700 LA) erhältlich.

Anforderungen an den Werkzeugstahl sind:

- Hohe Verschleißfestigkeit aufgrund eines höheren C-Gehalts, Festigkeit und Dicke. Eine hohe Verschleißfestigkeit ist besonders wichtig bei ungeheiztem Material, da der Walzzunder auf der Oberfläche sehr abrasiv ist.
- Eine hohe Beständigkeit gegen Kantenausbrüche, teilweise durch die relativ hohe Festigkeit, im Wesentlichen aber durch die Dicke bedingt.
- Gute Beständigkeit gegen Kaltschweißungen durch relativ hohe Festigkeit und Dicke.

Docol HR LA ist die Gruppe mit den höchsten Anforderungen an den Werkzeugwerkstoff, da die Auswahl verschiedener Dicken bei diesen Sorten am größten ist.

Geeignete Sorten für die Auswahl des Werkzeugstahls sind in der Regel:

- Uddeholm Calmax
- Uddeholm Caldie
- Uddeholm Sleipner
- Uddeholm Vanadis 4 Extra SuperClean
- Uddeholm Vanadis 8 SuperClean
- Uddeholm Vancron SuperClean

Die Eigenschaftsprofile dieser Werkzeugstähle enthält **Tabelle 3**.

Nachfolgend sind einige allgemeine Aspekte aufgeführt, die bei den empfohlenen Werkzeugstahlgüten zu berücksichtigen sind. Für die unbeschichteten Stahlblechgüten Docol HR LA:

- Uddeholm Calmax und Uddeholm Caldie sollten verwendet werden, wenn starke Kantenausbrüche zu erwarten sind.
- Uddeholm Sleipner sollte bei mittellangen Produktionsläufen mit dünnerem Blechwerkstoff eingesetzt werden.
- Uddeholm Vanadis 8 SuperClean kann für lange Produktionsläufe verwendet werden, bei denen eine hohe Verschleißfestigkeit die wichtigste Anforderung ist.
- Uddeholm Vanadis 4 Extra ist zu empfehlen, wenn eine starke Kombination aus Verschleißbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Kantenausbrüche gefordert ist, d. h. für lange Produktionsläufe mit dickeren und geometrisch aufwändigeren Teilen.
- Unbeschichtetes Uddeholm Vancron SuperClean sollte bei langen Produktionsläufen verwendet werden, um Kaltaufschweißungen beim Schneiden dünnerer, gebeizter Stahlbleche entgegenzuwirken.
- Overlay-Beschichtungen wie CVD oder PVD können gegen Verschleiß und Kaltaufschweißungen eingesetzt werden. Alle zuvor genannten Werkzeugstahlqualitäten können beschichtet werden, jedoch wird Uddeholm Vancron SuperClean normalerweise unbeschichtet verwendet.
- Uddeholm Calmax kann CVD-beschichtet werden, aber nur unter 250 °C PVD-beschichtet werden.
- Ein Gasnitrieren wird nicht empfohlen, da es durch Oberflächenversprödung leicht zu Kantenausbrüchen führen kann.
- Der benutzte Härtegrad hängt von Blechstärke und Werkstückgeometrie ab. Normalerweise liegt dieser im Bereich von 56–64 HRC.

Docol DP/DL/LA und Roll Güten, unbeschichtet

Die Stahlblechsorten Docol DP/DL und ROLL bestehen aus kaltgewalztem Dualphasenstahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt. Diese Güten sind in Materialdicken von 0,5 bis 2 Millimetern verfügbar. Die Docol LA Güte ist ein mikrolegierter Stahl und in Dicken von 0,5 bis 3,0 mm erhältlich.

Anforderungen an den Werkzeugstahl sind:

- Hohe Verschleißfestigkeit durch hohe Blechfestigkeit.
- Hohe Beständigkeit gegen Kantenausbrüche durch hohe Blechfestigkeit.
- Gute Beständigkeit gegen Kaltaufschweißungen durch eine hohe Blechfestigkeit und den Ferritgehalt des Blechs.

Geeignete Güten und empfohlene Härtegrade für die verschiedenen Blechfestigkeiten enthält **Tabelle 5**.

Nachfolgend sind einige allgemeine Aspekte aufgeführt, die bei den empfohlenen Werkzeugstahlsorten zu berücksichtigen sind.

- Overlay-Beschichtungen wie CVD oder PVD können gegen Verschleiß und Kaltaufschweißungen eingesetzt werden. Alle nachfolgend genannten Werkzeugstahlgüten können überzogen werden, aber Uddeholm Vancron SuperClean wird normalerweise unbeschichtet verwendet.
- Uddeholm Calmax kann CVD-beschichtet werden, jedoch nur unter 250 °C PVD-beschichtet werden.
- Ein Gasnitrieren wird nicht empfohlen, da es leicht zu Kantenausbrüchen führt.
- Der benutzte Härtegrad hängt von Blechstärke und Werkstückgeometrie ab. Normalerweise liegt dieser im Bereich von 56–64 HRC.

SSAB Stahlblechgüten	Uddeholm Werkzeugstahlgüten	Werkzeughärte (HRC)
Docol 500LA-UC Docol 500DP-UC Docol 500DL-UC	Calmax Caldie Sleipner Sverker 21 Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean Vancron SuperClean	> 56
Docol 600DP-UC Docol 600DL-UC	Calmax Caldie Sleipner Sverker 21 Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean Vancron SuperClean	≥58
Docol 800DP-UC Docol 800DL-UC Docol 1000DP-UC/EG Docol Roll 800-UC Docol Roll 1000-UC	Caldie Sleipner Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean Vancron SuperClean	≥60

Tabelle 5. Empfohlene Werkzeugstahlgüten für das Stanzen von unbeschichteten Docol Stahlgüten.

Für die Stahlgüten Docol 500LA/DP/DL und Docol 600DP/DL:

- Uddeholm Calmax und Uddeholm Caldie sollten verwendet werden, wenn starke Kantenausbrüche zu erwarten sind.
- Uddeholm Sleipner und Uddeholm Sverker 21 sollten für kurze bis mittel lange Produktionsläufe verwendet werden.
- Uddeholm Vanadis 4 Extra ist zu empfehlen, wenn eine starke Kombination aus Verschleißbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Kantenausbrüche gefordert ist, d. h. für lange Produktionsläufe mit dickeren und geometrisch aufwändigeren Teilen.
- Uddeholm Vanadis 8 SuperClean kann für lange Produktionsläufe mit einfachen Werkstückgeometrien, die aus dünnerem Bandstahl gestanzt/gelocht werden, verwendet werden.
- Unbeschichtetes Uddeholm Vancron SuperClean sollte bei langen Produktionsläufen verwendet werden, um Kaltaufschweißungen entgegenzuwirken.

Für die Stahlgüten Docol 800DP/DL/Roll und Docol 1000DP/DP-EG/Roll/LCE:

- Uddeholm Caldie sollte als Schutz vor Kantenausbrüchen verwendet werden.
- Uddeholm Sleipner sollte bei kurzen und mittellangen Produktionsläufen eingesetzt werden.
- Uddeholm Vanadis 4 Extra ist zu empfehlen, wenn eine starke Kombination aus Verschleißbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Kantenausbrüche gefordert ist, d. h. für lange Produktionsläufe mit dickeren und geometrisch aufwändigeren Teilen.

- Uddeholm Vanadis 8 SuperClean kann für lange Produktionsläufe mit einfachen Werkstückgeometrien, die aus dünnerem Bandstahl gestanzt/gelocht werden, verwendet werden.

Docol DP/CP/LA, feuerverzinkt

Docol DP/CP-GI Stahlbleche sind kaltgewalzte Dualphasen-/Komplexphasenstähle und feuerverzinkt. Die Stahlgüten unter dem Namen Docol LA-GI sind mikrolegierte feuerverzinkte Stahlsorten. Diese Güten sind in Materialdicken von 0,5 bis 2 Millimetern verfügbar.

Anforderungen an den Werkzeugstahl sind:

- Für lange Produktionsläufe eine hohe Verschleißfestigkeit (allerdings ist der Verschleiß viel niedriger als bei unverzinkten Sorten, da die Zinkbeschichtung wie eine Schmierung wirkt).
- Hohe Beständigkeit gegen Kantenausbrüche durch hohe Blechfestigkeit.
- Gute Beständigkeit gegen Kaltaufschweißungen durch eine hohe Blechfestigkeit und den Ferritgehalt des Blechs.

Die weiche, klebrige Zinkbeschichtung neigt dazu, an der Werkzeugoberfläche anzuhaften, die daher regelmäßig gereinigt werden sollte.

Geeignete Sorten und empfohlene Härtegrade für die verschiedenen Blechfestigkeiten enthält **Tabelle 6**.

SSAB Stahlblechgüten	Uddeholm Werkzeugstahlgüten	Werkzeughärte (HRC)
Docol460LA-GI Docol 500LA-GI Docol 500DP-GI	Calmax Caldie Sleipner Sverker 21 Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean Vancron SuperClean	> 56
Docol 600DP-GI Docol 600CP-GI Docol 780CP-GI Docol 980CP-GI	Calmax Caldie Sleipner Sverker 21 Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean Vancron SuperClean	≥58
Docol 800DP-GI Docol 800DPX-GI Docol 980DP-GI Docol 1000DPX-GI	Caldie Sleipner Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean Vancron SuperClean	≥60

Tabelle 6. Empfohlene Werkzeugstahlgüten für das Stanzen von feuerverzinkten Docol Stahlgüten.

Nachfolgend sind einige allgemeine Aspekte aufgeführt, die bei den empfohlenen Werkzeugstahlsorten zu berücksichtigen sind.

- Overlay-Beschichtungen wie CVD oder PVD können gegen Verschleiß und Kaltaufschweißungen eingesetzt werden. Alle nachfolgend genannten Werkzeugstahlgüten können überzogen werden, aber Uddeholm Vancron SuperClean wird normalerweise unbeschichtet verwendet.
- Uddeholm Calmax kann CVD-beschichtet werden, jedoch nur unter 250 °C PVD-beschichtet werden.
- Ein Gasnitrieren wird nicht empfohlen, da es leicht zu Kantenausbrüchen führt.

Für die feuerverzinkten Stahlblechgüten 460LA, 500LA/DP, 600DP/CP und 780CP:

- Uddeholm Calmax und Uddeholm Caldie sollten verwendet werden, um der Absplitterung entgegenzuwirken.
- Uddeholm Sleipner und Uddeholm Sverker 21 sollten für kurze bis mittel lange Produktionsläufe verwendet werden.
- Uddeholm Vanadis 4 Extra ist zu empfehlen, wenn eine starke Kombination aus Verschleißbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Kantenausbrüche gefordert ist, d. h. für lange Produktionsläufe mit dickeren und geometrisch aufwändigeren Teilen.
- Uddeholm Vanadis 8 SuperClean kann für lange Produktionsläufe mit einfachen Werkstückgeometrien, die aus dünnerem Bandstahl gestanzt/gelocht werden, verwendet werden.
- Unbeschichtetes Uddeholm Vancron SuperClean sollte bei langen Produktionsläufen verwendet werden, um Kaltaufschweißungen entgegenzuwirken.

Für die feuerverzinkten Güten 800/1000DPX, 800/980DP und 980CP:

- Uddeholm Caldie sollte als Schutz vor Kantenausbrüchen verwendet werden.
- Uddeholm Sleipner sollte bei kurzen und mittellangen Produktionsläufen eingesetzt werden.
- Uddeholm Vanadis 4 Extra SuperClean ist zu empfehlen, wenn eine starke Kombination aus Verschleißbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Kantenausbrüche gefordert ist,

d. h. für lange Produktionsläufe mit dickeren und geometrisch aufwändigeren Teilen.

- Uddeholm Vanadis 8 SuperClean kann für lange Produktionsläufe mit einfachen Werkstückgeometrien, die aus dünnerem Bandstahl gestanzt/gelocht werden, verwendet werden.
- Unbeschichtetes Uddeholm Vancron SuperClean sollte bei langen Produktionsläufen verwendet werden, um Kaltaufschweißungen entgegenzuwirken.

Docol M Güten, unbeschichtet und elektrolytisch verzinkt

Die Sorten Docol M sind kaltgewalzte martensitische Stähle mit niedrigem Kohlenstoffgehalt. Die Sorten EG sind elektrolytisch verzinkt. Diese Stahlsorten sind in Dicken von 0,5 bis 2,1 mm erhältlich.

Geeignete Werkzeugstahlgüten und empfohlene Härtegrade für die verschiedenen Blechfestigkeiten enthält **Tabelle 7**.

Nachfolgend sind einige allgemeine Aspekte aufgeführt, die bei den empfohlenen Werkzeugstahlsorten zu berücksichtigen sind:

- Uddeholm Caldie sollte als Schutz vor Kantenausbrüchen und Brüchen verwendet werden.
- Uddeholm Sleipner sollte bei kurzen und mittellangen Produktionsläufen eingesetzt werden.
- Uddeholm Vanadis 4 Extra SuperClean ist zu empfehlen, wenn eine starke Kombination aus Verschleißbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen Kantenausbrüche gefordert ist, d. h. für lange Produktionsläufe.
- Uddeholm Vanadis 8 SuperClean kann für lange Produktionsläufe verwendet werden, bei denen eine hohe Verschleißfestigkeit die wichtigste Anforderung ist. Hauptsächlich zum Stanzen/Stanzern von einfachen Teilegeometrien aus dünnerem Blechmaterial.
- Beschichtungen können verwendet werden; aufgrund des höheren Risikos einer plastischen Verformung werden jedoch Duplex-Beschichtungen empfohlen. Die Plasmanitrierung unterstützt die PVD-Beschichtung besser.
- Ein Gasnitrieren wird nicht empfohlen, da es leicht zu Kantenausbrüchen führt.

SSAB Stahlblechgüten	Uddeholm Werkzeugstahlgüten	Werkzeughärte (HRC)
Docol 1200M – UC/EG Docol 1400M – UC/EG Docol 1500M – UC/EG	Caldie Sleipner Vanadis 4 Extra SuperClean Vanadis 8 SuperClean	≥ 60

Tabelle 7. Empfohlene Werkzeugstahlgüten für das Stanzen von Docol M Stahlgüten.



Anwendungsbeispiele

B-Säulenverstärkung¹

Werkzeug für eine B-Säulen-Verstärkung mit zwei Werkzeugstahlsorten. Beide Werkzeugstähle haben sich als sehr geeignet erwiesen.

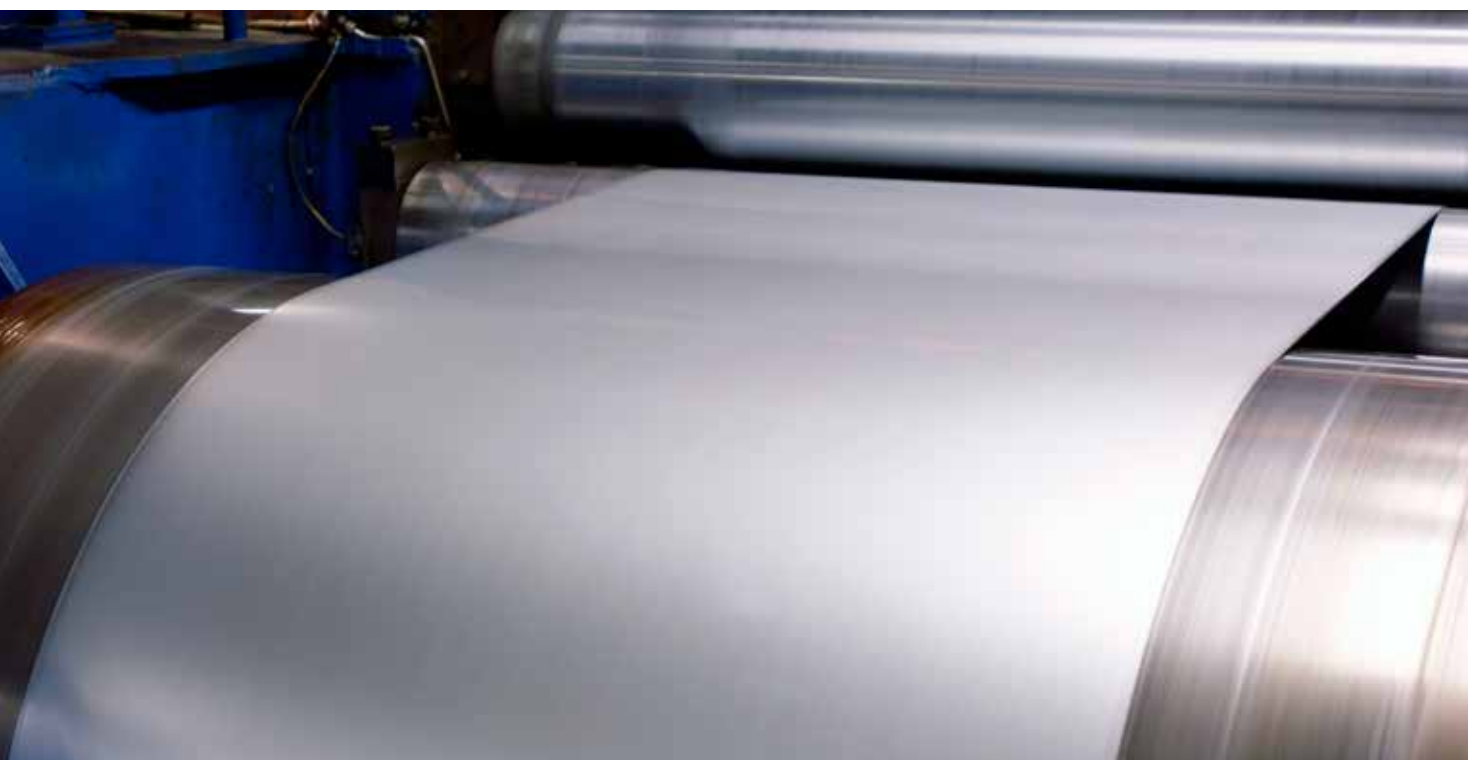


Abb. 32. B-Säulen-Verstärkung.

Kaltarbeitsverfahren	Schneiden und Biegen
Werkstoff:	Docol 800DP-UC
Dicke des Werkstücks:	2.0 mm
Produzierte Teile pro Jahr:	82.000
Werkzeugstahl für den linken Stempel:	Uddeholm Sleipner
Werkzeugstahl für den rechten Stempel:	Uddeholm Sverker 21
Werkzeugstahl für die linke Matrize:	Uddeholm Sleipner
Werkzeugstahl für die rechte Matrize:	Uddeholm Sverker 21
Härte der linken und rechten Stempel:	HRC 62
Härte des Lochstempels:	HRC 60
Werkzeugstahl für das linke Umformwerkzeug:	Uddeholm Vancron SuperClean
Werkzeugstahl für das rechte Umformwerkzeug:	Uddeholm Sleipner + CVD, TiC+TiN
Härte des linken Umformwerkzeugs:	HRC 62
Härte des rechten Umformwerkzeugs:	HRC 62
Oberflächenrauigkeit der Umformwerkzeuge:	Ra 0,1 µm
Schmierung	8% Ölemulsion

Tabelle 8

¹ Mit freundlicher Genehmigung von Finnveden Metal Structures, Olofström, Schweden.



Stoßfänger für Pkw²

Stoßfängerwerkzeug.

Kaltarbeitsverfahren	Schneiden und Pressen
Werkstoff:	Docol 1000DP-UC
Dicke des Werkstücks:	2.0 mm
Produzierte Teile pro Jahr:	300.000
Werkzeugstahl für das Schneidwerkzeug:	Uddeholm Vanadis 4 Extra SuperClean
Härte des Schneidwerkzeugs:	HRC 60
Werkzeugstahl für das Umformwerkzeug:	Uddeholm Vancron SuperClean
Werkzeugstahl für das rechte Umformwerkzeug:	Uddeholm Vanadis 4 Extra SuperClean + CVD, TiCN
Härte des Umformwerkzeugs:	HRC 60
Oberflächenrauigkeit der Umformwerkzeuge:	-
Schmierung	-

Tabelle 9

² Mit freundlicher Genehmigung von Essa Palau, Barcelona, Spanien.



Abb. 33. Stoßfänger für Pkw.



Abb. 34. Halterung für Anhängerkupplung.

Halterung für Anhängerkupplung³

Werkzeug für Anhängerkupplung.

Kaltarbeitsverfahren	Schneiden und Biegen
Werkstoff:	Docol 1400M-UC
Dicke des Werkstücks:	2 mm
Produzierte Teile pro Jahr:	82.000
Werkzeugstahl für den Schneidstempel:	Uddeholm Sleiþner
Werkzeugstahl für die Matrize:	Uddeholm Vanadis 4 Extra SuperClean
Härte des Schneidstempels:	HRC 60
Werkzeugstahl für den Umformstempel:	Uddeholm Sleiþner
Werkzeugstahl für die Umformmatrize:	Uddeholm Vanadis 4 Extra SuperClean
Härte des Umformstempels:	HRC 58
Härte für die Umformmatrize:	HRC 60
Oberflächenrauigkeit der Umformwerkzeuge:	-
Schmierung	Keine zusätzliche Schmierung

Tabelle 10

³ Mit freundlicher Genehmigung von Finnveden Metal Structures, Olofström, Schweden.

Schmierung

Umformen

Beim Umformen kann die Reibung zwischen zwei aufeinander gleitenden Flächen durch Schmierung verringert werden. Der häufigste Schmierungstyp beim Blechumformen ist die gemischte Schmierung, bei der die Dicke des Schmierfilms den Kontakt zwischen den Oberflächenspitzen des Werkzeugs und des Werkstücks erlaubt. Die Oberflächenrauheiten wirken als Schmieraschen und nehmen zusammen mit den Oberflächenspitzen den Anpressdruck während des Umformens auf. Das stellt Anforderungen an die Oberflächenrauigkeit des Werkstücks (für kaltgewalzte Bleche gilt die Norm EN 10130) und an die Fähigkeit des Schmiermittels, neu entwickelte Reaktivflächen zu neutralisieren.

Die Schmierstoffviskosität hat große Auswirkungen auf den Vorgang der Blechumformung. Schmierstoffe mit geringer Viskosität (25–50 cSt) werden für einfachere Anwendungen der Blechumformung verwendet, während bei anspruchsvollen Pressvorgängen eine höhere Viskosität gewählt werden sollte. In **Abbildung 35** wird die Auswirkung der Schmierstoffviskosität veranschaulicht.

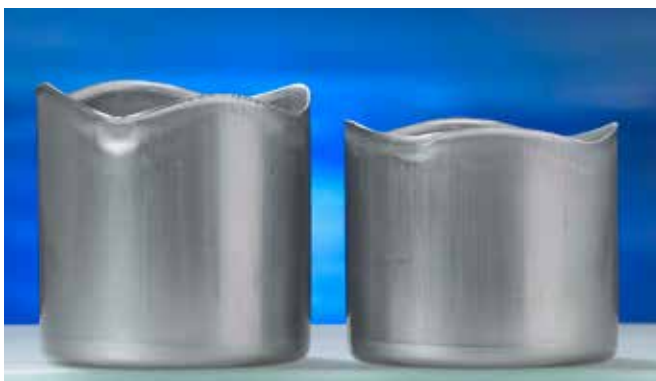


Abb. 35. Die Auswirkung der Viskosität des Schmierstoffes beim Tiefziehen. Maximalhöhe der Hohlkörper bei einer Schmierstoffviskosität von 500 cSt (linker Hohlkörper) und 40 cSt (rechter Hohlkörper).

Schneiden

Beim Schneiden von extra- und ultrahochfestem Stahl hängt die Bedeutung der Schmierung von mehreren Faktoren ab. Stahlsorte, Blechdicke und -oberfläche spielen eine große Rolle, aber auch die Geometrie ist entscheidend. Die Schmierung rückt vor allem bei niedrigen Blechfestigkeiten, größeren Werkstoffdicken und komplexeren Schnittformen in den Mittelpunkt, beispielsweise beim Lochen mit engen Eckenradien in einem dicken Blechwerkstoff. Geeignete Schmierstoffe für das Schneiden von extra- und ultrahochfesten Stählen sind alle Typen, die hohem Anpressdruck widerstehen. Inwiefern Schmierstoffe notwendig sind, ist von dem Einsatz der unten aufgeführten Stahlsorten abhängig.

Docol HR LA Güten, unbeschichtet

Bei warmgewalzten Stahlblechen wird die Lebensdauer des Werkzeugs durch Schmierstoffe verbessert. Insbesondere bei dickeren Blechen kann der Schmierstoff die Schneid- und Rückzugskräfte durch geringere Reibung reduzieren.

Docol DP/DL/LA, unbeschichtet

Es hat sich bewährt, beim Schneiden von extra- und ultrahochfesten Stählen dieses Typs, Schmierstoffe zu verwenden. Der Ferritanteil dieser Stahlsorten führt zu Aufschweißungen am Schneidwerkzeug, die durch die Verwendung von Schmierstoffen reduziert werden können.

Docol DP/CP/LA Güten, feuerverzinkt

Schmierstoffe sind beim Schneiden von feuerverzinkten Werkstoffen weniger notwendig. Die elektrolytisch verzinkte Oberfläche selbst besitzt einen schmierenden Effekt. Die Zinkbeschichtung neigt bei der Produktion dazu, nach einiger Zeit an der Werkzeugo-berfläche anzuhaften, die daher regelmäßig gereinigt werden sollte.

Docol M Güten, unbeschichtet und elektrolytisch verzinkt

Bei rein martensitischen kaltgewalzten Stahlsorten wie Docol M ist eine Schmierung weniger notwendig. Die Grundölung vom Werk reicht als Schmierung beim Schneiden und Abscheren aus. Martensitischen Stahlsorten neigen nicht zum Anhaften an das Werkzeug.

Schmierstoffe sind beim Schneiden von elektrolytisch verzinkten Werkstoffen wie Docol MZE ebenso weniger notwendig. Die elektrolytisch verzinkte Oberfläche selbst besitzt einen schmierenden Effekt. Die Zinkbeschichtung neigt bei der Produktion dazu, nach einiger Zeit an der Werkzeugo-berfläche anzuhaften, die daher regelmäßig gereinigt werden sollte.

Gesamtwirtschaftlichkeit der Werkzeuge

Bei einem Werkzeug kommt es vor allem darauf an, die geforderte Stückzahl mit einem Minimum an Ausfallzeiten zu produzieren. Produktionsausfälle aufgrund von Werkzeugbruch oder häufigen Instandsetzungen verursachen kostspielige Produktionsverzögerungen und vermindern die allgemeine Produktivität. Mit den Werkzeugen gibt es mehrere mögliche Problembereiche.

Die Kette vom Werkzeugentwurf bis zur Werkzeugwartung muss intakt bleiben – denn jedes schwache Glied in der Prozesskette kann zu Problemen führen. Ein wichtiges Glied in der Kette ist der Werkzeugwerkstoff. Er muss die geeigneten Eigenschaften für die Anwendung besitzen und eine gleichbleibend hohe Qualität aufweisen, um eine zuverlässige Werkzeuggesteuerung zu gewährleisten.

Hoch entwickelte Verfahren zur Werkzeugstahlherstellung, wie zum Beispiel die Pulvermetallurgie, das Elektro-Schlacke-Umschmelzen oder hochwertige konventionelle Metallurgie, bedeuten höheren Aufwand bei der Herstellung des Werkzeugstahls. Daher sind diese Stähle auch teurer als herkömmliche Sorten. Dabei sollte aber nicht vergessen werden, dass die Werkzeugstahlkosten bei der Produktion eines Werkzeugs lediglich einen kleinen Bruchteil der Gesamtkosten ausmachen – sie sind nur die Spitze des Eisbergs!

Bei der Kalkulation der Produktionskosten inklusive der Kosten für Ausfälle und Instandsetzung für eine bestimmte Stückzahl führt der Einsatz eines höherwertigen Werkzeugstahls zu einem geringfügigen Anstieg der Werkzeugkosten. Diese Investition wird aber in den meisten Fällen mehr als ausgeglichen (siehe Abbildung 37).

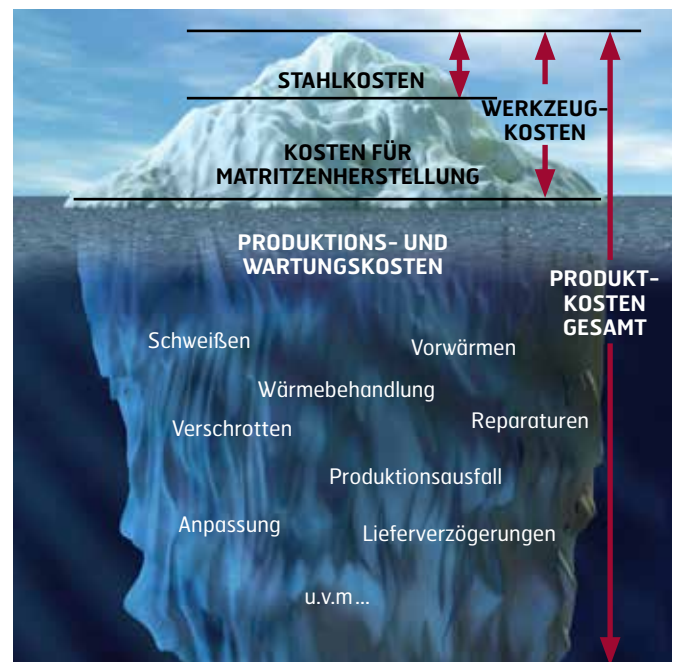


Abb. 36. Die Kosten für Werkzeugstahl – nur die Spitze des Eisbergs.

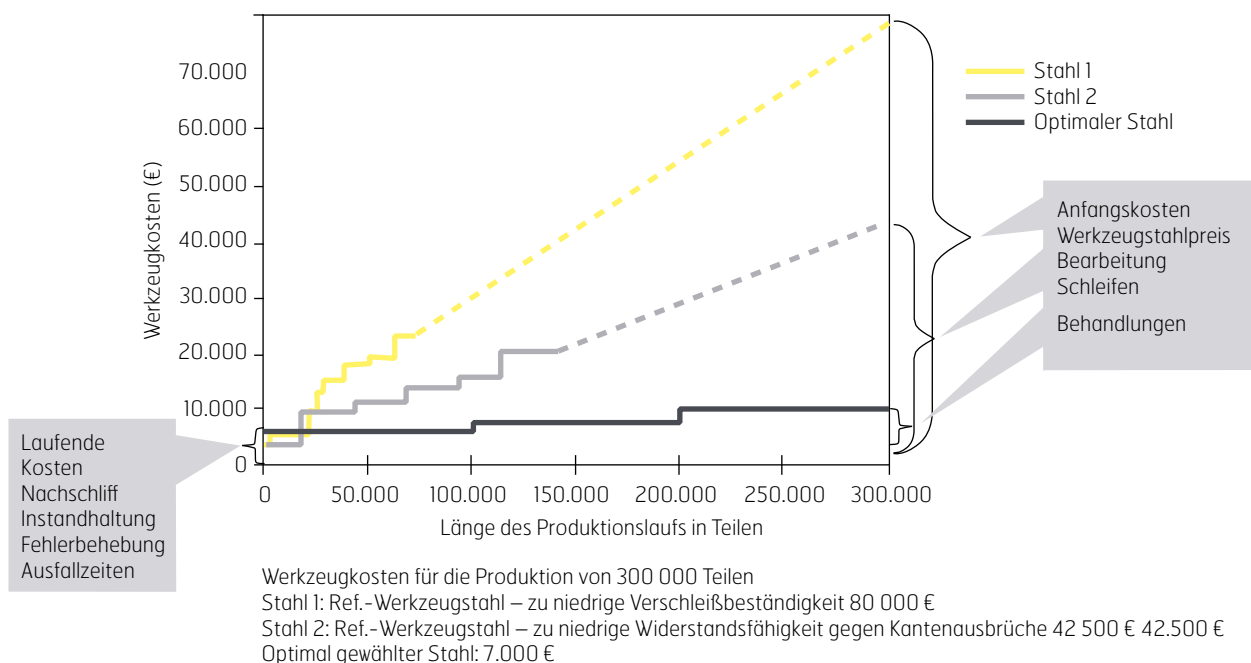
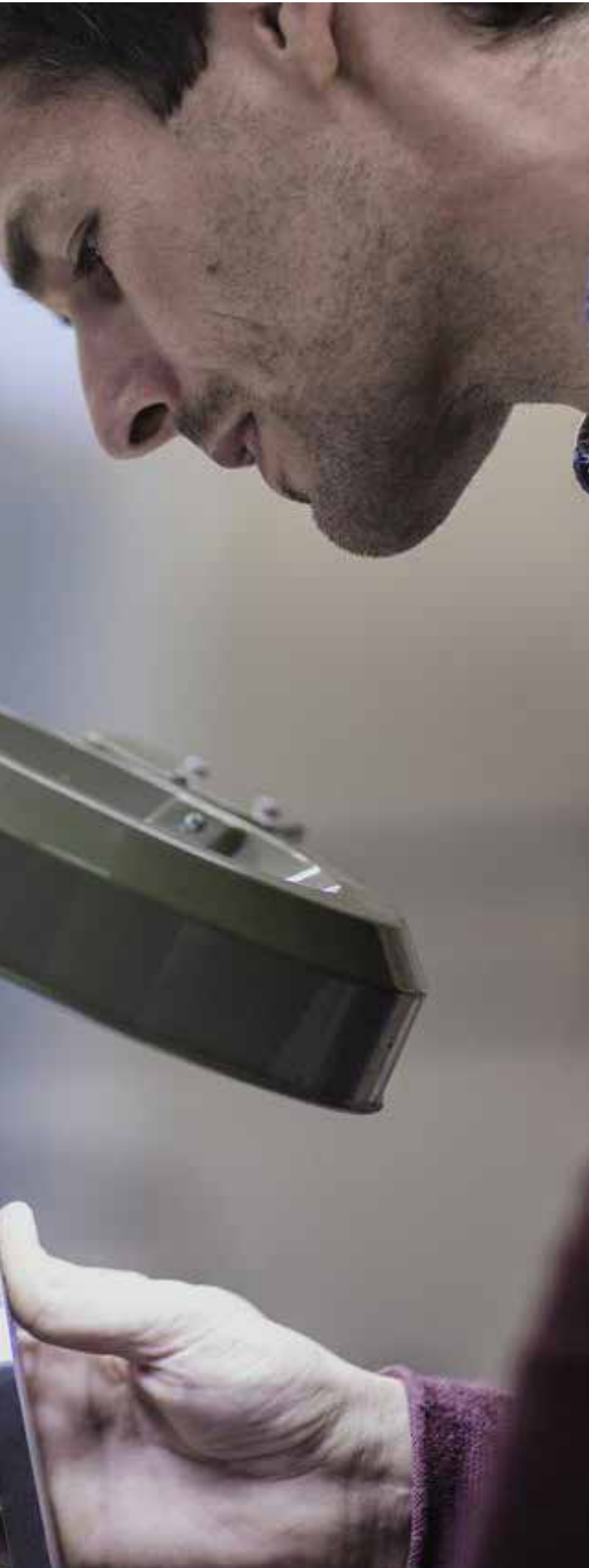


Abb. 37. Kalkulierte Gesamtkosten für Werkzeug. Die Stufen in den Zeilen markieren die Kosten für Aufarbeitung.





Technischer Support

Rat und Tat von Experten

SSAB können Sie dabei unterstützen, die Vorteile von extra- und ultrahochfesten Stählen voll auszuschöpfen.

Unsere Experten verfügen über langjährige Erfahrung bei der Auswahl von extra- und ultrahochfesten Stählen und Werkzeugstählen für Kaltarbeitsanwendungen.

Beim Wechsel zu extra- und ultrahochfesten Stählen müssen von Anfang an die Materialwahl, die Teilekonstruktion und die Produktionsprozesse mit einbezogen werden. Dadurch wird eine Optimierung des Produkts und des Produktionsablaufs sowohl unter technischen als auch betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten ermöglicht.

Die Fachleute des Knowledge Service Center von SSAB besitzen umfangreiches Know-how in Bezug auf Materialwahl und -verarbeitung ebenso wie in den Bereichen Konstruktion, Umformen und Fügen. Tech Support kann Ihnen auch einen Kontakt mit der Anwendungsingenieuren und Werkstoffexperten unseres Knowledge Service Center vermitteln. Zudem steht Ihnen im Internet unter www.ssab.com ein sofortiger Support mit unbeschränktem Zugang zu einer umfangreichen Datenbank zur Verfügung. Sie bietet detaillierte Produktinformationen, darunter herunterladbare Produktprogramme, Zeichnungen und weitere Informationen, die Konstruktion und Produktion erleichtern.

Unsere lokalen Vertriebsbüros können Sie durch direkte Besuche vor Ort beraten und mögliche Werkzeugprobleme lösen.

Hochentwickelte Mess- und Analyseverfahren

Unsere Unternehmen verfügen über modernste Anlagen, um unsere Kunden unmittelbar bei der Wahl der geeigneten Stahlblechsorten, der passenden Konstruktion und des geeigneten Werkzeugstahls mit dem richtigen Wärmebehandlungsverfahren zu unterstützen.

Bei SSAB zählen zu den Möglichkeiten u.a.:

- **Die Finite Elemente Methode (FEM)**

Die Methode kann zur Simulation sämtlicher Stadien der Entwicklung eines Bauteils genutzt werden, beispielsweise bei der Wahl von Stahlgüte, Platinenform, Verarbeitungsverfahren und der endgültigen geometrischen Form eines Teils. Die FEM eignet sich auch zur Berechnung des Energieaufnahmevermögens eines Teiles beim Aufprall. Alle denkbaren Varianten von Werkzeuggestaltung, Radien, Konstruktion, Dicke und Stahlgüte können am Computer simuliert werden, um die optimale Lösung zu finden.

- **ARAMIS und ASAME Equipment**

Dieses Verfahren ermöglicht ein rasches Überprüfen, ob unsere Kunden die richtige Kombination aus Stahlgüte und Konstruktion gewählt haben. ARAMIS und ASAME messen die Spannungsverteilung in gepressten Formteilen. Die Daten werden von einer leistungsstarken Software ausgewertet. In unmittelbarer Folge können Informationen darüber abgerufen werden, wie Werkzeuge, Produktionsverfahren und Konstruktion den Werkstückstoff beeinflussen. ARAMIS und ASAME erlauben die Durchführung von sehr detaillierten Analysen komplizierter Umformungsverfahren.

Kurse und Seminare

SSAB veranstaltet regelmäßig Kurse und Seminare über die optimale Nutzung der vielfältigen Möglichkeiten extra- und ultrahochfester Stähle, wie z. B.:

- Kurse über Stahlbleche, der grundlegende Kenntnisse bei der Stahlproduktion sowie den Eigenschaften und Anwendungen der verschiedenen Stahlgüten bietet.
- Seminare vermitteln den Teilnehmern weitergehende Kenntnisse über Dimensionierung, Konstruktion, Bearbeitung, Umformung und Fügen von extra- und ultrahochfesten Stählen sowie Möglichkeiten der Werkzeugstahlauswahl und Empfehlungen zur Wärmebehandlung.
- Die Seminare werden speziell an den Kundenbedarf angepasste Seminare für einzelne Unternehmen.

Handbücher

Weiterführende Informationen über die vielfältigen Möglichkeiten extra- und ultrahochfester Stähle und Werkzeugstähle finden Sie auch in den Handbüchern von SSAB.

- Das Design/-Konstruktionshandbuch bietet Anweisungen für Dimensionierung, Konstruktion und Auswahl von Werkstoffen sowie fertigungstechnische Hinweise.
- Das Umformhandbuch enthält weitergehende Informationen über Werkstoffeigenschaften, Schneiden, Umformen und Werkzeugwerkstoffe.
- Das Fügehandbuch vermittelt weitergehende Informationen zum Thema Schweißen und Fügen von extra- und ultrahochfesten Stählen.

Problebleche

Wenn Sie untersuchen möchten, wie sich eine neue Stahlsorte in Ihrer Fertigung oder für ein geplantes Produkt verhält, dann bestellen Sie Problebleche aus unserem Probleblechlager. Dieses kann Ihnen kurzfristig fast jede Sorte extra- und ultrahochfester Docol Stähle, auch in kleiner Stückzahl, von SSAB liefern.

Produktinformation

Weitere Informationen über alle Stahlsorten von SSAB und über deren Einsatzbereiche und Bearbeitungsmöglichkeiten finden Sie in unseren Produktbroschüren und Datenblättern.

SSAB verfügt über zahlreiche Verkaufsbüros und Repräsentanten auf der ganzen Welt. Produktinformationen und -fragen können somit jederzeit von unseren lokalen Fachleuten vor Ort behandelt werden.

Alle Produktinformation und Richtlinien sind auf www.ssab.com zu finden.

Abonnieren Sie Automotive Insights

Automotive Insights bietet
Ihnen handverlesene Artikel,
Nachrichten und vieles mehr.
Abonnieren Sie auf
docol.com

SSAB ist ein in Nordeuropa und den USA ansässiges Stahlunternehmen. SSAB bietet Produkte und Dienstleistungen mit Mehrwert an, die in enger Zusammenarbeit mit seinen Kunden entwickelt wurden – damit die Welt stärker, leichter und nachhaltiger wird. SSAB beschäftigt Mitarbeiter in über 50 Ländern. SSAB verfügt über Produktionsstätten in Schweden, Finnland und in den USA. SSAB ist an der Nasdaq Stockholm notiert und an der Nasdaq Helsinki zweitnotiert. **www.ssab.com**

334de-Docol® – Tooling solutions for advanced high strength steels – v8-2022. Confeetti.

Kontakt:



+46 243 700 00



automotive@ssab.com



www.docol.com



Folgen Sie uns auf
LinkedIn

SSAB
SE-781 84 Borlänge, Schweden

www.ssab.com

SSAB